

629.254071

ค422ก

ว.3

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

ปริญญาโท

ของ

เฉลิมพล คงจันทร์

29 เม.ย. 2541

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒินิติศาสตรบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร

มีนาคม 2541

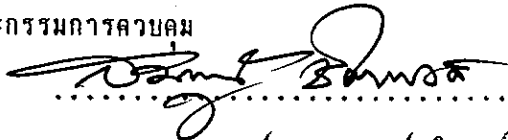
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๑๗๗๔

h20039

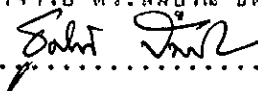
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขา
การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม



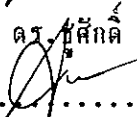
..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบูรณ์ ชิตพงษ์)



..... กรรมการ

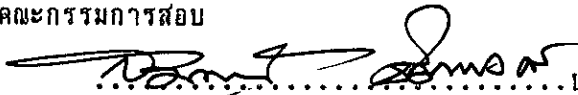
(อาจารย์ ดร. ชุตักค์ ชัมภลิต)



..... กรรมการ

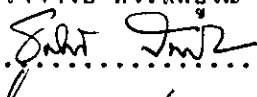
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์ นุ่นงาม)

คณะกรรมการสอบ



..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. สมบูรณ์ ชิตพงษ์)



..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ชุตักค์ ชัมภลิต)



..... กรรมการ

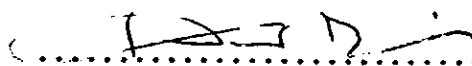
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์ นุ่นงาม)



..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อิศริย์ หารษาจรรยาโรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาคุณวุฒิปบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่ 13 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2541

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยผู้วิจัยได้รับการอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านจึงขอประกาศคุณูปการไว้ดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมบูรณ์ ชิตพงศ์ ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. ชุติศักดิ์ ชัมภลขิต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์ นุ่นงาม กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษาด้วยความเมตตาและเสียสละเป็นอย่างยิ่งทุกครั้ง ที่ผู้วิจัยมีปัญหาและเกิดความท้อแท้ใจ จะได้รับแนวทางแก้ปัญหาและแนวคิดใหม่ ๆ ที่ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับแนวทางในการบริหารงาน บริหารเวลาที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการทำวิจัยเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง และจะนำแนวทางดังกล่าวไปใช้ในการทำงานต่อไป

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อีสริย์ หารราชจุญโรจน์ กรรมการสอบเพิ่มเติม ที่ได้ให้ความเมตตา ตลอดจนให้คำแนะนำที่ทรงคุณค่ามีประโยชน์ต่อการวิจัยเป็นอย่างมาก และขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตอบแบบสอบถามประเมินความสอดคล้องของข้อสอบกับจุดประสงค์ และประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผู้วิจัยระลึกอยู่เสมอว่า งานวิจัยนี้คงไม่สำเร็จลงได้หากขาดความกรุณาจากผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เรืองฤทธิ์ ปั่นทอง ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ ที่ให้ความเมตตา สนับสนุน ส่งเสริม เปิดโอกาสให้ผู้วิจัยได้ศึกษาเต็มเวลาตลอดหลักสูตร ตลอดจนอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณวิทยากรอาจารย์ช่วยสอน และทีมงานจากคณะวิชาเครื่องกล โดยเฉพาะอาจารย์จากแผนกช่างยนต์ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์

ขอขอบคุณเป็นพิเศษสำหรับอาจารย์จันทิมา รัชตภูษิต ที่เอื้ออาทร คอยเป็นกำลังใจช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่เรียนและทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณครู อาจารย์ทุกท่านที่เคยถ่ายทอดประสบการณ์และความรู้ ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรลือ คงจันทร์

ครู อาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอนผู้วิจัยมาทุกท่าน และเจ้าของบทความ ผลงานทางวิชาการ
ในบรรณานุกรมทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เฉลิมพล คงจันทร์

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	8
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	9
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	9
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
	การจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน.....	11
	ความหมายของสมรรถภาพ.....	12
	ทฤษฎีสมรรถภาพพื้นฐาน	16
	การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน	18
	กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนงานอาชีพ	43
	หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกเนื้อหาวิชา.....	46
	เครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในการประเมินหลักสูตรงานอาชีพ.....	57
	เทคนิคเดลฟาย.....	61
	ความหมายของเทคนิคเดลฟาย	62
	ข้อดีของการวิจัยโดยใช้เทคนิคเดลฟาย	68
	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับปรดยนต์ไฟฟ้า.....	70
	แบตเตอรี่.....	70
	มอเตอร์	73
	วงจรประจุแบตเตอรี่รถยนต์	74
	ระบบควบคุมรถยนต์.....	75
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	78

3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	85
	ตอนที่ 1 การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค.....	85
	ตอนที่ 2 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า.....	88
	ตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร.....	98
4	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	103
	ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างในภาค.....	103
	ตอนที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า.....	109
	ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตร.....	123
5	สรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	133
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	133
	การดำเนินการวิจัย.....	133
	สรุปผลการวิจัย.....	136
	อภิปรายผล.....	140
	ข้อเสนอแนะ.....	148
	บรรณานุกรม.....	149
	ภาคผนวก.....	161
	ภาคผนวก ก.....	162
	แบบสอบถามการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์	
	ในศตวรรษหน้ารอบที่ 1.....	163
	แบบสอบถามการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์	
	ในศตวรรษหน้ารอบที่ 2.....	169
	แบบสอบถามการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์	
	ในศตวรรษหน้ารอบที่ 3.....	176
	สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 1-3.....	184

ภาคผนวก ข.....	189
รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	190
แบบประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรม.....	192
ค่าความเหมาะสมและความสอดคล้องของแบบประเมิน	
โครงร่างหลักสูตรฝึกอบรม.....	228
ภาคผนวก ค.....	240
แบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม.....	241
ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ.....	255
ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ.....	257
รายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูล.....	258
แบบประเมินหน่วยการอบรม.....	260
รายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูล.....	275
แบบประเมินพฤติกรรม.....	285
ตารางอบรม.....	287
ภาคผนวก ง.....	290
หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์.....	291
คู่มือวิทยากร.....	310
รายนามวิทยากร.....	460
คู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง.....	461
คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ.....	587
แบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า.....	688
เจตคติของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตรการฝึกอบรม.....	691
พฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรมเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า....	692
ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าของนักศึกษาช่างยนต์.....	693
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	694

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	ทฤษฎีสมรรถภาพพื้นฐานของ กิลเบิร์ตที่นำไปใช้ในการฝึกอบรม.....	17
2	แสดงการออกแบบชุดการเรียนรู้ 3 แบบ.....	34
3	โปรแกรมการจัดการแต่ละบุคคลและแบบดั้งเดิม.....	39
4	แสดงการลดลงของความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้เชี่ยวชาญ.....	68
5	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต.....	105
6	ความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ.....	228
7	ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบการพัฒนาฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์....	255
8	แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ก่อนและหลังการทดลอง.....	258
9	แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ก่อนและหลังการทดลอง.....	259
10	ความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า.....	275
11	แสดงสมรรถนะการทำงานของรถยนต์บรรทุกเล็ก ซีเลคเทรีย อี 10.....	352
12	เทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า.....	356
13	ประเภทของแหล่งสแตนด์เลตที่ใช้ในรถยนต์.....	377
14	แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีของแบตเตอรี่.....	401
15	แสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยะต่าง ๆ	401

16	แสดงการวัดคุณค่าของแบตเตอรี่.....	404
17	แสดงแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้.....	405
18	แสดงประเภทของแบตเตอรี่แบบใหม่.....	406
19	การควบคุมรูปคลื่นแรงดันของอินเวอร์เตอร์.....	437
20	เทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า.....	478
21	ประเภทของเหล็กสแตนเลสที่ใช้ในรถยนต์.....	502
22	แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีแบตเตอรี่.....	531
23	แสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยะต่าง ๆ.....	532
24	การควบคุมรูปคลื่นแรงดันของอินเวอร์เตอร์.....	561
25	เจตคติของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตรการฝึกอบรม.....	691
26	พฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรม.....	692
27	ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีของนักศึกษาช่างยนต์.....	693

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	การพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน	21
2	แสดงการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายในอนาคต.....	344
3	แสดงโครงสร้างของรถตู้ไฟฟ้า.....	350
4	ผังระบบการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า.....	360
5	แสดงไดอะแกรมและองค์ประกอบที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า.....	361
6	Timber constructed bodies.....	365
7	Development of the Austin car body.....	367
8	First Vauxhall, tiller operated.....	370
9	Twin concept car with interchangeable engines.....	371
10	Vauxhall with wooden spoked artillery wheels with pneumatic tyres.....	372
11	Style artist at Work.....	384
12	Automatic seat belt tensioner.....	384
13	แสดงแบบโครงรถยนต์.....	388
14	แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์.....	395
15	แบตเตอรี่แบบโซเดียม/นิกเกิลคลอไรด์.....	396
16	แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมต์.....	397
17	ตัวเติมประจุแบบ Hughes Inductive.....	398
18	วิธีการ Inductive coupling.....	399
19	หลักการของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่.....	409
20	วงจรเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่.....	409
21	แสดงไทรินเตอร์ที่ควบคุมตัวอัดไฟแบตเตอรี่.....	412

22 กราฟแสดงความต้องการไฟแต่ละช่วงเวลาของวัน.....	417
23 แสดงผลการป้องกันกระแสไฟฟ้าที่ผิดพลาดในรถยนต์ไฟฟ้า.....	417
24 มอเตอร์ไฟตรง.....	421
25 แสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยกฎมือขวาของเฟลมมิง.....	424
26 แสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กโดยกฎมือขวาของตัวนำ.....	425
27 ตัวอย่างโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	426
28 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับกระแส และแรงบิดของมอเตอร์.....	427
29 สัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรเปรียบเทียบของ SCR.....	430
30 วงจรขอปเปอร์เฟสพื้นฐาน.....	431
31 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์.....	432
32 วิธีการสร้างไฟสลับ.....	433
33 รูปคลื่นกระแส.....	433
34 รูปคลื่นไฟสลับความถี่ 1 Hz.....	434
35 แสดงความถี่.....	434
36 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสพื้นฐาน.....	434
37 การสร้างไฟสลับ 3 เฟส.....	435
38 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์.....	436
39 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	438
40 การทำงานของเครื่องยนต์ไฮบริด.....	442
41 แสดงลักษณะการทำงานของขอปเปอร์แบบต่าง ๆ.....	446
42 แสดงการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำป้อนพลังงานจาก อินเวอร์เตอร์เปลี่ยนความถี่ได้.....	448
43 Motor Drive System.....	452
44 แสดงการบูรณาการมอเตอร์ เกียร์และส่วนประกอบอื่น ๆ.....	453
45 แสดงการเชื่อมโยงของระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์.....	455

46 แสดงระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า.....	456
47 Microcomputer block diagram.....	459
48 การทำงานของเครื่องยนต์แต่ละชนิด.....	470
49 แหล่งกำเนิดของแก๊ส.....	471
50 การกระทำของแรงต่อรถยนต์ไฟฟ้า.....	473
51 แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟต.....	527
52 แบตเตอรี่แบบโซเดียมฟนิเกิลคลอไรด์.....	528
53 แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์.....	529
54 มอเตอร์ไฟตรง.....	545
55 แสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยกฎมือขวาของเฟลมมิง.....	548
56 แสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กโดยกฎมือขวาของต้วนนำ.....	549
57 ตัวอย่างโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ.....	550
58 ความสัมพันธ์ของความเร็วรอบกับกระแส และแรงบิดของมอเตอร์.....	551
59 สัญลักษณ์ โครงสร้าง และวงจรเปรียบเทียบของ SCR.....	554
60 วงจรขอปเปอร์พื้นฐาน.....	555
61 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์.....	556
62 วิธีการสร้างไฟสลับ.....	557
63 รูปคลื่นกระแส.....	557
64 รูปคลื่นไฟสลับความถี่ 1 Hz.....	558
65 แสดงความถี่.....	558
66 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสพื้นฐาน.....	558
67 การสร้างไฟสลับ 3 เฟส.....	559
68 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์.....	560
69 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	562

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาเป็นกระบวนการในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ และทรัพยากรมนุษย์เป็นหัวใจของการพัฒนาทั้งปวง การจัดการศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญต่ออนาคตของชาติ ดังนั้นหากต้องการให้ประเทศเจริญก้าวหน้า จึงจำเป็นต้องมียุทธศาสตร์ทางการศึกษาที่ชัดเจน และเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความร่วมมือของคนไทย ให้ก้าวหน้าและสามารถแข่งขันกับชาติอื่น ๆ ในยุคโลกาภิวัตน์ได้อย่างมั่นใจ รัฐบาลได้จัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 และได้มีการปรับเปลี่ยนกระบวนการคิดในการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ใหม่ เพื่อให้สามารถพัฒนาประเทศให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนอย่างต่อเนื่อง มีความสมดุลระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ถาวร โดยกำหนดให้การพัฒนาคนเป็นวัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาประเทศ การพัฒนาทรัพยากรบุคคล คือการลงทุนที่คาดหวังผลสำเร็จในอนาคต ซึ่งครอบคลุมทั้งด้านการพัฒนาและบำรุงรักษาระดับความรู้ และทักษะที่เหมาะสม และการปรับเปลี่ยนทัศนคติ และพฤติกรรมให้สอดคล้องกับงาน ทั้งนี้ เพื่อให้พ้นจากความล้าหลัง และครอบคลุมขอบเขตของการพัฒนา 3 ด้าน ได้แก่ (ญาดา ดาวพลังพรหม. 2539 : 42)

1. การพัฒนาบุคคล คือการพัฒนาโดยมีเป้าหมายให้บุคคลมีความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่เหมาะสม ในการทำงาน
2. การพัฒนาอาชีพ คือการพัฒนาโดยมีเป้าหมายให้บุคคลมีองค์ความรู้เฉพาะทาง เพื่อความก้าวหน้าในสายอาชีพและวิชาชีพ
3. การพัฒนาองค์การ คือการพัฒนาที่เน้นภาพรวมขององค์การ

การจัดการศึกษาเพื่ออาชีพและอาชีวศึกษานั้น เป็นการจัดการศึกษาที่เน้นกระบวนการ และวิธีการเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถในการประกอบอาชีพได้ ซึ่งเป็นการผลิตกำลังคนในระดับกลางและระดับเทคนิคเพื่อเข้าสู่ตลาดแรงงาน โดยจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

ให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน ทางด้านอุตสาหกรรม คหกรรม บริหารธุรกิจ เกษตรกรรม หรือศิลปกรรม การจัดการเรียนการสอนนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียน ต้องได้รับการพัฒนาสมรรถภาพที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีพใน 3 ลักษณะ คือ (ชินวงศ์ ศรีงาม.

2536 : 22-23)

1. สมรรถภาพทั่วไปทางด้านอาชีพ เป็นความรู้ ทักษะ และเจตคติทั่วไป ที่ผู้เรียน ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนา เช่น เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างลูกจ้างกับนายจ้าง ความปลอดภัยในการทำงานตามกฎหมายแรงงาน วิธีการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับอาชีพ

2. สมรรถภาพเฉพาะด้านอาชีพ เป็นความรู้ ทักษะ และเจตคติที่จำเป็น สำหรับงานอาชีพแต่ละสาขา เช่น การตลาดและหลักการขาย ซึ่งจำเป็นสำหรับอาชีพนักขายทุกประเภท ทักษะในการอ่านและเข้าใจแบบพิมพ์เขียว ซึ่งจำเป็นสำหรับนักธุรกิจการค้า เครื่องยนต์และการก่อสร้าง

3. สมรรถภาพเฉพาะงานอาชีพแต่ละสาขา เป็นความรู้ทักษะ และเจตคติ ที่จำเป็น อย่างยิ่งสำหรับงานอาชีพแต่ละงานที่เฉพาะเจาะจงลงไป ที่ผู้เรียนจะนำไปประกอบอาชีพนั้น ๆ โดยเฉพาะ เช่น อาชีพช่างยนต์ อาชีพช่างไฟฟ้า อาชีพเสริมสวย อาชีพตัดเย็บเสื้อผ้า ซึ่งผู้เรียนจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับการพัฒนาความรู้ และทักษะที่เฉพาะในสาขาอาชีพนั้น และสามารถออกไปประกอบอาชีพได้หลังจากสำเร็จการศึกษาแล้ว

ในสภาพปัจจุบัน พบว่า การจัดการศึกษาอาชีวศึกษาในระดับต้น ยังไม่บรรลุผลตาม จุดมุ่งหมายเท่าที่ควร จากการศึกษาเกี่ยวกับการจัดฝึกภาคปฏิบัติให้นักศึกษา มีความสามารถในการทำงานตามความต้องการของตลาดแรงงาน พบว่า คุณลักษณะของผู้สำเร็จการศึกษาช่าง อุตสาหกรรมซึ่งเป็นที่ต้องการของสถานประกอบการใน 3 ด้าน คือ (สำนักงานคณะกรรมการ การศึกษาแห่งชาติ. 2538 : 86)

1. ด้านพหุนิสัย ต้องการผู้ที่มีความรู้ ความคิด ขึ้นการนำไปใช้ขึ้นไป
 2. ด้านทักษะนิสัย ต้องการผู้ที่มีความสามารถในขั้นทำตามแบบขึ้นไป
 3. ด้านจิตนิสัย เป็นด้านที่สถานประกอบการเน้นมาก และมีความต้องการให้
- ผู้สำเร็จการศึกษา มีคุณลักษณะถึงขั้นสูงสุด คือขึ้นการสร้างลักษณะนิสัย นอกจากนั้น จากการสำรวจทักษะ และความต้องการการฝึกอบรมของช่างยนต์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่ปฏิบัติงานในศูนย์ซ่อมและบริการรถยนต์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า ทักษะที่ใช้ใน

การปฏิบัติงานในแต่ละสัปดาห์มากที่สุด คือทักษะในเรื่องการบำรุงรักษา ระบบส่งกำลังครัช และระบบระบายความร้อนตามลำดับ ส่วนความต้องการที่จะเข้ารับการอบรมนั้น ช่างยนต์มีความต้องการเข้าอบรมเรื่องการปรับแต่งเครื่องยนต์เบนซินหัวฉีดมากที่สุด รองลงมา คือ ระบบปรับอากาศอัตโนมัติและระบบส่งกำลังอัตโนมัติ (วัฒนธ กั้นเผือก. 2529 : บทคัดย่อ) สาเหตุที่ผู้จบการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เข้าทำงานในกิจการอุตสาหกรรมรถยนต์ได้เป็นจำนวนน้อย เนื่องจาก (สถาวร บุญสมบัติ. 2528 : 117)

1. ผู้จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ขาดความชำนาญ และประสบการณ์และความสามารถในการทำงาน ซึ่งเป็นผลมาจากสาเหตุต่าง ๆ ดังนี้

1.1 เนื้อหาวิชาตามหลักสูตรที่กำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนหรือฝึกอบรมนั้น ไม่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน

1.2 การฝึกอบรรมของสถานศึกษาอาชีวศึกษาในแต่ละแห่ง ยังไม่บรรลุเป้าหมายของหลักสูตร ทั้งนี้เนื่องจากขาดแคลนวัสดุฝึก เครื่องมือ เครื่องจักรและครูผู้สอน

1.3 ขาดแคลนอุปกรณ์ช่วยสอนและโสตทัศนศึกษา

2. ผู้สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) บางคนขาดความเชื่อมั่นในตนเองในการประกอบอาชีพที่ได้ศึกษามา เนื่องจากไม่มีความชำนาญและประสบการณ์เพียงพอ ทำให้หันไปประกอบอาชีพอื่น ๆ แทน (สมคิด ธนะเรืองสกุลชัย. 2522 : 92) นอกจากนี้ช่างซ่อมและบริการที่ผ่านการฝึกอบรรมจากศูนย์ฝึกอบรรมของสถานประกอบการยังมีประสบการณ์ทำงานน้อย และส่วนใหญ่ไม่เคยผ่านการฝึกอบรรมจากที่อื่นมาก่อน ทำให้การปฏิบัติงานด้านซ่อมและบริการยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แต่เมื่อช่างซ่อมและบริการได้ผ่านการฝึกอบรรมหลักสูตรช่างยนต์ขั้นต้นระยะสั้น ๆ แล้ว ประมาณร้อยละ 60 ของผู้ผ่านการฝึกอบรรม มีความรู้เพิ่มพูนมากขึ้น จนสามารถปฏิบัติงานเป็นบางส่วนและร้อยละ 34 ของผู้ผ่านการฝึกอบรรมจะปฏิบัติงานได้ด้วยตนเองทั้งหมด

จากการศึกษาทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย ในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พบว่าคุณภาพแรงงานไทยน่าเป็นห่วงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาโดยเฉลี่ยต่ำที่สุดในกลุ่มอาเซียน ขาดแคลนแรงงานทักษะโดยเฉพาะวิศวกรและช่างฝีมือ และการขาดแคลนแรงงานไร้ฝีมือมีมากขึ้น (สมศักดิ์ แท้มบุญเลิศชัย และคณะ. 2539 : 46)

ดังนั้นมาตรการเร่งด่วนเพื่อการสร้างบุคลากรให้มีคุณภาพ ด้วยเหตุนี้ การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องพัฒนาสมรรถภาพในวิชาชีพของแรงงานสาขาต่าง ๆ ประกอบกันไปด้วย สิ่งที่เราคาดหวังว่าจะพึงให้มีในอนาคตอันใกล้นี้ จึงจำเป็นต้องทำการสำรวจเพื่อหาข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาหลักสูตร โดยเฉพาะข้อมูลลักษณะงานและความรู้ ตลอดจนทักษะที่จำเป็นต้องใช้ในงานอาชีพเป็นสมรรถภาพของอาชีพนั้น ๆ เป็นข้อมูลในการพัฒนาหลักสูตร (สุราษฎร์ พรหมจันทร์. 2531 : 18-19)

ในปัจจุบันประเทศไทยอาจวิเคราะห์ได้ว่าทำการฝึกอาชีพและฝึกอาชีวศึกษา ด้วยระบบฝึกหัดที่จัดแยกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ คือ (วีรพันธ์ ลิทธิพงศ์. 2540 : 217-218)

1. ระบบที่ใช้เวลาเป็นเกณฑ์ กรมอาชีวศึกษาจัดถือระบบนี้ การพัฒนาทักษะ และความรู้ความสามารถของช่างจึงกำหนดด้วยเวลาเป็นคาบ โดยมีข้อสมมุติฐานว่าเมื่อได้ฝึกช่างตามเวลาที่กำหนดแล้ว ช่างจะเกิดทักษะความสามารถได้ระดับกับมาตรฐานขั้นต่ำที่มุ่งหวัง ในข้อเท็จจริงนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างทักษะและช่วงเวลาฝึกอยู่บ้าง แต่ไม่ขึ้นตรงต่อโดยตรงทั้งหมด นักศึกษาอาจฝึกครบตามกำหนดเวลาโดยไม่เกิดทักษะก็ได้ การจบของนักศึกษาตามเวลาฝึกที่กำหนดจึงไม่เป็นหลักประกันได้ว่า เขามีความรู้ความสามารถถึงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวนคาบ 4,800 คาบ สำหรับการฝึกช่างฝีมือ เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่เยอรมันใช้ฝึกช่างในระบบช่างฝึกหัด (Dual System) มาก่อน โดยอาศัยความร่วมมือจากภาคอุตสาหกรรม การอาชีวศึกษาของ ประเทศเยอรมันจึงก้าวหน้าไปไม่หยุดยั้ง

2. ระบบที่ใช้หน่วยกิตเป็นเกณฑ์ ระบบนี้สถาบันที่จัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาอยู่จะยึดถือเป็นเกณฑ์และแพร่หลายเข้าไปถึงการจัดอาชีวศึกษาระดับ ปวช. ซึ่งรับเอาระบบหน่วยกิตมาใช้ด้วย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลใช้ระบบหน่วยกิตเป็นเกณฑ์ในการจัดอาชีวศึกษา ความหนักเบาของหน่วยกิตมีความสัมพันธ์กับคาบเวลาที่ใช้จัดการศึกษา การฝึกปฏิบัติ 2-3 คาบต่อสัปดาห์ ตลอด 18-20 สัปดาห์ มีค่าหนึ่งหน่วยกิต การเรียนการสอนภาคทฤษฎีประมาณ 50 นาที มีค่าหนึ่งหน่วยกิต นักศึกษาอาจเรียนจนได้หน่วยกิตครบตามหลักสูตร ได้คะแนนเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป แล้วจบการศึกษาซึ่งอาจไม่มีสมรรถภาพถึงเกณฑ์ที่มุ่งหวังก็ได้ เพราะคำว่าหน่วยกิตมีความสัมพันธ์น้อยกับระดับสมรรถภาพ

การจัดการศึกษาด้านอาชีวศึกษา จำเป็นต้องกระทำให้สอดคล้องกับความต้องการของสถานประกอบการ การจัดหลักสูตรจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุง พัฒนา หรือเปลี่ยนแปลงศักยภาพหรือขีดความสามารถในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนให้สูงขึ้น โดยพัฒนาสมรรถภาพตามลำดับขั้นซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้ (สุชาติ กิจนัทธ์. 2540 : 45)

ระดับที่ 1 เป็นระดับต้น มีความสามารถในการงานพื้นฐานทั่วไปของอาชีพนั้น ซึ่งเป็นงานพื้นฐานที่ต้องปฏิบัติเป็นประจำ

ระดับที่ 2 มีความสามารถในการงานพื้นฐานทั่วไปของอาชีพนั้น ๆ โดยสามารถทำงานได้หลาย ๆ องค์ประกอบ และเป็นงานที่ซับซ้อนซึ่งมีทั้งงานที่ทำคนเดียวและงานกลุ่ม

ระดับที่ 3 มีความสามารถทำงานได้หลาย ๆ องค์ประกอบ และเป็นงานที่ซับซ้อนไม่ใช่งานพื้นฐานประจำ เน้นที่ความรับผิดชอบงานเป็นชิ้น มีการควบคุมและแนะนำผู้ร่วมงาน

ระดับที่ 4 มีความสามารถทำงานได้หลาย ๆ องค์ประกอบ ที่ต้องใช้เทคนิคพิเศษหรืองานในระดับมีอาชีพ เน้นที่ความรับผิดชอบต่อผู้ร่วมงานอื่น ในฐานะผู้แนะนำทางเทคนิค (Resources person)

ระดับที่ 5 มีความสามารถในการนำป้ไปใช้ ในลักษณะของการนำทักษะพื้นฐานและเทคนิคในการทำงานมาใช้ในการแก้ปัญหาในการทำงานในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ก่อน ทำงานในฐานะผู้แนะนำทางเทคนิคในการวิเคราะห์สาเหตุ ออกแบบ วางแผน บริหารและประเมินผลงาน

ในปัจจุบัน การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทย มีข้อจำกัดในการก้าวรุดหน้าต่อไปในอนาคต เนื่องจากขีดความสามารถทางเทคโนโลยี เพื่อรองรับและผลักดันการพัฒนาประเทศยังอยู่ในระดับต่ำ ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ประมวลไว้มีดังนี้ (ยุทธศักดิ์ ฅณาสวัสดิ์. 2540 : 85-86)

1. ประเทศไทยใช้จ่ายด้านวิจัยและพัฒนาต่ำมาก
2. การวิจัยและพัฒนาทั้งหมดดำเนินการโดยภาครัฐ
3. ไม่ได้เน้นการยกระดับเทคโนโลยีของภาคการผลิต
4. ไม่สนใจกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยี
5. ยังขาดยุทธศาสตร์ที่ชัดเจน

จากปัญหาดังกล่าว ก่อให้เกิดอุปสรรคสำคัญ ที่อาจทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยไม่บรรลุถึงจุดที่ใช้งานได้ อุปสรรคดังกล่าวเรียงตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้ (กริณพันธ์ วิสัยทอง. 2540 : 101)

1. การขาดบุคลากรที่มีศักยภาพ
2. การขาดการวางแผนและนโยบาย
3. การขาดเครื่องมือและเงินทุน
4. การขาดองค์กรและระบบการวิจัยและพัฒนาที่สมบูรณ์
5. การขาดองค์ความรู้ที่เป็นฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีที่มั่นคง

ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 ได้ตระหนักถึงปัญหาและอุปสรรคข้างต้น โดยมีแนวทางที่จะใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นเครื่องมือของการพัฒนาเศรษฐกิจ ให้เจริญเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน สนับสนุนให้ใช้ปัจจัยการผลิต ที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มทักษะ และความรู้ความสามารถของคน รวมทั้งรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในสภาวะที่เอื้อต่อคุณภาพชีวิตของคน ได้มีการพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนขึ้นใช้แทนน้ำมัน เพื่อลดมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียงให้น้อยลง โดยนำเอาพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์แทนการใช้้ำมันเชื้อเพลิง เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยสิ้นเชิงและมลพิษทางเสียงมีระดับต่ำมาก ดังนั้นการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ ลดปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงได้ โดยเสียงเบากว่าเสียงของรถยนต์มาก เนื่องจากไม่มีการจุดระเบิด เพื่อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเครื่องเหมือนรถยนต์ทั่วไป เสียงของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเพียงการหมุนของมอเตอร์เท่านั้น นอกจากนั้นปัญหาเรื่องความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้าหมดไป ทั้งนี้เพราะระบบไฟฟ้าเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % อุณหภูมิของรถยนต์ไฟฟ้าต่ำกว่ารถยนต์ที่สันดาปภายในมาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยืนยาว และสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา ไม่ต้องห่วงเติมน้ำมันหรือน้ำเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง ไล่กรองและสลายพาน (กรุงเทพมหานคร. 2539 : 1) รถยนต์ไฟฟ้าควบคุมง่าย เร่งได้เร็วเท่าที่ต้องการ คล่องแคล่ว เงียบ และเหมาะต่อการใช้ในเมือง (กองบรรณาธิการ. 2535 : 273) การพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า มีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากเทคโนโลยีหลักเป็นเทคโนโลยีระดับกลาง อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังขาดบุคลากร ที่สนใจด้านเทคโนโลยีดังกล่าวอย่างจริงจัง (กริณพันธ์ วิสัยทอง. 2540 : 97)

การที่รถยนต์ไฟฟ้าต้องใช้เทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น แรงงานจึงต้องมีคุณภาพมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการ มีความจำเป็นที่ต้องใช้บุคลากรด้านช่างยนต์มาก เพราะเครื่องยนต์ของรถยนต์ไฟฟ้าไม่ว่าจะมีราคาแพงปานใด ก็ยังเกิดเหตุขัดข้องและเสียหายได้ ช่างยนต์ที่มีภารกิจในการต้องซ่อมบำรุงรักษาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าดังกล่าว ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดเวลาช่วงอายุการใช้งาน ช่างยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อบุคลากรเหล่านั้นมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซมอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นช่างยนต์ต้องได้รับการพัฒนาสมรรถภาพพื้นฐาน เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า คือ (บุญจิตต์ นัทรภูมิ. 2539 : 166)

1. ด้านความรู้ เกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษารถยนต์ การปรับแต่งเครื่องยนต์ งานเครื่องยนต์ งานไฟฟ้า งานซ่อมเขาเครื่องยนต์ การซ่อมหมักเครื่องยนต์ การบริการช่วงล่าง การซ่อมระบบบังคับเลี้ยว การซ่อมระบบส่งกำลัง การซ่อมระบบเบรก การซ่อมระบบไฟฟ้ารถยนต์
 2. ด้านทักษะ เป็นงานต่อเนื่องที่สอดคล้องสัมพันธ์กับด้านความรู้ เป็นการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษารถยนต์ การปรับแต่งเครื่องยนต์ งานเครื่องยนต์ งานไฟฟ้า งานซ่อมเขาเครื่องยนต์ การซ่อมหมักเครื่องยนต์ การบริการช่วงล่าง การซ่อมระบบบังคับเลี้ยว การซ่อมระบบส่งกำลัง การซ่อมระบบเบรก การซ่อมระบบไฟฟ้ารถยนต์
 3. ด้านเจตคติ เป็นความรู้ลึกทางด้านจิตใจและบุคลิกภาพการปฏิบัติงานซ่อมรถยนต์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความมีระเบียบวินัย เจตคติ บุคลิกภาพ ความปลอดภัย
- การพัฒนาสมรรถภาพดังกล่าว จำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานหลักสูตรการฝึกอบรม เพื่อใช้เป็นแนวทางอย่างน้อย 3 แนวทาง ดังนี้ (วีรพันธ์ สิทธิพงศ์. 2540 : 319-320)

1. มาตรฐานพื้นฐานทางด้านเนื้อหา เป็นการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาบางส่วนที่จำเป็นในหลักสูตร
2. มาตรฐานด้านสมรรถภาพพื้นฐาน เพื่อแสดงให้เห็นถึงสมรรถภาพที่เกิดขึ้นที่ละเอียดกลั่นน้อยที่สุดมี
3. มาตรฐานทางด้านโครงสร้าง เป็นการจัดการหรือโครงสร้างทางการศึกษาที่เป็นโปรแกรมที่จำเป็น ต้องมีให้สอดคล้องกับมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ ในสาขาวิชาชีพช่างยนต์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลำดับขั้นดังนี้

ลำดับขั้นที่ 1 สามารถตรวจซ่อมคาร์บูเรเตอร์ เกียร์ เฟืองท้าย ระบบพวงมาลัย ปรับหัวฉีดน้ำมัน วินิจฉัยข้อบกพร่อง และอื่น ๆ ได้

ลำดับขั้นที่ 2 รู้หลักการการทำงานของเครื่องยนต์ ออลเตอร์เนเตอร์ เรกกูเรเตอร์ มอเตอร์สตาร์ท ระบบไฟจุดระเบิด สามารถปรับตั้งจุดระเบิด เครื่องยนต์ เชนขึ้นด้วยไทม์มิ่งไล่นตามข้อกำหนดของผู้ผลิต วินิจฉัยข้อบกพร่อง และอื่น ๆ ได้

ลำดับขั้นที่ 3 รู้ระบบขั้นพื้นฐานการทำงานของเครื่องยนต์ ระบบหล่อลื่น ระบบห้ามล้อ และระบบไฟฟ้ายนต์ สามารถถอดใส่ปรับตั้งหัวเทียนทองขาวได้ ปรับตั้งคลัช สายพาน ตึงจิ้งหวยจุดระเบิดปรับตั้งลิ้น บดหน้าลิ้นชั้นสุดท้าย ไล่ลมตั้งห้ามล้อ ระบบทรงตัว พวงมาลัย และอื่น ๆ ได้

ดังนั้น จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วน ที่ต้องพัฒนาศักยภาพ ชีตความสามารถ และ ความพร้อมของนักศึกษาช่างยนต์ ให้สามารถรับเอาเทคโนโลยีในอนาคต มีศักยภาพสูงพอที่จะ รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ มีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับ แต่งและซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง

จากสภาพปัจจุบันและปัญหา ตลอดจนข้อเท็จจริงดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาเป็นกรอบ ความคิดพื้นฐาน ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษา ช่างยนต์ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ได้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายทั่วไป

เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

2. ความมุ่งหมายเฉพาะ

2.1 เพื่อสร้างหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

2.2 เพื่อประเมินและปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับ

นักศึกษาช่างยนต์

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ทำให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนา นักศึกษาช่างยนต์ให้มีคุณภาพ เป็นการเตรียมบุคลากรเพื่อการตอบสนอง ต่อการให้บริการ ประชาชนที่ใช้รถยนต์ไฟฟ้า

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ในครั้งนี้มี ขอบเขตการดำเนินการดังนี้

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างยนต์ ในกรมอาชีวศึกษา และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในจังหวัดสุรินทร์
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาช่างยนต์ จำนวน 1 ห้อง 17 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง
3. การศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต เพื่อนำมาพัฒนานวัตกรรม หลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ใช้เทคนิคเดลฟายเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 17 คน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ หมายถึง ความสามารถความรู้ ทักษะ และ จิตพิสัยที่ใช้ปฏิบัติงานหรือทำงานในอาชีพช่างยนต์
2. เทคนิคเดลฟาย หมายถึง กระบวนการที่รวบรวมความคิดเห็น หรือการตัดสินใจ เรื่องหนึ่งเรื่องใดเกี่ยวกับอนาคตจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยบุคคลในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญไม่ต้องมาประชุม ร่วมกัน
3. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีหน้าที่หรือปฏิบัติงานที่เกี่ยวกับการสอน การฝึกงาน การฝึกอบรม การบริหารงานในสาขาวิชาช่างยนต์ ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กรมอาชีว ศึกษา และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

4. การพัฒนาหลักสูตร หมายถึง การวางแผนจัดทำหรือยกร่างหลักสูตร การตรวจสอบเอกสารหลักสูตร การใช้หลักสูตร และการประเมินผลหลักสูตร

5. หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ หมายถึง ความรู้ ทักษะ และเจตคติที่เกิดจากการอบรมในเรื่องหลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ตัวถังและโครงรถ แบตเตอรี่และการประจุ มอเตอร์และการควบคุม และระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

6. เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่งและซ่อมแซมรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับ แบตเตอรี่ มอเตอร์ ระบบการขับเคลื่อนและระบบการควบคุมรถยนต์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

1. การจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน
2. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนงานอาชีพ
3. เทคนิคเตลฟาย
4. ความรู้พื้นฐานของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน

การศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานเป็นระบบการเรียนการสอนวิชาชีพที่เน้นความสามารถพื้นฐานขั้นต่ำเป็นเกณฑ์ การเรียนการสอนมุ่งให้ผู้เรียนมีความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) และความสามารถ (Ability) ในการปฏิบัติงานให้ครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ของตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนอยู่ตลอดเวลา ผู้ที่จบออกไปต้องมีสมรรถนะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่ได้กำหนดไว้ (วีระพันธ์ สิทธิพงศ์. 2540 : 219-220)

ในปัจจุบันประเทศไทยอาชีวเคราะห้ได้ว่าทำการฝึกอาชีพและฝึกอาชีวศึกษา ด้วยระบบฝึกหัดที่จัดแยกได้เป็น 2 ระบบใหญ่ คือ

1.1 ระบบที่ใช้เวลาเป็นเกณฑ์ กรมอาชีวศึกษาอึดถือระบบนี้ การพัฒนาทักษะ และความรู้ความสามารถของช่างจึงกำหนดด้วยเวลาเป็นคาบ โดยมีข้อสมมุติฐานว่าเมื่อได้ฝึกช่างตามเวลาที่กำหนดแล้ว ช่างจะเกิดทักษะความสามารถได้ระดับกับมาตรฐานขั้นต่ำที่มุ่งหวัง ในข้อเท็จจริงนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างทักษะและช่วงเวลาฝึกอยู่บ้าง แต่ไม่ขึ้นตรงต่อโดยตรงทั้งหมด นักศึกษาอาจฝึกครบตามกำหนดเวลาโดยไม่เกิดทักษะก็ได้ การจบของนักศึกษาตามเวลาฝึกที่กำหนดจึงไม่เป็นหลักประกันได้ว่า เขามีความรู้ความสามารถถึงเกณฑ์ที่กำหนด จำนวนคาบ

4,800 คาบ สำหรับการฝึกช่างฝีมือ เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่เยอรมันใช้ฝึกช่างในระบบช่างฝึกหัดมาก่อน โดยอาศัยความร่วมมือจากภาคอุตสาหกรรม การอาชีวศึกษาของประเทศเยอรมันจึงก้าวหน้าไปไม่หยุดยั้ง

1.2 ระบบที่ใช้หน่วยกิตเป็นเกณฑ์ ระบบนี้สถาบันที่จัดการศึกษาระดับอุดมศึกษาอยู่ยึดถือเป็นเกณฑ์และแพร่หลายเข้าไปถึงการจัดอาชีวศึกษาระดับ ปวช. ซึ่งรับเอาระบบหน่วยกิตมาใช้ด้วย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลใช้ระบบหน่วยกิตเป็นเกณฑ์ในการจัดอาชีวศึกษา ความหนักเบาของหน่วยกิตมีความสัมพันธ์กับคาบเวลาที่ใช้จัดการศึกษา การฝึกปฏิบัติ 2-3 คาบต่อสัปดาห์ ตลอด 18-20 สัปดาห์ จะมีค่าหนึ่งหน่วยกิต การเรียนการสอนภาคทฤษฎีประมาณ 50 นาที มีค่าหนึ่งหน่วยกิต นักศึกษาอาจเรียนจนได้หน่วยกิตครบตามหลักสูตร ได้คะแนนเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป แล้วจบการศึกษาซึ่งอาจไม่มีสมรรถภาพถึงเกณฑ์ที่มุ่งหวังก็ได้ เพราะคำว่าหน่วยกิตครบมีความสัมพันธ์น้อยกับระดับสมรรถภาพ

2. ความหมายของสมรรถภาพ

นักการศึกษาได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับความหมายของคำว่าสมรรถภาพไว้แตกต่างกันดังนี้ สมรรถภาพ หมายถึง ทักษะ มโนภาพ และเจตคติที่จำเป็นในการปฏิบัติงานทุกชนิด ตลอดจนการนำเอาวิธีการและความรู้พื้นฐานไปประยุกต์ใช้ (Good. 1973 : 121)

สมรรถภาพ หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานต่ำสุดที่แสดงระดับพื้นฐานของบุคคลที่จะแสดงออกและกรอบของการทำงาน (Houston. 1976 : 32)

สมรรถภาพ หมายถึง ความสามารถในการทำงาน หรือภารกิจที่มีมาตรฐาน ถ้าไม่มีสมรรถภาพในระดับของสมรรถภาพที่เหมาะสม การปฏิบัติงานก็จะไม่เกิดขึ้นและมนุษย์พัฒนาสมรรถภาพการทำงานด้วยวิธีการที่ต่างกัน (Ainsworth. 1993 : 39-42)

ดังนั้นสรุปได้ว่า สมรรถภาพเป็นลักษณะความสามารถด้านความรู้ ทักษะ และจิตินิสัยที่ใช้ในการปฏิบัติงาน หรือทำงานในอาชีพต่าง ๆ

3. ลักษณะเฉพาะของสมรรถภาพ

เฟลทเชอร์ (Fletcher. 1992 : 15) ได้กล่าวถึง ลักษณะเฉพาะของสมรรถภาพไว้ดังนี้

3.1 สมรรถภาพ เป็นพื้นฐานการวิเคราะห์บทบาทของวิชาชีพ และ/หรือการสร้างความรับผิดชอบในอาชีพ

3.2 สมรรถภาพ กล่าวถึง ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการปฏิบัติทางวิชาชีพที่สัมพันธ์กับหน้าที่ หรือความรู้ ทักษะ และทัศนคติตลอดจนความจำเป็นเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว

3.3 สมรรถภาพ เหมาะสมในการประเมินผลแบบอิงเกณฑ์

3.4 สมรรถภาพ เป็นการจัดการกระทำที่เปรียบเสมือนดังการทดลอง คัดคะแนน ประสิทธิภาพทางวิชาชีพด้วยวิธีการที่ถูกต้อง

3.5 สมรรถภาพ เป็นลักษณะเฉพาะและทำขึ้นก่อนการสอน

3.6 โปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพทางการศึกษาแสดงโปรไฟล์ (Profile) ของสมรรถภาพอย่างกว้าง ๆ ของผู้เรียน

4. ขั้นตอนการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน

การจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานต้องกำหนดจุดมุ่งหมาย ในการเรียนการสอน ให้แน่นอนและวัดผลได้ การดำเนินการสอนและการประเมินผลต้องสอดคล้องกัน กระบวนการในการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน มีหลายขั้นตอน สามารถสรุปเป็นแนวปฏิบัติได้ดังนี้ (แรมสมร อยู่สุภาพร. 2538 : 88-89)

4.1 การรวบรวมและระบุความสามารถ (Competency) ที่แต่ละสาขาต้องการ

4.2 การกำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมให้ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

4.3 การตั้งเกณฑ์เพื่อการประเมินผลตลอดจนวิธีการที่เหมาะสมในการประเมินผล

4.4 การวางลำดับขั้นตอนการสอนการกำหนดวิธีการสอน หรือยุทธศาสตร์ที่จะใช้ในการสอนตลอดจนวัสดุอุปกรณ์การเรียนต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

4.5 การกำหนดบทบาทและความรับผิดชอบของครูและผู้ที่เกี่ยวข้องในโปรแกรม

4.6 การวัดผลโปรแกรมที่จัดขึ้นเพื่อสำรวจว่ากระบวนการและยุทธศาสตร์การสอนที่ใช้ นั้น ส่งเสริมให้นักเรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย หรือได้ความสามารถตามที่กำหนดไว้หรือไม่

4.7 การนำผลการสำรวจมาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องของโปรแกรมที่จัด

ขึ้น

5. แนวคิดการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน

กฤษมันต์ วัฒนารงค์ (2536 : 44-45) ได้กล่าวถึง การจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานไว้ดังนี้

- 5.1 กำหนดความสามารถหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหัวข้อวิชา
- 5.2 กำหนดมาตรฐานของความสามารถว่าอยู่ระดับใด
- 5.3 กำหนดวิธีการวัดและประเมินผล
- 5.4 กำหนดปรัชญาทางการสอนหรือวิธีการเรียนการสอน
- 5.5 หาวิธีการสอนที่เหมาะสมต่อการบรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 5.6 สรรหาและสร้างแหล่งทางวิชาการเพื่อการเรียนการสอน
- 5.7 สรรหาและพัฒนาวิธีการตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับให้มีประสิทธิภาพ

การศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานจึงเป็นการศึกษาที่ไม่ยึดถือเกณฑ์เวลา แต่ยึดถือเกณฑ์สมรรถภาพ คือผู้เรียนต้องเรียนแล้วเรียนอีก หรือฝึกแล้วฝึกอีกจนมีความสามารถ หรือสมรรถภาพตามที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของการเรียนชุดนั้น ๆ (วิรัช กุมทมาศ. 2538 : 49-50)

จากแนวคิดการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานดังกล่าวแล้ว สรุปได้ว่าการจัดการอาชีวศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐาน (Competency-Based Vocational Education) เป็นการจัดการศึกษาโดยยึดสมรรถภาพในอาชีพ ที่ผู้ประกอบอาชีพใช้ในการปฏิบัติหน้าที่และแรงงานสมรรถภาพในอาชีพนี้นี้ หมายรวมทั้งความสามารถในด้านสติปัญญา ทักษะ และเจตคติที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

6. มาตรฐานสมรรถภาพ

ฟีลด์ และไดรเดิล (Field and Drydale. 1990 : 12) ได้กล่าวถึงมาตรฐานสมรรถภาพว่า เป็นการเตรียมเนื้อหาความรู้ ทักษะและการนำไปใช้เพื่อเป็นมาตรฐานการทำงานที่สัมพันธ์กันใน 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

6.1 มาตรฐานทางอุตสาหกรรม (Industry Standard). ถือเป็นมาตรฐานที่ยึดถือพื้นฐานสมรรถนะที่อุตสาหกรรมเฉพาะสาขา เฉพาะกลุ่มรับรอง เป็นศูนย์รวมของมาตรฐาน

เฉพาะกลุ่มครอบครัวอุตสาหกรรมหลาย ๆ สาขา ที่มีลักษณะการทำงานใกล้เคียงกัน ต้องใช้พื้นฐานความสามารถจำนวนหนึ่งร่วมกัน ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอุตสาหกรรมอื่น และคณะกรรมการให้การรับรอง เช่น มาตรฐานช่างยนต์

6.2 มาตรฐานระหว่างอุตสาหกรรม (Cross-Industry Standard) เป็นมาตรฐานที่มีพื้นฐานอยู่บนสมรรถนะระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรมหนึ่ง ๆ เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมเหล็ก กับกลุ่มอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ มีสมรรถนะบางประการที่จำเป็นต้องใช้ร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็นการทำงานในวงการเหล็ก หรือวงการอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ จำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานของสมรรถนะนี้ เพื่อประโยชน์ในการโยกย้ายถ่ายเทแรงงานระหว่างกลุ่มอุตสาหกรรม และเพื่อความสะดวกในการจัดฝึกอบรมเพื่อเพิ่มสมรรถนะ จะได้ไม่ต้องเริ่มจากศูนย์เสมอไป

6.3 มาตรฐานทางการค้า (Enterprise Standard) เป็นมาตรฐานของสมรรถนะที่ต้องใช้ในการทำงานอุตสาหกรรมเฉพาะแห่ง เฉพาะราย ซึ่งเป็นความจำเป็นของอุตสาหกรรมนั้น ๆ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้ในตลาดเสรี มาตรฐานทางการค้าอาจกำหนดขึ้นได้ใน 3 ลักษณะ คือ

6.3.1 กำหนดรายละเอียดเพิ่มเติมลงในมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ผ่านการรับรองแล้ว

6.3.2 เพิ่มหน่วยย่อย ๆ ของสมรรถนะลงในมาตรฐานอุตสาหกรรม เพื่อให้ครอบคลุมมาตรฐานเฉพาะของธุรกิจอุตสาหกรรมนั้น ๆ

6.3.3 นำเอาหน่วยย่อย ๆ ของมาตรฐานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มาแยกแยะและจัดกลุ่ม อนุกรมใหม่เป็นหน่วยของสมรรถนะชุดใหม่ ที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมหนึ่ง ๆ

7. วิธีการฝึกอบรมแบบสมรรถภาพพื้นฐาน

การฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน เป็นวิธีการฝึกอบรมสายวิชาชีพซึ่งเน้นถึงสิ่งที่บุคคลสามารถทำได้จริง จากงานซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกอบรม เพื่อเป็นมาตรฐานทางอุตสาหกรรม มากกว่าการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนกับคนอื่น มุ่งตอบคำถามว่าผู้เรียนมีความสามารถทำอะไรได้บ้าง (Kroehner. 1995 : 45-49) การฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานไม่มีโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน แต่มีคุณลักษณะดังนี้ (Field and Drydale. 1990 : 50)

7.1 เนื้อหาของโปรแกรมการฝึกอบรม คือทักษะพื้นฐานที่ต้องการเพื่อการทำงาน โดยตรง สมรรถภาพของผู้เรียนต้องพัฒนาให้เกิดความรอบรู้ในการทำงาน ต้องใช้การวิเคราะห์ โดย มีจุดประสงค์เพื่อค้นหาว่างานนั้นประกอบขึ้นด้วยกิจกรรมใดบ้าง กิจกรรมนั้นจำเป็นต้องการทำงานหรือไม่

7.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมระบุถึงสมรรถภาพแต่ละอย่างโดยนิยามสมรรถภาพ ในเทอมทั่วไป เพื่อให้สมรรถภาพมีความหมายกว้างมาก อาจมีเงื่อนไข กิจกรรม และมาตรฐาน การทำกิจกรรมด้วย

7.3 ประเมินทักษะที่เป็นพื้นฐานของสมรรถภาพประเมินผลผู้เรียนตามจุดประสงค์ ที่เป็นไปได้โดยใช้สถานการณ์จริงที่เชื่อถือได้มากที่สุด รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดของการประเมินผล ของการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานมี 5 ขั้นตอนคือ

7.3.1 พิจารณาความสัมพันธ์ของกลุ่มเพื่อกำหนดทักษะที่ต้องการให้เหมาะสม ในการจัดตำแหน่งการทำงาน

7.3.2 ทักษะดังกล่าวกำหนดเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาได้

7.3.3 ปัจจัยทางกายภาพของโปรแกรมเป็นพื้นฐานของการพัฒนา

7.3.4 การบริหารงานบุคคลของการฝึกอบรมแบบสมรรถภาพ ใช้รูปแบบการ สอนเพื่อพัฒนางานที่ซับซ้อน โดยยึดเกณฑ์การประเมินผลที่สอดคล้องกัน

7.3.5 กำหนดและสร้างวิธีการเก็บข้อมูลขึ้น ต้องใช้การจัดการมากกว่าการ ฝึกอบรมแบบดั้งเดิม

8. ทฤษฎีสมรรถภาพพื้นฐาน

ก่อนการพิจารณาถึง สมรรถภาพและบทบาทของโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน ขอกล่าวถึงคำว่า สมรรถภาพมนุษย์ (Human Competence) ของโธมัส กิลเบิร์ต (Thomas Gilbert) ซึ่งกล่าวว่า สมรรถภาพมนุษย์เป็นสมรรถนะในการปฏิบัติงานอย่างมีคุณค่า

สมรรถภาพดังกล่าวเป็นเรื่องที่บุคคลกระทำ สมรรถภาพของมนุษย์มีหลายอย่าง ดังใน

ตาราง 1

ตาราง 1 ทฤษฎีสมรรถภาพพื้นฐานของกิลเบิร์ต ที่นำมาใช้ในการฝึกอบรม

คำแนะนำตามทฤษฎีของ กิลเบิร์ต	การนำไปใช้สำหรับการฝึกอบรม
1. คุณค่าที่แท้จริงของสมรรถภาพมนุษย์ได้มาจากความสำเร็จที่แท้จริงไม่ใช่มาจากพฤติกรรม	1. ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความสามารถปฏิบัติงานอย่างมีคุณค่า เน้นหนักในผลของการฝึกอบรมและกระบวนการฝึกอบรม
2. ความสำเร็จที่เกิดขึ้นไม่มีความหมายถ้าทำให้เกิดความเสียหายต่อพฤติกรรมของมนุษย์	2. โปรแกรมการฝึกอบรมต้องชัดเจน มีความเป็นไปได้ มีสถานที่ฝึกอบรม
3. การให้รางวัลในพฤติกรรมมากกว่าผลที่เกิดขึ้นจากพฤติกรรมจริง ทำให้ความสามารถที่เกิดขึ้นไม่มีความหมาย	3. โปรแกรมการฝึกอบรมควรมีรางวัลให้ผู้ที่เกิดความรอบรู้ มีทักษะในการทำงาน ไม่ใช่ ความตั้งใจ ความพยายาม ทศณคติที่ดี หรือพฤติกรรมอื่น ๆ
4. ไม่เกิดความสับสนระหว่างพฤติกรรมกับความสำเร็จ	4. การวางแผนโปรแกรมและกิจกรรมการสอน ก่อให้เกิดความสำเร็จในภายหลังทำให้ผู้เข้าอบรมมีทักษะในการทำงาน
5. ลดความต้องการลงเพื่อให้เกิดความสำเร็จในสมรรถภาพของมนุษย์ในเชิงปฏิบัติ	5. ผู้เข้ารับการอบรมต้องทำกิจกรรมให้เกิดทักษะความชำนาญเท่านั้น
6. ความรู้และทัศนคติที่ไม่ได้นำไปปฏิบัติอย่างแท้จริงเป็นสิ่งที่ไม่มีความหมาย	6. การสอนความรู้และทัศนคติที่ไม่มีเป้าหมาย ไม่มีประโยชน์ต่อผู้เข้ารับการอบรม

9. ข้อดีของการใช้การฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน

ฟีลด์ และไดรเดิล (Field and Drydale, 1990 : 45) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานมีข้อดีดังต่อไปนี้

9.1 ให้เวลาที่เพียงพอสำหรับผู้เรียนแต่ละคน เพื่อให้เกิดความรอบรู้ในแต่ละสมรรถภาพก่อนการทำการกิจกรรมในสมรรถภาพถัดไป

9.2 ผู้เรียนบางคนอาจใช้เวลาการศึกษาสั้น ๆ

9.3 ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

9.4 หลักการที่ดีช่วยลดการขาดงาน ความเฉื่อยช้าอัตราการสูญเสียและ
พฤติกรรมที่เป็นปัญหาในการฝึกอบรม

9.5 มีความเป็นไปได้ ในการเปิดโอกาสให้บุคคลเข้ามาศึกษาและสำเร็จการ
ศึกษาด้วยตนเอง

9.6 มีมาตรฐานที่มีความคงที่ในระดับหนึ่ง สำหรับการฝึกอบรมในเวลา
แตกต่างกัน

9.7 เหมาะสมกับผู้เรียนที่ชอบความท้าทายและความเป็นอิสระเพื่อก่อให้เกิดผล
ในการเรียนรู้

9.8 มีความรับผิดชอบทั้งผู้เรียนและผู้สอน

9.9 ผลงานเป็นสมรรถภาพที่เชื่อถือได้

10. การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน

แบลงค์ (Blank, 1982 : 25-27) ได้แบ่งการพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรม
สมรรถภาพพื้นฐานแบ่งออกเป็น 12 ขั้นตอน ดังนี้

10.1 การกำหนดและบรรยายลักษณะเฉพาะของอาชีพ

10.2 การกำหนดคุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน

10.3 การกำหนดและตรวจสอบงานหรือภารกิจ

10.4 การวิเคราะห์งานและการเพิ่มเติมความรู้ที่จำเป็น

10.5 การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

10.6 การจัดลำดับงาน และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

10.7 การพัฒนาแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

10.8 การพัฒนาแบบทดสอบข้อเขียน

10.9 การพัฒนาโครงร่างของการแนะแนวทางการเรียน

10.10 การทดลอง การทดสอบภาคสนาม และปรับปรุงแนวทางการเรียน

10.11 การพัฒนาระบบการจัดการการเรียนรู้

10.12 การปฏิบัติและประเมินผลโปรแกรมการฝึกอบรม

10.1 การกำหนดและบรรยายลักษณะเฉพาะของอาชีพ

โปรแกรมการฝึกอบรมแบบดั้งเดิมมีข้อบกพร่อง คือผู้เรียนต้องเรียนรู้ในเรื่อง หรือภารกิจของงานอย่างเดียวกัน ทั้งที่ผู้เรียนมีความต้องการ ความสนใจ และจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน แต่ละคนอาจไม่ต้องการเรียนรู้ในทุกเรื่องจากโปรแกรมการฝึกอบรม ผู้เรียนบางคนปรารถนาที่จะมีความรอบรู้ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือทักษะใดทักษะหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางอาชีพเท่านั้น เพื่อให้สามารถทำงานได้จริง โปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานจึงเหมาะสม และสามารถตอบสนอง ความต้องการของผู้เรียนดังกล่าวได้

ในโปรแกรมการฝึกอบรม ต้องมีการกำหนดลักษณะเฉพาะของงานในแต่ละอาชีพ โดยเขียนระบุถึงงานแต่ละอย่างตามลักษณะของงาน ระบุออกมาเป็นรายการที่ทำให้สะดวกในการสร้างแบบทดสอบปฏิบัติ การกำหนดชื่อของงานทางอาชีพนั้นต้องมีอยู่จริงในโลกของงาน เช่น ช่างไม้ พนักงานเก็บเงิน เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูล นักเทคนิคการแพทย์ นักเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์ ช่างซ่อมประปา เป็นต้น หัวข้อของงาน ที่เป็นชื่อเรื่องของงานเฉพาะนั้น เมื่อผู้เรียนฝึกอบรมแล้ว สามารถนำไปประกอบอาชีพได้ หรือเป็นการเสริมทักษะ ความรู้ ประสบการณ์ โดยเป็นการเติมในส่วนที่บุคคลยังบกพร่องอยู่

10.1.1 ขั้นตอนการกำหนดลักษณะเฉพาะของอาชีพ

แบลงค์ (Blank, 1982 : 34-38) ได้กล่าวถึงลำดับขั้นในการกำหนด ลักษณะเฉพาะของอาชีพไว้ดังนี้

10.1.1.1 กำหนดชื่อเรื่องทางอาชีพที่ใช้ในการฝึกอบรม

การกำหนดชื่อเรื่องทางอาชีพที่ใช้ในการฝึกอบรมนั้น ควรเลือกเรื่องที่มีความเป็นไปได้จากแหล่งข้อมูลหลายอย่าง เช่น พจนานุกรมรายชื่ออาชีพ กรรมการที่ปรึกษา นายจ้าง คนงาน กรรมการ ความรู้ในสาขาของตนเอง ครูผู้สอน นโยบายการจัดการอาชีวศึกษา การสำรวจ เอกสาร เป็นต้น

10.1.1.2 กำหนดขอบเขตของวิชาชีพให้แก่แบลง

การกำหนดขอบเขตของวิชาชีพให้แก่แบลง จำเป็นต้องสร้างเกณฑ์เพื่อใช้ในการประเมิน ในแต่ละอาชีพ และตัดสินใจเสนอทางเลือก เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบอาชีพ มีดังนี้

- 10.1.1 ผู้เรียนต้องการฝึกอบรมในวิชาชีพนั้น
- 10.1.2 ได้รับการอนุมัติ หรือมีอำนาจในการจัดการฝึกอบรมทางวิชาชีพ
- 10.1.3 มีข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของตลาดแรงงานที่เป็นปัจจุบันและเชื่อถือได้
- 10.1.4 มีหลักฐานว่าผู้เรียนต้องการฝึกอบรมทางวิชาชีพ
- 10.1.5 ผู้เรียนทุกระดับฝีมือได้รับการฝึกอบรม
- 10.1.6 ครูผู้สอนมีคุณภาพและประสบการณ์ในวิชาชีพ
- 10.1.7 มีเครื่องมือ วัสดุ และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกเพียงพอ
- 10.1.8 ผู้เรียนต้องการเพิ่มคุณวุฒิจากโปรแกรมการฝึกอบรมทางอาชีพ

10.2 การกำหนดคุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน การช่วยให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจนประสบความสำเร็จ ในโปรแกรมการฝึกอบรมนั้น คุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จำเป็นมาก ซึ่งคุณลักษณะดังกล่าวเป็นความสามารถ หรือสิ่งที่ต้องรู้เพื่อการทำงานให้สำเร็จ มีขั้นตอนการกำหนดคุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อนดังนี้

10.2.1 แสดงเหตุผลในการกำหนดคุณลักษณะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน สิ่งสำคัญที่ผู้เรียนต้องมี คือ คุณลักษณะและความสามารถในการทำงานที่เกิดก่อนโปรแกรมการฝึกอบรม

10.2.2 การเลือกทักษะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน เริ่มต้นด้วยการค้นหาความสามารถ ทักษะ ทักษะคิดซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นที่ใช้ในการทำงานของผู้เรียนเพื่อใช้พัฒนาเสริมทักษะในโปรแกรมการฝึกอบรม หรือการทำงาน

10.3 กำหนดและตรวจสอบงาน หรือภารกิจ

การสร้างโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน เป็นพื้นฐานของการทำงานในแต่ละอาชีพ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้และมิตักษะในการทำงานอย่างสมบูรณ์ มีลำดับขั้นดังนี้

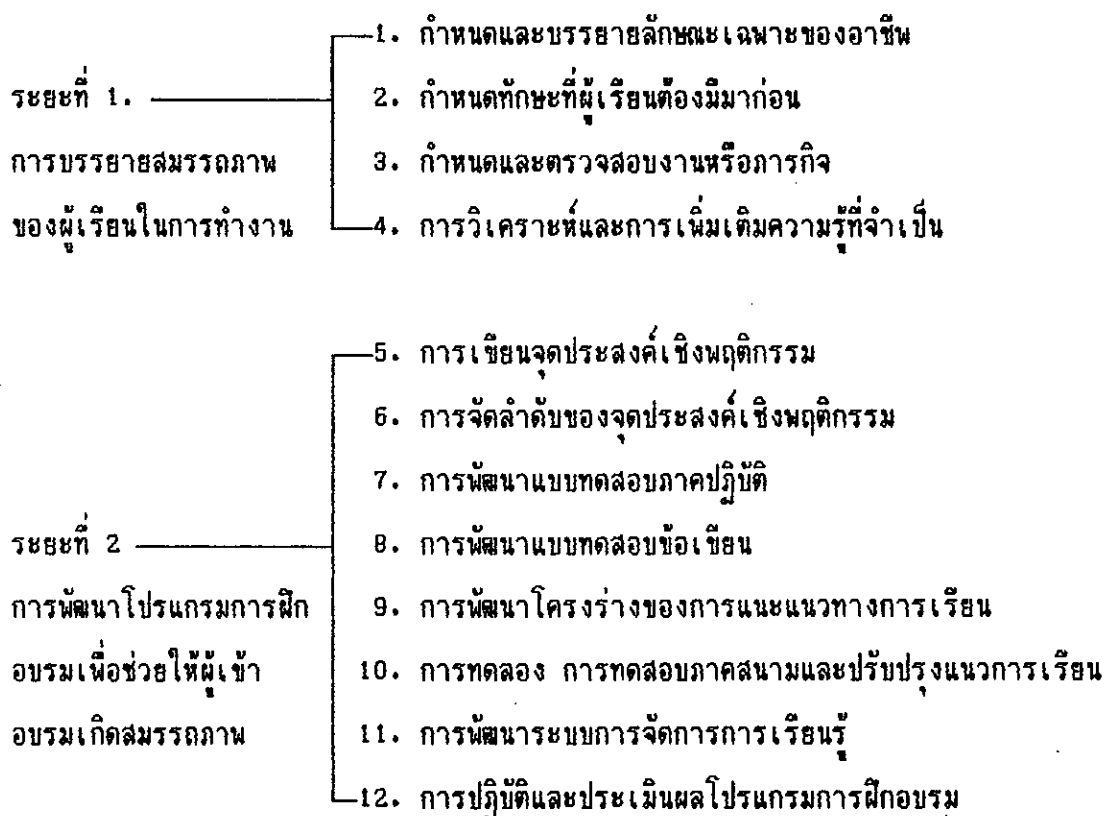
10.3.1 กำหนดชื่อเรื่อง สมรรถภาพพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรม สมรรถภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะถูกประเมินความสามารถพื้นฐานตามจุดประสงค์ก่อนตามจุดประสงค์ ตัวอย่างของสมรรถภาพ เช่น การเรียกภาษีเงิน การติดตั้งชุดของกฎเกณฑ์ การสร้างเพลงการพิมพ์ การติดตามต่องาน การสืบสวนและลอบวางเพลิง การขนย้ายสิ่งของขัดขวางท่อ

ระบายนํ้า การจับคนที่สงสัยว่าเป็นคนร้ายที่หนีไป เป็นต้น

การพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานแบ่งเป็น 2 ระยะ

ระยะที่ 1 เกี่ยวข้องกับการบรรยายสมรรถภาพของผู้เรียนในการทำงาน

ระยะที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมเพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดสมรรถภาพ



ภาพประกอบ 1 การพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน 2 ระยะ

10.3.2 กำหนดหน้าที่ของอาชีพอย่างชัดเจน มีอยู่หลายวิธีในการกำหนดหน้าที่ของการทำงานในอาชีพได้ ดังนี้

10.3.2.1 สังเกตการทำงานในที่ทำงานเพื่อดูการทำงานและบันทึกผลการทำงาน

10.3.2.2 พบกับกลุ่มคนงานแต่ละอาชีพที่อยู่ด้วยกัน

10.3.2.3 รวบรวมรายชื่อของงานที่ลงทะเบียนจากแหล่งความรู้ทางอาชีพและแหล่งข้อมูลอื่นจากอาชีพจริงของคนงาน

10.3.3 กำหนดงานที่จะทำ ในกระบวนการกำหนดสมรรถภาพนั้น จำเป็นต้องกำหนดลักษณะเฉพาะของงานแต่ละหน้าที่ขึ้นมาก่อน

10.3.4 การตรวจสอบงานตามความเป็นจริง ก่อนที่จะกำหนดกระบวนการของสมรรถภาพพื้นฐานอย่างสมบูรณ์ ควรทดลองงาน เพื่อตรวจสอบความต้องการและความถูกต้องของแต่ละงาน ลดปัญหาเกี่ยวกับโปรแกรมการพัฒนาที่ไม่ทันสมัย หรืองานที่ไม่สำคัญ การใช้ถ้อยคำที่ไม่ถูกต้องลง

10.4 การวิเคราะห์งานและการเพิ่มเติมความรู้ที่จำเป็น

การวิเคราะห์งานเพื่อกำหนดองค์ประกอบแต่ละส่วนของงาน มีขั้นตอน ดังนี้

10.4.1 การวิเคราะห์งาน ผลจากการวิเคราะห์งาน เป็นรายละเอียดตามลักษณะเฉพาะของงานทางด้านทักษะความรู้และทัศนคติที่ต้องการ โดยผู้เรียนทำงานตามสมรรถภาพที่ต้องการพัฒนา งานบางส่วนจากสมรรถภาพเหล่านี้จะพัฒนามาเป็นเนื้อหาที่ใช้สอน สำหรับผู้เรียนจะได้เรียนรู้

10.4.2 การเพิ่มความรู้ที่สำคัญในงาน เกณฑ์ในการพัฒนาสมรรถภาพเพื่อเพิ่มความรู้ในโปรแกรม มีดังนี้

10.4.2.1 ความรู้เกี่ยวกับงาน

ก. กล่าวถึงหน่วยความรู้อย่างกว้าง ๆ

ข. ความปลอดภัยในการทำงานเป็นพื้นฐานของความรู้

ในอาชีพ

ค. บุคคลสามารถเรียนรู้ตามการแบ่งหน่วยของการสอน

ง. เน้นกริยาที่แสดงการกระทำ

จ. กล่าวถึงความรู้ที่ผู้เรียนต้องการอย่างชัดเจน

ฉ. ชื่อของทักษะงานในโปรแกรมการฝึกอบรมมีความ

ถูกต้อง

ช. จำนวนชิ้นงานเริ่มจากน้อยไปหามาก

10.4.2.2 ระดับของความรู้เกี่ยวกับงาน ความรู้มีอยู่หลายระดับ ตั้งแต่ต่ำสุดจนถึงสูงสุด ในขั้นแรกเราต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้ในระดับต่ำที่สุดแล้วพัฒนาสูงขึ้น ความรู้ขั้นสูงครอบคลุมถึง

- ก. การเข้าใจความหมายที่แท้จริง
- ข. การนำหลักการไปใช้
- ค. การวิเคราะห์แนวคิดหรือความคิดรวบยอด
- ง. การสังเคราะห์
- จ. การประเมินผล วิธีการนำเกณฑ์ที่เหมาะสมไปใช้

10.5 การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

10.5.1 ความหมายของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นจุดประสงค์ที่บอกให้ทราบว่าเมื่อเรียนจบบทเรียนนั้น ๆ แล้วผู้เรียนสามารถแสดงพฤติกรรมที่วัดได้ สังเกตได้ ออกมาอย่างไร ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ (นิลิสฺส เมฆาภักทร และ อธิระพล เมธิกุล . 2529 : 75-76)

10.5.1.1 พฤติกรรมที่คาดหวัง เป็น พฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนแสดงออกได้เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในหน่วยใดหน่วยหนึ่ง เช่น

คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟตรงได้

ร่างแบบตำแหน่งมุลิม มุลคาย มุลหุลบของสกดได้ถูกต้อง

อธิบายส่วนประกอบของวงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้

10.5.1.2 สถานการณ์หรือเงื่อนไข เป็นเงื่อนไขที่สร้างขึ้นเพื่อเป็น สิ่งเร้ากระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรมที่คาดหวังออกมา การกำหนดสถานการณ์หรือเงื่อนไข เช่น

ก. เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาบทเรียน เช่น

อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

ได้

ข. เป็นสิ่งเร้าเพื่อแสดงพฤติกรรมที่คาดหวังออกมา เช่น

เมื่อกำหนดวงจรไฟฟ้าให้ สามารถอ่านแบบได้ถูกต้อง

ค. เป็นเงื่อนไขการกระทำ เช่น

ต่อวงจรระบบไฟเลี้ยงรถยนต์ได้โดยไม่ต้องควบคุม

10.5.1.3 เกณฑ์ เป็นขอบเขตหรือระดับของพฤติกรรมที่คาดหวังขั้นต่ำ
ที่ยอมรับว่าผู้เรียนมีพฤติกรรมที่คาดหวังนั้น การกำหนดเกณฑ์ เช่น

ก. การบ่งเวลา เช่น

สาธิตการต่อโวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ในวงจร

ไฟสลัปได้ภายในเวลา 5 นาที

ข. การกำหนดจำนวนต่ำสุด เช่น

บอกส่วนประกอบของหลอดไฟฟ้าได้ถูกต้อง 5 ชื่อ

ค. การระบุเป็นเปอร์เซ็นต์หรือสัดส่วน เช่น

อ่านค่าความต้านทานจากโคดสีได้ถูกต้อง 7 ใน

10 ตัว

ง. การระบุเป็นค่าประมาณ เช่น

ตะไบเหล็กสีเหลี่ยมขนาดความหนา 5 ซม. ให้ขนานกับ

ด้านตรงข้ามภายในเวลาที่กำหนดให้ได้ความเที่ยงตรง ± 0.1 มม.

10.5.2 คำกริยาที่ใช้แทนพฤติกรรม

เสริม ทัดศรี (2533 : 20-22) ได้กล่าวถึงคำกริยาที่ใช้แทนพฤติกรรม ไว้ดังนี้

10.5.2.1 จุดประสงค์ที่มุ่งเน้นพฤติกรรมด้านพุทธินิสัย (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านพุทธินิสัยประกอบด้วยพฤติกรรมด้านความรู้และความคิดเป็นกระบวนการ
ด้านสมอง แบ่งเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

ก. ความรู้ความจำ ได้แก่ ให้คำนิยาม บรรยาย บอก ชี้บ่ง
บัญญัติ เลือก จับคู่ กล่าวเรียกชื่อ บอกรายการ ให้หัวข้อ

ข. ความเข้าใจ ได้แก่ เปลี่ยนรูป ยกข้ออ้าง บอกความ
แตกต่าง คาดหมาย อธิบาย ขยายความ อ้างอิง ยกตัวอย่าง จัดเรียงใหม่ ทำนาย ตีความหมาย
สรุป เรียบเรียงใหม่ ย่อความ

ค. การนำไปใช้ ได้แก่ เปลี่ยน คำวณ สาธิต ค้นพบ
ใช้เครื่องมือ ปรับปรุง เตรียมปฏิบัติการ ทำนาย ผลิต ติดต่อ แสดง เสนอ แก้ปัญหา ใช้

ง. การวิเคราะห์ ได้แก่ อ้างอิง ยกย่องการ สาธิต
ชี้แจงให้เห็นข้อแตกต่างจากสิ่งที่คล้ายคลึงกัน ชี้บ่ง แยก คัดเลือก ติดต่อ แบ่งย่อย หาองค์
ประกอบ หาหลักการ หาความสัมพันธ์ ทำเป็นแผนภาพ

จ. การสังเคราะห์ ได้แก่ จัดกลุ่มพวก รวบรวมเป็นกลุ่ม
รวม แต่ง ออกแบบ สร้าง เขียนใหม่ สรุป ประดิษฐ์ วางโครงการ ปรับปรุง

ฉ. การประเมินค่า ได้แก่ เปรียบเทียบ ประเมิน โต้แย้ง
วิจารณ์ บรรยาย อธิบายสรุป จำแนก สรุปความ ติดต่อ แปลความหมาย ให้เหตุผล

10.5.2.2 จุดประสงค์ที่มุ่งเน้นพฤติกรรมด้านทักษะนิสัย

(Psychomotor Domain) พฤติกรรมด้านทักษะนิสัยประกอบด้วยพฤติกรรมเกี่ยวกับการกระทำ
อย่างมีทักษะในการดำเนินการเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ (โกวิท ประวาลนฤกษ์. 2523;
อ้างอิงมาจาก Dave : 1971) ได้แบ่งพฤติกรรมด้านทักษะนิสัยไว้ 5 ขั้นดังนี้

ก. การเลียนแบบ (Imitation) เป็นการทำเลียนแบบ
ซ้ำ ๆ โดยมีผู้ทำแบบอย่างที่ต้องให้ดู

ข. การลงมือทำตามแบบ (Manipulation) เป็นการ
ทำตามล้าหลังโดยไม่มีแบบอย่างให้ดู

ค. ความถูกต้องเที่ยงตรง (Precision) เป็นการ
ทำที่แก้ไขข้อบกพร่องให้ดีขึ้นจนมีความถูกต้อง

ง. การประสานสัมพันธ์ (Articulation) เป็นการ
ทำต่อจากขั้นที่ 3 ได้อย่างประสานสัมพันธ์กัน

จ. การกระทำอย่างชำนาญ (Naturalization) เป็น
การทำอย่างคล่องแคล่วแม่นยำโดยอัตโนมัติ

จุดประสงค์ที่มุ่งเน้นพฤติกรรมด้านทักษะนิสัย มีคำกริยาต่าง ๆ ที่ใช้ได้แก่ ประกอบ
ก่อ แต่ง เปลี่ยน ทำความสะอาด ทำให้เกี่ยวพัน สร้าง ประดิษฐ์ ออกแบบ ปลด (สิ่งปกคลุม)
ฝึก ห่อหุ้ม กวน ร่วง ขัดกระดาษทราย เลื่อย ตอก ย้ำ ยึดด้วยตาปู ป้ายสี ผสม ถ่วงน้ำหนัก
เกี่ยวขอ แกะไข ทำ เย็บ เริ่มต้น ใช้ เหลา ลับ ติดตาม แกะไข บอกที่ตั้ง ซ่อม ผูก ตัดด้วยค้อน

เผา กำ (มือ) ปล้ำ ใช้เครื่องมือ ตรวจทานเครื่องมือวัด ตรวจแก้ จัด (โต๊ะเตรียมรับประทาน อาหาร) ตั้ง (เข็มนาฬิกา)

10.5.2.3 จุดประสงค์ที่มุ่งเน้นพฤติกรรมด้านจิตนิสัย (Affective Domain) พฤติกรรมด้านจิตนิสัยประกอบด้วยพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึก ได้แก่ เรื่องที่เกี่ยวกับ ความสนใจ เจตคติ ความซาบซึ้ง การปรับตัว เป็นต้น พฤติกรรมด้านนี้แบ่งออกเป็น 5 ชั้นโดย มีรูปแบบการพัฒนาตามลำดับขั้นดังนี้

ก. การรับรู้สิ่งเร้า ได้แก่ ถาม เลือก บรรยาย ติดตาม ให้ ยึด ชั่ง บ่ง บอกที่ตั้ง ตอบ ให้ชื่อ คัดเลือก ใช้

ข. การตอบสนอง ได้แก่ ตอบ ช่วยเหลือ สอดตาม เล่น อภิปราย ทำให้เหมือนกัน ช่วยบัญญัติ ปฏิบัติ แสดง อ่าน รายงาน ตอบโต้ คัดเลือก บอก เขียน ต้อนรับ

ค. การสร้างคุณค่า ได้แก่ ทำให้สมบูรณ์ สาธิต บรรยาย ชี้ให้เห็นข้อแตกต่าง อธิบาย ติดตาม ขั้นรูป เชื้อเชิญ ร่วมด้วย ให้เหตุผล อ่าน เสมอ จัดแบบ ใหม่ รายงาน คัดเลือก แบ่ง เขียน ทำงาน ศึกษา เริ่มต้น

ง. การจัดระบบคุณค่า ได้แก่ สลับ จัดแจง รวม เปรียบ เทียบ ทำให้สมบูรณ์ ป้องกัน อธิบาย อ้างอิง ปรับปรุง ประสานระบบ สิ่ง สิ่งเคราะห์ เตรียม ติดต่อ

จ. การสร้างลักษณะนิสัย ได้แก่ แสดงท่าทาง จำแนก จัดเสนอ ปรับปรุง ปฏิบัติ เล่น เสนอ แสดงออกซึ่งความสงสัย ใช้ แก้อัฒหา ตรวจสอบ ให้เห็น จริง รับใช้ ปรับปรุงใหม่ ฟัง ใช้อิทธิพล แก้อัฒ

10.6 การจัดลำดับงาน และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้วควรจัดลำดับงานเพื่อให้งานดำเนิน ไปอย่างเรียบร้อย เป้าหมายในการจัดลำดับงานและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมในโปรแกรมการ ฝึกอบรม เพื่อหลีกเลี่ยงการกำหนดให้มีลำดับขั้นของงานที่ตายตัวซึ่งผู้เรียนจะเลือกงานที่ตนเอง สนใจมากที่สุด แบลงค์ (Blank. 1982 : 104-108)

10.6.1 จัดลำดับตามหน้าที่ สิ่งสำคัญที่ต้องตระหนักว่าผู้เรียนไม่ได้ถูกบังคับให้ทำงานเพื่อให้เกิดความรอบรู้ในงานตามลำดับขั้น ผู้เรียนเลือกงานที่ตนสนใจมากที่สุดซึ่งมีผลดีดังนี้

10.6.1.1 ผู้เรียนมีแรงจูงใจเพิ่มมากขึ้น

10.6.1.2 มีทัศนคติทางบวกเพิ่มมากขึ้น

10.6.1.3 มีสิ่งกระตุ้นให้ประสบความสำเร็จมากขึ้น

10.6.2 ลำดับขั้นการทำงานเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนเลือกในสิ่งที่เป็นไปได้ ตามลำดับก่อนหลังเพื่อการทำงานให้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

10.7 การพัฒนาแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

10.7.1 ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

สมบูรณ์ ชิตพงศ์ (2522 : 18) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่มีจุดประสงค์ที่ต้องการให้ผู้สอบได้ปฏิบัติ การทดสอบนี้ต้องการวัดวิธีการ (Process) หรือผลงาน (Product) ในการปฏิบัติ เช่น การทดสอบภาคปฏิบัติในวิชาศิลปะ งานช่าง อุตสาหกรรม สุขศึกษา และพลศึกษา

เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์ (2529 : 16) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดภาคปฏิบัติไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อวิเคราะห์และวัดทักษะของนักเรียนในด้านการปฏิบัติ หรือการกระทำที่ให้เลือกปฏิบัติภายใต้เงื่อนไขที่ได้ควบคุมไว้อย่างดี

นิไลบล นิมกังรัตน์ (2531 : 24) ได้ให้ความหมายของการวัดผลภาคปฏิบัติไว้ว่า หมายถึงการวัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจจะเริ่มตั้งแต่ขั้นเตรียมการ ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นผลงาน ทั้งนี้และทั้งนั้นอาจขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการวัดแต่ละครั้ง

สุนันท์ ศลโกศล (2533 : 65) ได้ให้ความหมายของการวัดผลภาคปฏิบัติไว้ว่าเป็นการทดสอบเพื่อพิจารณาความสามารถในการทำงานได้ตามจุดมุ่งหมาย หรือเป็นการทดสอบเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพ และประสิทธิผลที่เกิดขึ้นจากการกระทำหรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

10.7.2 ประเภทของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

แบบทดสอบภาคปฏิบัติแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ตามระดับความเป็นจริงด้วยกันคือ

10.7.2.1 แบบทดสอบภาคปฏิบัติชนิดตามตอบ แบบทดสอบชนิดนี้แตกต่างไปจากแบบทดสอบแบบถามตอบโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการประยุกต์ความรู้และทักษะในการเลียนแบบความจริง ส่วนการถามตอบเป็นการประยุกต์ความรู้ที่เป็นผลที่เกิดจากการเรียนรู้แล้วในกิจกรรมหนึ่ง

10.7.2.2 แบบทดสอบภาคปฏิบัติชนิดแบบจำแนก แบบทดสอบชนิดนี้เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในระดับความเป็นจริงต่าง ๆ กันไป เช่น การจำแนกเครื่องมือหรือชิ้นส่วนของเครื่องมือว่าเป็นอะไรบ้างและอยู่ส่วนไหนของอุปกรณ์นั้น การชี้ถึงจุดที่ไฟฟ้าช็อตในวงจรไฟฟ้า การจำแนกวิธีการ เป็นต้น ถ้าจะให้จำแนกที่สลับซับซ้อนต่อไปอีกก็จะเป็นการจำแนก การฟังเสียงการปฏิบัติงานของเครื่องยนต์ที่ผิดปกติว่าเสียงชนิดนั้นเป็นการผิดปกติในส่วนไหนของเครื่องยนต์ และหาสาเหตุได้ว่าทำไมจึงมีเสียงเช่นนั้น รวมถึงจะทำการแก้ไขอย่างไร

10.7.2.3 แบบทดสอบภาคปฏิบัติการเลียนแบบ แบบทดสอบชนิดนี้จะเน้นวิธีการ หรือลีลาการปฏิบัติที่แตกต่างกันโดยการให้นักเรียนทำให้เหมือนกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่กำหนดขึ้น เช่น การเล่นทางด่านพลานามัย การเล่นเทนนิส การเล่นแบดมินตันการว่ายน้ำ การพ้อนรำ นักเรียนต้องเลียนแบบตามวิธีการที่ถูกต้องของการกระทำแต่ละชนิดการเรียนสังคมศึกษาจะเป็นการเลียนแบบการตัดสินใจของศาลสถิตยุติธรรม การเรียนขับรถยนต์จะเป็นการฝึกหัดเลียนแบบการขับรถยนต์ของนักเรียน เป็นต้น

10.7.2.4 แบบทดสอบตัวอย่างงาน เป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่มีระดับการเลียนแบบสูง เป็นแบบที่กำหนดให้นักเรียนปฏิบัติงานที่แสดงผลงานออกมาและวัดผลงานนั้นโดยการทำตัวอย่างงานขึ้นมาภายใต้สถานการณ์จริง เช่น การทดสอบการขับรถยนต์จะกำหนดให้เป็นมาตรฐานว่า นักเรียนต้องขับรถยนต์จริงที่สภาพเหมือนกับการขับรถยนต์โดยทั่วไปภายใต้สถานการณ์จริง ๆ กล่าวคือจะมีเครื่องหมายการจราจร การเลี้ยวซ้าย การเลี้ยวขวา การติดไฟแดง การขึ้นสะพาน เป็นต้น

10.7.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

อุทุมพร จามรมาน (2529 : 10) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติว่ามีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

10.7.3.1 การกำหนดเกณฑ์และคุณค่า ควรเขียนบรรยายลักษณะงาน หรือทำการวิเคราะห์งานเสียก่อน โดยทำการสังเกตหรือซักถามผู้ที่กำลังปฏิบัติงานด้านนั้น ๆ บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงานตั้งแต่ต้นจนเสร็จ

10.7.3.2 กำหนดมาตรฐานของการปฏิบัติงาน มาตรฐานของงาน ได้จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์และคุณค่าดังกล่าว มาตรฐานของงานประกอบด้วย กระบวนการทำงาน การเคลื่อนไหว เทคนิคในการทำงาน เวลาที่ใช้ในการทำงาน และคุณภาพของผลงาน มาตรฐานของงานแต่ละอย่างไม่เหมือนกันและไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

10.7.3.3 การรวบรวมข้อมูลเพื่อตรวจสอบภาคปฏิบัติคล้ายกับการสร้างเครื่องมือแบบอื่น คือ

ก. การสังเกต การใช้แบบตรวจสอบรายการ (Check list) เป็นวิธีหนึ่งที่แพร่หลายเพื่อใช้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับทักษะของนักเรียน ตัวอย่าง เช่น การสังเกตการเหลาดินสอของนักเรียนชั้น ป.1 หรือสังเกตการนับหินของนักเรียนอนุบาล

ข. มาตรฐานประมาณค่า (Rating scale) มาตรฐานประมาณค่านิยมใช้เพื่อ รวบรวมข้อมูลที่มีอยู่แล้วตามลักษณะเฉพาะ โดยกำหนดช่วงประมาณค่า จากมากที่สุดถึงน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น ให้ประมาณค่า 5 ช่วงของความสะอาดและเรียบร้อยในการทำงาน

ค. แบบทดสอบเขียนตอบ แบบทดสอบเขียนตอบที่ใช้เพื่อ การรวบรวมข้อมูลด้านปฏิบัติมีความแตกต่างจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ กล่าวคือแบบทดสอบภาคปฏิบัติจะให้แก่นักเรียนก่อนการทำการทดสอบ โดยกำหนดคำกริยาต่าง ๆ เช่น สร้าง ทำ ประกอบ เป็นต้น ให้ผู้เรียนได้กระทำ

10.7.3.4 การให้คะแนนการปฏิบัติงานแต่ละอย่างไม่จำเป็นต้อง เหมือนกันทุกงาน แต่กระบวนการให้คะแนนต้องมีมาตรฐาน เช่น อาจกำหนดให้มีผู้ให้คะแนน 2 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการให้คะแนนเป็นต้น

10.7.4 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

ส.วาสนา ประมวลพฤษ (2532 : 1-4) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของการวัดภาคปฏิบัติขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

10.7.4.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่างของข้อสอบ

10.7.4.2 ความคงเส้นคงวาของการปฏิบัติของผู้สอบ

10.7.4.3 ความแปรผัน (ความแตกต่าง) ในการดำเนินการสอบ

10.7.4.4 ความคงเส้นคงวาของการให้คะแนน

10.7.5 การพัฒนาแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

การพัฒนาแบบทดสอบภาคปฏิบัติมีข้อควรคำนึงถึง ดังนี้ แบลงค์ (Blank, 1982 : 124-129)

10.7.5.1 กำหนดลักษณะที่ต้องการทดสอบ ผู้เรียนต้องทำอะไรได้บ้างที่แสดงให้เห็นว่าเขามีสมรรถภาพในการทำงานอย่างแท้จริง

10.7.5.2 การปฏิบัติต้องพิจารณาถึงกระบวนการ ผลผลิต หรือทั้ง 2 อย่างที่เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำงานที่มุ่งหวังจะให้เกิดขึ้น กระบวนการเป็นวิธีการหรือขั้นตอนในการทำงาน ส่วนผลผลิต คือผลงานที่เกิดจากการทำงานผลผลิต การทำงานให้สำเร็จเป็นสิ่งที่ต้องการ งานบางอย่างอาจมีเป้าหมายเพียงอย่างเดียวหนึ่ง คือกระบวนการ หรือผลงาน แต่ในงานบางอย่างอาจต้องการประเมินทั้งกระบวนการและผลผลิต

10.7.5.3 การกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อสอบจึงเป็นหัวใจสำคัญ การวิเคราะห์งานที่ถูกต้องเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

10.7.5.4 การประเมินผลข้อสอบ ครูผู้สอน หรือผู้ที่เกี่ยวข้องจะเป็นผู้ประเมินผลเครื่องมือ ในการประเมินผลที่เป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติ นิยมใช้กันมาก 2 วิธี คือ มาตรฐานส่วนประมาณค่า (Rating Scales) และการตรวจสอบรายการ (Checklist) ในการประเมินผลภาคปฏิบัติ ใช้มาตรฐานส่วนประมาณค่ามี 5 ช่องให้เลือก ส่วนแบบตรวจสอบรายการให้ประเมินว่า ใช่ หรือไม่ใช่หรืออาจต้องใช้ พอใจ/ไม่พอใจ ผ่าน/ไม่ผ่าน ยอมรับได้/ยอมรับไม่ได้ หรืออื่น ๆ

10.7.5.5 กำหนดให้คะแนนความสามารถขั้นต่ำที่ยอมรับได้การกำหนดคะแนนจุดตัดขั้นต่ำของความรอบรู้ของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ เป็นเรื่องที่ยังยากสำหรับครูผู้สอนมาก โดยทั่วไปคะแนนจุดตัดที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 80-100 %

10.7.5.6 เขียนคำแนะนำหรือชี้แจงสำหรับผู้เรียน คำแนะนำ หรือ คำชี้แจงควรอธิบายถึง

- ก. จุดประสงค์การแบบทดสอบ
- ข. เงื่อนไขในการทดสอบโดยทั่วไป
- ค. สิ่งที่คุณเรียนต้องทำ
- ง. ข้อจำกัด ข้อควรระวัง การจำกัดเวลา
- จ. เกณฑ์การตัดสินความรอบรู้

10.7.5.7 การรวบรวมแบบทดสอบและการดำเนินการสอบ หลังจากสร้างแบบทดสอบเสร็จแล้ว จึงทำการรวบรวมเป็นฉบับขึ้นเพื่อนำไปทดลองใช้ ปรับปรุงแบบทดสอบให้สมบูรณ์ กำหนดเวลาที่เหมาะสมเพื่อดำเนินการสอบจริง ครูผู้สอนสามารถใช้แบบทดสอบประเมินผลสมรรถภาพหลาย ๆ ด้านเพื่อประเมินผลการเรียน และให้นำหนักคะแนนอย่างใกล้เคียงกันถ้าแบบทดสอบมีมาตรฐานเดียวกัน

10.8 การพัฒนาแบบทดสอบข้อเขียน

สมรรถภาพด้านความรู้ความคิดของผู้เรียน หลักสำคัญ และความรู้อื่น ๆ การใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติอาจไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงเลือกใช้แบบทดสอบข้อเขียนเพื่อประเมินความรอบรู้ของผู้เรียนมีวิธีการสร้างดังต่อไปนี้ แบลงค์ (Blank, 1982 : 132-135)

10.8.1 การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบข้อเขียน แบบทดสอบข้อเขียนที่นิยมมากคือแบบเลือกตอบซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

10.8.1.1 คำถาม หรือปัญหา (Stem)

10.8.1.2 ตัวเลือก (Choices) มีทั้งคำตอบถูกและตัวลวงให้
ผู้ตอบเลือกตัวถูก หรือคำตอบที่ถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุด

10.8.2 การเขียนคำถาม หรือปัญหาควรกล่าวเป็นวลีหรือข้อความที่สมบูรณ์โดย

10.8.2.1 เขียนเป็นประโยคคำถาม ถ้ามีคำปฏิเสธอยู่ ให้ขีดเส้นใต้

คำที่ปฏิเสธนั้น

10.8.2.2 คำถามควรสมบูรณ์เพียงพอที่ผู้เรียนที่มีความรอบรู้

ตัดสินใจเลือกคำตอบถูกต้อง

10.1.2.3 คำถามควรชัดเจนและไม่มีลักษณะกำกวมหลีกเลี่ยงข้อสอบ

ที่รวบรัดหรือสั้นมาก

10.8.1.4 หลีกเลี่ยงการแนะแนวข้อสอบ

10.8.2.5 ใช้ข้อความที่เป็นคำถามสำหรับการเขียนข้อสอบเลือกตอบ

10.8.2.6 สามารถใช้แผนภาพ แบบแผน รูปภาพในข้อสอบ

10.8.3 ตัวเลือก การพัฒนาตัวเลือกของข้อสอบมีข้อแนะนำดังนี้

10.8.3.1 เป็นคำ วลี หรือประโยคสมบูรณ์

10.8.3.2 ควรเขียนตัวเลือกให้เหมาะสมกับผู้เรียน

10.8.3.3 ควรเขียนตัวเลือกให้ยาวใกล้เคียงกัน

10.8.3.4 ถ้าเป็นตัวเลขแสดงจำนวนควรเรียงลำดับจากน้อยไป

หามาก

10.8.3.5 ไม่ควรเรียงคำ หรือข้อความที่เป็นการแนะนำคำตอบ

10.8.3.6 ไม่ควรมีรูปแบบ (Pattern) ของการตอบถูกต้อง ควรให้

เป็นไปอย่างสุ่ม

10.8.3.7 ในแต่ละข้อควรมีคำตอบถูกต้องเพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น

10.8.3.8 ไม่ควรใช้คำว่าถูกต้องทั้งหมดทุกข้อ หรือไม่มีข้อใดถูกต้องเป็น

ตัวเลือก

10.8.3.9 แต่ละข้อควรมีความคิดที่สมบูรณ์อย่างเดียวเท่านั้น

10.9 การพัฒนาโครงร่างของการแนะแนวทางการเรียน

การเตรียมการสอนที่ถูกต้องและใช้เวลาในการสอนอย่างเพียงพอ อุปกรณ์ช่วยสอนที่มีประโยชน์ชนิดหนึ่งคือชุดการสอน ซึ่งผู้เรียนทุกคนจะมีสื่อ เนื้อหาที่เรียนและแหล่งข้อมูล การเรียนที่อยู่ใกล้มือ ถ้าครูผู้สอนพัฒนาชุดการเรียนอย่างสมบูรณ์ ผู้เรียนสามารถเริ่มต้นเรียนรู้ ตลอดเวลาตามที่ตนต้องการมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ แบลงค์ (Blank, 1982 : 145-156)

10.9.1 บรรยายถึงชุดการเรียนรู้ว่าเสริมสร้างการเรียนรู้อย่างไร

วิธีการที่ต้องการมากที่สุดในการสอน คือผลการสอนที่มีประสิทธิภาพและมีคุณค่ามากที่สุด โดยอาศัยโปรแกรมการฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งประกอบไปด้วย

10.9.1.1 อธิบายความหมายของชุดการเรียนรู้อย่างชัดเจน ข้อดีข้อจำกัดที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้

10.9.1.2 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย

10.9.1.3 ไม่จำกัดเวลาในการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน โดยยอมให้ผู้เรียนใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่เพื่อความรอบรู้ในแต่ละงานก่อนที่จะทำงานอื่นถัดไป การใช้ชุดการเรียนรู้ เป็นวิธีการแรกในการสอน เนื้อหาความรู้แต่ละงาน ชุดการเรียนรู้ ที่ออกแบบที่ดีจะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนเป็นแนวทางสำหรับผู้เรียนเรียนรู้ เนื้อหา การใช้ เวลาอย่างไม่จำกัดเพื่อให้บรรลุถึงความรอบรู้

การจัดการโปรแกรมการฝึกอบรมวิธีนี้ ชุดการเรียนรู้จะแยกออกเป็นงานต่าง ๆ ซึ่ง แบ่งงานออกเป็นส่วนย่อยหลายส่วน จัดการเรียนการสอนตามลำดับขั้นตอน โดยใช้อุปกรณ์ การเรียนการสอนประกอบ เช่น สไลด์ เทป หรือ อื่น ๆ ชุดการเรียนรู้ จึงเป็นแนวทางการ ทำงานของผู้เรียน ซึ่งจะได้ข้อมูลกลับจากการปฏิบัติงาน การเรียนการสอนซึ่งเป็นเครื่องมือ ช่วยพัฒนาความรอบรู้ของผู้เรียนให้ประสบความสำเร็จในงานอย่างมีประสิทธิภาพ

10.9.2 กำหนดองค์ประกอบของชุดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

ชุดการเรียนรู้ที่ออกแบบมีทั้งหมด 3 แบบใช้ในโปรแกรมการฝึกอบรมทางอาชีพ ใน โรงเรียนอาชีวศึกษา ธุรกิจและอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ซึ่งทั้ง 3 แบบต่างก็มีส่วนที่แตกต่างกัน ไป ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเนื้อเรื่องและสถานการณ์

ตาราง 2 แสดงการออกแบบชุดการเรียนรู้ 3 แบบ

การออกแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
1. เอกสารแนะนำ นักเรียนเป็น รายชื่อผู้เรียน ที่ประสบความสำเร็จ ในการทำงาน	1. สามารถเขียนได้เร็วมากโดย ต้องมีการฝึกอบรมเพียงเล็กน้อย 2. ใช้กระดาษน้อยเพื่อเปลี่ยนตัว ผู้เรียน 3. ราคาต่ำในการคัดเลือกหรือ การเก็บ	1. ต้องอาศัยการพัฒนาเนื้อหาการ เรียนรู้โดยทั่วไปใช้ตำรา 2. ยากลำบากในการรวมจุดที่จะตรวจ สอบข้อมูลย้อนกลับในกระบวนการ เรียน 3. ไม่ใช่แบบทดสอบข้อเขียนและแบบ ทดสอบภาคปฏิบัติ 4. แนะนำให้ผู้เรียนให้ทำกิจกรรมเป็น กลุ่ม เช่น บรรยายหรือสาธิต
2. การแนะนำ เรียนเป็นการแนะนำ นำผู้เรียนให้ใช้ผล ผลิตทางการค้า ที่หลากหลายและ และพัฒนาเนื้อหา การสอนและสื่อ ภาคปฏิบัติเป็น เป็นแนวทางใน การตรวจสอบ ตนเอง	1. สามารถพัฒนาบุคลากรโดย การฝึกอบรมขั้นต่ำ 2. ได้ประโยชน์อย่างเต็มที่กับ แหล่งข้อมูลที่ดีเชื่อถือได้ 3. สื่อที่ใช้โปรแกรมเชื่อถือได้ และรวมเป็นตำราได้ง่าย 4. รวมเนื้อหาเพื่อพัฒนาได้ 5. ง่ายสำหรับผู้เรียนที่จะติดตาม 6. มั่นใจในจุดที่ตรวจสอบและประ เมินผลงาน 7. ง่ายในการปรับโปรแกรม	1. การฝึกอบรมในระบบเพื่อการแนะนำ 2. แหล่งการเรียนรู้ที่ต้องการไม่ได้ให้ แนวทางไว้ ดังนั้นผู้เรียนใช้แหล่ง ข้อมูลภายนอกได้
3. ใช้โมดูลในการ เรียนชุดการเรียนรู้	1. ส่วนประกอบของชุดการเรียนรู้ ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องใช้แหล่ง	1. ใช้เวลามากในการพัฒนา 2. บางครั้งสับสนต่อผู้เรียนที่ติดตาม

ตาราง 2 (ต่อ)

การออกแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
มีความสมบูรณ์ตาม แบบแผนแหล่งข้อ ข้อมูลการเรียนรู้ ทั้งหมดในแต่ละโม ดุลซึ่งจะรวบรวม รายละเอียดทาง การสอนปฏิบัติงาน รูปภาพ ไดอะแกรม แบบทดสอบด้วยตน เองสอบก่อนแล สอบหลัง	ข้อมูลจากภายนอก ภาคสนามด้วยความระมัดระวัง 3. ประสิทธิภาพสำเร็จทางอาชีพ มาก	3. แพงมากในการพัฒนา 4. เนื้อหาที่เชื่อถือได้เสียเปรียบ 5. บางครั้งต้องอาศัยการอ่านมาก 6. บางครั้งต้องจำกัดผู้ใช้ในเครื่อง มือแต่ละประเภท

10.9.3 การพัฒนาหน้าปก และหน้าที่แสดงขั้นตอนการเรียนรู้ เพื่อแนะแนว
การเรียนรู้ แบลงค์ (Blank, 1982 : 155-162)

เอกสารแนะแนวทางให้ผู้เรียนทราบในส่วนแรกมี 2 หน้าคือ หน้าปกของงานซึ่ง
ให้คำแนะนำเกี่ยวกับงานอธิบายงานที่จะทำเพื่อให้เกิดความรอบรู้และแนะแนวทางการเรียน
รู้และหน้าที่แสดงขั้นตอนการเรียนรู้ การพัฒนาตามลำดับขั้นข้อมูลที่ต้องใช้เป็นต้น

10.9.3.1 หน้าปกเป็นหน้าแรกที่ผู้เรียนเห็นควรออกแบบให้ดึงดูดใจ
ง่ายต่อการอ่าน

10.9.3.2 เลขกำกับเพื่อแนะแนวการเรียน ช่วยให้ผู้เรียน ครูผู้สอน
พนักงานนิเทศและคนอื่นที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาใช้ หรือแนะแนวเพื่อบอกงาน ควรเรียงลำดับ
เลขของงานตามรายการชื่องาน

10.9.3.3 โลกโปรแกรมการสอน ที่มีโลกจะช่วยให้การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ครูผู้สอนและผู้เรียนในแต่ละโปรแกรมจะของโลกที่มีชื่อเสียง

10.9.3.4 กรรมสิทธิ์ความเป็นเจ้าของ สารสนเทศที่โรงเรียน สถาบัน ท้องถิ่น หรือบริษัทพัฒนาขึ้นจะเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ผลงานดังกล่าว ซึ่งถ้าพัฒนาาร่วมกันก็มีเจ้าของร่วมกัน

10.9.3.5 งานแนวทางการเรียนรู้จะครอบคลุมงานในบัญชีรายชื่อ ต้องตรวจสอบบัญชีรายชื่องานให้ตรงกับการแนะนำแนวทางการทำงาน ในบางครั้งอาจต้องว่างหน้าที่ของงานเอาไว้เติมในภายหลัง

10.9.3.6 บทนำเป็นส่วนที่สำคัญมากและยากต่อการเขียน ครูผู้สอนจำนวนมากจะเขียนบทนำ ต้องสุดท้ายหลังจากแนะนำการเรียนรู้ บทนำ เป็นการกล่าวถึงความบ่อยครั้งในการทำงาน อันตรายที่เกิดจากการทำงานที่ไม่ถูกต้อง หรือเหตุผลที่สัมพันธ์กับงานอื่น หลีกเลี่ยงการใช้ถ้อยคำทั่วไป การเขียนบทนำเหมือนดังพูดตรง ๆ กับผู้เรียน บทนำไม่ควรรวมอยู่ในการสอนมากนักจุดประสงค์การเขียนบทนำเพื่อเป็นแรงจูงใจ

10.9.3.7 จุดประสงค์ภาคปฏิบัติทางการเรียนบอกผู้เรียนว่าต้องการอะไรเมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ เพื่อแสดงความรอบรู้ของงาน จุดประสงค์ภาคปฏิบัติทางการเรียนบรรยายสถานการณ์การทดสอบในตอนสุดท้าย

10.9.3.8 จุดประสงค์ที่สามารถทำได้ แนวทางการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์ที่สามารถทำได้มีหลายอย่าง ในตอนแรกอาจจะยุ่งยากในการพัฒนาอธิบายเหตุผลที่อยู่ข้างหลัง

10.9.3.9 การให้ข้อมูลข่าวสาร ข้อมูลข่าวสารที่อยู่ตอนท้ายของหน้าปกจะมีประโยชน์มากรวมตัวอย่างต่าง ๆ แผนก โปรแกรม หน้าที่ งาน และสิ่งที่ผู้เรียนต้องรู้มาก่อน เวลาเฉลี่ยที่ผู้เรียนใช้ในการแนะนำแนวทางการเรียนรู้และวันที่ของการพัฒนา

10.9.4 การเลือกและพัฒนาข้อมูลการเรียนรู้เพื่อแนะนำการเรียนรู้

แหล่งข้อมูลการเรียนรู้คือ หนังสือ สื่อ เครื่องมือ เครื่องใช้และวัสดุที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ การแนะนำการเรียนรู้เป็นการพัฒนาอย่างระมัดระวังเกี่ยวกับชุดการสอนที่บอกผู้เรียนว่าต้องทำอะไร ทำเมื่อไหร่และทำไม แหล่งข้อมูลการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะใช้ทำตามขอบเขตของการสอน

10.10 การทดลอง การทดสอบภาคสนาม

10.10.1 การสอนแบบเน้นกระบวนการฝึกปฏิบัติ

10.10.1.1 ความหมายของกระบวนการฝึกทักษะ

กระบวนการฝึกปฏิบัติ หมายถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานหรือการดำเนินงานใด ๆ ให้บรรลุจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งควรฝึกให้ผู้เรียนปฏิบัติจนชำนาญเกิดทักษะปฏิบัติโดยมีขั้นตอนการสอนดังนี้ (วิชิต สุรัตน์เรืองชัย. 2540 : 114-115)

10.10.1.2 ขั้นตอนการสอน

ก. ขั้นเตรียมการสอน เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนเตรียมบทเรียนทั้งในด้านจุดมุ่งหมายและเนื้อหาวิชา รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบการสอนต่าง ๆ ที่จำเป็น

ข. ดำเนินการสอน เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเองตามกระบวนการทั้ง 4 ขั้นดังนี้

- สังเกต เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เห็นและรับรู้ถึงผลงานหรือสิ่งที่จะฝึกปฏิบัติอย่างสมบูรณ์ อภิปรายถึงลักษณะผลงาน คุณค่าและประโยชน์ของผลงานนั้น ตลอดจนขั้นตอนการทำงานเพื่อให้ได้ผลงานนั้น จนนักเรียนเข้าใจและเห็นคุณค่าที่จะปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดผลงานขึ้น
- ปฏิบัติตามแบบ เป็นขั้นตอนที่ครูสาธิตและอธิบายขั้นตอนการปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลงานอย่างละเอียดชัดเจน จนมั่นใจว่านักเรียนเข้าใจดีแล้วจึงให้นักเรียนปฏิบัติตามทีละขั้นตอนจนเสร็จสมบูรณ์
- สอมนับคำแนะนำ เป็นขั้นตอนที่ครูอธิบายชี้แนะ และให้นักเรียนอภิปรายถึงวิธีการปฏิบัติต่าง ๆ ที่สังเกตเห็นจากการสาธิต จนเกิดความเข้าใจและยอมรับในสิ่งที่สังเกตเห็นนั้น
- ปฏิบัติโดยไม่มีแบบ เป็นขั้นตอนที่ครูมอบหมายงานให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเองโดยไม่ต้องดูแบบอย่าง ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เตรียมไว้แล้ว โดยครูคอยให้คำแนะนำแก่นักเรียนที่มีปัญหา
- ปฏิบัติด้วยตนเองจนชำนาญ เป็นขั้นตอนที่ครูมอบหมายงานให้นักเรียนฝึกปฏิบัติด้วยตนเองโดยไม่มีแบบอย่าง และไม่มีการแนะนำช่วยเหลือ โดยมีการกำหนดช่วงเวลาของการฝึกปฏิบัติงานไว้ด้วย โดยอาจต้องฝึกปฏิบัติหลายครั้งจนกว่าจะสามารถปฏิบัติได้อย่างคล่องแคล่วตามเวลาที่กำหนด

ค. สรุปและประเมินผล เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และตรวจสอบว่าการเรียนการสอนบรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดหรือไม่ เพียงใด

ง. การนำไปใช้

การสอนโดยเน้นกระบวนการฝึกปฏิบัตินี้ เหมาะกับบทเรียนที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อฝึกทักษะปฏิบัติของนักเรียน เช่น งานประดิษฐ์ งานเกษตร พลศึกษา ดนตรีนาฏศิลป์ ภาษาไทย เป็นต้น

10.10.2 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะ

ทักษะหรือความสามารถในการปฏิบัติตนในด้านต่าง ๆ นับเป็นจุดมุ่งหมายที่สำคัญของการศึกษา จุดประสงค์การเรียนการสอนในแต่ละวิชามักจะกำหนดจุดประสงค์ในด้านทักษะการปฏิบัติไว้ด้วยเสมอ โดยเฉพาะวิชาที่มุ่งผลในการปฏิบัติเป็นสำคัญ (นิสิฐ เมธาภัทรและธีระพล เมธิกุล . 2529 : 221)

10.10.2.1 หลักในการจัดกิจกรรมการสอนทักษะที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

- ก. ให้มีการฝึกในสถานที่เป็นจริง
- ข. ให้มีการฝึกซ้ำเพื่อให้เกิดความเที่ยงและความแคล่วคล่อง
- ค. แสดงการทำที่ถูกต้องเป็นตัวอย่าง
- ง. จัดให้มีการฝึกอย่างเหมาะสม เช่น
 - จัดกิจกรรมให้ฝึกรวม แล้วแยกฝึกทักษะย่อย ๆ
 - จัดแบ่งเวลาการฝึกเป็นระยะ ๆ มีการหยุดพัก
- จ. แจ้งผลการฝึกให้ผู้เรียนทราบเป็นระยะ ๆ เพื่อการปรับปรุงแก้ไข
- ฉ. จัดให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลการกระทำของตนเอง เพื่อให้เกิดแรงหนุนให้นักเรียนคิดฝึกทำด้วยตนเองต่อไป

10.11 การพัฒนาระบบและการจัดการในชั้นเรียน

การจัดการในชั้นเรียน หมายถึง การจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในชั้นเรียนเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการจัดการป้องกันและแก้ปัญหาวิสัยของนักเรียนในชั้นเรียนที่อาจเกิดขึ้น การจัดการในเรื่องปัญหาวิสัยหรือพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของนักเรียนนั้นเน้นที่การป้องกันมากกว่าแก้ไข หากป้องกันไม่ได้ผล มีปัญหาเกิดขึ้นครูจะสามารถ

เลือกใช้วิธีการหยุดยั้งพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ได้หลายวิธี เช่น การปรับพฤติกรรม การเสริมแรงอย่างเป็นระบบ การใช้แบบอย่าง การเพิกเฉย การลงโทษ การประณาม การให้หยุดและการทำให้รู้สึกสูญเสีย วิธีการต่าง ๆ เหล่านี้จะให้ผลแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ สถานการณ์ เงื่อนไข และทักษะในการใช้ของครูเป็นสำคัญ

ยุทธศาสตร์และเครื่องมือที่ใช้ให้เกิดความสำเร็จในโปรแกรมสมรรถภาพพื้นฐาน ซึ่งช่วยให้สามารถพัฒนาระบบและการจัดการในชั้นเรียน แบลงค์ (Blank, 1982 : 165-175)

10.11.1 การจัดการสิ่งที่เกี่ยวข้องและการพัฒนาเครื่องมือเพื่อวางแผนและการกำกับติดตามผลความก้าวหน้าของผู้เรียน

ตาราง 3 โปรแกรมการจัดการแต่ละบุคคลและแบบดั้งเดิม

โปรแกรมแบบดั้งเดิม	โปรแกรมแบบแต่ละบุคคล
1. ครูผู้สอนเน้นการจัดการสอน	1. ครูผู้สอนเน้นการจัดการเรียนรู้
2. ผู้เรียนส่วนใหญ่เข้าเรียนเวลาเดียวกัน	2. ผู้เข้ามาเรียนในเวลาที่แตกต่างกันตลอดทั้งปี
3. ผู้เรียนทุกคนใช้เนื้อหาเดียวกัน	3. มีความแตกต่างกันคือผู้เรียนอาจฝึกอบรมในอาชีพที่ต่างกันภายในโปรแกรมเดียวกัน
4. ผู้เรียนทำจากเรื่องหนึ่งถึงเรื่องต่อไปในเวลาเดียวกัน	4. ผู้เรียนแต่ละคนทำงานถัดไปหลังจากมีความรอบรู้ในงานหรือกำลังทำงานในปัจจุบัน
5. ครูผู้สอนควบคุมขั้นตอนการเรียนรู้	5. แต่ละคนมีความก้าวหน้าด้วยตนเอง
6. ผู้เรียนทุกคนถูกทดสอบทันทีอยู่เสมอ	6. ผู้เรียนได้รับการทดสอบเพื่อแสดงถึงความรอบรู้
7. การให้ข้อมูลย้อนกลับที่ต่อเนื่องมีน้อย	7. การให้ข้อมูลย้อนกลับทันทีสำหรับผู้เรียนแต่ละคน
8. ครูสอนเพียงเรื่องหนึ่งตามกำหนดเวลา	8. ครูผู้สอนสามารถตอบคำถามที่แตกต่างกัน
9. ห้ามการสอบใหม่หรือไม่ยอมให้สอบใหม่	9. มีการสอบซ้ำเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรอบรู้
10. ใช้วัสดุอุปกรณ์เครื่องมือกับเนื้อหาที่เรียน 1 เรื่องเท่านั้นตามเวลา	10. ครูผู้สอนต้องเตรียมเนื้อเรื่องเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการสอน

ปฏิบัติงานจนเกิดความรอบรู้

10.11.3 การจัดการสิ่งแวดล้อมของการเรียนรู้

การวางแผนชั้นเรียนและโรงงานสำหรับการเรียนรู้สมรรถภาพพื้นฐานยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ห้องเรียนจัดไว้สำหรับการเรียนรู้ไม่ใช่การสอน ในโรงงานเน้นกิจกรรมและการเคลื่อนไหว

10.12 การปฏิบัติและประเมินผลโปรแกรมการฝึกอบรม

การพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน มีการวางแผนไว้เพื่อให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างเรียบร้อยตามขั้นตอนดังนี้

10.12.1 การวางแผนพัฒนาเพื่อปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน

การวางแผนและการปฏิบัติการตามโปรแกรม การฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

10.12.1.1 โปรแกรมเดี่ยว โปรแกรมการฝึกอบรมเดี่ยว อาจจะเป็น โปรแกรมใหม่ หรือโครงสร้างใหม่ 1 อย่าง ซึ่งครูผู้สอนในโปรแกรมปฏิบัติตามวิธีการฝึกอบรม

10.12.1.2 หลายโปรแกรม การบริหารภาคปฏิบัติในหลายโปรแกรมเกี่ยวกับการสร้างโปรแกรมสมรรถภาพพื้นฐานในหลายโปรแกรมที่สัมพันธ์กันอย่างเป็นอิสระ โดยอาจพัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมใหม่ ปรับปรุงโปรแกรมเก่า หรือสองกรณี

10.12.2 ทีมงานวางแผนพัฒนาโปรแกรมเพื่อการสอนและการสนับสนุน

ในการจัดการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐานนั้น การสอนและทีมงานเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้โปรแกรมการฝึกอบรมประสบความสำเร็จ นอกจากนั้น สิ่งอำนวยความสะดวก เครื่องมือ อุปกรณ์ หลักสูตร เครื่องช่วยการฝึกอบรมและทรัพยากรอื่น ก็เป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะทรัพยากรมนุษย์ นับตั้งแต่ครูผู้สอน ผู้ให้การอบรม

10.12.3 การพัฒนาเครื่องมือเพื่อประเมินผลโปรแกรมการฝึกอบรมสมรรถภาพพื้นฐาน

เฟลทเชอร์ (Fletcher. 1992 : 26-27) ได้กล่าวถึงกระบวนการประเมินผลไว้ดังนี้

2. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนงานอาชีพ

ลำลี ทองทิว (2539 : 37-66) ได้กล่าวถึงการสร้างหลักสูตรวิชาอาชีพม้งงานสำคัญที่แบ่งได้เป็น 3 ระยะคือ

2.1 งานในระยะเตรียมการ

2.2 งานในระยะการสร้างหลักสูตร

2.3 งานในระยะปรับปรุงหลักสูตร

2.1 งานในระยะเตรียมการพัฒนาศูนย์การเรียนการสอนงานอาชีพ

ระยะเตรียมการ ทำให้เกิดความมั่นใจว่า สาระและทักษะต่าง ๆ ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องรู้ เพื่อที่จะสามารถทำงานอาชีพนั้น ๆ ได้มีในหลักสูตรนี้ ขั้นตอนต่าง ๆ ในระยะนี้จะเป็นตัวกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและบ่งชี้ถึงตัวงานแท้ ๆ ไม่ใช่เน้นที่เนื้อหา ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของงานที่คนในอาชีพนั้นๆ จะต้องทำ เป็นการให้ข้อมูลในภาษาที่ง่าย ๆ อ่านแล้วทำความเข้าใจได้ทันที

2.1.2 เป็นการให้รายละเอียดที่มากขึ้น โดยการแบ่งงานที่ทำในอาชีพนั้นออกเป็นงานย่อย ๆ เป็นการให้รายละเอียดของงานแต่ละงาน

2.1.3 เป็นการบรรยายถึงลักษณะของผู้เรียนตามที่ เป็นจริงต่อจากนั้นต้องคำนึงถึงความรู้ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีก่อนที่จะเรียนหลักสูตรที่จัดให้ ในขั้นนี้จะต้องพิจารณาจากพื้นฐานของผู้เรียน ตามที่ได้กล่าวเอาไว้และคำนึงถึงจุดมุ่งหมายของหลักสูตรด้วย วัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาจากการวิเคราะห์งานที่ต้องทำในการประกอบอาชีพนั้น ๆ ประกอบกับการพิจารณาวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในงานอาชีพ

2.1.4 เป็นการเตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการวัดผล ที่ใช้วัดความสำเร็จของผู้เรียน การวัดแบบนี้เปรียบได้กับการตรวจงานขั้นสุดท้ายที่สร้างขึ้นโดยยึดวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเป็นเกณฑ์ นอกจากนี้ยังมีแบบทดสอบทักษะพื้นฐานที่จำเป็นก่อนเรียนเป็นหลัก

2.2 งานในระยะพัฒนาการเรียนการสอนและหลักสูตรงานอาชีพ

การพัฒนาการเรียนการสอนมีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 การวางโครงร่างหน่วยการเรียนการสอน หรือวางโครงร่างของงานต่าง ๆ

ที่จะต้องทำในอาชีพนั้น ๆ เพื่อที่ว่าหลังการเรียนหน่วยเรียนแต่ละหน่วยไปแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำงานที่ตนไม่เคยทำได้มาก่อน เป็นการช่วยให้เกิดกำลังใจที่จะทำงานในหน่วยอื่น ๆ ต่อไป

2.2.2 ระบุลักษณะของการทำงานในแต่ละหน่วยให้ชัดเจนซึ่งช่วยให้สามารถเลือกวิธีสอนและเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้สอน ในแต่ละงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดลำดับของงานต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็น ช่วยให้ผู้เรียนมีทักษะในการทำงานมากยิ่งขึ้น และอย่างต่อเนื่องจนเกิดความสำเร็จในขั้นสุดท้าย ข้อมูลและเนื้อหาควรได้รับการบรรจุลงในหลักสูตร ในขณะที่กระบวนการเรียนการสอนและบทเรียนแต่ละบท จะได้มีการบันทึกไว้

2.2.3 นำข้อมูลเนื้อหาและบทเรียนต่าง ๆ มาจัดลำดับก่อนหลังในการนำเสนอให้เหมาะสมกับการทำงานและความสำคัญของการทำงานนั้น

2.2.4 นำเอาหลักสูตรที่สมบูรณ์ไปทดลองใช้

2.3 งานในระยะการปรับปรุงการเรียนการสอนและหลักสูตร

เป็นการตรวจดูว่า การจัดการเรียนการสอนของตนทำให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่ และดูว่าเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่วางไว้ รั้งกับงานที่ทำในอาชีพนั้นอยู่หรือเปล่า ซึ่งอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงบางสิ่งบางอย่าง เพื่อให้หลักสูตรนั้นเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนมากที่สุด ซึ่งสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

2.3.1 การตรวจสอบการจัดการเรียนการสอนกับวัตถุประสงค์

2.3.2 การตรวจสอบวัตถุประสงค์กับงานต่างๆ ที่ทำในอาชีพนั้น

2.3.3 การปรับปรุงและนำไปทดลอง

2.4 การวิเคราะห์งานและรายละเอียดขั้นตอนการทำงาน

บอยด์และซิมเบิร์ก (Boyd and Simberg, 1971 : 39-40) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์งานไว้ว่าเป็นกระบวนการ เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศของงาน ซึ่งสามารถทำได้ 2 ขั้นตอนคือ

2.4.1 เป็นการเก็บข้อมูล อาจทำได้โดย

2.4.1.1 สังเกตการปฏิบัติ หรือ

2.4.1.2 สัมภาษณ์ผู้ปฏิบัติงาน หรือ

2.4.1.3 ขอให้ผู้ปฏิบัติงานให้ข้อมูล โดยทำรายการเกี่ยวกับงาน

2.4.2 เป็นการจัดและเสนอข้อมูลสารสนเทศ ที่หาได้ขึ้นแรกอาจใช้การวิเคราะห์งาน เพื่ออธิบายลักษณะของงานและข้อกำหนดรายละเอียดของงานซึ่งมีประโยชน์ในการจัดสรรและหาบุคลากรและประเมินผลงาน แต่ในที่สุด การวิเคราะห์งานเป็นเครื่องมือในการระบุนความต้องการฝึกอบรม และการออกแบบโปรแกรมการฝึกอบรม

2.5 ขึ้นของการวิเคราะห์งานมีดังนี้ (สำลี ทองธวัช. 2539 : 48-59)

2.5.1 การกำหนดรายการงานที่ต้องทำ

2.5.2 การกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องทำในงานซึ่งครอบคลุมถึงกิจกรรมเหล่านี้ คือ

2.5.2.1 ระบุขั้นตอนของกิจกรรมที่ต้องกระทำ เพื่อให้งานลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.2.2 อธิบายว่าชิ้นส่วนนั้นทำงานอย่างไร

2.5.2.3 อธิบายว่าทำไมชิ้นส่วนนั้น ระบบนั้นจึงทำงานได้

2.6 การสร้างและเลือกเนื้อหา

เนื้อหาสาระและประสบการณ์การเรียนรู้เป็นองค์ประกอบสำคัญของการสร้าง และพัฒนาหลักสูตร รองลงมาจากจุดประสงค์ ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาสาระ และประสบการณ์การเรียนรู้เป็นเครื่องมือหรือสื่อกลางที่จะพาผู้เรียนไปสู่จุดประสงค์ที่วางไว้ ดังนั้นหลังจากที่กำหนดวัตถุประสงค์แล้ว สิ่งที่ต้องหาคำตอบให้ได้คือ (ใจทิพย์ เขียวรัตนพงษ์. 2539 : 77)

2.6.1 จะเลือกหรือบรรจุเนื้อหาวิชาอะไร

2.6.2 จะจัดเนื้อหาวิชาที่ได้รับการคัดเลือกไว้แล้วอย่างไร

2.6.3 จะทำอย่างไร เพื่อให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้

ในการสร้างหรือเลือกเนื้อหาเพื่อใช้ในหลักสูตรงานอาชีพนั้น มีหลักอยู่ว่า ผู้สร้างต้องวางแผนให้ตลอดหลักสูตร โดยกำหนดว่าเนื้อหาที่เลือกนั้นใช้ในส่วนใดในหลักสูตร ตลอดจนการศึกษาถึงบริบทของสังคมในช่วงนั้น ๆ ด้วย ทั้งนี้เพราะสภาพความต้องการของสังคมเกี่ยวกับประเภทของงานอาชีพก็ดี ทักษะเฉพาะงานอาชีพและทัศนคติต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา อาจแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งผู้ที่เลือกเนื้อหาต้องให้ความสนใจในเรื่องต่าง ๆ เหล่านี้

2.7 หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกเนื้อหาวิชา

วิธีการเลือกเนื้อหาแบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้ (สำลี ทองชีว. 2539 : 80-90)

2.7.1 วิธีการเลือกเนื้อหาที่เน้นประสบการณ์ส่วนตัวของผู้สร้างหลักสูตร

2.7.2 วิธีการเลือกเนื้อหาโดยใช้กระบวนการดาคัม (DACUM)

2.7.3 วิธีการเลือกเนื้อหาโดยการวิเคราะห์งาน (Job Analysis)

2.7.1 วิธีการเลือกเนื้อหาที่เน้นประสบการณ์ส่วนตัวของผู้สร้างหลักสูตรมีลำดับขั้นดังนี้

2.7.1.1 การตรวจสอบหลักสูตรของงานอาชีพที่กำลังใช้สำรวจหนังสือและเอกสารต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการสอนเกี่ยวกับงานอาชีพนั้น เพื่อให้รู้ว่าเนื้อหาที่ได้จัดให้กับผู้เรียนที่เคยทำกันมาสมบูรณ์พอหรือยัง มีเนื้อหาหรือทักษะอะไรบ้าง ที่ควรเพิ่มเติมเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนอีก

2.7.1.2 จัดประชุมร่วมกันระหว่างผู้สอนวิชาชีพนั้น เพื่อเป็นการตรวจสอบยืนยันให้เกิดความมั่นใจว่าความคิดเกี่ยวกับงานอาชีพนั้น มีความสอดคล้องตรงกันกับผู้ที่อยู่ในงานสายเดียวกัน

2.7.1.3 การเลือกเนื้อหาที่ผู้สร้างตัดสินใจว่าเหมาะสมที่สุด ที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เพื่อสามารถใช้ในการทำงานนั้นต่อไป ซึ่งเป็นการเลือกทั้งเนื้อหาและประสบการณ์ในการทำงานและทักษะที่จำเป็นในการประกอบอาชีพนั้น ตามประสบการณ์ที่ผู้สร้างหลักสูตรมีต่อการสอนงานอาชีพนั้น เนื้อหาและประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เลือกไว้นี้ เป็นแนวทางหลักในการสร้างหลักสูตรและจัดการเรียนการสอนต่อไป

2.7.2 วิธีการเลือกเนื้อหาโดยใช้กระบวนการดาคัม

เทคนิคการพัฒนาหลักสูตรแบบนี้ จำเป็นต้องอาศัยบุคลากร วัสดุ อุปกรณ์และสิ่งต่าง ๆ อำนวยความสะดวกดังนี้ (บุญจิตต์ ฉัตรภูมิ. 2539 : 187)

2.7.2.1 ผู้เชี่ยวชาญมีความรู้และประสบการณ์ในงานอาชีพเฉพาะประมาณ 10-12 คน เพื่อมาร่วมกันอภิปรายระดมสมองในการวิเคราะห์อาชีพ

2.7.2.2 ผู้นำในการดำเนินงาน

2.7.2.3 ห้องประชุมพร้อมสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น กระดานดำ บอร์ด สำหรับติดบัตรคำใช้สำหรับเขียนบัตร โต้ะสำหรับสมาชิกเข้าประชุมและผู้สังเกตการณ์

2.7.2.4 กระดาษบัตรคำขนาด 8 นิ้วครึ่งคูณ 11 นิ้วและขนาด 5 นิ้วคูณ 8 นิ้ว จำนวนเพียงพอกับการใช้งานพร้อมปากกาเขียนบัตรและเทปกาวหรือดินน้ำมันสำหรับติดบัตรคำบนบอร์ด

2.7.2.5. เครื่องอำนวยความสะดวกอื่น ๆ เช่น เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เป็นต้น

หัวใจสำคัญของเทคนิคดาคัม อยู่ที่ผู้เข้าร่วมประชุมต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญจริงมีฉะนั้นก็ไม่สามารถวิเคราะห์งานอาชีพที่ต้องการได้ โดยปกติปฏิบัติการดาคัมสามารถจัดได้ในห้องเรียนปกติหรือห้องประชุมทั่วไป โดยมีข้อแม้ว่าผนังห้องปฏิบัติการสามารถติดแผ่นกระดาษที่เป็นรายการทักษะ หรือรายการศักยภาพในการประกอบอาชีพที่ทุกคนเสนอและทุกคนมอง

2.7.2.6 คุณสมบัติของผู้นำในการดำเนินการ

ในการพิจารณาหลักสูตรถือว่าข้อมูลพื้นฐานในด้านต่างๆ มีความสำคัญมากและข้อมูลดังกล่าว ต้องถูกต้องเพียงพอและเป็นปัจจุบัน มีฉะนั้นหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นก็ปราศจากเหตุผล ฉะนั้นในการพิจารณาบุคคลเข้าร่วมประชุมเพื่อวิเคราะห์งานอาชีพ จึงมีความสำคัญอย่างมากตามหลักของดาคัม ผู้ถูกเลือกเข้าประชุม ต้องมีคุณสมบัติดังนี้ (บุญจิตต์ ฉัตรภูมิ. 2539 : 189)

- ก. เป็นผู้ที่ทำงานในอาชีพเต็มเวลา
- ข. สามารถเป็นตัวแทนของวงการอาชีพได้
- ค. มีความสามารถในการสื่อความหมาย
- ง. สามารถร่วมกันทำงานเป็นทีมได้อย่างดี
- จ. มีจิตใจกว้าง ปราศจากอคติทั้งหลาย
- ฉ. ต้องเป็นผู้ที่สามารถร่วมประชุมได้

2.7.2.7 หน้าที่ของผู้นำในการดำเนินการ มีหน้าที่ในการกระตุ้นให้สมาชิกแสดงความคิดเห็นรอบคอบมากขึ้น ประสานความคิด ตั้งคำถาม และควบคุมให้เป็นไปตามหลักการของดาคัมนั้นต้องเป็นผู้ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- ก. เป็นผู้มีความรู้ความสามารถทางด้านวิชาชีพและมีชื่อเสียงในวงการอาชีพ
- ข. เป็นผู้มีความเจตคติที่ดีต่อผู้อื่นๆ
- ค. เป็นผู้มีความสามารถในการกระตุ้นให้ผู้ร่วมประชุม กระตือรือร้น

ในหลักการคิดและการแสดงออก

ง. เป็นผู้มีความมั่นใจ

จ. เป็นผู้มีความสามารถในการแสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นได้เป็น

อย่างดี

ฉ. เป็นผู้มีความสามารถในการแสดงออกและรักษาภาพพจน์ที่ดีงาม

ช. เป็นผู้มีความอดทน

ญ. เป็นผู้มีความสามารถในการตัดสินใจ

2.7.3 วิธีการเลือกเนื้อหาโดยการวิเคราะห์งาน

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์งานก็คือ การพยายามทำความเข้าใจกับกระบวนการและขั้นตอนของการทำงานของผู้อย่างละเอียด ขั้นตอนที่ใช้ในการวิเคราะห์งานมีดังนี้ (ลำลี ทองชีว. 2539 : 80-90)

2.7.3.1 ศึกษาเอกสาร งานและหนังสือที่เกี่ยวกับงานอาชีพต่างๆ ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือใกล้เคียงกับงานอาชีพที่กำลังจะสร้างหลักสูตร ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่างานอาชีพนั้น ๆ ยังไม่มีการวิเคราะห์มาก่อน

2.7.3.2 สร้างตารางรายการเพื่อการตรวจสอบ ตารางรายการนี้ประกอบด้วยช่องรายละเอียดของรายการ หน้าที่และงานที่ผู้ที่อยู่ในอาชีพนี้นำ ช่องต่อไปเป็นช่องว่างสำหรับให้ผู้ที่ทำงานบันทึกเครื่องหมาย เพื่อแสดงว่างานนั้นเป็นงานที่พวกเขาทำหรือไม่ และช่องที่สามเป็นช่องสำหรับบันทึกต่อไปว่า ถ้าทำงานนั้นจริงต้องใช้เวลาในการทำงานมากน้อยแค่ไหน ข้อมูลที่ได้จากตารางนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อพิจารณาว่า ควรที่จะนำงาน และหน้าที่ใดบ้างมาใส่ลงในหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนหรือฝึกต่อไปตามลำดับความสำคัญของกระบวนการทำงานที่คนที่อยู่ในอาชีพนี้นั้นได้ระบุไว้

2.7.3.3 การเลือกกลุ่มตัวอย่างคนงาน การเลือกกลุ่มตัวอย่างช่วยให้ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลได้มาก ทั้งยังเป็นการลดเวลาในการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การเลือกตัวอย่าง ต้องมีความระมัดระวังในเรื่องของการเลือกตัวแทนที่แท้จริงและเชื่อถือได้ของคนงานในอาชีพนั้นทั้งหมด เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แท้จริงสำหรับสร้างเนื้อหาที่มีประโยชน์ต่อการฝึกงานในอาชีพนั้น

2.7.3.4 การเก็บข้อมูล ส่วนใหญ่แล้วผู้เก็บข้อมูลมักใช้วิธีการเก็บข้อมูลหลาย ๆ วิธีประกอบกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่า ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ เป็นข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด วิธีที่ได้ผลดีคือ การส่งตารางรายการไปที่คนระดับหัวหน้างาน หรือผู้บริหารที่คนงานเหล่านั้นทำงานอยู่ และพยายามขอความร่วมมือจากบุคคลเหล่านั้น ให้คนงานที่อยู่ใต้การบังคับบัญชาตรวจ และกรอกตารางรายการของงานให้ วิธีนี้จะได้ข้อมูลกลับคืนมามาก อีกวิธีหนึ่งคือ การออกไปสัมภาษณ์คนงานในอาชีพนั้น โดยใช้ตารางของงานเป็นเครื่องมือหลักในการสัมภาษณ์ วิธีนี้ทำให้ได้ข้อมูลจากคนงานโดยตรง ซึ่งเป็นสถานการณ์ปฏิบัติงานจริง และบรรยากาศของสถานที่ทำงานในอาชีพนั้นไปพร้อมๆ กัน

2.7.3.5 การวิเคราะห์และสรุปข้อมูล ข้อมูลสรุปที่ได้ก็คือ มีจำนวนคนงานคิดเป็นร้อยละเท่าไรที่ระบุว่าทำงานในหน้าที่นั้นและร้อยละเท่าไรที่ระบุว่าทำงานอยู่นั้น ถ้าเป็นหน้าที่ งานที่คนส่วนใหญ่ระบุว่าเป็นงานที่ทำจริง หน้าที่หรืองานนั้นก็ควรที่จะต้องนำมาพิจารณาเพื่อนำมาเป็นเนื้อหาและจัดเป็นประสบการณ์ ให้แก่ผู้ที่กำลังจะทำงานในอาชีพนั้น ๆ ได้เรียนรู้

2.8 การสร้างอุปกรณ์การสอนและเอกสารการสอน

อุปกรณ์การสอน และเอกสารการสอนที่ผู้เสนอ ใช้ในวิชางานอาชีพเป็นทั้งนี้เพราะเมื่อนำมาใช้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับงานแล้ว ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะตามเป้าหมายที่สร้างไว้ อุปกรณ์การสอนแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ (ลำลี ทองธิว. 2539 : 80-90)

2.8.1 อุปกรณ์การสอนที่เป็นเอกสาร ซึ่งได้แก่ คู่มือ แผ่นงาน หนังสือเรียน หนังสืออ้างอิง วารสาร หนังสือพิมพ์

2.8.2 อุปกรณ์การสอนที่เป็นวัสดุประกอบการสอน ได้แก่ รูปภาพ แผ่นใส แผ่นเสียง เทป ภาพยนตร์ วิดีโอ เทปและโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.8.3 อุปกรณ์การสอนที่เป็นเครื่องมือประกอบการสอน ได้แก่ วัสดุของจริง ที่ต้องใช้ในการทำงานอาชีพนั้น เครื่องมือสำหรับทำงานอาชีพนั้น เครื่องมือจำลองการทำงาน และใช้รูปแบบวงจรการทำงาน

2.8.4 ขั้นตอนการสร้างวัสดุการสอนมีดังต่อไปนี้ (ลำลี ทองธิว. 2539

2.8.4.1 ผู้วางแผนคร่าว ๆ ถึงรูปแบบของสิ่งที่จะสร้าง และขั้นตอนของการสร้าง ซึ่งในขั้นนี้จะเป็นเสมือนเค้าโครงของขอบเขตกระบวนการทำงานทั้งวงจร ทำให้ผู้สร้างเห็นภาพพจน์ในการสร้าง วัสดุที่ว่านี้ใครหรืออะไรมาเกี่ยวข้องบ้าง

2.8.4.2 เริ่มวิเคราะห์และเลือกเนื้อหาที่จะใส่เป็นสาระในวัสดุการสอน ในขั้นนี้ผู้สร้างต้องอ่านเนื้อหาให้ละเอียด

2.8.2.3 กำหนดเป้าหมายของการฝึก กำหนดพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากการฝึกความจริงแล้ว

2.8.2.4 การกำหนดลักษณะของวัสดุที่จะสร้าง

2.8.2.5 การตรวจสอบยืนยันก่อนลงมือวางแผน ขั้นตอนในการสร้างวัสดุเพื่อใช้ในการเรียนการสอน

2.8.2.6 ติดต่อกับผู้เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสร้างวัสดุการสอนเพื่อขอความร่วมมือ

2.8.2.7 ลงมือสร้างวัสดุการสอนในรอบแรก ซึ่งครอบคลุมงาน 2 ประการ คือ การสร้างและการประเมินเพื่อปรับปรุงวัสดุที่สร้างขึ้น หลังจากนั้นต้องประเมินความถูกต้องของกระบวนการ ความถูกต้องของเนื้อหา ความถูกต้องของทฤษฎีการสอน

2.8.2.8 นำวัสดุการสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองสอนกับผู้เรียนกลุ่มเล็กๆ ที่มีลักษณะคุณสมบัติคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

2.8.2.9 นำเครื่องมือมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง

2.8.5 กระบวนการสอนและการเลือกกระบวนการสอน

มีกระบวนการสอนและเทคนิคการสอนมากมายหลายอย่าง ที่ผู้สอนสามารถเลือกใช้เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และทักษะตามที่ผู้สอนต้องการ เช่น วิธีสอนแบบฝึกปฏิบัติ แบบสาธิตแบบเอกัตถศึกษา แบบทัศนศึกษา แบบสถานการณ์จำลอง หรือแบบการสอนที่ต้องใช้เทคโนโลยีบางอย่าง เช่น ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น แต่กระบวนการและเทคนิคเหล่านี้ไม่ว่าจะมีประสิทธิภาพเหมือนกันทุกอย่าง ต่อการทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ทุกประการที่ตั้งไว้ในหลักสูตร ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกใช้กระบวนการและเทคนิคเหล่านั้นอย่างมีหลักการและมีเหตุผล ซึ่งมีแนวทางที่พึงพิจารณาอยู่ 3 ประการคือ

2.8.5.1 เลือกวิธีที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของพฤติกรรมที่ต้องการให้

เกิดในตัวผู้เรียน

2.8.5.2 เลือกวิธีที่ทำให้ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติงานที่ผู้ที่อยู่ในอาชีพ

นั้นๆ ต้องกระทำ

2.8.5.3 เลือกวิธีที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนปฏิบัติงานนั้นซ้ำ ๆ กันจน

สามารถทำงานได้คล่องพอสมควร

2.8.6 การสร้างหน่วยการสอน

การเรียบเรียงหน่วยการสอนให้อยู่ในลำดับก่อนหลังตามลักษณะการทำงานจะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้งานนั้น ๆ ได้ดีขึ้น ซึ่งมีหลักในการเรียบเรียงหน่วยการสอนดังต่อไปนี้

(สำลี ทองฉิว. 2539 : 100-102)

2.8.6.1 การเรียงจากเรื่องทั่วไปเป็นเรื่องเฉพาะ หรือจากเรื่อง

ง่ายไปหายาก

2.8.6.2 การเรียงตามความสนใจของผู้เรียน

2.8.6.3 การเรียงตามความรู้พื้นฐานที่จำเป็น

2.8.6.4 การเรียงตามทักษะพื้นฐาน

2.8.6.5 การเรียงตามทักษะที่จำเป็นต้องใช้บ่อย

2.8.6.6 การจัดให้ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกทำงานในอาชีพนั้นทั้งกระบวนการ

2.8.7.การสร้างแผนการสอน

แผนการสอนเปรียบเสมือนแบบพิมพ์เขียวในอาชีพ เป็นตัวอธิบายถึงกิจกรรม หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ผู้เรียน ต้องทำเพื่อที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ประเด็นสำคัญของการสร้างแผนการสอนก็คือ การสร้างหน่วยการสอนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียนได้ดีที่สุด ทำให้ผู้เรียนใช้เวลาน้อยที่สุด ในการฝึกทักษะที่ผู้อยู่ในอาชีพนั่นทำ และเป็นการวางระบบการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ขั้นตอนสำคัญในการสร้างแผนการสอนมีดังนี้ (สำลี ทองฉิว. 2539 : 100-102)

2.8.7.1 การวางโครงร่างเกี่ยวกับประเด็น หรือเรื่องที่กำลังจะสอนอย่างคร่าว ๆ ซึ่งผู้สอนควรเน้นตัวงาน หรือทักษะที่จำเป็นเป็นหลักวิธีที่ง่ายที่สุด คือการใช้แผ่นวิเคราะห์งาน และวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเป็นหลัก

แต่ละชั้น

2.8.7.2 การระบุประเภทของพฤติกรรม ที่ผู้เรียนต้องทำในงาน

การสอน

2.8.7.3 การเรียงลำดับพฤติกรรมหรืองานตามหลักการเรียงหน่วย

2.8.7.4 การใส่เนื้อหาที่จำเป็นประกอบงานแต่ละขั้นตอนที่สอน

2.8.7.5 การใส่กระบวนการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับพฤติกรรมที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์แต่ละข้อรวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในแต่ละกระบวนการเรียนการสอน

2.8.7.6 ตรวจสอบการลำดับหน่วยการสอน ทำการปรับปรุงหรือเรียงลำดับใหม่เท่าที่จำเป็น พยายามจัดให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลาย ๆ อย่าง เลี่ยงการใช้กิจกรรมซ้ำ ๆ หรือใช้สื่อการสอนชนิดเดียวกันทุกขั้นตอนการสอน

2.8.7.7 การปรับแผนการสอนที่ได้อีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าผู้เรียนได้ความรู้และทักษะการทำงานตามที่ผู้สอนวางแผนไว้

2.8.8 การประเมินหลักสูตร

คำว่า การประเมินหลักสูตร แยกได้เป็น 2 คำ คือการประเมินกับหลักสูตร คำว่า การประเมิน หมายถึง การพิจารณาถึง คุณค่า คุณภาพ ความสำคัญของสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยอาศัยเกณฑ์เป็นหลักเกณฑ์ดังกล่าว อาจเป็นคุณสมบัติ คุณลักษณะและรูปร่างของสิ่งนั้น จุดมุ่งหมายของการกระทำนั้น หรืออาจเป็นข้อมูลของสิ่งอื่นก็ได้ ส่วนคำว่าหลักสูตรมีความมุ่งหมายค่อนข้างกว้าง มองกันได้หลายแง่หลายมุม ซึ่งอาจหมายถึงรายวิชา หรือเนื้อหาวิชาที่เรียน จุดมุ่งหมายที่ผู้เรียนพึงบรรลุถึงแผนหรือการจัดโอกาสการเรียนรู้หรือประสบการณ์ที่คาดหวังแก่ผู้เรียน หรือประสบการณ์ทั้งปวงของผู้เรียนที่จัดโดยโรงเรียน ตลอดจนกิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียน

2.8.8.1 วัตถุประสงค์ของการประเมินหลักสูตร

วัตถุประสงค์ของการประเมินหลักสูตรมี ดังนี้ (จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. 2536 : 82)

ก. เพื่อพิจารณาตัดสินคุณค่า หรือคุณภาพของหลักสูตร ที่ได้รับการออกแบบหรือพัฒนาขึ้น โดยพิจารณาว่าหลักสูตรสามารถทำให้หลักการ และจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้บรรลุผลสำเร็จได้หรือไม่

ข. เพื่อค้นหาข้อบกพร่องของหลักสูตรทั้งในด้านตัวเอกสาร หลักสูตรที่กำหนดหลักการจุดมุ่งหมายและโครงสร้างของเนื้อหา ตลอดจนส่วนที่เป็นกระบวนการ ของการนำหลักสูตรไปใช้ที่ครอบคลุมการบริหารและบริการหลักสูตร การจัดการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล เป็นต้น

ค. เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ซึ่งหมายถึง ผลลัพธ์ ของหลักสูตรที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนว่าเป็นไปตามเป้าหมายของหลักสูตรหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

2.8.8.2 ขั้นตอนในการประเมินหลักสูตร

ในการประเมินหลักสูตรนั้น มีขั้นตอนในการปฏิบัติดังนี้ (โชติ เพชรชื่น. 2535 : 571)

ก. ขั้นตอนพิจารณาเป้าหมาย

- 1) ระบุผู้ที่ต้องการทราบผลการประเมิน
- 2) ตั้งวัตถุประสงค์ในการประเมิน
- 3) อธิบายข้อมูลที่ต้องการจะได้
- 4) กำหนดสถานที่ที่จะเก็บข้อมูล
- 5) กำหนดหลักการที่ผู้ประเมินจะต้องปฏิบัติ

ข. ขั้นตอนเตรียมการ

- 1) กำหนดเวลาและผู้ที่จะให้ข้อมูล
- 2) กำหนดเครื่องมือและเทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3) พิจารณาตัวอย่างที่จะใช้สำหรับการประเมิน
- 4) เลือกหรือพัฒนาเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล

ค. ขั้นตอนปฏิบัติ ขั้นนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ต้องการ

ง. ขั้นวิเคราะห์

- 1) กำหนดมาตรฐานหรือเกณฑ์การประเมินหลักสูตร
- 2) พิจารณาถึงผลกระทบและผลพลอยได้ที่เกิดจาก

หลักสูตร

- 3) พิจารณาถึงลำดับขั้นในการใช้หลักสูตรทุกชั้น

- 4) พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่

เกิดจากหลักสูตร

จ. การเขียนรายงาน

- 1) ตีความหมายของผลการวิเคราะห์
- 2) สรุปหรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคุณภาพของ

หลักสูตร

- 3) บันทึกแหล่งข้อมูลและบุคลากรที่ให้ข้อเสนอแนะ
- 4) แนะนำวิธีการปฏิบัติจากข้อเสนอแนะ
- 5) รายงานผลการประเมิน

2.8.3 แนวทางการประเมินหลักสูตร

แนวทางการประเมินหลักสูตรไว้ 3 ลักษณะ คือ (สังกัด อุตสาหกรรม. 2527 : 278; อ้างมาจาก เดวี. ม.ป.ป.)

2.8.3.1 การประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร ซึ่งเน้นผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากการใช้หลักสูตร

2.8.3.2 การประเมินคุณค่าของหลักสูตร ซึ่งมุ่งเน้นระหว่างการใช้หลักสูตร และประเมินผลหลังจากการใช้หลักสูตรเรียบร้อยแล้ว

2.8.3.3 การประเมินผลในลักษณะของการตัดสินใจที่มีความเชื่อมั่นฐานอยู่ว่าหลักสูตรที่ดีควรส่งผลกระทบต่อการศึกษาในอนาคต โดยมุ่งเน้นการทำงานอย่างมีระบบเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผล อภิปรายผล และเสนอผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ๆ

2.8.4 รูปแบบของการประเมินหลักสูตร

ปัจจุบันรูปแบบของการประเมินหลักสูตร สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

2.8.4.1 รูปแบบของการประเมินหลักสูตรที่สร้างเสริมใหม่ ๆ เป็นการประเมินผลก่อนนำหลักสูตรไปใช้ ซึ่งในกลุ่มนี้รูปแบบการประเมินหลักสูตรด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบปฏิกิริยา

2.8.4.2 รูปแบบของการประเมินหลักสูตรในระหว่าง หรือหลังการใช้หลักสูตร แบ่งเป็นกลุ่มย่อย ได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

ก. รูปแบบการประเมินหลักสูตรที่ยึดจุดมุ่งหมายเป็นหลัก เช่นของไทเลอร์ และแอมมอนต์

ข. รูปแบบการประเมินหลักสูตรที่ไม่ยึดเป้าหมาย เช่น
ของสคริฟเวน

ค. รูปแบบการประเมินหลักสูตรที่ยึดเกณฑ์เป็นหลัก เช่น
ของสเตค

ง. รูปแบบการประเมินหลักสูตรที่ช่วยในการตัดสินใจ เช่น
ของโนรวิส สตัฟเฟิลบีม และของดอริส โกว์ เป็นต้น

2.8.5 การประเมินหลักสูตรโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบปยุตต์

เป็นวิธีการประเมินเอกสารหลักสูตรรูปแบบหนึ่ง ที่วิเคราะห์องค์ประกอบ 3 ส่วน
ของหลักสูตรคือ จุดมุ่งหมาย กิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนการสอน
แต่ละองค์ประกอบมีการจำแนกออกเป็นข้อย่อย ๆ และให้คะแนนแต่ละข้อย่อย โดยน้ำหนักคะแนน
ไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากพิจารณาถึงความยากง่ายของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดขึ้นเป็น
จุดมุ่งหมายและประเภทของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยปกติแล้ววิธีการนี้
จะใช้สำหรับตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตร พิจารณาจากค่าปยุตต์ที่วัดได้ ซึ่งคำนวณได้จาก
ตารางวิเคราะห์ปยุตต์ ซึ่งสร้างขึ้นโดยอาศัยพื้นฐาน เรื่องรูปแบบการเรียนรู้อย่างเก่า
ถ้าผลการวิเคราะห์ออกมาอยู่ในระดับต่ำ ถือว่าหลักสูตรไม่มีคุณภาพควรต้องร่างหลักสูตรใหม่
ถ้าอยู่ในระดับกลางก็ควรมีการปรับปรุงแก้ไขในบางด้าน เพื่อให้หลักสูตรมีคุณภาพสูง (ใจทิพย์
เชื้อรัตน์พงษ์. 2539 : 209)

2.8.6 รูปแบบการประเมินหลักสูตรของไทเลอร์

ไทเลอร์ได้ให้หลักในการประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร โดยพิจารณาตัดสินจากการ
บรรลุผลสำเร็จของจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเป็นหลัก โดยเห็นว่าจุดมุ่งหมายของการประเมิน
หลักสูตรคือ

2.8.6.1 เพื่อตัดสินว่าจุดมุ่งหมายของการศึกษาที่ตั้งไว้ในรูปของ
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นประสบผลสำเร็จหรือไม่

2.8.6.2 เพื่อประเมินค่าความก้าวหน้าทางการศึกษาของกลุ่ม
ประชากรขนาดใหญ่

รูปแบบการประเมินหลักสูตรของไทเลอร์ เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกันขององค์ประกอบหลักสูตร 3 ส่วน คือ จุดมุ่งหมายทางการศึกษา ประสบการณ์การเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ของการเรียน ด้วยเหตุนี้การประเมินหลักสูตรจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนและการประเมินคุณค่าของหลักสูตรด้วย ไทเลอร์ได้จัดลำดับขั้นตอนการเรียนการสอนและการประเมินผลดังนี้ (ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. 2539 : 222)

- ก. กำหนดจุดมุ่งหมายอย่างกว้าง ๆ ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ในการกำหนดจุดมุ่งหมาย
- ข. กำหนดจุดประสงค์เฉพาะหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจน
- ค. กำหนดเนื้อหาหรือประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้
- ง. เลือกวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดเนื้อหาหรือประสบการณ์ที่วางไว้ประสบความสำเร็จ
- จ. ประเมินผลโดยการตัดสินด้วยการวัดผลทางการศึกษา
- ฉ. ถ้าไม่บรรลุผลตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ต้องมีการตัดสินใจที่จะยกเลิก หรือปรับปรุงหลักสูตรนั้น แต่ถ้าบรรลุตามจุดมุ่งหมาย ก็อาจใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการกำหนดจุดมุ่งหมายให้สอดคล้องกับสังคมที่เปลี่ยนแปลง หรือใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณภาพของหลักสูตร

2.8.7 รูปแบบการประเมินหลักสูตรของสแตค

รูปแบบนี้ สแตคพัฒนาขึ้นโดยอาศัยแนวคิดจากวิธีการเชิงระบบโดยพิจารณาความสัมพันธ์เชื่อมโยงและความสอดคล้องกันขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบแล้วนำมาเปรียบเทียบกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบหลักสูตร ซึ่งสแตคได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน (ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. 2539 : 232)

- 2.8.7.1 สิ่งที่มีอยู่ก่อน หมายถึงสภาพของสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ก่อนการใช้หลักสูตรเทียบได้กับปัจจัยตัวป้อน ของวิธีการเชิงระบบ ซึ่งในที่นี้ ได้แก่ ลักษณะของผู้เรียน ลักษณะของครู เนื้อหาของหลักสูตร สื่อ วัสดุ อุปกรณ์ อาคารเรียน เป็นต้น

2.8.7.2 กระบวนการสอนเป็นขั้นตอนการนำหลักสูตรมาสู่การปฏิบัติ หรือการเรียนการสอน เทียบได้กับองค์ประกอบ ด้านกระบวนการของวิธีการเชิงระบบ ซึ่ง กระบวนการสอนประกอบด้วย ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับครู ความสนใจของผู้เรียน เวลาเรียน ของผู้เรียน เวลาสอนของครู เป็นต้น

2.8.7.3 ผลที่ได้รับ หมายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น จากการใช้หลักสูตร ประกอบด้วย 5 หัวข้อคือ ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ทักษะของผู้เรียน ทักษะของผู้เรียน ผลที่เกิดขึ้นกับครู และผลที่เกิดขึ้นกับสถาบัน

2.8.8 รูปแบบการประเมินหลักสูตรของสตีเฟลบีม

หลักการสำคัญของการประเมินหลักสูตร ตามรูปแบบนี้ มุ่งประเมินสภาพการณ์ต่าง ๆ ของหลักสูตร 4 ส่วนด้วยกัน คือ (ใจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. 2539 : 240)

2.8.8.1 การประเมินบริบท ซึ่งได้แก่ สภาพสังคม วัฒนธรรม สิ่งแวดล้อม และความต้องการของคนในชุมชน แนวคิดและปรัชญา ในการจัดการศึกษาต่าง ๆ ซึ่ง บริบทเหล่านี้ จะนำไปสู่การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่เหมาะสม

2.8.8.2 การประเมินปัจจัยตัวอ่อน ได้แก่ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำหลักสูตรไปใช้ เป็นต้นว่า ความพร้อมในด้านตัวครู ผู้บริหาร อาคารเรียน งบประมาณ สื่อวัสดุอุปกรณ์

2.8.8.3 การประเมินกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการนำหลักสูตร ไปใช้ซึ่งครอบคลุมกระบวนการบริหาร และบริการหลักสูตร กระบวนการสอนของครู กระบวนการเรียนของผู้เรียน

2.8.8.4 ประเมินผลผลิต หมายถึงผลที่เกิดขึ้นจากการนำหลักสูตร ไปสู่การเรียนการสอน ซึ่งเกิดกับผู้เรียนและการปฏิบัติงานในโรงเรียน ทั้งนี้โดยนำไปเปรียบ กับเป้าหมายของหลักสูตร หรือความคาดหวังของสังคม ซึ่งจะทำให้ทราบว่าหลักสูตรบรรลุผล ตามหลักการและจุดมุ่งหมายมากน้อยเพียงใด

2.8.9 เครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในการประเมินหลักสูตรงานอาชีพ

หลักการทำงานอาชีพ มีลักษณะที่แตกต่างไปจากหลักสูตรงานวิชาการ ทั้งในแง่ของ เป้าหมายของหลักสูตร องค์ประกอบหลักของการสร้าง แม้แต่วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัด

ประสบการณ์ให้ผู้เรียน ก็แตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในการวัดและประเมินผลที่เกิดจากหลักสูตรงานอาชีพ มีลักษณะดังนี้ (ล่ำลี ทองธิว. 2539 : 126)

2.8.9.1 แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาแบบประเมินนี้ ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผล ที่เกิดจากการนำความรู้และทักษะ ที่ได้จากการฝึกงานอาชีพไปใช้ใน งานประกอบการ ในที่นี้เน้นการนำความรู้ นั้น ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะทำงาน กล่าวคือ เป็นการประเมินว่าความรู้นั้นสามารถใช้ได้จริง ในการแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นในขณะ ทำงาน

2.8.9.2 แบบตารางวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทัศนคติ การ ประเมินโดยใช้ตารางนี้ เป็นการประเมินตนเอง ในระหว่างกระบวนการฝึกงาน เพื่อดูว่า ทัศนคติที่มีต่อการทำงานอาชีพนี้นี้ เปลี่ยนแปลงไปจากก่อนเข้าทำการฝึกหรือไม่

2.8.9.3 แบบบันทึกแผนปฏิบัติงาน แบบการประเมินแบบที่สามนี้ มีลักษณะใกล้เคียงกับแบบประเมินการแก้ปัญหา ซึ่งผู้เรียนต้องบันทึกและรายละเอียดโดย สั้นๆของงานที่ทำในแผนนั้น ระยะเวลาและช่วงเวลาของการบันทึก ต้องกระทำตาม กำหนด เป้าหมายของการเก็บข้อมูล คือดูว่าหลังจากเรียนตามหลักสูตรไปแล้ว ผู้เรียนได้ทำ อะไรที่แสดงให้ถึงการนำข้อความรู้และทักษะที่ได้ไปใช้

2.8.9.4 แบบทดสอบการปฏิบัติงาน ใช้ประเมินในระหว่าง การ ดำเนินการเรียนการสอน ตามหลักสูตร มีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนทราบถึงความก้าวหน้าของ ตัวเอง ตลอดจนใช้ประเมินคุณภาพของชิ้นงาน ที่ผู้เรียนกำลังทำอยู่ เช่น เพื่อดูความเรียบร้อย ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความรวดเร็ว ความประณีตในการทำงาน เป็นต้น

2.8.9.5 แบบสอบถามข้อมูลสะท้อนกลับ ใช้เพื่อเก็บข้อมูล หลัง จากได้ดำเนินการเรียนการสอนเสร็จสิ้นหลักสูตรแล้ว ข้อมูลที่ได้เป็นเพียงข้อมูลทั่วไป ที่สามารถ นอกได้ถึงข้อบกพร่องใหญ่ ๆ ของหลักสูตรแต่ไม่สามารถบอกถึงระดับความสามารถในการปฏิบัติ ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปจากหลักสูตร

2.8.9.6 แบบทดสอบข้อเขียนใช้เพื่อตรวจสอบความจำและความ เข้าใจของผู้เรียน เกี่ยวกับสิ่งที่ได้รับการฝึกเน้นข้อความรู้ ที่เป็นข้อเท็จจริงหรือข้อมูลเกี่ยวกับ กระบวนการ

3. เทคนิคเดลฟาย

การวิจัยอนาคตเป็นการศึกษาทางเลือกอนาคตต่าง ๆ ที่เป็นไปได้หรือน่าจะเป็นหลายทาง ไม่ใช่ทางเดียว มีการเน้นข้อมูลและมีระเบียบวิธีวิจัยของกลุ่มประชากร หรือกลุ่มสังคมใดสังคมหนึ่ง โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

- 1) บรรยายอนาคตรูปแบบต่าง ๆ ที่จะเป็นไปได้หรือน่าจะเป็นของกลุ่มประชากรที่ศึกษา
- 2) ประเมินสถานการณ์ในปัจจุบันเกี่ยวกับความรู้ต่าง ๆ ที่เรามีอยู่เกี่ยวกับอนาคตที่เป็นไปได้แต่ละทาง
- 3) บ่งชี้ผลกระทบและผลต่อเนื่องที่เป็นไปได้ต่าง ๆ ของแต่ละอนาคต
- 4) ให้สัญญาณเตือนภัยล่วงหน้าเกี่ยวกับอนาคตที่ไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นได้
- 5) เข้าใจเบื้องหลังของกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ

นักอนาคตนิยมมีความเชื่อพื้นฐานว่า อนาคตเป็นเรื่องที่สามารถทำการศึกษาได้อย่างเป็นระบบ พวกเขาเชื่อว่าความเชื่อของมนุษย์จะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมและการตัดสินใจของมนุษย์ และเชื่อว่า มนุษย์จะสามารถควบคุมอนาคตได้ นั่นคือ เชื่อว่ามนุษย์สามารถที่จะสร้างอนาคตได้ ความเชื่อเหล่านี้เป็นต้นกำเนิดของอนาคตนิยม และเป็นต้นกำเนิดของการคิดระเบียบวิธีวิจัยเชิงอนาคตทั้งหมด ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่อาจจะแตกต่างจากความเชื่อพื้นฐานของการวิจัยแบบอื่น ๆ ในขณะเดียวกัน จุดมุ่งหมายหลักของการวิจัยอนาคต มิได้อยู่ที่การทำนายที่ถูกต้อง แต่ต้องการสำรวจทางเลือกแนวโน้มต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในอนาคตให้มากที่สุด เพื่อจะได้หาวิธีที่จะสร้างอนาคตที่พึงประสงค์ให้เกิดขึ้น และขจัดอนาคตที่ไม่พึงประสงค์ให้หมดไป หรือเผชิญกับอนาคตที่ไม่พึงประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าจะเกิดขึ้นจริง ดังนั้น การทำนายอนาคตของนักอนาคตนิยม จึงเปิดโอกาสให้มีความผิดพลาดมากกว่าการทำนายที่นักสถิติโดยทั่วไปใช้ และเข้าใจกัน นักอนาคตนิยมจึงนิยมใช้คำว่า Forecast มากกว่าคำว่า Predict ทั้งนี้เพราะมีความเป็นไปได้ที่ว่า การคาดการณ์ล่วงหน้า อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนโยบาย ซึ่งมีผลต่อสภาพเหตุการณ์ในอนาคต อันมีลักษณะแตกต่างจากสภาวะที่เกิดขึ้นจริง ๆ ได้

ในการวิจัยเรื่องต่าง ๆ ในปัจจุบันนี้ได้มีระเบียบวิธีวิจัยหลาย ๆ วิธีด้วยกัน ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายหลักของการวิจัยครั้งนั้น ๆ แต่ในการวิจัยที่เกี่ยวกับ เรื่องของอนาคตแล้ว เทคนิคการวิจัยแบบเดลฟาย เป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับกันในหมู่นักวิชาการและนักวิจัยทาง

การศึกษาเป็นอย่างมาก (อุมาพร ไชยเจริญ. 2539 : 47-48) ทั้งนี้เพราะประเทศไทย กำลังได้รับการพัฒนา ไปสู่การเป็นประเทศอุตสาหกรรม การมองไปข้างหน้าในอนาคตจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะผลการวิจัยในลักษณะนี้ มีส่วนช่วยในการตัดสินใจต่ออนาคต การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศ การอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมอุตสาหกรรมขนาดย่อม การกระจายอุตสาหกรรมไปสู่ภูมิภาค และคุณภาพของการพัฒนาอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเทคนิคเดลฟายจึงได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง

ความเป็นมาของเทคนิคการวิจัยแบบเดลฟาย เทคนิคนี้เกิดขึ้นจากนักวิจัยของบริษัท แรนด์ (Rand Corporation) ชื่อโธราฟ เฮลเมอร์ (Oraf Helmer) และนอร์แมน ดาลกี (Norman Dalkey) เป็นผู้คิดค้นขึ้น โดยการใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้วยการออกเสียง (Dalkey. 1969) และนักวิจัยทั้งสองคนได้เขียนบทความเรื่อง An Experimental Application of the Delphi Method to the Use of Expert ซึ่งบทความนี้ได้ตีพิมพ์ลงในวารสาร Management Science ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 เดือนเมษายน 2506 ซึ่งผลของการตีพิมพ์บทความนี้ทำให้เป็นการกระจายเรื่องราวเกี่ยวกับการวิจัยโดยเทคนิคเดลฟาย ให้ออกไปอย่างกว้างขวาง และได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วไปทั่วโลกและในปี พ.ศ.2515 ได้มีการวิจัยโดยใช้เทคนิคเดลฟายอย่างมากมาย ประมาณ 1000 เรื่อง

3.1 ความหมายของเทคนิคเดลฟาย

ดาลกี (Dalkey. 1969) ได้ให้ความหมายของเทคนิคเดลฟายไว้ว่า เป็นโครงการที่จัดทำอย่างละเอียดรอบคอบ ในการสอบถามบุคคลด้วยแบบสอบถามในเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับข้อมูลและความคิดเห็นกลับมา

จัตต์ (Judd. 1971 : 35) ให้ความหมายของเทคนิควิจัยเดลฟายไว้ว่า เป็นการคิดค้นหาวิธีการที่ได้ให้ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ที่รู้เรื่องนั้นอย่างแท้จริง ทั้งนี้เพื่อการตัดสินใจเป็นไปอย่างถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

รัสป์ จูเนียร์ (Rasp. 1973 : 29-30) ได้ให้ความหมายของเทคนิคเดลฟาย โดยสรุป เป็นเทคนิคของการรวบรวม การพิจารณาตัดสินใจ มุ่งเพื่อเอาชนะ จุดอ่อนของการตัดสินใจ

นาคยา ปิลันธนานท์ (2526 : 139) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เทคนิคเดลฟายเป็นวิธีการพยากรณ์อนาคต ที่น่าจะเป็นไปได้ โดยการรวบรวมความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญ หลาย ๆ คนในเรื่องนั้น ๆ ด้วยวิธีการสืบค้น

สุวรรณา เชื้อรัตนพงศ์ (2529 : 24) ได้ให้ความหมายของเทคนิคเดลฟายว่า เป็นกระบวนการที่รวบรวมความคิดเห็น หรือการตัดสินใจในเรื่องหนึ่งเรื่องใดเกี่ยวกับอนาคตจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน และมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยที่ผู้ทำวิจัยไม่ต้องนัดสมาชิกในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ให้มาประชุมพบปะกัน

ไพศาล หวังพานิช (2531 : 259) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นวิธีการที่นำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มาใช้อย่างเป็นระบบ โดยมีหลักการสำคัญอยู่ที่ การพยายามรวบรวมความคิดเห็น ที่กระจัดกระจายของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ให้มีความสอดคล้อง เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันอย่างเป็นระบบ

ดิลก บุญเรืองรอด (2530 : 23-24) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟายเป็นวิธีการนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาใช้ประโยชน์ อย่างมีระบบแบบแผน หรือเป็นการค้นหาขัดเกลาการตัดสินใจของกลุ่ม นับว่าเป็นเทคนิคการรวบรวมข้อมูล ที่เอาชนะจุดอ่อนของการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญคนใดคนหนึ่ง หรือความคิดเห็นของกลุ่มที่มาประชุมกัน

ไพฑูรย์ ธรรมแสง (2528 : 9) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นเทคนิคของการทำทายโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ

ประสุร ศรีประสาธน์ (2523 : 49) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นเทคนิคของการรวบรวมข้อมูล ที่เอาชนะจุดอ่อนของการตัดสินใจ ของผู้เชี่ยวชาญคนใดคนหนึ่ง

ประเทือง เพชรรัตน์ (2530 : 38) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นกระบวนการหนึ่ง ของการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่เป็นความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับเรื่องราวในอนาคต ที่กระจัดกระจาย ให้สอดคล้องกันอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะนำไปตัดสินใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

ประไพศรี สงวนวงศ์ (2531 : 17) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่ใช้กระบวนการกลุ่ม เพื่อรวบรวมเปรียบเทียบ และเสนอแนะแนวความคิดการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อประเด็นใดประเด็นหนึ่ง

อมาทร ไชยเจริญ (2539 : 49) ได้กล่าวไว้ว่า เทคนิคเดลฟาย เป็นเทคนิคการวิจัยวิธีการหนึ่ง ที่มุ่งเน้นรวบรวมความรู้ความคิด ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ในลักษณะของกระบวนการกลุ่ม โดยที่ผู้เชี่ยวชาญสามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเป็นอิสระ โดยไม่ต้องเกรงอิทธิพลของผู้หนึ่งผู้ใด

3.2 การใช้เทคนิคเดลฟาย

การวิจัยใด ที่ต้องการคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต หรือต้องการความสอดคล้องต่อเนื่องระหว่างจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อการศึกษาและการวิจัยแล้ว การวิจัยนั้นควรใช้การวิจัยแบบเทคนิคเดลฟาย (Judd, 1971 : 156) ซึ่งประเภทของการวิจัย หรือปัญหาที่ใช้ในการวิจัยแบบเทคนิคเดลฟาย ส่วนมากแล้วมักเป็นเรื่องเกี่ยวกับการวางแผน การหาหลักการ การทำนายอย่างกว้าง ๆ ในอนาคต ซึ่งไม่สามารถหาข้อมูลตัวเลขที่แน่นอน มาใช้เพื่อแก้ปัญหาได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่ควรวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟาย

สุวรรณ เชื้อรัตนวงศ์ (2529 : 25) ได้เสนอแนะให้ใช้เทคนิคนี้ เมื่อมีปัญหาดังนี้

- 1) ปัญหาที่จะทำการวิจัย ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอน แต่สามารถวิจัยปัญหาได้จากการรวบรวม การตัดสินใจอัตตวิสัย จากผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ
- 2) ปัญหาที่จะทำการวิจัยต้องการความคิดเห็นหลาย ๆ ด้านจากประสบการณ์ หรือความรู้ความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ
- 3) ผู้ทำการวิจัยไม่ต้องการให้ความคิดเห็นของผู้อื่นแต่ละคน มีผลกระทบหรือมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจปัญหานั้น ๆ
- 4) การพบปะเพื่อนัดประชุมของกลุ่มเป็นการไม่สะดวก เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ หรือเสียค่าใช้จ่าย และเวลามากเกินไป
- 5) เมื่อไม่ต้องการเปิดเผยรายชื่อบุคคลในกลุ่ม เพราะความคิดเห็นของคนในกลุ่มเกี่ยวกับปัญหาที่วิจัย มีความขัดแย้งกันมาก

ประไพศรี สงวนวงศ์ (2531 : 17) ได้เสนอว่า เทคนิคเดลฟาย อาจนำไปใช้ในเรื่องต่อไปนี้

- 1) การกำหนดเป้าหมาย หรือสมรรถฐาน และการจัดลำดับความสำคัญของเป้าหมายสมรรถฐานเหล่านั้น
- 2) การระบุมิติและลักษณะของปัญหา

3. การทำนายลักษณะของประชากรในอนาคต เช่นการพัฒนาหลักสูตรในอนาคต และผลของการพัฒนานั้น

4. ใช้ในการรวบรวมข่าวสาร สาร ข้อมูลจากกลุ่ม ซึ่งไม่ต้องการให้สมาชิก เผชิญหน้าซึ่งกันและกัน ทั้งในการเลือกบุคคล เข้าเป็นสมาชิก หรือระหว่างการทำงาน และไม่ต้องการให้คนอื่นรู้ชื่อของตน

กระบวนการของเทคนิคเดลฟาย มีดังนี้ (ไพศาล หวังพานิช. 2531 : 362)

1. ตรวจสอบสภาพของปัญหาว่า มีปัญหาใดบ้างที่สนใจจะศึกษา
2. เลือกหัวข้อปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของงานวิจัยว่าจะทำการศึกษาในลักษณะใดในขอบเขตแค่ไหน
3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการหาความรู้ หรือข้อมูลพื้นฐานทางทฤษฎี เพื่อให้มีความรู้ หรือก่อให้เกิดความแจ่มชัด ในปัญหาที่ต้องการศึกษา
4. ทำการนิยามปัญหา ขั้นนี้ผู้วิจัยต้องเขียนบรรยายถึง ความเป็นมาของปัญหา ทฤษฎีพื้นฐาน ความมุ่งหมายของการวิจัย ความสำคัญของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย นิยามศัพท์ ตลอดจนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เข้าใจปัญหาได้แจ่มชัดขึ้น
5. ตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหา
6. เลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญหรือกลุ่มประชากร ที่ต้องตอบแบบสอบถาม กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ที่ได้รับการเลือกสรร ให้เข้าร่วมในการวิจัยและไม่ทราบเลยว่า มีผู้ใดที่เข้าร่วมอยู่ในกลุ่ม
7. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ส่วน สุวรรณ เชื้อรัตนพงศ์ (2529 : 24) ได้กล่าวถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการนำเทคนิคเดลฟายไปใช้ดังนี้

1. เวลา ผู้ทำการวิจัยควรมีเวลามากเพียงพอ โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 2 เดือน จึงจะแล้วเสร็จสิ้นกระบวนการ อย่างไรก็ตามอาจใช้เวลาช้าหรือเร็วกว่านั้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ที่จะส่งแบบสอบถามในแต่ละรอบได้เร็วเพียงใด
2. ผู้เชี่ยวชาญ ในการเลือกสรรผู้เชี่ยวชาญนั้น ต้องคำนึงถึง
 - 2.1 ความสามารถของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ควรเลือกผู้ที่มีความรู้ความสามารถเป็นเลิศในสาขานั้น ๆ อย่างแท้จริง ไม่ควรเลือกโดยอาศัยความคุ้นเคยหรือการติดต่อได้ง่าย

2.2 ความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญ ควรเลือกผู้ที่มีความเต็มใจ ตั้งใจและมั่นใจ ในการให้ความร่วมมือกับงานวิจัยโดยตลอด รวมทั้งยินยอมสละเวลาอีกด้วย

2.3 จำนวนผู้เชี่ยวชาญ ควรเลือกให้มีจำนวนมากพอ เพื่อให้ได้ความคิดเห็น ใหม่ ๆ และได้คำตอบที่มีน้ำหนัก ความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่า ควรมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญกี่คน แต่โทมัส แมคมิลแลน ได้เสนอว่า หากมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน มากกว่า 17 คนขึ้นไป อัตราความคลาดเคลื่อนจะยิ่งลดน้อยลงมาก ดังนั้น ผู้เชี่ยวชาญจึงไม่ควรน้อยกว่า 17 คน

3. แบบสอบถามควรเขียนให้ชัดเจนและสละสลวย ง่ายแก่การอ่านและเข้าใจ นอกจากนี้ การเว้นระยะในการส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละรอบ ไม่ควรนานเกินไป เพราะอาจมีผลให้ผู้ตอบลืมหืมผล ที่เลือกหรือตอบในรอบที่ผ่านมาได้

4. ผู้ทำวิจัยต้องมีความละเอียดรอบคอบในการพิจารณาคำตอบ และให้ความสำคัญ ในคำตอบที่ได้รับอย่างเสมอกันทุกข้อโดยไม่มีความลำเอียง แม้ว่าในข้อนั้น ๆ จะมีบางคนไม่ ตอบก็ตาม ทั้งยังควรมีการวางแผนล่วงหน้าอย่างดี ในการดำเนินการตามขั้นตอนของกระบวนการวิจัยแบบเดลฟาย

3.3 การวิจัยโดยใช้เทคนิคเดลฟายนี้สามารถรวบรวมเทคนิควิธีการเป็นข้อดังนี้

3.3.1 การตั้งปัญหา ปัญหาที่จะวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟายนี้ ควรเป็นปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบที่ถูกต้องแน่นอน และสามารถวิจัยปัญหาได้จากการให้ผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น ๆ ตัดสิน โดยผู้วิจัย ต้องกำหนดคำถามที่ว่า ผู้วิจัยต้องการอะไรจากผู้เชี่ยวชาญ คำตอบนี้จะช่วยให้เลือกผู้เชี่ยวชาญได้

3.3.2 การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ และ/หรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นเป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะผลการวิจัยจะถูกต้องเชื่อถือได้มากน้อย เพียงใด ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้รับการฝึกฝนและมีความรู้เป็นเลิศในสาขานั้น ๆ รวมไปถึงผู้ที่สามารถให้ข้อมูล ผู้ที่ทำการวิจัยต้องการได้

3.3.3 การทำแบบสอบถามรอบที่ 1 แบบสอบถามในรอบแรกเป็นคำถามปลายเปิด และเป็นคำถามอย่างกว้าง ๆ เพื่อต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แสดงความคิดเห็นได้เต็มที่

3.3.4 การพัฒนาแบบสอบถาม พัฒนาจากคำตอบในแบบสอบถามของรอบที่ 1

โดยผู้ทำการวิจัยรวบรวมความคิดเห็นที่ได้ทั้งหมดเข้าด้วยกัน และนำมาวิเคราะห์หาค่าข้อมูลที่ซ้ำซ้อนออกจากกัน จึงพัฒนาเป็นแบบสอบถามรอบที่ 2 และส่งกลับไปยังผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน จัดลำดับความสำคัญของแต่ละข้อ แบบมาตราวัดแบบลิเกิร์ต (Likert's scale) รวมทั้งเหตุผลที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยของแต่ละข้อ ลงในช่องว่างที่เว้นไว้ในตอนท้ายประโยค และผู้เชี่ยวชาญสามารถแก้ไขจำนวนได้ด้วย

3.3.5 การพัฒนาแบบสอบถามรอบที่ 3 แบบสอบถามรอบที่ 3 จากการวิเคราะห์คำตอบในแบบสอบถามรอบที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามและคำตอบให้เลือก เหมือนกันกับแบบสอบถามรอบที่ 2 แต่ได้มีการแสดงคำมธยฐาน และพิสัยระหว่างควอไทล์ของแต่ละข้อ รวมทั้งตำแหน่งของผู้เชี่ยวชาญนั้น ๆ ลงไปด้วย ในรอบนี้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะทบทวน และพิจารณาคำตอบของตนเองอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงคำตอบใหม่และยืนยันคำตอบเดิมได้ ในกรณีที่คำตอบอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่า หรือต่ำกว่าคำมธยฐาน ผู้เชี่ยวชาญนั้นต้องให้เหตุผลในการตอบเช่นนั้นด้วย

3.3.6 โดยทั่วไปแล้วจะตัดการส่งแบบสอบถามในรอบที่ 4 แล้ว ใช้ผลที่ได้ในรอบที่ 3 พิจารณาเสนอผลวิจัย เพราะความคิดเห็นในรอบที่ 3 และรอบที่ 4 มีความแตกต่างกันน้อยมาก

3.3.7 การเขียนรายงานการวิจัยขั้นนี้เป็นการเขียนรายงานข้อเท็จจริงที่ค้นพบ โดยอาจเน้นไปที่แนวโน้มที่มีความเป็นไปได้มาก ซึ่งสามารถนำเอาผลของการวิเคราะห์ในรอบที่สอง มาประกอบการรายงานผลการอภิปรายได้

3.4 จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัยตามเทคนิคเดลฟาย

ในการวิจัยที่ใช้เทคนิคเดลฟายนั้น ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นโดยการใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการวิจัย สำหรับจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมนั้น แมค มิลแลน (Macmillan, 1971 : 11) ได้เสนอผลการวิจัย เกี่ยวกับจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัยแบบเทคนิคเดลฟาย ว่าควรมีจำนวนเท่าไรจึงเหมาะสม ในการประชุมประจำปีของ California Junior Colleges Association เมื่อปี 1971 พบว่าหากมีจำนวนผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 17 คนขึ้นไป อัตราความคลาดเคลื่อน (Error) ลดน้อยลงไปด้วย และคงที่ตลอดไป (ที่ความคลาดเคลื่อน 0.02) สำหรับจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถาม แสดงไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงการลดลงของความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จำนวนผู้ เชี่ยวชาญ	การลดลงของ ความคลาดเคลื่อน	ความคลาด เคลื่อนลดลง
1-5	1.20-0.70	0.50
5-9	0.70-0.58	0.12
9-13	0.58-0.54	0.04
13-17	0.54-0.50	0.02
17-21	0.50-0.48	0.02
21-25	0.48-0.46	0.02
25-29	0.46-0.44	0.02

3.5 ข้อดีของเทคนิคเดลฟาย

3.5.1 ด้านผู้เชี่ยวชาญ

3.5.1.1 ผู้เชี่ยวชาญมีอิสระในการแสดงความคิดเห็นได้เต็มที่ เพราะไม่ต้องเกรงอิทธิพลทางด้านความคิด เช่นในการประชุมทั่ว ๆ ไป

3.5.1.2 ผู้เชี่ยวชาญได้มีโอกาสศึกษา และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และแนวคิดจากคำตอบของผู้เชี่ยวชาญคนอื่นได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้อุปมาอุปไมยประกอบการพิจารณาตอบแบบสอบถามในรอบต่อ ๆ ไปได้โดยไม่มีอาการเสียหน้าทำให้ข้อมูลออกมาไม่คุณภาพ

3.5.1.3 ผู้เชี่ยวชาญจะไม่มีโอกาสรู้ว่าใครบ้างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ และคำตอบใดเป็นของผู้เชี่ยวชาญคนใด จึงไม่ต้องเกรงว่าผู้อื่นจะตำหนิตนได้ ที่มีความคิด และมุมมองที่แตกต่างจากคนอื่น

3.5.1.4 ผู้เชี่ยวชาญมีอิสระในการยืนยันความคิด ความเชื่อของตนเองไว้ได้ตลอดโดยไม่มีผู้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้ใดแก้ไขให้เป็นอื่นได้ ถึงแม้ว่าความเห็นไม่สอดคล้องกับกลุ่มก็ตาม

3.5.2 ด้านข้อมูล

3.5.2.1 ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ในสาขาที่ทำการวิจัยอย่างแท้จริง

3.5.2.2 จำนวนข้อมูลจะมาก เป็นจำนวนเท่าใดก็ได้ หากสามารถหาผู้เชี่ยวชาญได้แต่ไม่ต่ำกว่า 17 คน

3.5.2.3 ข้อมูลได้รับการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญหลายครั้งดังนั้นความละเอียดรอบคอบจึงมีสูง และส่งผลให้ข้อมูลที่ได้รับมีค่าน่าเชื่อถือสูง

3.5.2.4 ข้อมูลที่มีระเบียบวิจัยเป็นระบบเป็นขั้นตอน และข้อสำคัญที่สุดคือสอบถามหลาย ๆ ครั้ง

3.5.2.5 ข้อมูลในเทคนิคเดลฟาย มีกระบวนการของการใช้ความเชี่ยวชาญเข้ามาจับเพราะฉะนั้นก็น่าจะได้เรื่องราวที่ชัดเจน ที่แน่นอนมากกว่า

3.5.3 ด้านผู้ทำการวิจัย

3.5.3.1 สามารถได้รับข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญได้เป็นจำนวนมากในคราวเดียวกัน

3.5.3.2 ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องสถานภูมิศาสตร์ หรือช่วงเวลา

3.5.3.3 เป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนการทำงานไม่ยากนักได้ผลอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพ

3.5.3.4 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ

3.5.3.5 สามารถลำดับความสำคัญของข้อมูลและเหตุผลในการตอบ รวมทั้งความสอดคล้องในเรื่องความคิดเห็นได้เป็นอย่างดี

4. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า

การรักษาสิ่งแวดล้อมโลก และการประหยัดพลังงานเป็นงานที่ทุก ๆ ประเทศกำลังให้ความสนใจกันอยู่ในขณะนี้ การใช้พลังงานที่เหมาะสม การพัฒนาแหล่งพลังงานและการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อการใช้งานเป็นกุญแจสำคัญ ที่จะนำไปสู่การแก้ไขปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่ประสบกันอยู่ ได้ยานพาหนะที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงที่เกิดจากการใช้ยานพาหนะ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นกับคนทั้งโลก ยานพาหนะไฟฟ้าสามารถใช้งานจากแหล่งกำเนิดอื่น ได้หลายประเภท มีประสิทธิภาพของการใช้พลังงานอย่างสมบูรณ์ ไม่มีโอเลื้อย ที่เป็นสาเหตุของมลพิษทางอากาศ ไม่มีเสียงรบกวนจากเครื่องยนต์หรือท่อโอเลื้อย โดยส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้มี 4 ส่วนด้วยกัน คือ

4.1 แบตเตอรี่

4.2 มอเตอร์

4.3 เครื่องประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดกำลัง

4.4 ชุดควบคุมระบบการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าซึ่งเป็นชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4.1 แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้า เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน หลักการทำงานของแบตเตอรี่ กล่าวอย่างง่าย ๆ คือ การเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อเครื่องยนต์ทำงานแล้ว เอนเนอเรเตอร์จะเปลี่ยนพลังงานที่เหลือ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วนำมาเก็บในแบตเตอรี่ ในรูปของพลังงานเคมีไว้ใช้ต่อไป

สำหรับรถไฟฟ้าเป็นทางเลือกหนึ่ง ของเทคโนโลยีการขนส่งที่จำเป็น ต้องปรับปรุง คือ ตัวเก็บพลังงาน แต่เดิมรถยนต์ไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางสั้น ๆ และใช้เวลาในการเติมประจุไฟนาน ซึ่งได้มีความพยายามออกแบรถยนต์ไฟฟ้า มาตั้งแต่ 1990 แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ยังไม่มีการปรับปรุงมากนัก ตั้งแต่เริ่มผลิตรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมา แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด หาได้ง่ายและไม่แพง นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน แม้ว่าอายุการใช้งานจะมีเพียง 2-3 ปีเท่านั้น ในอนาคตคาดหวังว่า จะมีการพัฒนาแบตเตอรี่ ที่มีอายุการใช้งานยืนยาว มีสถานการเติม

ประจุไฟที่รวดเร็ว หรือมีแบตเตอรี่มาเปลี่ยน แทนการประจุไฟฟ้า

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ขึ้นมาใหม่เป็นประเด็นที่สำคัญโรงงานผลิตรถยนต์ในสหรัฐอเมริกา ไม่ว่าจะเป็น ฟอร์ด ไคลเลอร์ และเจนเนอรัล มอเตอร์ ได้ตั้งสมาคมพัฒนาแบตเตอรี่ขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในปี 1992 สมาคมดังกล่าวนี้ทำงานด้วยคนของรัฐบาลโดยเริ่มจากเงิน 260 ล้านดอลลาร์ เป็นโครงการเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบเก็บพลังงาน สำหรับใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ไม่ได้อยู่ในสัญญาการพัฒนาที่จะนำมาใช้จริง อย่างไรก็ตามบริษัทอื่น ๆ ยังคงสนใจ ที่จะพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ให้มีคุณภาพสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

ความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการ ต้องมีคุณสมบัติให้พลังงานสูง สมรรถนะ ความสามารถสูง ประสิทธิภาพสูง อายุการใช้งานยืนยาว ราคาต่ำ ปลอดภัย เชื่อถือได้ ไม่ต้องบำรุงรักษา สามารถเติมประจุไฟได้ตามเวลา และสามารถนำมาใช้ใหม่ได้อีก แบตเตอรี่ในปัจจุบันมีข้อบกพร่องหลายประการทำให้เกิดแรงจูงใจ ในการพัฒนาแบตเตอรี่ขึ้นมา

คุณลักษณะของแบตเตอรี่ พลังงานแบตเตอรี่มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ขับเคลื่อน พลังงานจะเคลื่อนจากแบตเตอรี่ด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้า ในระหว่างที่มีการประจุไฟ จะเกิดการสูญเสียความต้านทานไฟฟ้าและพลังงานเคมีก็สูญเสียไปด้วย ดังนั้นการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่จึงเป็นการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หรือเกินความต้องการไว้ใช้ในแบตเตอรี่ โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี ในการเปลี่ยนรูปและสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้ กลับมาใช้ในเวลาที่ต้องการ

หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าส่วนที่เกินความต้องการ จะถูกนำไปประจุไว้ในแบตเตอรี่ ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า กระแสสลับให้เป็นกระแสตรง แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี ในช่วงที่ต้องการไฟฟ้าสูง สารประกอบทางเคมีจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายเข้าระบบส่งได้ทันที

4.1.1 เทคโนโลยีแบตเตอรี่เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันและแบตเตอรี่ที่กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา มีหลายประเภท สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.1.1.1 แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ยังคงใช้มากที่สุด สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบันความพยายามในการพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดให้ก้าวหน้า แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดนี้ราคาไม่แพงมี energy ประมาณ 35 Wh/kg และมี power ประมาณ 93 W/kg

4.1.1.2 แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีอายุการใช้งานมากกว่าแบบตะกั่ว-กรด แม้ว่าจะมีความทนทานมาก แต่ความสัมพันธ์กันน้อยระหว่าง energy และ power ปัญหาที่พบ คือการเกิดไฮโดรเจนที่ปล่อยออกมา แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีราคาแพงและมี energy ประมาณ 50 Wh/kg และมี power ประมาณ 100 W/kg ตามลำดับ ในปัจจุบันได้รับการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น อย่างกว้างขวางมากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ

4.1.1.3 แบตเตอรี่แบบนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ ใช้เงินเกิลคลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้าและโลหะอัลลอยด์เป็นขั้วไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติที่จะเก็บไฮโดรเจน ในสถานะที่เป็นของแข็ง แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 54 Wh/kg และมี power ประมาณ 174 W/kg ตามลำดับ มีอายุการใช้งานยืนยาว จากการทดลอง สามารถที่จะพัฒนา energy ได้ ประมาณ 81 Wh/kg

4.1.1.4 แบตเตอรี่แบบสังกะสีโบรไมด์ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาไฟฟ้าเพื่อแยกเซลล์ออกคนละข้างด้วยไฟฟ้า ซึ่งต้องเตรียมความเย็นและผ่านโลหะที่เหมือนกับของขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 72 W/kg แต่มี power ต่ำ ประมาณ 53 W/kg เพราะว่ามี energy สูง มีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง แต่มีปัญหในเรื่อง power ต่ำ ราคาสูง มีการผูกเรือนเกิดสนิม ซึ่งจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของรถไฟฟ้า

4.1.1.5 แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ไม่มีของแข็งเป็นขั้วไฟฟ้า โดยใช้โซเดียมที่ละลายที่ความร้อน 300 องศาเป็นขั้วไฟฟ้ามี energy ประมาณ 80 Wh/kg และมี power ประมาณ 100 W/kg ตามลำดับ แบตเตอรี่แบบนี้ใช้เวลานาน ในการปล่อยกระแสไฟฟ้า แต่กลับมานำหลายเพราะว่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในเครื่องป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้ารั่ว โดยยอมให้อิออนของโซเดียมผ่านเท่านั้น และไม่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่านเวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้านาน แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น อาจจะเป็นอันตรายจากโซเดียมและซัลเฟอร์

4.2 มอเตอร์

มอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า มีทั้งแบบไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ ในปัจจุบันต้องการมอเตอร์ที่มีแรงบิดสูง องค์กรประกอบสำคัญ ในการเลือกมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพสูง มีแรงบิดที่มีคุณสมบัติเป็นที่น่าพอใจ การบำรุงรักษาน้อย มีความไวต่อการใช้ไฟ ความสกะปรกและราคาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน คือส่วนหนึ่งทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเป็นรูปทรงกระบอกกลวง มีขั้วลวดทองแดงพันตามวิธีการที่กำหนด เรียกว่า สเตเตอร์ ส่วนนี้อยู่หนึ่งกับที่ อีกส่วนหนึ่งทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเช่นกัน เป็นรูปทรงกระบอกตัน หมุนได้รอบ แกนหมุนภายในสเตเตอร์เรียกว่า โรเตอร์ รอบแกนของโรเตอร์มีขั้วลวดทองแดง พันอยู่เช่นกัน ช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์ โดยทั่วไปมีขนาดเล็กมาก กระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านไปมาในขั้วลวดสเตเตอร์ จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นสนามแม่เหล็กหมุน หมุนไปรอบ ๆ แกนหมุน การหมุนของสนามแม่เหล็ก จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในขั้วลวด โรเตอร์ โรเตอร์จะหมุนไปด้วยแรงบิด

ชนิดของมอเตอร์กระแสสลับ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 ชนิด ขึ้นอยู่กับหลักการ ทำงานที่แตกต่างกัน ชนิดหนึ่งเรียกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ ทั้งนี้เพราะหมุนด้วยหลักการเหนี่ยวนำ อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซินโครนัส มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งเป็น 2 แบบ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของตัวโรเตอร์ แบบแรกเรียกว่า แบบกรงกระรอก เรียกตามลักษณะการวางตัวของทองแดงที่โรเตอร์ แบบนี้ทำงาน มีราคาถูก มีข้อเสีย คือปรับความเร็วไม่ได้ กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มต้นเดินเครื่องสูง อีกแบบหนึ่งเรียกว่า แบบวาล์วโรเตอร์ มีขั้วลวดโรเตอร์ที่ต่อผ่านความต้านทานภายนอกได้ ทำให้ปรับความเร็วได้

ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซินโครนัส มีสเตเตอร์คล้ายคลึงกันกับ สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำและอาจใช้แทนกันได้ ส่วนโรเตอร์นั้นแตกต่างกันในด้านโครงสร้าง โดยที่จะทำขึ้นเป็นขั้วแม่เหล็ก เมื่อสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสเตเตอร์หมุนไป ก็จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ มีลักษณะที่คล้ายกับขั้วแม่เหล็ก เสมือนหมุนไปรอบสเตเตอร์ และขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ให้หมุนตามไปด้วย ความเร็วของโรเตอร์จะต้องสอดคล้องกับความเร็วของสนามแม่เหล็ก หมุนของสเตเตอร์ และเนื่องจากความเร็วของสนามแม่เหล็กขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าทางสเตเตอร์ และจำนวนขั้วแม่เหล็ก มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซินโครนัส

ถือว่าเป็นมอเตอร์ชนิดความเร็วคงที่ ไม่ว่าจะมิโหลดหรือภาระงานมากหรือน้อย เนื่องจากตัวโรเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบซิงโครนัสนี้มีราคาแพง จึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้ มีราคาแพงกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมาก ดังนั้นหากไม่จำเป็นที่จะต้องใช้งาน ที่ต้องการความเร็วคงที่แล้ว มอเตอร์ส่วนใหญ่ที่ใช้ เป็นมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำทั้งสิ้น

รถยนต์ไฟฟ้าใช้ระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์ ด้วยกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ระบบ 3 เฟส ซึ่งมีสเตเตอร์หมุน 3 เฟสและโรเตอร์แบบกรงกระรอก ประกอบไปด้วยทองแดง หรือแท่งอลูมิเนียมที่ติดตั้งอยู่ในช่องเจาะรูสำหรับแกนเหล็ก

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง รถยนต์ไฟฟ้าที่มีระบบขับเคลื่อนแบบไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้ชุดของมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีคุณลักษณะแรงบิดที่รวดเร็ว ความเร็วของมอเตอร์ เป็นสัดส่วนของการจ่ายแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นการควบคุมมอเตอร์ที่ง่าย มอเตอร์แบบกระแสตรง มีประสิทธิภาพน้อย ในการเหนี่ยวนำไฟฟ้าในมอเตอร์ และโครงสร้างของมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรง ซับซ้อนมากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงต้องการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ มีความไวต่อความเร็ว และการใช้ไฟฟ้าเกินความเร็วสูงสุดของมอเตอร์กระแสตรงน้อย

สเตเตอร์ของกระแสตรงมีขั้ว และสนามการหมุนตัวคอยล์ของมอเตอร์ จะเชื่อมต่อเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง การหมุนโรเตอร์จะทำให้กระแสตรงผ่านแปรงที่เชื่อมต่อกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสลับให้เป็นกระแสตรง

ชนิดของมอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์กระแสตรงแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ มอเตอร์กระแสตรงแบบที่ไม่มีแปรงและมอเตอร์กระแสตรงแบบที่มีแปรง การขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบที่ไม่มีแปรง มีประสิทธิภาพสูงและมีความน่าเชื่อถือมากกว่า การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงแบบมีแปรง อย่างไรก็ตามแบบมีแปรงจะให้การขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูง ซึ่งใช้กับรถยนต์ไฟฟ้า ที่เป็นรถแข่งเป็นส่วนใหญ่

4.3 วงจรประจุแบตเตอรี่รถยนต์

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ โดยทั่วไปที่พอใช้งานได้ จะมีหลักการใหญ่อยู่ 3 อย่าง คือ ใช้อัดด้วยแรงดันคงที่ กระแสคงที่ หรืออัดเป็นจังหวะ หรืออาจให้หลายอย่างผสมกันก็ได้

วงจรนี้ออกแบบมาใช้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์เท่านั้น แบ่งช่วงการอัดประจุออก

เป็น 3 ส่วน ในช่วงแรกเป็นช่วงที่แบตเตอรี่ถูกใช้หมดเกลี้ยง จะถูกกำหนดให้อัดประจุด้วย กระแสค่อนข้างน้อย เพียงประมาณ 5 % ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมง (ค่าความจุในการใช้งาน ของแบตเตอรี่ว่ามากเพียงไร) เท่านั้น เพราะว่าการที่เครื่องอัดแบตเตอรี่ยิ่งจ่ายกระแสมาก ในขณะที่แบตเตอรี่มีแรงดันน้อย กำลังที่สูญเสียไปในทรานซิสเตอร์ ในเครื่องอัดแบตเตอรี่จะยิ่ง สูงมาก เป็นการเพิ่มขนาดทนกำลังของทรานซิสเตอร์ โดยไม่จำเป็น แรงดันแบตเตอรี่ในช่วงนี้ ถูกกำหนดไว้ตั้งแต่ 0-10 โวลต์ และในทันทีที่แรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นถึง 10 โวลต์ การอัดประจุก็จะเข้าสู่ช่วงที่ 2 ทันที ซึ่งจะเพิ่มอัตราการอัดขึ้นทันที ด้วยกระแสค่า 20 % ของ ค่าแอมแปร์-ชั่วโมงซึ่งค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับเครื่องอัดแบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ประมาณ 10 % เท่านั้น เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นไปอีกจนถึง 14.4 โวลต์ กระแสที่อัดอยู่จะตกลงไปทันที เนื่องจากถือว่าแบตเตอรี่เต็มแล้ว แต่ก็ยังไม่เลิกอัดประจุเสียทีเดียว เพียงแต่อัดค่าน้อย ๆ เท่านั้น และจะค่อย ๆ ลดลง ๆ จนเป็นศูนย์ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ขึ้นถึง 16.5 โวลต์ (ธนาวุฒิ ไกรฤทธิกุล. 2536 : 68-71)

4.4 ระบบควบคุมรถยนต์

รถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน จะใช้ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ มาพัฒนา วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมมอเตอร์ พลังงานทรานซิสเตอร์ สัญญาณดิจิทัลตรวจสอบและป้องกันความผิดพลาดในระบบการทำงาน ในอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำที่เกิดจากการแข่งขันระหว่างสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อระบบควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์พื้นฐานและระบบควบคุมดิจิทัลโดยตรง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก มีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมระบบการขับ แบตเตอรี่และการประจุไฟ ควบคุมสมรรถนะและหาจุดบกพร่องของระบบ หลักการทำงานของระบบควบคุมรถยนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

4.4.1 ตัวควบคุมมอเตอร์

4.4.2 คันบังคับเท้าห้ามล้อ

4.4.3 การควบคุมด้วยมือ

4.4.4 แดชบอร์ด

ระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้าเป็นระบบที่ทันสมัย โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุม

กำกับระบบย่อยทั้งหมด ปริมาณอุณหภูมิ ความเร็วของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งมี ความสัมพันธ์กับระบบปฏิบัติการย่อย เป็นการวัดด้วยเครื่องแปลงกำลัง จะแปลงสัญญาณไปเป็น อนาล็อกสัญญาณเป็นตัวเลข และส่งไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ มีการประเมินสัญญาณระบบย่อย และส่งออกมาควบคุม สัญญาณไมโครโปรเซสเซอร์จะตัดระบบ ในกรณีที่เกิดความผิดพลาด ตัวควบคุมรถยนต์จะปิด เพื่อปฏิบัติการตามสถานการณ์ที่เกิดผลดีที่สุดและเกิดผลดีในการใช้เก็บ พลังงานไว้ในแบตเตอรี่

หน้าที่ของไมโครโปรเซสเซอร์

1. ควบคุมการขับเคลื่อน
2. ควบคุมลำดับขั้นของการขับ
3. มีมาตรวัดเชื้อเพลิง
4. มีการประจุแบตเตอรี่/ควบคุมเสถียรภาพ
5. การวินิจฉัยข้อบกพร่อง

การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยทั่วไป มีอุปกรณ์ที่เป็นตัวสามารถมองเห็นได้ ใช้เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสตรงเป็นส่วนประกอบของ ขอปเปอร์และมอเตอร์กระแสตรง ที่เข้ามาแทนที่เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสสลับ รวมทั้ง อินเวอร์เตอร์และมอเตอร์กระแสสลับแบบซินโครนัส หรือมอเตอร์แบบขั้วซินโครนัส ในอนาคต อันใกล้แม่เหล็กถาวร และสวิตช์ของมอเตอร์ จะหาได้ง่าย ประเด็นที่เป็นคำตอบสำหรับรถยนต์ ไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบการขับเคลื่อนก็คือประสิทธิภาพ น้ำหนักน้อยและขนาดลดลง สำหรับราคา ดู เหมือนว่าจะไม่เป็นปัญหา สามารถซื้อได้ และราคาจะลดลงในไม่ช้า เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ราคาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทางคอมพิวเตอร์ มีการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อใช้สำหรับ รถไฟฟ้า ตั้งอยู่บนฐานของเทคโนโลยี เท่าที่หาได้ อุปกรณ์ดังกล่าว มีพลังงานที่จะนำมาใช้ ทำงานได้ดีที่สุด ของพลังงานการขับเคลื่อนและแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์ จะช่วยให้การควบคุมรถยนต์ มีประสิทธิภาพ การควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง ปกติทำได้ 2 ส่วน ส่วนแรก คำสั่งที่เกิดกระแสไฟฟ้าผ่าน อาร์เมเจอร์ และอีกส่วนหนึ่งเป็นคำสั่งให้เกิดกระแสไฟฟ้าในสนาม

หลักการออกแบบลักษณะของอาร์ตนิวร์ หัวใจของระบบการขับเคลื่อนทางไฟฟ้า คือ

ตัวควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งรับคำสั่งจากคนขับรถยนต์ไฟฟ้า สถานภาพของระบบที่ใส่เข้าไปและสัญญาณการเซ็นเซอร์ การปฏิบัติการของสัญญาณที่ใส่เข้าไป สัญญาณของไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ออกมาควบคุมชอปเปอร์ กระแสไฟผ่านอาร์เมเจอร์ไปสู่ชอปเปอร์และตัวเติมประจุไฟแบตเตอรี่ และการกำกับการปฏิบัติการหลายอย่าง

ฮาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ คืออินเทลตั้งแต่เบอร์ 286 386 486 หรือ เพนเทียมรุ่นต่าง ๆ ซึ่งฮาร์ดแวร์จะถูกออกแบบ ให้เหมาะสมสอดคล้องกับอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ

บอส ไบมาล เค (1987 : 166-167) ได้ออกแบบ ลักษณะการออกแบบฮาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งอินเทล 8080 ฮาร์ดแวร์นี้ได้รับการออกแบบ เพื่อปฏิบัติการได้อย่างน่าพอใจ โดยมีช่วงของอุณหภูมิกว้าง (-20 องศาฟาเรนไฮต์ ถึง 120 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ -29 องศาเซลเซียส ถึง 52 องศาเซลเซียส) การช็อค การสั่นสะเทือน และการรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะจะเกิดกระแสไฟฟ้าในชอปเปอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการออกแบบ ตามความต้องการของผู้ซื้อ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของมิลลแปกและมีฮาร์ดแวร์ที่ติดตั้ง และซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์กรองสัญญาณแอนติคให้เป็นสัญญาณเดียว เพื่อให้การปฏิบัติการเป็นอิสระในด้านเสียง โปรแกรมที่นำไปใช้ และวินิจฉัยเป็นความสามารถของโปรแกรม ซึ่งอ่านจากความจำ ที่มีกรอบ 4 ด้าน และแรม 1 เค ที่สนับสนุนโปรแกรมหลัก ฮาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วย กล้องอุปกรณ์ ขนาด 5 คูณ 9 นิ้ว ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ยอมให้ความร้อนผ่านจากพื้นผิวส่วนบนเท่านั้น

หลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์ ซอฟต์แวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยชุดของโมดูลที่ควบคุมการทำงานของซอฟต์แวร์ และควบคุมเวลาที่แท้จริงของรถยนต์ไฟฟ้า ซอฟต์แวร์เป็นพื้นฐานสามารถเลือกใช้อินเทลเบอร์ต่าง ๆ อาจจะใช้ภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาอื่น ที่เขียนขึ้นใช้งานให้สอดคล้องและเหมาะสม สัมพันธ์กับฮาร์ดแวร์ ตลอดจนพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อน และควบคุมการคืนกำลังในขณะเบรก คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการควบคุมที่สูงสุด การควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์/สนาม และระบบป้องกัน ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ จะดำเนินงานโดยโปรแกรม 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมหลักและโปรแกรมช่วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพชรฯ สงวนแสง (2535 : 108-109) ได้ศึกษาการประเมินผลหลักสูตรวิชาชั้น ทยะสันสาขาวิชาช่างเครื่องยนต์ ของโรงเรียนฝักอาชินกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า

ด้านบริบท พบว่าจุดประสงค์ของหลักสูตร มีความสอดคล้องกับปัจจัยภายนอกค่อนข้าง น้อย ส่วนสภาพของหลักสูตร พบว่าจุดประสงค์ของหลักสูตร มีความชัดเจนของภาษาสามารถนำไปปฏิบัติให้เกิดผลจริง สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียน ให้นักศึกษามีความรู้และทักษะ สามารถนำไปประกอบอาชีพช่างเครื่องยนต์ได้ ส่งเสริมให้นักศึกษามีจรรยาบรรณในการประกอบ อาชีพค่อนข้างมาก ส่วนความเหมาะสมกับสภาพสังคมปัจจุบัน และการครอบคลุมเนื้อหาวิชา ต่าง ๆ ในหลักสูตรสอดคล้องกับจุดประสงค์ สนองต่อความสนใจและความต้องการของผู้เรียน สามารถนำไปประกอบอาชีพได้ แต่ยังมี ความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาปานกลาง

ด้านปัจจัยเบื้องต้น พบว่าส่วนประกอบที่สนับสนุน การจัดการเรียนการสอนนั้น กลุ่มผู้ ตอบแบบสอบถามที่เป็นอาจารย์ มีความเห็นว่า มีความเพียงพออยู่ในระดับน้อย และสิ่งที่น้อยที่สุด ไม่เพียงพอกับความต้องการ คือจำนวนหนังสือทางด้านวิชาช่างเครื่องยนต์ในห้องสมุด ส่วน คุณภาพและความสะดวก ในการใช้บริการของส่วนประกอบ ที่สนับสนุนการเรียนการสอน มีอยู่ ในระดับปานกลาง ส่วนคุณภาพและความสะดวกในการใช้บริการอยู่ในระดับมาก

ด้านกระบวนการ พบว่ากลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม ทั้งอาจารย์และนักศึกษา มีความเห็นว่า กระบวนการเรียนการสอนนั้น มีความเหมาะสมมาก ยกเว้นการเชิญผู้เชี่ยวชาญให้ความรู้ เพิ่มเติม ได้กระทำในระดับน้อย ส่วนในด้านการวัดและประเมินผล อาจารย์มีความเห็นว่า การเปิดโอกาสให้นักศึกษา มีส่วนร่วมในการวางหลักเกณฑ์การประเมิน การให้นักศึกษาได้ ประเมินผล การสอนของอาจารย์ได้กระทำค่อนข้างน้อย และการให้นักศึกษาได้มีการประเมิน การเรียนการสอนของตนเองนั้น ได้ปฏิบัติน้อยที่สุด

ด้านผลผลิต ผู้สำเร็จการศึกษามีความเห็นว่า เนื้อหาวิชาที่เรียนมีประโยชน์มาก และ เพียงพอกับความต้องการปานกลาง ผู้สำเร็จการศึกษา มีความรู้ความเข้าใจ ในวิชา ช่างเครื่องยนต์ในระดับมาก ส่วนในเรื่องคุณลักษณะของผู้สำเร็จการศึกษา พบว่าสิ่งที่มีมากที่สุด คือการมีจิตใจที่พร้อมที่จะให้บริการผู้อื่น การยอมรับความผิดพลาดของตนเอง และตรงต่อเวลา

สถาพร บุญสมบัติ (2527 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาวิธีการฝักอบรมและประเมินผล หลักสูตรช่างยนต์ขั้นต้น ทยะสันของสถานประกอบการในภาคกลาง ผลจากการวิจัยพบว่า

ช่างซ่อมและช่างบริการที่ผ่านการฝึกอบรม ของสถานประกอบการ ยังมีประกอบการน้อย และส่วนใหญ่ไม่เคยผ่านการฝึกอบรมจากที่อื่นมาก่อน ทำให้การปฏิบัติงาน ด้านการซ่อม และการบริการ ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร แต่เมื่อช่างซ่อมและบริการ ได้ผ่านการฝึกอบรม หลักสูตรช่างยนต์ขั้นต้นระยะสั้นแล้ว ประมาณร้อยละ 60 ของผู้ผ่านการฝึกอบรม จะปฏิบัติงานได้ด้วยตนเองทั้งหมด

วิณะ กันเผือก (2529 : บทคัดย่อ) ได้สำรวจทักษะและความต้องการ การฝึกอบรม ของช่างยนต์ ในระดับประกาศนียบัตรที่ปฏิบัติงานในศูนย์ซ่อมและบริการในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ผลการวิจัยพบว่า ทักษะที่ใช้การปฏิบัติงาน ในแต่ละสัปดาห์มากที่สุด คือทักษะในเรื่องการบำรุงรักษา ระบบส่งกำลังครัช และระบบระบายความร้อน ตามลำดับ ส่วนความต้องการที่จะเข้ารับการอบรมนั้น ช่างยนต์มีความต้องการเข้าอบรมเรื่อง การปรับแต่ง เครื่องยนต์เบนซินแบบหัวฉีดมากที่สุด รองลงมา คือระบบปรับอากาศอัตโนมัติ และระบบส่งกำลังอัตโนมัติ

ไพโรจน์ ลิ้มสกุล (2538 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาแนวโน้มในการจัดการอาชีวศึกษา สาขาช่างอุตสาหกรรมตามทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า ทักษะของผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับแนวโน้มในการจัดการศึกษาอาชีวศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรมในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) เพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงนั้น ด้านคุณลักษณะของ ครูช่างอุตสาหกรรม ควรมีความรู้ทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติในสาขาวิชาชีพที่สอน ด้านคุณลักษณะของ นักศึกษาสาขาช่างอุตสาหกรรม พบว่า นักศึกษาต้องมีความรับผิดชอบในหน้าที่ มีระเบียบวินัย และมีความกระตือรือร้นในการเรียน ด้านคุณลักษณะของหลักสูตรสาขาช่างอุตสาหกรรม กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีทัศนะที่สอดคล้องกันว่า หลักสูตรสาขาช่างอุตสาหกรรมต้องมีการติดตาม ประเมินและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทุก 3 ปี เพื่อทันต่อความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี ด้านเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์การสอน ควรมีความทันสมัยและมีความปลอดภัยสำหรับผู้เรียน และผู้สอน ด้านความร่วมมือกับสถานประกอบการ ควรมีการพัฒนาหลักสูตรร่วมกับสถานประกอบการอย่างต่อเนื่อง ด้านสภาพแวดล้อมของโรงฝึกงานและห้องปฏิบัติการ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีทัศนะว่า ควรคำนึงถึงการจัดการ และควบคุมมลภาวะ ให้ได้ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม และเป็นที่สังเกตว่า ด้านแหล่งเงินทุนและงบประมาณ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีทัศนะที่ไม่สอดคล้อง ในด้านการประหยัดงบประมาณแผ่นดิน เพื่อจัดการเรียนการสอนสาขาช่างอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพ

งานวิจัยต่างประเทศ

Tange และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ของระบบการประจุไฟฟ้าแบบเร็ว ผลการวิจัยพบว่า รถยนต์ไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับการป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นรถยนต์ที่ไม่ใช้น้ำมัน หรือแก๊สโซลีน รถยนต์ไฟฟ้าในยุคแรกมีขีดจำกัดที่วิ่งได้ช้าระยะทางในการวิ่งสั้น สามารถเติมประจุไฟได้เพียงครั้งเดียว ระบบการเติมประจุไฟฟ้าที่รวดเร็ว กำลังได้รับการพัฒนา คาดว่าในปี 1993 จะถูกนำมาใช้ซึ่งจะสามารถ แก้ปัญหาดังกล่าวได้ โดยให้สามารถเติมประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ในช่วงเวลาอันสั้น เอกสารชิ้นนี้ได้กล่าวถึงระบบ การเติมประจุไฟแบตเตอรี่ที่รวดเร็ว ซึ่งจะเน้นไปที่โครงสร้างพื้นฐาน ที่สนับสนุนรถยนต์ไฟฟ้าที่กล่าวถึงในตอนแรก สถานภาพปัจจุบัน ลักษณะเฉพาะของระบบเติมประจุไฟอย่างรวดเร็วและสถานที่เติมประจุไฟ การศึกษาเป็นรายกรณี ครั้งนี้เกี่ยวข้องกับการทดลองระบบนี้ ใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าในครัวเรือน และพลังงานที่สนับสนุน สุดท้ายมีการประเมินผลงานในอนาคต

Dzieciuch ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้านานาชาติ ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาเทคโนโลยีทางอุตสาหกรรมเป็นเรื่องที่น่าสนใจมากที่สุดเรื่องหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพของสิ่งแวดล้อมและพลังงานที่ปลอดภัย การพัฒนาที่น่าสนใจเด่นมากที่สุด มีหลายบริษัทร่วมกันพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาใช้เพื่อรักษาสีสิ่งแวดล้อม ซึ่งแม้ว่าระบบแบตเตอรี่ในปัจจุบัน มีข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน คือมีน้ำหนักมากและราคาแพง จึงมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ เป็นพลังงานที่ประหยัด เพื่อชีวิตที่มีคุณภาพ อย่างไรก็ตาม ราคายังเป็นเรื่องสำคัญต่อความก้าวหน้าของรถยนต์ไฟฟ้า การวิจัยในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนการคิดค้นของวิศวกร จนเป็นผลผลิตในทางอุตสาหกรรม ในที่สุด การจัดการบริหารโปรแกรมรถยนต์ไฟฟ้านี้ ต้องมีความร่วมมือกันหลาย ๆ ฝ่าย มีการพัฒนาเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ ให้มีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งมีอัตราการเร่งที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

Lenain และคณะ ได้ศึกษาเรื่องการใช้รถยนต์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและการบำรุงรักษา ผลการวิจัยพบว่า รถยนต์ไฟฟ้ามีประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษทางอากาศและเสียงที่เพิ่มมากขึ้น ความต้องการใช้รถยนต์ไฟฟ้ามีสูงเพิ่มมากขึ้น และต้องการการรถยนต์ไฟฟ้าที่วิ่งได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ได้มาจาก การวิเคราะห์ระบบ โดยควบคุมความเร็วของรถยนต์ไฟฟ้าและการประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ข้อมูลและสถานการณ์ ในขณะที่ใช้แบตเตอรี่ ข้อมูลต่าง ๆ จะเก็บไว้ในฐานข้อมูลและสามารถวิเคราะห์ และดึงออก

มาใช้ เพื่อการจัดการเติมประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหนึ่ง ที่ใช้กับระบบรถยนต์ไฟฟ้า

O'Brien ได้ศึกษาเรื่อง รถยนต์ไฟฟ้าภาพเมื่อมองไปข้างหลัง ผลการวิจัยพบว่า อนาคตของรถยนต์ไฟฟ้า จะดีขึ้นอยู่กับการทำงาน ราคาของแบตเตอรี่ และความต้องการใช้ของผู้บริโภค ความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า ได้ขยายไปทั่วโลก และมีการแข่งขันกันมาก โดยเฉพาะจีนนโยบายและเป้าหมายที่จะผลิตรถยนต์ไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในรัฐแคลิฟอร์เนียได้วางแผนออกกฎข้อบังคับ เกี่ยวกับคุณภาพของอากาศ ที่เกิดจากการขับขี่ยานยนต์ รถยนต์ไฟฟ้าจะเจาะจงตลาดของอเมริกาได้ จะต้องวิ่งได้รวดเร็ว 65 ไมล์/ชั่วโมง มีการบริการดี และต้องปรับปรุงแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

Baum และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า รถยนต์ไฟฟ้าต้องการเทคโนโลยีใหม่ จากอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ เพื่อนำมาทดลองใช้กับรถยนต์ไฟฟ้า ให้เกิดความสำเร็จและเกิดความเชื่อถือใน ห่วงโซ่คาร์บอน อุตสาหกรรมรถยนต์สามารถพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ความสามารถที่มีอยู่และความร่วมมือของหลาย ๆ ฝ่าย อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และสารกึ่งตัวนำ วิธีการเชิงระบบจะเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ดีที่สุด การควบคุมมอเตอร์ พลังงานจากทรานซิสเตอร์ การควบคุมสัญญาณดิจิทัล การตรวจสอบและการป้องกันความผิด ซึ่งเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้ในงานวิจัย หรือพัฒนาขั้นตอนที่เชื่อถือได้เท่านั้น ถ้าความร่วมมือยุติลง จะเกิดความเสี่ยงขึ้นในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

Liao ได้ศึกษาเรื่อง เทคนิคและยุทธศาสตร์สำหรับการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า ความคิดเห็นเกี่ยวกับการวิจัยในเรื่องรถยนต์ไฟฟ้า มาตรฐานและนโยบายที่ได้ขึ้นในประเทศอุตสาหกรรม เพื่อเร่งการวิจัยซึ่งนำไปสู่การหาคำตอบในเบื้องต้น การออกแบบโดยทั่วไป การพัฒนาตัวถังรถ การขับเคลื่อน แบตเตอรี่ การขับเคลื่อนมอเตอร์ และระบบความเร็วของรัฐบาลและระบบควบคุมกำกับการ การแก้ปัญหา ตลอดจนการเสนอยุทธศาสตร์ เพื่อการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในประเทศจีน

O'Connell ได้ศึกษาเรื่อง รถยนต์ไฟฟ้าและอากาศที่บริสุทธิ์ ผลการวิจัยพบว่า เป็นเวลามากกว่า 10 ปี ที่อุตสาหกรรมไฟฟ้า มีประโยชน์ช่วยให้มีการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า ผลงานชิ้นแรกเกิดจากความร่วมมือและความพยายามของจี-แวนและทีอี-แวน ที่ได้ร่วมมือกัน ประดิษฐ์

รถยนต์ไฟฟ้าขึ้นตามนโยบาย และแสดงให้เห็นกฎหมายเกิดความเชื่อมั่นว่า คุณภาพอากาศในเมืองจะดีขึ้น รถยนต์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นสามารถผลิตได้ โดยใช้การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ และสามารถเติมประจุไฟเข้าไปใหม่โดยใช้ไฟฟ้าในบ้าน

Stokes และ Cole ได้ศึกษาเรื่อง โปรแกรมพัฒนาโมดูลของรถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าเป็นโปรแกรมการพัฒนาระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าที่คิดค้นขึ้นมาใช้ในเชิงพาณิชย์ โดยการพัฒนาองค์ประกอบของระบบย่อย ซึ่งสามารถที่จะสร้างขึ้นจากการออกแบบ และตัดแปลงรถยนต์ไฟฟ้าให้วิ่งได้ไกลขึ้น โดยมีกลุ่มเป้าหมายในระดับครอบครัว ให้ความพอใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ สามารถขับเคลื่อนทั้งล้อหน้าและล้อหลัง มีให้เลือก 3 แบบ คือ 1) แบบ 50 แรงม้า 2) แบบ 100 แรงม้า และ 3) ขนาดรถบรรทุก โครงการจะแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกศึกษาระบบเบื้องต้นให้เกิดความสมบูรณ์ ระยะที่สอง ออกแบบองค์ประกอบสร้าง บูรณาการ และทดสอบ

Wang และ Deluchi ได้ศึกษาเรื่อง ผลกระทบของรถยนต์ไฟฟ้าของการใช้พลังงานเบื้องต้นและการนำเข้ามาแทนที่น้ำมันปิโตรเลียม ผลการวิจัยพบว่า การวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้รถยนต์ไฟฟ้า ที่เกี่ยวข้องกับการหมดเปลืองของพลังงานโดยทั่วไป และพลังงานปิโตรเลียมที่หมดเปลืองในบางส่วน โดยใช้กับรถยนต์คันเล็กและรถบรรทุกคันใหญ่ในปี 1995 และปี 2010 การทดลองเป็นการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ ของรถยนต์ไฟฟ้ากับพลังงานของน้ำมัน หรือแก๊สโซลีนของเครื่องที่มีการสันดาปภายใน จากแหล่งพลังงานเบื้องต้น 4 อย่าง คือ ปิโตรเลียม ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ และเชื้อเพลิงชีวภาพ หลังจากใช้ปิโตรเลียม แก๊สธรรมชาติ และเชื้อเพลิงชีวภาพ รถยนต์ไฟฟ้าใช้พลังงานหมดเปลืองมากกว่าเครื่องยนต์ที่มีการสันดาปภายใน

Bose ได้ศึกษาเรื่อง ไมโครโปรเซสเซอร์ระบบควบคุมพื้นฐานสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์และการประจุไฟลงในแบตเตอรี่ ควบคุมความสมดุล และหาจุดบกพร่องของระบบหน้าที่ของระบบ คือ การวิเคราะห์และการนำซอฟต์แวร์ของอินเทลเบอร์ 8800 มาใช้กับเครื่องยนต์ ระบบการควบคุมได้รับการทดสอบอย่างมีระบบ ในห้องปฏิบัติการและในสนาม และแสดง

ผลการปฏิบัติอย่างดีเลิศ

Tsutomu และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง ระบบควบคุมดิจิทัลโดยตรงสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบลักษณะการควบคุมดิจิทัลที่สมบูรณ์ จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 1 ตัว เพื่อควบคุมอัลกอริทึมให้มีประสิทธิภาพสูง อาร์คแวร์ที่ใช้จะมีลักษณะอย่างง่าย ๆ โดยใช้กับ แอลเอสไอแบบอินพุทเอาต์พุท และมีระบบป้องกันและหาข้อบกพร่อง โดยมีระดับความปลอดภัยที่สูง ผู้วิจัยได้เห็นว่าซอฟต์แวร์มีความจำเป็นสำหรับการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ และสำคัญมาก สำหรับอาร์คแวร์ซึ่งประกอบไปด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ 8 บิต และแอลเอสไอแบบอินพุทและเอาต์พุท ระบบแบบดั้งเดิม อยู่ระหว่างการพัฒนาและการทดสอบเพื่อหาผลกระทบกับรถยนต์ทุกไฟฟ้า

Calasenzio-D และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง การประจุไฟของแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการประจุไฟ เป็นความพยายามที่สำคัญ ต่อระบบของแบตเตอรี่ ซึ่งใช้ในการรับและปล่อย หรือจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ สามารถนำไปใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าได้ในระยะเวลาที่เหมาะสมควรจะเป็นช่วงสั้น ๆ เท่าที่เป็นไปได้ และการเป็นสั่นและอากาศเสีย ต้องมีน้อย การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางไฟฟ้ามีผลต่อ อายุการใช้งาน ซึ่งมีสาเหตุอยู่หลายประการ ดังนั้นระบบการประจุไฟต้องคำนึงถึงให้มาก

Basad และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง การแข่งขันรถยนต์ไฟฟ้าแบบลูกผสม ผลการวิจัยพบว่า รถยนต์ไฟฟ้าแบบผสมรุ่นใหม่ที่กำลังสร้างขึ้นมาใช้กับรถยนต์ขนาดเล็ก ตัวรถยนต์ประกอบด้วย เครื่องยนต์และล้อ เป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ คอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลองสถานการณ์ของรถยนต์ และสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับรูปแบบและยุทธศาสตร์ของการการแข่งขัน ในปัจจุบันได้พัฒนาเครื่องยนต์เล็กเพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบก่อนการทดลอง วิ-ทวินเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ OHV หน่วยพลังงานสำรวจ เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าเครื่องยนต์ การทดสอบช่วงกว้างระหว่างล้อ ผลจากการแข่งขันเป็นการเปรียบเทียบสิ่งที่คาดหวังกับผลการปฏิบัติจริง

Fukino และคณะ ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบประจุไฟแบบเร็วของรถยนต์ไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่าปัจจุบันมีปัญหามลพิษทางอากาศและต้องการที่จะอนุรักษ์พลังงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อพัฒนาอากาศให้สะอาดและใช้รถยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ การแก้ปัญหาวิธีการหนึ่ง คือการ

ใช้รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากการประจุไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ซึ่งมีอยู่น้อยคันบนท้องถนนเพราะปัจจุบันแบตเตอรี่สามารถเก็บพลังงานได้ไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับถังน้ำมันของรถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน เพื่อให้มีการวิ่งระยะทางไกลมากยิ่งขึ้น จึงมีแนวความคิดพัฒนาแบตเตอรี่ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าใหม่ได้ภายใน 6 นาทีโดยมีประสิทธิภาพ 40 % ระบบประจุไฟที่รวดเร็วมากนี้ มีความเป็นไปได้เมื่อเติมประจุไฟในแบตเตอรี่ที่สถานีบริการ เหมือนดังรถยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงและได้มีการปรับระบบแอร์โรไดนามิกส์ เพื่อลดแรงต้านทานของลม และพัฒนาให้รถยนต์มีน้ำหนักเบา ซึ่งจะช่วยให้การวิ่งมีระยะทางไกลมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์นี้ ดำเนินการในลักษณะการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) โดยสร้างหลักสูตรวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ใช้แนวคิดการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานตาม ทฤษฎีของโฮมส์ กิลเบิร์ต (Gilbert, 1978 : 18-19) มีขั้นตอนในการดำเนินการ 3 ขั้นตอน เรียงตามลำดับ ดังนี้

- ตอนที่ 1 การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟาย
 - ตอนที่ 2 การพัฒนาวัตรกรรมซึ่งเป็นหลักสูตรวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 - ตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตรโดยใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดียววัดผลสองครั้ง
- รายละเอียดการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ มีดังนี้

ตอนที่ 1 การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นในการสร้างหลักสูตร มีรายละเอียดดังนี้

1. นิยามความหมายของสมรรถภาพนักศึกษาช่างยนต์ ไว้ว่า สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์เป็นความสามารถทางความรู้ ทักษะและจิตนิสัยที่ใช้ปฏิบัติงาน หรือทำงาน ในอาชีพช่างยนต์ที่เกี่ยวข้องกับ งานบำรุงรักษา งานปรับแต่งเครื่องยนต์ งานซ่อมเบาเครื่องยนต์ งานซ่อมหนักเครื่องยนต์ งานบริการช่วงล่าง งานซ่อมระบบรองรับน้ำหนัก งานซ่อมระบบส่งกำลัง งานซ่อมระบบเบรก และงานซ่อมระบบไฟฟ้ารถยนต์
2. ทำการเลือกผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับช่างยนต์โดย กำหนดคุณสมบัติไว้ดังนี้
 - 2.1 ผู้ที่ทำหน้าที่สอนในสาขาช่างยนต์ หรือปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับช่างยนต์ หรือเคยมีประสบการณ์ในการเป็นช่างยนต์

2.2 เป็นนักวิชาการที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสาขาข้างต้น โดยมีประสบการณ์ 5 ปีขึ้นไป

2.3 ผู้บริหารงานในระดับกรม กอง แผนก ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในสาขาวิชาข้างต้น ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กรมอาชีวศึกษา (ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 คน ตูรายชื่อในภาคผนวก ก)

3. ผู้วิจัยส่งหนังสือเพื่อขออนุญาตสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ กรมอาชีวศึกษา เก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 คน โดยผู้วิจัยติดต่อกับตนเอง

4. ผู้วิจัยส่งหนังสือเรียนเชิญและขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามรอบที่ 1 ไปยังผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 คน

5. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1 ศึกษาความหมายของสมรรถภาพนักศึกษาข้างต้น และแนวคิดจากกรอบทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามรอบที่ 1

5.2 นำสมรรถภาพของนักศึกษาข้างต้นที่นิยามไว้แล้วมากำหนดเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถาม มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

แบบสอบถามในรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้ศึกษานำแนวคิดจากกรอบทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดเป็นแนวทางและกรอบของแบบสอบถาม โดยแบ่งการถามเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้ ด้านที่ 1 ด้านความรู้-ความคิด ด้านที่ 2 ด้านทักษะการปฏิบัติงาน และด้านที่ 3 ด้านเจตคติ นำมาสร้างเป็นแบบสอบถามปลายเปิดเกี่ยวกับสมรรถภาพของนักศึกษาข้างต้นในอนาคต และได้เพิ่มเติมข้อแสดงความคิดเห็นอื่น ๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตอบโดยอิสระ เมื่อสร้างแบบสอบถามเสร็จแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และสำนวนภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ส่งแบบสอบถามรอบที่ 1 ให้ผู้เชี่ยวชาญชุดที่ 1 จำนวน 17 คน ตอบตามความคิดเห็นของตนเองอย่างอิสระ ในระหว่างวันที่ 29 พฤศจิกายน 2540 ถึง 1 ธันวาคม 2540

แบบสอบถามรอบที่ 2 จากแบบสอบถามรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้รวบรวม และวิเคราะห์คำตอบของกลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาสร้างแบบสอบถามรอบที่ 2 ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จากนั้นนำแบบสอบถามที่เสร็จแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง

เชิงเนื้อหา และสำนวนภาษา แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่มตัวอย่างชุดเดิมตอบ ตามความคิดเห็นของตนอย่างอิสระโดยให้น้ำหนักคะแนนความเป็นไปได้ของข้อความแต่ละข้อจำนวน 17 คน ในระหว่างวันที่ 7-10 ธันวาคม 2540

แบบสอบถามรอบที่ 3 ผู้วิจัยได้นำคำตอบในรอบที่ 2 มาคำนวณหาคำมัธยฐาน คำนิสัระหว่างควอไทล์ สร้างเป็นแบบสอบถามรอบที่ 3 ที่มีข้อความเหมือนกับแบบสอบถามรอบที่ 2 เพียงแต่เพิ่มคำมัธยฐาน คำนิสัระหว่างควอไทล์ ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น ๆ ตอบในรอบที่ 2 ลงไป และเพิ่มช่องเหตุผลสำหรับกรณีที่คำตอบเดิมของผู้เชี่ยวชาญแตกต่างไปจากความคิดเห็นของกลุ่ม นำส่งผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้แต่ละท่านได้ทบทวนคำตอบของตนเองในรอบที่ 2 แล้วตอบกลับมาอีกครั้ง จำนวน 17 คน เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละข้อความ แล้วแปลผลจากคำตอบในรอบนี้ สรุปเป็นสมรรถภาพของนักศึกษาข้างยนต์ในอนาคต ในระหว่างวันที่ 17-20 ธันวาคม 2540

6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บและรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามตั้งแต่รอบที่ 1-3 ด้วยตนเอง โดยดำเนินการดังนี้

6.1 ส่งแบบสอบถามรอบที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายเปิดเกี่ยวกับการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาข้างยนต์ในอนาคต ให้ผู้เชี่ยวชาญชุดที่ 1 จำนวน 17 คน เมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2540 สามารถเก็บแบบสอบถามได้คืน 17 ฉบับ ในเวลา 7 วัน

6.2 ส่งแบบสอบถามรอบที่ 2 ซึ่งเป็นการรวบรวมความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถามในรอบที่ 1 แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 คน เพื่อประเมินตามความคิดเห็นในแต่ละข้อความ โดยจัดส่งเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2540 และได้รับแบบสอบถามคืนมา 17 ฉบับในเวลา 7 วัน

6.3 ส่งแบบสอบถามรอบที่ 3 ให้กับผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 17 คน เมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2540 เพื่อต้องการให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้ทราบผลการตอบแบบสอบถามในรอบที่ 2 ที่เกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยให้แต่ละท่านได้มีโอกาสตรวจคำตอบของตนเองและยืนยันการตัดสินใจอีกครั้ง แบบสอบถามในรอบที่ 3 นี้ มีข้อความเหมือนกับ

แบบสอบถามในรอบที่ 2 เพียงแต่เพิ่มตำแหน่งค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ ตำแหน่งที่ผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น ๆ ตอบในรอบที่ 2 รวมทั้งเหตุผล และได้รับแบบสอบถามคืนทั้งหมด

17 ฉบับ ในเวลา 10 วัน

รวมเวลาที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นแบบสอบถามทั้ง 3 รอบเป็นเวลา 1 เดือน

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามในรอบที่ 1 ซึ่งเป็นแบบสอบถามปลายเปิดให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต และทำการวิเคราะห์เนื้อหา จากคำตอบรอบที่ 1 นำมาสร้างเป็นแบบสอบถามในรอบที่ 2 แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จากคำตอบรอบที่ 2 นำมาวิเคราะห์หาค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ แล้วแสดงค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์และตำแหน่งของผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น ๆ ตอบในรอบที่ 2 ของแต่ละข้อความ เป็นแบบสอบถามรอบที่ 3 จากคำตอบในรอบที่ 3 มาวิเคราะห์หาค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ นำค่ามัธยฐานตั้งแต่ 4.00 ขึ้นไป และค่าพิสัยระหว่างควอไทล์ที่อยู่ระหว่าง 0.01-1.99 มาสรุปเป็นความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต

ตอนที่ 2 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดโครงร่างหลักสูตรให้สอดคล้องกับผลการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินโครงร่างและความสอดคล้องภายในองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตร ปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วดำเนินการนำหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ระหว่างวันที่ 20-31 ธันวาคม 2540 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างโครงร่างหลักสูตร ดำเนินการดังนี้

1.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรให้สอดคล้องกับผลจากการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต โดยมุ่งหวังที่จะเปลี่ยนแปลงความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม ซึ่งคาดหวังว่า เมื่อดำเนินการตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแล้วจะบรรลุเป้าหมายของหลักสูตรได้

1.2 กำหนดหน่วยการอบรม โดยพิจารณาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยแต่ละหน่วยประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ 5 ส่วน ดังนี้

1.2.1 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กำหนดจุดมุ่งหมายของเชิงพฤติกรรม ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยเขียนให้ชัดเจน กระชับและสามารถวัดได้ ซึ่งให้ครอบคลุมถึงการกระทำที่ผู้เรียนสามารถทำได้ ภายหลังการฝึกอบรมด้วยคำกริยาที่มีความชัดเจนสามารถสังเกตและวัดได้ รวมทั้งมีเงื่อนไขสถานการณ์ซึ่งการกระทำนั้นเกิดขึ้น รวมทั้งอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์มาตรฐานของระดับการปฏิบัติงานซึ่งเป็นที่ยอมรับได้ โดยคำนึงถึงความถูกต้อง ความเร็ว ผลผลิต ระดับคุณภาพ และ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

1.2.2 เนื้อหาวิชา กำหนดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มาจัดลำดับงานตามหน้าที่โดยจัดเนื้อหาบางส่วนตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมซึ่งได้กำหนดไว้แล้ว ตลอดจนสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง และมีความถูกต้องและทันสมัย ยึดถือแนวทางเริ่มจากสิ่งที่ยง่ายไปสู่สิ่งที่ยาก และจากความรู้พื้นฐาน ๆ ไปสู่ความรู้ที่ซับซ้อนเพราะการจัดลำดับ จากง่ายไปสู่ยากจะทำให้ผู้เข้าอบรมรู้สึกประสบความสำเร็จในการเรียน และมีความมั่นใจในตนเองมากขึ้นเรื่อย ๆ จัดเนื้อหาของงานโดยเริ่มจากสิ่งที่เป็นหลักการทั่วไป ไปสู่สิ่งที่เป็นกฎเกณฑ์เฉพาะจัดลำดับโดยคำนึงถึงความจำเป็นก่อนหลัง หรือความเป็นเหตุเป็นผลต่อกันและใช้ประสบการณ์ของผู้เข้ารับการอบรมให้เป็นประโยชน์ เมื่อต้องการเสนอความรู้ใหม่ควรนำสิ่งใหม่ไปสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความรูเก่าหรือประสบการณ์ของผู้รับการอบรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยเร็ว

1.2.3 กิจกรรมและวิธีการอบรม กำหนดกิจกรรมและวิธีการอบรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร และถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ระหว่างผู้ฝึกอบรมและผู้รับการฝึกอบรม และระหว่างผู้รับการฝึกอบรมด้วยกันเอง เพื่อทำให้ผู้รับการฝึกอบรมมีความรู้ ทักษะ ความสามารถและทัศนคติ ให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาของหลักสูตร และจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ตามพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน หรือทักษะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน ซึ่งจะต้องเรียน หรือศึกษาวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หรืออิเล็กทรอนิกส์ หรือการคำนวณ วงจรทรานซิสเตอร์ หรือไฟฟ้าเบื้องต้นหรือวิชาอื่นที่มีลักษณะวิชาใกล้เคียงกันมาก่อน

1.2.4 สื่อประกอบการอบรม กำหนดสื่อประกอบการอบรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและกิจกรรมและวิธีการอบรม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการอบรมซึ่งจะช่วยให้ผู้รับการอบรมเกิดการจดจำได้มากขึ้น และการฝึกอบรมมีความน่าสนใจ

1.2.5 การวัดและประเมินผลผู้รับการอบรม กำหนดให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม และสื่อการอบรม เพื่อเป็นแนวทางการตรวจสอบผลการฝึกอบรมในแต่ละหน่วยตามจุดประสงค์ โดยพิจารณาถึง ปฏิบัติการ การเรียนรู้ ทักษะ ทศนคติ พฤติกรรม และผลลัษณ์ มีวิธีการประเมินผลดังนี้

1.2.5.1 การประเมินผลสัมฤทธิ์ผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยพิจารณาจากผลการประเมิน ก่อนและหลังการฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบภาคปฏิบัติใช้วัดงานภาคปฏิบัติ แบบสังเกตพฤติกรรม แบบวัดเจตคติ

1.2.5.2 การประเมินผลการใช้หลักสูตร เครื่องมือที่ใช้ได้แก่แบบประเมินหน่วยการอบรม

1.3 การเขียนเอกสารหลักสูตร กำหนดองค์ประกอบของเอกสารหลักสูตรดังนี้

1.3.1 สภาพปัจจุบันและปัญหาของการฝึกอบรม

1.3.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1.3.3 หน่วยการฝึกอบรม ประกอบด้วยจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อประกอบการอบรม และการวัดและประเมินผล

2. การตรวจสอบเอกสารหลักสูตร

การตรวจสอบเอกสารหลักสูตรนี้เพื่อศึกษาข้อบกพร่องที่ควรปรับปรุงแก้ไขในด้านความเหมาะสม และความสอดคล้องภายในองค์ประกอบต่าง ๆ ของหลักสูตร โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ รายละเอียดดังนี้

2.1 สิ่งที่ต้องตรวจสอบ มีดังนี้

2.1.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

จุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดนี้ มีความสอดคล้องกับสมรรถภาพของนักศึกษาข้างยนต์ในอนาคตหรือไม่ กล่าวคือ ถ้าดำเนินการได้บรรลุจุดมุ่งหมาย

ของหลักสูตรแล้ว สามารถเสริมสร้างสมรรถภาพของนักศึกษาข้างต้นได้มากน้อยเพียงใด

2.1.2 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละหัวข้อวิชาฝึกอบรม

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละหัวข้อวิชาฝึกอบรม

มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรและครอบคลุมจุดมุ่งหมายของหลักสูตรหรือไม่

2.1.3 ความสอดคล้องภายในโครงร่างหลักสูตร

ความสอดคล้องภายในโครงร่างหลักสูตรในแต่ละหัวข้อ

วิชาฝึกอบรม ได้แก่ ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับกิจกรรมและวิธีการฝึกอบรม ความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับวิธีการวัดและประเมินผล

2.2 วิธีดำเนินการตรวจสอบ

ใช้แบบประเมินโครงร่างหลักสูตรในการดำเนินการตรวจสอบ

หลักสูตรโดยนำแบบประเมินโครงร่างหลักสูตรที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน ประกอบ ด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า เกษตรกลวิธาน ครุศาสตร์อุตสาหกรรม หรือสาขาอื่นที่เทียบเท่า จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญประเมินทั้งความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของหลักสูตร (ดูภาคผนวก ง)

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ

2.3.1 แบบประเมินความเหมาะสมของส่วนประกอบของหลักสูตร

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาข้างต้น เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ เหมาะสมที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด ส่วนประกอบที่ทำการประเมินคือ สภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อ วัสดุอุปกรณ์ประกอบการสอน และการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม

2.3.2 แบบประเมินความสอดคล้องของส่วนประกอบของหลักสูตร

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาข้างต้น เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับที่ใช้ดัชนีความสอดคล้องคือ สอดคล้อง ไม่สอดคล้อง และไม่แน่ใจ ส่วนประกอบที่ทำการประเมินคือ สภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อ วัสดุอุปกรณ์ประกอบการสอนและการวัดและประเมินผล

เครื่องมือที่ใช้ในขั้นนี้มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

- ก. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ของโครงร่างหลักสูตร
- ข. กำหนดประเด็นต่าง ๆ ที่จะทำการประเมินแล้วนำมาเขียนเป็นข้อความ
- ค. นำแบบประเมินไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบประเด็นต่าง ๆ และลักษณะของข้อคำถาม ตลอดจนภาษาที่ใช้
- ง. นำเครื่องมือที่แก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับผู้เชี่ยวชาญที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน หลังจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เป็นเครื่องมือฉบับสมบูรณ์

2.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นรายบุคคลด้วยตนเอง

2.5 วิธีจัดการกับข้อมูล

2.5.1 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือที่ได้รับ

2.5.2 กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณา

2.5.2.1 การพิจารณาความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราส่วนในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ให้คะแนนเป็น 5
เหมาะสมมาก	ให้คะแนนเป็น 4
เหมาะสมปานกลาง	ให้คะแนนเป็น 3
เหมาะสมน้อย	ให้คะแนนเป็น 2
เหมาะสมน้อยที่สุด	ให้คะแนนเป็น 1

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญโดยเทียบเกณฑ์ดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ช่วงคะแนน 4.21-5.00
เหมาะสมมาก	ช่วงคะแนน 3.41-4.20
เหมาะสมปานกลาง	ช่วงคะแนน 2.61-3.40
เหมาะสมน้อย	ช่วงคะแนน 1.81-2.60
เหมาะสมน้อยที่สุด	ช่วงคะแนน 1.00-1.80

2.5.2.2 การพิจารณาความสอดคล้องให้ดัชนีความสอดคล้อง

โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาแปลงเป็นคะแนน ดังนี้

สอดคล้องมากที่สุด	ให้คะแนนเป็น 5
สอดคล้องมาก	ให้คะแนนเป็น 4
สอดคล้องปานกลาง	ให้คะแนนเป็น 3
สอดคล้องน้อย	ให้คะแนนเป็น 2
สอดคล้องน้อยที่สุด	ให้คะแนนเป็น 1

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญโดยเทียบเกณฑ์ดังนี้

สอดคล้องมากที่สุด	ช่วงคะแนน 4.21-5.00
สอดคล้องมาก	ช่วงคะแนน 3.41-4.20
สอดคล้องปานกลาง	ช่วงคะแนน 2.61-3.40
สอดคล้องน้อย	ช่วงคะแนน 1.81-2.60
สอดคล้องน้อยที่สุด	ช่วงคะแนน 1.00-1.80

จากนั้นนำมาแทนค่าในสูตรหาดัชนีความสอดคล้อง ถ้าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรืออยู่ในช่วงคะแนน 3.41-4.20 ขึ้นไปถือว่าใช้ได้ ไม่ต้องทำการปรับปรุง

3. การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตรฝึกอบรมก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินโครงสร้างหลักสูตรจากผู้เชี่ยวชาญนำมาเป็นหลักเกณฑ์ในการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร ซึ่งกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาข้อมูลดังนี้

3.1 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.41 ขึ้นไป กำหนดค่าน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมมาก

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ถ้าองค์ประกอบส่วนใดมีความสอดคล้องกันตั้งแต่ 0.05 ขึ้นไปอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ควรกำหนดไว้ในหลักสูตร ถ้าองค์ประกอบใดมีความสอดคล้องต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ควรปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.3 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญที่อยู่นอกเหนือข้อคำถาม ถ้าผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะคล้ายคลึงกันมากกว่า 2 คน มาพิจารณาเพิ่มเติมโดยคำนึงถึงพื้นฐานของผู้เรียน โครงสร้างที่พัฒนาแล้วประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้ สภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมาย

ของหลักสูตร หน่วยการอบรมซึ่งประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา
กิจกรรม วิธีการอบรม สื่อวัสดุอุปกรณ์ประกอบการสอน การวัดและประเมินผล

3.4 นำหลักสูตรที่ได้รับการปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับผู้เรียน
ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1-2 คนนั่งเรียนตามแนวทางการเรียนรู้ที่กำหนดไว้และดำเนินการ
ตั้งแต่ต้นจนจบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ในเรื่อง

3.4.1 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.4.2 เนื้อหาวิชา

3.4.3 กิจกรรมและวิธีการอบรม

3.4.4 สื่อประกอบการอบรม

3.4.5 กระบวนการและเครื่องมือการวัดและประเมินผล

3.5 การสร้างเครื่องมือเพื่อประเมินผู้เข้ารับการฝึกอบรม เครื่องมือที่ใช้ใน
การประเมินผลผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีดังต่อไปนี้

3.5.1 แบบทดสอบข้อเขียนใช้วัดความรู้ความคิ่ก่อนและหลังการฝึกอบรม
มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.1.1 ศึกษาเนื้อหาวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

3.5.1.2 สร้างข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

จำนวน 130 ข้อ

3.5.1.3 จัดทำชุดแบบทดสอบแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ
ความถูกต้องของเนื้อหาวิชา ภาษา ตัวเลือก แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5.1.4 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักศึกษาช่างยนต์ที่ไม่ใช่
กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบ ในวันที่ 1-10 มกราคม 2541

3.5.1.5 หาคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ ได้แก่
ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก เกณฑ์การคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพดี ค่าความยากง่าย
อยู่ระหว่าง 0.54-0.76 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.50 ได้ข้อสอบตามเกณฑ์
จำนวน 50 ข้อ (ภาคผนวก ข)

3.5.1.6 หาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ ด้วยการหาค่า
ความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน 20 (KR-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

เท่ากับ 0.80 (ภาคผนวก ข)

3.5.2 แบบทดสอบภาคปฏิบัติ มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.2.1 ศึกษาวิเคราะห์งานและเขียนข้อรายการ โดยวิเคราะห์งานและเลือกงานที่เป็นตัวแทนทักษะและความสามารถที่เกี่ยวข้องในกิจกรรม

3.5.2.2 กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่จะวัด ซึ่งประกอบไปด้วย ขั้นตอนเตรียมงาน ขั้นตอนปฏิบัติ ผลงาน และเวลา

3.5.2.3 เขียนข้อรายการระบุรายละเอียดของขั้นตอนย่อย

3.5.2.4 กำหนดเกณฑ์การตัดสิน การตรวจสอบพฤติกรรมในการปฏิบัติ หรือคุณภาพของงานในลักษณะที่มองเห็นได้ วัดได้

3.5.2.5 กำหนดคะแนนหรือให้น้ำหนัก สำหรับแต่ละส่วน และข้อรายการ

3.5.2.6 จัดรูปแบบเครื่องมือ เรียบเรียงข้อรายการต่าง ๆ ตามขั้นตอน กำหนดเกณฑ์และน้ำหนักหรือคะแนนเข้าเป็นหมวดหมู่ จัดรูปแบบให้สะดวกในการใช้ พร้อมทั้งกำหนดคะแนนเกณฑ์ในการสอบผ่านในแต่ละเรื่อง

3.5.2.7 ตรวจสอบความเที่ยงตรงของการวิเคราะห์งานกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการกำหนดจุดต่ำสุดของการยอมรับ โดยใช้สูตร IOC

3.5.2.8 นำแบบทดสอบภาคปฏิบัติไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาช่างยนต์ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาคุณภาพของข้อสอบ ในวันที่ 1-10 มกราคม 2541

3.5.2.9 หาความเชื่อมั่นของเครื่องมือโดยวิธี Intra-class Correlation

3.5.3 แบบประเมินหน่วยการอบรมเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการอบรมตามหลักสูตรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินหลักสูตรในระหว่างการทดลอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถาม

3.5.3.2 สร้างแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

3.5.3.3 สร้างแบบประเมินหน่วยการอบรม ความคิดเห็นต่อการอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า แบบลิเคอร์ท์มี 5 ระดับคือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด ทั้ง 5 หน่วยเรียน

3.5.3.4 นำแบบประเมินหน่วยการอบรมความคิดเห็นต่อการอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักศึกษาช่างยนต์ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา และเนื้อหา ในวันที่ 5-23 มกราคม 2541

3.5.3.5 นำแบบประเมินหน่วยการอบรมความคิดเห็นต่อการอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้ามาตรวจให้คะแนนแต่ละข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เหมาะสมมากที่สุด	ช่วงคะแนน	4.21-5.00
เหมาะสมมาก	ช่วงคะแนน	3.41-4.20
เหมาะสมปานกลาง	ช่วงคะแนน	2.60-3.40
เหมาะสมน้อย	ช่วงคะแนน	1.81-2.60
เหมาะสมน้อยที่สุด	ช่วงคะแนน	1.00-1.80

3.5.4 แบบสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.4.1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของนักศึกษาช่างยนต์

3.5.3.2 สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เข้ารับการอบรมเป็นแบบตรวจสอบรายการ

3.5.4.3 ลักษณะของแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เข้ารับการอบรมมี 3 ระดับคือ เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง และไม่เหมาะสม

3.5.4.4 นำแบบสังเกตพฤติกรรมผู้เข้ารับการอบรมไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องของภาษา นำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3.5.5 แบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า มีขั้นตอนใน

การร่างดังนี้

3.5.5.1 การร่างแบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า ผู้วิจัยศึกษานิยาม ทฤษฎี วิธีการสร้างมาตรวัดเจตคติและเอกสารเกี่ยวกับการวัดเจตคติ

3.5.5.2 สร้างแบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า แบบลิเคอร์ท์มี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด จำนวน 50 ข้อ มีข้อความทางบวกและทางลบ ครอบคลุมความรู้สึที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า

3.5.5.3 นำมาตรวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงตามนิยาม เกณฑ์ในการพิจารณาคือ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ใน 5 คน เห็นว่า ข้อความนั้นวัดตรงกับนิยามที่กำหนดไว้ถือว่าข้อความนั้นใช้ได้

3.5.5.4 นำแบบวัดเจตคติที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบกับ นักศึกษาช่วงยนต์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ จำนวน 20 คน

3.5.5.5 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนนแต่ละข้อมีน้ำหนัก เป็น 1 2 3 4 และ 5 คะแนน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

มาตรวัดเจตคติที่มีข้อความเป็นทางบวก

เห็นด้วยมากที่สุด ให้ 5 คะแนน

เห็นด้วยมาก ให้ 4 คะแนน

เห็นด้วยปานกลาง ให้ 3 คะแนน

เห็นด้วยน้อย ให้ 2 คะแนน

เห็นด้วยน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน

มาตรวัดเจตคติที่มีข้อความเป็นทางลบ

เห็นด้วยมากที่สุด ให้ 1 คะแนน

เห็นด้วยมาก ให้ 2 คะแนน

เห็นด้วยปานกลาง ให้ 3 คะแนน

เห็นด้วยน้อย ให้ 4 คะแนน

เห็นด้วยน้อยที่สุด ให้ 5 คะแนน

3.5.5.6 นำผลที่ได้จากข้อ 3.5.4.5 มาวิเคราะห์รายข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของกลุ่มสูงกลุ่มต่ำแล้ววิเคราะห์ด้วย t-test คัดเลือกข้อความที่มีค่า ตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ของเอ็ดเวิร์ด (Edward, 1975 : 153) ได้มาตรวจวัดเจตคติ จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 3.12-12.93 แต่ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อความที่เหมาะสมไว้ 20 ข้อ ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อระหว่าง 7.47-9.93

3.5.5.7 นำมาตรวจวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรเทคโนโลยีรัตนไฟฟ้าไปทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อนำผลการสอบมาตรวจให้คะแนน วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6 การเตรียมการก่อนการใช้หลักสูตรฝึกอบรม

3.6.1 เตรียมคู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือและเอกสารประกอบการฝึกอบรม ได้แก่ คู่มืออาจารย์ที่เป็นวิทยากร คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเอง แผนการฝึกอบรม รวมทั้งเอกสารต่าง ๆ ประกอบการฝึกอบรม

3.6.2 เตรียมวิทยากร ผู้วิจัยได้คัดเลือกวิทยากรที่มีความรู้และมีประสบการณ์ด้านการฝึกอบรม เมื่อเชิญวิทยากรแล้วทำการชี้แจงเกี่ยวกับ จุดมุ่งหมายของการฝึกอบรม เนื้อหา กิจกรรม กระบวนการฝึกอบรมและการประเมินผลผู้เข้ารับการฝึกอบรม

3.6.3 จัดเตรียมสถานที่ที่ใช้ในการฝึกอบรม สถานที่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์

3.6.4 จัดเตรียมอุปกรณ์ และสื่อประกอบการฝึกอบรม

3.6.5 จัดเตรียมคัดเลือกนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร

การดำเนินการในขั้นนี้ เป็นการนำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการนำหลักสูตรไปใช้จริง โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงทดลองแล้วนำผลจากการทดลองใช้หลักสูตรไปปรับปรุงหลักสูตรให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนแรก กำหนดให้ผู้เรียน 1-2 คนนั่งเรียนตามแนวทางการเรียนรู้ที่เขียนไว้และดำเนินการตั้งแต่ต้นจนจบเพื่อดูผลงาน

ตอนที่สอง กำหนดให้ผู้เรียนกลุ่มเล็กสำหรับการทดสอบภาคสนามเพื่อทดสอบความสามารถของผู้เรียนที่เกิดความรอบรู้

1. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

3.1 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อหลักสูตรในส่วนประกอบต่าง ๆ คือจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อประกอบการอบรม วิธีการวัดและประเมินผล โดยพิจารณาว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนมากน้อยเพียงใด

3.2 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์และคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เรียนว่ามีผลสัมฤทธิ์ตรงตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรมากน้อยเพียงใด

2. แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดียววัดผลสองครั้ง One-group pretest-posttest design (Goldstein, 1993 อ้างถึงใน ชุชัย สมิติไกร. 2538 : 181)

ก่อนสอบ	ใช้นวัตกรรม	หลังสอบ
T_1	X	T_2

เมื่อ T_1 หมายถึง การวัดตัวแปรก่อนการทดลอง

X หมายถึง การใช้หลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น

T_2 หมายถึง การวัดค่าตัวแปรหลังการทดลอง

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างยนต์ ในกรมอาชีวศึกษาและสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ในจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 20 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้แก่ นักศึกษาช่างยนต์จำนวน 1 ห้อง

จำนวน 17 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง เพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้แล้วดำเนินการตามแบบแผนการทดลอง

4. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

4.1 ชุดการเรียน สำหรับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

4.2 โครงการสอน เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน สำหรับครูอาจารย์ หรือวิทยากร

4.3 เอกสารประกอบการสอนสำหรับครู-อาจารย์ หรือวิทยากร

4.4 สื่อประกอบการสอนหรือการฝึกอบรม

4.5 แบบทดสอบข้อเขียนใช้วัดความรู้ความคิดก่อนและหลังการฝึกอบรม

4.6 แบบทดสอบภาคปฏิบัติใช้วัดงานภาคปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกการเขียนแบบและตัวอย่างงาน

4.7 แบบประเมินหน่วยการอบรมเป็นแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการอบรมตามหลักสูตรเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้ประเมินหลักสูตรในระหว่างการศึกษาทดลอง

4.8 แบบสังเกตพฤติกรรมเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม

5. การดำเนินการทดลอง

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์เป็นการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน โดยมีครูอาจารย์หรือวิทยากร เป็นผู้ให้ความรู้ประสบการณ์ ตลอดจนแนวคิด ความก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ การดำเนินการทดลองมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

5.1 กำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลอง 1 กลุ่ม

5.2 ทำการสอบวัดหาค่า T_1 ก่อนทำการทดลอง

5.3 ทำการทดลอง โดยจัดการฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้ากับกลุ่มทดลองไประยะเวลาหนึ่ง

5.4 ทำการสอบวัดหาค่า T_2

5.5 เปรียบเทียบผลการทดลองโดยหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย T_1 และ T_2 โดยใช้การทดสอบแบบที (t-test dependent)

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินหน่วยการอบรม ใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เข้ารับการอบรม ใช้สถิติแบบที (t-test dependent)

7. การประเมินเอกสารหลักสูตร ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

7.1 ประเมินจุดมุ่งหมายในระดับต่าง ๆ ได้แก่ จุดมุ่งหมายทั่วไปของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเฉพาะวิชา และจุดมุ่งหมายในการเรียน เพื่อดูว่าจุดมุ่งหมายเหล่านี้เหมาะสมสอดคล้องกับผู้เข้ารับการอบรมและสถานแวดล้อมเพียงใด ภาษาที่ใช้ยังยากแก่การสื่อสารซึ่งกันและกันหรือไม่ การกำหนดจุดมุ่งหมายไว้สูงเกินไปและยากแก่การปฏิบัติหรือไม่

7.2 ประเมินการเลือกเนื้อหาสาระของวิชา การเลือกและการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ ได้จัดและดำเนินการไปเหมาะสมมากน้อยเพียงใด และการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ได้สอดคล้องกันครบทุกด้านมีความเหมาะสมหรือไม่

7.3 ประเมินกิจกรรมการอบรม ว่ามีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในระดับต่าง ๆ ของหลักสูตร และเนื้อหาวิชาของหลักสูตรหรือไม่ มีความครอบคลุมและถูกต้องตามหลักการพัฒนาหลักสูตรหรือไม่เพียงใด

7.4 ประเมินสื่อประกอบการอบรม ว่ามีความสอดคล้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายในระดับต่าง ๆ ของหลักสูตร เนื้อหาวิชาและกิจกรรมการอบรมของหลักสูตรหรือไม่ มีความครอบคลุมและถูกต้องตามหลักการพัฒนาหลักสูตรหรือไม่เพียงใด

7.5 ประเมินวิธีการวัดและประเมินผล เพื่อดูว่าวิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้อง เหมาะสม ครอบคลุม และถูกต้องกับจุดมุ่งหมาย จุดประสงค์ โครงสร้าง เนื้อหาวิชา กิจกรรมการอบรมและสื่อประกอบการอบรมหรือไม่

8. การประเมินผลและการปรับปรุงหลักสูตร การดำเนินงานในตอนนี้ เป็นการประเมินผลหลังจากนำหลักสูตรไปทดลองใช้โดยผู้วิจัย วิทยากร ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาพิจารณาปรับปรุงหลักสูตรทั้งในด้านโครงสร้างหลักสูตร และรายละเอียดต่าง ๆ ในองค์ประกอบของหลักสูตร เพื่อให้มีความถูกต้องเหมาะสม และ

สามารถนำไปดำเนินการให้กับนักศึกษาสาขาวิชาช่างยนต์ในสถาบันอาชีวศึกษา โดยพิจารณาจากเกณฑ์ดังต่อไปนี้

8.1 ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าโดยมีความสามารถสอบผ่านจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมรายข้อ ร้อยละ 70 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์จากหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าหลังการอบรมสูงกว่าก่อนการอบรมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

8.2 ความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อการอบรมตามหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าที่ประเมินในระหว่างการทดลองมีความเหมาะสมในระดับปานกลางขึ้นไป

8.3 ปรับปรุงหลักสูตร โดยนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาพิจารณาปรับปรุงหลักสูตร ด้านโครงสร้างหลักสูตรและรายละเอียดขององค์ประกอบหลักสูตร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้เสนอเป็น 3 ตอนคือ

- ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค
- ตอนที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตร

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค

การศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค ใช้เทคนิคเดลฟายถามผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 คน โดยดำเนินการในทั้ง 3 รอบได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

รอบที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 คน พบว่า ด้านความรู้ ประกอบด้วย ออกแบบตัวถังรถยนต์ คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตัวถังรถยนต์ สร้างตัวถังรถยนต์ ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้สุมิเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์ ออกแบบวงจรดี.ซี. ซอปเปอร์ เปลี่ยนแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เปลี่ยนมอเตอร์ เติมประจุไฟแบตเตอรี่ วาดระบบกลไกการขับเคลื่อน วาดระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยมือ เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก ใช้สวิตช์ทรานซิสเตอร์ ใช้ไทรสเตอร์ ใช้อุปกรณ์จุดชนวน ออกแบบวงจรควบคุมเกต ต่อวงจรซอปเปอร์ ต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ ต่อวงจรคอนเวอร์เตอร์ วาดหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ วาดระบบการขับเคลื่อนกระแสตรง วาดระบบการขับเคลื่อนกระแสสลับ วาดโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า วาดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า

ด้านทักษะ ประกอบด้วย ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกำลัง

ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส

ด้านจิตพิสัย ประกอบด้วย มีระเบียบวินัย ขยัน อดทน คล่องแคล่ว ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อหน้าที่ เชื่อมั่นในตนเอง มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ ซื่อสัตย์ต่ออาชีพ มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานให้ได้คุณภาพ ละเอียตรอบคอบในการทำงาน กระตือรือร้นในการทำงาน กล้าในการตัดสินใจ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา รับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงาน

รอบที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 คน ที่ตอบแบบสอบถามการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตในส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

การออกแบบตัวถังรถยนต์ ควรสอนผู้เรียนในเรื่องการออกแบบตัวถังที่สร้างตามจุดประสงค์โดยใช้วัสดุที่เบาเช่น ใยโกลไฟเบอร์ แกนเหล็ก และอลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบที่ใช้ผลิตตัวถัง หรือใช้ไฟเบอร์กลาสและสารสังเคราะห์เคฟลาร์ ตลอดจนใช้ตัวถังอลูมิเนียมอัลลอยด์ หรือใช้พลาสติก

เทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จะต้องคำนึงถึงน้ำหนัก ระดับแรงดันไฟฟ้า และพลังงาน ปัจจุบันแบตเตอรี่ที่นิยมใช้ คือแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด นิเกิลเหล็ก นิเกิลแคดเมียม และนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ ลิเทียมโพลิเมอร์ โซเดียมซัลเฟต ลิเทียมอ็อกไซด์ การประจุไฟแบบช้าและแบบเร็ว

ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ ประกอบไปด้วย ตัวควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ประเภทต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

สำหรับคอนเวอร์เตอร์ ประกอบไปด้วยวงจรแปลงผันไฟกระแสตรงเป็นกระแสตรง และวงจรแปลงผันไฟกระแสสลับเป็นกระแสสลับ สำหรับอินเวอร์เตอร์ประกอบไปด้วย การควบคุมวิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่แบบเปลี่ยนแรงดัน (Variable-voltage inverter : VVI) แบบแหล่งจ่ายไฟ (Current-source inverter : CSI) และแบบการควบคุมด้วยความกว้างของพัลส์ (Pulse-width modulation : PWM) การทำแรงดันเฉลี่ยของวงจรชอปเปอร์ ประกอบไปด้วย วิธีการเปลี่ยนความกว้างของพัลส์ วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่

ส่วน มอเตอร์ควรสอนการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบมอเตอร์แบบต่าง ๆ และประเภทของมอเตอร์ควรประกอบไปด้วย มอเตอร์เหนี่ยวนำกระแสตรง มอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับแบบมีแปรงและไม่มีแปรง การปรับความเร็วมอเตอร์

สำหรับผลการวิเคราะห์แบบสอยถามในรอบที่ 2 ทั้ง 60 ข้อได้ค่ามัธยฐานเกิน 4.00 ขึ้นไป 58 ข้อ ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.79-1.44 ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	ค่ามัธยฐาน	พิสัยระหว่าง ควอไทล์
ด้านความรู้			
1.	ออกแบบตัวถังรถยนต์	4.56	1.06
2.	คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตัวถังรถยนต์	4.73	1.05
3.	สร้างตัวถังรถยนต์	4.08	1.44
4.	ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์	4.31	1.11
5.	ใช้ลุมิเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์	4.65	1.12
6.	ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์	4.66	1.03
7.	ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์	4.73	1.05
8.	ออกแบบวงจรดี.ซี. ซอปเปอร์	3.96	0.85
9.	เปลี่ยนแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า	4.56	1.06
10.	เปลี่ยนมอเตอร์	4.56	1.15
11.	เติมประจุไฟแบตเตอรี่	4.73	1.05
12.	วาระบบกลไกการขับ	4.89	1.11
13.	วาระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า	4.08	1.44
14.	ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ	4.66	1.03
15.	เปลี่ยนสวิทช์แบบที่ทำงานด้วยมือ	4.56	1.15
16.	เปลี่ยนสวิทช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก	4.56	1.06
17.	ใช้สวิทช์ทรานซิสเตอร์	4.79	0.79

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	ค่ามัธยฐาน	พิสัยระหว่าง ควอไทล์
18.	ใช้ไทรสเตอร์	4.08	1.44
19.	ใช้อุปกรณ์จุดชนวน	4.73	1.05
20.	ออกแบบวงจรควบคุมเกต	4.56	1.15
21.	ต่อวงจรชอปเปอร์	3.96	0.85
22.	ต่อวงจรอินเวอร์เตอร์	4.56	1.06
23.	ต่อวงจรคอนเวอร์เตอร์	4.79	0.79
24.	วาดหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	4.66	1.03
25.	วาดระบบการขับเคลื่อนกระแสตรง	4.08	1.44
26.	วาดระบบการขับเคลื่อนกระแสสลับ	4.89	1.11
27.	วาดโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า	4.56	1.06
28.	วาดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า	4.73	1.05
ด้านทักษะ			
29.	ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่	4.01	1.29
30.	เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า	4.22	0.91
31.	เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว	4.31	1.11
32.	จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์	4.56	1.15
33.	ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	4.22	0.91
34.	เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า	4.66	1.03
35.	ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม	4.65	1.12
36.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	4.79	0.79
37.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	4.89	1.11

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	ค่ามัธยฐาน	พิสัยระหว่าง ควอไทล์
38.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	4.56	1.06
39.	วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	4.73	1.05
40.	วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	4.08	1.44
41.	วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	4.31	1.11
42.	วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	4.73	1.05
43.	วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	4.66	1.03
44.	ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส	4.56	1.06
ด้านจิตพิสัย			
45.	มีระเบียบวินัย	4.08	1.44
46.	ขยัน	4.89	1.11
47.	อดทน	4.56	1.15
48.	คล่องแคล่ว	4.31	1.11
49.	ตรงต่อเวลา	4.22	0.91
50.	รับผิดชอบต่อหน้าที่	4.73	1.05
51.	เชื่อมั่นในตนเอง	4.66	1.03
52.	มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ	4.65	1.12
53.	ซื่อสัตย์ต่ออาชีพ	4.44	1.14
54.	มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานให้ได้คุณภาพ	4.31	1.11
55.	ละเอียดรอบคอบในการทำงาน	4.79	0.79
56.	กระตือรือร้นในการทำงาน	4.89	1.11

ตาราง 5 (ต่อ)

ลำดับที่	หัวข้อเรื่อง	ค่ามัธยฐาน	พิสัยระหว่าง ควอไทล์
57. กล้าในการตัดสินใจ		4.73	0.95
58. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์		4.56	1.06
59. ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา		4.08	1.44
60. รับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงาน		4.73	1.05

จากตาราง 5 พบว่า หัวข้อเรื่องมีค่ามัธยฐาน ตั้งแต่ 3.50-4.49 และมีค่าพิสัยควอไทล์ระหว่าง 1.00-1.99 มีจำนวน 14 ข้อ หัวข้อเรื่องมีค่ามัธยฐานตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป และมีค่าพิสัยควอไทล์ระหว่าง 0.01-0.99 มีจำนวน 5 ข้อ หัวข้อเรื่องมีค่ามัธยฐานตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป และมีค่าพิสัยควอไทล์ตั้งแต่ 1.00 ขึ้นไป มีจำนวน 36 ข้อ และหัวข้อเรื่องมีค่ามัธยฐานตั้งแต่ 3.50-4.49 และมีค่าพิสัยควอไทล์ระหว่าง 0.01-0.99 มีจำนวน 5 ข้อ

รอบที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 17 ท่านที่ตอบแบบสอบถามการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตในส่วนที่เป็นข้อเสนอแนะเพิ่มเติมมีดังต่อไปนี้

การประจุไฟแบตเตอรี่นอกจากประจุไฟในบ้านแล้ว ควรกล่าวถึงการประจุไฟแบบดินพลังงาน การประจุไฟจากแหล่งพลังงานอื่น เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น การประจุไฟในส่วนสาธารณะ และการประจุไฟแบบเคลื่อนที่

มอเตอร์ควรใช้มอเตอร์ที่มีพลังงานสูง และเทคนิคการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD)

แบตเตอรี่ ควรใช้แบตเตอรี่ที่สามารถการอัดประจุไฟได้ง่ายและเร็ว มีอายุการใช้งานยืนยาว สามารถใช้งานได้ในอุณหภูมิที่เย็นจัด ไม่ยุ่งยากต่อการเก็บรักษา ไม่เสียง่ายเมื่อใช้งานผิดขนาด

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนานวัตกรรมหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

1. ผลการสร้างโครงร่างหลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำผลจากการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต โดยใช้เทคนิคเดลฟาย มาเป็นกรอบแนวคิดและข้อมูลพื้นฐานในการสร้างหลักสูตร ได้สาระของโครงสร้างหลักสูตรซึ่งประกอบไปด้วยสภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม หัวข้อวิชา เนื้อหาและกิจกรรม และการประเมินผล มีรายละเอียดดังนี้ (ภาคผนวก จ)

สภาพปัญหาและความจำเป็น

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศ และเสียง เข้ม่า ฝุ่นละอองและหมอกควันที่เกิดจากยานพาหนะเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งในกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ ๆ จากการสำรวจจะพบว่าพลังงานที่มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนมากกว่าครึ่งจะถูกใช้ไปในการขนส่ง และที่น่าตกใจก็คือ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในกิจการขนส่งนั้นได้ใช้กันอย่างมากมาย ในรถยนต์นั่ง รถจักรยานยนต์ รถแท็กซี่ และรถกระบะมากถึง 48 % ของปริมาณการใช้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการหาเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล ซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เชื้อเพลิงทดแทนดังกล่าว ได้แก่ รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ แทนการใช้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยสิ้นเชิง และมลพิษทางเสียงจะมีระดับต่ำมาก ดังนั้นการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ จะลดปัญหามลพิษทางอากาศ และเสียงได้ โดยเสียงจะเบาว่าเสียงของรถยนต์มาก เนื่องจากไม่มีจุดระเบิดเพื่อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเครื่องเหมือนรถยนต์ทั่วไป เสียงของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเพียงการหมุนของมอเตอร์เท่านั้น นอกจากนั้นปัญหาเรื่องความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้าจะหมดไป ทั้งนี้เพราะระบบไฟฟ้าเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % ดังนั้นอุณหภูมิของรถยนต์ไฟฟ้าจะต่ำกว่ารถยนต์ที่สันดาปภายในมาก ด้วยเหตุนี้ ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยืนยาว และยังสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา ไม่ต้องห่วงเติมน้ำมันในหม้อน้ำ เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง ไล่กรองและสลายพาน รถยนต์ไฟฟ้าควบคุมง่าย เร่งได้เร็วเท่าที่ต้องการ คล่องแคล่ว เงียบ และเหมาะที่จะใช้ในเมือง

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าต้องใช้เทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ แรงงานต้องมีคุณภาพมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการ มีความจำเป็น ที่จะต้องใช้บุคลากรด้านช่างยนต์มาก เพราะเครื่องยนต์ของรถยนต์ไฟฟ้าไม่ว่าจะมีราคาแพง ปานใด ก็ยังเกิดเหตุขัดข้องและเสียหายได้ ช่างยนต์มีภารกิจที่จะต้องซ่อมบำรุงรักษา เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้างดงาม ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดเวลาช่วง อายุการใช้งาน ช่างยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อบุคลากรเหล่านั้น จะต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่งและซ่อมแซมอย่าง สมบูรณ์ ดังนั้นช่างยนต์ต้องพัฒนาสมรรถภาพพื้นฐานให้แน่น เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ ให้สามารถรับเอา เทคโนโลยีในอนาคตไปใช้เป็นฐาน ในการพัฒนาเพื่อสร้างพื้นฐานความรู้ให้แน่นมีศักยภาพสูงพอ ที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ จนมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และ ซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในหลักการและระบบ การทำงานของรถยนต์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซม หรือทำตาม แบบของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตได้ด้วยตนเอง

โครงสร้างของหลักสูตร

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หน่วย ได้แก่ หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อวิชา ดังนี้

- เนื้อหาสาระ 1.1 บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 1.2 ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 1.3 แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
 1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
 1.5 ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

กิจกรรม

- 1.6 นำเข้าสู่บทเรียน
 1.7 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
 1.8 ฉายแผ่นใส
 1.9 ให้ดูรูปภาพ
 1.10 ถาม-ตอบ
 1.11 สรุปผล

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ แบ่งออกเป็น 8 หัวข้อวิชา ดังนี้

- 2.1 ประวัติและความเป็นมา
 2.2 เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
 2.3 อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.4 อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.5 พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.6 แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
 2.7 สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์
 2.8 โครงรถยนต์

กิจกรรม

- 2.9 นำเข้าสู่บทเรียน
 2.10 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
 2.11 ฉายแผ่นใส
 2.12 ให้ดูรูปภาพ

2.13 ถาม-ตอบ

2.14 สรุปผล

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ แบ่งออกเป็น 10 หัวข้อวิชา ดังนี้

3.1 ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่

3.2 หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่

3.3 เทคโนโลยีแบตเตอรี่

3.4 หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

3.5 วงจรประจุไฟแบตเตอรี่

3.6 การทำงานของวงจร

3.7 การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า

3.8 การป้องกันอุปกรณ์และวงจร

3.9 การป้องกันแรงดันไฟฟ้า

3.10 การป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

3.11 นำเข้าสู่บทเรียน

3.12 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร

3.13 ฉายแผ่นใส

3.14 ให้ดูรูปภาพ

3.15 ถาม-ตอบ

3.16 สรุปผล

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม แบ่งออกเป็น 11 หัวข้อวิชา ดังนี้

4.1 ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

4.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.4 ตัวควบคุมมอเตอร์

4.5 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

4.6 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

- 4.7 สวิตช์ปิดเปิด
- 4.8 การเปรียบเทียบมอเตอร์
- 4.9 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- 4.10 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง

กิจกรรม

- 4.12 นำเข้าสู่บทเรียน
- 4.13 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- 4.14 ฉายแผ่นใส
- 4.15 ให้อุปรภาพ
- 4.16 ถาม-ตอบ
- 4.17 สรุปผล

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 8 หัวข้อ
วิชา ดังนี้

- 5.1 การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- 5.2 การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- 5.3 การขับเคลื่อนโดยตรง
- 5.4 ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.5 การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม
- 5.6 การควบคุมประสิทธิภาพ
- 5.7 การออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์
- 5.8 การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

- 5.9 นำเข้าสู่บทเรียน
- 5.10 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- 5.11 ฉายแผ่นใส
- 5.12 ให้อุปรภาพ

5.13 ถาม-ตอบ

5.14 สรุปผล

วิธีดำเนินการฝึกอบรม

การฝึกอบรมมีวิธีการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน ซึ่งประกอบไปด้วย การสำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการของนักศึกษาช่างยนต์ ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์แล้ว นำมาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของนักศึกษาช่างยนต์ ดำเนินการกำหนดรูปแบบการฝึกอบรมเพื่อสนองตอบต่อสภาพปัจจุบันปัญหาและความต้องการของนักศึกษาช่างยนต์ ตลอดจนกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดเนื้อหา กิจกรรม กำหนดและสร้างเครื่องมือการวัด และประเมินผล

ขั้นที่ 2 การดำเนินการฝึกอบรม ประกอบด้วย การกำหนด และคัดเลือกนักศึกษาช่างยนต์เพื่อเข้ารับการฝึกอบรม การสร้างความคุ้นเคย การประเมินผลก่อนการฝึกอบรม โดยใช้แบบทดสอบข้อเขียนวัดความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ดำเนินการฝึกอบรม เริ่มจากการนำเข้าสู่บทเรียน บรรยายประกอบด้วยเอกสาร ฉายแผ่นใส ให้ดูรูปภาพ ถาม-ตอบ แสดงความคิดเห็นอภิปรายและสรุปผล และประเมินผลระหว่างการฝึกอบรมด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาช่างยนต์ เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ที่มีต่อการฝึกอบรม

ขั้นที่ 3 การวัดและประเมินผล เป็นการติดตามผล ภายหลังจากการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ด้วยการวัดความรู้ความคิดจากการใช้แบบทดสอบข้อเขียน ด้านทักษะใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัด ในขณะที่ดำเนินการฝึกอบรม

แผนการฝึกอบรม

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
- อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า

- อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทการเลือกชิ้นล้งงานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทบทวนปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์

- เลือกใช้วัสดุคิโนตสาหกรรมรถยนต์
- บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกประเภทของโครงรถยนต์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้สรุปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน
- บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
- บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการทำงานของวงจร

- ขอวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- ขอการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ารั่ว
- ขอประเภทของการลัดภายใน
- อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทบทวนปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- ขอประเภทของมอเตอร์
- บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

- บอกหลักการเลือกใช้สวิทช์ปิดเปิด
- เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- บอกหลักการใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

- บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
- อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทบทวนปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

2. การประเมินและปรับปรุงโครงสร้างหลักสูตร

การประเมินโครงสร้างที่สร้างขึ้นนี้เป็นการประเมินหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน เป็นผู้ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องเพื่อตัดสินว่าหลักสูตรนี้สมควรนำไปใช้ได้หรือไม่ ซึ่งผลการประเมินปรากฏอยู่ในภาคผนวก ข

2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละหน่วย

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่าจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ส่วนความสอดคล้องพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อ มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ยกเว้นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 5 ที่มีความเหมาะสมมาก และข้อที่ 6 ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ส่วนความสอดคล้องพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ยกเว้นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3 ที่มีความเหมาะสมมาก และข้อที่ 5 ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ส่วนความสอดคล้องพบว่าจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ยกเว้นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4 ที่มีความเหมาะสมมาก และข้อที่ 6 ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ส่วนความสอดคล้องพบว่าจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ยกเว้นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2 ที่มีความเหมาะสมมาก และข้อที่ 5 ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ส่วนความสอดคล้อง พบว่าจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2.2 ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องภายในโครงสร้างของหลักสูตรแต่ละหน่วย

2.2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อที่ 1 และ ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาข้อที่ 2 และข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมากส่วนความสอดคล้องพบว่า เนื้อหาวิชาทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อที่ 2 ข้อที่ 3 ข้อที่ 5 และข้อที่ 7 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

เนื้อหาข้อที่ 1 และข้อที่ 4 ข้อที่ 6 และข้อที่ 8 มีความเหมาะสมมากส่วนความสอดคล้องพบว่า เนื้อหาวิชาทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 7 และข้อที่ 9 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาข้อที่ 3 ข้อที่ 4 และข้อที่ 5 มีความเหมาะสมมากส่วนความสอดคล้องพบว่า เนื้อหาวิชาทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อที่ 3 ข้อที่ 5 ข้อที่ 9 ข้อที่ 10 และข้อที่ 11 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก และข้อที่ 6 ข้อที่ 8 มีความเหมาะสมปานกลางส่วนความสอดคล้องพบว่า เนื้อหาวิชาทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อที่ 2 ข้อที่ 4 และข้อที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาข้อที่ 1 ข้อที่ 3 ข้อที่ 6 ข้อที่ 7 และข้อที่ 8 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า เนื้อหาวิชาทุกข้อ มีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

2.2.2 ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาวิชากับวิธีการอบรม

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า กิจกรรม และวิธีการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่ากิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่ากิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมทุกข้อมีความสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา

2.2.3 ผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับการวัดและประเมินผล

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า การวัดและประเมินผลทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า การวัดและประเมินผลทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า การวัดและประเมินผลทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมที่สุดกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า การวัดและประเมินผลทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุดกับ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก ส่วนความสอดคล้องพบว่า การวัดและประเมินผลทุกข้อมีความสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปทดลองใช้

ขั้นตอนนี้เป็น การปรับปรุงหลักสูตรก่อนนำไปใช้ตามคำแนะนำและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

การวางแผน ได้ดำเนินการปรับปรุงความถูกต้องของสำนวนภาษาให้สั้นกะทัดรัด ง่าย และกินใจความ ในเรื่องการสำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการ วัตถุประสงค์ของหลักสูตร วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา กิจกรรม สื่อการอบรม เครื่องมือ การวัดและประเมินผล

ตอนที่ 3 ผลการทดลองใช้หลักสูตร

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรที่สร้างขึ้น โดยการทดลองใช้หลักสูตรกับกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลดังนี้

1. ผลการทดสอบความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

การทดสอบความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ เป็นการประเมินหลักสูตรว่า สามารถเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าให้นักศึกษาช่างยนต์ได้หรือไม่ โดยทำการเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรม รายละเอียดผลการทดลองปรากฏอยู่ในภาคผนวก ค

1.1 หลังการทดลองผู้เรียนที่ผ่านการฝึกอบรมมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า การทดลองใช้หลักสูตรส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาช่างยนต์ (ภาคผนวก ค)

2. ผลการศึกษาค้นคว้าความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตร

การศึกษาค้นคว้าความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้หลักสูตรนี้ เป็นการประเมินหลักสูตรระหว่างการทดลองหลังจากจบแต่ละหน่วย เพื่อตัดสินว่าหลักสูตรนี้ใช้ได้หรือไม่ (รายละเอียดผลการทดลองปรากฏอยู่ในภาคผนวก ค)

2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของเนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาเกือบทุกข้อมีความเหมาะสมมาก ยกเว้นข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่าเนื้อหาวิชาเกือบทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อ 1, 2, 10 มีความเหมาะสมมาก และข้อ 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 มีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาเกือบทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุด ยกเว้นข้อที่ 1, 9 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า เนื้อหาวิชาข้อ 2, 3, 4 มีความเหมาะสมมากและข้อ 1, 5, 6, 7, 8 มีความเหมาะสมมากที่สุด

2.2 แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและวิธีการอบรม

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมมีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อ 3, 4, 6, 7 มีความเหมาะสมมากและข้อ 1, 2, 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อ 4, 6 มีความเหมาะสมมากและข้อ 1, 2, 3, 5, 7 มีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อ 1, 2, 4 มีความเหมาะสมมากและข้อ 3, 5, 6, 7 มีความเหมาะสมมากที่สุด

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า กิจกรรมและวิธีการอบรมมีความเหมาะสมมาก

2.3 แบบประเมินความเหมาะสมของสื่อประกอบการอบรม

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า สื่อประกอบการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า สื่อประกอบการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดยกเว้นข้อ 2,7 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า สื่อประกอบการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมากที่สุดยกเว้นข้อ 4,9,10 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่า สื่อประกอบการอบรมข้อ 1,3,5,6,8,9,12 มีความเหมาะสมมากที่สุดและข้อ 2,4,7,10,11,13 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า สื่อประกอบการอบรมทุกข้อมีความเหมาะสมมาก

2.3 แบบประเมินความเหมาะสมของการวัดและประเมินผล

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 2 ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมากที่สุด การวัดและประเมินผลข้อที่ 1 ข้อที่ 4 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ ผลการประเมินพบว่า การวัดและประเมินผลข้อที่ 1,2,4 มีความเหมาะสมมากที่สุด การวัดและประเมินผล ข้อที่ 3 มีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม ผลการประเมินพบว่าทุกข้อมีความเหมาะสมมาก

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ผลการประเมินพบว่า ทุกข้อมีความเหมาะสมมาก

3. ผลการเปรียบเทียบเจตคติของผู้เข้ารับการอบรม ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมและหลังการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์พบว่าเจตคติหลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4. ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าของนักศึกษาช่างยนต์ โดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงานทั้ง 17 งาน พบว่า การปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมากในทุก

ทักษะได้แก่ 1. การถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ 2. การประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า 3. การประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว 4. การวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ 5. การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 6. ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า 7. เขียนแผนผังการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า 8. ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม 9. ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม 10. ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 11. ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม 12. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 13. วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 14. วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 15. วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 16. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 17. ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.91-3.96

5. ผลการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรม โดยใช้แบบแบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการฝึกอบรม พบว่า พฤติกรรมที่ผู้เข้ารับการอบรมแสดงออกในระดับมากที่สุด 4 ทักษะได้แก่ การตรงต่อเวลา ความตั้งใจในการฟัง ความร่วมมือในการทำงาน ความสนใจในบทเรียนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.41-4.69 ส่วนอีก 3 ทักษะผู้เข้ารับการฝึกอบรมแสดงพฤติกรรมในระดับปานกลาง ได้แก่ การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มีค่าเฉลี่ย 4.18 (ภาคผนวก ง)

6. ผลการทดลองหลักสูตรเชิงคุณภาพ

นำหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าไปดำเนินการฝึกอบรมกับกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักศึกษาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 จำนวน 17 คน ที่ลงทะเบียนเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ระหว่างวันที่ 5-23 มกราคม 2541 ที่คณะวิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ ห้องเรียนได้รับการปรับปรุงในเรื่องแสงสว่าง สิ่งอำนวยความสะดวก เครื่องมืออุปกรณ์ทางโสตทัศนูปกรณ์ กระดานชอล์ค และไวท์บอร์ดให้เป็นห้องที่เหมาะสมสำหรับการอบรม ทีมงานที่เป็นวิทยากรช่วยสอนจะช่วยกันเตรียมเอกสาร สื่อประกอบการอบรม แผ่นใส รูปภาพ แผนภูมิ บทความทางวิชาการที่เกี่ยวกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าให้พร้อม ตลอดจนนัดแนะผู้เข้าอบรมที่เป็นนักศึกษาช่างยนต์ให้มาเข้ารับการอบรมตามวันเวลาที่กำหนดไว้ตามความสมัครใจ ผู้เข้ารับการอบรมทุกคนเต็มใจเข้ารับการอบรมโดยสังเกตจากการเข้าช่วยเหลือวิทยากรช่วยสอนในการเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ เอกสาร แผ่นใส เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ ตัดรูป ช่วยผลิตแผนภูมิ แผ่นภาพแล้วนำไปติดบน

กระดานชนวนอ้อย การจัดกิจกรรมฝึกอบรมในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ มีรายละเอียดดังนี้

6.1 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับหลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

วิทยากรช่วยสอนแจกเอกสารและบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ให้ผู้เข้ารับการอบรมศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเป็นการปูพื้นฐานความรู้ให้กับผู้เข้ารับการอบรมเพื่อให้เชื่อมต่อกับความรู้ที่ได้รับจากการเรียนรู้เครื่องยนต์ดีเซลและเบนซิน แล้วบรรยายภาพรวมของเทคโนโลยีรถยนต์ที่ได้รับการพัฒนาล่าสุด โดยยกตัวอย่างรถยนต์โตโยต้าที่ใช้ระบบเครื่องยนต์แบบผสม หรือที่เรียกว่า HYBRID โดยกล่าวถึงระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูงการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่ การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วต่ำ หรือเบรก การทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วงหยุดและเบรเครื่อง การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งวิ่งด้วยความเร็วปกติ และการชาร์จแบตเตอรี่ หลังจากนั้นกล่าวถึงรถยนต์ไฟฟ้าโปรดัคชันคันแรกของโลก คือ จีเอ็ม อีวี 1 โดยนำเสนอข้อมูลทางด้านเทคนิค ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ระบบปรับอากาศ ระบบเบรก โครงสร้างตัวถัง รูปทรงแอโรไดนามิก ให้ผู้เรียนได้ทราบหลักการการทำงานและบทบาทของรถยนต์ทั้ง 2 แบบ บรรยายภาคการอบรม ผู้เข้ารับการอบรมจะร่วมแสดงความคิดเห็น ชักถามวิทยากรผู้ช่วยสอนเป็นระยะ ๆ ภาพรวมโดยสรุปแล้วผู้เข้าอบรม มีความสนุกสนานกับการจัดการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมาก

6.2 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับตัวถังและโครงรถยนต์

วิทยากรช่วยสอนบรรยายถึงแนวความคิดสมัยใหม่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าว่าจะต้องใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา แข็งแรง คงทน สามารถทนต่อแรงกด แรงบิดเค้นต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการเรียนโดยศึกษาถึงโครงรถและตัวถังยนต์ในรุ่นก่อนจากเอกสารและรูปภาพที่วิทยากรแจกให้ว่าใช้วัสดุอะไรมาทำบ้าง ส่งตัวแทนของกลุ่มที่จับกลุ่มกันเองออกมาสรุปให้เพื่อนฟังถึงวัสดุต่าง ๆ ที่นิยมใช้ทำตัวถังและโครงรถยนต์เช่น วัสดุที่เป็นเหล็กเหนียว อลูมิเนียม อลูมิเนียมอัลลอยด์ พลาสติก หลังจากนั้นวิทยากรช่วยสอนได้บรรยายถึงวิทยาการด้านต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบในการออกแบบตัวถังและโครงรถยนต์ไฟฟ้า เช่น การใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ (CAD) การใช้เทคโนโลยีอากาศยานของเครื่องบินมาใช้ในการสร้างตัวถังของรถยนต์แบบ จีเอ็ม 1 ซึ่งถือว่าเป็นสุดยอดของยนตรกรรมในขณะนี้

ผู้เข้ารับการอบรมจะซักถาม และแสดงความคิดเห็นในระหว่างการอบรม หลังจากนั้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อ่านบทสัมภาษณ์ของคุณโรจน์ฤทธิ์ เทพาคำ เจ้าของบริษัทภัณฑิลา ที่ได้ผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าของคนไทยเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ทราบแนวคิด วิธีการ ขั้นตอนในการออกแบบตัวถังและโครงรถยนต์ที่ทันสมัย กระบวนการในการสร้าง ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น แล้วให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นที่มีต่อความมุ่งมั่นและความกล้าหาญของผู้ผลิตรถยนต์พลังงานไฟฟ้าดังกล่าว หลังจากนั้นแจกเอกสารที่เกี่ยวกับความก้าวหน้าของรถยนต์ไฟฟ้าแบบ HONDA EV PLUS ให้ผู้เข้ารับการอบรมเพื่อศึกษาเปรียบเทียบแนวคิดที่มีเกี่ยวกับตัวถังและโครงรถยนต์เนื่องจากรถยนต์ไฟฟ้ารุ่นดังกล่าวมีแนวคิดและหลักการที่แตกต่างไปจากรถยนต์ไฟฟ้า G M EV 1 ซึ่งจะเป็นการสร้างเสริมประสบการณ์ให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมอีกทางหนึ่ง เมื่อผู้เข้ารับการอบรมศึกษาเอกสารดังกล่าวไประยะหนึ่ง วิทยากรช่วยสอนจะถามถึงความแตกต่างของรถยนต์ไฟฟ้าทั้ง 2 แบบเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมฝึกคิด ฝึกสังเกต รู้จักการเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง ในวันถัดมาวิทยากรช่วยสอนแจกเอกสารเรื่อง SOLAR CAR คันแรกของเมืองไทยเทคโนโลยีล้ำอนาคตของ รองศาสตราจารย์ ดร.มงคล มงคลวงศ์โรจน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แนวคิดของรถยนต์แบบพลังงานแสงอาทิตย์ คือ รถที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำไฟฟ้าไปจ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนที่ได้ ขณะที่ความเร็วต่ำอาจจะเหลือไฟฟ้าไว้ชาร์จในแบตเตอรี่ ซึ่งจะต่างกับรถไฟฟ้าตรงที่ รถไฟฟ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ในการขับเคลื่อน แต่รถพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ในการขับเคลื่อน ตัวรถเป็นไฟเบอร์กลาส ส่วนโครงรถทำด้วยสแตนเลสมีความแข็งแรงสูง น้ำหนักน้อย ในภาคบ่ายแจกเอกสารเกี่ยวกับโครงการรถบัสไฟฟ้า ของ ดร.เดกิงเดช คุวัฒณ์สัมฤทธิ์ ซึ่งตัวถังยาว 12 เมตรได้รับการออกแบบเป็นอย่างดี หลังจากนั้นฉายแผ่นใสรถยนต์ไฟฟ้าที่ ดร.วิรัชพล มลยาภักและคณะ ได้สร้างขึ้นและเปิดให้ชมได้ที่ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ถนนรัชดา กรุงเทพมหานครให้ผู้เข้ารับการอบรมชม พร้อมกับฉายแผ่นใสรถยนต์ไฟฟ้า ของบริษัท BBC International (1989) Co., Ltd. ซึ่งมีทีมงานเป็นอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นผู้ร่วมผลิต โครงสร้างของตัวถังทำมาจากไฟเบอร์กลาส ในเวลาต่อมา แจกเอกสารรถยนต์ไฟฟ้า ที่ ดร.นิรศักดิ์ วรสุนทวิโรสถ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ลาดกระบังพิมพ์เผยแพร่ ให้ผู้เข้ารับการอบรมได้อ่าน ซึ่งเป็นรถต้นแบบที่สร้างขึ้นให้นักศึกษาได้ศึกษา ตัวถังและโครงรถยังไม่ได้การพัฒนาเท่าที่ควร หลังจากนั้นแจกเอกสารยานยนต์ในยุคพัฒนาของ ดร.สุรชัยวงษ์ยาณิม ผู้จัดการฝ่ายอบรม บริษัทธนบุรีประกอบรถยนต์ จำกัด ให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมได้ศึกษา หลังจากที่ได้เข้ารับการอบรมศึกษาเอกสารดังกล่าวแล้ว จะมีการซักถามความรู้และความเข้าใจที่ได้จากการศึกษา แนวคิดที่เกี่ยวกับตัวถังและโครงสร้างรถยนต์จากอีกมุมมองหนึ่งของนักวิชาการ แล้ววิทยากรช่วยสอนสรุปถึงการผลิตรถยนต์มี 2 สิ่งที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาควบคู่กันคือ โครงสร้างของตัวถังรถยนต์ และโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ ก่อนการออกแบบรถยนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดมี 7 ประการที่สำคัญคือ พื้นที่ภายใน ตำแหน่งนั่งของผู้ขับ ตำแหน่งอุปกรณ์ที่จำเป็น ความสะดวกในการเข้าออก มุมมองที่สะดวกชัดเจนทัศนวิสัย และห้องเก็บของ สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ผู้เข้ารับการอบรมสนใจอยากจะทำ คือ การชนเพื่อหามาตรฐานความปลอดภัย ซึ่งวิทยากรช่วยสอนจะเพิ่มเติมความรู้ในส่วนนี้ โดยกล่าวถึง การชนแบบเต็มคัน และการชนแบบไม่เต็มคัน ตัวถังรถยนต์ จะมีการแสดงค่าการยุบตัวของโครงสร้างในจุดสำคัญ ตรวจสอบความยากง่ายในการช่วยเหลือผู้โดยสาร ตรวจสอบความเสียหายของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ผู้เข้ารับการอบรมได้อ่านเอกสารไปพร้อม ๆ กับการบรรยายของวิทยากรช่วยสอนเพื่อเพิ่มความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

6.3 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับแบตเตอรี่และการประจุ

วิทยากรช่วยสอนมอบหมายให้ผู้เข้ารับการอบรม ทหารายชื่อของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ทั้งแบบปฐมภูมิทุติยภูมิ อัลคาไลน์มานานำเสนอหน้าชั้นเรียนตามกลุ่มที่สนใจ ตัวแทนกลุ่มต่าง ๆ ออกมารายงานและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบตเตอรี่ที่ตนเคยพบเห็นมา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายกับรถยนต์ที่เครื่องยนต์ใช้การสันดาปภายในแบบเบนซินและดีเซล สำหรับเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะผู้เข้ารับการอบรมยังไม่ค่อยรู้จักกันมากนัก วิทยากรช่วยสอนจึงฉายแผ่นใสเกี่ยวกับแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ที่นิยมใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน เช่น แบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียมที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าแบบ Nissan FEV, U2001, Renault Zoom และ Tepco IZA แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าแบบ BMW E1/E2, Ford Ecostar และ LADWP/SCE LA 301 แบตเตอรี่แบบนิเกิลเหล็กใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าแบบ EPRI/Chrysler TEVan และ Nissan March EV-II และแบตเตอรี่แบบสังกะสีโบรไมด์ ใช้ในรถยนต์

ไฟฟ้าแบบ Toyota EV-40 เป็นต้นผู้เข้ารับการอบรมจะซักถามขีดความสามารถของแบตเตอรี่ประเภทต่าง ๆ ขนาด น้ำหนักเนื่องจากได้เห็นรูปภาพแล้วพบว่าแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ามีจำนวนมากในรถยนต์แต่ละคัน หลังจากนั้นวิทยากรช่วยสอนได้บรรยายถึงรถยนต์พลังงาน หรือรถยนต์ไฮบริดบางคัน สามารถรับพลังงานไฟฟ้าจาก 3 แหล่งพลังงานคือจากหม้อแบตเตอรี่ แบตเตอรี่แก๊ส-ลิเธียม จากคอนเดนเซอร์แบตเตอรี่ และจากเซลล์สุริยะ ผู้เข้ารับการอบรมซักถาม และแสดงความคิดเห็น หลังจากวิทยากรช่วยสอนตอบคำถามแล้ว ได้บรรยายถึงการประจุไฟของรถยนต์ไฟฟ้าว่าสามารถทำได้หลายวิธีทั้งที่ประจุไฟที่บ้าน (home charge) ประจุไฟแบบคืนพลัง (regenerative charge) ประจุไฟจากแสงอาทิตย์ (solar charge) ประจุไฟที่สวนสาธารณะ (park and charge) การประจุไฟแบบเคลื่อนที่ (move and charge) ซึ่งผู้เข้ารับการอบรมจะซักถามและแสดงความคิดเห็นทุกครั้ง ที่ไม่เข้าใจ หรือมีข้อสงสัย ในเวลาต่อมาแจกภาพระบบการจุไฟของรถยนต์ไฟฟ้าของบริษัทอีว ได้พัฒนาขึ้นใช้ในครอบครัว โดยใช้ระบบ Inductive coupling สามารถประจุไฟได้อย่างรวดเร็ว ในตอนสุดท้าย วิทยากรช่วยสอนได้ซักถามผู้เข้ารับการอบรมให้คิด วิเคราะห์และหาคำตอบจากการฉายแผ่นใสสรุปเรื่องราวต่าง ๆ ของแบตเตอรี่และการประจุ

6.4 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์และการควบคุม

วิทยากรช่วยสอนใช้คำถามนำว่าใครเคยเห็นมอเตอร์บ้างไหมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ฝึกคิด หลายคนจะตอบถึงรูปร่างลักษณะต่าง ๆ ของมอเตอร์ที่ตนเห็นมาหลังจากที่ผู้เข้ารับการอบรมหันมาสนใจเรื่องมอเตอร์แล้ว วิทยากรช่วยสอนจะฉายแผ่นใสเกี่ยวกับมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าทั้งแบบกระแสตรง กระแสสลับแบบ 3 เฟส เพื่อเป็นการปูพื้นฐานให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมแล้วเปิดโอกาสให้มีการซักถาม หลังจากทีวิทยากรช่วยสอนได้ตอบคำถามเรียบร้อยแล้ว จะนำผังการแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของ โตโยต้าทวิอส พร้อมกับการบรรยายประกอบด้วยผังการแสดงระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง ผังแสดงการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่ ผังแสดงการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วต่ำ หรือเบรค ผังการแสดงการทำงานของเครื่องยนต์เริ่มจากช่วงหยุดและเบรคเครื่อง ผังแสดงการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อรถวิ่งด้วยความเร็วปกติ และผังแสดงการชาร์จแบตเตอรี่ ซึ่งเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันทั้งระบบช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมมองเห็นภาพเป็นรูปธรรมมากขึ้น และทำให้เข้าใจระบบการทำงานของ

เครื่องยนต์ที่สอดคล้องประสานกันอย่างกลมกลืน ผู้เข้ารับการอบรมได้รับการแจกแผนผังแสดงการทำงานของระบบไฮดรอลิกในทุกขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว วิทยากรช่วยสอนแนะนำให้ผู้เข้ารับการอบรมลากเส้นตามแผนผังที่แสดงไว้ เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นและทุกคนจะได้มีส่วนร่วมในการอบรมอยู่ตลอดเวลา ผู้เข้ารับการอบรมที่มีข้อสงสัยได้ซักถามวิทยากรในประเด็นต่าง ๆ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์และการควบคุม เครื่องกำเนิดไฟ อุปกรณ์แปลงไฟ ชุดเฟืองเกียร์ ทดกำลัง อุปกรณ์แปลงกำลังที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับกำลังเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้า

6.5 กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์

วิทยากรช่วยสอนบรรยายนำถึงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ไฮดรอลิก ก่อนเพื่อพื้นฐานความรู้ให้แก่ผู้เข้ารับการอบรมว่า สามารถใช้กำลังจากเครื่องยนต์เบนซิน หรือดีเซลหรือพลังงานอื่นหรือจะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็ได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความต้องการหรือการทำงานขณะนั้น โดยเมื่อรถเริ่มออกวิ่งหรือเมื่อรถวิ่งช้ามาก ๆ กำลังในการขับเคลื่อนจะมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียวและเมื่อขับในสภาพปกติธรรมดา หรือที่เรียกว่า ความเร็วเดินทางในช่วงที่ทั้งเครื่องยนต์ และมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานร่วมกัน และเมื่อใดที่ต้องการอัตราเร่งอย่างรวดเร็ว มอเตอร์ไฟฟ้าก็จะเพิ่มกำลังจากแบตเตอรี่เพื่อมาช่วยให้รถมีอัตราเร่งที่ดีขึ้น ระบบอัตโนมัติจะตัดการทำงานของเครื่องยนต์ทันทีเมื่อรถจอด ส่วนเมื่อใดที่มีการลดความเร็วหรือเบรคมอเตอร์จะกลายเป็นเจนเนอเรเตอร์ซึ่งสามารถจะเอาพลังงานในการเบรคกลับมาเป็นกระแสไฟเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ ผู้เข้ารับการอบรมได้ซักถามวิทยากรช่วยสอนในหลายประเด็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผังการแสดงระบบส่งกำลัง เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูงอุปกรณ์แบ่งกำลังจะทำหน้าที่อย่างไร วิทยากรช่วยสอนได้ให้คำตอบไว้ว่า อุปกรณ์แบ่งกำลัง (Power split device) ในระบบควบคุมกำลังจะทำหน้าที่จัดสรรกำลังขับเคลื่อนที่มาจากเครื่องยนต์ไปยังล้อโดยตรง หรือไปยังเจนเนอเรเตอร์ ในเวลาเดียวกันเครื่องยนต์จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาระดับอัตรารอบให้ได้ระยะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นหลังการขับเคลื่อนทั้งที่มาจากเครื่องยนต์ และมาจากมอเตอร์จึงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับจังหวะการขับขี่เสมอ หลังจากนั้นผู้เข้าอบรมบางคนได้ถามวิทยากรช่วยสอนถึงการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ หรือเบรคว่าทำงานอย่างไร ซึ่งได้รับคำตอบจากวิทยากรช่วยสอนไว้ว่า เมื่อลดความเร็วของรถลงและเบรค พลังงานจลน์จากล้อจะถูกส่งผ่านไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น

เจนเนอเรเตอร์แปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และเพื่อให้การชาร์จไฟเป็นไปอย่างลื่นไหล แบตเตอรี่จะทำหน้าที่รับพลังงานทั้งที่ชาร์จมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าและพลังงานที่ถูกมอเตอร์ไฟฟ้าแปลงมาจากพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานไฟฟ้า ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ไม่ต้องชาร์จแบตเตอรี่จากภายนอก เมื่อผู้เข้ารับการอบรมเริ่มเข้าใจระบบการทำงานดังกล่าวแล้ว วิทยากรช่วยสอนได้สอวัดความเข้าใจของผู้เข้ารับการอบรมถึงระบบการทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วยหยุดและเขาเครื่องทีละคน ซึ่งผู้เข้ารับการอบรมครึ่งหนึ่งเข้าใจและตอบได้แต่มีอยู่ส่วนหนึ่งที่ยังไม่เข้าใจ วิทยากรช่วยสอนจึงให้คำตอบไว้ว่าเมื่อเครื่องยนต์อยู่ในระดับความเร็วรอบต่ำ ระหว่างที่รถชะลอความเร็วลงจนหยุดวิ่ง เมื่อลดความเร็วลงจนต่ำสุด หรือค่อย ๆ ลดความเร็วลงเชื้อเพลิงจะถูกตัดเครื่องยนต์จะหยุดทำงาน แล้วมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนตัวรถแทน ในตอนสุดท้ายวิทยากรช่วยสอน ได้สรุปให้ผู้เข้ารับการอบรมทราบว่า $ELECTRIC\ CAR + GASOLINE\ CAR = HYBRID\ CAR$

7. ผลการปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร

นำผลจากการทดลองใช้หลักสูตร มาปรับปรุงหลักสูตรได้ดังต่อไปนี้

7.1 เขียนสภาพปัจจุบันและปัญหาให้ตรงประเด็น สั้น กระชับรัดและกินใจความ

7.2 ตัดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมและมากเกินไปจนออกให้สอดคล้องกับเนื้อหา ธรรมชาติของผู้เข้ารับการอบรม

7.3 เขียนเนื้อหาให้สั้น เรียบง่าย ใช้สำนวนภาษาที่ถูกต้องตามหลักวิชา ตัดเนื้อหาบางส่วนที่ไม่เหมาะสม และยากต่อการทำความเข้าใจออก

7.4 กิจกรรมและวิธีการอบรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอบรม การแสดงความคิดเห็น การทำงานให้มากที่สุด เขียนกิจกรรมให้เหมาะกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมและเนื้อหาวิชาและธรรมชาติของผู้เข้ารับการอบรม

7.5 ประเมินผลให้ถูกต้องเป็นธรรม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษา
ช่างยนต์ มีสาระสำคัญสรุปได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วัตถุประสงค์ทั่วไป
เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์
2. วัตถุประสงค์เฉพาะ
 - 2.1 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการและเทคนิคในการตรวจสอบ
สอปปรับแต่งและซ่อมแซมหรือทำตามแบบของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง
 - 2.2 เพื่อประเมินและปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ได้
ดำเนินการใน 3 ขั้นตอน ตอนแรกเป็นการหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต
โดยใช้เทคนิคเดลฟาย ตอนที่สอง เป็นการพัฒนานวัตกรรมซึ่งเป็นหลักสูตรวิชาเทคโนโลยี
รถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานตามทฤษฎีของ โชมัส
กิลเบิร์ต และตอนที่สาม เป็นการทดลองใช้หลักสูตรโดยใช้รูปแบบการทดลอง แนวทาง
การวิจัยแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

ตอนที่ 1 การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต

การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟายโดยนิยาม
ความหมายของสมรรถภาพนักศึกษาช่างยนต์ ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ

เกี่ยวกับช่างยนต์ นำสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ที่นิยามไว้แล้วมากำหนดเป็นแนวทางและกรอบของแบบสอบถาม โดยแบ่งการถามเป็น 3 รอบคือ รอบที่ 1 เป็นแบบสอบถามปลายเปิดเกี่ยวกับสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตและได้เพิ่มเติมข้อแสดงความคิดเห็นอื่น ๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตอบโดยอิสระ รอบที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เนื้อเรื่องจากคำตอบในรอบที่ 1 มาสร้างแบบสอบถามรอบที่ 2 ในแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ รอบที่ 3 เป็นการค้นหาคำมัธยฐาน คำพิสัยระหว่างควอไทล์ คำฐานนิยม และผลต่างระหว่างคำมัธยฐานกับฐานนิยมของคำถามแต่ละข้อ สร้างเป็นแบบสอบถามรอบที่ 3 ที่มีข้อความเหมือนกับแบบสอบถามรอบที่ 2 เพียงแต่เพิ่มคำมัธยฐาน คำพิสัยระหว่างควอไทล์ ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญท่านนั้น ๆ ตอบในรอบที่ 2 ลงไปและเพิ่มช่องเหตุผลสำหรับกรณีที่คำตอบเดิมของผู้เชี่ยวชาญแตกต่างไปจากความคิดเห็นของกลุ่มเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 คน ระหว่างวันที่ 1-31 ธันวาคม 2540

ตอนที่ 2 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ผู้วิจัยใช้แนวคิดการจัดการศึกษาแบบสมรรถภาพพื้นฐานมาพัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมแบบสมรรถภาพพื้นฐานมาเป็นการพัฒนาแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 บรรยายสมรรถภาพของผู้เรียนในการทำงานระยะที่ 2 พัฒนาโปรแกรมการฝึกอบรมเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถภาพโดยใช้ทฤษฎีสมรรถภาพมนุษย์ของ โทมัส กิลเบิร์ต โดยเริ่มจากการกำหนด และบรรยายลักษณะเฉพาะของอาชีพ กำหนดทักษะที่ผู้เรียนต้องมีมาก่อน กำหนดและตรวจสอบงาน หรือภารกิจ การวิเคราะห์งานและการเพิ่มเติมความรู้ที่จำเป็น การเขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การพัฒนาแบบทดสอบภาคปฏิบัติ การพัฒนาการเขียนแบบทดสอบข้อเขียน การพัฒนาโครงร่างของการแนะแนวทางการเรียน โดยกำหนดให้หลักสูตรมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ สภาพปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และหน่วยการอบรมซึ่งแต่ละหน่วยการอบรมประกอบด้วยจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อประกอบ การอบรม การวัดและประเมินผล และ การประเมินโครงร่างหลักสูตร เป็นการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบภายในหลักสูตร ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล ด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เกษตรกลวิธาน ครุศาสตร์อุตสาหกรรม จำนวน 5 คน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินหลักสูตร การประเมิน

ความเหมาะสม เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และแบบสอบถามปลายเปิด ซึ่งสร้างขึ้นจากเนื้อหาในโครงร่างหลักสูตร ส่วนการประเมินความสอดคล้องซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินด้วยตนเองและวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความเหมาะสม และ ความสอดคล้องจากการตอบของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับข้อเสนอแนะที่เป็นคำถามปลายเปิด เสนอผลการวิเคราะห์ในลักษณะของการบรรยาย ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีความสอดคล้อง ปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหลักสูตรตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ นำร่างหลักสูตรไปทดลองกับผู้เรียน 1-2 คนและกลุ่มผู้เรียนขนาดเล็ก เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสำนวนภาษาตามหลักวิชาการความเหมาะสมของกิจกรรม สื่อ การอบรม เนื้อหาวิชา การวัดและการประเมินผล โดยปรับให้เหมาะสมและจัดทำคู่มือวิทยากร และคู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เข้ารับการอบรม

ตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร

นำหลักสูตรที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้อง ความเหมาะสมและความสอดคล้องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นนักศึกษาช่างยนต์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 17 คน ทำการทดลองระหว่างวันที่ 5-23 มกราคม 2541 โดยใช้รูปแบบการทดลองกลุ่มเดียววัดผลสองครั้ง One-group pretest-posttest design เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยแบบทดสอบก่อน และหลังการอบรมที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 แบบประเมินหน่วยการอบรม แบบสังเกตพฤติกรรม แบบทดสอบภาคปฏิบัติ และแบบวัดเจตคติ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาดำเนินการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง โดยหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย T_1 และ T_2 โดยใช้การทดสอบแบบที (t-test) ส่วนแบบประเมินพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาช่างยนต์ แบบประเมินผลหน่วยการอบรม และแบบทดสอบภาคปฏิบัติ คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนแบบวัดเจตคติดำเนินการหาค่าอำนาจจำแนกแล้ววิเคราะห์ด้วย t-test แล้วนำเสนอในรูปของตาราง นำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร แบบประเมินผลภาคปฏิบัติ นำผลการประเมินมาตรวจสอบความเที่ยงตรง ของ

การวิเคราะห์งานกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้วยวิธีการกำหนดจุดต่ำสุด ของการยอมรับแล้วหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือโดยวิธี Intra-class Correlation แบบวัดเจตคตินำผลการทดสอบ มาตรวจให้คะแนนแล้ววิเคราะห์หาข้อเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้เทคนิคร้อยละ 27 ของกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ แล้ววิเคราะห์ด้วย t-test คัดเลือกข้อความที่มีค่าตั้งแต่ 1.75 ขึ้นไป

ตอนที่ 4 การประเมินและปรับปรุงหลักสูตร

การดำเนินงานในตอนนี้เป็นการประเมินผลภายหลังจากร่นำหลักสูตรไปทดลองใช้ โดยผู้วิจัย วิทยากร ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาพิจารณา ปรับปรุงหลักสูตรทั้งในด้านโครงสร้างหลักสูตรและรายละเอียดต่าง ๆ ในองค์ประกอบของหลักสูตร เพื่อให้มีความถูกต้องเหมาะสม และสามารถนำไปดำเนินการใช้กับนักศึกษาสาขาวิชา ช่างยนต์ในสถาบันอาชีวศึกษา

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเคลฟายพบว่า สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตดังนี้

ด้านความรู้ ประกอบไปด้วย ออกแบบตัวถังรถยนต์ คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ตัวถังรถยนต์ สร้างตัวถังรถยนต์ ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้อลูมิเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์ ออกแบบวงจร ดิจิตอลลอจิก เปลี่ยนแบตเตอรี่ เปลี่ยนมอเตอร์ เติมน้ำมันแบตเตอรี่ เขียนระบบกลไกการขับเคลื่อนระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ เปลี่ยนสวิทช์แบบ ที่ทำงานด้วยมือ เปลี่ยนสวิทช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก ใช้สวิทช์ทรานซิสเตอร์ ใช้ไทรสเตอร์ ใช้อุปกรณ์จุดชนวน ออกแบบวงจรควบคุมเกต ต่อวงจรขดลวด ต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ ต่อ วงจรคอนเวอร์เตอร์ เขียนหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เขียนระบบการขับเคลื่อนกระแสตรง เขียน ระบบการขับเคลื่อนกระแสสลับ เขียนโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า เขียนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า

ด้านทักษะ ประกอบไปด้วย ถอดและทำความเข้าใจแบบเตอร์ เต็มประจุไฟแบบเตอร์ แบบช้า เต็มประจุไฟแบบเตอร์แบบเร็ว จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ ต่อวงจรควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้า เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แบบผสม วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกำลัง ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส

ด้านจิตนิสัย ประกอบด้วย มีระเบียบวินัย ขยัน อดทน คล่องแคล่ว ตรงต่อเวลา รับผิดชอบ ต่อหน้าที่ เชื่อมั่นในตนเอง มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ ซื่อสัตย์ต่อลูกค้า มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงาน ให้ได้คุณภาพ ละเอียตรอบคอบในการทำงาน กระตือรือร้นในการทำงาน กล้าในการตัดสินใจ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา รับฟังความคิดเห็นของร่วมงาน มีความ ร่าเริงแจ่มใส

2. ผลการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

2.1 ผลการสร้างโครงร่างหลักสูตร

ผู้วิจัยได้นำผลจากการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต โดยใช้เทคนิคเดลฟาย มาเป็นกรอบแนวความคิด และข้อมูลพื้นฐาน ในการสร้างโครงร่าง หลักสูตรที่ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการอบรม ซึ่งประกอบไปด้วย 5 หน่วย คือ หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า หน่วยที่ 2 ตัวถัง และ โครงรถยนต์ หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ภายในหน่วยการอบรมแต่ละหน่วย ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อประกอบการ อบรม การวัดและประเมินผล และกำหนดให้องค์ประกอบภายใน โครงสร้างของหลักสูตร แต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องกัน คือกำหนดให้จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เนื้อหาวิชาสอดคล้อง กับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กิจกรรม และวิธี การอบรมสอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิง พฤติกรรม

2.2 ผลการประเมินโครงร่างหลักสูตร

โครงร่างหลักสูตรที่สร้างขึ้น ได้รับการประเมินความเหมาะสม และความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่า จุดมุ่งหมายของหลักสูตร มีความเหมาะสมมากและมากที่สุด และมีความสอดคล้องกันทุกข้อ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมมีความเหมาะสมมาก และมากที่สุด และมีความสอดคล้อง กับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรทุกข้อ เนื้อหา มีความเหมาะสมมาก และมากที่สุด และมีความสอดคล้องทุกข้อกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กิจกรรมและวิธีการอบรมมีความเหมาะสมมากและมากที่สุด และมีความสอดคล้องทุกข้อกับเนื้อหาวิชา และการวัดและประเมินผล มีความเหมาะสมมากและมากที่สุด และมีความสอดคล้องทุกข้อกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ให้ตัดทอนเนื้อหาบางส่วนที่ยากและซับซ้อนเกินกว่าผู้เรียน ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จะเรียนรู้และทำความเข้าใจ ปรับปรุงภาษา ให้เขียนด้วยภาษาที่เรียบง่าย สั้นกะทัดรัด ได้ใจความและเป็นที่เข้าใจได้ง่าย ๆ ในคู่มือการใช้ชุดการเรียนด้วยตนเองและสำนวนภาษาให้ถูกต้อง ตามสาขาวิชา โดยเทียบกับฉบับราชบัณฑิตยสถาน หรือศัพท์ช่างที่สากลอมรับ

3. ผลการทดลองใช้หลักสูตร

การนำหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ปรากฏว่ามีคุณภาพตามเกณฑ์ ที่กำหนดไว้ทุกประการดังนี้

3.1 ผลการทดสอบความรู้ ความเข้าใจ เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

3.1.1 ผลการทดสอบผู้เรียนที่ผ่านการฝึกอบรม มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่า ก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การทดลองใช้หลักสูตร ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาช่างยนต์

3.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ ที่มีต่อหลักสูตรปรากฏว่า

3.2.1 เนื้อหาวิชาหน่วยที่ 2 และ 4 มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนหน่วยที่ 1 หน่วยที่ 3 หน่วยที่ 5 มีความเหมาะสมมาก

3.2.2 กิจกรรมและวิธีการอบรม ในหน่วยที่ 1 มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนหน่วยที่ 2 หน่วยที่ 3 หน่วยที่ 4 หน่วย 5 มีความเหมาะสมมาก

3.2.3 สื่อประกอบการอบรม ในแต่ละหน่วยมีความเหมาะสมมาก

3.2.4 การวัดและประเมินผล ในหน่วยที่ 1 หน่วยที่ 2 หน่วยที่ 3 หน่วยที่ 4 และ หน่วยที่ 5 มีความเหมาะสมมาก

3.3 ผลการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรม โดยใช้แบบ
แบบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการฝึกอบรม พบว่า พฤติกรรมที่ผู้เข้ารับการอบรม
แสดงออกในระดับมากที่สุด 4 ทักษะได้แก่ การตรงต่อเวลา ความตั้งใจในการฟัง
การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ความร่วมมือในการทำงาน ความสนใจในบทเรียนมีค่า
เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.41-4.69 ส่วนอีก 3 ทักษะผู้เข้ารับการฝึกอบรมแสดงพฤติกรรมในระดับ
ปานกลาง ได้แก่ การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับ
มอบหมาย ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม มีค่าเฉลี่ย 4.18

3.4 ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าของนักศึกษาช่างยนต์ โดยใช้แบบ
ประเมินผลการปฏิบัติงานทั้ง 17 งาน พบว่า การปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมาก
ในทุกทักษะได้แก่ 1.ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ 2.เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า
3.เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว 4.จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ 5.ต่อวงจรควบคุม
มอเตอร์ไฟฟ้า 6.เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า 7.ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของ
โอห์ม 8.ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม 9.ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน 10.ต่อ
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม 11.วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง 12.วัดความต้าน
ทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 13.วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 14.วัดการเก็บ
ประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 15.วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 16.ต่อวงจรไฟฟ้า
3 เฟส 17. ออกแบบวงจรดีซีชอปเปอร์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.96-4.89

3.5 ผลการเปรียบเทียบเจตคติของผู้เข้ารับการอบรม ก่อนการทดลองใช้หลัก
สูตรฝึกอบรม และหลังการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษา
ช่างยนต์พบว่าเจตคติหลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่
ระดับ 0.05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ทุกประการคือ

1. การหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟายมีข้อนำสังเกตและข้อควรนำมาอภิปรายดังนี้

การสอบถามในทั้ง 3 รอบ เปิดโอกาสให้ผู้เชี่ยวชาญได้ตอบโดยอิสระนั้นผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อคิดเกี่ยวกับการหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต สรุปได้ว่าการที่จะให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแท้จริง และเป็นปัจจุบันจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องถามจากผู้รู้ที่แท้จริง โดยเฉพาะครูอาจารย์ที่จัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาช่างยนต์มาเป็นเวลานาน และศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวอย่างจริงจัง หลังจากที่ได้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญมาแล้ว ข้อมูลที่ได้จะหลากหลาย ควรจะมีการระดมสมองจากอาจารย์สาขาช่างยนต์ที่ทำหน้าที่สอนก่อน เพื่อสรุปประเด็นและวางกรอบของเนื้อหา หรือเรื่องที่จะถาม หรือศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้านี้ในแต่ละหน่วยปรากฏผลดังนี้

1.1 เนื้อหาวิชาผู้เชี่ยวชาญให้ข้อมูลในด้านเนื้อหาวิชาที่หลากหลายเนื่องมาจากความรู้และประสบการณ์ของแต่ละท่านมีแตกต่างกัน จึงอาจทำให้แนวความคิดบางสิ่งบางอย่างอาจจะไม่สอดคล้องกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีการกำหนดกรอบแนวคิดให้ชัดเจนโดยยึดผลการวิเคราะห์แบบสอบถามในรอบที่ 3 มาเป็นเกณฑ์ สิ่งหนึ่งที่ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นได้ตรงกันคือ ผู้เรียนเป็นนักศึกษา ปวช. ช่างยนต์หลักสูตร 3 ปีที่เพิ่งจะเข้าเรียนโดยเรียนในชั้นปีที่ 1 เนื้อหาวิชาและแนวคิดต้องมีความเรียบง่าย สั้นกระชับรัดและได้ใจความ เนื้อหาต้องมีความสมบูรณ์ ถูกต้องทันสมัยโดยแบ่งเป็นเนื้อหาที่ต้องรู้ ได้แก่แนวคิด กฎพื้นฐานต่าง ๆ เนื้อหาส่วนนี้ต้องนำมาใช้ในการสอนเพราะสำคัญและจำเป็นมาก หากขาดเนื้อหาส่วนนี้แล้วผู้เรียนจะไม่บรรลุจุดประสงค์ ส่วนเนื้อหาที่ควรรู้ เนื้อหาในส่วนนี้มีความสำคัญที่จะช่วยให้การทำความเข้าใจหรือช่วยในการเรียนเนื้อหาที่ต้องรู้เป็นไปด้วยความรวดเร็วชัดเจนขึ้น เนื้อหานี้จึงทำหน้าที่เป็นส่วนเสริมในการเรียน และเนื้อหาที่นารู้ หากมีเวลาอาจกล่าวถึงได้ เพราะช่วยเสริมให้การเรียนในหัวข้อนั้น ๆ กว้างขวางมากขึ้น เนื้อหาวิชา ความรู้หรือประสบการณ์ที่ครูผู้สอนถ่ายทอดไปสู่ผู้เรียนนั้น อาจไม่เป็นที่เข้าใจดังนั้นเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาดังกล่าวต้องย่อหรือแยกเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาแต่ละส่วนนั้น เนื้อหาวิชาหรือ

ประสบการณ์ที่ย่อยแล้ว ต้องเรียงลำดับอย่างเหมาะสมจากง่ายไปหายาก จากซับซ้อนน้อยไปหาซับซ้อนมาก จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม สอดคล้องกับบุคลิกภาพและประสบการณ์ของผู้เรียน สอดคล้องกับความสนใจ และความต้องการของผู้เรียน โดยผ่านประสาทสัมผัสทั้งห้า

1.2 กิจกรรมและวิธีการอบรม ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่เห็นว่า แม้ว่าการอบรมนั้นจะมีเทคนิคการอบรมที่หลากหลายอย่างไรก็ตาม การบรรยายก็จะเป็นแนวทางหนึ่งที่ยังเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ สืบเนื่องมาจากหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้ามีศัพท์เทคนิคซึ่งเป็นภาษาต่างประเทศมากพอสมควร ดังนั้นการบรรยายจะสามารถช่วยให้ผู้เรียนซักถามจนเกิดความรู้ความเข้าใจ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประสงค์ พรจินดารักษ์ (2524 : 2) ที่วิจัยเรื่องการศึกษาความสอดคล้องระหว่างหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตสาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือกับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.) พุทธศักราช 2524 แผนกช่างกลโรงงานของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พบว่า การจัดการเรียนการสอนวิชาเทคนิคในสถาบันกรมอาชีวศึกษาโดยส่วนมากครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพบูลย์ สีนลาร์ตันและทองอินทร์ วงศ์โสธร (2526 : 1-4) ที่วิจัยเรื่อง สภาพและปัญหาการสอนวิชาพื้นฐานในมหาวิทยาลัย พบว่า การสอนวิชาพื้นฐาน ส่วนใหญ่สอนด้วยวิธีสอนแบบบรรยาย ซึ่งอุซาวดี (2536:62) ได้รวบรวมผลการวิจัยพบว่า สิ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการบรรยายมากที่สุดคือ ความต่อเนื่องของถ้อยคำที่ใช้บรรยาย หากผู้บรรยายสามารถใช้ภาษาถ้อยคำได้คล่องแคล่ว คล่องจอง ต่อเนื่องระหว่างคำและประโยค และสิ่งที่ทำให้การบรรยายล้มเหลวคือ ความคลุมเครือในการบรรยาย ผู้บรรยายไม่รู้จริงในสิ่งที่บรรยาย เมื่อได้รับการถามจากผู้ฟัง ก็มักจะหลีกเลี่ยงที่จะตอบ ตอบอ้อมค้อม หรือขอผลัดไว้ก่อนเพื่อค้นหาให้ภายหลัง นอกจากนั้นผู้บรรยายควรใช้เทคนิคการบรรยายด้วยน้ำเสียงที่ดังชัดเจน ให้สอดคล้องกับวัยของผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า หลังจากการบรรยายต้องสรุปสาระสำคัญและความคิดรวบยอดของเรื่อง เนื้อหา หรือประเด็นที่กล่าวถึง เพราะระหว่างบรรยายผู้เรียนอาจฟังไม่ได้ครบถ้วน หรือจับประเด็น ใจความสำคัญไม่ได้เมื่อมีการสรุปจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

1.3 ด้านสื่อประกอบการอบรม สิ่งที่ผู้เชี่ยวชาญชี้ชัดได้ตรงกัน คือโดยแถมโครงร่าง และรูปภาพและสไลด์เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมียื่อนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบที่ช่วยเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น ช่วยย่นย่อระยะทาง และเวลาให้สั้นเข้าทำให้

ผู้เรียนเกิดความตื่นตัวสนใจในบทเรียนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้น ยังได้ให้ข้อคิดว่าการสร้างชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนที่สนใจศึกษา ได้ศึกษาด้วยตนเองได้ตลอดเวลาซึ่งผู้เรียนจะมีความสนุกกับการได้เรียนรู้ และทราบพัฒนาการของตนก่อนที่จะมีการอบรมหลักสูตรอย่างใดก็ตาม แม้ว่าผู้เชี่ยวชาญ วิทยากรช่วยสอน จะมีความเห็นตรงกันว่าสื่อที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าสื่อที่เป็นสัญลักษณ์หรือนามธรรมก็ตาม แต่การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนในสถานการณ์จริงยังมีปัญหาและอุปสรรคข้อจำกัดมากมาย ที่ทำให้การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนไม่เป็นไปตามหลักการ วิทยากรช่วยสอนส่วนใหญ่ยังคงใช้คำพูดมากกว่าใช้สื่อในการฝึกอบรม ปัญหาดังกล่าวอาจจะเป็นเพราะเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเรื่องใหม่ที่กำลังเป็นที่สนใจของคนไทยสื่อที่พบเห็นมีเพียงรูปภาพ แผ่นสไลด์ประกอบคำบรรยาย ตัวรถยนต์ไฟฟ้ายังไม่ได้มีใช้กันอย่างจริงจังในประเทศไทย ดังนั้นสื่อผสมที่มีเสียงและภาพเคลื่อนไหวได้จึงมีราคาแพง ก่อให้เกิดปัญหาการใช้สื่อการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ สถิตินา มาประเสริฐ (2539:346) ที่ได้ทำการศึกษารวบรวมผลงานการวิจัยในประเทศไทยสรุปว่า ปัญหาการใช้สื่อการเรียนการสอนในโรงเรียนมี 4 ประการคือ ปัญหาการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอน มีสื่อการเรียนการสอนไม่ครบทุกกลุ่มประสบการณ์ สื่อที่ใช้ฝึกทักษะกระบวนการมีไม่เพียงพอและมีแนวโน้มว่าความต้องการสื่อในการเรียนการสอนมากขึ้น ปัญหาคุณภาพของสื่อการเรียนการสอน หนังสือเรียนหรือสิ่งพิมพ์ซึ่งเป็นสื่อที่ล้าสมัยได้อย่างรวดเร็ว การผลิตใหม่หรือการปรับปรุงต้องใช้กระบวนการและเวลามากไม่ทันกับการเปลี่ยนแปลงจึงล้าสมัยทำให้ไม่มีคุณภาพเท่าที่ควร ปัญหาการใช้ประโยชน์จากสื่อการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอนบางชนิดบางลักษณะ บางเวลา อาจไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านของนักเรียนได้ ปัญหาที่พบย่อยคือ ปัญหาสื่อการเรียนการสอนที่มีอยู่ไม่ได้รับความสนใจและนำไปใช้ประโยชน์มากเท่าที่ควร มีสื่อการเรียนการสอนไม่น้อยที่เก็บอยู่ในห้องเก็บสื่อ ซึ่งนับว่าเป็นการใช้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าเป็นอย่างยิ่ง ปัญหาสุดท้ายเป็นปัญหาการขาดความรู้ด้านสื่อการเรียนการสอน ผลการวิจัยจำนวนมากระบุว่าขาดความรู้ความเข้าใจในการผลิตและการใช้สื่อการเรียนการสอน ขาดทักษะในการซ่อมบำรุงรักษา โดยเฉพาะสื่อที่มีความซับซ้อน จะเห็นได้ว่าสื่อเป็นช่องทางหรือพาหนะที่นำความรู้จากครูผู้สอนไปสู่ักเรียนได้ การฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในครั้งนี้ได้ผลิตสื่อที่เน้นการมองเห็นเป็นประการสำคัญ ได้แก่ รูปภาพ แผนภูมิ แผ่นใส โครงข่ายงาน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับรู้หรือความเข้าใจในการรับเนื้อหาสามารถผ่านสื่อประสาททางตา ซึ่งสอดคล้องกับ

ผลการวิจัยของ พิสิษฐ์ เมธากัทรและธีระพล เมธิกุล (2522 : 145) ที่พบว่าผลการรับรู้หรือความเข้าใจในการรับเนื้อหาสามารถผ่านสื่อประสาททั้งห้าได้ ในอัตราที่แตกต่างกัน สื่อประสาทที่มีผลเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่สำคัญคือผ่านทางตาและหูซึ่งตาสามารถรับรู้เนื้อหาได้มากถึง 75 % และทางหูเพียง 15 % ซึ่งจากผลการวิจัยนี้ ทำให้เกิดแนวความคิดในการพัฒนาวิธีการให้เนื้อหาโดยใช้สื่อผ่านทางสื่อประสาทตาให้มากกว่าที่จะทำได้มากกว่าผ่านทางหู การสร้างสื่อประกอบการอบรมที่ใช้ผลการวิจัยนี้เป็นความพยายามหารูปภาพเพื่อแทนคำบรรยายหรือหารูปภาพประกอบคำบรรยายเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

1.4 ระยะเวลาในการอบรม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นวิทยาการใหม่ที่กำลังเป็นที่สนใจของผู้เรียนในสาขาวิชาช่างยนต์ ดังนั้นระยะเวลาควรจะต้องมีช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนการสอนได้จริง โดยไม่ไปเบียดเบียนเวลาของวิชาอื่น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิชาดังกล่าวได้แยกออกมาต่างหาก เพื่อสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนที่อบอุ่นเป็นกันเองผู้เรียนไม่ต้องเคร่งเครียดเหมือนกับการเรียนในห้องเรียนปกติซึ่งช่วยเสริมสร้างส่วนที่ผู้เรียนสนใจให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยใช้เวลาตอนเย็นหลังจากที่เลิกเรียนปกติแล้วจัดการฝึกอบรมจำนวน 30 คาบ ผู้เข้ารับการอบรมเข้ารับการอบรมโดยสมัครใจ แต่เนื่องจากมีเวลาในการฝึกอบรมน้อย และผู้เข้ารับการอบรมเหนื่อยกับการเรียนและการปฏิบัติงานในการเรียนปกติ จึงทำให้การฝึกอบรมต้องปรับเปลี่ยนแผนงานอยู่ตลอดเวลา จะเห็นว่าปัญหาหนึ่งที่พบคือ เนื้อหาเรื่องที่ต้องฝึกอบรมมาก เวล่าน้อย และการฝึกอบรมเร่ง ทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมไม่มีเวลาศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม นอกจากนี้ วิทยากรช่วยสอนส่วนใหญ่ใช้การบรรยาย ซึ่งเป็นพฤติกรรมโดยตรงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมไม่มีโอกาสฝึกคิด ฝึกค้นคว้า หาความรู้เพิ่มเติมจึงมีการใฝ่รู้น้อย ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาวิจัยถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดแต่จากการสรุปรายงานการวิจัยของต่างประเทศ โดย ประพนธ์ เจริญกุล (2534 : 52-53) พบว่า การจัดโปรแกรมการฝึกอบรมที่เป็นช่วงเดียวตลอดมักจะไม่ไ้ผลแต่โปรแกรมที่มีการจัดเป็น 2 ช่วง โดยมีระยะเวลาคั่นกลางจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการสอนของครู และการจัดตารางการฝึกอบรมอีกแบบหนึ่งที่ได้ผลดีคือ การจัดตารางการฝึกอบรมเป็นชุด ประกอบด้วยช่วงการฝึกอบรม 4-6 ช่วง แต่ละช่วงมีระยะเวลาก่อนอบรม 3 ชั่วโมงติดต่อกัน โดยแต่ละช่วงให้มีระยะเวลาดำเนิน 1-2 สัปดาห์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้เข้ารับการอบรมจำเป็นต้องได้รับเนื้อหาจากการฝึกอบรมครั้งละ

น้อย ๆ และการเว้นช่วงระยะเวลา จะช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนการฝึกอบรมที่ใช้เวลาติดต่อกันจนเสร็จในครั้งเดียวนั้น มีจุดอ่อนคือไม่เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมได้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป รวมทั้งไม่เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้กลับมาอภิปรายหาทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปปฏิบัติจริง

2. การพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ในการพัฒนาหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าผู้วิจัยได้นำผลจากการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสร้างโครงร่างหลักสูตรที่ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตร หน่วยการอบรม ภายในหน่วยการอบรมแต่ละหน่วยประกอบด้วย จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรม สื่อประกอบการอบรม การวัดและประเมินผล

2.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ให้สอดคล้องกับผลจากการศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต โดยอาศัยหลักการกำหนดจุดมุ่งหมายตามแบบของไทเลอร์และทาบา

2.2 หน่วยการอบรม การจัดหน่วยการอบรมในครั้งนี้ ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2.2.1 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้กำหนดจุดมุ่งหมายของเชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยอธิบายว่าผู้เรียนทำอะไรได้บ้างจึงแสดงว่าผู้เรียนไปถึงจุดมุ่งหมายที่ต้องการ บ่งบอกเงื่อนไขของพฤติกรรมที่คาดหวังว่าผู้เรียนต้องทำเมื่อไปถึงจุดมุ่งหมายเอาไว้ด้วย และบ่งบอกผลการปฏิบัติงานขั้นต่ำที่ยอมรับ เน้นการปฏิบัติ ได้แก่ สาธิต วัด วัด สร้าง ผสม ปรับ ประกอบ ต่อวงจร เปลี่ยน ทดลอง ทำ เป็นต้น

2.2.2 เนื้อหาวิชา ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเป็นหลัก และอาศัยหลักการเตรียมเนื้อหาของหลักสูตรของเซลเลอร์และอเล็กซานเดอร์ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาและกำหนดเนื้อหาที่จะสอน ใช้เกณฑ์มาตรฐานได้แก่ เกณฑ์ความยาก เกณฑ์ความสนใจ เกณฑ์การจัดลำดับเนื้อหา มาใช้ในการพิจารณาเลือกเนื้อหา และวางแผนเพิ่มพูนวิธีการสอนที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความแน่นอนในการกำหนดเนื้อหาวิชาที่เหมาะสม

2.2.3 กิจกรรมและวิธีการอบรม ผู้วิจัยยึดเนื้อหาวิชาของหลักสูตร และ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เป็นหลักในการกำหนดกิจกรรมและวิธีการอบรมต่าง ๆ โดยใช้ การบรรยาย ประกอบการชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองเพื่อใช้สำหรับเพิ่มพูนความรู้และเปลี่ยนแปลง ทักษะ เจตคติ และมุ่งเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เข้ารับการอบรม

2.2.4 สื่อประกอบการอบรม ผู้วิจัยยึดเนื้อหาวิชาและกิจกรรมและ วิธีการอบรมเป็นหลักในการเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน เหมาะสมกับ สติปัญญาและประสบการณ์ของผู้เรียน เหมาะสมกับเนื้อหาความรู้ คมีอวิทยากร วิธีการอบรม ได้แก่ ชิ้นงานจริงหรือเครื่องมือจริง หุ่นจำลอง รูปภาพจริงสมมติ ภาพเขียนแบบ แผนตาราง รูปภาพ แผนภูมิ เป็นต้น

2.2.5 การวัดและประเมินผล ผู้วิจัยจัดให้มีการทดสอบก่อน และหลัง การอบรมโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์และแบบวัดเจตคติมุ่งวัดพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความรู้ ลึกที่มีต่อสิ่งแวดลอมต่าง ๆ ใน 3 ระดับจากง่ายไปหายากคือ ขึ้นยอมรับ ขึ้นตอบสนอง และขึ้น ลักษณะนิสัย รวมทั้งจัดให้มีการวัดผลระหว่างการอบรม และหลังอบรมแต่ละหน่วยโดยใช้แบบ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดผลการเรียนรู้ทางทฤษฎีซึ่ง เป็นการวัดความสามารถทางสติปัญญาของ ผู้เรียนในการนำความรู้ออกมาใช้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการทำงานซึ่งอาจจะอยู่ในลักษณะขั้น พื้นดินความรู้ ขึ้นประยุกต์ความรู้และขึ้นส่งถ่ายความรู้และแบบวัดภาคปฏิบัติเป็นการวัดความ สามารถในการใช้กล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการปฏิบัติงานใน 3 ระดับจากง่ายไป หายากได้แก่ ขึ้นเลียนแบบ ขึ้นทำด้วยความถูกต้อง และขึ้นชำนาญ

3. การประเมินโครงร่างหลักสูตร

โครงร่างหลักสูตรที่สร้างขึ้นได้รับการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งอาจจะไม่ครอบคลุมและไม่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องมี การประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในหลักสูตรโดย อาศัยแนวคิดของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขโครงร่างหลักสูตรให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

4. ผลการทดลองใช้หลักสูตร

การสร้างหลักสูตรฝึกอบรมในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนที่ ถูกต้อง รวมทั้งได้รับข้อเสนอแนะและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้วแต่หลักสูตรที่ได้เป็น

เพียงหลักสูตรที่ผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญคาดหวังไว้ว่าเป็นสิ่งที่เหมาะสมและสอดคล้องตรงกับความต้องการของนักศึกษาข้างยนต์เท่านั้น จึงจำเป็นต้องมีการทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ปรากฏว่ามีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทุกประการดังนี้

4.1 ผลการทดสอบความรู้ ความเข้าใจ เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาข้างยนต์

4.1.1 ผลการทดสอบผู้เรียนที่ผ่านการฝึกอบรม มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า การทดลองใช้หลักสูตรส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาข้างยนต์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้เข้ารับการอบรมมีวุฒิภาวะสูงขึ้น กอปรกับผู้เข้ารับการอบรมได้ใช้คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่ไปกับการฝึกอบรมของวิทยากรช่วยสอน ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและทักษะมากกว่าก่อนที่ได้รับการฝึกอบรมทั้งนี้ก็เพราะว่าเอกสารหลักสูตรซึ่งจัดทำไว้อย่างเป็นระบบและผู้เข้ารับการอบรมได้มีโอกาสฝึกอบรมตามหน่วยเรียนนั้น ๆ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น อันเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

4.2 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษาข้างยนต์ ที่มีต่อหลักสูตรปรากฏว่า

4.2.1 เนื้อหาวิชามีความเหมาะสมมากและเหมาะสมมากที่สุด

4.2.2 กิจกรรมและวิธีการอบรม มีความเหมาะสมมากและเหมาะสมมากที่สุด

4.2.3 สื่อประกอบการอบรม ในแต่ละหน่วยมีความเหมาะสมมาก

4.2.4 การวัดและประเมินผลทุกหน่วยมีความเหมาะสมมาก

หลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้ามีความเหมาะสมในเรื่องต่าง ๆ อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อฝึกอบรมตามจุดประสงค์แล้ว ผู้เข้าอบรมมีความสนใจเรียน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าได้เขียนขึ้นโดยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในเรื่องเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า มีการนำไปทดลองใช้เพื่อคัดค้านขั้นตอนของกิจกรรมและภาษาที่ใช้ ตลอดจนผ่านการพิจารณาและปรับปรุงจากผู้เชี่ยวชาญ จึงทำให้เมื่อวิทยากรช่วยสอนนำไปใช้ฝึกอบรมแล้วนักศึกษาข้างยนต์เห็นว่าหลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้ามีความเหมาะสมมาก และวิทยากรช่วยสอนมีความชำนาญมากขึ้นด้วย นอกจากนี้คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองมีแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน สื่อนวัตกรรมกิจกรรม แบบฝึกหัดหลังเรียน ทำให้สะดวกในการนำไปใช้ซึ่งทำให้ผู้เข้ารับการอบรม

มีความสนใจและชอบเรียนเพราะนอกจากจะได้ความรู้แล้วยังสนุกสนานเพลิดเพลินอีกด้วย

4.3 ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า โดยใช้แบบประเมินผลการปฏิบัติงานทั้ง 17 งาน พบว่า การปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมากในทุกทักษะ แต่ยังไม่ถึงระดับดีมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์ยังไม่มากเท่าที่ควร กอปรกับผู้เข้ารับการอบรมต้องใช้เวลาหลังจากที่เลิกเรียนปกติแล้วมาฝึกอบรม ทำให้ผู้เรียนและวิทยากรช่วยสอนไม่สามารถฝึกทักษะในแต่ละกิจกรรมได้ครบถ้วน เพราะต้องเร่งสอนเนื้อหาตามหลักสูตรฝึกอบรมให้ครบและทันเวลา

4.4 ผลการเปรียบเทียบเจตคติของผู้เข้ารับการอบรม ก่อนการทดลองใช้หลักสูตรและหลังการทดลองใช้หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า พบว่า เจตคติหลังการทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กมล วุฒิสวัสดิ์ (2535 : 12) ที่วิจัยเรื่อง ปัญหาและแนวโน้มความต้องการแรงงานช่างเทคนิคด้านอุตสาหกรรมสาขาน้ำที่มีผลกระทบต่อการจัดการเรียนการสอนของวิทยาลัยเทคนิคในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า นักศึกษาที่ไม่มีเจตคติที่ดีต่องานแล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนงาน เมื่อได้รับสิ่งล่อใจเบื้องต้นจากหน่วยงานอื่นให้เปลี่ยนสถานที่ทำงานในอัตราจ้างที่สูงกว่า จึงมีการเปลี่ยนงานเรื่อย ๆ ตามค่าจ้างที่ได้รับ ดังนั้นสถานศึกษาควรหาแนวทางเพื่อสร้างความภาคภูมิใจในการศึกษาทางเทคโนโลยีสาขาวิชาขึ้นช่างเทคนิคของตนเอง ความมีน้ำใจต่อสถานประกอบการ ความกระตือรือร้นต่องานในอาชีพ ความมานะอดทน ให้เกิดขึ้นกับนักศึกษาอย่างเป็นระบบและลึกซึ้ง ซึ่งละเอียดอ่อนเช่นนี้สถานศึกษาต้องปลูกฝังและกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกาะติดแน่นกับตัวนักศึกษาก่อนจะออกไป และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิตา ก้องสมุทร (2537 : บทคัดย่อ) ที่วิจัยเรื่อง คุณลักษณะของผู้สำเร็จอาชีวศึกษาที่ฝ่ายช่างบริหารการบินไทยจำกัดต้องการ พบว่า ในการรับบุคลากรทางอาชีวศึกษาเข้าทำงาน ผู้บริหารส่วนใหญ่ให้ความสำคัญในเรื่องคุณลักษณะทั่วไปเป็นอันดับแรก ได้แก่ ความขยัน ความซื่อสัตย์ ความอดทน ความรับผิดชอบ เป็นต้น

4.5 ผลการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรม พบว่าพฤติกรรมที่ผู้เข้ารับการอบรมแสดงออกในระดับมากที่สุด 4 ทักษะได้แก่ การตรงต่อเวลา ความตั้งใจในการฟัง ความร่วมมือในการทำงาน และความสนใจในบทเรียน ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้เข้ารับการอบรมได้ตระหนักและเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า กอปรกับได้เรียนรู้จากคู่มือการ

เรียนรู้ด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ต้องการ รวมทั้งวิทยากรช่วยสอนได้เปิดโอกาสให้ผู้เข้ารับการอบรมได้แสดงออกอย่างเต็มที่จึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างเด่นชัด ส่วนอีก 3 ทักษะผู้เข้ารับการอบรมแสดงพฤติกรรมในระดับมาก ได้แก่การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ความรับผิดชอบในงานที่มอบหมาย ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม ทั้งนี้เนื่องมาจาก ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรมหลังเลิกเรียนแล้วมีเวลาจำกัด กอรปกับผู้เข้ารับการอบรมเกิดอาการเมื่อยล้าเนื่องจากได้เรียนวิชาต่าง ๆ ในเวลาปกติมาเป็นเวลานาน ร่างกายต้องการการพักผ่อน จึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระหว่างการฝึกอบรม นอกจากนั้น อาจเป็นเพราะสถานการณ์ที่ให้ผู้เข้ารับการอบรมแสดงออกมาไม่เหมาะสม จึงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมมีขีดความสามารถและศักยภาพลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำหลักสูตร เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ไปใช้
 - 1.1 ควรมีการทดลองใช้หลักสูตร เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์กับผู้เรียนกลุ่มอื่น ๆ
 - 1.2 ควรมีการเผยแพร่การฝึกอบรมหลักสูตร เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าอย่างจริงจังให้กับสถาบันอาชีวศึกษาอื่น
 - 1.3 ควรมีการพัฒนาสื่อประกอบกิจกรรมและวิธีการอบรมในหลายรูปแบบเพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในตัวของผู้เรียนแบบถาวรให้มากที่สุด
 - 1.4 ควรมีการจัดการฝึกอบรมที่มีความยืดหยุ่นให้สอดคล้องกับความเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและความก้าวหน้าของการศึกษา
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป
 - 2.1 ควรมีการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างไฟฟ้า หรือสาขาอื่นนอกเหนือจากสาขาช่างยนต์
 - 2.2 ควรพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าให้เป็นวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าที่มีเนื้อหาวิชากว้างและลึก ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเทคโนโลยีเพื่อให้เป็นลักษณะรายวิชาโดยเฉพาะ สามารถใช้สอนแก่นักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวช.) และในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กองบรรณาธิการ. เทคนิครถยนต์สำหรับประชาชน. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์, 2535.
- กองบรรณาธิการ. เทคโนโลยีใหม่ในงานวิศวกรรม. ม.ป.ท., 2527.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. "การเก็บพลังงานแบตเตอรี่," วารสารการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 6(1):30-39; มกราคม-มีนาคม 2540.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. การถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2539.
- กาญจนา วานิชกร. "รถไฟฟ้าเทคโนโลยีใหม่ทางเลือกที่ไทยเริ่มนำมาแก้ปัญหาคับและเสียง," มติชน. 5 สิงหาคม 2538. หน้า 23.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มิตรนราการพิมพ์, 2537.
- กุศล สุนทรธาดา. จุดเปลี่ยนนโยบายประชากรประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2538.
- จันทร์ ทอคำเกา. "แผนทำความสะอาดมลพิษทางอากาศ," วารสารสิ่งแวดล้อม. 1(6):38-41; พฤศจิกายน-ธันวาคม 2539.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. ประมวลบทความหลักสูตรสาระร่วมสมัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ใจทิพย์ เขียวตันพงษ์. การพัฒนาหลักสูตรหลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: อลินเพลส, 2539.
- ชาพงษ์ ประทุมวิจิ. การสร้างหลักสูตรและชุดฝึกอบรมเรื่องระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์สำหรับพัฒนาครูอาจารย์สาขาวิชาช่างยนต์. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527.
- อัสสำเนา.
- ชูเกียรติ จันทราณี. ทฤษฎีตรวจสอบงานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2538.
- ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ. การทดสอบและการวิเคราะห์จุดเสียในวงจรอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: นีลิสส์เซ็นเตอร์, ม.ป.ป.
- ชูชัย ศุภวงศ์ และยุติ คาคการณไกล. "สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศไทย," วารสารการวิจัยระบบสาธารณสุข. 4(4):271-277; 2539.

ชูชัย สมิทธิไกร. จิตวิทยาการฝึกอบรมบุคลากร. เชียงใหม่:มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.

ชูชาติ ศิวภาณุจัน. ปัญหาสังคม. นครปฐม:โรงเรียนนายร้อยตำรวจ, 2539.

ชูศรี วงศ์รัตน์. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บรรณกิจ, 2525.

ชูศรี วงศ์รัตน์. แบบแผนการทดลองและสถิติ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2528.

ชมพันธ์ ฤชธร ณ ออยุธยา. "การจัดระบบอุดมศึกษาไทยที่น่าจะเป็น," การอุดมศึกษา.
มกราคม 2539.

โชติ เพชรขึ้น. เทคนิคการประเมินหลักสูตร. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและ
จิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ม.ป.ป.

ญาดา ดาวพลังนพรม. "กรอบแนวคิดเกี่ยวกับนโยบายการพัฒนาระบบราชการพลเรือนใน
แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8," วารสารข้าราชการ. 14(3)
:41-44; พฤษภาคม-มิถุนายน 2539.

ฉิลก บุญเรืองรอด. "การวิจัยอนาคตทางการศึกษา," วารสารการวิจัยเพื่อการพัฒนา. (3)
:23-25; 2530.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่ และกรรณิการ์ วิทย์สุภากร. มนุษย์ในวิทยาศาสตร์และการสาธารณสุข.
กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2528.

เต็มศักดิ์ เศรษฐวัชรานิช. วิทยาศาสตร์พัฒนาชีวิต. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏสวนดุสิต,
2539.

ถิรพัฒน์ วิลัยทอง. เทคโนโลยีอนาคตที่สำคัญสำหรับประเทศไทยอนาคตธุรกิจเทคโนโลยี.
กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2540.

ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญา และเจษฎา สุพนัทธ์. "มลพิษจากเครื่องยนต์," วารสารวิทยาศาสตร์.
50(2):73-77; มีนาคม-เมษายน 2539.

ธีรวุฒิ บุญยโสภณ. การบริหารอาชีพและเทคนิคศึกษาเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ:
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.

นათยา ปิณฑนานนท์. อนาคตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2526.

นิภาภรณ์ เอี่ยมสังวาลย์. "ขับเคลื่อนไปอย่างไร้มลพิษ," วารสารควบคุมพิษ. 1(1):8;
สิงหาคม 2539.

บุญจิตต์ ฉัตรภูมิ. การพัฒนาหลักสูตรและรายวิชา. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2539.

บุญเชิด ภูมิดุรณันตพงษ์. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2527.

บรรณาธิการ. "โครงการรถไฟฟ้า," ไฟฟ้าและอุตสาหกรรม. 3(3):31-34; มีนาคม 2529.

บรรณาธิการ. "รถพลังงานไฟฟ้ามิตรของสภาพแวดล้อม," ข่าวโตโยต้า. 4-5, ม.ป.ป. ประเทือง เพชรรัตน์. "เทคนิคเคลฟาย," วารสารการวิจัยเพื่อการพัฒนา. (3):38-39; 2530.

ประยูร ศรีประสาธน์. "เทคนิคการวิจัยแบบเคลฟาย," วารสารการศึกษาแห่งชาติ. 49-57; เมษายน-พฤษภาคม 2523.

ประไพศรี สงวนวงศ์. "เทคนิคการวิเคราะห์แนวโน้มของหลักสูตรในทศวรรษหน้า," วารสารการพัฒนาหลักสูตร. (81):17-22; ธันวาคม 2531.

เพชรฯ สงวนแสง. การประเมินผลหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นสาขาวิชาช่างเครื่องยนต์ของโรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2535. อัดสำเนา.

พิสิฐ เมธามัทร และ ชีระพล เมธิกุล. ยุทธวิธีการเรียนการสอนวิชาเทคนิค. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2529.

พิรศักดิ์ วรสุนทรโรต. "รถไฟฟ้า," ชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์. 30(7):15-18; เมษายน 2526.

พลพร แสงบางปลา. "รถไฟฟ้าศักยภาพทางการขนส่ง," วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี. 22(125):75-79; กุมภาพันธ์-มีนาคม 2539.

พวา พันธุ์เมฆา. สารนิเทศกับการศึกษาค้นคว้า. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์กรุงเทพ, 2535.

ไพรัช เพ็ญดวง. กระบวนการฝึกอบรมที่พึงประสงค์สำหรับอาจารย์สาขาวิชาช่างยนต์ในวิทยาลัยสารพัดช่างและวิทยาลัยการอาชีวศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537. อัดสำเนา.

ไพฑูรย์ ธรรมแสง. "เทคนิคเคลฟาย," วารสารศูนย์วิจัยวิทยาลัยครูบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. 3(1):9; ตุลาคม 2528.

ไพศาล หวังพานิช. วิธีการวิจัย. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531.

ไพศาล หวังพานิช. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2526.

รัชดา อิศระเสนารักษ์. "มาตรฐานรณนัยกับการแก้ปัญหาพิษทางอากาศในประเทศไทย,"

วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี. 22(125):95-97; กุมภาพันธ์-มีนาคม 2539.

รัตนวรรณ แก้วปัญญา. "การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยบริษัทลงทุนข้ามชาติ," วารสารเอ็มไออีที.

:17-20 พฤษภาคม 2540.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. หลักวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ:ศึกษานร, 2531.

วัน เชนิชัย. คู่มือการวิจัยและการประเมินโครงการทางการศึกษาและพฤติกรรมศาสตร์.

สงขลา:มนตรีบริการ. 2525.

วัลลภ สุระกำพลธร. "แนวคิดบางประการในการวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,"

วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. (5)1:71-78; มีนาคม 2540.

วันชัย คุณากรวงศ์ และคณะ. การคำนวณวงจรทรานซิสเตอร์. กรุงเทพฯ: นีลิสส์เซ็นเตอร์, ม.ป.ป.

วิณะ กันเผือก. การสำรวจทักษะและความต้องการการฝึกอบรมของช่างยนต์ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่ปฏิบัติงานในศูนย์ซ่อมและบริการรถยนต์ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล.

วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,

2529. อัดสำเนา.

วิชัย วงษ์ใหญ่. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ:สุริยสาร,

2537.

วิจิต สุรัตน์เรืองชัย. วิธีสอนทั่วไป. ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา. 2540.

วิทร วิภาหิสน์. หลักสูตรและการพัฒนารายวิชา. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล,

2536.

วินัย สมบูรณ์. "เชื้อเพลิงสะอาด," วารสารสิ่งแวดล้อม. 1(5):23-25; กันยายน-ตุลาคม

2539.

วิรัช กุมทมาศ. การอาชีวศึกษาในทศวรรษใหม่. กรุงเทพฯ:เฮอร์วีนการพิมพ์, 2528.

วิรัตน์ สิทธิพงศ์. ปรัชญาอาชีพและเทคโนโลยีศึกษา. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2540.

สัจด์ อุทรานนท์. พื้นฐานและหลักการพัฒนาลัทธิสตร. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มิตรสยาม, 2532.
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมใครับผิดชอบ.

กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์พิทักษ์รักษา, 2534.

สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). อุปกรณ์ไฟฟ้า. กรุงเทพฯ:เอสเอ็นการพิมพ์, 2531.
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (3 ปี) สาขาวิชาช่างยนต์

พหุศักราช 2538. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2538.

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. "แผนแม่บทเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทย,"
อุตสาหกรรมสาร. 39(3):28-36;กรกฎาคม-กันยายน 2539.

สถานร ญุสมมติ. การศึกษาวิธีการฝึกอบรมและประเมินผลหลักสูตรช่างยนต์ขั้นต้นระยะสั้นของ
สถานประกอบการในภาคกลาง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527. อัดสำเนา.

สิทธิชัย โกโคชอุดม และคณะ. ทฤษฎีและการคำนวณวงจรอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ:ซีเอ็ด
ยูเคชั่น, 2533.

เสริม ทศศิริ. การวัดผลการศึกษา.สงขลา : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคใต้, 2536.

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. การพัฒนาลัทธิสตรรายวิชา. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ, 2520.

สุนันท์ ศลโกสม. "การทดสอบภาคปฏิบัติ" เอกสารประกอบการฝึกอบรม การวัดและประเมินผล
การศึกษา. เชียงใหม่ : คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2527.

สุภาพ จันทรหงษ์. "คุณภาพอากาศบริเวณถนนในกรุงเทพมหานครในปี 2539," วารสาร
ควมคมนิษ. 1(11):2;มิถุนายน-สิงหาคม 2539.

สุรัชย์ วังยายฉิม. "ยานยนต์ในยุคพัฒนา," วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี. 22(125):69-73;
กุมภาพันธ์-มีนาคม 2539.

สุวรรณา เขื่อนรัตน์. "การวิจัยด้วยเทคนิคเดลฟาย," วารสารข่าวสารการวิจัยการศึกษา.
2535.

- สำรวย เฟื่องอัน. สมรรถภาพของช่างเทคนิคบริการซ่อมเครื่องยนต์แบบเบนซินระบบหัวฉีด
เชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ตามทัศนะของสถานประกอบการกรณีศึกษาอุตสาหกรรมบริการ.
วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2525.
- สำลี ทองธิว. หลักการและกระบวนการพัฒนาหลักสูตรงานอาชีพ. กรุงเทพฯ:จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 2539.
- สมคิด ณะเรืองสกุลชัย. การวิเคราะห์การทำงานของช่างฝีมือในโรงงานเพื่อเปรียบเทียบกับ
หลักสูตรช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.). วิทยานิพนธ์ คอ.ม.
กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2522. อัดสำเนา.
- สมบูรณ์ ชิตพงษ์. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษา
และจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2522. อัดสำเนา
- สมศักดิ์ แต้มบุญเลิศชัย และคณะ. รายงานการศึกษาทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมไทยในช่วง
แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ธรรมศาสตร์, 2539.
- อนันต์ คัมภีร์รานนท์. อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1. กรุงเทพฯ:สยามสปอร์ต, 2538.
- อุมพร ไชยจำเริญ. การศึกษาภาวะผู้นำและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของผู้บริหารวิทยาลัยการ
อาชีพในทศวรรษหน้า. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539. อัดสำเนา.
- อรรณ นาคไธสง. "รถยนต์กับสิ่งแวดล้อม," วารสารวิทยาศาสตร์. 48(1):68-70; กุมภาพันธ์
2527.
- Anon, "Electric drive motor and controller technology in detail,"
Automotive Engineer(London). 18(2):28-31; Apr-May, 1993.
- Ainsworth, Murray. Making it happen: managing Performance at Work.
Prentice-Hall, Inc., 1993.
- Alison, Wolf. Competence-Based Assessment. Edmundsburg Press, 1995.
- Bean, James A. et al. Curriculum Planning and Development. Boston:
Allyn and Bacon, Inc., 1986.

- Bloom, B.S. et al. Taxonomy of Educational Objective, the Classification of Educational Goals, Handbook 1 : Cognitive Domain.
Newyork: David Mckay Company, Inc., 1972.
- Blank, William E. Handbook for Developing Competency-Based Training Program. Prentice-Hall, Inc., 1982.
- Bose, Bimal K. "A Microprocessor-Based Control System for a Near-Term Electric Vehicle," IEEE Transaction on industry applications.
1A-17(6):626-631; Nov-Dec, 1981.
- Bratz, Gordon T. "Plugging in to electric vehicles," Military Engineers. 85(559):40-44; Sep-Oct, 1993.
- Campbell, Donald T. and Julian C. Stanley. Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research. Houghton Mifflin Company.
1963.
- Chen, Yufei and Jame W. Evan "Heat Transfer Phenomena in Lithium/Polymer Electrolyte Battery for Electric Vehicle Application,"
Journal of the Electrochemical Society. 140(7):1833-1838; Jul, 1993.
- Cherry, Timothy R. "LA301 Hybrid Electric Vehicle," SAE Technical Paper Series. Publ by SAE, 1992. p 1-4.
- Coates, Dwaine; and others. "Advanced Battery Systems for Electric Vehicle Applications, Environmental Impact, Energy Systems, New Technology for Energy Utilization, Policy Issues, Renewable Energy Source Stirling Cycles," Proceeding of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference. 2:273-278 publ by SAE, 1993. p 273-278.

- Cow,Dorris T. Curriculum Analysis : an Aid to Selection Adaption and Implimentation of Curricula. Pittburgh : University of Pittsburgh Learning Research and Development Center,1977.
- Danverne,J."Electric Vehicle Climate Control,"Automotive Engineering. 102(4):55-57; Apr,1994.
- Deluca,W.H. and others."Performance and Life Evaluation of Advanced Battery Technologies for Vehicle Applications,"SAE(Society of Automotive Engineers)v100,sect 6, 1991. p 1582-1591.
- Dickinson,Blake and others. "Comparison of Advanced Battery Technologies for Electric Vehicles," Electric Vehicle Power Systems; Hybrids,Batteries,Fuel Cells. pulb by SAE. n 984,1993. p 1311.
- Doll,Ronald C. Curriculum Improvement : Decision Making and Process. Boston:allyn and Bacon,1992.
- Field,Laurie and Dennis. Drydale. Training for Competence:Handbook for Trainers an FE Teachers. Longman:Cheshire,1990.
- Fletcher,Shireley. Competence-Based Assessment Technique.Kogan Page, 1992.
- Fukimo,Masato and others."Development of an Electric Concept Vehicle With a Super Quick Charging System," Electric and Hybrid Vehicle Technology. Publ by SAE,1992.p.25-32.
- Good,Cater V. Dictionary of Education. McGraw-Hill,Inc. 1973.
- Harbauer,Werner."Developing Drive Systems for the Evolving Electric Vehicle Market," Siemens Review. 60(5):32-35;Sep-oct 1993.
- Hardin,J.E."Key Battery Test Result at The Idaho National Engineering Laboratory."Proceeding-Society of Automative Engineers. Publ by SAE,1992.p.333-339.

- Heitner, Kenneth L. "Systems and Test Results Electric and Hybrid Propulsion," Proceedings Society of Automotive Engineers. Publ by SAE, 1992. p.309-316.
- Jurgen, Ronald K. Automotive Electronics Handbook. McGraw-Hill, Inc., 1995.
- Kohout, Frank J. Statistics for Social Science. Newyork: John Willey, 1974.
- Kroehnert, Gary. Basic Training for Trainers: a Handbook for New. McGraw-Hill, Inc., 1995.
- Lanian-P and others. "Monitoring Fleets of Electric Vehicle-Optimizing Use and Maintenance." Journal of Power Source. v.53. Iss 2, 1995. p.143-147.
- Liao, Quanlai. "Key Techniques and Strategies for Development of Electric Automotives," China Mechanical Engineering. 4(4):46-48; Aug, 1993.
- Miller, Delbert C. Handbook of Research Design and Social Measurement. Sage Publications, Inc., 1991.
- Northern Alberta Institute of Technology. Designing a Competency-Based Curriculum. Northern Alberta Institute of Technology, 1992.
- O'Brien, William A. "Electric Vehicles : a Look Behind The Scence," IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 8(5):38-41; May, 1993.
- O'Connell and Lawrence G. "Electric Vehicle and Clean Air," Proceedings-Society of Automotive Engineers. Publ by SAE, 1992. p.317-333.

OECD. The Urban Electric Vehicle Policy Option Technology Trends and Market Prospects. Head of Publications Service, OECD, 1992.

Parrent, Micheal and others. "Public Transport System Based on Ligth Electric Cars," Proceeding of the 4th International Conference on Automated People Movers. Publ by ASCE, 1993. p.154-161.

Rahman, S "Investigation into the Impact of Electric Vehicle Load on the Electric Utility Distribution System," IEEE Transactions on Power Delivery. 8(2):591-597; Apr, 1993.

Roger Buckey and Jimple. The Theory and Practice of Training. Kogan Page Ltd., 1990.

Saylor, J.G. and William M. Alexander. Planning Curriculum for Scholls. Newyork: Rinehart and Winston, 1974.

Taba, Hilda. Curriculum Development : Theory and Practices. Newyork: Harcourt, brace and World, Inc., 1962.

Tyler, Ralph W. Basic Priciples of Curriculum and instruction. Chicago: The University of Chicago, 1949.

Tsutomu, Ohmae. "A Direct Digital Control System For Electric Vehicles." "International Power Electric Conference Records", Tokyo, 1983. p.1736-1747.

Valenti, Michael. "Hybrid car promises high performance and low emissions," Mechanical Engineering. 116(7):46-49; Jul, 1994. p.46-49.

Venkatesen, S. and others. "Progress in the development of ovanic nickel metal hydride batteries." IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 8(5):32-34; May, 1993.

Wang, Quaniu and Mark A. Deluchi "Impacts of electric vehicles of primary energy consumption and petroleum displacement"

Energy (Oxford),17(4):315-366;1993.

Warren,J.F."Site operator program," Proceedings-Society of Automotive Engineers. Publ by SAE,1992.p.327-332.

Wicks, Frank and Eli G. Doane "Temperature dependent performance of a lead acid electric vehicles battery," Proceedings of the Intersociety Energy Conversion Engineering Conference.v.1.
p.1133-1138.1993.

Worth,Blame R. and Jame R. Sander. Educational Evaluation: Theory and Practice. Washington: Chares A Jones Publishing Publish, 1973.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในทศวรรษหน้ารอบที่ 1

แบบสอบถามสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในทศวรรษหน้ารอบที่ 2

แบบสอบถามสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในทศวรรษหน้ารอบที่ 3

สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 1-3

แบบสอบถามรอบที่ 1

เรื่อง การศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในทศวรรษหน้า

คำแนะนํ้า

โปรดระบุว่านักศึกษาข้างย่นระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในกรมอาชีวศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล หรือสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในอีก 10 ปี
ข้างหน้า ตามความคิดเห็นของท่านควรมีความสามารถหรือสมรรถภาพ หน้าที่ หรือการปฏิบัติ
งานข้างย่นต่อไปนี้บ้าง

1. ด้านความร

[illegible]

ด้านความร (ต่อ)

[illegible]

2. ด้านทักษะ

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

ด้านทักษะ (ต่อ)

[illegible]

3. ด้านจิตพิสัย

[illegible]

ด้านจิตพิสัย (ต่อ)

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

แบบสอบถามรอบที่ 2

การศึกษасรรณภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในศวรรษหน้า

คำชี้แจง

โปรดแสดงความคิดเห็นว่านักศึกษาช่างยนต์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในอีก 10 ปีข้างหน้า ตามความคิดเห็นของท่านควรมีความสามารถหรือสมรรถภาพอย่างไรบ้าง โดยเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องระดับความจำเป็นท้ายข้อความนั้น

ระดับของความจำเป็น

- 5 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานมากที่สุด
 4 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานมาก
 3 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานปานกลาง
 2 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานน้อย
 1 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานน้อยที่สุด

ตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
1. คิดออกแบบตัวถังรถยนต์	/				

อธิบายความหมาย

ข้อที่ 1 ท่านเลือกกาเครื่องหมายถูก(✓)ในช่องหมายเลข 5 หมายความว่า คิดออกแบบตัวถังรถยนต์ เป็นสมรรถภาพที่มีความจำเป็นมากที่สุด

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
ด้านความรู้					
1. ออกแบบตัวถังรถยนต์					
2. คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตัวถังรถยนต์					
3. สร้างตัวถังรถยนต์					
4. ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์					
5. ใช้อลูมิเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์					
6. ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์					
7. ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์					
8. ออกแบบวงจรตี.ซี. ซอปเปอร					
9. เปลี่ยนแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์					
10. เปลี่ยนมอเตอร์					

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
11. เติมประจุไฟแบตเตอรี่					
12. เขียนระบบกลไกการขับ					
13. เขียนระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า					
14. ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ					
15. เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยมือ					
16. เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก					
17. ใช้สวิตช์ทรานซิสเตอร์					
18. ใช้ไทรสเตอร์					
19. ใช้อุปกรณ์จุดชนวน					
20. ออกแบบวงจรควบคุมเกต					
21. ต่อวงจรชอปเปอร์					

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
22. ต่อดวงจรรีเลย์					
23. ต่อดวงจรรีเลย์					
24. เขียนหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์					
25. เขียนระบบการขับเคลื่อนตรง					
26. เขียนระบบการขับเคลื่อนสลับ					
27. เขียนโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า					
28. เขียนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า					
ด้านทักษะ 29. ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่					
30. เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า					
31. เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว					

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
32. จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์					
33. ต่อดวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า					
34. เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า					
35. ต่อดวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม					
36. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม					
37. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน					
38. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม					
39. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง					
40. วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ					
41. วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ					
42. วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ					

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
43. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ					
44. ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส					
ด้านจิตพิสัย					
45. มีระเบียบวินัย					
46. ขยัน					
47. อดทน					
48. คล่องแคล่ว					
49. ตรงต่อเวลา					
50. รับผิดชอบต่อหน้าที่					
51. เชื่อมั่นในตนเอง					
52. มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ					

สมรรถภาพของนักศึกษาข้างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
53. ชื่อสัตย์ต่อลูกค้า					
54. มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานให้ได้คุณภาพ					
55. ละเอียตรอบคอบในการทำงาน					
56. กระตือรือร้นในการทำงาน					
57. กล้าในการตัดสินใจ					
58. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
59. ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา					
60. รับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงาน					

แบบสอบถาม

การศึกษาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในทศวรรษหน้า

คำชี้แจง

โปรดแสดงความคิดเห็นว่านักศึกษาช่างยนต์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ในอีก 10 ปีข้างหน้า ตามความคิดเห็นของท่านควรมีความสามารถหรือสมรรถภาพอย่างไรบ้าง โดยเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องระดับความจำเป็นท้ายข้อความนั้น

ระดับของความจำเป็น

- 5 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานมาก
- 3 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานน้อย
- 1 หมายถึง มีความจำเป็นต่อการปฏิบัติงานน้อยที่สุด

ตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
1. คิดออกแบบตัวถังรถยนต์	/				

อธิบายความหมาย

ข้อที่ 1 ท่านเลือกกาเครื่องหมายถูก(✓)ในช่องหมายเลข 5 หมายความว่า คิดออกแบบตัวถังรถยนต์ เป็นสมรรถภาพที่มีความจำเป็นมากที่สุด

สมรรถภาพของนักศึกษาข้างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
ด้านความรู้					
1. ออกแบบตัวถังรถยนต์	*				๒
2. คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตัวถังรถยนต์	*				๒
3. สร้างตัวถังรถยนต์	*				๒
4. ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์		*			๒
5. ใช้ลูนีเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์	*				๒
6. ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์	*				๒
7. ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์	*				๒
8. ออกแบบวงจรตี.ซี.ชอปเปอร์		*			๒
9. เปลี่ยนแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์	*				๒
10. เปลี่ยนมอเตอร์	*				๒

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
11. เติมประจุไฟแบตเตอรี่	*				┐
12. เขียนระบบกลไกการขับ	*				┐
13. เขียนระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า	*				┐
14. ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ	*				┐
15. เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยมือ	*				┐
16. เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก	*				┐
17. ใช้สวิตช์ทรานซิสเตอร์	*				┐
18. ใช้ไทรสเตอร์		*			┐
19. ใช้อุปกรณ์จุดชนวน	*				┐
20. ออกแบบวงจรควบคุมเกต	*				┐
21. ต่อวงจรขอปเปอร์		*			┐

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
22. ต่อวงจรอินเวอร์เตอร์	*			☐	
23. ต่อวงจรคอนเวอร์เตอร์	*				☐
24. เขียนหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์	*			☐	
25. เขียนระบบการขับเคลื่อนกระแสตรง		*		☐	
26. เขียนระบบการขับเคลื่อนกระแสสลับ	*			☐	
27. เขียนโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า	*			☐	
28. เขียนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์ รถยนต์ไฟฟ้า	*			☐	
ด้านทักษะ					
29. ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่		*		☐	
30. เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า	*				☐
31. เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว	*			☐	

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
32. จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์	*			☐	
33. ต่อดวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	*				☐
34. เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า	*			☐	
35. ต่อดวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม	*			☐	
36. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	*				☐
37. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	*			☐	
38. ต่อดวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	*			☐	
39. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	*			☐	
40. วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ		*		☐	
41. วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ		*		☐	
42. วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	*			☐	

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
43. วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	*			๒	
44. ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส	*			๒	
ด้านจิตพิสัย					
45. มีระเบียบวินัย		*		๒	
46. ขยัน	*			๒	
47. อดทน	*			๒	
48. คล่องแคล่ว		*		๒	
49. ตรงต่อเวลา		*			๒
50. รับผิดชอบต่อหน้าที่	*			๒	
51. เชื่อมั่นในตนเอง	*			๒	
52. มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ	*			๒	

สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต	ระดับความจำเป็น				
	5	4	3	2	1
53. ซื่อสัตย์ต่อลูกค้า	*			┐	
54. มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานให้ได้คุณภาพ		*		┐	
55. ละเอียตรอบคอบในการทำงาน	*				┐
56. กระตือรือร้นในการทำงาน	*			┐	
57. กล้าในการตัดสินใจ	*				┐
58. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	*			┐	
59. ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา		*		┐	
60. รับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงาน	*			┐	

สรุป
ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในรอบที่ 1-3

1. ด้านความรู้ ประกอบไปด้วย ออกแบบตัวถังรถยนต์ คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบตัวถังรถยนต์ สร้างตัวถังรถยนต์ เลือกใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์ เลือกใช้อลูมิเนียมในการผลิตตัวถังรถยนต์ เลือกใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์ เลือกใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์ ออกแบบวงจรตี.ซี. ซอปเปอร์ เลือกใช้แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เลือกมอเตอร์และการควบคุมรถยนต์ เติมประจุไฟแบตเตอรี่ เลือกระบบกลไกการขับ เลือกระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ ซ่อมเพลาช่าง ซ่อมโครงรถ ซ่อมแม่พิมพ์เบรค ซ่อมแม่พิมพ์ล้อ ซ่อมอุปกรณ์ช่วยเบรค เปลี่ยนผ้าเบรค ซ่อมครัทช์ ซ่อมเกียร์ ซ่อมข้อต่อ ซ่อมเฟืองท้าย ปรับตั้งเบรค ครัทช์ ลูกปืนล้อหน้า สลับยาง ปรับพวงมาลัย เปลี่ยนสายไมล์ สายเบรค โช้คอัพ ลูกยางกันโครง ซ่อมส่วนล้อหน้า ซ่อมส่วนล้อหลัง ซ่อมกระปุกเกียร์พวงมาลัยและคันชักส่ง ตั้งศูนย์ล้อและสมคูล์ล้อ เปลี่ยนสวิทช์แบบที่ทำงานด้วยมือ เปลี่ยนสวิทช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก เลือกใช้สวิทช์ทรานซิสเตอร์ ใช้สวิทช์ทรานซิสเตอร์ควบคุมหลอด เลือกใช้ไทรสเตอร์ควบคุมเฟล เปลี่ยนไทรสเตอร์ เลือกใช้อุปกรณ์จุดชนวน เปลี่ยนอุปกรณ์จุดชนวน ออกแบบวงจรควบคุมเกตแบบพื้นฐาน เลือกใช้งานวงจรซอปเปอร์ เลือกใช้งานวงจรอินเวอร์เตอร์ เลือกใช้งานวงจรคอนเวอร์เตอร์ เลือกใช้งานหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เลือกใช้งานระบบการขับแบบกระแสตรง เลือกใช้งานระบบการขับแบบกระแสสลับ เลือกใช้โครงข่างานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า เลือกใช้อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ โครงสร้างของเครื่องยนต์ กระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ การน็อคของเครื่องยนต์ ห้องเผาเครื่อง การอุ่นอากาศ วงจรน้ำมันเชื้อเพลิง ท่อน้ำมันเชื้อเพลิง ฟองอากาศในระบบน้ำมันเชื้อเพลิง ถังน้ำมันเชื้อเพลิง ปั้มความดันต่ำ กรองน้ำมันเชื้อเพลิง ปั้มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ลิ้นส่งน้ำมัน การตั้งจังหวะการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง ปั้มฉีดน้ำมันแบบจานจ่าย ปั้มความดันต่ำแบบใบพัด ลิ้นตัดน้ำมัน อุปกรณ์เร่งการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงแบบไฮโดรลิก หัวฉีด เครื่องควบคุมความเร็วแบบกลไก เครื่องควบคุมความเร็วแบบสัญญาณภาค เครื่องควบคุมความเร็วลูกผสม เครื่องควบคุมความเร็วแบบนิวเมติก งานบำรุงรักษารถยนต์ วิธีการเติม ตรวจสอบถ่าย เปลี่ยนชิ้นส่วน งานปรับแต่งเครื่องยนต์ทั้งเบนซินและดีเซล งานระบบจุดระเบิด งาน

ระบบเชื้อเพลิง งานเครื่องยนต์ งานไฟฟ้า งานระบบฉีดเชื้อเพลิง

ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบไปด้วย ระบบประจุอากาศ ระบบเชื้อเพลิง ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ระบบควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง ระบบควบคุมการจุดระเบิด ระบบควบคุมรอบเดินเบา ระบบควบคุมการประจุอากาศ ระบบการวิเคราะห์ปัญหา การตรวจสอบและการปรับแต่ง งานซ่อมเบาเครื่องยนต์ประกอบไปด้วย งานวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง งานเปิดฝาสูบ งานส่วนประกอบของเครื่องยนต์ งานซ่อมหนัก ประกอบไปด้วย งานวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง งานยกเครื่องออกจากตัวรถ งานเปิดฝาสูบ งานเสื้่สูบเครื่องยนต์ งานบริการช่วงล่าง ประกอบไปด้วย งานปรับตั้งเบรค ครีซ ลูกปืน ครีซ ลูกปืนล้อหน้า สลับยาง งานเปลี่ยนสายไมล์ งานเปลี่ยน ประกอบไปด้วย การเปลี่ยนสายไมล์ สายเบรค โช้คอัพ ลูกยาง งานซ่อมระบบรองรับน้ำหนัก ประกอบไปด้วย งานซ่อมส่วนล้อหน้า งานซ่อมส่วนล้อหลัง งานซ่อมระบบบังคับเลี้ยว ประกอบไปด้วย งานซ่อมระบบกระปุกเกียร์พวงมาลัยและคันชักส่ง งานตั้งศูนย์ล้อและสมดลย์ล้อ งานซ่อมระบบส่งกำลัง ประกอบไปด้วย งานซ่อมครีซ งานซ่อมเกียร์ งานซ่อมข้อต่อ งานซ่อมเฟืองท้าย งานซ่อมเพลาช้าง งานซ่อมระบบเบรค ประกอบไปด้วย งานซ่อมแม่ปั้ม งานซ่อมกระบอกเบรค งานซ่อมอุปกรณ์ช่วยเบรค งานเปลี่ยนผ้าเบรค งานซ่อมระบบไฟฟ้ารถยนต์ ประกอบไปด้วย งานซ่อมแบตเตอรี่ งานซ่อมมอเตอร์สตาร์ท งานระบบประจุไฟ งานระบบแสงสว่างและสัญญาณ

2. ด้านทักษะ ประกอบไปด้วย ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส งานบำรุงรักษารถยนต์ พื้นฐานงานช่าง งานบริการในห้องเครื่องและห้องโดยสาร ตรวจ เติม ถ่านน้ำ น้ำมันเครื่อง น้ำมันเบรค น้ำมันครีซ น้ำล้างกระจก น้ำกลั่นแบตเตอรี่ ตรวจ เปลี่ยนสปริง สายพาน หัวเทียน สายหัวเทียน ไล้กรองอากาศ ไล้กรองน้ำมัน เครื่อง ไขปัดน้ำฝน หัวฉีด

ล้างกระจก

-งานบริการใต้ท้อง

ตรวจ ถ่าย เติม น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ เฟืองท้าย กระปุกเกียร์พวงมาลัย
หล่อลื่น อัดจารบี ข้อต่อ ลูกหมาก จุดเคลื่อนไหว

สลัดยาง ตรวจเติมแรงดันลม

ตรวจแก๊วไขการรื้อขันน้ำมันใต้ท้องรถยนต์ ตรวจเปลี่ยนลูกยางหุ้มแท่นเกียร์ แท่นเครื่อง
ตรวจเปลี่ยนลูกยางหุ้มโช้คอัพ

-งานล้างทำความสะอาดรถยนต์

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน บริการหัวเทียน บริการจานจ่าย วิเคราะห์จานจ่าย วัดแรง
เคลื่อนตกในวงจรจุดระเบิด ตรวจสอบคอยล์จุดระเบิด สายหัวเทียน และ
อุปกรณ์โดยใช้อิโหมมิเตอร์ ตั้งไฟโดยใช้เทสแลมป์และไทมิ่งไลท์ บริการระบบ
เชื้อเพลิง ซ่อมปั๊มเชื้อเพลิง ล้างคาร์บูเรเตอร์ ทดสอบเครื่องยนต์โดย
ใช้เครื่องมือเบื้องต้น บริการแบตเตอรี่ ทดสอบการควบคุมแรงเคลื่อนของเรกกู
เลเตอร์ ตั้งลิ้นเครื่องยนต์

-งานซ่อมเบา งานวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง

-งานผ่าสับ

-งานส่วนประกอบเครื่องยนต์

-งานซ่อมหนัก

วิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง

งานยกเครื่องเข้าและออกจากตัวรถยนต์

งานถอดประกอบชิ้นส่วน

งานทดสอบเครื่องยนต์

-งานบริการช่วงล่าง

งานปรับตั้งเบรค ครีซ ลูกปืนล้อหน้า สลัดยาง ฟรีพวงมาลัย

งานเปลี่ยน สายไมล์ สายเบรค โช้คอัพ ลูกยางกันโคลง ท่อไอเสีย

-งานซ่อมระบบรองรับน้ำหนัก

งานซ่อมส่วนล้อหน้า ตรวจ วิเคราะห์ ถอดประกอบ ระบบรองรับน้ำหนัก

เปลี่ยน และทดสอบ

งานซ่อมส่วนล้อหน้า ตรวจ วิเคราะห์ ถอดประกอบ ระบบรองรับน้ำหนัก

เปลี่ยน และทดสอบ

-งานซ่อมระบบบังคับเลี้ยว

งานซ่อมกระปุกเกียร์พวงมาลัยและคันชักส่งตรวจ วิเคราะห์ ถอดประกอบ

เปลี่ยน และทดสอบ

งานตั้งศูนย์ล้อและสมมุติล้อ งานวิเคราะห์สภาพยาง ตั้งมุมล้อ ถ่วงล้อ ทดสอบ

-งานซ่อมระบบส่งกำลัง

งานซ่อมครัช ตรวจวิเคราะห์ ยกครัชเข้าออก ตรวจสภาพและเปลี่ยนแผ่นครัช

ตรวจและปรับแต่งชุดกดแผ่นครัช ถอดเปลี่ยนลูกปืนครัช ปรับแต่งกลไกบังคับ

ชุดครัช ซ่อมครัชไฮโดรลิก เปลี่ยนลูกปืนปลายเพลาครัช ทดสอบ

งานซ่อมเกียร์ ตรวจวิเคราะห์ ยกเกียร์เข้าออก ถอดประกอบชุดเฟืองเกียร์

ตรวจปรับนิกัดชุดเฟืองเกียร์ ถอดเปลี่ยนซีล ปรับแต่งคันเกียร์ ทดสอบ

งานซ่อมข้อต่อ ตรวจ วิเคราะห์ ถอด ประกอบ ทดสอบ

งานซ่อมเฟืองท้าย ตรวจ วิเคราะห์ ชุดเฟืองท้าย เข้าออก ถอด ประกอบ

ตรวจนิกัดเฟืองเกียร์ ปรับตั้ง ทดสอบ

-งานซ่อมเพลาช่าง ตรวจ วิเคราะห์ ยกเพลาช่างเข้าออก เปลี่ยนซีล เปลี่ยนลูกปืน ทดสอบ

-งานซ่อมระบบเบรก

งานซ่อมแม่ปั้มเบรก ตรวจ วิเคราะห์ ถอด ประกอบ ขึ้นส่วน เปลี่ยนชุดซ่อมแม่

ปั้ม ทดสอบ

งานซ่อมแม่ปั้มล้อ ตรวจ วิเคราะห์ ถอดประกอบขึ้นส่วน เปลี่ยนชุดซ่อมแม่ปั้มล้อ

ทดสอบ

งานซ่อมอุปกรณ์ช่วยเบรก ตรวจ วิเคราะห์ ยกหม้อลมเข้าออก ถอด ประกอบ

ขึ้นส่วน เปลี่ยนชุดซ่อม ทดสอบ

งานเปลี่ยนผ้าเบรก ตรวจ วิเคราะห์ ถอด ประกอบ เบรก ทดสอบ

-งานไฟฟ้ารถยนต์

แบตเตอรี่ ตรวจ บำรุงรักษา ซ่อมแซม

มอเตอร์สตาร์ท ตรวจ บำรุงรักษา ซ่อมแซม

ระบบประจุไฟ ตรวจ บำรุงรักษา ซ่อมแซม

ระบบแสงสว่างและสัญญาณ ตรวจ บำรุงรักษา ซ่อมแซม

3.ด้านจิตพิสัย ประกอบไปด้วย

มีระเบียบวินัย ขยัน อดทน คล่องแคล่ว ตรงต่อเวลา รับผิดชอบต่อหน้าที่ เชื่อมมั่นในตนเอง มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ ซื่อสัตย์ต่อลูกค้า มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงานให้ได้คุณภาพ ละเอียตรอบคอบในการทำงาน กระตือรือร้นในการทำงาน กล้าในการตัดสินใจ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา รับฟังความคิดเห็นของผู้ร่วมงาน มีความร่าเริงแจ่มใส

ภาคผนวก ข
รายนามผู้เชี่ยวชาญ
แบบประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรม
ค่าความเหมาะสมและความสอดคล้องของแบบประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรม
เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญรอบที่ 1-3

1. นายไกรยุทธ แนนอุตร	ค.อ.บ. (วิศวกรรมโยธา)
2. นายวิทยา ชื่นอุปการนันท์	M.Eng. (Agricultural and Engineer)
3. นายวิรัช อนุชานุรักษ์	ว.ศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล)
4. นายบุญยง ศรีอุทา	ค.อ.บ. (ครุศาสตร์อุตสาหกรรม)
5. นายวัฒนา ภารัตนวงศ์	วท.บ. (เกษตรศึกษา-เกษตรกลวิธาน)
6. นายเฉลิมศักดิ์ ลีตระกูล	ค.อ.บ. (วิศวกรรมอุตสาหกรรม-เครื่องมือกล)
7. นายชัยวัฒน์ บุญน้อย	วท.บ. (เกษตรกลวิธาน)
8. นายสรยุทธ์ สวัสดิ์วงษ์ชัย	ค.อ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง)
9. นายวุฒิชัย สิทธิวงศ์	ค.อ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)
10. ดร.นิสิษฐ ศิริรักษ์	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
11. ผศ.นำยุทธ สงค์ธนาพิรักษ์	รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและการพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
12. ดร.มัย สุขเอี่ยม	ผู้อำนวยการกองแผน สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
13. นายคชภู คำปัญญา	หัวหน้าฝ่ายช่างอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
14. นายคณิง เจริญผล	ผู้อำนวยการกองกลาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
15. นายพจนา นิติมานพ	หัวหน้าฝ่ายเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
16. นายสอนรินทร์ เรืองปรัชญากุล	วท.บ. (เกษตรศึกษา-เกษตรกลวิธาน)
17. นายวิศิษฐ์ ทางดี	วท.บ. (เกษตรกลวิธาน)

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ จำนวน 5 ท่าน

1. นายไกรยุทธ แนนอุดร	ค.อ.บ. (วิศวกรรมโยธา)
2. นายวิทยา ชื่นอุปการนันท์	M.Eng. (Agricultural and Engineer)
3. นายวิรัช อนุชานุรักษ์	ว.ศ.ม. (วิศวกรรมเครื่องกล)
4. นายณนุช ศรีอุทา	ค.อ.บ. (ครุศาสตร์อุตสาหกรรม)
5. นายวัฒนา ภารัตนวงศ์	วท.บ. (เกษตรศึกษา-เกษตรกลวิธาน)

แบบประเมินโครงร่าง

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

ความเป็นมา

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ กำหนดโครงสร้างขึ้น โดยนำผลการหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต โดยใช้เทคนิคเดลฟาย มากำหนดจุดมุ่งหมายเป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตร ซึ่งโครงร่างหลักสูตรการฝึกอบรมนี้ แบ่งออกเป็น 5 หน่วย คือ

1. หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
2. ตัวถังและโครงสร้างรถยนต์ไฟฟ้า
3. แบตเตอรี่และการประจุ
4. มอเตอร์และระบบควบคุม
5. ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายของแบบประเมิน

แบบประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมนี้ มีจุดมุ่งหมายในการประเมิน

3 ประการคือ

1. เพื่อประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างจุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

2. เพื่อประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง ภายในโครงสร้างของหลักสูตร แต่ละหน่วยได้แก่

2.1 ความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กับเนื้อหาวิชา

2.2 ความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างเนื้อหา กับกิจกรรม และวิธีการอบรม

2.3 ความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กับการวัดและประเมินผล

คำแนะนำในการตอบแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ มุ่งที่จะประเมินโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบประเมินความเหมาะสม เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ เหมาะสมที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด

ส่วนที่ 2 แบบประเมินความสอดคล้อง เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 3 ระดับ คือสอดคล้อง ไม่แน่ใจ และไม่สอดคล้อง

กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องว่างที่กำหนดให้ ตรงตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและสอดคล้อง และโปรดแสดงความคิดเห็นที่เป็นจริง เพราะคำตอบของท่านจะเป็นข้อมูล ใช้สำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น หากท่านมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ตัดทอนแก้ไขอย่างไร กรุณาเสนอแนะ เพิ่มเติมของแบบสอบถามด้วย

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
5. อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า								
6. บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า								
7. บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า								
8. บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า								
9. บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า								
10. อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

2. ตัวถังและโครงสร้างรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับตัวถังและโครงรถยนต์

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์								
1. บอกประวัติและความเป็นมา								
2. บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
3. เลือกใช้อลูมิเนียม ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
4. เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
5. เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรม รถยนต์								
6. บอกแนวคิดในการออกแบบ รถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1								
7. เลือกใช้สารประกอบ ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
8. บอกประเภทของโครงรถยนต์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

3. แบตเตอรี่และการประจุ

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบตเตอรี่และการประจุ

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ								
1. บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า								
2. บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่								
3. อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน								
4. บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่								
5. บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่								
6. บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่								
7. บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่								
8. อธิบายหลักการทำงานของวงจร								
9. บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า								

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
10. บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ารั่ว								
11. บอกประเภทของการสื่อภายใน								
12. อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า								
13. อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

4. มอเตอร์และระบบควบคุม

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมอเตอร์และการควบคุม

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม								
1. บอกประเภทของมอเตอร์								
2. บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้								
3. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
4. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
5. อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์								

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
6.อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
7.อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
8.บอกหลักการเลือกใช้สวิตช์เปิด								
9.เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ								
10.บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า								
11.อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง								
12.อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ								
13.บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์								
14.บอกหลักการใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

5. ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบกลไกและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า								
1. บอกหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า								
2. บอกหลักการทำงานของเกียร์ไฟฟ้า								
3. อธิบายหลักการทำงานของระบบขับเคลื่อนโดยตรง								
4. บอกหลักการทำงานของระบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์								
5. บอกหลักการทำงานของระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์								
6. บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม								
7. อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ								

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
8. ขอกหลักการออกแบบ ลักษณะของอาร์ตเวิร์								
9. ขอกหลักการออกแบบ ลักษณะของซอฟต์แวร์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตอนที่ 2 แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องภายในโครงสร้างของ
หลักสูตรแต่ละหน่วยได้แก่

2.1 ความเหมาะสมและความสอดคล้องระหว่างจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
กับเนื้อหาวิชา

1. หน่วยหลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน
สามารถ

- 1.1 บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
- 1.2 อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.3 อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- 1.4 อธิบายบทบาทการเลือกใช้งานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.5 อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.6 บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.7 บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.8 บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- 1.9 บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.10 อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า								
1. บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า								
2. ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า								
3. แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า								
4. ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า								
5. ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

2. หน่วยตัวถังและโครงรถยนต์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 2.1 บอกประวัติและความเป็นมา
- 2.2 บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.3 เลือกใช้ลุ่มนิยมนในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.4 เลือกใช้ลุ่มนิยมนอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.5 เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.6 บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- 2.7 เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.8 บอกประเภทของโครงรถยนต์

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. ประวัติและความเป็นมา								
2. เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
3. อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
4. อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
5. พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
6. แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1								
7. สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์								
8. โครงรถยนต์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

3. หน่วยแบบเตอรีและการประจุ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 3.1 บอกความต้องการแบบเตอรีสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- 3.2 บอกคุณลักษณะของแบบเตอรี
- 3.3 อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบบเตอรีระบบป้องกัน
- 3.4 บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบบเตอรี
- 3.5 บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบบเตอรี
- 3.6 บอกวิธีการประจุไฟแบบเตอรี
- 3.7 บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบบเตอรี
- 3.8 อธิบายหลักการทำงานของวงจร
- 3.9 บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- 3.10 บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าว
- 3.11 บอกประเภทของการลัดภายใน
- 3.12 อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- 3.13 อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1.ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่								
2.หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่								
3.เทคโนโลยีแบตเตอรี่								
4.หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า								
5.วงจรประจุไฟแบตเตอรี่								
6.การทำงานของวงจร								
7.การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า								
8.การป้องกันอุปกรณ์และวงจร								
9.การป้องกันแรงดันไฟฟ้า								
10.การป้องกันกระแสไฟฟ้า								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

4. หน่วยมอเตอร์และระบบควบคุม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 4.1 บอกประเภทของมอเตอร์
- 4.2 บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- 4.3 บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.4 บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.5 อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- 4.5 อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.7 บอกหลักการเลือกใช้อุปกรณ์ปิดเปิด
- 4.8 เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- 4.9 บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- 4.10 อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- 4.11 อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- 4.12 บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- 4.13 บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า								
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
4. ตัวควบคุมมอเตอร์								
5. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
6. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
7. สวิตช์ปิดเปิด								
8. การเปรียบเทียบมอเตอร์								
9. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า								
10. ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง								
11. ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

5. หน่วยระบบกลไกการขับเคลื่อนและควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 5.1 บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมอเตอร์
- 5.2 บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเฟส
- 5.3 อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- 5.4 บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.5 บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.6 บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
- 5.7 อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- 5.8 บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์คแวร์
- 5.9 บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1.การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ								
2.การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ								
3.การขับเคลื่อนโดยตรง								
4.ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์								
5.การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม								
6.การควบคุมประสิทธิภาพ								
7.การออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์								
8.การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

2.2 แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างเนื้อหาวิชา
กับกิจกรรม และวิธีการอบรม

1. หน่วยหลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
เนื้อหาวิชา

- 1.1 บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.2 ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.3 แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- 1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.5 ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

กิจกรรมและวิธีการอบรม	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. นำเข้าสู่บทเรียน								
2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร								
3. ฉายแผ่นใส								
4. ให้ดูรูปภาพ								
5. ถามตอบ								
6. อภิปรายและสรุปผล								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....
.....

2. หน่วยตัวถังและโครงรถยนต์

เนื้อหาวิชา

- 2.1 ประวัติและความเป็นมา
- 2.2 เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.3 อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- 2.4 อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- 2.5 พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- 2.6 แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- 2.7 สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์
- 2.8 โครงรถยนต์

กิจกรรมและวิธีการอบรม	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. นำเข้าสู่บทเรียน								
2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร								
3. ฉายแผ่นใส								
4. ให้ดูรูปภาพ								
5. ถามตอบ								
6. อภิปรายและสรุปผล								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

3. หน่วยแบบเตอรีและการประจุ

เนื้อหาวิชา

- 3.1 ความต้องการและคุณลักษณะของแบบเตอรี
- 3.2 หลักการของการเก็บพลังงานในแบบเตอรี
- 3.3 เทคโนโลยีแบบเตอรี
- 3.4 หลักการประจุไฟแบบเตอรีรถยนต์ไฟฟ้า
- 3.5 วงจรประจุไฟแบบเตอรี
- 3.6 การทำงานของวงจร
- 3.7 การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- 3.8 การป้องกันอุปกรณ์และวงจร
- 3.9 การป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- 3.10 การป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรมและวิธีการอบรม	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. นำเข้าสู่บทเรียน								
2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร								
3. ฉายแผ่นใส								
4. ให้ดูรูปภาพ								
5. ถามตอบ								
6. อภิปรายและสรุปผล								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

4. หน่วยมอเตอร์และการควบคุม

เนื้อหาวิชา

- 4.1 ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- 4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.4 ตัวควบคุมมอเตอร์
- 4.5 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.7 สวิตช์ปิดเปิด
- 4.8 การเปรียบเทียบมอเตอร์
- 4.9 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- 4.10 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- 4.11 ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ

กิจกรรมและวิธีการอบรม	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. นำเข้าสู่บทเรียน								
2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร								
3. ฉายแผ่นใส								
4. ให้ดูรูปภาพ								
5. ถามตอบ								
6. อภิปรายและสรุปผล								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

5. หน่วยระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า
เนื้อหาวิชา

- 5.1 การขับเคลื่อนแบบมอเตอร์เรโซ
- 5.2 การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- 5.3 การขับเคลื่อนโดยตรง
- 5.4 ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.5 การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม
- 5.6 การควบคุมประสิทธิภาพ
- 5.7 การออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์
- 5.8 การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรมและวิธีการอบรม	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. นำเข้าสู่บทเรียน								
2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร								
3. ฉายแผ่นใส								
4. ให้ดูรูปภาพ								
5. ถามตอบ								
6. อภิปรายและสรุปผล								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

2.3 แบบประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้อง ระหว่างจุดมุ่งหมาย เชิงพฤติกรรมกับการวัดและประเมินผล

1. หน่วยหลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้ในหน่วยนี้แล้ว

ผู้เรียนสามารถ

- 1.1 บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
- 1.2 อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.3 อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- 1.4 อธิบายบทบาทการเลือกใช้งานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.5 อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.6 บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.7 บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.8 บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- 1.9 บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- 1.10 อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

การวัดและประเมินผล	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1.สังเกตการณ์สนทนาและซักถาม								
2.พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย								
3.พิจารณาการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา								
4.สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

2. หน่วยตัวถังและโครงรถยนต์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 2.1 บอกประวัติและความเป็นมา
- 2.2 บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.3 เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.4 เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.5 เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.6 บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- 2.7 เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- 2.8 บอกประเภทของโครงรถยนต์

การวัดและประเมินผล	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. ประวัติและความเป็นมา								
2. เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์								
3. อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
4. อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
5. พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์								
6. แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1								
7. สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์								
8. โครงรถยนต์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

3. หน่วยแบบเตอรีและการประจุ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 3.1 บอกความต้องการแบบเตอรีสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- 3.2 บอกคุณลักษณะของแบบเตอรี
- 3.3 อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบบเตอรีระบบป้องกัน
- 3.4 บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบบเตอรี
- 3.5 บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบบเตอรี
- 3.6 บอกวิธีการประจุไฟแบบเตอรี
- 3.7 บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบบเตอรี
- 3.8 อธิบายหลักการทำงานของวงจร
- 3.9 บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- 3.10 บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าว
- 3.11 บอกประเภทของการลัดภายใน
- 3.12 อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- 3.13 อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1.ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่								
2.หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่								
3.เทคโนโลยีแบตเตอรี่								
4.หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า								
5.วงจรประจุไฟแบตเตอรี่								
6.การทำงานของวงจร								
7.การประจุไฟเร็วและการประจุไฟฟ้า								
8.การป้องกันอุปกรณ์และวงจร								
9.การป้องกันแรงดันไฟฟ้า								
10.การป้องกันกระแสไฟฟ้า								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....
.....
.....

4. หน่วยมอเตอร์และระบบควบคุม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 4.1 บอกประเภทของมอเตอร์
- 4.2 บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- 4.3 บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.4 บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.5 อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- 4.5 อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.7 บอกหลักการเลือกใช้สวิตช์เปิดปิด
- 4.8 เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- 4.9 บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิดไฟฟ้า
- 4.10 อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- 4.11 อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- 4.12 บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- 4.13 บอกหลักการใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1. ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า								
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
4. ตัวควบคุมมอเตอร์								
5. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง								
6. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ								
7. สวิตช์เปิดเปิด								
8. การเปรียบเทียบมอเตอร์								
9. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า								
10. ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง								
11. ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

5. หน่วยระบบกลไกการขับเคลื่อนและควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อสิ้นสุดการเรียนรู้หน่วยนี้แล้ว ผู้เรียน

สามารถ

- 5.1 บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมอเตอร์
- 5.2 บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเฟส
- 5.3 อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- 5.4 บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.5 บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.6 บอกหลักการการทำงานของระบบควบคุม
- 5.7 อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- 5.8 บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์คแวร์
- 5.9 บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

เนื้อหาวิชา	ระดับความเหมาะสม					ระดับความสอดคล้อง		
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง
1.การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ								
2.การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ								
3.การขับเคลื่อนโดยตรง								
4.ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์								
5.การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม								
6.การควบคุมประสิทธิภาพ								
7.การออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์								
8.การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์								

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....
.....

ตาราง 6 ความเหมาะสมและความสอดคล้องของโครงร่างหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยี
รถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
จุดมุ่งหมายของหลักสูตรกับ					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม					
หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ					
เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 2	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 3	4.60	0.45	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 4	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด	4.80	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 6	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 7	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 8	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 9	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 10	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 2	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 3	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 5	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 6	3.40	0.55	ปานกลาง	3.20	ปานกลาง
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 7	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 8	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	4.80	มากที่สุด
หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 1	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 2	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 3	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 4	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 5	3.00	0.00	ปานกลาง	3.00	ปานกลาง
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 6	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 7	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 8	4.60	0.45	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 9	4.40	0.45	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 10	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 11	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 12	4.20	0.45	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 13	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.80	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 2	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.80	มาก
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 5	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 6	3.40	0.55	ปานกลาง	3.40	ปานกลาง
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 7	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 8	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 9	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 10	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 11	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 12	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 13	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.80	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 14	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อน					
การควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า					
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 2	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 4	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 5	3.00	0.00	ปานกลาง	3.40	ปานกลาง
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 6	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 7	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.80	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 8	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมข้อที่ 9	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด

ตอนที่ 2

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาวิชา

ตาราง 6. (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์

เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
หน่วยที่ 3 แบทเตอรีและการประจุ					
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.00	1.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.00	1.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	3.40	0.55	ปานกลาง	3.20	ปานกลาง
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	3.00	0.00	ปานกลาง	3.40	ปานกลาง
เนื้อหาวิชาข้อที่ 9	4.40	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 10	3.20	0.45	ปานกลาง	3.40	ปานกลาง
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม					
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	3.00	0.00	ปานกลาง	3.40	ปานกลาง
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	3.20	0.45	ปานกลาง	3.00	ปานกลาง

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
เนื้อหาวิชาข้อที่ 9	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 10	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 11	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับ

และการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก

ตาราง 6. (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
เนื้อหาเกี่ยวกับกิจกรรมและวิธีการอบรม					
หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ					
เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	0.80	มาก
หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์					
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.20	0.84	เหมาะสมมาก	4.20	มาก

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ					
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.20	0.84	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.20	0.84	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และระบบควบคุม					
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อน

การควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.20	0.55	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.20	0.55	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก

ตาราง 6. (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับการวัดและประเมินผล

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 2	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	3.80	มาก

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์

การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 2	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 2	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 3	4.40	0.39	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 4	4.20	0.45	เหมาะสมมาก	4.20	มาก

ตาราง 6 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน		$\bar{X}$	S.D.	ความ เหมาะสม	IOC	ความ สอดคล้อง
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และระบบควบคุม						
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.60	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 2	4.00	0.71	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 4	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.20	มาก
หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า						
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 1	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 2	4.00	0.00	เหมาะสมมาก	4.00	มาก
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 3	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	4.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล	ข้อที่ 4	4.20	0.84	เหมาะสมมาก	4.00	มาก

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบก่อนและหลังการอบรม

ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบประเมินหน่วยการอบรม

รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบประเมินพฤติกรรม

ตารางการอบรม

แบบทดสอบก่อนและหลังการอบรม
หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

คำแนะนำในการตอบแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบมี 50 ข้อ
2. ลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบให้ท่านอ่านคำถามแต่ละข้อแล้วพิจารณาคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุด เพียงคำตอบเดียวเท่านั้น
3. ให้ทำเครื่องหมาย (X) ทับอักษรที่ท่านเห็นว่าถูกต้องลงในกระดาษคำตอบเท่านั้น

ตัวอย่างคำตอบ

- ข้อ (00) คุณสมบัติที่ไม่ดีของตัวถังรถยนต์คืออะไร
- ก. มีน้ำหนักเบา
 - ข. มีสมรรถนะดี
 - ค. มีประสิทธิภาพสูง
 - ง. ดึงกำลังจากแบตเตอรี่

ถ้าท่านเลือกข้อ ก. ให้ท่านกากบาท (X) ทับตัวอักษรลงในกระดาษคำตอบ.

1. รถยนต์ที่ปลอดภัย คือรถยนต์ประเภทใด

- ก. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซิน
- ข. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซล
- ค. รถยนต์แบบลูกผสม
- ง. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันเตา

2. รถยนต์ไฟฟ้ามีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร

- ก. ลดมลพิษทางอากาศ
- ข. ลดมลพิษทางเสียง
- ค. ลดไอโซนและฝนกรด
- ง. ลดภาวะเรือนกระจก

3. การออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าที่ถูกต้องคืออะไร

- ก. ตัวถังมีน้ำหนักเบาใช้วัสดุที่แข็งแรงทนทาน
- ข. มีแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานที่มีประสิทธิภาพ
- ค. มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์
- ง. มีกล่องควบคุมกลไกการขับเคลื่อนและควบคุมรถยนต์

4. แหล่งพลังงานทดแทนที่หาได้ง่ายนำมาใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าได้ดีที่สุดคืออะไร

- ก. ไบโอดีเซล
- ข. เอทานอล
- ค. เมทานอล
- ง. แก๊สธรรมชาติ

5. ผู้กำหนดนโยบายของรถยนต์ไฟฟ้าต้องที่แจ้งให้อุตสาหกรรม
การผลิตเข้าใจในเรื่องใด?

- ก. ภาษีและกรอบการทำงาน
- ข. เชื้อเพลิงและราคาที่เหมาะสม
- ค. เทคโนโลยีและการออกแบบผลิตภัณฑ์
- ง. นวัตกรรมใหม่และภาษี

6. ใครเป็นผู้สร้างรถยนต์พลังงานแบตเตอรี่คันครั้งแรก

- ก. อเล็กซานเดอร์ ปาร์ค
- ข. คาร์ล เบนซ์
- ค. โทมัส เเดเวนพอร์ต
- ง. โทมัส อัลวา เอดิสัน

7. รถยนต์ชนิดใดที่จัดอยู่ในประเภท Zero Emission Vehicle

- ก. รถยนต์เบนซิน
- ข. รถยนต์ดีเซล
- ค. รถยนต์พลังงาน
- ง. รถยนต์ไฟฟ้า

8. รถยนต์สภาพใดที่สำคัญในการเลือกใช้รถยนต์ไฟฟ้า

- ก. รถยนต์ที่ปลอดภัย
- ข. รถยนต์ที่ไร้มลพิษ
- ค. รถยนต์ที่ไร้ควัน
- ง. รถยนต์ที่ไร้เสียง

9. รถยนต์ไฟฟ้ามีข้อดีอย่างไร

- ก. ไม่มีมลพิษจากเครื่องยนต์
- ข. การประจุไฟใช้เวลานาน
- ค. ไม่ได้สร้างสถานีให้บริการและซ่อมบำรุง
- ง. มาตรฐานความปลอดภัยยังไม่ได้กำหนด

10. ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอะไร

- ก. ตัวควบคุมมอเตอร์
- ข. กลไกการขับ
- ค. ตัวควบคุมรถยนต์
- ง. มอเตอร์

11. ตัวถังและโครงรถยนต์ที่ผลิตครั้งแรกทำมาจากอะไร

- ก. ปรอท
- ข. สังกะสี
- ค. ตะกั่ว
- ง. พลาสติก

12. เครื่องป้องกันโคลน ในระยะแรกทำมาจากอะไร

- ก. พลาสติก
- ข. อลูมิเนียม
- ค. อลูมิเนียมอัลลอยด์
- ง. ไม้หรือหนัง

13. วัสดุแบบใดที่ใช้ผลิตตัวถังและโครงรถยนต์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 7 ปี

มีความทนทาน ประหยัด และไม่เป็นสนิม

- ก. Low-carbon steel
- ข. Micro-alloyed steel
- ค. Medium-carbon steel
- ง. High-carbon steel

14. อลูมิเนียมอัลลอยด์ใดที่ใช้กันมาก

- ก. ทองแดง
- ข. แมงกานีส
- ค. ซิลิกอน
- ง. แมกนีเซียม

15. โครงรถเสียศูนย์ทำให้เกิดอะไร

- ก. เกิดการสึกหรอแก่อุปกรณ์
- ข. สิ้นเปลืองอุปกรณ์มาก
- ค. การขับรถยนต์ไม่สะดวก
- ง. มีความปลอดภัยน้อย

16. โครงรถยนต์ที่ดีควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

- ก. มีน้ำหนักเบา
- ข. มีความมั่นคงแข็งแรง
- ค. ทนต่อการบิดเบี้ยว คดงอ
- ง. ทนต่อการเกิดความเค้นและความเครียด

17. วัสดุชนิดใดที่นิยมใช้ทำโครงรถยนต์
- ก. แก้วไม้มะกอก
 - ข. พลาสติก
 - ค. อลูมิเนียม
 - ง. เหล็กรีดเย็น
18. เหล็กด้านข้างโครงรถมีรูปร่างอย่างไร
- ก. รูปตัวยู
 - ข. รูปข้าวหลามตัด
 - ค. รูปวงรีหรือวงกลม
 - ง. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
19. โครงรถแบบใดที่ช่วยให้ผู้โดยสารเกิดความปลอดภัยมากที่สุดเมื่อปะทะข้างตัวถัง
- ก. แบบตัวเอ็กซ์
 - ข. แบบชั้นบันได
 - ค. แบบสี่เหลี่ยม
 - ง. แบบช่วงสั้น
20. สารประกอบประเภทโพลิเมอร์ซึ่งเป็นพลาสติกใช้ทำตัวถังรถยนต์ได้ดีเพราะอะไร
- ก. แข็งแรง
 - ข. ทนทานต่อการกัดกร่อน
 - ค. ง่ายในการหล่อแบบ
 - ง. น้ำหนักเบา

21. แบคทีเรียใดที่เป็นชนิดอนุกรมวิธานสูง

- ก. ลิซิยมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม

22. แบคทีเรียชนิดใดที่ก้าวหน้ามากที่สุด สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

- ก. ลิซิยมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม

23. แบคทีเรียชนิดใดที่มีพิษเป็นอย่างมากและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่
ในเชิงอุตสาหกรรมได้อีก

- ก. ลิซิยมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม

24. แบคทีเรียชนิดใดที่เป็นที่นิยม ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน

- ก. ตะกั่ว-กรด
- ข. นิเกิลแคดเมียม
- ค. โซเดียมซัลเฟอร์
- ง. นิเกิล-เหล็ก

25. แบตเตอรี่ใดที่มีราคาแพงแต่มีความน่าเชื่อถือน้อย

- ก. ตะกั่ว-กรด
- ข. นิกเกิลแคดเมียม
- ค. โซเดียมซัลเฟต
- ง. นิกเกิล-เหล็ก

26. แบตเตอรี่ใดที่มีพลังงานมากอายุการใช้งานยืนยาว ง่ายต่อการผลิต ราคาถูกกว่า และมีความเร็วต่อการประจุไฟ

- ก. ตะกั่ว-กรด
- ข. นิกเกิลแคดเมียม
- ค. โซเดียมซัลเฟต
- ง. นิกเกิล-เหล็ก

27. แบตเตอรี่แบบใดที่มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 20-40 องศาเซลเซียส

- ก. ตะกั่ว-กรด
- ข. นิกเกิลแคดเมียม
- ค. โซเดียมซัลเฟต
- ง. นิกเกิล-เหล็ก

28. การเติมประจุไฟลงแบตเตอรี่ที่บ้านช่วงเวลาใดเหมาะสมมากที่สุด

- ก. ช่วงที่มีการใช้ไฟน้อยที่สุด
- ข. ช่วงที่มีการใช้ไฟน้อย
- ค. ช่วงที่มีการใช้ไฟปานกลาง
- ง. ช่วงที่มีการใช้ไฟมาก

29. บริษัท Hughes ได้พัฒนาการประจุไฟแบตเตอรี่ที่บ้านโดยใช้ระบบใด

- ก. Inductive coupling system
- ข. Inductive coupling system
- ค. Double coupling system
- ง. Single coupling system

30. การประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็วใช้ระบบการประจุแบบใด

- ก. Inductive coupling system
- ข. Inductive coupling system
- ค. Double coupling system
- ง. Single coupling system

31. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีกี่ชนิด

- ก. 1 ชนิด
- ข. 2 ชนิด
- ค. 3 ชนิด
- ง. 4 ชนิด

32. งานที่ต้องการความเร็วคงที่ควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดใด

- ก. แบบซินโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกระรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง

33. การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับของรถยนต์ไฟฟ้าใช้ฟลักซ์เฟส

ก. 1 เฟส

ข. 2 เฟส

ค. 3 เฟส

ง. 4 เฟส

34. โรเตอร์แบบใดที่ปรับความเร็วไม่ได้

ก. แบบซินโครนัส

ข. แบบเหนี่ยวนำ

ค. แบบกรงกระรอก

ง. แบบไม่มีแปรง

35. โรเตอร์แบบใดที่ปรับความเร็วได้

ก. แบบซินโครนัส

ข. แบบเหนี่ยวนำ

ค. แบบกรงกระรอก

ง. แบบไม่มีแปรง

36. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็นกี่ประเภท

ก. 1 ประเภท

ข. 2 ประเภท

ค. 3 ประเภท

ง. 4 ประเภท

37. การขับเคลื่อนโดยตรงของล้อใช้มอเตอร์เป็นแบบใด

- ก. แบบซินโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกรรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง

38. อุปกรณ์เปิด-ปิดระบบการขับเคลื่อนแบบกระแสตรง
และกระแสสลับเรียกว่าอะไร

- ก. ปรอท
- ข. หน้าต่าง
- ค. ทางเข้า
- ง. ทางออก

39. ตัวควบคุมสัญญาณเรียกว่าอะไร

- ก. ทรานซิสเตอร์
- ข. ไดโอด
- ค. คอยล์
- ง. เกท

40. การป้อนพลังงานกลับสู่แบตเตอรี่แบบชาร์จหรือลงเขา เรียกว่าอะไร

- ก. Recycle
- ข. Regenerative
- ค. Reproduction
- ง. Reinverter

41. หัวใจของระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าคืออะไร

- ก. ตัวควบคุมดิจิทัล
- ข. ตัวควบคุมอนาล็อก
- ค. ตัวควบคุมเพนเทียม
- ง. ตัวควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์

42. การคืนกำลังขณะเบรกเรียกว่าอะไร

- ก. Pregeneration
- ข. Nextgeneration
- ค. Newgeneration
- ง. Regeneration

43. สิ่งใดไม่ใช่องค์ประกอบของระบบควบคุมรถยนต์

- ก. ตัวควบคุมมอเตอร์
- ข. ตัวประจุไฟ
- ค. คับบังคับเท้าห้ามล้อ
- ง. การควบคุมด้วยมือ

44. สิ่งใดไม่ใช่หน้าที่ของไมโครโปรเซสเซอร์

- ก. ควบคุมเสถียรภาพ
- ข. ควบคุมการขับเคลื่อน
- ค. ควบคุมลำดับขั้นการขับ
- ง. ควบคุมอุณหภูมิ

45. อุปกรณ์ของระบบรถยนต์ไฟฟ้ามีรูปร่างอย่างไร

- ก. เป็นตู้
- ข. เป็นกระเป๋าทึว
- ค. เป็นกล่องดำ
- ง. เป็นจานแผ่นดิส

46. การขับเคลื่อนล้อโดยมีมอเตอร์ติดกับล้อใช้สวิตช์แบบเตลต้า และแบบวายเชื่อมติดต่อกัน เป็นลักษณะการขับเคลื่อนแบบใด

- ก. แบบมัลติเรโซ
- ข. แบบซิงเกิลเรโซ
- ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง
- ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

47. การขับเคลื่อนแบบใดที่มอเตอร์ติดตั้งกับแกนเพลาลงและลคเกียร์ เป็นการบูรณาการรวมกันเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์

- ก. แบบมัลติเรโซ
- ข. แบบซิงเกิลเรโซ
- ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง
- ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

48. กลไกการขับเคลื่อนโดยใช้ความถี่ที่เชื่อมต่อกับชุดของการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบกระแสตรงเป็นลักษณะของการขับเคลื่อนแบบใด

- ก. แบบมัลติเรโซ
- ข. แบบซิงเกิลเรโซ
- ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง
- ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

49. การทำงานที่ต้องใช้โปรแกรมหลักและโปรแกรมช่วยร่วมกันเป็นหลักการทำงานของอะไร

- ก. ซอฟต์แวร์
- ข. ฮาร์ดแวร์
- ค. ฟิวเจอร์
- ง. มัลติมิเดีย

50. ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ทันสมัยมากที่สุด คือข้อใด

- ก. 286
- ข. 386
- ค. 486
- ง. เพนเทียมโปร

ตาราง 7 : ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ การพัฒนา

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	.64	.25	26	.64	.357
2	.76	.25	27	.76	.25
3	.58	.37	28	.70	.25
4	.70	.25	29	.64	.25
5	.64	.375	30	.70	.25
6	.76	.25	31	.70	.25
7	.58	.50	32	.70	.375
8	.76	.25	33	.76	.25
9	.64	.25	34	.58	.50
10	.70	.25	35	.64	.25
11	.64	.25	36	.64	.375
12	.76	.25	37	.70	.25
13	.70	.375	38	.76	.25
14	.64	.25	39	.64	.25
15	.70	.25	40	.58	.50
16	.70	.25	41	.64	.375
17	.76	.25	42	.70	.375
18	.64	.25	43	.64	.25
19	.70	.375	44	.70	.25
20	.64	.25	45	.76	.25
21	.64	.50	46	.58	.375

ตาราง 7.๖ (ต่อ)

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
22	.70	.25	47	.76	.25
23	.70	.25	48	.76	.25
24	.64	.25	49	.64	.25
25	.76	.25	50	.58	.25

หาค่าความเชื่อมั่น จากสูตร $KR-20 = 80$

$$\begin{aligned}
 KR_{20} : r_{tt} &= \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right] \\
 &= \frac{50}{49} [1 - 10.05/48] \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

ตาราง 8 แสดงผลการตรวจสอบคุณภาพหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับ
นักศึกษาช่างยนต์ ก่อนและหลังการทดลอง

คนที่	กลุ่มทดลอง	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
1	19	45
2	15	43
3	18	42
4	17	41
5	15	40
6	17	39
7	16	38
8	14	36
9	18	35
10	16	33
11	18	32
12	13	30
13	14	29
14	12	28
15	14	27
16	11	25
17	9	20

ตาราง 9: แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ก่อนและหลังการทดลอง

ประเภท	N	ΣD	ΣD^2	t
กลุ่มทดลอง	17	327	6719	15.13*

$$t = 2.12$$

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แบบประเมินหน่วยการอบรม

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

คำแนะนำในการตอบแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้มุ่งที่จะประเมิน หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หน่วยคือ

1. หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
2. ตัวถังและโครงรถ
3. แบตเตอรี่และการประจุ
4. มอเตอร์และการควบคุม
5. ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องว่างที่กำหนดให้และโปรดแสดงความคิดเห็นตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมเพราะคำตอบของท่านจะเป็นข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตรอบรม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. เนื้อหาวิชา
2. กิจกรรมและวิธีการสอน
3. สื่อประกอบการอบรม
4. อื่น ๆ
6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

เกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสม มีดังนี้

- 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด
- 4 หมายถึง เหมาะสมมาก
- 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง
- 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย
- 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
เนื้อหา 1. บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 2. ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 3. แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า 4. ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า 5. ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า					
กิจกรรมและวิธีการอบรม 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร 3. ฉายแผ่นใส 4. ให้ดูรูปภาพ 5. ถาม-ตอบ 6. สรุปผล 7. อภิปราย					

ข้อความ	เหมาะ สมมาก ที่สุด	เหมาะ สมมาก	เหมาะ สมปาน กลาง	เหมาะ สม น้อย	เหมาะ สมน้อย ที่สุด
สื่อประกอบการอบรม 1.แผ่นใสแสดงการขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้า 2.รูป Functional block diagram of energy management syste 3.รูปแสดงระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ ไฟฟ้าตามไดอะแกรม 4.รูป Single-motor and dual-motor configurations 5.รูป Classification of EVpropution motors 6.รูป Advanced EV propution motors 7.รูป Variable temperature seating U2001 8.รูป EV sub-system interaction 9.รูป Multiple charing system 10.รูป Induction charging 11.ตารางเทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับ รถยนต์ไฟฟ้า 12.ตารางการเปรียบเทียบเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ครั้งล่าสุด					

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
การวัดและประเมินผล 1. สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2. พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3. พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบ ในการทหา 4. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดง ความคิดเห็น					

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
เนื้อหา 1. ประวัติและความเป็นมา 2. เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ 3. อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์ 4. อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์ 5. พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์ 6. แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1 7. สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์ 8. โครงรถยนต์					
กิจกรรมและวิธีการอบรม 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร 3. ฉายแผ่นใส 4. ให้ดูรูปภาพ 5. ถาม-ตอบ 6. สรุปผล 7. อภิปราย					

ข้อความ	เหมาะ สมมาก ที่สุด	เหมาะ สมมาก	เหมาะ สมปาน กลาง	เหมาะ สม น้อย	เหมาะ สมน้อย ที่สุด
สื่อประกอบการอบรม 1.แผ่นใสแสดงรูป imber constructed bodies 2.รูปภาพประกอบคำบรรยาย 3.รูป Development of the Austin car body 1909-1992 4.รูป Frist Vauxhall, tiller operated 1903 5.รูป 1905 and 1909 Vauxhalls with wooden spoked artillery wheels with pneumatic tyres 6.รูป Twin concept car with interchangeable engines 7.รูป Style artist at work การวัดและประเมินผล 1.สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2.พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3.พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบในการทนายปัญหา 4.สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น					

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
การวัดและประเมินผล 1. สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2. พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3. พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบในการทนายปัญหา 4. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น					

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

ข้อความ	เหมาะสมที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
เนื้อหา 1. ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่ 2. หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ 3. เทคโนโลยีแบตเตอรี่ 4. หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า 5. วงจรประจุไฟแบตเตอรี่ 6. การทำงานของวงจร 7. การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า 8. การป้องกันอุปกรณ์และวงจร 9. การป้องกันแรงดันไฟฟ้า 10. การป้องกันกระแสไฟฟ้า					
กิจกรรมและวิธีการอบรม 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร 3. ฉายแผ่นใส 4. ให้ดูรูปภาพ 5. ถาม-ตอบ 6. สรุปผล 7. อภิปราย					

ข้อความ	เหมาะ สมมาก ที่สุด	เหมาะ สมมาก	เหมาะ สมปาน กลาง	เหมาะ สม น้อย	เหมาะ สมน้อย ที่สุด
สื่อประกอบการอบรม 1. แผ่นใส 2. รูป Hughes Inductive Charge Genesis rechargeable pure-lead in Battery 3. รูป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-นิกเกิลคลอไรด์ 4. รูป Principle of a Zinc-Bromine Battery 5. รูป NaS-Pb Cell 6. รูปแสดง Zinc metal battery 7. รูป Schematic of the Zinc Bromide battery system with main components 8. รูป Schematic of the Zinc Bromine System 9. รูป Concept of SMES for EV Recharge 10. รูป Battery system connected in series 11. รูปแสดง The Effect of Fast Recharge batteries 12. ตารางแสดง Comparison of Battery Technology 13. ตารางแสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยต่าง ๆ					

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสม	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
การวัดและประเมินผล 1. สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2. พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3. พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบในการทนายปัญหา 4. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น					

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
เนื้อหา 1. ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า 2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 4. ตัวควบคุมมอเตอร์ 5. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 6. การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 7. สวิตช์เปิดเปิด 8. การเปรียบเทียบมอเตอร์ 9. การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า 10. ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง 11. ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ					
กิจกรรมและวิธีการอบรม 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร 3. ฉายแผ่นใส 4. ให้ดูรูปภาพ 5. ถาม-ตอบ 6. สรุปผล 7. อภิปราย					

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
สื่อประกอบการอบรม 1. แผ่นใส 2. รูป Hughes Inductive Charge Genesis rechargeable pure-lead in Battery 3. รูป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-นิกเกิลคลอไรด์ 4. รูป Principle of a Zinc-Bromine Battery 5. รูป NaS-Pb Cell 6. รูปแสดง Zinc metal battery 7. รูป Schematic of the Zinc Bromide Battery system with main components 8. รูป Schematic of the Zinc Bromine System 9. รูป Concept of SMES for EV Recharge 10. รูป Battery system connected in series 11. รูปแสดง The Effect of Fast Recharge batteries 12. ตารางแสดง Comparison of Battery Technology 13. ตารางแสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยต่าง ๆ					

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
การวัดและประเมินผล 1. สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2. พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3. พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบ ในการหาปัญหา 4. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดง ความคิดเห็น					

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

ข้อความ	เหมาะสมมากที่สุด	เหมาะสมมาก	เหมาะสมปานกลาง	เหมาะสมน้อย	เหมาะสมน้อยที่สุด
เนื้อหา 1. การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ 2. การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ 3. การขับเคลื่อนโดยตรง 4. ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์ 5. การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม 6. การควบคุมประสิทธิภาพ 7. การออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์ 8. การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์					
กิจกรรมและวิธีการอบรม 1. นำเข้าสู่บทเรียน 2. บรรยายประกอบด้วยเอกสาร 3. ฉายแผ่นใส 4. ให้ดูรูปภาพ 5. ถาม-ตอบ 6. สรุปผล 7. อภิปราย					

ข้อความ	เหมาะ สมมาก ที่สุด	เหมาะ สมมาก	เหมาะ สมปาน กลาง	เหมาะ สม น้อย	เหมาะ สมน้อย ที่สุด
สื่อประกอบการอบรม 1. แผ่นใส 2. รูป One Motor Drive System and Two Motor Drive System 3. รูปแสดงการบูรณาการมอเตอร์เกียร์และส่วนประกอบอื่น ๆ 4. รูปแสดงการเชื่อมโยงของระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์ 5. รูปแสดงระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า 6. รูป Microcomputer block diagram					
การวัดและประเมินผล 1. สังเกตจากการสนทนาและซักถาม 2. พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม 3. พิจารณาการตอบด้วยปากเปล่า แทนทดสอบในการทายปัญหา 4. สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น					

ตาราง 18 ความคิดเห็นของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีเทคโนโลยี
รถยนต์ไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า			
เนื้อหาวิชา			
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.18	0.73	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.18	0.81	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.35	0.61	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.12	0.70	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.24	0.75	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรม			
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.47	0.62	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.41	0.51	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.35	0.70	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.35	0.61	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.47	0.62	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.47	0.62	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 7	4.41	0.51	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรม			
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 1	4.06	0.66	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 2	4.06	0.66	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 3	4.06	0.75	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 4	4.18	0.73	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 5	4.12	0.60	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 6	4.24	0.66	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 7	4.18	0.53	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 8	4.35	0.61	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 9	4.06	0.66	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 10	4.35	0.61	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 11	4.35	0.61	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 12	4.10	0.53	มาก

การวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลข้อที่ 1	4.18	0.64	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 2	4.18	0.73	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 3	4.18	0.53	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 4	4.06	0.75	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์			
เนื้อหาวิชา			
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.41	0.51	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.41	0.51	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.47	0.62	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.25	0.61	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.41	0.62	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.35	0.61	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.29	0.59	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.53	0.51	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรม			
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.24	0.66	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.35	0.70	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.18	0.73	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.12	0.60	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.24	0.75	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.18	0.64	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 7	4.12	0.60	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สื่อประกอบการอบรม			
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 1	4.35	0.61	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 2	4.12	0.70	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 3	4.41	0.62	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 4	4.35	0.70	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 5	4.24	0.66	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 6	4.29	0.77	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 7	4.12	0.70	มาก
การวัดและประเมินผล			
การวัดและประเมินผลข้อที่ 1	4.06	0.66	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 2	4.24	0.75	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลข้อที่ 3	4.24	0.75	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลข้อที่ 4	4.12	0.70	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ			
เนื้อหาวิชา			
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.18	0.73	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.18	0.73	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.41	0.62	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.35	0.70	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.24	0.66	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.47	0.62	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.41	0.71	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.24	0.75	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 9	4.29	0.69	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 10	4.18	0.73	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรม			
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.29	0.47	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.24	0.66	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.29	0.47	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.12	0.60	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.24	0.44	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.12	0.60	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 7	4.24	0.56	มากที่สุด

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สื่อประกอบการอบรม			
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 1	4.29	0.59	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 2	4.41	0.62	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 3	4.41	0.71	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 4	4.18	0.73	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 5	4.35	0.70	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 6	4.18	0.53	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 7	4.35	0.70	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 8	4.24	0.66	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 9	4.18	0.64	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 10	4.18	0.73	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 11	4.35	0.70	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 12	4.29	0.69	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 13	4.41	0.51	มากที่สุด
การวัดและประเมินผล			
การวัดและประเมินผลข้อที่ 1	4.29	0.59	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลข้อที่ 2	4.35	0.70	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลข้อที่ 3	4.18	0.64	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 4	4.24	0.75	มากที่สุด

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

เนื้อหาวิชา

เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.18	0.64	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.24	0.66	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.29	0.77	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.29	0.59	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.35	0.49	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.35	0.61	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.24	0.56	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.24	0.44	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 9	4.18	0.73	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 10	4.24	0.56	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 11	4.41	0.51	มากที่สุด

กิจกรรมและวิธีการอบรม

กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.24	0.66	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.41	0.62	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.18	0.81	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.29	0.69	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.12	0.70	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.18	0.73	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 7	4.18	0.64	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สื่อประกอบการอบรม			
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 1	4.29	0.59	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 2	4.18	0.81	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 3	4.29	0.69	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 4	4.18	0.81	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 5	4.29	0.59	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 6	4.24	0.44	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 7	4.12	0.70	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 8	4.35	0.79	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 9	4.24	0.75	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 10	4.12	0.70	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 11	4.00	0.71	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 12	4.24	0.75	มากที่สุด
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 13	4.18	0.64	มาก
การวัดและประเมินผล			
การวัดและประเมินผลข้อที่ 1	4.18	0.81	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 2	4.18	0.73	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 3	4.18	0.73	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 4	4.12	0.70	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า			
เนื้อหาวิชา			
เนื้อหาวิชาข้อที่ 1	4.29	0.69	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 2	4.18	0.64	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 3	4.18	0.64	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 4	4.18	0.64	มาก
เนื้อหาวิชาข้อที่ 5	4.41	0.51	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 6	4.24	0.56	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 7	4.41	0.62	มากที่สุด
เนื้อหาวิชาข้อที่ 8	4.29	0.59	มากที่สุด
กิจกรรมและวิธีการอบรม			
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 1	4.12	0.70	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 2	4.12	0.70	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 3	4.12	0.70	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 4	4.00	0.66	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 5	4.06	0.66	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 6	4.12	0.70	มาก
กิจกรรมและวิธีการอบรมข้อที่ 7	4.18	0.81	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
สื่อประกอบการอบรม			
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 1	4.18	0.73	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 2	4.12	0.70	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 3	4.06	0.66	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 4	4.18	0.64	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 5	4.18	0.64	มาก
สื่อประกอบการอบรมข้อที่ 6	4.18	0.53	มาก
การวัดและประเมินผล			
การวัดและประเมินผลข้อที่ 1	4.12	0.60	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 2	4.00	0.61	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 3	4.12	0.60	มาก
การวัดและประเมินผลข้อที่ 4	4.10	0.53	มาก

แบบประเมินพฤติกรรม

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

คำแนะนำในการตอบแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ มุ่งที่จะประเมินพฤติกรรมผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 สถานะภาพส่วนตัวของผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 พฤติกรรมของผู้ถูกประเมิน

กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องว่างที่กำหนดให้และโปรดแสดงความคิดเห็นตามที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม เพราะคำตอบของท่านจะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหลักสูตร ฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ต่อไป

ตอนที่ 1 สถานะภาพส่วนตัวของผู้ถูกประเมิน

1. เพศ () ชาย () หญิง
2. ชื่อ.....นามสกุล.....
3. อายุ.....ปี

ตอนที่ 2 พฤติกรรมผู้ถูกประเมิน

พฤติกรรม	เหมาะสม	ปานกลาง	ไม่เหมาะสม
1. การตรงต่อเวลา			
2. ความตั้งใจในการฟัง			
3. การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์			

ตอนที่ 2 พฤติกรรมผู้ถูกประเมิน (ต่อ)

พฤติกรรม	เหมาะสม	ปานกลาง	ไม่เหมาะสม
4. ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย			
5. ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม			
6. ความร่วมมือในการทำงาน			
7. ความสนใจในบทเรียน			

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ตารางการอบรม
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

วันที่	เวลา	กิจกรรมการอบรม	หมายเหตุ
5-7 ม.ค. 41	16.40-17.30 (3 คาบ)	ลงทะเบียนผู้เข้ารับการอบรม ชี้แจงวัตถุประสงค์และรายละเอียด ของการฝึกอบรม ประเมินผลก่อนเรียน หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของ เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	
8-9 ม.ค. 41	16.40-17.30	หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์ การออกแบบและโครงสร้างของตัวถัง รถยนต์ การพัฒนาของตัวถังรถยนต์ ประวัติความเป็นมา คำศัพท์และแบบของ ตัวถังรถยนต์การแบ่งประเภทของรถยนต์	
10 ม.ค. 41	08.30-12.05	การออกแบบตัวถังรถยนต์ รูปแบบตัวถังรถยนต์ ความปลอดภัย การสร้าง การทำงานของเครื่องยนต์ และการทดสอบแอร์โรไดนามิกส์ และการทดสอบ	
	12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน	

วันที่	เวลา	กิจกรรมการอบรม	หมายเหตุ
10 ม.ค. 41	13.00-16.35 (4 คาบ)	วิธีการสร้างตัวถัง วัสดุที่ใช้สำหรับทำตัวถัง โครงรถยนต์	
12-14 ม.ค. 41	16.40-17.30 (3 คาบ)	แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์ไฟฟ้า และการประจุไฟ	
15-16 ม.ค. 41	16.40-17.30 (2 คาบ)	มอเตอร์ มอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์กระแสสลับ การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับ	
17 ม.ค. 41	08.30-12.05	ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบ วงจร ดี.ซี. ชอปเปอร์ การควบคุมทริกเกทเอสซีอาร์ รีเจนเนอเรทีฟ-ชอปเปอร์ การป้องกันกระแสเกินและ แรงดันแบตเตอรี่	
	12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
	13.00-16.30 (4 คาบ)	ระบบกลไกการขับเคลื่อน	

วันที่	เวลา	กิจกรรมการอบรม	หมายเหตุ
19-22 ม.ค. 41	16.40-17.30 (3 คาบ)	ระบบควบคุมรถยนต์	
23 ม.ค. 41	16.40-17.30 (1 คาบ)	พลังงานช่วยเหลือ	
24 ม.ค. 41	8.30-11.10 (3 คาบ)	สอบครั้งที่ 2	
	12.00-13.00	พักรับประทานอาหารกลางวัน	
	13.00-14.45 (2 คาบ)	สอบภาคปฏิบัติ	

ภาคผนวก ง

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

คู่มือวิทยากร

รายนามวิทยากร

คู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หลักสูตรฝึกอบรม
เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

พัฒนาโดย
เฉลิมพล คงจันทร์

คำนำ

หลักสูตรอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์พัฒนาขึ้นมา ใช้สำหรับฝึกอบรมให้นักศึกษาช่างยนต์มีความรู้ ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซม หรือทำตามแบบของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าด้วยตนเอง

หลักสูตรที่พัฒนามาขึ้นนี้ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือปัญหาและความจำเป็น จุดมุ่งหมาย และหน่วยฝึกอบรม โดยแต่ละหน่วยฝึกอบรมประกอบด้วยรายละเอียดต่าง ๆ คือ จุดมุ่งหมาย การสอน จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เนื้อหาการฝึกอบรม กิจกรรมการฝึกอบรม สื่อประกอบการฝึกอบรม และการวัดและประเมินผลการฝึกอบรม ทำให้สามารถนำหลักสูตรไปใช้ฝึกอบรมได้ทันที นอกจากนี้ยังสามารถปรับส่วนต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายได้

สารบัญ

	หน้า
คำแนะนำการใช้หลักสูตร.....	294
ปัญหาและความจำเป็น.....	295
จุดมุ่งหมายของหลักสูตร.....	296
หน่วยการฝึกอบรม.....	297
หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า.....	298
หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์.....	300
หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ.....	302
หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม.....	305
หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า.....	308

คำแนะนำการใช้หลักสูตรฝึกอบรม

1. หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการตรวจสอบ ปรับแต่งและซ่อมแซม หรือทำตามแบบของเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าด้วยตนเอง ใช้เวลาฝึกอบรมตามหลักสูตร 30 คาบ
2. ผู้เข้ารับการฝึกอบรมตามหลักสูตรนี้ คือนักศึกษาช่างยนต์
3. ผู้ดำเนินการฝึกอบรมตามหลักสูตรนี้ คือ ครู อาจารย์ที่เป็นวิทยากรช่วยสอนที่มีความรู้ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมไฟฟ้า เกษตรกลวิธาน หรือเทียบเท่า หรือผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าเป็นอย่างดี
4. หลักสูตรฝึกอบรมนี้ใช้ควบคู่กับคู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองเรื่องเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า ซึ่งสร้างขึ้นอย่างสอดคล้องสัมพันธ์กัน
5. ควรดำเนินการฝึกอบรมเรียงตามลำดับจากหน่วยฝึกอบรมแรกไปถึงหน่วยฝึกอบรมสุดท้าย
6. เนื้อหาของหลักสูตรที่เป็นความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ภาพ แผนภูมิ สถิติต่าง ๆ ควรปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ ข้อมูลในส่วนนี้ผู้ดำเนินการฝึกอบรมสามารถติดตามได้จาก ตำรา เอกสาร งานวิจัยและบทความทางวิชาการ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้าทั้งจากแหล่งข้อมูลทางภาครัฐบาล เอกชน และอื่น ๆ
7. กิจกรรมและสื่อการฝึกอบรม สามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในแต่ละแห่งได้ตามความเหมาะสม
8. การวัดและการประเมินผลการฝึกอบรม ควรดำเนินการสอบตามแผนงานและวิธีดำเนินการสอบอย่างเคร่งครัด เพื่อให้การตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียนเป็นไปอย่างถูกต้อง ยุติธรรมและเป็นธรรมกับทุกฝ่าย

ปัญหาและความจำเป็น

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศ และเสียง เขม่า ฝุ่นละอองและหมอกควันที่เกิดจากยานพาหนะเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งในกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ ๆ จากการสำรวจจะพบว่าพลังงานที่มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนมากกว่าครึ่งจะถูกใช้ไปในการขนส่ง และที่น่าตกใจคือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งนั้นได้ใช้กันอย่างมากในรถยนต์นั่ง รถจักรยานยนต์ รถแท็กซี่ และรถกระบะมากถึง 48 % ของปริมาณการใช้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการหาเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เชื้อเพลิงทดแทนดังกล่าวได้แก่ รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ แทนการใช้้ำมันเชื้อเพลิง เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยสิ้นเชิง และมลพิษทางเสียงจะมีระดับต่ำมาก ดังนั้นการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ จะลดปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงได้ โดยเสียงจะเบากว่าเสียงของรถยนต์มาก เนื่องจากไม่มีจุดระเบิดเนื้อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเครื่องเหมือนรถยนต์ทั่วไป เสียงของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเพียงการหมุนของมอเตอร์เท่านั้น นอกจากนั้นปัญหาเรื่องความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้าจะหมดไป ทั้งนี้เพราะระบบไฟฟ้าเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % ดังนั้นอุณหภูมิของรถยนต์ไฟฟ้าจะต่ำกว่ารถยนต์ที่สันดาปภายในมาก ด้วยเหตุนี้ ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยืนยาว และยังสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา ไม่ต้องห่วงเติมน้ำมันหรือน้ำ เปลี่ยนน้ำมันเครื่อง ไล่กรองและสลายหวน รถยนต์ไฟฟ้าควบคุมง่าย เร่งได้เร็วเท่าที่ต้องการ คล่องแคล่ว เงียบ และเหมาะที่จะใช้ในเมือง

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าต้องใช้เทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้แรงงานต้องมีคุณภาพมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการ มีความจำเป็นที่จะต้องใช้บุคลากรด้านช่างยนต์มาก เพราะเครื่องยนต์ของรถยนต์ไฟฟ้าไม่ว่าจะมีราคาแพงปานใด ก็ยังเกิดเหตุขัดข้องและเสียหายได้ ช่างยนต์มีภารกิจที่จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้างกล่าว ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดเวลาช่วงอายุการใช้งาน ช่างยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อบุคลากรเหล่านั้น จะต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่งและ

ซ่อมแซมอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นช่างยนต์ต้องพัฒนาสมรรถภาพพื้นฐานให้แน่น เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ ให้สามารถรับเอาเทคโนโลยีในอนาคตใช้เป็นฐาน ในการพัฒนาเพื่อสร้างพื้นฐานความรู้ให้แน่นมีศักยภาพสูงพอที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ จนมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และ ซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในหลักการและระบบการทำงานของรถยนต์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซม หรือทำตามแบบของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตได้ด้วยตนเอง

หน่วยการฝึกอบรม

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หน่วย ได้แก่

- หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ
- หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ
- หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม
- หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

**รายละเอียด
ของแต่ละหน่วยการฝึกอบรม**

-ให้ดูรูปภาพ

-ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

-แผ่นใสแสดงการขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้า

-รูปภาพประกอบคำบรรยาย

-รูป Functional block diagram of management system

-รูปแสดงระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าตามไดอะแกรม

-รูป Single-motor and dual-motor configurations

-รูป Classification of EV propulsion motors

-รูป Advanced EV propulsion motors

-รูป Variable temperature seating U2001

-รูป EV sub-system interaction

-รูป Multiple charging system

-รูป Induction charging

-ตารางประกอบคำบรรยาย

-ตารางเทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

-ตารางการเปรียบเทียบเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าครั้งล่าสุด

การวัดและประเมินผล

-สังเกตจากการสนทนาและซักถาม

-พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

-พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา

-สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้นาสติคในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกประเภทของโครงรถยนต์

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ประวัติและความเป็นมา
- เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์
- โครงรถยนต์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดงรูป timber constructed bodies
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป Development of the Austin car body 1909-1992
- รูป First Vauxhall, tiller operated 1903
- รูป 1905 and 1909 Vauxhalls with wooden spoked artillery wheels with pneumatic tyres
- รูป Twin concept car with interchangeable engines
- รูป Style artist at work
- รูป Automatic seat belt tensioner
- รูป Vehicle styling forms

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน
- บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
- บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการทำงานของวงจร
- บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าวู่ว
- บอกประเภทของการลัดภายใน
- อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่
- เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
- วงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- การทำงานของวงจร
- การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- การป้องกันอุปกรณ์และวงจร
- การป้องกันแรงดันไฟฟ้า

-การป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดง Placement of Battery in Truck
- Photo of the battery built-in frame (BBF)
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป Hughes Inductive Charger
- Genesis rechargeable pure-lead in Battery
- รูป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-นิกเกิลคลอไรด์
- รูป Principle of a Zinc-Bromine Battery
- รูป NaS-Pb Cell
- รูปแสดง Zinc metal battery
- รูป Schematic of the Zinc Bromide battery system with main components
- รูป Schematic of the Zinc Bromine System
- รูป Concept of SMES for EV Recharge
- รูป Battery system connected in series
- รูปแสดง The Effect of Fast Recharge batteries
- ตารางประกอบคำบรรยาย
- ตารางแสดง Comparison of Battery Technology

-ตารางแสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาบทเตอรีในระยะต่าง ๆ
การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

เวลา 9 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของมอเตอร์
- บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกใช้อุปกรณ์เปิด
- เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์ชนิด
ไฟฟ้า
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ตัวควบคุมมอเตอร์
- การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- สวิตช์เปิด ปิด

- การเปรียบเทียบมอเตอร์
- การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ

กิจกรรม

- นำเข้าสื่อบทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดง Motor overall structure and Motor axial section
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป มอเตอร์กระแสตรงซึ่งไม่มีแปรงอยู่ในวงล้อ
- รูปแสดงแนวคิดของคอมมิวเตเตอร์แบบการขับเคลื่อนกระแสตรง
- รูปแสดงขอลาเปอร์แบบคัทใช้มอเตอร์เปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าตรง
- รูปแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานปกติของมอเตอร์กระแสสลับ
- รูปแสดงลักษณะการทำงานของขอลาเปอร์แบบต่าง ๆ
- ตารางประกอบคำบรรยาย
- ตาราง Comparison of Power Switching Devices
- ตารางแสดงการเปรียบเทียบมอเตอร์ 4 ชนิด

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายไต่หา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
- อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

เนื้อหาการอบรม

- การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- การขับเคลื่อนโดยตรง
- ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม
- การควบคุมประสิทธิภาพ
- การออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์
- การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส

-ให้ดูรูปภาพ

-ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

-แผ่นใสแสดง Hughes AC Drive Train Controller Integrated
AC-Drive system

-รูปภาพประกอบคำบรรยาย

-รูป One Motor Drive System and Two Motor Drive
System

-รูปแสดงการบูรณาการมอเตอร์ เกียร์และส่วนประกอบอื่น ๆ

-รูปแสดงการเชื่อมโยงของระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

-รูปแสดงระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

-รูป Microcomputer block diagram

การวัดและประเมินผล

-สังเกตจากการสนทนาและซักถาม

-พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

-พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา

-สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

คัมภีร์อภิปรัชญา

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

พัฒนาโดย

เฉลิมพล คงจันทร์

คำนำ

ปัจจัยหนึ่งที่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ คือการมีรากฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่แข็งแกร่งและสอดคล้องกับโครงสร้างพื้นฐานในด้านต่าง ๆ ของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีพลังงาน ยานยนต์และสิ่งแวดล้อม มีความสำคัญต่ออนาคตของประเทศไทยเป็นอย่างมาก มีความต้องการหาแหล่งพลังงานทดแทนที่สะอาดปราศจากมลพิษและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มาใช้ในการขนส่งเพื่อลดการพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทุกปี ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดมลพิษทางอากาศและเสียง เพราะรถยนต์ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยสิ้นเชิง ช่างยนต์มีภารกิจที่จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดเวลาช่วงอายุการใช้งาน ช่างยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อบุคลากรเหล่านั้น จะต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการและเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่งและ ซ่อมแซมอย่างสมบูรณ์

คู่มือวิทยากรช่วยสอนการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้วิทยากรช่วยสอนได้ทราบเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและปัญหาในการฝึกอบรม จุดมุ่งหมายของหลักสูตร โครงสร้างของหลักสูตรและเนื้อหาสาระ วิธีดำเนินการอบรม การวัดและประเมินผล และแผนการฝึกอบรม และการบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรตามที่กำหนดไว้

ผู้วิจัยหวังว่า คู่มือวิทยากรช่วยสอนการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่นำหลักสูตรไปใช้อบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าไปใช้ ซึ่งจะช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถ ศักยภาพและขีดความสามารถของบุคคลที่เกี่ยวข้องและสนใจให้กว้างไกล พร้อมทั้งจะสามารถพัฒนาตนเองจนสามารถการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซมอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยตนเอง

นายเฉลิมพล คงจันทร์

ธันวาคม 2540

สภาพไฟฟ้าและความจำเป็น

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศ และเสียง เขม่า ฝุ่นละอองและหมอกควันที่เกิดขึ้นจากยานพาหนะเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งในกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ ๆ จากการสำรวจจะพบว่าพลังงานที่มาจากน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวนมากกว่าครึ่งจะถูกใช้ไปในการขนส่ง และที่น่าตกใจก็คือน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในกิจการขนส่งนั้นได้ใช้กันอย่างมากในรถยนต์นั่ง รถจักรยานยนต์ รถแท็กซี่ และรถกระบะมากถึง 48 % ของปริมาณการใช้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการหาเชื้อเพลิงอื่นมาทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล ซึ่งใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เชื้อเพลิงทดแทนดังกล่าวได้แก่ รถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า ในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ แทนการใช้้ำมันเชื้อเพลิง เพราะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศโดยสิ้นเชิง และมลพิษทางเสียงจะมีระดับต่ำมาก ดังนั้นการนำรถยนต์ไฟฟ้ามาใช้ จะลดปัญหามลพิษทางอากาศ และเสียงได้ โดยเสียงจะเบากว่าเสียงของรถยนต์มาก เนื่องจากไม่มีจุดระเบิดเพื่อเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในห้องเครื่องเหมือนรถยนต์ทั่วไป เสียงของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นเพียงการหมุนของมอเตอร์เท่านั้น นอกจากนั้นปัญหาเรื่องความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้าจะหมดไป ทั้งนี้เพราะระบบไฟฟ้าเป็นกลไกที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % ดังนั้นอุณหภูมิของรถยนต์ไฟฟ้าจะต่ำกว่ารถยนต์ที่สันดาปภายในมาก ด้วยเหตุนี้ ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานยืนยาว และยังสะดวกในการซ่อมบำรุงรักษา ไม่ต้องห่วงเติมน้ำมันเหมือนน้ำมันเครื่อง ไล่กรองและส่ายนาน รถยนต์ไฟฟ้าควบคุมง่าย เร่งได้เร็วเท่าที่ต้องการ คล่องแคล่ว เงียบ และเหมาะที่จะใช้ในเมือง

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าต้องใช้เทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น ด้วยเหตุนี้แรงงานต้องมีคุณภาพมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการ มีความจำเป็นที่จะต้องใช้บุคลากรด้านช่างยนต์มาก เพราะเครื่องยนต์ของรถยนต์ไฟฟ้าไม่ว่าจะมีราคาแพงปานใด ก็ยังเกิดเหตุขัดข้องและเสียหายได้ ช่างยนต์มีภารกิจที่จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าดังกล่าว ให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเต็มที่ตลอดเวลาช่วงอายุการใช้งาน ช่างยนต์จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อบุคลากรเหล่านั้น จะต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่งและ

ซ่อมแซมอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นช่างยนต์ต้องพัฒนาสมรรถภาพพื้นฐานให้แน่น เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ดังนั้น การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่ง ที่จะช่วยพัฒนาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ ให้สามารถรับเอาเทคโนโลยีในอนาคตใช้เป็นฐาน ในการพัฒนาเพื่อสร้างพื้นฐานความรู้ให้แน่นมีศักยภาพสูงพอที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ จนมีความรู้ความเข้าใจหลักการ และเทคนิคในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และ ซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง

จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในหลักการและระบบการทำงานของรถยนต์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการตรวจสอบ ปรับแต่ง และซ่อมแซม หรือทำตามแบบของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคตได้ด้วยตนเอง

โครงสร้างของหลักสูตร

หลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์นี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 หน่วย ได้แก่

- หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์
- หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ
- หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม
- หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อวิชาดังนี้

- เนื้อหาสาระ 1.1 บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 1.2 ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 1.3 แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
 1.4 ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
 1.5 ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

กิจกรรม

- 1.6 นำเข้าสู่บทเรียน
 1.7 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
 1.8 ฉายแผ่นใส
 1.9 ให้ดูรูปภาพ
 1.10 ถาม-ตอบ
 1.11 สรุปผล

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ แบ่งออกเป็น 8 หัวข้อวิชา ดังนี้

- 2.1 ประวัติและความเป็นมา
 2.2 เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
 2.3 อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.4 อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.5 พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
 2.6 แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
 2.7 สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์
 2.8 โครงรถยนต์

กิจกรรม

- 2.9 นำเข้าสู่บทเรียน
 2.10 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
 2.11 ฉายแผ่นใส

2.12 ให้ดูรูปภาพ

2.13 ถาม-ตอบ

2.14 สรุปผล

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ แบ่งออกเป็น 10 หัวข้อวิชา ดังนี้

3.1 ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่

3.2 หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่

3.3 เทคโนโลยีแบตเตอรี่

3.4 หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

3.5 วงจรประจุไฟแบตเตอรี่

3.6 การทำงานของวงจร

3.7 การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า

3.8 การป้องกันอุปกรณ์และวงจร

3.9 การป้องกันแรงดันไฟฟ้า

3.10 การป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

3.11 นำเข้าสู่บทเรียน

3.12 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร

3.13 ฉายแผ่นใส

3.14 ให้ดูรูปภาพ

3.15 ถาม-ตอบ

3.16 สรุปผล

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม แบ่งออกเป็น 11 หัวข้อวิชา ดังนี้

4.1 ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

4.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

- 4.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.4 ตัวควบคุมมอเตอร์
- 4.5 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- 4.7 สวิตช์เปิดเปิด
- 4.8 การเปรียบเทียบมอเตอร์
- 4.9 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- 4.10 ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- 4.11 ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ

กิจกรรม

- 4.12 นำเข้าสู่บทเรียน
- 4.13 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- 4.14 ฉายแผ่นใส
- 4.15 ให้ดูรูปภาพ
- 4.16 ถาม-ตอบ
- 4.17 สรุปผล

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 8 หัว
ข้อวิชา ดังนี้

- 5.1 การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- 5.2 การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- 5.3 การขับเคลื่อนโดยตรง
- 5.4 ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- 5.5 การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม
- 5.6 การควบคุมประสิทธิภาพ
- 5.7 การออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์

5.8 การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

5.9 นำเข้าสู่บทเรียน

5.10 บรรยายประกอบด้วยเอกสาร

5.11 ฉายแผ่นใส

5.12 ให้ครูปรกาน

5.13 ถาม-ตอบ

5.14 สรุปผล

วิธีดำเนินการฝึกอบรม

การฝึกอบรมมีวิธีการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน ซึ่งประกอบไปด้วย การสำรวจสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของนักศึกษาข้างยนต์ ในสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์แล้วนำมาวิเคราะห์สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของนักศึกษาข้างยนต์ ดำเนินการกำหนดรูปแบบการฝึกอบรมเพื่อสนองตอบต่อสภาพปัจจุบันปัญหาและความต้องการของนักศึกษาข้างยนต์ ตลอดจนกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดเนื้อหา กิจกรรม กำหนดและสร้างเครื่องมือการวัดและประเมินผล

ขั้นที่ 2 การดำเนินการฝึกอบรม ประกอบด้วย การกำหนด และคัดเลือกนักศึกษาข้างยนต์เพื่อเข้ารับการฝึกอบรม การสร้างความคุ้นเคย การประเมินผลก่อนการฝึกอบรม โดยใช้แบบทดสอบข้อเขียนวัดความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ดำเนินการฝึกอบรมเริ่มจากการนำเข้าสู่บทเรียน บรรยายประกอบด้วยเอกสาร ฉายแผ่นใส ให้ครูปรกานถาม-ตอบ แสดงความคิดเห็นอภิปรายและสรุปผล และประเมินผลระหว่างการฝึกอบรมด้วยแบบสังเกตพฤติกรรมของนักศึกษาข้างยนต์ เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีต่อการฝึกอบรม

ขั้นที่ 3 การวัดและประเมินผล เป็นการติดตามผลภายหลังจากการเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ด้วยการวัดความรู้ความคิดจากการใช้แบบทดสอบข้อเขียน ด้านทักษะใช้แบบทดสอบ

ภาคปฏิบัติวัดในขณะดำเนินการฝึกอบรม

แผนการฝึกอบรม

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
- อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทการเลือกใช้งานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกประเภทของโครงรถยนต์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม

- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน
- บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
- บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการทำงานของวงจร
- บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟน้ำรั่ว
- บอกประเภทของการลัดวงจรใน
- อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ

-สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของมอเตอร์
- บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกใช้สวิตช์เปิดปิด
- เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- บอกหลักการใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทบทวนเนื้อหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

เนื้อหาวิชา

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
- อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

เวลา 3 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
- อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทการเลือกใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

เนื้อหาการอบรม

- บทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- ประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
- แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
- ข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
- ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

กิจกรรมและวิธีการฝึกอบรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส

-ให้ดูรูปภาพ

-ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดงการขยายตัวของรถยนต์ไฟฟ้า
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป Functional block diagram of management system
- รูปแสดงระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าตามไดอะแกรม
- รูป Single-motor and dual-motor configurations
- รูป Classification of EV propulsion motors
- รูป Advanced EV propulsion motors
- รูป Variable temperature seating U2001
- รูป EV sub-system interaction
- รูป Multiple charging system
- รูป Induction charging
- ตารางประกอบคำบรรยาย
- ตารางเทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- ตารางการเปรียบเทียบเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าครั้งล่าสุด

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถ

เวลา ๑ คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
- บอกประเภทของโครงรถยนต์

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ประวัติและความเป็นมา
- เหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
- อลูมิเนียมที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- พลาสติกที่ใช้ในการผลิตตัวถังรถยนต์
- แนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
- สารประกอบที่ใช้ผลิตตัวถังรถยนต์
- โครงรถยนต์

กิจกรรม

- นำเข้าสื่อบทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดงรูป imber constructed bodies
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป Development of the Austin car body 1909-1992
- รูป Frist Vauxhall, tiller operated 1903
- รูป 1905 and 1909 Vauxhalls with wooden spoked artillery wheels with pneumatic tyres
- รูป Twin concept car with interchangeable engines
- รูป Style artist at work
- รูป Automatic seat belt tensioner
- รูป Vehicle styling forms

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย
- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทบทวนปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน
- บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
- บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- อธิบายหลักการทำงานของวงจร
- บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าว
- บอกประเภทของการลัดภายใน
- อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
- อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ความต้องการและคุณลักษณะของแบตเตอรี่
- หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่
- เทคโนโลยีแบตเตอรี่
- หลักการประจุไฟแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า
- วงจรประจุไฟแบตเตอรี่
- การทำงานของวงจร
- การประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
- การป้องกันอุปกรณ์และวงจร
- การป้องกันแรงดันไฟฟ้า

-การป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรม

-นำเข้าสลับทเรียน

-บรรยายประกอบด้วยเอกสาร

-ฉายแผ่นใส

-ให้ดูรูปภาพ

-ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

-แผ่นใสแสดง Placement of Battery in Truck

Photo of the battery built-in frame (BBF)

-รูปภาพประกอบคำบรรยาย

-รูป Hughes Inductive Charger

Genesis rechargeable pure-lead in Battery

-รูป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-นิกเกิลคลอไรด์

-รูป Principle of a Zinc-Bromine Battery

-รูป NaS-Pb Cell

-รูปแสดง Zinc metal battery

-รูป Schematic of the Zinc Bromide battery

system with main components

-รูป Schematic of the Zinc Bromine System

-รูป Concept of SMES for EV Recharge

-รูป Battery system connected in series

-รูปแสดง The Effect of Fast Recharge batteries

-ตารางประกอบคำบรรยาย

-ตารางแสดง Comparison of Battery Technology

-ตารางแสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาระบบเทคโนโลยีในระยยะต่าง ๆ

การวัดและประเมินผล

-สังเกตจากการสนทนาและซักถาม

-พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

-พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา

-สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกประเภทของมอเตอร์
- บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกใช้อุปกรณ์เปิด ปิด
- เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
- บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
- อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
- บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

เนื้อหาการฝึกอบรม

- ประเภทของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- ตัวควบคุมมอเตอร์
- การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
- สวิตช์เปิด ปิด

- การเปรียบเทียบมอเตอร์
- การควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
- ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง
- ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ

กิจกรรม

- นำเข้าสัปดาห์เรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส
- ให้ดูรูปภาพ
- ถาม-ตอบ
- สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

- แผ่นใสแสดง Motor overall structure and Motor axial section
- รูปภาพประกอบคำบรรยาย
- รูป มอเตอร์กระแสตรงซึ่งไม่มีแปรงอยู่ในวงล้อ
- รูปแสดงแนวคิดของคอมมิวเตเตอร์แบบการขับเคลื่อนกระแสตรง
- รูปแสดงข้อดีของมอเตอร์ที่ใช้มอเตอร์เปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าตรง
- รูปแสดงแนวคิดเกี่ยวกับการทำงานปกติของมอเตอร์กระแสสลับ
- รูปแสดงลักษณะการทำงานของข้อดีของมอเตอร์แบบต่าง ๆ
- ตารางประกอบคำบรรยาย
- ตาราง Comparison of Power Switching Devices
- ตารางแสดงการเปรียบเทียบมอเตอร์ 4 ชนิด

การวัดและประเมินผล

- สังเกตจากการสนทนาและซักถาม
- พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

- พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา
- สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

เวลา 6 คาบ

จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
- บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
- อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์
- บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

เนื้อหาการอบรม

- การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
- การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
- การขับเคลื่อนโดยตรง
- ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- การบรรยายเกี่ยวกับระบบควบคุม
- การควบคุมประสิทธิภาพ
- การออกแบบลักษณะของฮาร์ดแวร์
- การออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรม

- นำเข้าสู่บทเรียน
- บรรยายประกอบด้วยเอกสาร
- ฉายแผ่นใส

-ให้ดูรูปภาพ

-ถาม-ตอบ

-สรุปผล

สื่อประกอบการอบรม

-แผ่นใสแสดง Hughes AC Drive Train Controller Integrated
AC-Drive system

-รูปภาพประกอบคำบรรยาย

-รูป One Motor Drive System and Two Motor Drive
System

-รูปแสดงการบูรณาการมอเตอร์ เกียร์และส่วนประกอบอื่น ๆ

-รูปแสดงการเชื่อมโยงของระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

-รูปแสดงระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

-รูป Microcomputer block diagram

การวัดและประเมินผล

-สังเกตจากการสนทนาและซักถาม

-พิจารณาจากการมีส่วนร่วมในการอภิปราย

-พิจารณาจากการตอบปากเปล่าแทนการทดสอบในการทนายปัญหา

-สังเกตจากการมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

บรรณานุกรม

- กองบรรณาธิการ. เทคนิครถยนต์สำหรับประชาชน. กรุงเทพฯ. น้าอักษรการพิมพ์, 2535.
- กองบรรณาธิการ. เทคโนโลยีใหม่ในงานวิศวกรรม. 2527.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. "การเก็บพลังงานแบตเตอรี่" วารสารการไฟฟ้า
ฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 6(1):30-39, มกราคม-มีนาคม 2540.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. การถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2539.
- กาญจนา วานิชกร. "รถไฟฟ้าเทคโนโลยีใหม่ทางเลือกที่ไทยเริ่มนำมาแก้ปัญหาคับและ
เสียง" มติชน. 5 สิงหาคม 2538 หน้า 23.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. มิตรนราการพิมพ์, 2537.
- กุศล สุนทรธาดา. จุดเปลี่ยนนโยบายประชากรประเทศไทย. กรุงเทพฯ. สำนัก
งานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2538.
- จันทร์ ทอคำเกา. "แผนทำความสะอาดมลพิษทางอากาศ" วารสารสิ่งแวดล้อม.
1(6):38-41, พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2539.
- จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. ประมวลบทความหลักสูตรสาขาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- ไจทิพย์ เชื้อรัตนพงษ์. การพัฒนาหลักสูตรหลักการและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ. อลิ้นเพลส,
2539.
- ชาญชัย ประทุมวิโนจ. การสร้างหลักสูตรและชุดฝึกอบรมเรื่องระบบควบคุมการทำงาน
ของเครื่องยนต์ด้วยอิเล็กทรอนิกส์สำหรับพัฒนาครูอาจารย์สาขาวิชาช่างยนต์. วิทยานิพนธ์
ค.ม. กรุงเทพฯ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2527 อัด
สำเนา.
- ชูเกียรติ จันทราณี. ทฤษฎีตรวจซ่อมงานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2538.
- ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ. การทดสอบและการวิเคราะห์จุดเสียในวงจรอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ. นิลกัลเช้นต์เตอร์, ม.ป.ป.

ชูชัย ศุภวงศ์และยุวดี คาคการณ์ไกล. "สถานการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศไทย" วารสารการวิจัยระบบสาธารณสุข. 4(4):271-277, 2539.

ชูชัย สมิทธิไกร. จิตวิทยาการฝึกอบรมบุคลากร. เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.

ชูชาติ ศิวกาญจน์. ปัญหาสังคม. นครปฐม, โรงเรียนนายร้อยตำรวจ, 2539.

ชูศรี วงศ์รัตน์. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์บรรณกิจ, 2525.

ชูศรี วงศ์รัตน์. แบบแผนการทดลองและสถิติ. กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2528.

หมั่นธ ฤๅษร ฅ ออชยา. "การจัดระบบอุดมศึกษาไทยที่น่าจะเป็น " การอุดมศึกษา. มกราคม, 2539.

โชติ เพชรขึ้น. เทคนิคการประเมินหลักสูตร. กรุงเทพฯ, สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ม.ป.ป.

ญาดา ดาวพลังพรหม. "กรอบแนวคิดเกี่ยวกับนโยบายการพัฒนาข้าราชการพลเรือนในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 " วารสารข้าราชการ. 14(3): 41-44 พฤษภาคม-มิถุนายน 2539.

ดิลก บุญเรืองรอด. "การวิจัยอนาคตทางการศึกษา" วารสารการวิจัยเพื่อการพัฒนา. (3) : 23-25, 2530.

ณรงค์ ฅ เชียงใหม่และกรรณิการ์ วิทย์สุภากร. มนุษย์ในเวทีวิทยาและการสาธารณสุข. กรุงเทพฯ, โอเดียนสโตร์, 2528.

เต็มศักดิ์ เศรษฐวัชรวานิช. วิทยาศาสตร์พัฒนาชีวิต. กรุงเทพฯ, สถาบันราชภัฏสวนดุสิต, 2539.

ถิรพัฒน์ วิลัยทอง. เทคโนโลยีอนาคตที่สำคัญสำหรับประเทศไทยอนาคตธุรกิจเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2540.

ทวีศักดิ์ พงษ์ปัญญาและเจษฎา สุนันทักษ์. "มลพิษจากเครื่องยนต์" วารสารวิทยาศาสตร์. 50(2):73-77 มีนาคม-เมษายน 2539.

ธีรวุฒิ บุญยโสภณ. การบริหารอาชีพและเทคโนโลยีศึกษาเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ,

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536.

นาคยา ปิณฑนานนท์. อนาคตศาสตร์. กรุงเทพฯ, โอเดียนสโตร์, 2526.

นิภาภรณ์ เอี่ยมสังวาลย์. "ขับเคลื่อนไปอย่างไร้ลพิษ" วารสารควบคุมพิษ. 1(1):8

สิงหาคม 2539.

บุญจิตต์ ฉัตรภูมิ. การพัฒนาลัทธิและรายวิชา. กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, 2539.

บุญเชิด ภิญโญนนทนงษ์. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ,

โอเดียนสโตร์, 2527.

บรรณาธิการ. "โครงการรถบัสน้ำมัน" ไฟฟ้าและอุตสาหกรรม. 3(3):31-34 มีนาคม

2529.

บรรณาธิการ. "รถพลังงานน้ำมันมิตรของสถานแวดล้อม" ข่าวโตโยต้า. 4-5, ม.ป.ป.

ประเทือง เพชรรัตน์. "เทคนิคเคลือบ" วารสารการวิจัยเพื่อการพัฒนา. (3):38-39

2530.

ประยูร ศรีประสาธน์. "เทคนิคการวิจัยแบบเคลือบ" วารสารการศึกษาแห่งชาติ. 49-57,

เมษายน-พฤษภาคม 2523.

ประไพศรี สงวนวงศ์. "เทคนิคการวิเคราะห์แนวโน้มของหลักสูตรในทศวรรษหน้า"

วารสารการพัฒนาลัทธิ. (81):17-22 ธันวาคม 2531.

เพชรรา สงวนแสง. การประเมินผลหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นสาขาวิชาช่างเครื่องยนต์

ของโรงเรียนฝึกอาชีพกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัย

ศิลปากร 2535.

พริศศักดิ์ วรสุทโรสถ. "รถไฟฟ้า" ชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์. 30(7):15-18 เมษายน 2526.

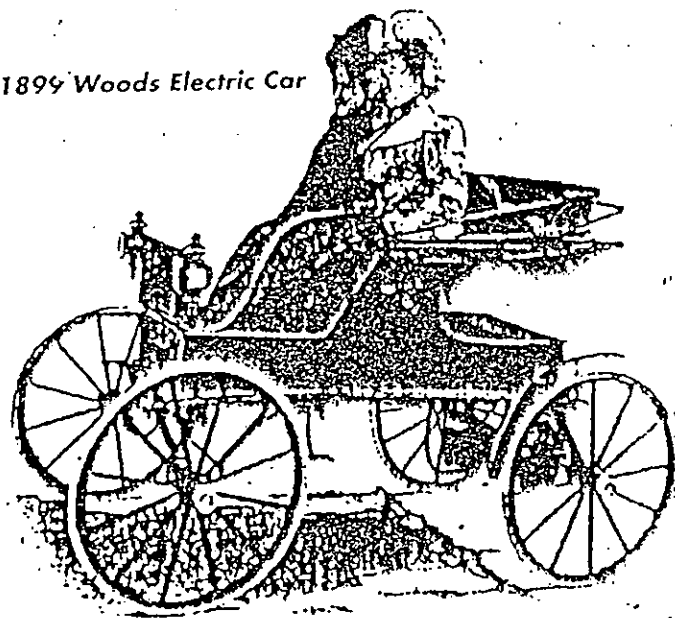
พลพร แสงบางปลา. "รถไฟฟ้าศักยภาพทางการขนส่ง" วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี.

22(125):75-79 กุมภาพันธ์-มีนาคม 2539.

- นวกา พันธุ์เมฆา. สารนิเทศกับการศึกษาค้นคว้า. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์กรุงเทพ. 2535.
- ไพรัช เพื่อนถ่วง. กระบวนการฝึกอบรมที่พึงประสงค์สำหรับอาจารย์สาขาวิชาช่างยนต์ในวิทยาลัยสารพัดช่างและวิทยาลัยการอาชีวกรรมอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537. อุดลำนเา.
- ไพฑูรย์ ธรรมแสง. "เทคนิคเตลฟาย" วารสารศูนย์วิจัยวิทยาลัยครูบ้านสมเด็จเจ้าพระยา. 3(1):9 ตุลาคม 2528.
- ไพศาล หวังพานิช. วิธีการวิจัย. กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. 2531.
- รัชดา อิศระเสนารักษ์. "มาตรฐานรณยต์กับการแก้ปัญหาพิษทางอากาศในประเทศไทย" วารสารส่งเสริมเทคโนโลยี. 22(125):95-97 กุมภาพันธ์-มีนาคม 2539.
- รัตนวรรณ แก้วปัญญา. "การถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยบริษัทลงทุนข้ามชาติ" วารสารเอ็มไออีที. :17-20 พฤษภาคม 2540.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. หลักวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ, คึกษาพร 2531.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. กระบวนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนภาคปฏิบัติ. กรุงเทพฯ, สุริยาสาร 2537.
- วันชัย คุณากรวงศ์และคณะ. การคำนวณวงจรทรานซิสเตอร์. กรุงเทพฯ, นิลิกส์เซ็นเตอร์ ม.ป.ป.
- วิทร วิชาหัตน์. หลักสูตรและการพัฒนารายวิชา. กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2536.
- วินัย สมบูรณ์. "เชื้อเพลิงสะอาด" วารสารสิ่งแวดล้อม. 1(5):23-25 กันยายน-ตุลาคม 2539.
- วิรัช กุมพมาศ. การอาชีวศึกษาในทศวรรษใหม่. กรุงเทพฯ, เอราวันการนิมพ์, 2528.
- วิรัตน์ สิทธิพงศ์. ปรัชญาอาชีวและเทคนิคศึกษา. กรุงเทพฯ, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2540.

หน่วยที่ 1
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้า

1899 Woods Electric Car



หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถ

1. บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
2. อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
3. อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
4. อธิบายการเลือกใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
5. อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
6. บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
7. บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
8. บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
9. บอกข้อดีข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
10. อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

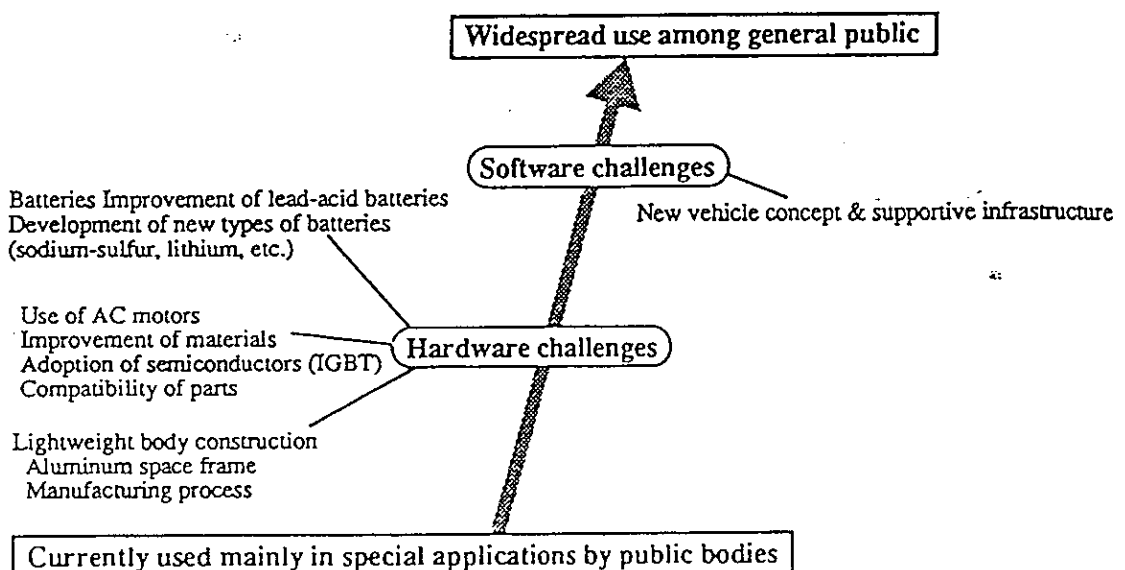
บทนำ

เป็นที่ทราบกันว่า ปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงจากยานพาหนะ เป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของประชาชน เช่น กลิ่น เสียง ฝุ่นละออง เขม่า และสิ่งปนเปื้อนที่เกิดจากสารอินทรีย์ ก๊าซต่าง ๆ การแก้ปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาใช้ในเขตตัวเมือง ซึ่งจะช่วยลดปัญหามลพิษได้ เสียงจะเบา กว่าเสียงของรถยนต์ที่ใช้น้ำมันมาก เนื่องจากการจุดระเบิดเพื่อเผาไหม้ในห้องเครื่อง

เสียงที่เกิดขึ้นจะเป็นเสียงที่เกิดจากการหมุนมอเตอร์เท่านั้น นอกจากนั้น ปัญหาเรื่องความร้อนของรถยนต์ไฟฟ้าจะหมดไป ทั้งนี้เพราะระบบไฟฟ้าเป็นกลไก ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 80 % ดังนั้นอุณหภูมิขณะใช้งานจะต่ำด้วย เหตุนี้ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ มีอายุการใช้งานยืนยาวและซ่อมบำรุงง่าย มีความเชื่อถือมาก

บทบาทของยานยนต์ไฟฟ้า

หลักที่สำคัญอย่างหนึ่งของยานยนต์ไฟฟ้า คือไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และเป็นต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเปรียบเสมือนยานยนต์ที่เปลี่ยนแปลงสีเขียวให้กับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นยานยนต์ไฟฟ้าจึงช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง หมอกควัน โอโซน ฝนกรด ภาวะเรือนกระจกให้น้อยลง ปัจจุบัน มีการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น ตัวถังยานยนต์มีน้ำหนักเบา ลดความผิดของวงล้อลง ตัวถังยานยนต์ได้รับการออกแบบ เพื่อลดแรงต้านทานของอากาศ มีการเติมประจุไฟฟ้าที่รวดเร็ว มีการพัฒนาแบตเตอรี่ชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมาใช้มอเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูง มีระบบควบคุม และระบบช่วยเหลือสนับสนุนตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานที่ดี จะเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ยานยนต์ไฟฟ้า เป็นที่นิยมแพร่หลายมากยิ่งขึ้น ดังภาพประกอบ 2 แสดงการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายในอนาคต



ภาพประกอบ 2 แสดงการใช้ยานยนต์ไฟฟ้าอย่างแพร่หลายในอนาคต

ยานยนต์ไฟฟ้าทั่วไปมีข้อได้เปรียบ เมื่อเปรียบเทียบกับยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน อยู่ 2 ประการคือ 1) ยานยนต์ไฟฟ้าสามารถช่วยในการขนส่งสารพัดประโยชน์ และเป็นการเสริมสร้างการใช้พลังงานที่ปลอดภัย เกือบ 90 % ของพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง จะใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งผลิตพลังงานดังกล่าว จากน้ำมันปิโตรเลียม แต่ในปัจจุบันมีการใช้แบตเตอรี่ในการเก็บและจ่ายพลังงานให้กับยานยนต์ไฟฟ้า ทำให้ลดการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงลง 2) ยานยนต์ไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่สะอาด สำหรับยานยนต์แบบเดิมที่ก่อให้เกิดมลพิษสูง และการจราจรที่คับคั่ง คุณภาพของอากาศที่เกิดจากยานยนต์เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่ยานยนต์ไฟฟ้าปลอดภัยมลพิษ นอกจากนั้นยานยนต์ไฟฟ้ายังมีประสิทธิภาพมากกว่า ยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในตัวเมือง

การเปลี่ยนแปลงจากยานยนต์ที่ใช้พลังงานแก๊สโซลีนมาเป็นยานยนต์ไฟฟ้า จะมีผลบวกต่อสิ่งแวดล้อม แต่ไม่มีผลต่อปัญหาการคับคั่งของการจราจร รถยนต์ไฟฟ้ามีขนาดเล็กและเบา รถยนต์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่และหนักก็จะเป็นปัญหาของความปลอดภัยได้เหมือนกัน ซึ่งก่อให้เกิดคำถาม 2 ข้อที่สำคัญ สำหรับกำหนดนโยบาย 1) ขอบเขตของยานยนต์ไฟฟ้าในการจราจรในเมืองคืออะไร 2) เราควรมหาวิทยาลัยที่จะต่อสู้เพื่อเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหรือยกระดับระบบการขนส่งในตัวเมืองหรือเปล่า

ความชัดเจนและประโยชน์ที่สำคัญของยานยนต์ไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในตัวเมือง

เจฟเฟอรี่ สเกียร์ (1992 : 13) กล่าวว่าว่ายานยนต์ไฟฟ้ามีประโยชน์ที่เด่นชัดดังนี้

1. ยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ในตัวเมือง ไม่เหมือนยานยนต์แบบดั้งเดิม การทำงานของเครื่องยนต์เกือบจะไม่มีมลพิษต่อตัวเมือง มลพิษที่เกิดจากเผาเวอร์แนลน โดยทั่วไปจะอยู่นอกตัวเมือง

2. ยานยนต์ไฟฟ้ามีการแผ่กระจายของไอโคโรคาร์บอน และคาร์บอนมอนนอกไซด์น้อยกว่ายานยนต์แบบดั้งเดิม การลดลงของก๊าซไอโคโรคาร์บอน ฝุ่นละอองจะทำให้เกิดการลดลงของโอโซนในตัวเมือง

3. การเติมเชื้อเพลิงของยานยนต์ไฟฟ้า โดยใช้ไฮโดรเจนเล็กรกซี้ด แหล่งพลังงานใหม่ที่สามารถหาได้อื่น ๆ หรือพลังงานนิวเคลียร์ การทำงานของยานยนต์ไฟฟ้า เกือบจะไม่มีการใช้น้ำมันหรือคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ยานยนต์ไฟฟ้าจึงมีศักยภาพในการทำงานที่ยาวนาน ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังเช่น ฝนกรด และการเปลี่ยนแปลงของอากาศของสิ่งแวดล้อมโลก ซึ่งยานยนต์ที่เป็นทางเลือกอื่น ๆ ไม่สามารถทำได้

บทบาทของการออกแบบและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานของยานยนต์ จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่น ๆ ออกมา ซึ่งเป็นองค์ประกอบ ที่มีผลต่อการออกแบบ และการใช้ยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้น เพื่อทำความเข้าใจเฉพาะทาง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและการขับเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการตัดสินใจใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น มีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1. ประสิทธิภาพของยานยนต์ที่ใช้การสันดาปภายในแบบเดิม จะมีผลต่อการขับอย่างแท้จริง การเบรคเครื่อง การหยุดและขับไปของยานยนต์แบบเดิม ก่อให้เกิดก๊าซจากท่อไอเสียฟุ้งกระจายในตัวเมือง ส่วนยานยนต์ไฟฟ้าจะไม่เกิดมลพิษเหล่านี้ มีเอกสาร 3 ชิ้นของไบรแกน มอร์เชสวัน และสทริเซอร์ ได้ตรวจสอบเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวนี้ ในบางประเด็น เช่น กลุ่มที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพทั้งหมดของยานยนต์ ที่ใช้ในการสันดาปภายใน และการถ่ายเทกำลังของยานยนต์แบบเดิม ในการขับรถในเมือง มีเพียง 85 % เท่านั้น หรือประมาณ 2 ใน 3 ของเวลาซึ่งน้อยกว่าการขับรถยนต์ในถนนหลวง ซึ่งมีประสิทธิภาพ 28-30 %

2. ประสิทธิภาพของยานยนต์ไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับชุดของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงประสิทธิภาพของตัวประจุไฟ แบตเตอรี่และเครื่องผลิตไฟฟ้า ในประเด็นนี้ผู้ศึกษา 4 คน คือ ไบรแกน เดลเชย์ มอร์เชสวัน และสวีสเซอร์ โดยเฉพาะเดลเชย์ ให้ข้อสังเกตว่า การพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของตัวประจุไฟ เพิ่มขึ้นจาก 80-90 % และแบตเตอรี่ จะมีประสิทธิภาพจาก 75-90 % เอกสารดังกล่าวได้คาดคะเนว่า ประสิทธิภาพของเพาเวอร์เพลน จาก 30-38 % ของเชื้อเพลิงจากถ่านหิน และจาก 40-48 % ของเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ หลังจากมีการพัฒนาวงจรการผลิตให้มีความทันสมัย อาจจะ

ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจาก 55-60 % สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นถ่านหิน และ 65-70 % สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซธรรมชาติ

3. ผลงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งยานยนต์แบบเดิมยานยนต์ไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของยานยนต์ มีสมมติฐานหลายข้อที่กล่าวว่า อาจจะเป็นไปได้ที่จะออกแบบยานยนต์ไฟฟ้า ที่มีน้ำหนักเบากว่ายานยนต์แบบเดิม สำหรับนำไปใช้งาน โดยทั่วไปการตัดสินใจว่า ผลงานของยานยนต์ไฟฟ้า มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด โดยการออกแบบยานยนต์ให้เบาที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อที่จะใช้งาน ในเอกสารของคาร์เซอร์ ให้ข้อสังเกตว่ายานยนต์จะเบากว่า อาจจะไปสู่การลดความปลอดภัยลงมา ตามกฎหมายฟิสิกส์เกี่ยวกับการรักษาโมเมนตัม แต่นวัตกรรมทางเทคโนโลยี ดังเช่น วัสดุที่แข็งแรง และการออกแบบตัวถัง 2 ชั้น อาจจะช่วยสิ่งที่ยกถามานี้ได้

บทบาทของการเลือกเชื้อเพลิงและการควบคุมก๊าซเพื่อตัดสินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของยานยนต์ไฟฟ้า และยานยนต์ประเภทอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับพลังงาน ที่เป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ และระดับของการควบคุมการปล่อยก๊าซไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งผลกระทบที่แท้จริงจะแตกต่างกัน ตามสถานที่และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน สิ่งที่น่าประหลาดใจเป็นระดับความสอดคล้องกันของสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการเลือกใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงของยานยนต์ไฟฟ้า และการควบคุมเทคโนโลยี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ยานยนต์ไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำกว่ายานยนต์แบบเดิม ในสถานที่ใช้ก๊าซธรรมชาติผลิตไฟฟ้า หรือควบคุมการปล่อยไอเสียแบบใหม่ แทนที่การใช้พลังงานจากถ่านหิน บลูเมส และไมเคิลลิส ให้ข้อสังเกตว่าการคดเคี้ยว 3 ทาง จะมีประสิทธิภาพเป็นอย่างสูง ในการลดการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ สำหรับยานยนต์แบบเดิม ในทางตรงข้าม เทคโนโลยีได้ชี้ให้เห็นว่ามาตรฐานการเข้มงวด ต่อไนโตรเจนไดออกไซด์อาจจะง่ายมาก เพื่อการกำกับและใช้บังคับกับพลังงานไฟฟ้า น้อยกว่าใช้กับยานยนต์จำนวนมาก ส่วนเซลเน ได้เน้นว่าการปล่อยไอเสีย จะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะประสบความสำเร็จ 90-95 % ในการลดไอเสียที่ปล่อยออกมา จากการใช้น้ำมันจากถ่านหิน

2. ความสัมพันธ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยานยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์แบบอื่น ๆ หลักการสำคัญ ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิง ที่ใช้ในการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานนิวเคลียร์ หรือพลังงานใหม่ที่สามารถหาได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานยนต์ไฟฟ้า มีน้อยกว่า ยานยนต์แบบอื่น ๆ พลังงานที่เกิดจากก๊าซธรรมชาติยานยนต์ไฟฟ้า ยังคงมีก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ต่ำกว่ายานยนต์แบบเดิม ข้อเท็จจริงดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ โบรแกน ฟิชเชอร์ และไมเคิลลิส ยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ เป็นพลังงานในการวิ่ง จะมีประสิทธิภาพสูง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ายานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ที่เป็นก๊าซธรรมชาติโดยตรง ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากถ่านหิน คาดการณ์ว่าจะมีประสิทธิภาพ 32-38 %

บทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการส่งเสริมการตลาดสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายรัฐ ฝ่ายเอกชน ผู้มีอำนาจ ในท้องถิ่น โรงงานผู้ผลิตรถยนต์ ตลอดจนผู้ซื้อและประโยชน์ของยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งเป็น จำเป็นที่สอดคล้องแวดล้อม และเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับประชาชน ดังนั้น ผู้กำหนดนโยบาย ต้องมีบทบาท ที่จะชี้แจงให้อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ไฟฟ้า เข้าใจอย่างชัดเจนเกี่ยวกับภาษี และกรอบการทำงาน ที่จะต้องปฏิบัติตามปกติ ซึ่งจะยอมให้มีการแข่งขันระหว่างบริษัทผู้ผลิต ขึ้นมาแทนโดยจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรม ด้านเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ ราคาที่ เหมาะสมควร ที่จะลดลงในการทำงานนอกเวลา เทคโนโลยีและการปรับปรุงการออกแบบ ผลิตภัณฑ์และระบบเศรษฐกิจอย่างแท้จริง

บทบาทและระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันมลพิษทางอากาศ เลี้ยง เขม่า ฝุ่นละออง และหมอกควันเป็นปัญหาของ มนุษย์ทั้งในกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ ๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการพัฒนารถยนต์ ไฟฟ้าขึ้นมาใช้ เพื่อลดมลพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้สารกึ่งตัวนำและอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการเชิงระบบทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า สำหรับควบคุมมอเตอร์ การเติมประจุในแบตเตอรี่ ควบคุมสัญญาณดิจิทัล พลังงานของทรานซิสเตอร์ การตรวจสอบและการป้องกันการผิดพลาด ของการทำงาน ในอนาคตรถยนต์ไฟฟ้า จะใช้พลังงานน้อยกว่ารถยนต์ใช้น้ำมันที่สิ้นเปลืองใน

ซึ่งการใช้รถยนต์ไฟฟ้าจะช่วยลดการใช้น้ำมันลงมากกว่า 90 %

ประวัติของเทคโนโลยีไฟฟ้า

การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าในตอนแรก เริ่มจากการพัฒนารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน ต่อมา โทมัส เอดิสัน ได้สร้างรถพลังงานแบตเตอรี่ขึ้นเป็นครั้งแรก ในสหรัฐอเมริกา ในปี 1835 การควบคุมอย่างง่ายและขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ใช้ในกิจการของไปรษณีย์ ในพื้นที่ใกล้ ๆ

ต่อมา ในปี 1960 มีมลพิษทางอากาศและเสียงเพิ่มมากขึ้น จึงได้มีการพัฒนา และทดลองเกี่ยวกับรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาอีกครั้ง

ในปี 1967 เกิดความตื่นตัวในการวิจัยและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งในระยะแรก รถยนต์ไฟฟ้า เป็นเพียงงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ข้างพื้น ผู้มีความสนใจ อยากรู้และทำ ในสิ่งใหม่ ๆ แต่ไม่ได้ใส่ใจอย่างจริงจังนัก นอกจากนั้น ก่อนปี 1970 นี้ รถยนต์ไฟฟ้าของ เรโนลต์ ได้ผลิตรถบรรทุกไฟฟ้า รถไฟฟ้าโดยสารชนิดไม่มีราง แต่มีสาย

ในปี 1970 แก๊สโซลีนเกิดการขาดแคลนไปตามน้ำมันของประเทศกลุ่มอาหรับ ที่ ได้ห้ามเรือขนส่งน้ำมันเข้าออกเมืองท่า ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าได้รับความสนใจขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง แต่รถยนต์ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมามีจำนวนน้อย ไม่เพียงพอกับความต้องการ เนื่องจากการวิ่งไม่เร็ว และวิ่งได้ระยะทางสั้น ๆ เท่านั้น

ในปี 1973 มีการทดลองรถโดยสาร เรโนลต์ 4 ซึ่งพัฒนาพร้อมกับบริษัทฝรั่งเศส และพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า เรโนลต์ 5 และรถบรรทุกไฟฟ้า

ปี 1983 พัฒนารถแบบดั้งเดิม ให้เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่มีชื่อเสียง

ปี 1985 ผลิตและทดลองรถโดยสารไฟฟ้า ที่มีชื่อเสียงและพัฒนารถยนต์ แบบดั้งเดิม เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่วิ่งได้รวดเร็ว

ปี 1986 ผู้ซื้อมีประสบการณ์ ในการทดลองรถยนต์ไฟฟ้าที่มีชื่อเสียง (Chateallerault)
ในปี 1988 ทดสอบแบตเตอรี่ชนิดใหม่ในรถ (Chateallerault)

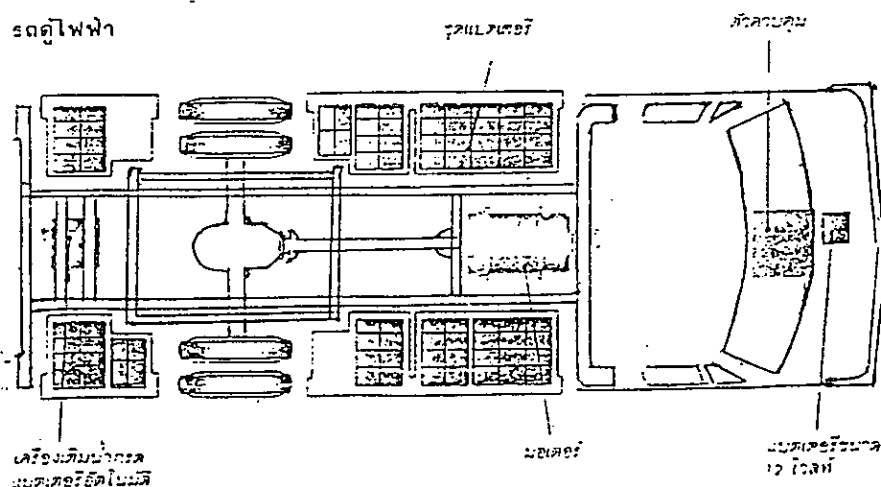
ในปี 1989 พัฒนารถยนต์ไฟฟ้าที่วิ่งด้วยความเร็วสูงเวอร์ชัน 1

ในปี 1990 เริ่มโครงการศึกษายานยนต์ไฟฟ้า ที่ใช้ในเมืองโดยเฉพาะ

ในปี 1991 พัฒนารถยนต์ไฟฟ้าแบบ CLio

ในปี 1992 เริ่มผลิตรถยนต์ไฟฟ้า ที่วิ่งด้วยความเร็วเวอร์ชัน 2 และรถยนต์ไฟฟ้า ที่มีชื่อเสียงเวอร์ชัน 2

ในปีต่อมา ผลิตรถยนต์ไฟฟ้าชื่อ CLio และผลิตรถยนต์ไฟฟ้า ที่ใช้ในเมืองไทย โดยเฉพาะ ตลอดจนพัฒนารถยนต์ลูกผสม และเซลล์ของเชื้อเพลิงต้นแบบ



ภาพประกอบ 3 . แสดงโครงสร้างของรถตู้ไฟฟ้า

ปัจจัยที่ดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยทั่วโลก คือรถยนต์ไฟฟ้า เป็นสิ่งประดิษฐ์ ที่สามารถแก้ปัญหามลพิษในอากาศได้เป็นอย่างดี นักสิ่งแวดล้อมโลกได้สนับสนุนการวิจัยและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า และให้การยอมรับว่า รถยนต์ไฟฟ้าสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ โอโซน และสารประกอบอินทรีย์ ที่ก่อให้เกิดหมอกควัน ในบริเวณตัวเมืองเกือบทั้งหมด

ด้วยเหตุนี้เอง ทำให้คณะกรรมการทรัพยากรทางอากาศ แห่งแคลิฟอร์เนีย (California Airresource Board : CARB) ได้ออกกฎหมายไว้ว่า ในปี 1998 ร้อยละ 2 ของรถยนต์ที่ขายในรัฐแคลิฟอร์เนีย และมีน้ำหนักน้อยกว่า 3750 ปอนด์ จะต้อง

เป็นรถยนต์ปลอดมลพิษ (Zero Emission Vehicle) ซึ่งก็คือรถยนต์ไฟฟ้า โดยเพิ่มปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าเป็นร้อยละ 5 ในปี 2001 และร้อยละ 10 ในปี 2003 นอกจากนี้ในรัฐแคลิฟอร์เนียแล้ว เมืองต่าง ๆ อีกมากกว่า 100 แห่งในสหรัฐอเมริกา ได้สนับสนุนให้มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้า โดยยึดหลักการของคณะกรรมการทรัพยากรทางอากาศ แห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย มาปฏิบัติเช่นกัน

ช่วงเวลาการขยายตัวทางการตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า

รัฐมนตรีทางอุตสาหกรรมและการค้าระหว่างประเทศของญี่ปุ่น ได้วางแผนให้ความสนับสนุน โดยการแนะนำรถยนต์ไฟฟ้าในตลาด ด้วยการเสนอ โปรแกรมสาธิต การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การส่งเสริมการซื้อและการใช้ โดยในปี 2000 ตั้งเป้าหมายไว้ว่า ควรจะผลิตรถยนต์ไฟฟ้าประมาณ 200,000 คัน ซึ่งในปีหนึ่งจะผลิต 100,000 หน่วย ซึ่งสามารถสรุปเป้าหมายของราคาและการผลิตได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นที่ 1 ปี 1991-1993

- โปรแกรมการแสดงของรถยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาล
- เตรียมการประจุไฟ โครงสร้างพื้นฐานของรถยนต์ไฟฟ้า

2. ขั้นที่ 2 ปี 1994-1997

- ขายรถโดยสารขนาดใหญ่และให้บริการสาธารณะอย่างจริงจัง
- แนะนำภาษีและการส่งเสริมทางการเงิน
- ส่งเสริมการปรับปรุงรถยนต์ไฟฟ้า ให้มีความสะดวกสบาย

3. ขั้นที่ 3 ปี 1998-2000

- ขายให้แก่ประชาชน
- ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้น
- ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานให้ดียิ่งขึ้น

4. ขั้นที่ 4 ปี 2001- ปีต่อไป

- รถยนต์ไฟฟ้าได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ในด้านราคาและการปฏิบัติงาน
- การขยายตัวทางด้านตลาดมีมากยิ่งขึ้น

แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า

รถยนต์ที่ไร้มลพิษ คือแรงจูงใจที่สำคัญ สำหรับการพิจารณาเลือกใช้ นอกจากนี้ รถยนต์ไฟฟ้ายังช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศ และสุดท้าย รถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่ จะเติมประจุลงในแบตเตอรี่ในเวลากลางคืน

การทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า

หลักสำคัญของโปรแกรมการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า คือการผลิตรถยนต์ที่มีการแข่งขัน กับรถยนต์ที่มีการสันดาปภายใน โดยมีการพัฒนาแบตเตอรี่ มอเตอร์ ตัวประจุ และระบบ ควบคุมการทำงาน ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ มาใช้พัฒนาวงจรไฟฟ้า และ อิเล็กทรอนิกส์ และมีการนำวิธีเชิงระบบมาใช้เป็นประโยชน์ ต่อการตัดสินใจ เพื่อควบคุม ระบบกลไกการขับเคลื่อน และระบบการทำงานของรถยนต์

ตาราง 11 แสดงสมรรถนะการทำงานของรถยนต์บรรทุกเล็ก ซีเลคเทรีย อี 10

Performance	Rating
1. System power	42 kW
2. Horsepower	56 HP
3. Torque	75 ft-lb
4. Gradeability	18 %
5. Acceleration 0-50 km/h	9 s
6. Top speed	100 km/h
7. Efficiency at 75 km/h	240 Wh/m
8. Curb weight	1680 kg
9. Range at 80 km/h	130 km
10. Payload (2 passenger +)	90 kg

ข้อมูลที่แสดงในตาราง 14 แสดงสมรรถนะการทำงานของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก
ซีเลคเทรีย อี 10 ที่สหรัฐอเมริกาได้สร้างขึ้นในเชิงพาณิชย์ เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้งาน

รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กซีเลคเทรีย อี 10 มีพลังงานเกิดขึ้นจากการนำไฟฟ้า จาก
มอเตอร์กระแสตรง ขับเคลื่อนด้วยการถ่ายกำลังจากเครื่องยนต์ ไปสู่ล้อแบบอัตโนมัติ และ
ใช้ระบบการเบรกแบบรีเจนเนอเรทีฟ ซึ่งมีพลังงานช่วยในการเบรก การเลี้ยว การเกิด
ความร้อน การประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ 2 กิโลวัตต์ 110 โวลต์ รถยนต์บรรทุกขนาดเล็กซีเลคเทรีย
อี 10 เป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ออกแบบมาเป็นอย่างดี วิ่งด้วยความเร็วสูงสุด 100 กิโลเมตร
ต่อชั่วโมง ระยะเวลาในการวิ่งประมาณ 130 กิโลเมตร

ระยะการวิ่ง

ข้อจำกัดที่สำคัญในการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า คือวิ่งได้ระยะทางสั้นกว่ารถยนต์
ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ค่าเฉลี่ยของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ระยะทาง
ในการวิ่ง 750-1100 กิโลเมตร เมื่อบรรจุก๊าซเต็มถัง และเชื้อเพลิงใหม่ได้ภายใน
5-10 นาที แต่รถยนต์ไฟฟ้า ระยะทางในการวิ่ง ในปัจจุบันน้อยกว่า 150 กิโลเมตร และ
การเติมเชื้อเพลิง หรือการประจุไฟลงในแบตเตอรี่ใช้เวลาเป็นชั่วโมง สถิติจากการสำรวจ
ชี้ให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยการเดินทางของรถยนต์น้อยกว่า 50 กิโลเมตร ในหนึ่งวันเป็นการวิ่ง
ในระยะสั้นใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ในอนาคตแบตเตอรี่จะได้รับการพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพ
สูงขึ้น จะทำให้ระยะทางในการวิ่งไกลมากขึ้น

น้ำหนัก

เพราะว่าพลังงานจากแบตเตอรี่มีน้อย รถยนต์ไฟฟ้าในระยะแรกเป็นช่วงของ
การพัฒนา จึงมีน้ำหนักมากกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน รถยนต์ไฟฟ้าขนาดเล็กจะมี
พลังงานประมาณ 20 วัตต์/กิโลกรัม

ความเร็ว

ความเร็วในการทำงานและอัตราเร่งของรถยนต์ไฟฟ้า จะต่ำกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน ในปัจจุบันแม้ว่ารถแข่งไฟฟ้าสามารถวิ่งได้มากกว่า 200 กิโลเมตร/ชั่วโมง สำหรับเวลาในช่วงสั้น ๆ แต่การผลิตโดยทั่วไป มีข้อจำกัดความเร็วสูงสุดของรถยนต์ไฟฟ้า ประมาณ 120 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเหมาะสำหรับการขับในเมือง

อัตราการเร่ง

การเร่งของรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ใกล้เคียงกับรถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน อย่างไรก็ตาม อัตราการเร่งของรถยนต์ไฟฟ้า มีความเร็วสูงประมาณ 110 กิโลเมตร/ชั่วโมง และความสามารถในการปีนภูเขา จะน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน

ราคา

สืบเนื่องจากพลังงานในแบตเตอรี่ต่ำ การสร้างรถยนต์ไฟฟ้า ให้น้ำหนักเบา และมีประสิทธิภาพสูงเป็นเป้าหมายที่สำคัญ ดังนั้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รถยนต์ไฟฟ้าจำเป็นต้องมีแรงต้านทานต่ำ มีค่าสัมประสิทธิ์ของแอร์โรไดนามิคต่ำ ในเวลาเดียวกัน ต้องมีความแข็งแกร่งในขณะเกิดอุบัติเหตุเช่นกัน นอกจากนั้น ส่วนประกอบที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ และไมโครโพรเซสเซอร์มีราคาแพง ดังนั้น ราคาเริ่มแรกของรถยนต์ไฟฟ้าจึงสูงกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน

ความคาดหวังของราคาของรถยนต์ไฟฟ้าควรจะน้อยกว่า สามารถเปรียบเทียบกับรถยนต์ที่ใช้ในการสันดาปภายในได้ บริษัทเจนเนอรัลมอเตอร์ กล่าวว่า การขับขีที่เหมาะสมในระยะทาง 50 กิโลเมตร ของรถยนต์ที่สันดาปภายใน ใช้น้ำมันราคา 1 ดอลลาร์ ส่วนรถยนต์ไฟฟ้าระยะที่เหมาะสม 127 กิโลเมตร ใช้ไฟฟ้าราคา 1 ดอลลาร์

การบำรุงรักษาและอายุการใช้งาน

การบำรุงรักษารถยนต์ไฟฟ้ามีน้อยกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน และอายุการใช้งานของรถยนต์ไฟฟ้า มีความยาวนานมากกว่ารถยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน ส่วนที่

ต้องบำรุงรักษาและมีอายุการใช้งานสั้นของรถยนต์ไฟฟ้า คือแบตเตอรี่ เท่านั้น ปัจจุบัน แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด มีอายุการใช้งาน 2-3 ปี เท่านั้น อนาคตคาดหวังว่า จะมีการ พัฒนาแบตเตอรี่ ที่มีอายุการใช้งานยืนยาว มีสถานบริการเติมประจุไฟที่รวดเร็วตามข้างถนน หลวง หรือมีแบตเตอรี่เปลี่ยนแทนการประจุไฟฟ้า

โดยทั่วไปแบตเตอรี่มีหลายชนิด เช่น ตะกั่ว-กรด นิเกิล-เหล็ก-อัลคาไลน์ นิเกิล-แคดเมียม เป็นต้น แบตเตอรี่พวกนี้มีหลักการทำงานเหมือนกันแต่จะต่างกันที่ลักษณะ คุณสมบัติของมันเท่านั้น คุณสมบัติที่แตกต่างกันนี้ เกิดจากการสร้างที่แตกต่างกันตามการใช้งาน และอื่น ๆ ดังนั้น ในการเลือกใช้แบตเตอรี่จึงต้องเลือกชนิดที่เหมาะสมกับงานที่ใช้ เช่น

-แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด มักใช้ในรถยนต์และใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฉุกเฉิน เพราะ มีราคาปานกลาง มีประสิทธิภาพสูง (80-90 %) มีขนาดเล็ก และใช้เวลาในการประจุไฟ ใหม่น้อย

-แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เหล็ก-อัลคาไลน์ จะใช้กับงานประเภทเดียวกันกับชนิด ตะกั่ว-กรด แต่มันมีข้อดีกว่าชนิดตะกั่ว-กรด ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า มักจะใช้กับงาน ระยะยาว

-แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม มักใช้กับงานที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมาก สามารถใช้งานได้ดี ตั้งแต่ อุณหภูมิ -40 ถึง 163 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนี้ยังมีอายุ การใช้งานนาน และมีความต้านทานภายในต่ำ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. 2531 : 113)

เพื่อที่จะได้ประเมินสถานการณ์และความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ของการใช้ รถยนต์ไฟฟ้า ในตาราง 15 แสดงประเภทของการทำงานและข้อมูลทางเทคนิค สำหรับ รถยนต์ไฟฟ้าปัจจุบันที่กำลังพัฒนา

ตาราง 12 (ต่อ)

รถยนต์	ผู้พัฒนา	ประเภท	สถานภาพ	แบตเตอรี่	ระยะทาง	ความเร็ว
นิสสัน	นิสสันมอเตอร์	รถยนต์นั่ง	ไม่มีประกาศ	นิเกิล/แคดเมียม	160 กม. ที่ 72 กม./ชม.	120 กม./ชม.
เอพริว	(ญี่ปุ่น)	รถยนต์	กำลังวิจัย	นิเกิล/แคดเมียม	150 กม.	120 กม./ชม.
เรโนล	เรโนล (ฝรั่งเศส)	2 ที่นั่ง	กำลังวิจัย	นิเกิล/แคดเมียม	150 กม.	120 กม./ชม.
เทปโก	โตโยตา	รถยนต์	สร้างคัน	นิเกิล/แคดเมียม	550 กม. ที่ 40 กม./ชม.	176 กม./ชม.
ไอซา	(ญี่ปุ่น)	4 ที่นั่ง	เดียว	แคดเมียม	40 กม./ชม.	
รถบรรทุก	ไคสเลอร์	รถยนต์นั่ง	ผลิต 30 คัน	นิเกิล/แคดเมียม	180 กม.	105กม./ชม.
ทือ	รถบรรทุก	ปี 1993	เหล็ก			
โวลต์	โวลต์	รถยนต์นั่ง	สร้าง 70 คัน	ตะกั่ว/กรด	140 กม.	140 กม./ชม.
สวาเกน	สวาเกน			โซเดียมซัลเฟต		

ข้อจำกัดของยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้ายังไม่ได้ใช้อย่างกว้างขวาง เพราะมีปัญหาดังต่อไปนี้

1. ระยะทางที่ยานยนต์ไฟฟ้าวิ่งขึ้นต่อการประจุ 1 ครั้ง การใช้แบตเตอรี่ในปัจจุบันทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าวิ่งได้ประมาณ 200 กิโลเมตรต่อการประจุไฟฟ้า 1 ครั้ง ที่ความเร็วคงที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางการวิ่งของยานยนต์ไฟฟ้า เป็นเรื่องสำคัญ ที่ต้องพัฒนาในอนาคต
2. การประจุไฟฟ้าใช้เวลายาวนาน ยานยนต์ไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ต้องใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ยาวนาน ตัวอย่างเช่น เมื่อแบตเตอรี่ที่ถูกใช้หมด ในขณะ

ที่ขั้วยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในเมือง เป็นสิ่งที่ไม่ง่ายนักในการเติมประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่

3. ต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้การเดินทางได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้น ยานยนต์ไฟฟ้าต้องเติมประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นและราคาสูง

4. ขอบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศไม่สามารถที่จะให้พลังงานจำนวนมาก เพื่อนำมาใช้ได้ ยานยนต์ไฟฟ้าจึงขาดเครื่องปรับอากาศที่มีความสามารถ ปริมาณความจุของเครื่องปรับอากาศมีไม่เพียงพอกับความต้องการ

5. ไม่ได้สร้างสถานีให้บริการและซ่อมบำรุง

6. ความร้อนและเครื่องปรับอากาศมีผลต่อระยะทาง

7. มาตรฐานความปลอดภัยยังไม่ได้กำหนดไว้

8. ไม่รู้ความต้องการของตลาด

9. การวิจัยและพัฒนามีความเสี่ยงสูง

10. ชื่อเสียงและการประกกัน มีความเสี่ยง เพราะเป็นเทคโนโลยีใหม่

ข้อดีของรถยนต์ไฟฟ้า

1. ไม่มีมลพิษจากเครื่องยนต์

2. ไฟฟ้าผลิตจากแหล่งพลังงานหลายแหล่ง เช่น พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากคลื่น แก๊สธรรมชาติ แอลนิวไจ ไฮโดรเจน เมทานอล เอทานอล เป็นต้น ซึ่งจะลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

3. ความจุของพลังงานที่ใช้มีประสิทธิภาพมาก

4. เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าราคาไม่แพง

5. การบำรุงรักษาน้อย

6. เครื่องเดินเงียบ

7. การเติมเชื้อเพลิงทำได้สะดวก ที่บ้านตลอดคืน

8. ประชาชนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นผู้นำทางเทคโนโลยี

ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

พลพร แสงบางปลา (2539 : 75-76) ได้กล่าวไว้ว่า รถยนต์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นส่วนจ่ายพลังงาน ปัจจุบันที่นิยมใช้กันอยู่ 3 ชนิด คือ ชนิดตะกั่วกรด นิเกิล-แคดเมียม โซเดียม-คลอไรด์ นอกจาก 3 แบบนี้แล้ว ยังมีแบตเตอรี่ที่กำลังพัฒนาอยู่อีกหลายแบบ คือ ลิเทียม-โบรไมด์ นิเกิลสังกะสี ลิเทียม-คลอไรด์ ลิเทียม-เหล็กซัลไฟด์ เป็นต้น

2. มอเตอร์ขับเคลื่อน ต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนในรถยนต์ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ มอเตอร์กระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะถูกควบคุมด้วยกล่องควบคุม ที่มี ความละเอียดอ่อน สามารถปรับปริมาณไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เข้าสู่มอเตอร์ให้มีสมรรถนะ และประสิทธิภาพสูงสุด กล่องควบคุมยังควบคุมการอัดประจุเข้าในแบตเตอรี่ ป้องกันการ ประจุไฟฟ้าเกิน และไม่ให้เกิดการระเบิดของแบตเตอรี่ด้วย

3. ตัวถัง (Auto body) ตัวถังของรถยนต์ไฟฟ้านั้น จะต้องมึน้ำหนักเบา เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนได้เร็ว มีสมรรถนะดี ประสิทธิภาพสูง ไม่ดึงกำลังจากแบตเตอรี่ ทำให้ แบตเตอรี่สามารถให้กำลังไปได้ไกลมากขึ้น วัสดุที่นำมาทำตัวถัง นอกจากจะเบาแล้ว ยังต้อง มีความแข็งแรง ปลอดภัย เวลาชนต้องไม่เกิดอันตรายกับผู้ขับขี่ หรือคนนั่ง ในแง่ของการ ผลิตตัวถัง ควรเป็นวัสดุที่ผลิตง่ายไม่ยุ่งยาก ไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียไป และประการสุดท้าย ยังต้องบำรุงรักษาง่ายอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันยังหาวัสดุที่ดีเหมาะสม และราคาถูก ไม่ได้ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป จะเป็นอลูมิเนียม ซึ่งเขาแต่ความแข็งแรงไม่ดีพอ อย่างที่ใช้ไฟเบอร์กลาส มีความแข็งแรงแต่ราคาแพง บำรุงรักษายาก แตกแล้วยังมีปัญหา เสียแล้วทิ้งเลยต้องทำใหม่ ปัจจุบันมีการใช้เหล็ก ที่มีน้ำหนักเบาแบบโมโนคอก สรุปลวัสดุที่จะนำมาทำตัวถัง สิ่งที่ต้อง คำนึงถึง คือ น้ำหนักเบา ขึ้นรูปง่าย ปลอดภัย บำรุงรักษาง่าย ราคาถูก

ส่วนบริษัทฟอร์ด มอเตอร์ และเจนเนอรัล มอเตอร์ได้ออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าซึ่ง มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. ตัวเติมประจุ (Charger) เป็นตัวแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อประจุไฟเข้าสู่ แบตเตอรี่

2. ระบบป้องกัน (Protection system) ประกอบด้วยเครื่องตัดไฟฟ้ารีเลย์ และฟิวส์ที่เชื่อมกันระหว่างแบตเตอรี่ และที่พักของระบบไฟฟ้า และความขัดข้องของการจ่ายไฟที่ผิดพลาด

3. มอเตอร์ (Motor) รถยนต์ไฟฟ้าจะใช้ทั้งมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับ

4. ตัวควบคุมมอเตอร์ (Motor Controller) เป็นระบบการขับเคลื่อนความเร็วของมอเตอร์และแรงบิดที่ใช้ขับเคลื่อน ทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ

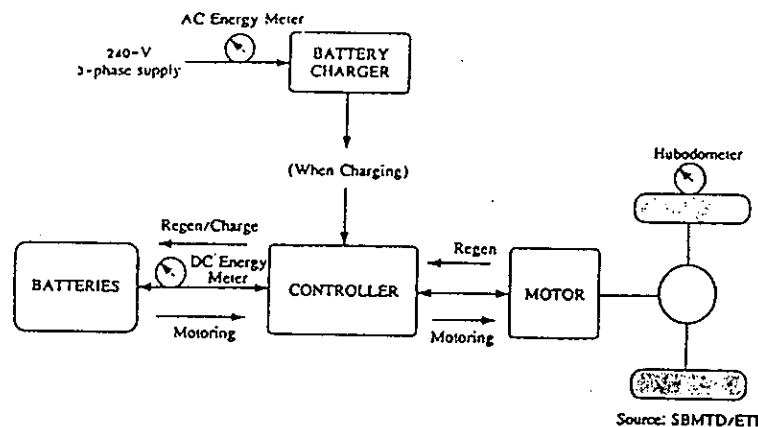
5. ระบบกลไกการขับเคลื่อน (Mechanical drive system) ประกอบด้วย เครื่องกำลัง คือ เกียร์ คลัช เฟลนและพวงมาลัย

6. ตัวควบคุมรถยนต์ (Vehicle controller) รถยนต์ไฟฟ้าที่ทันสมัยมากที่สุด จะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุม ที่มีสถานะเป็นไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ควบคุมและป้องกันการทำงาน

7. แบตเตอรี่ (Batteries) เป็นกล่องที่บรรจุพลังงานสำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า

8. ระบบควบคุมอากาศ (Climate control system) ระบบนี้จะรวมถึงประสิทธิภาพของการปรับอากาศ และระบบทำความร้อน

9. พลังงานช่วยเหลือ (Auxiliary power) เป็นเครื่องมือ ช่วยสนับสนุนที่สำคัญ ช่วยในการเปิดประตู มอเตอร์ การเลี้ยว และอื่น ๆ



ภาพประกอบ 4 ผังระบบการทำงานของรถยนต์ไฟฟ้า

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2538 : 130) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้รถไฟฟ้าสามารถทำงานได้มี 4 ส่วนด้วยกัน คือ

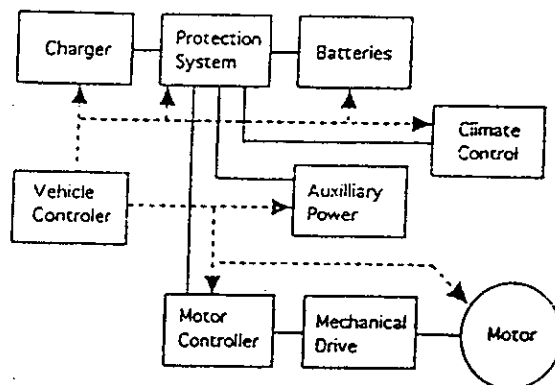
1. มอเตอร์
 2. แบตเตอรี่ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับมอเตอร์
 3. เครื่องประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดกำลัง
 4. ชุดควบคุมระบบการทำงานของรถไฟฟ้า ซึ่งเป็นชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ส่วนบรรณาธิการไฟฟ้าและอุตสาหกรรม ได้กล่าวถึง โครงการรถไฟฟ้าว่า

ต้องมียุคประกอบ เพื่อการพัฒนารถต้นแบบดังนี้ (บรรณาธิการ, 2539 : 31-34)

1. คุณลักษณะทั่วไปของรถไฟฟ้า
2. กำลังและพลังงานที่ใช้ในรถไฟฟ้า
3. แบตเตอรี่
4. ระบบควบคุมการทำงานของรถไฟฟ้า

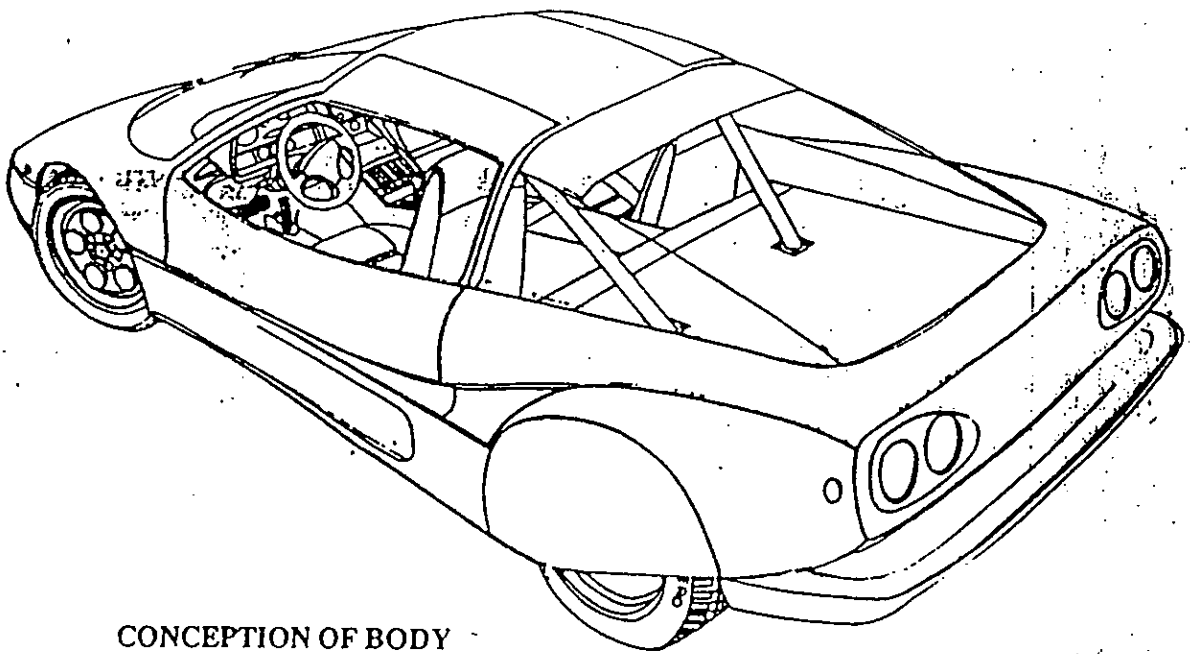
นอกจากนั้น นีรศักดิ์ วรสุนทรโรสด (2526 : 15-18) ได้กล่าวถึงรถไฟฟ้าว่ามีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่
2. มอเตอร์
3. ระบบการขับเคลื่อนและระบบควบคุมการทำงานของรถไฟฟ้า



ภาพประกอบ 5 แสดงโดยแกรมและองค์ประกอบที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า

หน่วยที่ 2
ตัวถังและโครงรถยนต์



CONCEPTION OF BODY

ตัวถังและโครงรถยนต์

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถ

1. บอกประวัติและความเป็นมา
2. บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
3. เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
4. เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
5. เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
6. บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้า อีวี 1
7. เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
8. บอกประเภทของโครงรถยนต์

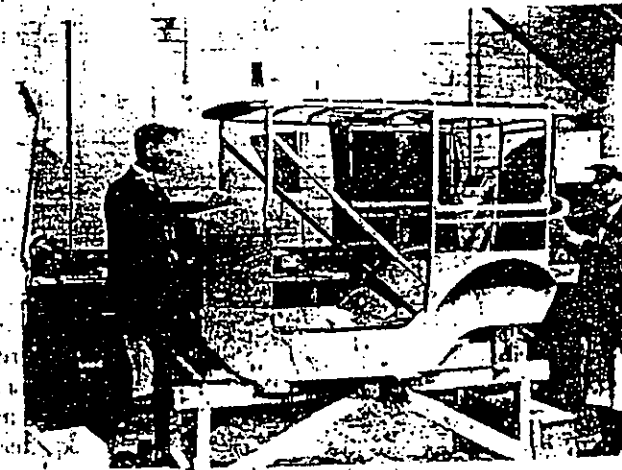
ตัวถังและโครงรถยนต์

ประวัติความเป็นมา

ตัวถังและโครงของรถยนต์ผลิตขึ้นครั้งแรก ระหว่างปี ค.ศ. 1896 และปี ค.ศ. 1910 เป็นการออกแบบขึ้นเพื่อใช้สำหรับลากรถม้า และโครงรถเกือบทั้งหมด ทำมาจากไม้ โครงรถโดยทั่วไปทำมาจากแกนไม้มะกอก (heavy ash) และเชื่อมต่อให้แข็งแรงด้วย iron brackets ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความเหมาะสม ตัว panels ทำมาจากไม้ซีดาร์ (cedar) หรือออนดรัสเมฮอกกานี (honduras mahogany) มีความหนาประมาณ 9 มิลลิเมตร ติดด้วยกาว (glued) ตอกยึดด้วยเข็มหมุด (pinned) หรือ ตีตะปู (screwed) ทำให้เป็นโครงรถ ส่วนบนของรถจะมีผ้าใบที่เป็นยาง รือเนื้อผ้า ตัวถังจะสร้างขึ้นเป็นรถรับจ้างเปิดประทุน ส่วนบนจะยึดไว้ด้วยไม้กระดานเพื่อยึดโครงรถยนต์ที่เป็นโลหะ

ประมาณปี ค.ศ. 1921 Weymann ได้สร้างรถยนต์ขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งโครงสร้างของพื้นไว้สำหรับรองรับน้ำหนักจากการนั่ง และตัวโครงของรถซึ่งโครงสร้างมีน้ำหนักเบามาก และยึดติดกับพื้นเป็นส่วนเดียวกันทุกชิ้นส่วน จะเชื่อมติดกันอยู่ภายในตัวรถ และพื้นทำมาจากแผ่นเหล็ก 1 คู่ ข้างหนึ่งจะเชื่อมติดกันและตรึงไว้ด้วยเกลียว 2 ชิ้นของท่อนไม้ ส่วนที่เหลือเป็นช่องว่างระหว่างระหว่างเหล็ก 2 ชิ้น panels เป็นผ้า ส่วนแรกเป็นผ้าใบ พื้นปูด้วยผ้านวมซึ่งเป็นผ้าดิบและส่วนท้ายคลุมด้วยหนัง โครงสร้างดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในตัวโครงรถ และทำให้มีน้ำหนักเบาอย่างแท้จริง แต่ส่วนที่ปกคลุมภายนอกมีอายุการใช้งานสั้นมาก

ในเวลาต่อมาความต้องการใช้รถยนต์มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจำเป็นต้องหาวิธีการผลิตที่รวดเร็ว ต่อมาได้มีการใช้เหล็กขึ้นรูปด้วยมือ แต่เป็นที่รู้ว่าเหล็กแผ่นใหญ่สามารถขึ้นรูปง่าย ๆ โดยใช้เครื่องมือกดขึ้นรูป และใช้เครื่องจักรกดขึ้นรูปเหล็กในเชิงอุตสาหกรรม เป็นตัวถังด้านข้างของตัวรถยนต์ ในช่วงแรกแผ่นเหล็กไม่ได้ขึ้นรูปอย่างซับซ้อน หรือ contour และตัวถังเริ่มแรกเป็นสี่เหลี่ยมและรูปร่างมีส่วนโค้งเล็กน้อย โครงรถและโครงสร้างภายในยังคงทำจากไม้เป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



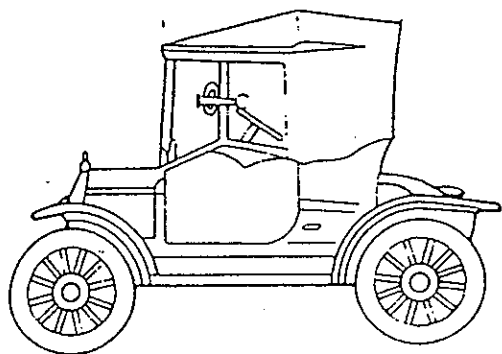
ภาพประกอบ-6 Timber constructed bodies: (a) De Dion
 1 2 Works bodyshop, Finchley, c.1923 (b) Gordon England
 Ltd, 1922 (National Motor Museum, Beaulieu)
 1 (c) H.

ประมาณปี ค.ศ.1923 มีความพยายามครั้งแรกเพื่อทำการผลิตตัวถังที่เป็นเหล็ก
 ทั้งหมด แต่ยังไม่ที่น่าพอใจ ซึ่งหลักการออกแบบจะใช้คล้ายกัน ซึ่งเป็นการนำมาใช้สำหรับ
 ตัวถังที่เป็น timber-framed ในการสร้างตัวถังครั้งแรกเป็นเหล็กทั้งหมด เริ่มขึ้นในปี
 ค.ศ.1927 สามารถขึ้นรูปผลิตตัวถังรถยนต์ได้เพิ่มมากขึ้น และมีรูปร่างที่ซับซ้อนมากขึ้น
 ซึ่งเป็นช่วงการใช้วัสดุเป็นจำนวนมาก

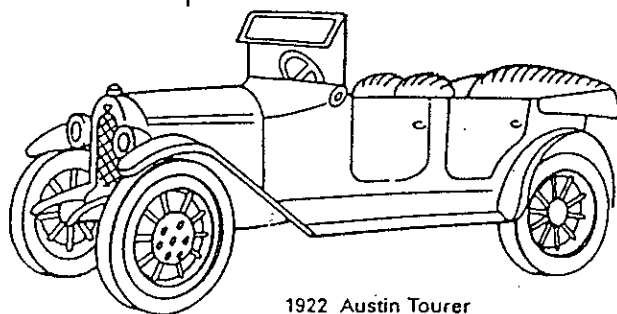
ในระหว่างปี ค.ศ. 1930s บริษัทจำนวนมากได้ผลิตรถยนต์ออกมาใช้ โดยใช้โลหะเป็นโครงสร้างของตัวถังรถยนต์ และรถยนต์จะเริ่มผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น เนื่องจากความต้องการรถยนต์ส่วนตัวเพิ่มมากขึ้น เกิดการแข่งขันกันเพิ่มมากขึ้น ระหว่างคู่แข่งถาวร และในลำดับต่อมาวิศวกรตัวถังรถยนต์เริ่มรวมกันขึ้น เป็นรูปร่างเพิ่มมากขึ้น เพื่อความสะดวกสบายของคนขับและผู้โดยสาร สิ่งเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนารถเก๋ง หรือรถเปิดประทุน (close cars) หรือรถเก๋งขนาดกลางมีสี่ประตู (saloons) ซึ่งเรารู้จักกันในปัจจุบัน การพัฒนาเกิดขึ้นทีละเล็กละน้อย เป็นรูปร่างของตัวถังรถยนต์ สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน ในภาพประกอบ 6 ซึ่งแสดงการพัฒนารถยนต์ของรถยนต์ออสติน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1909-1992

โครงสร้างภายในของหลังคารถเก๋งขนาดกลาง มีสี่ประตูซึ่งคลุมด้วย headlining เกิดขึ้นหลังสงคราม headlining ทำมาจาก woollen fabric stitched และยึดด้วยตะปูในส่วน of โครงรถที่เป็นไม้ อย่างไรก็ตาม ในเร็ว ๆ นี้ ได้มีการพัฒนาพลาสติกและวัสดุที่เป็น vinyl ที่ค้นพบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมเพิ่มมากขึ้นกว่าผ้าที่ถูกรื้อและง่ายในการทำความสะดวกและเหมาะสมที่จะเป็นโครงรถที่แข็งแรง ด้วยการยึดตัวตัวเอง แบบ self-tensioning ซึ่งเป็นการเย็บในตำแหน่งที่ง่ายต่อความเคลื่อนไหว หรือทางเลือกใช้ headlining ในตำแหน่งที่มั่นคง

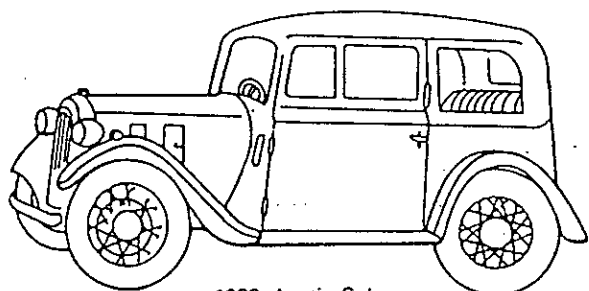
ต่อมาเกิดการพัฒนาก่อขึ้นอย่างมากมาด้วยการใช้ latex foam rubber พร้อมกับ coil spring ในที่นั่ง (seating) ขึ้นแทน original plain spring มีการพัฒนาเฟอร์นิเจอร์ภายในโดยเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ประตู fully trimmed dash panels และส่วนบริเวณที่เป็นพื้นคลุมด้วยยาง หรือพรมที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต่อมา มีการใช้เซลล์ล้อยด์ สำหรับประตูแทนการติดตั้งม่าน และในเวลาต่อมา มีการใช้กลไกในระดับต่ำที่ประตูเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันกระจกหน้ารถยนต์และประตูทำมาจาก laminated และ/หรือ การลัมผัสที่กระจกอย่างปลอดภัย กลไกของประตูที่ใช้ในปัจจุบันนี้ไม่ได้รับการพัฒนาจนกระทั่งถึงในปี ค.ศ. 1920s



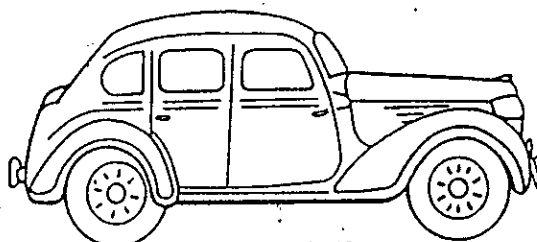
1909 The first Baby Austin



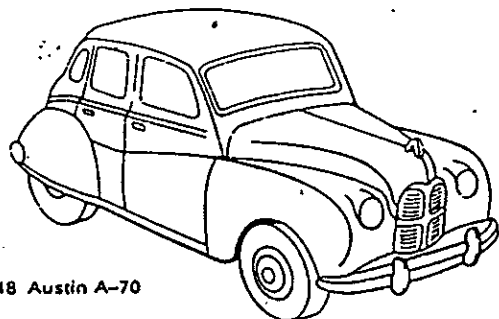
1922 Austin Tourer



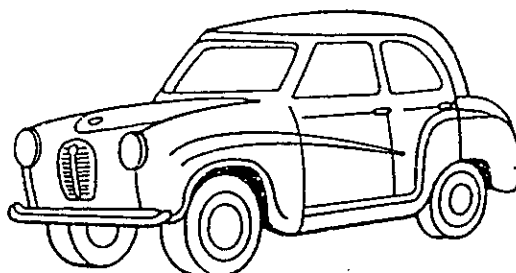
1932 Austin Saloon



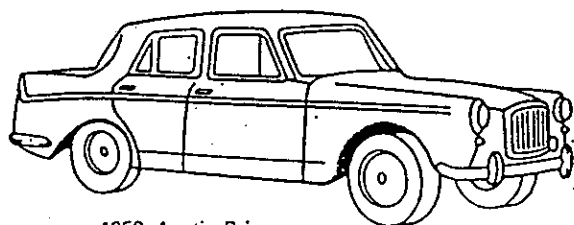
1946 Austin 16



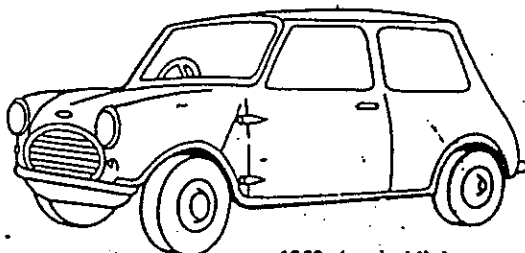
1948 Austin A-70



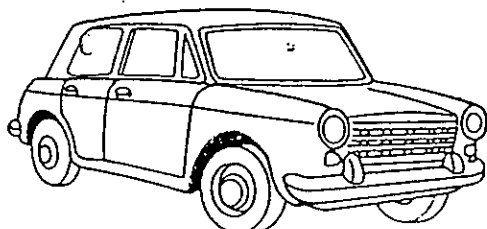
1952 Austin Seven



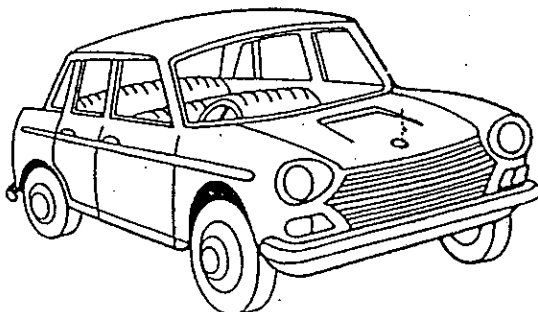
1959 Austin Princess



1960 Austin Mini

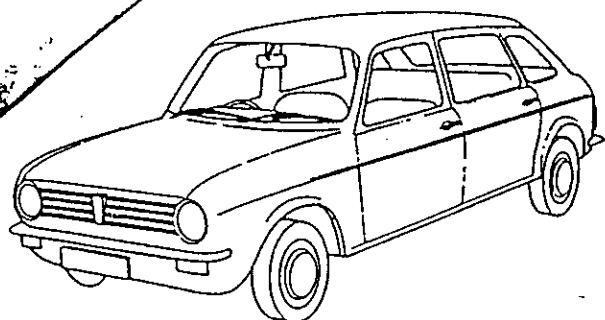


1963 Austin 1100

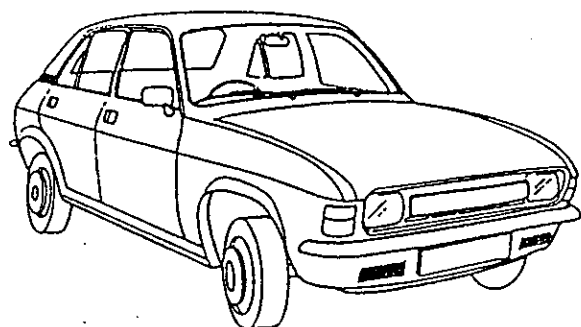


1964 Austin 1800

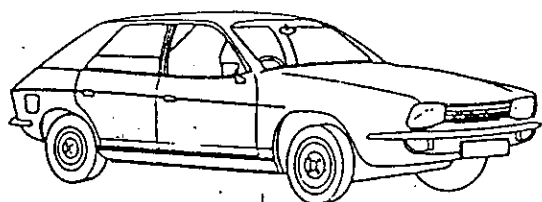
ภาพประกอบ 7 แสดงการพัฒนาการของรถยนต์ออสติน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1909-1992



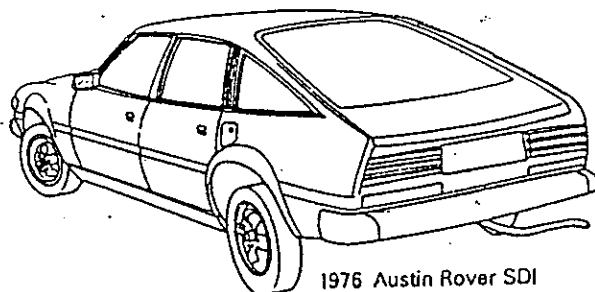
1970 Austin Maxi 1800



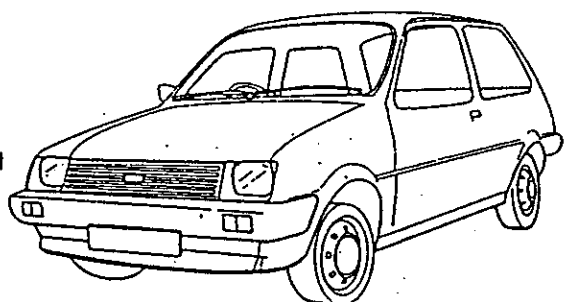
1973 Austin Allegro



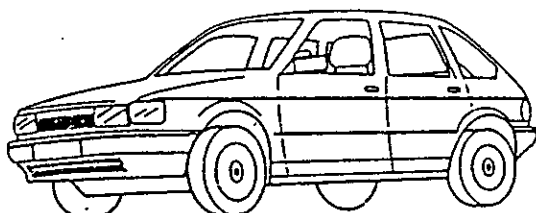
1975 Austin Princess



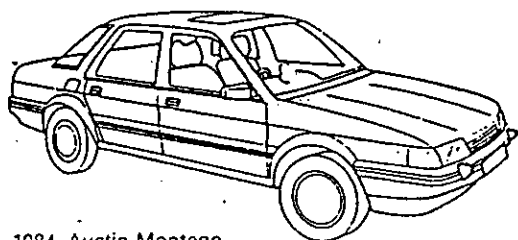
1976 Austin Rover SD1



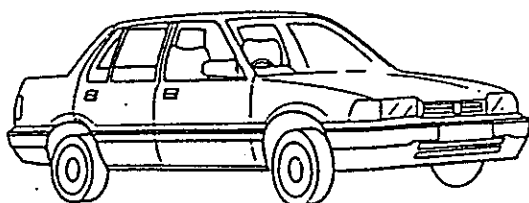
1980 Austin Metro



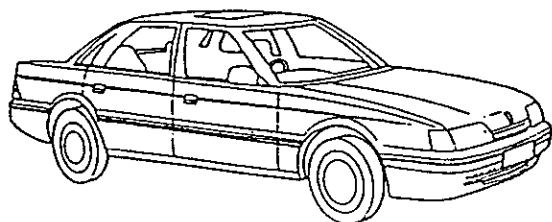
1983 Austin Maestro



1984 Austin Montego



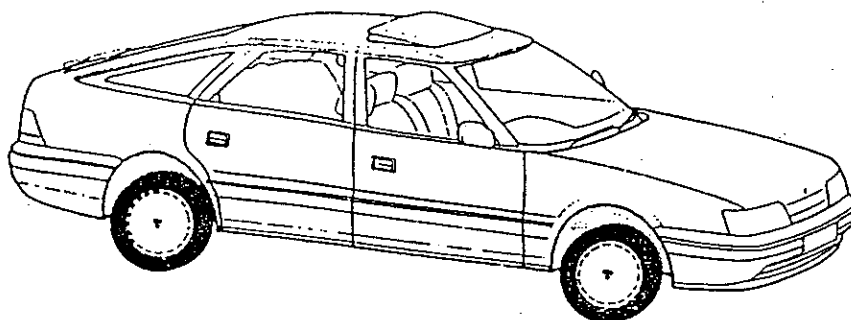
1986 Austin Rover 200



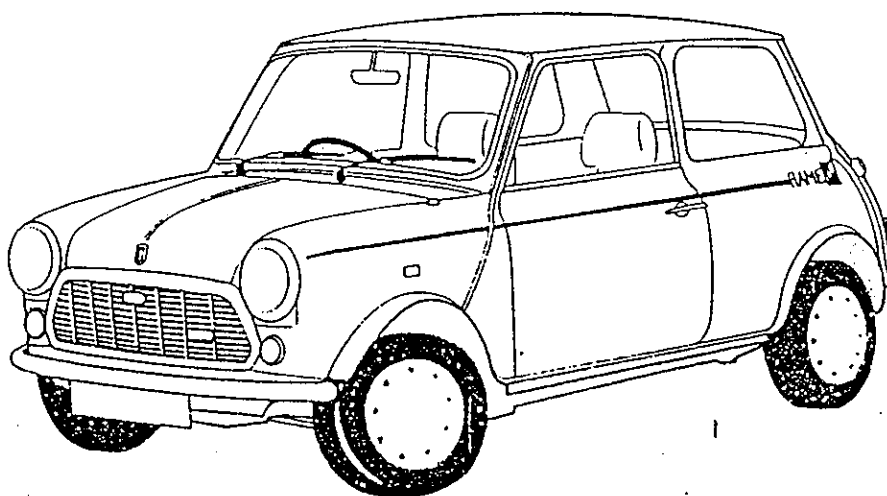
1987 Austin Rover Sterling

ภาพประกอบ 7 (ต่อ)

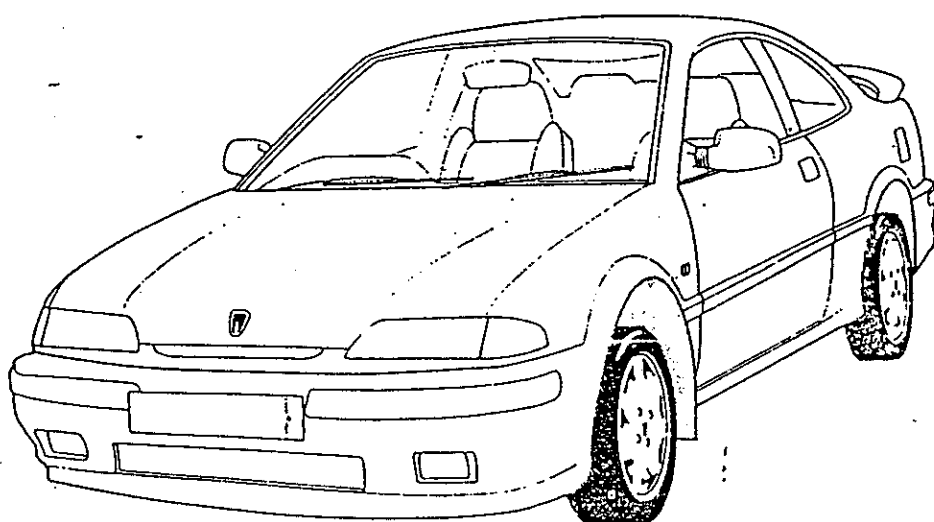
THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE CAR BODY



1988 Rover 820 Fastback

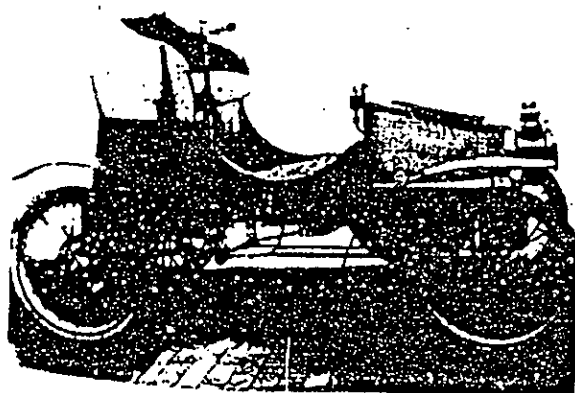


1989 Mini Flame



1992 Rover 220 Coupe

เครื่องป้องกันโคลน mudguards ทำมาจากไม้ หรือหนัง เพื่อป้องกันโคลนสาด
พัฒนาขึ้นมาใช้อย่างกว้างขวางเช่นอุปกรณ์ที่ใช้กับประตู ในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 และ
การสร้างตัวถังรถยนต์เริ่มตกต่ำลงมาระยะหนึ่ง ในระหว่างปี ค.ศ. 1890 และ 1906
ระบบบังคับเลี้ยวได้รับการพัฒนาขึ้นโดย tiller (ภาพประกอบ 8) เป็นระบบบังคับเลี้ยว
ของล้อ ซึ่งยังใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ตำแหน่งของเกียร์ Lever ที่ทำขึ้นในตอนแรกเปลี่ยนแปลง
จากพื้นไปสู่ steering column



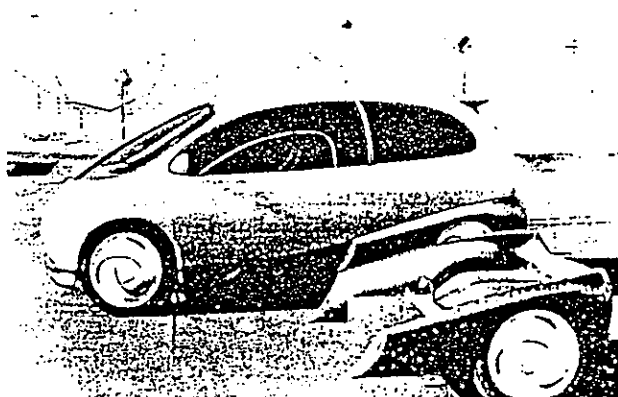
ภาพประกอบ 8

First Vauxhall, 1903

รถยนต์ในช่วงแรกหรือที่รู้จักกันดีว่ารถที่ไม่มีม้าลากจูง ไม่มีแสงสว่างติดตั้งไว้เลย
ดังนั้นจึงมีตะเกียงติดตั้งให้เห็น ในระยะต่อมามีตะเกียงน้ำมัน (oil lamps) ตะเกียงที่ใช้
ก๊าซอะซิไธลีน (acetylene lamps) และในที่สุดเป็นระบบไฟฟ้าในรถยนต์ luxury extra
และ ultimately เป็นมาตรฐานที่มีความเหมาะสม และท้ายที่สุดอุปกรณ์ที่บังคับใช้ในรถยนต์
ซึ่งจำเป็นจะต้องทำตามกฎหมายและกฎจราจร

เมื่อเครื่องปั้มน้ำฝนหน้ากระจกรถยนต์ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรก เพื่อเป็นอุปกรณ์
ช่วยปั้มน้ำฝนและทำความสะอาดกระจกรถยนต์ ต่อมาเกิด single hand-operated wiper
และ suction wiper และในที่สุดพัฒนามาเป็น electrically driven wipers

artillery wheel ให้นำมาใช้ในการพัฒนา wire-spoked wheel ในเวลาต่อมาพัฒนามาเป็นล้อที่เป็นจาน เป็นยางรถยนต์ที่ไม่มียางใน ต่อมา มีการปฏิรูปรถยนต์ครั้งใหญ่ขึ้น ในปี ค.ศ. 1770 เมื่อ Cugnors stream wagon วิ่งด้วยความเร็ว 3 ไมล์ต่อชั่วโมง (4.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) เป็นรถยนต์แบบใหม่ที่สามารถขับและบรรทุกผู้โดยสารได้อย่างเจียบ สะดวกสบาย และวิ่งด้วยความเร็วที่ปลอดภัย



ภาพประกอบ 9 Twin concept car with interchangeable engines (petrol/electric motor drive module) (Vauxhall Motors Ltd)

ประวัติรถยนต์

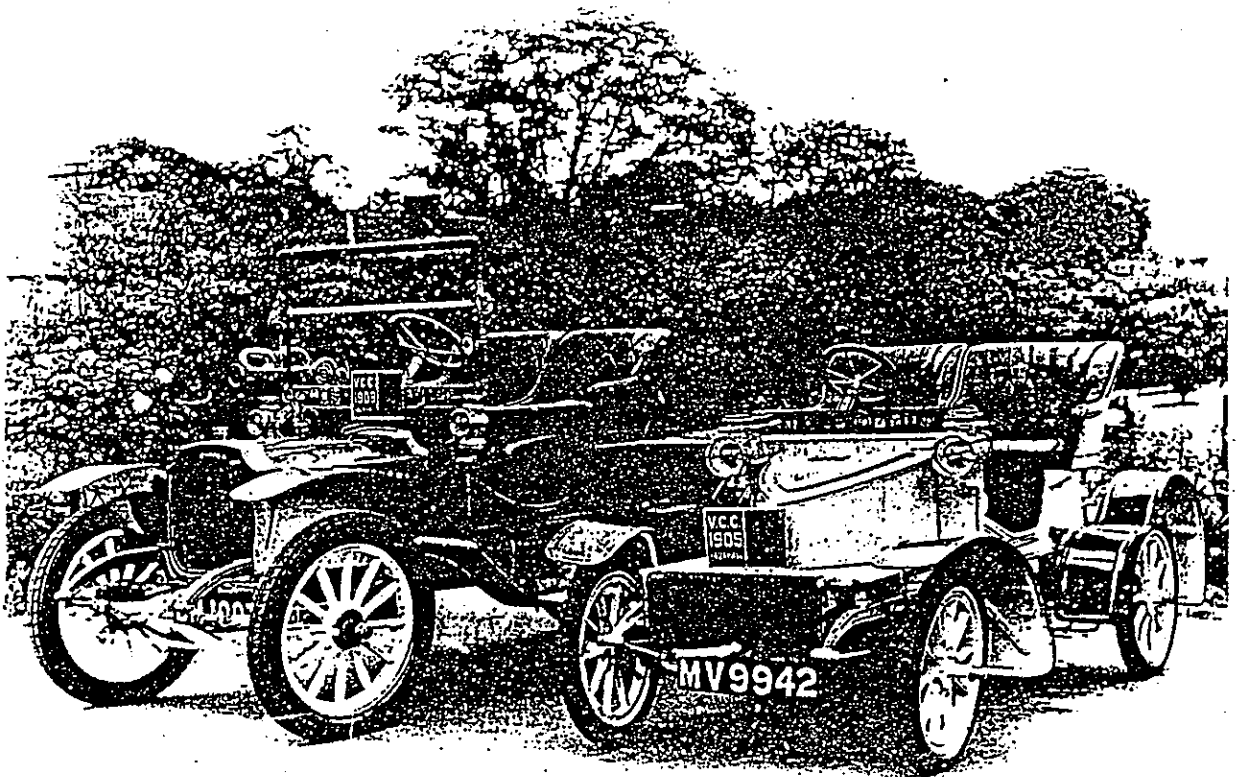
(Highlights of motor vehicle history)

ปี ค.ศ.1688 Ferdinand Verbiest นักสอนศาสนาในประเทศจีน ได้สร้างรถไอน้ำโดยใช้หลักการของกังหันไอน้ำ (steam turbine)

ปี ค.ศ.1740 Jacques de Vaucasen ได้สร้างรถขนส่ง ที่เป็นเครื่องจักร (clockwork) ในกรุงปารีส

ปี ค.ศ.1765 Watt ได้พัฒนารถกังหันไอน้ำ

การออกแบบล้อเกิดขึ้นครั้งแรกตามความนิยมของฝรั่งเศส การพิจารณาตามความจำเป็นสำหรับล้อหลังให้ใหญ่กว่าล้อหน้า ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นมรดกที่ดี จากรถที่ใช้ลากม้า มีการใช้ไม่เป็นพวงมาลัยและล้อ ในครั้งแรกใช้เหล็กทำ ทั้งล้อหน้าและล้อหลังมีขนาดเดียวกัน ต่อมาพัฒนาแบบ pneumatic ซึ่งเป็น wooden-spoked artillery (ภาพประกอบ 8)



ภาพประกอบ 10 1905 and 1909 Vauxhalls with wooden spoked artillery wheels with pneumatic tyres

ปี ค.ศ.1765 Nicholas Joseph Cugnot ทหารปืนใหญ่ชาวฝรั่งเศสได้สร้างรถเครื่องจักรไอน้ำ (steam wagon) สามารถรับผู้โดยสารได้ 4 คน และวิ่งด้วยความเร็ว 2.25 ไมล์/ชั่วโมง รถเครื่องจักรไอน้ำ (steam wagon) คันดังกล่าวได้พลิกคว่ำบนถนนในกรุงปารีส และ Nicholas Joseph Cugnot ได้ถูกจำคุกในข้อหาเป็นอันตรายต่อประชาชน

ปี ค.ศ.1808 Richard Trevithick ได้สร้าง steam carriage และขับในเมือง Cornwall

ปี ค.ศ.1831 Sir Charles Dance วังรถ steam coach สร้างโดย (Sir Goldsworthy Gurney) วิ่งตามปกติจาก Gloucester ถึงเมือง Cheltenham ทางการวิ่ง 4 รอบ ต่อ 1 วัน ระยะทาง 9 ไมล์ ใน 9 นาที

ปี ค.ศ.1859 คันทันน้ำมันในสหรัฐอเมริกา

ปี ค.ศ.1865 รถจักรได้ออกวิ่งในปี 1865

ปี ค.ศ.1885 Karl Benz ได้ผลิตรถคันแรกขึ้นมา จำได้ว่าเป็นรถคันแรกที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่เรารู้จักกันดี

ปี ค.ศ.1886 Gottlieb Daimler ได้ผลิตรถขึ้นมา

ปี ค.ศ.1890 Panhard และ Levasser เริ่มผลิตรถยนต์ขึ้นในฝรั่งเศส

ปี ค.ศ.1892 Charles และ Frank Duryea สร้างรถยนต์ที่ใช้ น้ำมันเบนซินขึ้นในสหรัฐอเมริกา แม้ว่า steam car ได้เข้ามาเป็นเวลานานก่อนหน้านี้

ปี ค.ศ.1895 แข่งขันรถครั้งแรก ในกรุงปารีส และเกิดสมาคมรถยนต์ขึ้นครั้งแรกในกรุงปารีส

ปี ค.ศ.1896 เลิกใช้ Red Flag Act (ซึ่งแดงเป็นเครื่องหมายให้รถหยุด)

ปี ค.ศ.1897 The RAC was formed, large through the efforts of F.R. Simms Who also founded the SMMT in 1902

ปี ค.ศ.1899 Jenatzy ได้บันทึกความเร็วของโลกไว้ 66 ไมล์/ชั่วโมง

ปี ค.ศ.1920 ระบบบังคับเลี้ยวล้อ มาแทนที่คันหางเสือ (tiller) Frederick Lanchester ได้สร้างรถของเขาขึ้นครั้งแรกขนาด 10 แรงม้า เขาได้ทดลองสร้างรถยนต์สองตอน ชนิดหลังคาเปิด ในปี 1895

ปี ค.ศ.1901 ได้ผลิตรถเมชีเตส โดยใช้เครื่องยนต์ไว้ข้างหน้า

ปี ค.ศ.1902 Serpollet สร้างรถ Steam car วิ่งด้วยความเร็ว
74 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ปี ค.ศ.1903 สร้าง Pressed steel frames และกระจกหน้ารถขึ้นเป็นครั้งแรก

ปี ค.ศ.1904 สร้าง Folding windshield Closed saloon Type body
และรถยนต์ ที่วิ่งด้วยน้ำมันเบนซินได้เร็ว 100 ไมล์/ชั่วโมง และในปีเดียวกัน Stanley
steam car ได้ประสบความสำเร็จ ทำให้รถวิ่งได้เร็ว 127 ไมล์/ชั่วโมง

1. ลักษณะเฉพาะของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ (Specifications of steels in the Automobile Industry)

เหล็กที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ สำหรับรถยนต์ อาจจะแบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

- 1.1 Cold forming steels
- 1.2 Carbon steels
- 1.3 Alloy steels
- 1.4 Free cutting steels
- 1.5 Spring steels
- 1.6 Rust-resisting and stainless steels

ในที่นี้จะกล่าวถึงเหล็กที่ใช้สำหรับรถยนต์ในบางกลุ่มดังนี้

1.2 Carbon steel เหล็กคาร์บอนสามารถจัดประเภทได้ดังนี้

- 1.2.1 Low-carbon steel
- 1.2.2 Micro-alloyed steel
- 1.2.3 Medium-carbon steel
- 1.2.4 High-carbon steel
- 1.2.5 Zinc coated steels

1.2.1 Low-carbon steel เป็นเวลานานมาแล้ว ที่เหล็กที่มีคาร์บอนต่ำ (Low-carbon steel) บางครั้งเรียกว่า mild steels เป็นวัสดุที่ใช้เป็นตัวถังรถยนต์มากที่สุด เช่น คอยล์ที่มีคาร์บอนต่ำ เกลียวและแผ่นเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมตัวถังรถยนต์ และแคลชชีของรถ

เหล็กคาร์บอนต่ำ มีความนุ่มและทำให้อ่อน และไม่สามารถทำให้แข็ง โดยความร้อนและไฟ แต่สามารถทำให้แข็ง และใช้งานหนักได้ ใช้เป็นตัวถังด้านข้าง ซึ่งมีความอ่อนสูง และสามารถขึ้นรูปได้ง่าย โดยไม่เป็นอันตรายจากการชน

โดยทั่วไป เหล็กคาร์บอนต่ำ ใช้กับทุกส่วนของรถ ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก หรือต้านทานต่อการสึกหรอ และไม่ใช่ subject ที่มีอุณหภูมิสูง หรือไม่เป็นสนิม

อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบ ดังเช่น ความต้องการอนุรักษ์เชื้อเพลิง สำหรับโครงสร้างตัวถังรถยนต์ที่มีน้ำหนักเบาและปลอดภัย ทางกฎหมายมีความต้องการที่จะป้องกันผู้ใช้รถตลอดจน เพื่อปรับปรุงผลกระทบต่อการต้านทาน ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตนี้ เป็นผลที่เกิดขึ้นในช่วงที่ micro-alloyed steels เป็นที่รู้จักกัน เช่น high-strength steels (HSSs) หรือ high-strength low-alloy steels (HSLAs)

1.2.2 Micro-alloyed steel เหล็กชนิดนี้เป็นพื้นฐานของเหล็ก แมงกานีสคาร์บอน ที่เนื้อเหล็กมีคาร์บอนต่ำ แต่การเพิ่มองค์ประกอบของ micro-alloying ดังเช่น niobium และ titanium เนื่องจากมีความแข็งแรง (strength) มีความเหนียว (toughness) ความสามารถขึ้นรูป (formability) และความสามารถในการเชื่อม (weldability) ผู้ผลิตตัวถังรถยนต์ จะใช้วัสดุดังกล่าว เพื่อการผลิตที่แข็งแรงกว่า และโครงสร้างของตัวถังเบากว่า micro-alloyed high-strength steel (HSS) มีส่วนประกอบดังนี้

	Percentage
Carbon (C)	0.05-0.08
Manganese (Mn)	0.80-1.00
Niobium (Nb)	0.015-0.065

เปอร์เซ็นต์ของ niobium ที่ใช้น้อยกว่าความต้องการความแข็งแรงขั้นต่ำสุด

1.2.3 Medium-carbon steel เหล็กแบบนี้มีความแข็งแรงมากขึ้นตามลำดับ สามารถเพิ่มความแข็งได้ โดยเพิ่มคาร์บอนในเนื้อเหล็ก เหล็กแบบนี้สามารถใช้สำหรับ เคลื่อนย้ายบางส่วน ดังเช่น การเชื่อมกันสลับเครื่องยนต์ คันเกียร์และเครื่องถ่ายกำลังเกียร์ คลัชและเพลา ซึ่งต้องการทั้งความเหนียว (toughness) และความแข็งแรง ใช้ใน อุตสาหกรรมรถยนต์แทน high-alloy steels

1.2.4 High-carbon steel แบบนี้มีความแข็งเพื่อใช้ทำคมมีด (cutting edge)) ได้เป็นอย่างดี แต่บางครั้ง จะไม่มีคุณสมบัติที่เป็นความอ่อนนุ่ม (ductile) และ ดัดแปลงได้ง่าย โดยใช้โลหะและไม้เป็นเครื่องมือสกัด Turning tools, taps, dies, forging และpress dies เพราะมีความแข็งและความอ่อนนุ่ม แต่ปัจจุบันไม่มีใครจะใช้ เป็นส่วนหนึ่งของรถยนต์ เพราะว่าเป็นการเริ่มทำ high-alloy steels มาใช้

1.2.5 Zinc coated steels อุตสาหกรรมรถยนต์ในการค้นหาเพื่อเป็น หลักประกัน เป็นจุดหักเหในการใช้ zinc coated steels เพิ่มขึ้น รถยนต์แบบใหม่ ไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพสูง แต่มีความทนทานและประหยัด ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้รถยนต์แบบนี้ เป็นที่คาดหวังว่าอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 7 ปี โดยปราศจากโครงสร้าง หรือการเป็น สนิม มีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมมาก ทำให้อายุการใช้งานของรถยนต์ลดลง แผ่นเหล็กมีลักษณะ พิเศษมาก ใช้ในการสร้างรถยนต์ เพื่อต่อสู้กับการเป็นสนิม การใช้ zinc coated steels เป็นที่ท้าทายมาก ความแตกต่างของรถยนต์ ทำให้ต้องการ zinc coating และ coating weights มากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้เป็นส่วนใต้ของรถยนต์ ผลิตภัณฑ์ให้ที่เป็น electrolytic จะใช้เป็นตัวกัดด้านข้างรถยนต์ electrolytic product แบ่งออกเป็น single-sided และdouble-sided coating

1. Sing-sided zinc coated steel Free zinc ใช้ทำเป็น
ตัวถังด้านข้างรถ เพื่อป้องกันต่อการทะลุที่เกิดจากการเป็นสนิม

2. One-and-a-half-sided zinc coated steel ในกรณีนี้
ข้างหนึ่งของแผ่นโลหะเป็น coated with free zinc และอีกชั้นหนึ่งเป็น coated
with free zinc และ อีกชั้นหนึ่งเป็นสังกะสีอัลลอยด์ที่บาง

3. Double-sided zinc coated steel ผลิตภัณฑ์นี้ผลิตได้
ประยุกต์ free zinc เพื่อทำเป็นแผ่นทั้ง 2 ข้างที่เท่ากัน หรือ differential
coating weight

ตาราง 13 ประเภทของเหล็กสเตนเลสที่ใช้ในรถยนต์ : Bs 1449 : ส่วนที่ 2

เกรด ของเหล็ก	ประเภทของ ส่วนประกอบ อัลลอยด์	ลักษณะเฉพาะ	ประเภทของการ นำไปใช้
Austenitic			
301 s21	17Cr 7Ni	ต้านทานการเป็น สนิมได้ดี	ตัวถังรถยนต์เย็บด้วยหมุด คลุมล้อ จานปิดคัมล้อรถยนต์ rocker panel mouldings
304 s16	17Cr 10Ni .66C	ต้านทานการเป็น สนิมได้ดี	เรือบรรทุกน้ำมันเป็นสนิมน้อย
305 s19	18Cr 11Ni 0.10C	อัตราความแข็ง ของงานต่ำ	เย็บด้วยหมุด

ตาราง 13 (ต่อ)

เกรด ของเหล็ก	ประเภทของ ส่วนประกอบ อัลลอยด์	ลักษณะเฉพาะ	ประเภทของการ นำไปใช้
316 s31	17Cr 11Ni 2.25 Mo 0.07c	ต้านทานการเป็น สนิมสูงที่สุด	รถบรรทุกน้ำมันสำหรับบรรทุก สินค้าที่กว้างมากที่สุดยืดหยุ่น มากที่สุด
Ferritic			
409 s19	11Cr 0.08C+Ti	มีประสิทธิภาพใน การเชื่อม การ การสร้างและ ความต้านทาน การเป็นสนิม	ระบบท่อไอเสียและองค์ประ กอบของตัวช่วย converter และสำหรับบรรทุกสินค้า
430 s17	17Cr	ความต้านทานการ เป็นสนิมได้ดีสามารถ ดึงและขึ้นรูปได้	เรือบรรทุกน้ำมัน อุปกรณ์ตก แต่งภายใน แบบตัวถังรถยนต์ เครื่องป้องกันน้ำฝนกระจกรถ
Martensitic			
410 s21	13Cr 0.12C	ต้านทานการเป็นสนิม ส่วนประกอบสามารถ จัดกระทำกับความ กับความร้อน มีความ แข็งแรงสูง	ประกอบไปด้วยไททาเนียม ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

2. ลักษณะเฉพาะของอลูมิเนียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ (Specifications of Aluminium in the Automobile Industry)

โลหะโดยตัวของมันเองเป็นที่รู้จักกันประมาณ 130 ปี และประวัติทางอุตสาหกรรมของอลูมิเนียมไม่ได้เริ่มขึ้นจนกระทั่งปี 1886 เมื่อ Paul Heroult ในฝรั่งเศสค้นพบพื้นฐานวิธีการผลิตอลูมิเนียม ในปัจจุบัน อลูมิเนียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในเทอมของช่วงที่ 2 ของเหล็กระหว่างอุตสาหกรรมโลหะ อลูมิเนียมในเชิงพาณิชย์ที่บริสุทธิ์บรรจุน้อย มีอลูมิเนียม 99% ในขณะที่มีคุณภาพสูงกว่าจะบรรจุ 99.5-99.8% ของโลหะบริสุทธิ์

ในการผลิตอลูมิเนียม สินแร่ bauxite คือ การย่อยสินแร่และคัดเลือกล้าง และบีบภายใต้ความกดดันในแท่งและกรองในกระบอกกลมใหญ่ ที่ใช้เครื่องจักรหมุนเพื่อล้างซึ่งจะเกิดความร้อนขึ้น และแยกอลูมิเนียมออกไซด์ออกจากสินแร่ ในขั้นตอนมาอลูมิเนียมออกไซด์จะลดลงเพื่อเป็นโลหะอลูมิเนียม โดยวิธีการแยกวัตถุเหลวด้วยไฟฟ้า เพื่อลดเซลล์ลง เซลล์นี้ใช้แข็ง cryolite และกระแสไฟฟ้าที่แรงมากเพื่อลดอลูมิเนียมออกไซด์ เพื่อเป็นโลหะเหลวซึ่งผ่านไปสู่กันของเซลล์ และไขเอาอลูมิเนียมออกมา 225 kg.

2.1 อลูมิเนียม (Aluminium) ในปัจจุบันได้มีการค้นพบวัสดุผลิตตัวถังรถยนต์ที่ประหยัดทั้งขนาดและความแข็งแรง คืออลูมิเนียมที่มีน้ำหนักเบามากมีน้ำหนักเพียง 1 ใน 3 ของน้ำหนักเหล็กและอลูมิเนียมอัลลอยด์ สามารถที่จะผลิตให้มีความยืดหยุ่นมากที่สุด มีความแข็งแรง 340-620 MN/m²

ในปี ค.ศ. 1920s ได้ค้นพบรูปทรงของอลูมิเนียมและได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้ทั้งที่เป็นตัวถังรถยนต์ส่วนตัวและทางการค้า โดยที่จริงแล้วใน ปี ค.ศ. 1922 ตัวถังรถยนต์ขนาด 40 แรงม้าของ Lanchester Limousine สร้างมาจากอลูมิเนียมอัลลอยด์สำหรับส่วนหัวและส่วนท้ายสำหรับเผาไหม้และอลูมิเนียมใช้สำหรับเป็นตัวถังรถยนต์ทั้งหมด

ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 อลูมิเนียมได้ใช้เป็นตัวถังรถยนต์ที่สำคัญ แต่ตั้งแต่เกิดอลูมิเนียมอัลลอยด์ขึ้น และในปัจจุบันได้ใช้เป็นโครงสร้างของตัวถังรถยนต์ แม้ว่าอลูมิเนียมจะแพงมากกว่าเหล็ก แต่ง่ายต่อการใช้งานและการทำงานและการทำความสะอาดด้วยมือ

ซึ่งมีข้อดีอยู่ที่ว่าไม่เป็นสนิม และเตรียมพร้อมเพื่อการทำงานที่ถูกต้องนำมาใช้ในการเชื่อม สำหรับการผึงเกือบจะไม่มีเลย

ในเร็ว ๆ นี้ได้มีการใช้อลูมิเนียมและอลูมิเนียมอัลลอยด์สำหรับทำตัวถังรถยนต์ เป็นพิเศษในเชิงพาณิชย์มีการพัฒนาอย่างยิ่งใหญ่

ตัวถังรถยนต์แบบใหม่มีน้ำหนักน้อย ซึ่งมีประโยชน์มาก และแม้ว่าค่าเฉลี่ยของ Panel ที่ใช้คือ เหล็กคู่ก็ตาม ใน 1 ตารางเมตร อลูมิเนียมหนา 1.6 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 4.63 กิโลกรัม ส่วน 1 ตารางเมตรของเหล็กมีน้ำหนัก 7.35 กิโลกรัม การใช้อลูมิเนียม จะประหยัดกว่ามีน้ำหนักน้อยกว่า 40 %

2.2 อลูมิเนียม อัลลอยด์ (Aluminium alloys) จากการลดลงสู่ศูนย์กลางของอลูมิเนียมเป็นการหลอมละลายใหม่ และทำให้บริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ อลูมิเนียมอัลลอยด์เป็นการผลิตโดยการเพิ่มจำนวนเฉพาะขององค์ประกอบอัลลอยด์ เพื่อละลายอลูมิเนียมอัลลอยด์บางอย่าง ดังเช่น แมกนีเซียม และสังกะสีสามารถเพิ่มโดยตรง เพื่อหลอมละลาย แต่จุดหลอมเหลวสูงกว่าองค์ประกอบอื่น ดังเช่น ทองแดงและแมกนีเซียม ต้องทำในขั้นตอนแรก อลูมิเนียมและอลูมิเนียมอัลลอยด์เป็นผลผลิตทางอุตสาหกรรมแบ่งเป็น 2 กลุ่มกว้าง ๆ คือ

2.2.1 วัสดุที่เหมาะสมเพื่อการหล่อ

2.2.2 วัสดุที่เป็นผลผลิตต่อมาจากแผ่นโลหะ และขึ้น เส้น หลอด และส่วนที่เป็นของเหลว

นอกจากทั้ง 2 ลักษณะ และวัสดุที่ใช้ทำตัวถังรถยนต์สามารถแบ่งย่อย ๆ ให้สอดคล้องกับวิธีการ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางช่าง เพื่อการพัฒนา (ปรับปรุง)

Non-heat-treatable alloys อัลลอยด์ที่ใช้รวมถึงอลูมิเนียมบริสุทธิ์ เกิดความแข็งแรง โดยการทำให้เย็น ดังเช่น ม้วน การกดดัน การตี และกระบวนการที่คล้าย ๆ กัน

Heat-treatable alloys มีความแข็งแรง โดยการควบคุมความร้อน และความเย็นตามลำดับ ในอุณหภูมิห้องหรือที่ 100-200 C

อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้กันมากที่สุด คือทองแดง (copper) แมงกานีส (manganese) ซิลิกอน (silicon) แมกนีเซียมและสังกะสี (magnesium and Zinc) โรงงานอุตสาหกรรมสามารถผลิตวัสดุในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

The non-heat-treatable alloys สามารถประดิษฐ์ (fabricate: F) เฟอร์โลหะให้อ่อนตัว (annealed: O) หรือกำลังดึงที่เข้มแข็ง (strain hardened : H1, H2, H3)

The heat-treatable alloys สามารถประดิษฐ์ (fabricated:F) หรือ เฟอร์โลหะให้อ่อนตัว (annealed:O) หรือขึ้นอยู่กับอัลลอยด์ในกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (T3, T4, T5, T6, T8)

อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้ในตัวถังรถยนต์

การเลือกวัสดุและเงื่อนไขที่ต้องการส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด และกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม อัลลอยด์ที่ใช้มากที่สุดเพื่อทำเป็นตัวถังรถยนต์ เช่น Alloy 5154A เหมาะสมที่จะใช้ใน car panels ซึ่งเป็นการขึ้นรูปเป็นการทำโลหะให้อ่อนตัวตามเงื่อนไข (สถานการณ์) หรือสถานการณ์ H2 ซึ่งเหมาะสมมากที่สุด สำหรับขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ วัสดุอื่น 1200 เป็นแผ่นโลหะที่บริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ และใช้อย่างกว้างขวางในงานตกแต่งภายในและภายนอก ซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก ส่วนประเภท 3103m 5251m 5154A และ 5056A เป็น non-heat-treatable alloys ของอลูมิเนียม-แมกนีเซียม ซึ่งมีความแข็งแรง $90-325 \text{ N/mm}^2$ เป็นแผ่นโลหะตามรูปแบบ และเตรียมคุณสมบัติทางกลไกเพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์ที่ต่างกัน โดยใช้กับงานที่ขยายออกไป และตามแบบฟอร์มการขึ้นรูปและกลไกและสามารถเชื่อมโดยไม่ยุ่งยาก

โลหะแผ่น 5083 มีความแข็งแรงปานกลาง non-heat-treatable alloys บางส่วนมีความเหมาะสมสำหรับการเชื่อม สามารถที่จะใช้บางส่วน รับโหลดน้ำหนักที่มากกว่า และบ่อยครั้งใช้ในรูปแบบของแบบแผ่นในส่วนของพื้นสำหรับเหยียบ

สำหรับส่วนที่เป็นโครงสร้างภายใน ซึ่งต้องการความแข็งแรงมากกว่าส่วนที่อยู่ภายนอก the-heat-treatable alloys โดยปกติใช้ 6063 และ 6082 และในกรณี

เป็นคือ 2014A ส่วนแบบ 6082 คือ heat-treatable เป็นอัลลอยด์ที่มีความแข็งแรงปานกลาง ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลไกดี มีความต้านทานสนิมสูง แรงกดที่ทนได้ในอัลลอยด์แบบนี้สูงเท่ากัน 200 N/mm^2 ภายใต้เงื่อนไขการโหลดที่คงที่ แม้ว่าบางอย่างจะลดลงข้างล่างนี้ซึ่งโดยปกติ จะทำเพื่อประยุกต์ใช้ในการขนส่ง ซึ่งมีการพิจารณาองค์ประกอบของการเคลื่อนไหวทางการโหลด อัลลอยด์นี้สามารถที่จะเชื่อมโดยกระบวนการใช้แก๊ส แต่มีการพิจารณาการสูญเสียความแข็งแรง การเชื่อมเนื่องจากการเผาโลหะให้อ่อนตัว เป็นผลของกระบวนการเชื่อม ส่วนแบบ 6063 คือ แบบ heat-treatable alloy แต่ค่อนข้างแข็งแรงน้อยกว่า และใช้เป็นส่วนสำคัญในการนำไปใช้ในการทำพื้นผิวตัวถังรถยนต์ หรือเป็นส่วนที่ต้องการให้เป็นซี่ขับเคลื่อน อัลลอยด์ 2014A ประกอบไปด้วยทองแดงมากกว่าส่วนอื่น ๆ มีราคาแพงมากกว่า ยุ่งยากในการทำเป็นแบบมากกว่า และมีความต้านทานสนิมต่ำ แต่มีประโยชน์ที่ยืดออกได้มากกว่า

ความรวดเร็วและโลหะที่เย็นด้วยหมด สามารถเป็นวัสดุบริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ หรืออลูมิเนียมอัลลอยด์ 5154A และสำหรับขนาดเล็กกว่า 6082 เป็นบางครั้งที่ใช้ การเชื่อมด้วยหมดสามารถหาได้ง่ายในวัสดุแบบ 5056A แต่ไม่ควรที่จะใช้ในกรณีที่ต้องหมั่มสูง เกิดขึ้นในการบริการสลักเกลียวใช้ในงานตัวถังรถยนต์ โดยทั่วไปใช้อัลลอยด์เบอร์ 6082

อลูมิเนียมอัลลอยด์ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับโดยแรงงานประกอบรถยนต์ วัสดุที่เป็นมาตรฐานสำหรับการตกแต่งภายในและภายนอกให้เรียบร้อย และใช้สำหรับเรื่องปกติที่นำมาสู่ความเรียบร้อย การนำไปใช้ ดังเช่น หน้าหมอนน้ำขึ้นนอก กระเปาะหลอดไฟ การตกแต่งล้อ เครื่องมือ panel แบบของตัวถังรถยนต์ และหน้าต่าง และกระจกหน้ารถยนต์ อัลลอยด์จะใช้สำหรับตกแต่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม 1) อัลลอยด์ที่บริสุทธิ์อย่างสูง จะทำเสร็จเพียงข้างเดียวเท่านั้น ซึ่งในเรื่องสำคัญขององค์ประกอบตกแต่งที่ทำ และอัลลอยด์ที่มีคุณภาพสูงกว่า จะใช้เมื่อการตอบสนองที่พิเศษสูงสุด เป็นข้อได้เปรียบ ดังเช่นความต้องการแสง

3. ลักษณะเฉพาะของพลาสติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ (Specifications of Plastics in the Automobile Industry)

เซลลูลอยต์อาจจะมีคุณภาพดีสำหรับเกียรติยศของการเป็นพลาสติกตัวแรก ผู้ประดิษฐ์คือ Alexander Parkes เขาได้สร้างมันขึ้นในราว 1860 และวิธีการของเขาเป็นที่รู้จักกันไปทั่วในปี 1865 ที่สหรัฐอเมริกา Hohn Hyatt พบวิธีการแก้ปัญหาทางเทคนิคซึ่ง Plaqueed Parkes และเขาสร้างขึ้นทางธุรกิจในปี 1870 เพื่อขายซึ่งเป็นวัสดุประเภทเดียวกัน เรียกมันว่า เซลลูลอยต์ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามันเป็นวัสดุดิบ เซลลูโลส

ปี 1920 นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ Hermann Staudinger ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับเคมีธรรมชาติของกลุ่มสารธรรมชาติ และการวิเคราะห์ เรียกว่า ไมโครโมเลกุลซึ่งปัจจุบันเราเรียกว่า โพลีเมอร์ ทฤษฎีของเขาไม่ได้อธิบายธรรมชาติของพลาสติก แต่ได้ชี้หนทางซึ่งสามารถที่จะทำการเตรียมพื้นฐานสำหรับโลกของพลาสติกที่เราารู้จักกัน

การใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์

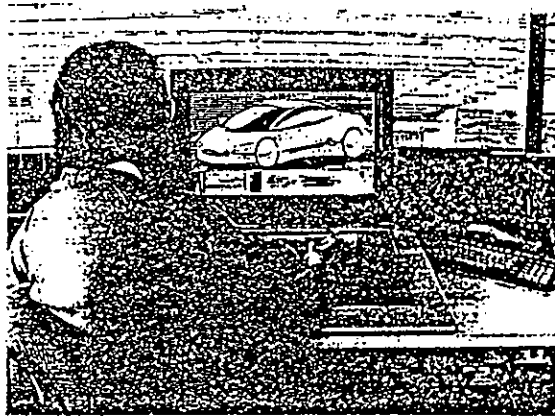
ผลิตภัณฑ์พลาสติกสามารถตกแต่งโดยโลหะสลุญอากาศ และแยกวัตถุด้วยไฟฟ้าพลาสติกใช้แทนที่โลหะในรถยนต์เป็นส่วนใหญ่ดังเช่น กระจก (mirror housing) ตัวควบคุมลูกบิด (control knobs) และ winder handles ได้ดีเท่ากับการตกแต่งด้วยโลหะนี้เป็นสาขาที่ใช้ประโยชน์เพื่อเติมให้เต็มปราศจากการล่าช้าในคุณสมบัติที่ขาด

ในส่วนที่ยังจำเป็นต้องทำให้แข็งแรง และมีแรงต้านทานต่อการกระจายที่จะเกิดขึ้น จำเป็นที่จะต้องหีบเพื่อต่อสู้กับอากาศ ความเค็มบนท้องถนน อนุภาคมืดสูงและอันตรายอื่น ๆ เพื่อลดอายุของตัวถังรถยนต์ บ่อดิน สนิม สีจางลง โลหะไม่แข็งแรง

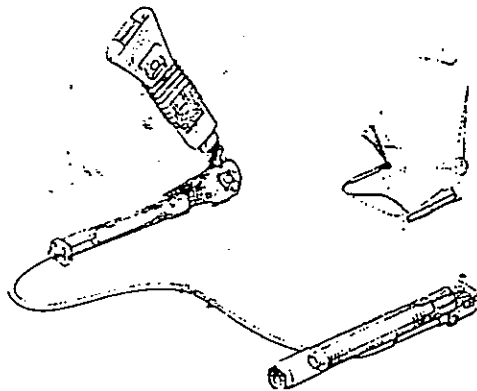
พลาสติกไม่ต้องการการยึดหยุ่นสูงมากนัก หรือโค้งงอโดยไม่ต้องใช้แรงกดมากนัก พลาสติกจำเป็นต้องถูกและสามารถขึ้นรูป โดยส่วนตัวได้อย่างสูง และรูปร่างที่ซับซ้อน สิ่งนี้เป็นสิ่งที่ต้องการคือ ความพึงพอใจโดยเทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซตติงเรซิน พลาสติกสามารถรับแรงกด เครื่องหมาย การขึ้นแบบ รูปแบบสลุญอากาศ และเบนซินเจ็ดชั้น การตกแต่งรูปร่างที่ต้องการ

บางส่วนจากคุณสมบัติการตกแต่ง คุณสมบัติทางกลไกของอะไคลิครีซินอยู่ระหว่างสูง
ที่สุดของเทอร์โมพลาสติก

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE CAR BODY



ภาพประกอบ 11 Style artist at work (Ford Motor Company)



ภาพประกอบ 12 Automatic seat belt tensioner (Vauxhall Motors Ltd)

โครงรถ (Frames)

โครงรถ (Frames) เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดชิ้นหนึ่งของรถยนต์ โดยทำหน้าที่
ประการแรก คือ รองรับน้ำหนักของเครื่องยนต์ กระปุกเกียร์ ตัวถังและน้ำหนักบรรทุก
ประการที่สอง เป็นที่ยึดเหนี่ยวและประกอบชิ้นส่วนสำคัญอื่น ๆ เช่น ปีกนกบนและปีกนกล่าง
(Upper control arm and lower control arm) สปริงหรือแหนบ คาน และตัวถัง
เป็นต้น

ดังนั้นถ้าโครงรถเสียศูนย์ จะด้วยเหตุใดก็ตาม จะมีผลให้อุปกรณ์บางอย่างเกิดการ
สึกหรอและสิ้นเปลืองมาก การขับที่ไม่สะดวกและมีความปลอดภัยน้อย

จากความสำคัญของโครงรถดังกล่าวแล้ว จะเห็นได้ว่า โครงรถจะต้องได้รับการ
ดูแลรักษาให้คงสภาพเดิมอยู่ตลอดเวลา และผู้ที่จะดูแลรักษา หรือช่างที่จะทำหน้าที่ปรับปรุง
แก้ไขเกี่ยวกับโครงรถควรจะมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องโครงรถดีพอสมควร

ลักษณะทั่วไปของโครงรถ (General description of frames) โครงรถ
โดยทั่วไปจะต้องมีน้ำหนักเบา มีความมั่นคงแข็งแรงมาก คือให้สามารถรับน้ำหนักและภาระ
(load) นาน ๆ ได้ดี นั่นคือ นอกจากจะต้องรับน้ำหนักได้ตามกำหนดแล้ว จะต้องทนต่อการ
บิดเบี้ยว คดงอ การเกิดความเค้น (stresses) และความเครียด (strain) เมื่อใช้งาน
บนถนนแลภูมิประเทศที่มีสภาพต่าง ๆ กันได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถบรรทุก และรถที่ใช้
ในการสงคราม

วัสดุที่ใช้ทำโครงรถ ส่วนมากเป็นเหล็กรีดเย็น ซึ่งเป็นแบบ ใช้เหล็กผสมที่ผ่าน
กรรมวิธีทางความร้อนมาแล้ว เพื่อให้มีน้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงมาก เหล็กเหล่านี้
จะถูกนำมาขึ้นรูปโดยไม่ต้องใช้ความร้อนช่วย

โครงเหล็กซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงรถนั้น ได้แก่ เหล็กที่อยู่ด้านข้าง 2 ข้าง
ข้างละ 1 ท่อน แต่ละท่อนมีความยาวเกือบเท่าหรือเท่าความยาวของตัวรถ เหล็กด้านข้างนี้
โดยปกติจะมีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวยูหรือรูปกล่อง เหล็กที่มีรูปหน้าตัดเป็นกล่องนี้ทำขึ้นจากเหล็ก
รูปตัวยู 2 อัน ประกอบเข้าหากันแล้ว เชื่อมหรือยึดให้ติดกัน

สำหรับโครงรถบรรทุกที่ใช้น้ำหนักบางแบบ ทำด้วยเหล็กที่มีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวไอ เหล็กด้านข้างของโครงรถ 2 ท่อนนี้จะวางห่างกันตามทวิศกร ได้ออกแบบไว้โดยมีเหล็กขวางเป็นตัวยึด เพื่อให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคง เหล็กขวางนี้จะทำด้วยวัสดุอย่างเดียวกับเหล็กด้านข้าง และอาจจะมีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวยูหรือเป็นท่อนเหล็กกลวงก็ได้ที่เหล็กด้านข้าง จะมีหน้าแปลนต่าง ๆ ติดอยู่ อาจจะเป็นโดยการย้ำหมุดหรือการเชื่อม เพื่อใช้ติดตั้งส่วนประกอบอื่น ๆ รวมทั้งตัวถังด้วย

โครงรถส่วนมาก ถ้ามองดูจากด้านบนแล้ว ตอนท้ายจะมีความกว้างมากกว่าตอนหน้า ที่เป็นเช่นนี้ก็เพื่อให้รถสามารถเลี้ยวได้ในวงแคบ ส่วนตอนท้ายหรือตอนหลังที่ทำให้กว้างเพื่อให้รองรับตัวถังได้ดีขึ้น

โครงรถแบบต่าง ๆ (Types of frames)

โครงรถอาจแบ่งออกเป็นหลายแบบ แต่ละแบบก็มีความแตกต่างกันไป ทั้งขนาดและรูปร่าง ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ใช้

1. โครงรถแบบตัวเอ็กซ์ (X-type frame) บริเวณกึ่งกลางมีท่อนกลมเส้นที่เพลากลางของรถคันนี้ จะสอดผ่านเข้าไปในท่อนนี้ ส่วนเหล็กด้านข้างเป็นแบบกลองเหล็กขวางที่อยู่ด้านหน้าขนาดใหญ่ใช้สำหรับยึดปีกนกบนล่าง สปริงชุด ส่วนเหล็กด้านข้าง ตอนท้ายทำโค้งขึ้นก็เพื่อเป็นที่ประกอบชุดเพลาท้าย และให้มีช่องสำหรับแขนหลังทำงาน การออกแบบให้เหล็กด้านข้างของโครงรถ ตอนหน้าและตอนท้ายโค้งขึ้นนั้นจะช่วยให้ศูนย์กลางของโครงรถต่ำลงด้วย ซึ่งเป็นผลให้การทรงตัวของรถ ขณะแล่นดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางโค้ง

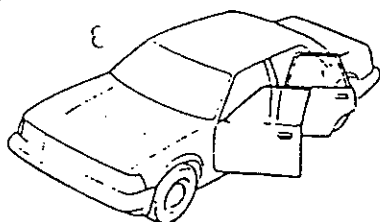
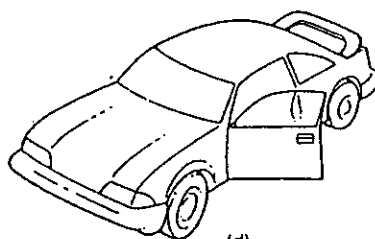
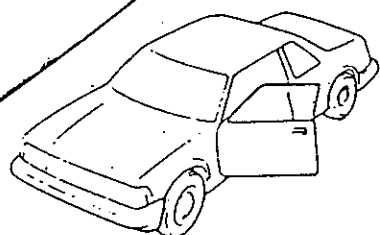
2. โครงรถแบบขั้นบันได (Ledder-type frame) แบบนี้ไม่มีการใช้ท่อยึดตรงจุดกึ่งกลางของโครงรถ อย่างไรก็ตาม ได้มีการเพิ่มจำนวนเหล็กขวางมากขึ้นเป็นการช่วยให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคงยิ่งขึ้น ส่วนเหล็กด้านข้างมีรูปหน้าตัดเป็นแบบกลอง

3. โครงรถแบบสี่เหลี่ยม (Perimeter-type frames) แบบนี้คล้ายกับแบบขั้นบันได เหล็กด้านข้างที่ใช้รองรับตัวถัง จะเป็นส่วนที่มีความกว้างมากที่สุดเป็นการช่วยให้ผู้โดยสารเกิดความปลอดภัยมากขึ้น ในกรณีที่มีการกระแทกหรือปะทะทางข้างตัวถัง

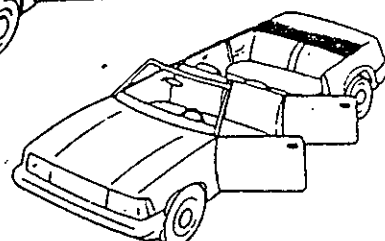
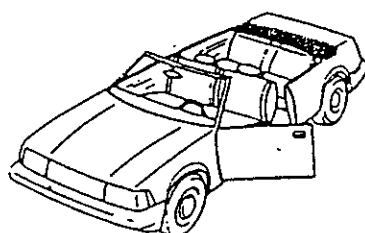
4. โครงรถแบบช่วงสั้น (Bolt-on stub frame) ในบางครั้งโรงงานที่ผลิตรถได้สร้างโครงรถช่วงสั้น ๆ เฉพาะตอนหน้า โดยตัดต่อแทนยางไว้ตรงส่วนที่จะยึดกับตัวถัง ซึ่งเป็นแบบคู้ หรือแบบตรวจการโครงรถ ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้กับตัวถังชนิดนี้ มีความแตกต่างกันหลายแบบ

5. โครงสร้างของรถแบบมีโครงรถในตัว (Unitized body and frame construction) ปัจจุบันนี้เทคนิคทางด้านช่างอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ ได้เจริญก้าวหน้าไปมาก รวมทั้งการเชื่อมจุดและการพับโลหะแผ่น ให้มีรูปร่างสลับซับซ้อนต่าง ๆ ดังนั้นรถที่ไม่ใช้งานหนัก เช่น รถยนต์นั่งจะไม่นิยมใช้โครงรถแยกต่างหาก นั่นคือโลหะบางส่วนที่เป็นตัวถังรถ และส่วนที่ใช้รองรับน้ำหนักต่าง ๆ ที่เกิดจากน้ำหนักการขับ การเบรค และการสะท้อน หรือส่วนที่ใช้ยึดอุปกรณ์อื่น ๆ จะได้รับการออกแบบให้ถูกเชื่อมติดกันเป็นชิ้นเดียว

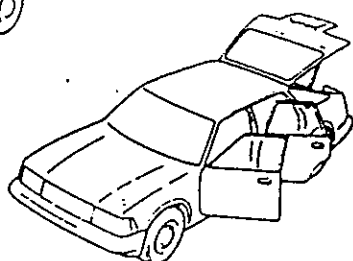
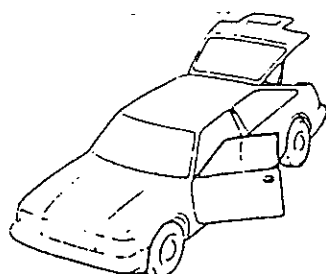
AND CONSTRUCTION OF THE CAR BODY



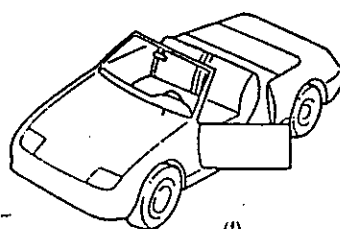
(a)



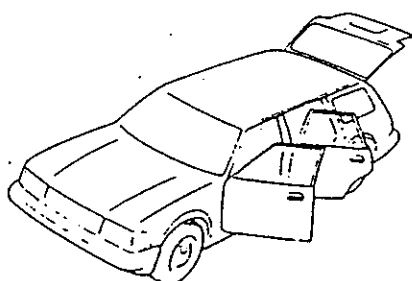
(e)



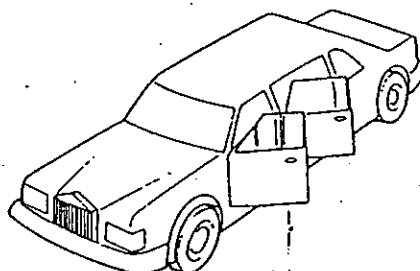
(b)



(f)



(c)

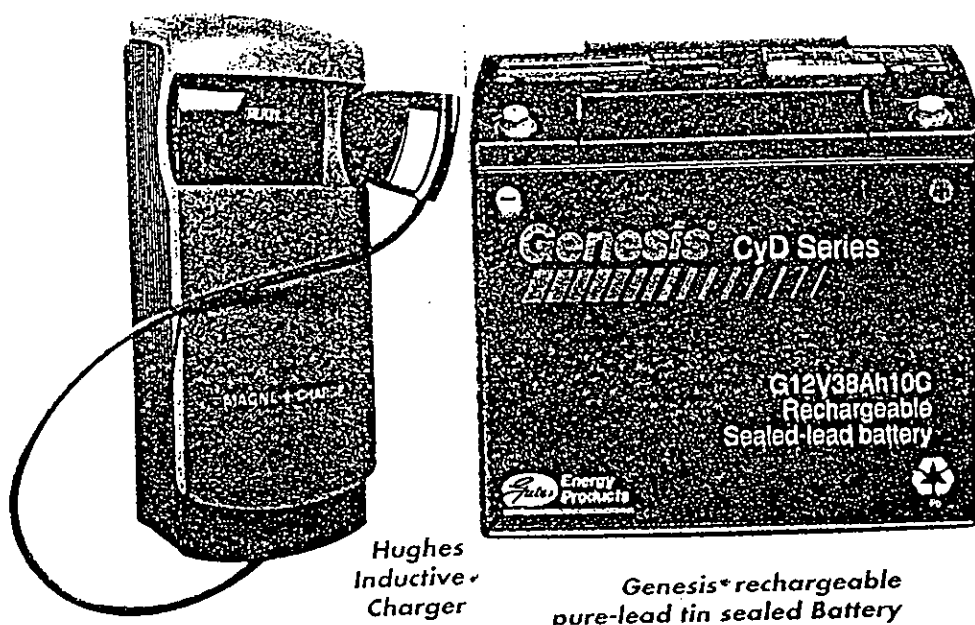


(g)

Vehicle styling forms: (a) saloon (b) hatchback (c) estate (d) coupé (e) convertible (f) sports
(g) limousine

ภาพประกอบ 13 แสดงแบบโครงสร้างรถยนต์

หน่วยที่ 3
แบตเตอรี่และการประจุ



แบตเตอรี่และการประจุ

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนจะต้องสามารถ

1. บอกความต้องการของแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
2. บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
3. อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่
4. บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
5. บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
6. บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
7. บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
8. อธิบายหลักการทำงานของวงจร
9. บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟฟ้า

แบตเตอรี่

แบตเตอรี่เป็นหัวใจของระบบไฟฟ้า เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน หลักการทำงานของแบตเตอรี่กล่าวอย่างง่าย ๆ คือเป็นการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเมื่อเครื่องยนต์ทำงานแล้ว เอนเนอร์เตอร์จะเปลี่ยนพลังงานที่เหลือให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วนำมาเก็บในแบตเตอรี่ ในรูปของพลังงานเคมีไว้ใช้ต่อไป

สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าเป็นทางเลือกหนึ่งของเทคโนโลยีการขนส่ง สิ่งที่ต้องปรับปรุง คือ ตัวเก็บพลังงาน แต่เดิมรถยนต์ไฟฟ้าวิ่งได้ระยะทางสั้น ๆ และใช้เวลาในการเติมประจุไฟนาน ซึ่งได้มีความพยายามออกแบตเตอรี่ไฟฟ้า มาตั้งแต่ปี 1990 แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ยังไม่มีการปรับปรุงมากนัก ตั้งแต่เริ่มผลิตรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมา แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด หาได้ง่ายและไม่แพง นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน แม้ว่าอายุการใช้งานจะมีเพียง 2-3 ปีเท่านั้น ในอนาคตคาดว่าจะมีการพัฒนาแบตเตอรี่ ที่มีอายุการใช้งานยืนยาว มีสถานีบริการเติมประจุไฟที่รวดเร็ว หรือมีแบตเตอรี่มาเปลี่ยนแทนการประจุไฟฟ้า

โดยทั่วไปแบตเตอรี่มีหลายชนิด เช่น ตะกั่ว-กรด นิเกิล-เหล็ก-อัลคาไลน์ นิเกิล-แคดเมียม เป็นต้น แบตเตอรี่พวกนี้ มีหลักการทำงานเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่ลักษณะหรือคุณสมบัติเท่านั้น คุณสมบัติที่แตกต่างกันนี้ เกิดจากการสร้างที่แตกต่างกันตามการใช้งานและอื่น ๆ ดังนั้น ในการเลือกใช้แบตเตอรี่ จึงต้องเลือกชนิดที่เหมาะสมกับงานที่ใช้ เช่น

1. แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรด มักใช้กันในรถยนต์และใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฉุกเฉิน เพราะว่ามีราคาถูก มีประสิทธิภาพสูง (80-90 %) มีขนาดเล็ก และใช้เวลาในการประจุไฟใหม่น้อย

2. แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-เหล็ก-อัลคาไลน์ จะใช้กับงานประเภทเดียวกับชนิดตะกั่ว-กรด แต่มีข้อดีชนิดตะกั่ว-กรด ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า มักจะใช้งานระยะยาว

3. แบตเตอรี่ชนิดนิเกิล-แคดเมียม มักใช้งานที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมาก สามารถใช้งานได้ดี ตั้งแต่อุณหภูมิ -40 ถึง 163 องศาฟาเรนไฮต์ นอกจากนั้น ยังมีการใช้งานนานและมีความต้านทานภายในต่ำ

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีแบตเตอรี่ชนิดใดที่ใช้ได้ทั่วไป สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า เพราะแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด และนิเกิล-แคดเมียม มีพลังงานจำต่ำ และมีจำกัด ส่วน แบตเตอรี่เงิน-สังกะสี ถึงจะมีพลังงานจำสูง แต่ก็มีความสูงและอายุการใช้งานสั้น ใช้ใน วงการบินอวกาศและอุตสาหกรรมบางชนิดเท่านั้น

หน้าที่ของแบตเตอรี่

เกษม ประพุดิธรรมและคณะ (2525 : 40) ได้กล่าวไว้ว่า แบตเตอรี่ทำหน้าที่ เหมือนหัวใจของระบบไฟฟ้า มีหน้าที่ใหญ่อยู่ 3 ประการคือ

1. จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์สตาร์ทและระบบจุดระเบิด เมื่อเริ่มสตาร์ท เครื่องยนต์
2. รักษาให้แรงเคลื่อนในระบบไฟฟ้าทั้งหมด คงที่สม่ำเสมอ
3. จ่ายกระแสไฟฟ้าออกช่วยเอนเนอเรเตอร์ (ในเวลาจำกัด) เมื่อความต้องการ ของระบบไฟฟ้าเกินกว่าการจ่ายกำลังงานออกของเอนเนอเรเตอร์

แบตเตอรี่ที่ใช้ในรถยนต์ ไม่ได้เป็นตัวสะสมไฟฟ้าตัวจริง แต่เป็นอุปกรณ์เคมีไฟฟ้า ซึ่งเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เมื่อมีอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟ วิทยุ หรือ มอเตอร์สตาร์ท เป็นต้น ต่อเข้ากับขั้วทั้งสองของแบตเตอรี่ จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีใน แบตเตอรี่ระหว่างแผ่นธาตุ หรือแผ่นโลหะกับน้ำยา น้ำยานี้ประกอบด้วยน้ำ และกรดกำมะถัน ปฏิกิริยาทางเคมีนี้ ผลักดันให้กระแสไหลออกจากขั้วหนึ่ง ไปยังอุปกรณ์ดังกล่าว แล้วไหล กลับมายังขั้วแบตเตอรี่อีกขั้วหนึ่งครบวงจร จำนวนกระแสที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายออกถูก จำกัดโดยความจุของแบตเตอรี่

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาใหม่ เป็นประเด็นที่สำคัญโรงงานผลิตรถยนต์ ในสหรัฐอเมริกาไม่ว่าจะเป็น ฟอร์ด ไคลเลอร์และเอนเนอร์น มอเตอร์ได้ตั้งสมาคมพัฒนา แบตเตอรี่ขึ้นในสหรัฐอเมริกา ในปี 1992 สมาคมดังกล่าวนี้ ทำงานด้วยคนของรัฐบาลโดย เริ่มจากเงิน 260 ล้านดอลลาร์ เป็นโครงการเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบเก็บพลังงาน สำหรับใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ไม่ได้อยู่ในสถานการณ์พัฒนา ที่จะนำ มาใช้วิธีอย่างไรก็ตามบริษัทอื่น ๆ ยังคงสนใจที่จะพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด ให้มีคุณภาพ

สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในอนาคต

ความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการ ต้องมีคุณสมบัติให้พลังงานสูง สมรรถนะ ความสามารถสูง ประสิทธิภาพสูง อายุใช้งานยืนยาว ราคาต่ำ ปลอดภัย เชื่อถือได้ ไม่ต้องบำรุงรักษา สามารถเติมประจุไฟได้ตามเวลาและสามารถนำไปใช้ใหม่ได้อีก แบตเตอรี่ในปัจจุบันมีข้อบกพร่องหลายประการ ทำให้เกิดแรงจูงใจในการพัฒนาแบตเตอรี่ขึ้นมา

คุณลักษณะของแบตเตอรี่

พลังงานแบตเตอรี่มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ขับเคลื่อน พลังงานจะเคลื่อนจากแบตเตอรี่ด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้า ในระหว่างที่มีการประจุไฟ จะเกิดความสูญเสีย ความต้านทานไฟฟ้าและพลังงานเคมีก็จะสูญเสียไปด้วย ดังนั้นการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ จึงเป็นการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ จึงเป็นการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หรือเก็บความต้องการไว้ในแบตเตอรี่ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีในการเปลี่ยนรูปและสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้กลับมาใช้ได้ ในเวลาที่ต้องการ

หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่

ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าส่วนที่เกินความต้องการ จะถูกนำไปประจุไว้ในแบตเตอรี่ ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง สารประกอบทางเคมีจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับจ่ายเข้าระบบส่งได้ทันที

เทคโนโลยีแบตเตอรี่

เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันและแบตเตอรี่ที่กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา มีหลายประเภท สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ยังคงใช้มากที่สุด สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ความพยายามในการพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ให้ก้าวหน้า แบตเตอรี่แบบนี้ราคาไม่แพง จะมี energy ประมาณ 35 Wh/kg และมี power ประมาณ 93 W/kg

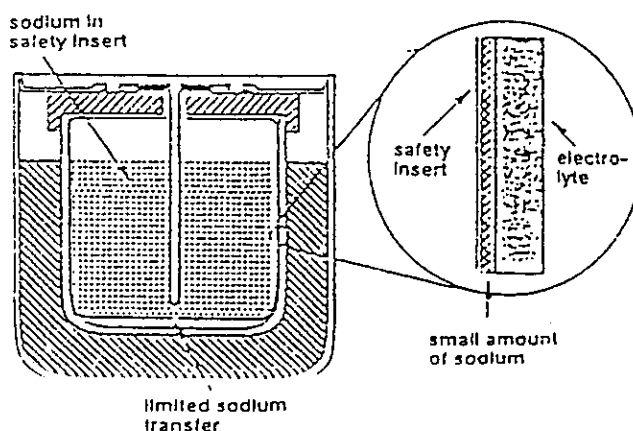
2. แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีอายุการใช้งานมากกว่าแบบตะกั่ว-กรด แม้จะมีความหนาแน่นมาก แต่มีความสัมพันธ์กันน้อย ระหว่าง energy และ power ปัญหาที่พบ คือ การเกิดไฮโดรเจนที่ปล่อยออกมาและยุ่งยากต่อการออกแบบ แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีราคาแพงและมี energy ประมาณ 50 Wh/kg และมี power ประมาณ 100 W/kg ตามลำดับ ในปัจจุบันได้รับการพัฒนา

3. แบตเตอรี่แบบนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ ใช้เงินนิเกิลคลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้า และโลหะอัลลอยด์เป็นขั้วไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถที่จะเก็บไฮโดรเจน ในสถานะที่เป็นของแข็ง แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 54 Wh/kg และมี power ประมาณ 174 W/kg ตามลำดับ มีอายุการใช้งานยืนยาว จากการทดลองสามารถที่จะพัฒนาได้ประมาณ 81 Wh/kg เพิ่มขึ้น อย่างกว้างขวางมากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ

4. แบตเตอรี่แบบสังกะสีโบรไมด์ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาไฟฟ้า เพื่อแยกเซลล์ออกคนละข้างด้วยไฟฟ้า ซึ่งต้องเตรียมความเย็น และแผ่นโลหะที่เหมือนกันของขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 72 Wh/kg แต่มี power ต่ำประมาณ 53 W/kg เพราะว่ามี energy สูงจึงมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง แต่มีปัญหาในเรื่อง power ต่ำ ราคาสูง มีการผุกร่อนเกิดสนิม ซึ่งจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของรถไฟฟ้า

5. แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ไม่มีของแข็งเป็นขั้วไฟฟ้า โดยใช้โซเดียมที่ละลายที่ความร้อน 300 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นขั้วไฟฟ้ามี energy ประมาณ 80 Wh/kg และมี power ประมาณ 100 W/kg ตามลำดับ แบตเตอรี่แบบนี้ใช้เวลานานในการปล่อยกระแสไฟฟ้า แต่กลับมาแพร่หลาย เพราะว่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในเครื่องป้องกัน ไม่ให้กระแสไฟฟ้ารั่วโดยยอมให้อิออนของโซเดียมผ่านเท่านั้น และไม่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่าน เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้านาน แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจเป็นอันตรายจากโซเดียมและซัลเฟอร์

แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์แตกต่างจากแบตเตอรี่อื่น โดยมีน้ำยาเป็นของเหลว แบตเตอรี่แบบนี้จะถูกแยกด้วยไฟฟ้าเกิด $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ โซเดียมและซัลเฟอร์ คือของเหลว อดุมิของแบตเตอรี่ ในขณะที่ทำงานคือ 310-350 องศาเซลเซียส ในสภาพที่โซเดียมไม่มีไฟหรือติดสาร์จ อีออนจะเดินทางผ่านเซรามิกไปสู่ซัลเฟอร์และองค์ประกอบของเกลือ Na_2S แรงต้านทานภายในของการทำงานที่อดุมิคงที่เป็นความคงที่ของระยะการทำงานซึ่งโอซีวี (OCV) มีค่า 2.08 โวลต์เพิ่มขึ้น 50 % ในการประจุไฟฟ้าและในสภาพที่ไม่มีไฟจะลดลง 1.78 โวลต์

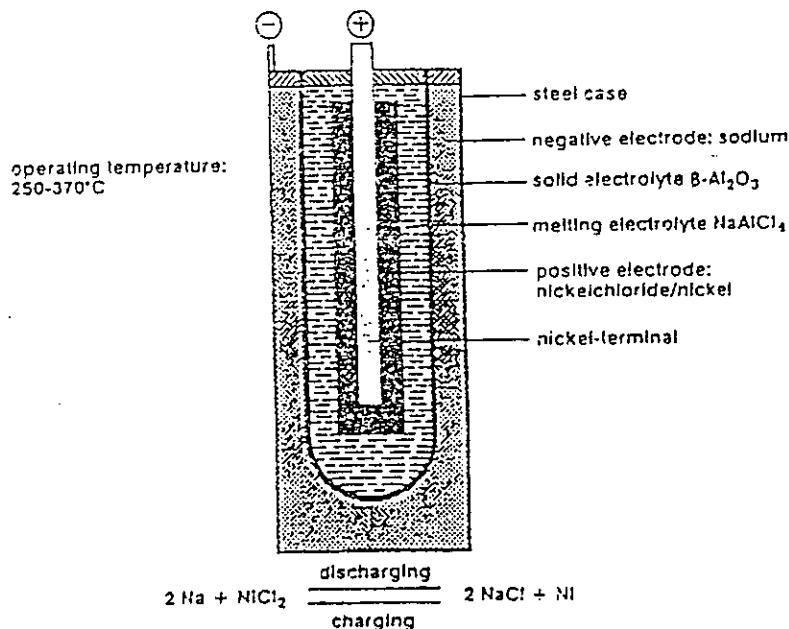


ภาพประกอบ 14 แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์

สรุป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์ (Na-S Battery) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่เก็บพลังงานได้สูง (High Energy Density) ใช้สารที่เป็นของแข็งเป็นส่วนประกอบและมีลักษณะมีดชนิดมีสารพาประจุ (Electrolyte) เป็นเซรามิกที่เรียกว่า Beta Alumium ($\text{Na}_{0.5}\text{Al}_2\text{O}_3$) ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำประจุ Na ได้เป็นอย่างดีและจะทำหน้าที่เป็นแผ่นกั้นประจุทั้ง 2 ออกจากกัน แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้ Na หลอมเหลวเป็นขั้วประจุบวก (Positive Electrode) และใช้ Sulfur/Sodium-Poly Sulfide เป็นขั้วประจุลบ (Negative Electrode) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอุณหภูมิการทำงานสูงประมาณ 300-350 องศาเซลเซียส

แบตเตอรี่โซเดียม-โลหะ-คลอไรด์

แบตเตอรี่โซเดียม-โลหะ-คลอไรด์ มีเซลล์คล้ายกับเซลล์โซเดียมซัลเฟต ขั้วไฟฟ้าเป็นนิกเกิล พัฒนาขึ้นโดยการวิจัยของเบต้า ประเทศอังกฤษมีโอซีวี (OCV) ประมาณ 2.58 โวลต์ ส่วนกลางของขั้วไฟฟ้าเป็นเซรามิค มีนิกเกิลคลอไรด์ที่ขั้วบวก ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกระแสไฟฟ้าในนิกเกิล (Ni) การเติมน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าของนิกเกิลคลอไรด์และวัตถุของเหลวที่ถูกแยกด้วยไฟฟ้า ความต้านทานภายในของเซลล์จะเพิ่มขึ้นในสถานะที่ไม่มีไฟหรือดิสชาร์จ ในแบตเตอรี่จะมีพลังงาน 130 Wh/kg

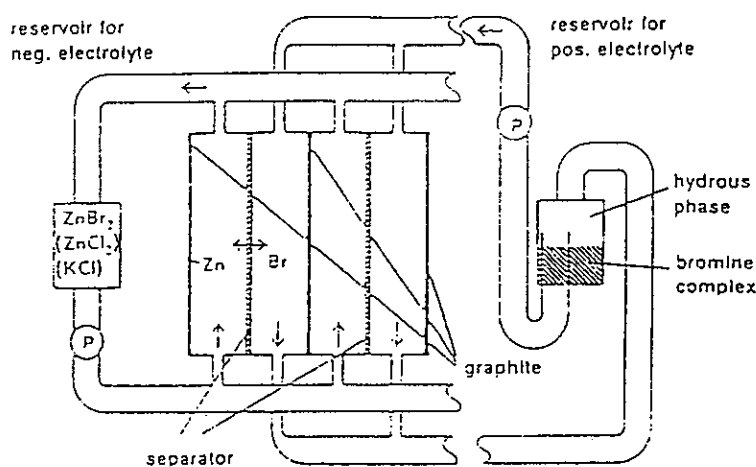


ภาพประกอบ 15 แสดงแบตเตอรี่แบบโซเดียม/นิกเกิลคลอไรด์

ลิเทียม

ลิเทียมเป็นวัสดุเบา ระบบแบตเตอรี่แบบลิเทียม กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา ซึ่งมีแนวคิดใหม่ คือการสลับขั้วไฟฟาลิเทียมที่เรารู้จัก คือ Li/MnO₂ จะประจุไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าที่เป็นคาร์บอน ซึ่งบรรจุลิเทียมไว้มีพลังงานสูง 250 Wh/kg ซึ่งมากกว่า 1000 รอบ แรงดันไฟฟ้าในเซลล์ 3 โวลต์ มีความต้านทานภายในต่ำและมีกระแสไฟฟ้าแรงสูง

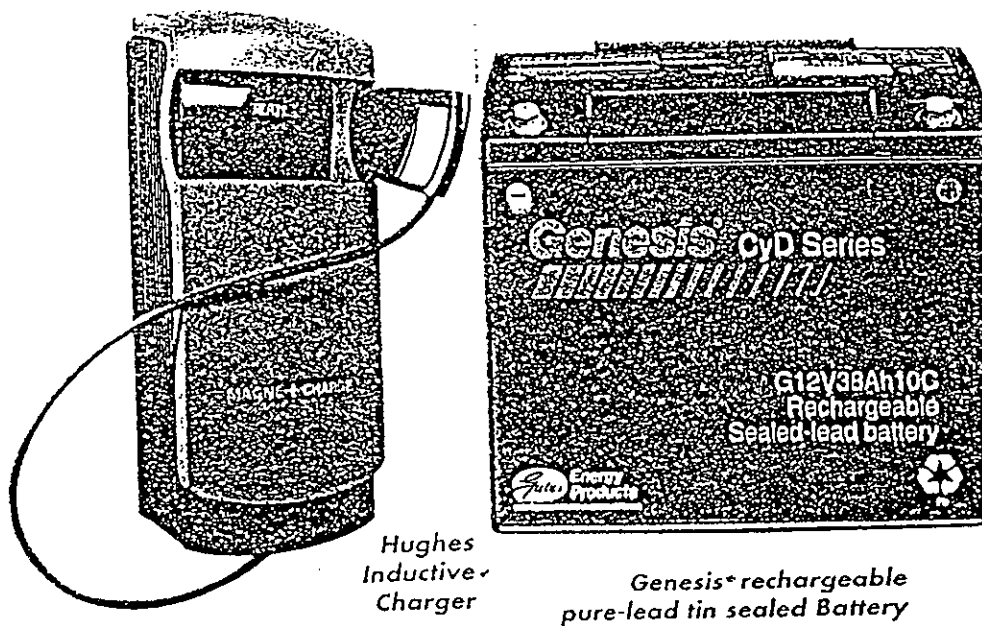
แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์ อดหมีสุงสุดจะอยู่ระหว่าง 20 - 40 องศาเซลเซียส เกิดจากการควบคุมปฏิกิริยาการจัดการกับความร้อน สถานการณ์ในการประจุไฟฟ้า เป็นต้น การประจุไฟฟ้าในเซลล์จะมีแรงดันในวงจรไฟฟ้าประมาณ 1.79 โวลต์และหยุดการประจุไฟฟ้าได้ 8 % 10 % ในขณะที่ไม่มีไฟฟ้า นอกจากนั้นแรงต้านทานภายในมีความสัมพันธ์กันสูงขึ้นอยู่กับการประจุไฟฟ้า



รูปที่ 15 ภาพประกอบ 15 แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์

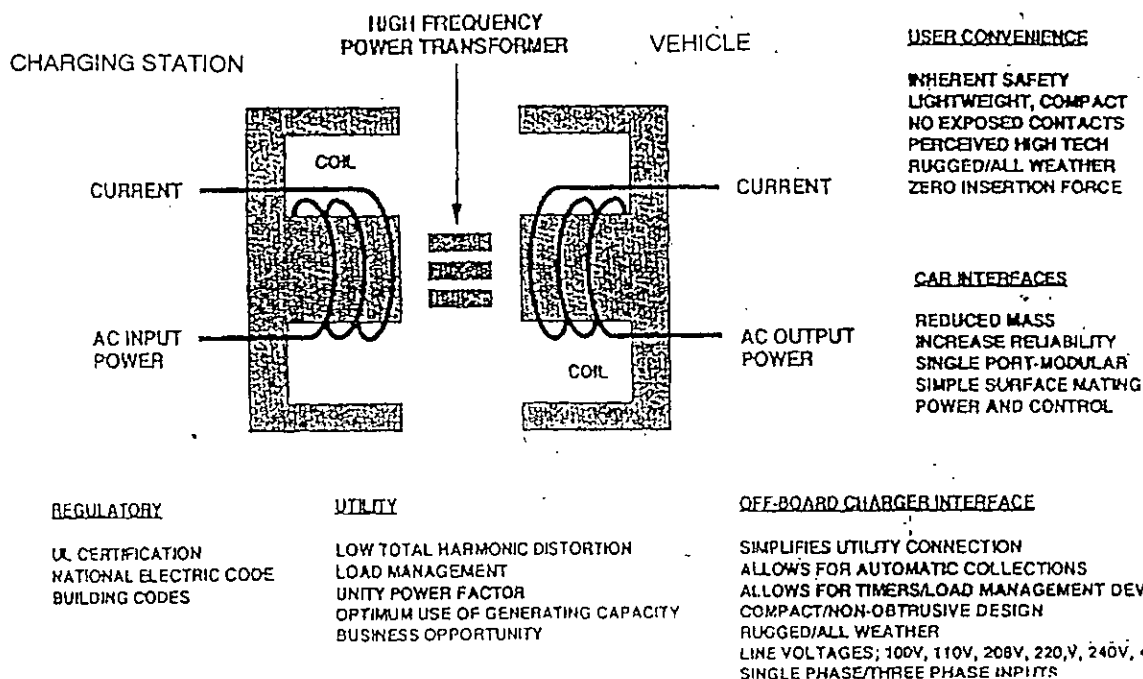
สรุป แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์ (Zinc-Bromine Battery: Zn-Br Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ และมีราคาถูกโดยออกแบบให้ขั้วประจุทั้ง 2 ขั้วเป็นแผ่นคาร์บอนจมอยู่ในสารละลายของ Zinc Bromide (ZnBr_2) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารนำประจุ (Electrolyte) ขั้วทั้ง 2 ถูกกั้นอยู่ด้วยเยื่อที่มีรูพรุน (Microporous Membrane) เมื่อมีการ charge จะทำให้ ZnBr_2 แตกตัว โดย Zn^{+2} จะไปเกาะอยู่ที่ขั้วประจุลบในรูปของธาตุ Zn ส่วน Br จะเคลื่อนที่ผ่านเยื่อที่มีรูพรุนไปยังทางด้านของขั้วประจุบวกและเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่ซับซ้อน (Compound Complex) ของ Br_2 เมื่อมีการ Discharge ธาตุ Zn ที่ขั้วประจุลบจะแตกตัวและกลับมาทำปฏิกิริยากับ Br กลับกลายเป็น ZnBr_2 อีกครั้ง

Hughes Power Control System ได้พัฒนาตัวเติมประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ โดยใช้ระบบ inductive coupling เพื่อถ่ายเทพลังงานไปยังรถยนต์ไฟฟ้า จากอุปกรณ์ offboard นอกจากนี้ วิธีการเติมประจุไฟแบบนี้ สามารถเติมประจุไฟได้โดยตรง ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมาก

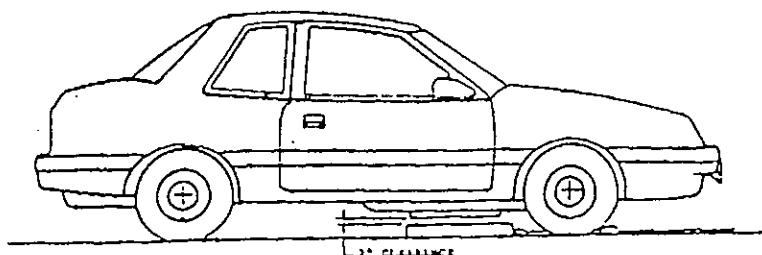


ภาพประกอบ 17 ตัวเติมประจุแบบ Hughes Inductive

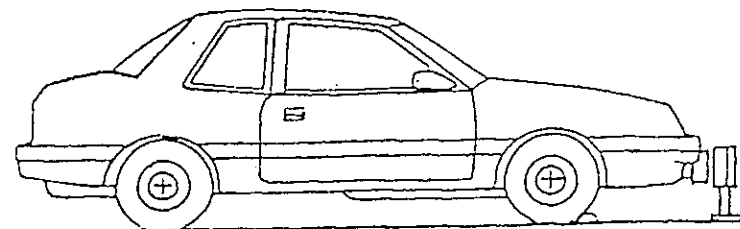
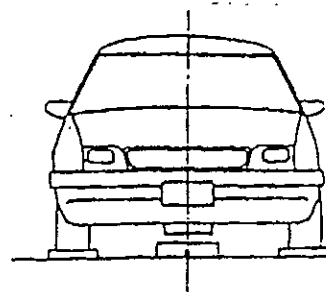
ระบบ Inductive coupler สามารถถ่ายเทพลังงาน มากกว่าช่วงกว้าง (จาก 0-250 kW) ช่องประตูแบบ single port ของรถยนต์ไฟฟ้าสามารถทำให้เหมาะสม โดยใช้ไฟจาก house-hold vehicle (บ้าน) ในการเติมประจุไฟด้วยความเร็วสูง มีความปลอดภัย เป็นอุปกรณ์ที่ปลอดภัยกับผู้ให้ ความก้าวหน้าดังกล่าวของ coupling system พัฒนาขึ้นโดย Hughes Power Control System สำหรับใช้สิ่งแวดล้อมใต้ทะเล ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งาน โรงงาน ผลิตรถยนต์ และหน่วยงานช่วยเหลือ



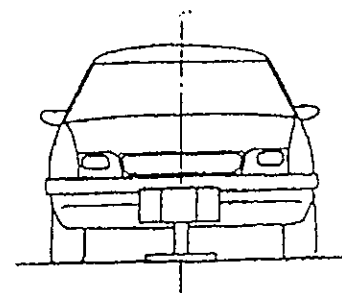
วิธีการ Inductive coupling (USABC)



FLOOR MOUNTED CHARGING STATION



STAND MOUNTED CHARGING STATION



วิธีการ Inductive coupling (Inductran)

ภาพประกอบ 18 วิธีการ Inductive coupling

ตาราง 14 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีของแบตเตอรี่

แบตเตอรี่	Pb-acid	Ni-Fe	Ni-Cd	Ni-MH	Zn-Br	Na-S	Li-FeS ₂	Li-Poly
Relative energy								
density	1.0	1.5	1.6	1.7	2.2	2.5	4	4
Relative peak								
power density	1.0	1.2	1.9	2.1	0.6	1.1	4	3.5
Relative range	1.0	2.0	2.1	2.3	2.1	3.4	4	4
Energy								
efficiency, %	68	58	80	76	75	91	80	85

การพัฒนาแบตเตอรี่ในอนาคต

สมาคมพัฒนาแบตเตอรี่ในสหรัฐอเมริกามีโครงการเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ใหม่ขึ้นมาใช้โดยมีเป้าหมายแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือระยะกลางและระยะยาว ดังได้แสดงไว้ในตาราง 18 บัญชีรายการที่เป็นเป้าหมายที่ตั้งขึ้น โดยสมาคมพัฒนาแบตเตอรี่ในสหรัฐอเมริกา

ตาราง 15 แสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยะต่าง ๆ

Criteria	Midterm	Longterm
Primary criteria		
Power density, W/L	250	600
Specific power, W/kg (80% DOD/30s)	150* (*200 desired)	400

ตาราง 15 (ต่อ)

Criteria	Midterm	Longterm
Primary criteria		
Power density, W/L	250	600
Specific power, W/kg (80% DOD/30s)	150* (*200 desired)	400
Energy density, Wh/kg		
(C/3 discharge rate)	135	300
Specific energy, Wh/kg		
(C/3 discharge rate)	80* (*100 desired)	66
Cycle life, cycle	600(5 years)	1000(10 years)
Ultimate price, US \$/kWh	<150	<100
Operating environment, C	-30 to +65	-40 to +85
Recharge time, h	<6	3 to 6
Continuous discharge, % of rated		
energy capacity (no failure)	75	75
Secondary criteria		
Efficiency, % (C/3 discharge, 6h charge)	75	80
Self-discharge	<15% in 48 h	<15% per month
Maintenance	Zero	Zero

ลักษณะของแบตเตอรี่แบบเติมประจุไฟฟ้าได้

ตาราง 19 แสดงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ต้องการ เพื่อใช้ในการพิจารณาลักษณะของแบตเตอรี่แบบเติมประจุไฟฟ้าได้ เครื่องหมายบวก หมายถึง มีองค์ประกอบที่ดีสำหรับ

เทคโนโลยีแบตเตอรี่แบบนี้ ส่วนเครื่องหมายลบ หมายถึงองค์ประกอบของแบตเตอรี่แบบนี้ คักยภาพยังคงมีปัญหา เช่น แบตเตอรี่แบบสังกะสี-อากาศ มีพลังงานอย่างดีเลิศต่อหนึ่ง หน่วยมวล แต่มีความจุมากและต้องการเครื่องกรอง เพื่อขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจาก อากาศ แบตเตอรี่แบบโบรไมด์ต้องการการแยกถังของเหลว ซึ่งจำเป็นต้องหมุนเวียน เมื่อ ต้องใช้แบตเตอรี่

ในที่สุดแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ลิเทียมโพลิเมอร์หรือแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ จะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า ซึ่งเราต้องผลิตให้สำเร็จ ซึ่งในขณะนี้ มีเพียงแบตเตอรี่แบบ ตะกั่ว-กรด เท่านั้น ที่เราทำได้สำเร็จ เราคาดหวังเทคโนโลยีจะสร้างความก้าวหน้า และพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ได้ดีกว่าเดิม เมื่อแบตเตอรี่ดังกล่าวพัฒนาขึ้น เราก็จะมี ทางเลือกที่ดีกว่าเดิม แต่โปรแกรมการผลิตแบตเตอรี่อันดับแรกที่สุด มีเพียงแบตเตอรี่แบบ ตะกั่ว-กรดที่ผลิตขึ้นมาซึ่งมีพลังงานมาก อายุการใช้งานยืนยาว ง่ายในการผลิต ราคาถูกกว่า แบตเตอรี่แบบอื่น และมีความเร็วต่อการประจุไฟฟ้า

การวัดคุณค่าของแบตเตอรี่

ในการเลือกใช้เทคโนโลยีมีหลายเหตุผล ที่เราจะต้องพิจารณา ซึ่งตาราง 20 แสดง ให้เห็นดังต่อไปนี้ มีองค์ประกอบที่สำคัญของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก กำลังงานต่อหนึ่ง หน่วยน้ำหนัก พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร กำลังงานหนึ่งหน่วยปริมาตร อายุการใช้งาน และราคา ในปัจจุบัน ยังไม่มีแบตเตอรี่ที่ดีที่สุด มีแต่แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดเท่านั้น ที่เป็นที่ยอมรับและเป็นผู้นำอยู่ในขณะนี้ แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ และแบตเตอรี่ แบบนิเกิลแคดเมียม กำลังได้รับการพัฒนาและคาดหวังว่าจะสามารถใช้ได้ไม่ช้า แบตเตอรี่ แบบตะกั่ว-กรด ต้องการพลังงานต่อหน่วยมาก ส่วนแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์มีราคาแพง และสิ่งที่น่าสงสัย ก็คือความน่าเชื่อถือ สำหรับแบตเตอรี่แบบแคดเมียมนั้น มีพิษเป็นอย่างมาก

และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ในเชิงอุตสาหกรรมได้ เราต้องตัดสินใจว่า ควรที่จะ
ปรับปรุงแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด เพื่อลดขนาดน้ำหนักและปริมาตรลง เพิ่มอายุการใช้งาน
ให้สูงขึ้นและหลีกเลี่ยงการใช้น้ำและแก๊ส ซึ่งเป็นความสำเร็จของการเลือกใช้แบตเตอรี่
แบบตะกั่ว-กรด ในขณะที่แบตเตอรี่แบบอื่น ๆ กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนาต้องใช้ระยะ
เวลาและเทคโนโลยีที่สูงมากยิ่งขึ้น

ตาราง 16 แสดงการวัดคุณค่าของแบตเตอรี่

Chemistry	Recycle	Recharge Time	Service	Simple	General Comments
Impact Lead Acid	+	+	+	+	Sealed, Gas Recombinant, Flat F Add Water, Robust, Fleet Experi
Chloride Lead Acid	+	-	-	-	
Nickel Cadmium	-	+	+	+	Cadmium Cost & Availability Add Water, Control Hydrogen G GM Tested Early 1980's
Nickel Iron	+	+	-	-	
Nickel Zinc	+	+	+	+	
Sodium Sulfur	-	-	+	-	350° C Operating Temperature 350° C Operating Temperature
Sodium Metal Chloride	-	-	+	-	
Lithium Iron Disulfide	-	-	+	-	400° C Operating Temperature Thin Film Polymers, Ambient Te
Lithium Polymer	-	+	+	+	
Zinc Air	+	-	-	-	Electric Recharge, Scrub Air Add Water, Control Hydrogen G Aluminum Fuel Infrastructure
Iron Air	+	-	-	-	
Aluminum Air	+	+	-	-	
Zinc Bromine	+	-	-	-	Bromine Pumping & Spill Concr

แบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าได้

แบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าได้ มีอยู่หลายประเภท ซึ่งได้ผลิตขึ้นมาใช้เป็นเวลานาน ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก ไม่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ แม้ว่าจะใช้กันอย่างกว้างขวาง ในตอนต้นของศตวรรษที่ 20 ก็ตามและกำลังอยู่ในระหว่างการศึกษา เพื่อการนำมาใช้แบตเตอรี่แบบนิเกิล-แคดเมียม ยังคงเป็นแบตเตอรี่ที่มีความสำคัญ ซึ่งมีการใช้กันมาก เพราะว่าเซลล์ของแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม ได้ผลิตออกมาใช้เป็นเวลานาน หลักสำคัญในการออกแบบ และไฟฟ้าเคมีเบื้องต้นเป็นที่เข้าใจกันเป็นอย่างดี แบตเตอรี่โดยปกติสถานะของการประจุไฟฟ้า และความเร็วของปฏิกิริยา คือองค์ประกอบที่สำคัญของ $Ni(OH)_2$ (ขั้วไฟฟ้าที่เป็นนิเกิล) และแคดเมียมไฮดรอกไซด์ (ขั้วไฟฟ้าที่แคดเมียม) ระบบดังกล่าวนี้ ใช้การขัดกรักันเร็วเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าแรงสูง ดังเช่น เครื่องมือเกี่ยวกับพลังงาน และมีอายุการใช้งานสูง ดังเช่น คอมพิวเตอร์จ่ายพลังงาน

ตาราง 17 แสดงแบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าใหม่ได้

Chemistry	Specific Energy 2 Hour Rate wh/kg	Specific Power	Energy Density 2 Hour Rate wh/l	Power Density	Cycle Life	Cost \$/kwh
		50% SOC 3/4 OCV w/kg		50% SOC 3/4 OCV w/l		
Impact Lead Acid	35	280	80	650	>500	<150
Chloride Lead Acid	30	80	60	160	>500	<150
Nickel Cadmium	35	330	80	745	>1000	>500
Nickel Iron	45	90	75	150	>1000	150-50
Nickel Zinc	60	500	100	300	<500	150-50
Sodium Sulfur	100	110	130	140	<500	<150
Sodium Metal Chloride	80	100	105	130	<500	<150
Lithium Iron Disulfide	165	200	225	255	<500	150-50
Lithium Polymer	100	200	75	160	<500	<150-50
Zinc Air	100	40	85	35	<500	<150
Iron Air	80	70	120	75	>1000	<150
Aluminum Air	250	30	340	40	N/A	<150
Zinc Bromine	72	53	83	67	<500	<150

ตาราง 18 แสดงประเภทของแบตเตอรี่แบบใหม่

Battery	S T A T E O F D E V E L O P M E N T						Features	Future Themes
	Energy Density (Wh/Kg)		Output Density (W/Kg)		Life (Cycle)			
	Current	Future	Current	Future	Current	Future		
Sealed Type Lead Acid	35	45	150	200	400	1,000	High output density High reliability Low cost	Longer life Lower cost Enhanced energy density
Ni - Cd	50	60	160	200	500	1,000	High energy density High output density High reliability	Lower cost Larger size
Ni - Fe	50	60	160	200	800	1,000	High energy density Low negative pole active materials costs	Lower costs Sealing Enhanced charging efficiency and self discharging performance
Ni - Zn	70	85	160	220	200	500	High energy density High output density Low negative pole active materials costs	Lower costs Enhanced negative pole life
Zn - Br	70	90	90	120	700	1,000	High output density Circulation of electrolytic solution corrosion	Lower cost
Room Temp Li (MnO ₂ /Li)	60	120	100	120	100	500	High energy density High voltage Safety measure Enhanced life cycle	Lower cost Larger size
Na - S	100	120	130	150	350	1,000	High energy density Low active materials costs	Lower cost Enhanced alumina Safety measures

การประจุไฟฟ้าช้าและการประจุไฟฟ้าเร็ว

การเพิ่มขึ้นของยานยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ทำให้มีความจำเป็นต้องเพิ่มสถานีแก๊สและระบบจ่ายแก๊ส และผลิตภัณฑ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพสูง ได้รับการพัฒนาให้มีความสะดวกสลายตัวรถยนต์ไฟฟ้า จะเติมประจุไฟฟ้าที่บ้านเจ้าของรถยนต์ได้ตลอดเวลา หรือสามารถเติมประจุไฟฟ้า ที่สถานีเติมประจุไฟฟ้าที่เร็วมาก วิธีการประจุไฟฟ้าจะมีผลต่อระบบยานยนต์ไฟฟ้า

การประจุไฟฟ้าอย่างช้า

ในปัจจุบันแนวคิดที่ว่ายานยนต์ไฟฟ้า น่าจะมีการประจุไฟฟ้าที่บ้าน ในช่วงเวลาตอนกลางคืน ระหว่าง 5-10 ชั่วโมงโดยใช้ไฟ 220 โวลต์ 30 แอมแปร์ วิ่งเป็นทางออกที่สำคัญทางหนึ่ง นอกจากนั้นการใช้ที่จอดรถติดและเหรียญเติมประจุไฟฟ้าในสวนสาธารณะ และอู่รถยนต์ได้จาก 30-50 แอมแปร์ ซึ่งเป็นการเติมประจุไฟฟ้า ในขณะที่อยู่ในสวนสาธารณะ โดยทั่วไปในเวลากลางวันจะมีการเติมประจุไฟฟ้ามากที่สุด ทำให้เกิดความต้องการเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและปรับปรุงระบบการจ่ายไฟ โดยเฉพาะในช่วงกลางวัน การจราจรติดขัดซึ่งการใช้เวลาในตอนกลางวัน เป็นช่วงเวลาที่มีความสำคัญ การเตรียมความพร้อมของยานยนต์ไฟฟ้าไว้ตลอดเวลา จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ การเติมประจุไฟฟ้าในตอนกลางคืนอย่างช้า ๆ จะช่วยสนองความต้องการดังกล่าวได้

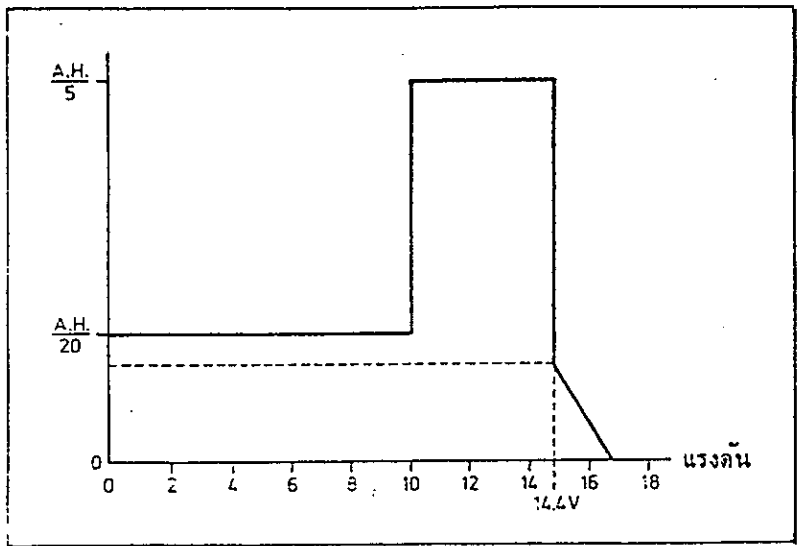
การประจุไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว

ในอนาคตสถานีประจุไฟ จะมีความเร็วและมีความสามารถสูง จะได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับผู้ใช้งานรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอาศัยเครื่องมือพิเศษ โดยเฉพาะการประจุไฟหลายร้อยแอมแปร์ในเวลาอันสั้น ดังนั้นเครื่องมือและอุปกรณ์ต้องมีพลังงานมาก และมีระบบการจ่ายไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ปกติจะเป็นสถานที่อยู่ในตัวเมือง มีเครื่องมือเก็บพลังงาน รวมถึงแบตเตอรี่ มอเตอร์และระบบแม่เหล็ก สารกึ่งตัวนำ สถานีประจุไฟที่เร็วช่วยให้ระยะทางเพิ่มมากขึ้นมา 110-160 กิโลเมตร ด้วยการเติมประจุ 10-30 นาที

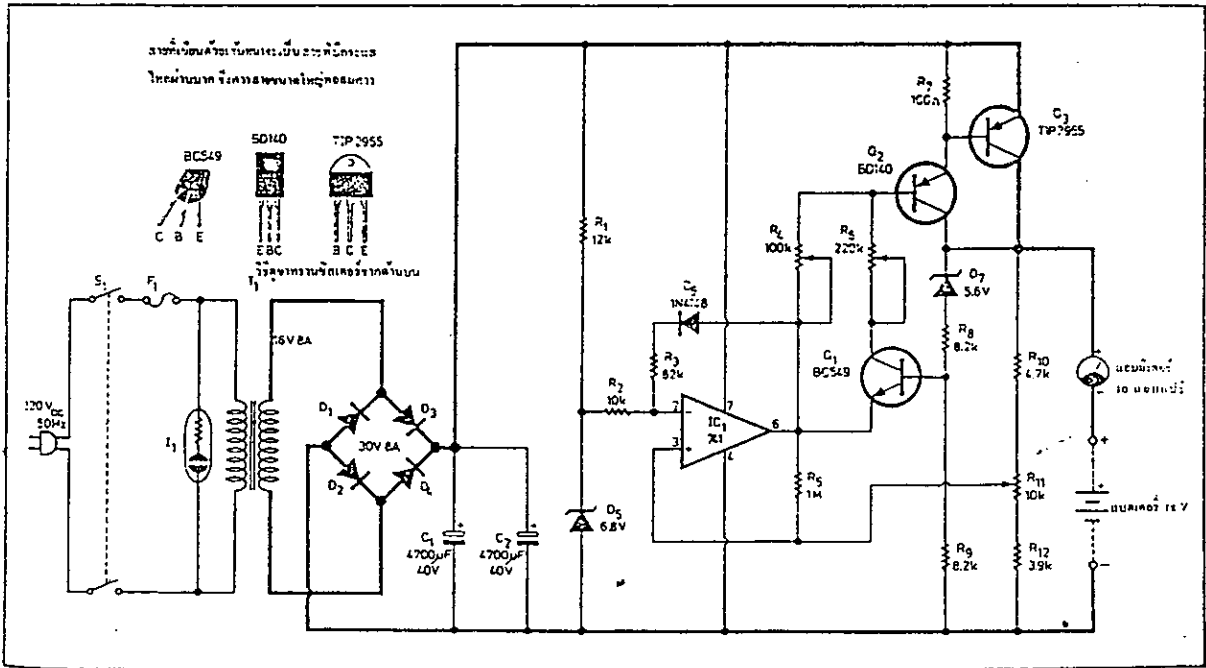
วงจรประจวบตเตอร์รถยนต์

เครื่องอัดประจวบตเตอร์โดยทั่วไปที่พอใช้การได้ จะมีหลักการใหญ่อยู่ 3 อย่าง คือ ใช้อัดด้วยแรงดันคงที่ กระแสคงที่ หรืออัดเป็นจังหวะ หรืออาจใช้หลายอย่างผสมกันก็ได้ วงจรที่เห็นในผ. ประกอบ 20 นั้น เป็นของบริษัทซีเมนต์ของประเทศเยอรมัน วงจรนี้ได้พลิกแหล่งหลักการไปมากทีเดียว ดังจะเห็นได้ในภาพประกอบ 19.

วงจรนี้เลือกแบบมาให้กับแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์เท่านั้น แบ่งช่วงการอัดประจุ ออกเป็น 3 ส่วน ในช่วงแรกเป็นช่วงที่แบตเตอรี่ถูกใช้จนหมดเกลี้ยง จะถูกกำหนดให้อัด ประจุด้วยกระแสค่อนข้างน้อย เพียงประมาณ 5 % ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมง (ค่าความจุ ในการใช้งานของแบตเตอรี่ว่ามากเพียงใด) เท่านั้น เพราะว่าการที่เครื่องอัดแบตเตอรี่ ยิ่งจ่ายกระแสมาก ในขณะที่แบตเตอรี่มีแรงดันน้อย กำลังที่สูญเสียไปในทรานซิสเตอร์ ในเครื่องอัดแบตเตอรี่จะยิ่งสูงมาก เป็นการเพิ่มขนาดทนกำลังของทรานซิสเตอร์ โดยไม่ จำเป็น แรงดันของแบตเตอรี่ในช่วงนี้ถูกกำหนดไว้ ตั้งแต่ 0-10 โวลท์ และในทันทีที่แรงดัน ของแบตเตอรี่เพิ่มถึง 10 โวลท์ การอัดประจุก็จะเข้าสู่ช่วงที่ 2 ทันที ซึ่งจะเพิ่มอัตราการ อัดขึ้นทันที ด้วยกระแสค่า 20 % ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมง ซึ่งค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับ เครื่องอัดแบตเตอรี่ทั่วไปที่ใช้ประมาณ 10 % เท่านั้น เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นไปอีก จนถึง 14.4 โวลท์ กระแสที่อัดอยู่จะตกลงไปทันที เนื่องจากถือได้ว่าแบตเตอรี่เต็มแล้ว แต่ก็ยังไม่เลิกอัดประจุเสียทีเดียว เพียงแต่อัดค่าน้อย ๆ เท่านั้น และจะค่อย ๆ ลดลง ๆ จนเป็นค่าศูนย์ เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่ขึ้นถึง 16.5 โวลท์ (ฮานาบุชิ ไกรฤทธกิจ. 2536 :



ภาพประกอบ 19 หลักการของเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่



ภาพประกอบ 20 วงจรเครื่องอัดประจุแบตเตอรี่

การทำงานของวงจร

ดูจากวงจรในภาพประกอบ 13 หลังจากไฟสลัป 220 โวลต์ ผ่านหม้อแปลง เพื่อลดความดันลงเหลือ 16 โวลต์ แล้วแปลงเป็นไฟตรงด้วยไดโอดเรกติไฟเออร์ มากรองแรงดันให้เรียบร้อยด้วย C_1 และ C_2 แล้วจะได้แรงดันไฟตรงประมาณ 18-20 โวลต์ ซึ่งไม่เต็มตามที่ตามทฤษฎีทีเดียว เพราะแรงดันบางส่วนไปตกอยู่กับไดโอดเรกติไฟเออร์

การพิจารณาวงจรเตรียมจาก C_1 ซึ่งเป็นออพแอมป์เบอร์ 741 จะเห็นว่าที่ขา 2 ได้รับแรงดัน 6.8 โวลต์ จากการแบ่งแรงดันของ R_1 และ D_1 ซึ่งเป็นซีเนอร์ไดโอด 6.8 โวลต์ แล้วส่งสัญญาณแรงดันผ่าน R_2 เข้ามา

พิจารณาอีกด้านหนึ่งของวงจร ที่จุดต่อกับแบริเตอร์ ถ้าแบริเตอร์มีแรงดันอยู่ในช่วง 0-10 โวลต์ แรงดันที่แบ่งมาได้จากขากลางของ R_3 และ ส่งผ่านไปให้ขา 3 ของ IC_1 จะไม่มีโอกาสขึ้นถึง 6.8 โวลต์ ซึ่งจะน้อยกว่าแรงดันที่ขา 2 เสมอ ทำให้เอาท์พุทของ IC_1 ที่ขา 6 เป็น 0 โวลต์ตลอดเวลาที่แรงดันของแบริเตอร์ไม่เกิน 10 โวลต์ ในที่นี้ช่วง D_2 ไม่มีความหมายย้อนกลับไม่ได้ เพราะถูกไบอัสกลับ

ผลของแรงดันของแบริเตอร์เช่นเดียวกัน ทำให้มีกระแสไฟไหลผ่าน D_1 น้อย ไม่พอข้อให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 ทำงาน ทำให้ Q_1 อยู่ในสถานะปิด จึงไม่มีความหมายต่อวงจร R_5 ก็เลยไม่มีความหมายไปด้วย เมื่อเอาท์พุท IC_1 เป็น 0 โวลต์ จะมีกระแสไหลจากไฟบวกผ่าน R_6 , Q_2 และ R_4 มาลงที่เอาท์พุทของ IC_1 กระแสนี้เป็นกระแสเบสของ Q_2 และ Q_3 ซึ่งควบคุมจำนวนกระแสที่ไหลผ่านจากขาคอเลคเตอร์ ไปขาคอลเลคเตอร์ของ Q_3 ไปอัดแบริเตอร์นี้ ถูกควบคุมได้โดยการปรับความต้านทานของ R_4 กระแสนี้ คือกระแสช่วงแรกในการอัดแบริเตอร์ที่กล่าวมาแล้วว่า ประมาณ 5 % ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมง

เมื่อแรงดันของแบริเตอร์ขึ้นถึง 10 โวลต์ แรงดันที่จ่ายแก่ขาเบส Q_1 จะเพียงพอให้ Q_1 อยู่ในสถานะเปิด กระแสเบสของ Q_2 สามารถไหลผ่าน R_5 และ Q_1 ได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งก็ทำให้กระแสที่ไปอัดแบริเตอร์เพิ่มขึ้นด้วย โดยเราจะปรับให้ได้ค่าเป็น 20 ของค่าแอมแปร์-ชั่วโมง ด้วย R_5

ตัว R_{11} มีไว้สำหรับปรับให้กระแสที่อัดแบริเตอร์ตกลงทันที เมื่อแรงดันของแบริเตอร์ขึ้นถึง 14.4 โวลต์ โดยปรับให้แรงดันที่ขา 3 ของ IC_1 เท่ากับแรงดันที่ขา 2

เอาท์พุทของ IC_1 ก็จะยกแรงดัน 0 โวลต์ ขึ้นไปที่นั่นที่ ไปหยุดที่แรงดันประมาณ 8 โวลต์ เนื่องจากการป้อนกลับทางลบผ่าน D_2 และการป้อนกลับทางบวกผ่าน R_2

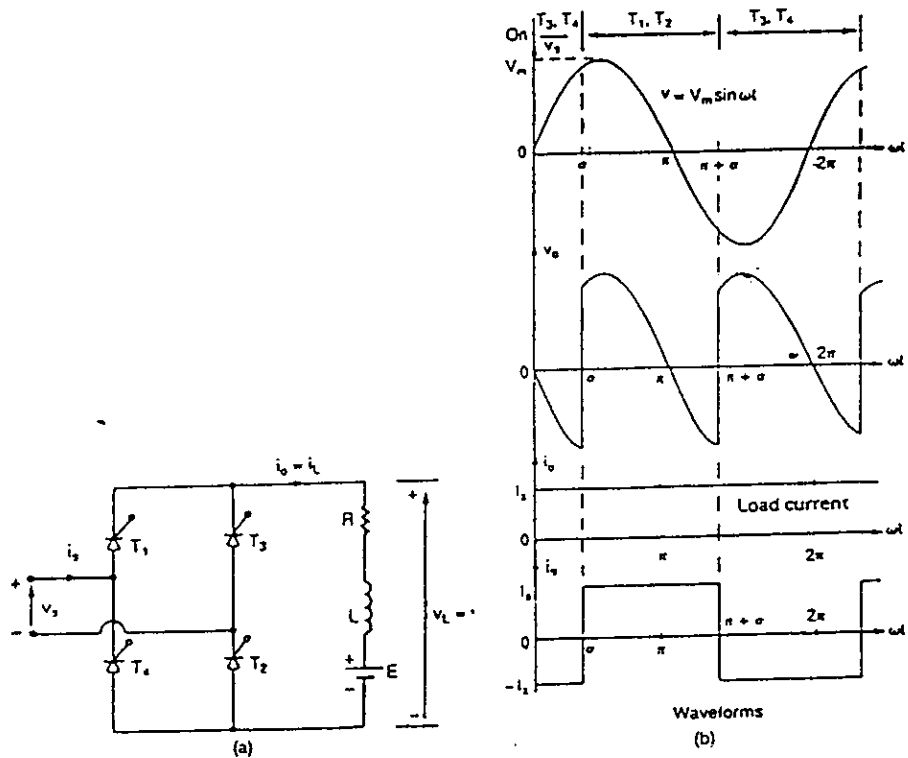
เมื่อเอาท์พุทของ IC_1 ยกขึ้นจาก 0 โวลต์ จะทำให้ Q_1 เปลี่ยนสถานะเป็นปิด กระแสอัดแบตเตอรี่ที่มีผลมาจากกระแสที่ผ่าน R_2 ก็จะหายไป เหลือแต่ส่วนที่เป็นผลมาจาก กระแสที่ไหลผ่าน R_1 ซึ่งจะลดลงไปกว่าเดิม เพราะขา 6 ของ IC_1 มีแรงดันสูงกว่าเดิม ในขณะที่แรงดันที่ขา 3 ของ IC_1 เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากแรงดันแบตเตอรี่ที่เพิ่มขึ้น แรงดันที่ ขา 5 ก็จะยกสูงขึ้นเรื่อย ๆ เป็นผลให้ไปถึงกระแสที่อัดแบตเตอรี่ลดลงเรื่อย ๆ จนไม่มี กระแสเลย เมื่อแรงดันแบตเตอรี่ขึ้นถึง 16.5 โวลต์

เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่รถยนต์

เครื่องอัดไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าประกอบด้วยเครื่องแปลงไฟฟ้า หรือเรกติไฟเออร์ แปลงไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ไปเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นระดับไฟฟ้าที่ต้องการ สำหรับประจุไฟฟ้า เครื่องแปลงไฟฟ้าจะติดตั้งอยู่บนรถยนต์ที่มีการประจุไฟ ควบคุมด้วย คอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย ซึ่งมีการพิจารณาก่อนที่จะมีการเติมประจุไฟ ลงในแบตเตอรี่ แรงดัน ไฟฟ้าจะนับเป็นกิโลโวลต์ คอมพิวเตอร์จะรับการเติมประจุให้เหมาะสม ตามแรงดันไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ ในการเติมประจุไฟอย่างรวดเร็วลงในแบตเตอรี่และเกิดความมั่นใจ

เทคนิคที่ง่ายมากที่สุด คือการใช้เฟสควบคุมเครื่องแปลงไฟฟ้า ซึ่งควบคุมอัตรา การประจุไฟ โดยเกิดเครื่องมืออุปกรณ์ให้เข้า ดังภาพประกอบ 21 แสดงการเชื่อมโยงของ ไดโอดแกรมและประเภทของแรงดันไฟฟ้า และรูปคลื่นของกระแสไฟฟ้าแบบหนึ่งเฟส การควบคุม เครื่องแปลงไฟแบตเตอรี่แบบไตรสเตอร์ ความแปรผันของการหน่วงเหนี่ยว ค่าเฉลี่ยของแรงดัน ไฟฟ้าแบบกระแสตรงและการประจุไฟในปัจจุบัน

ในเครื่องยนต์บางครั้ง วงจรประจุไฟแบตเตอรี่จะทำงานใน 2 ลักษณะ และใช้ ควบคุมกระแสไฟฟ้าในมอเตอร์ขณะขับเคลื่อน เช่น รถบรรทุกเล็ก พอร์ตออคอสต้าใช้แนวคิด เกี่ยวกับการเชื่อมโยงเครื่องอัดไฟและควบคุมการขับเคลื่อน ที่สามารถสร้างขึ้นด้วยทรานซิสเตอร์ ที่มีกำลังสูงมอสเฟตหรืออิกเฟต สามารถใช้กับตัวเปลี่ยนกระแสไฟฟ้า หรืออินเตอร์เวอร์เตอร์ ที่จะขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยกระแสตรง นั่นคือเปลี่ยนจากโหมดประจุไฟฟ้าเป็นโหมดการขับเคลื่อน



ภาพประกอบ 21 แสดงทริสเตอร์ที่ควบคุมด้วยพัลส์ (a) การเชื่อมโยงของโคแธแกรม (b) กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าตามแบบรูปคลื่น

ความสัมพันธ์ระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีเติมประจุไฟ ในปัจจุบันอยู่ภายใต้การพัฒนา มี 2 ระบบที่แตกต่างกัน คือ

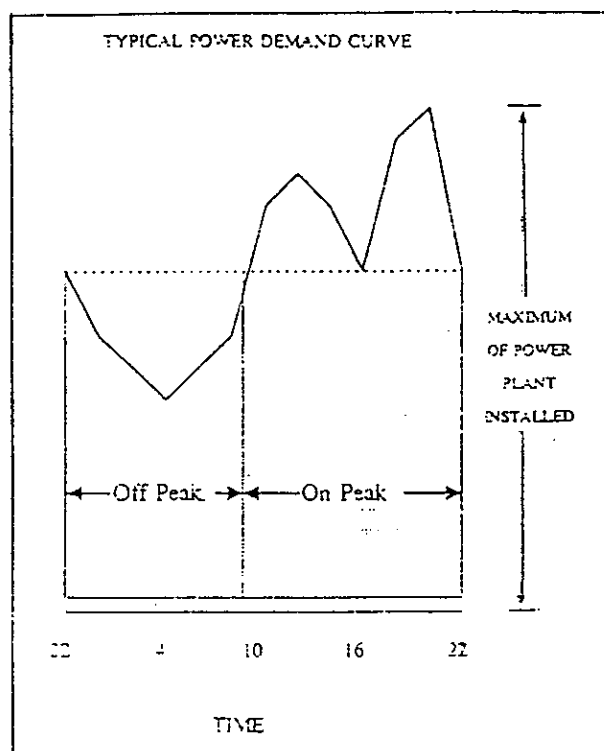
ระบบแรก ใช้หลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบกระแสตรง ซึ่งเชื่อมติดต่อกับเครื่องอัดไฟรถยนต์ เป็นแท่นย่นำไฟฟ้าไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าที่ติดกับขดลวด ที่ใช้กับคอยล์ที่อยู่ใต้เตี้ยทั้ง 2 ตัว คอยล์ที่ใช้เป็นเครื่องต่อกับแกนเหล็กในระบบนี้ มีประโยชน์ คือ

รถยนต์จะไม่เชื่อมโยงกับเครือข่ายของกระแสไฟ ลอดอันตรายจากการสัมผัสบางส่วน หรือ อุบัติเหตุที่เกิดจากไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดของสายดิน เป็นการแยกรถยนต์ออกจาก เครื่องจ่ายไฟแรงดันสูงกว่า 480 โวลต์ ในระบบ 3 เฟส นั่นคือ ยอมให้โหลตมากกว่า และแนะนำให้ใช้อินดักทีฟคอบเบิ้ลลิ่ง สำหรับสถานีที่ประจุไฟอย่างรวดเร็ว

ระบบที่สอง เชื่อมโยงกับสถานีประจุไฟให้แก่รถยนต์ โดยผ่านปลั๊กจากภายนอก ปลั๊กมีลักษณะแตกต่างกันหลายอย่างอยู่ระหว่างการพัฒนา ปลั๊กที่ต้องการมากที่สุด คือปลั๊กที่ กันน้ำได้และป้องกันการสัมผัส ต้องทนทานต่อการใช้และความต้านทานการทำลายจากพลังงาน หลังจากการเชื่อมต่อกับเครื่องอัดไฟเข้ากับรถยนต์ สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจาก พลังงาน

การเก็บพลังงานในแบตเตอรี่

การเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ เป็นการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หรือเกิน ความต้องการใช้ไว้ในแบตเตอรี่ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีในการเปลี่ยนรูป และสามารถ นำพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้กลับมาใช้ในเวลาที่ต้องการ ความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันไม่ เท่ากัน โดยปกติจะมีช่วงความต้องการใช้ไฟสูงสุด (on peak) และความต้องการใช้ไฟฟ้า ต่ำสุด (off peak) ตารางประกอบ 22 ในกรณีนี้ช่วงความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เกิดเป็น ช่วงเวลาสั้น ๆ และมีปริมาณสูงมาก ๆ จะทำให้การเติมประจุไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า ในตอนกลางวันที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด มีปัญหาการเก็บพลังงานไฟฟ้า ในช่วงเวลาที่มีการใช้ ไฟฟ้าต่ำสุด ไว้ในแบตเตอรี่ของยาน ยนต์ไฟฟ้า และสามารถใช้ได้ในเวลาที่ต้องการ



ภาพประกอบ 22 : กราฟแสดงความต้องการใช้ไฟฟ้าแต่ละช่วงเวลาของวัน

ระบบป้องกัน

จุดประสงค์

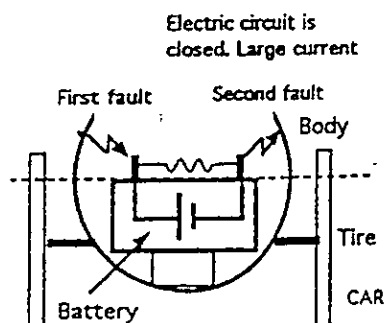
หลังจากผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้วจะต้องสามารถ

1. บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ารั่ว
2. บอกประเภทของการลัดภายใน
3. อธิบายการป้องกันแรงดัน
4. อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

ระบบการป้องกัน

แบตเตอรี่และวงจรอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องป้องกันความผิดพลาด และการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้า การลัดวงจรในระบบการปล่อยกระแสไฟฟ้า เข้าสู่แบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า ระหว่างที่เกิดความผิดพลาด พลังงานที่เก็บไว้ได้เปลี่ยนเป็นความร้อน ซึ่งสามารถที่จะละลายสายไฟฟ้า ในระบบไฟฟ้าของรถยนต์ ดังนั้นการลัดวงจรในระบบกระแสไฟฟ้าตรง อาจจะมีผลกระทบไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เกิดประกายไฟความร้อนที่เกิดขึ้นในทันที และประกายไฟไฟฟ้าเป็นอันตรายต่อชีวิตของคนขับรถยนต์และผู้โดยสาร ปัญหาอื่น ๆ ที่พบ คือ แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ อยู่ระหว่าง 100-200 โวลต์ สำหรับสถานการณ์ที่ไม่ปกติ เช่น อากาศชื้น ระดับแรงดันไฟฟ้าอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจร

จากปัญหาเหล่านี้ บริษัทที่สร้างรถยนต์ไฟฟ้า ต้องมีระบบป้องกันโลหะบางส่วนของตัวรถยนต์ เพื่อไม่ให้เกิดไฟฟ้ารั่วจากระบบไฟฟ้า และพยายามป้องกันมิให้ไฟฟ้ารั่วจากตัวรถยนต์ลงสู่พื้นดิน ดังนั้นระบบป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว ระหว่างระบบไฟฟ้าและตัวถังรถยนต์ เป็นการป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ไหลออกมาสัมผัสพื้นผิวของตัวถังรถยนต์ อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดอีกส่วนหนึ่ง คือการลัดวงจรของแบตเตอรี่ และเป็นอันตรายต่อระบบปฏิบัติการ ซึ่งเกิดจากการรั่วจากบางส่วนที่เกิดขึ้น โดยสื่อไฟฟ้าที่เป็นผลผลิตจากกรดตกลงมาใส่ เกิดการกระจายของไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ขึ้น สื่อไฟฟ้าเหล่านี้สามารถที่จะเชื่อมโยงจากที่หนึ่งของแบตเตอรี่ไปยังตัวรถยนต์ สายเคเบิลจะถูกล็อกด้วยตัวของรถยนต์สามารถที่จะตัดเครื่องป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้ารั่ว ซึ่งอาจจะเชื่อมสื่อไฟฟ้ากับตัวถังรถยนต์ ความผิดพลาดทั้ง 2 แบบนี้ จะเป็นการลัดวงจร ดังภาพประกอบ 23 แสดงแบบแผนการลัดวงจรของไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าบางส่วนที่ผิดพลาด



ภาพประกอบ 23 แสดงผลของการป้องกันกระแสไฟฟ้าที่ผิดพลาดในรถยนต์ไฟฟ้า

การตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้ารั่ว ในแบบที่ 1 เป็นสิ่งสำคัญมากที่สุด ซึ่งอาจจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วงจรไฟฟ้าป้องกันความผิดพลาดพื้นฐานที่ไว ซึ่งคล้ายกับที่ใช้ในห้องอาบน้ำและห้องครัว

การลัดวงจรซึ่งเป็นความผิดพลาดแบบที่ 2 จำเป็นต้องแก้ไขภายในเสี้ยววินาที เพื่อป้องกันการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ซึ่งอาจจะใช้อุปกรณ์ ที่เรียกว่า วงจรตัดไฟ อิเล็กทรอนิกส์ หรือฟิวส์ สามารถที่จะเตรียมการป้องกันได้อย่างเพียงพอ

การทำงานของรถยนต์ไฟฟ้าในสถานการณ์ที่ผิดปกติ เช่น มีโคลน หิมะ และเนินสูง อาจจะทำให้เกิดการใช้ไฟฟ้ามากในวงจรไฟฟ้า และการเกิดความร้อนมากเกินไปของ แบตเตอรี่ มอเตอร์ หรือสายไฟฟ้า ความร้อนที่มากเกินไปจะลดอายุของเครื่องป้องกัน กระแสไฟฟ้า การขับเคลื่อนแบบอิเล็กทรอนิกส์ ได้สร้างขึ้นเพื่อป้องกันการใช้ไฟฟ้าเกินกำลัง แต่มีการป้องกันสำรองอยู่ในเครื่องตัดไฟ หรือฟิวส์ จะป้องกันความเสียหายที่เกิดจากความผิดพลาด

การป้องกันด้วยวงจรไฟลาร์องที่ใช้มากที่สุดในระบบไฟฟ้า ประกอบด้วยกลไกที่คล้ายกับที่ใช้ในระบบส่งไฟฟ้าภายใน นอกจากนั้นเครื่องตัดไฟและฟิวส์ ไมโครโปรเซสเซอร์ พื้นฐานที่ควบคุมระบบ เป็นเครื่องมือที่ป้องกันวงจร ซึ่งเตรียมไว้ป้องกันในขั้นต้น โดยการปิดระบบซึ่งมีผลต่อความเสียหาย

สิ่งที่ต้องการในระบบไฟฟ้าอีกอย่างหนึ่ง คือการลัดภายใน เพื่อแสดงถึงความปลอดภัยที่มั่นใจได้ ซึ่งการลัดภายในเป็นโปรแกรมซอฟต์แวร์ ที่ใช้ควบคุมระบบระบบ หรือกลไกที่มั่นใจได้ ที่นิยมใช้มี 2 ประเภทคือ

1. ตัวเติมความร้อน/เครื่องปรับอากาศอินเทอร์ล็อก ระบบควบคุมอากาศไม่ให้สามารถทำงานได้ หรือเป็นสวิตช์ปิด-เปิด การอัดไฟ ในขณะที่ระบบไฟฟ้ากำลังเติมประจุไฟ
2. ตัวอัดประจุอินเทอร์ล็อก ใช้สำหรับป้องกันการสตาร์ท การชาร์จระบบเมื่ออัดไฟด้วยวิธีการเสียบปลั๊ก

หน่วยที่ 4
มอเตอร์และการควบคุม

มอเตอร์

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนจะต้องมีความสามารถ

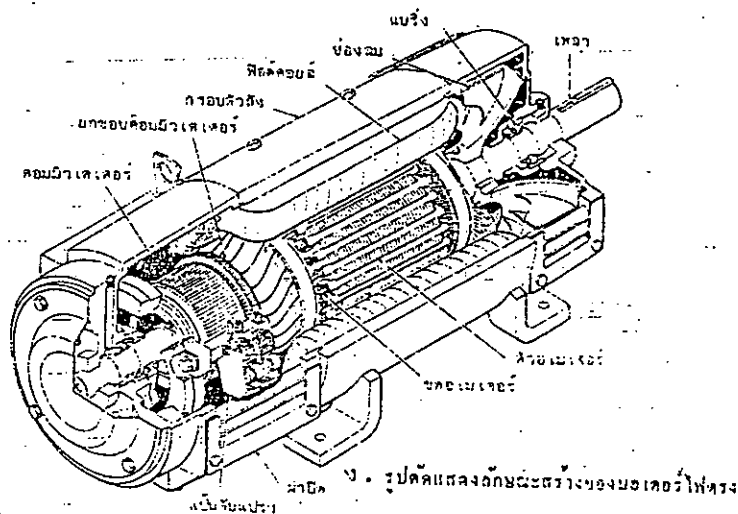
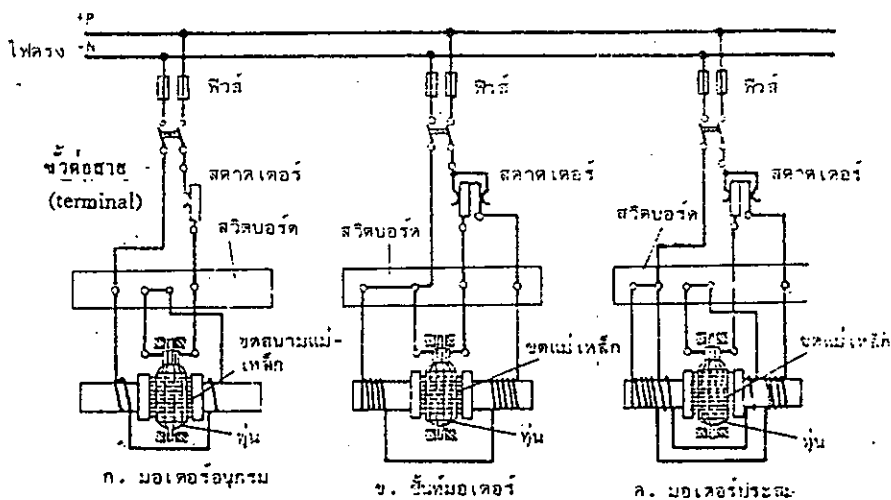
1. บอกประเภทของมอเตอร์
2. บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
3. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
4. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
5. อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
6. อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
7. อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับ
8. บอกหลักการเลือกใช้อุปกรณ์ที่เป็นสวิต
9. เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ

มอเตอร์และระบบควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าประกอบไปด้วย ขดลวดสนามแม่เหล็กและตัวหมุนคือ อาร์เมเจอร์ กระแสไฟฟ้าจะต้องไหลผ่านเข้าไปในมัน โดยไหลผ่านคอมมิวเตเตอร์เป็นสะพานไฟเสมอ มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้ (บุญศักดิ์ ใจจงกิจ . 2522 : 541)

1. แบบอนุกรม
2. แบบขนาน
3. แบบประสม



หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้า คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากและนิยสั้ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในอาคารบ้านเรือน สถานประกอบการ และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้เพราะว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสะดวกในการแปรรูปเป็นพลังงานรูปอื่น นอกจากนั้นยังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ

ถ้าจะแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าออกตามประเภทของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ก็สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

-มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

-มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพียงอย่างเดียว

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแบ่งออกตามความสำคัญและสัดส่วนของการใช้งานโดยทั่วไปออกเป็น 3 แบบ คือ

-มอเตอร์เหนี่ยวนำ

-มอเตอร์แบบซินโครนัส

-มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของมอเตอร์แบบนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำเข้าสู่โรเตอร์ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์ของมอเตอร์ ด้วยสาเหตุดังกล่าวมอเตอร์แบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของเครื่องต้นกำลังในอุตสาหกรรม ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำทั้งเหนี่ยวนำทั้งสิ้น ทั้งนี้เพราะว่ามีความแข็งแรงทนทาน มีประสิทธิภาพสูง ความหนาแน่นในการใช้งานสูง การบำรุงรักษาทำได้สะดวกและมีราคาถูก แบ่งออกตามชนิด

ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ได้ดังนี้

ก. มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสามเฟส แบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์ได้ 2 แบบคือ

- แบบโรเตอร์กรงกระรอก
- แบบโรเตอร์พันขลวด

ข. มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าหนึ่งเฟส มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ จะจ่ายให้แก่ขลวดที่สเตเตอร์ สำหรับโรเตอร์รับกำลังไฟฟ้าได้โดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส แบ่งออกได้ 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบแตกต่างกันที่วิธีการทำให้โรเตอร์เริ่มหมุน คือ

- แบบสปลิตเฟส หรือแบบแยกเฟส
- แบบคาปาซิเตอร์
- แบบเซดเคดโปล

มอเตอร์แบบซินโครนัล

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติเด่น คือมีความเร็วคงที่ความเร็วรอบของมอเตอร์แบบนี้จะหมุนด้วยความเร็วซินโครนัลตลอดเวลา ไม่ว่าโหลดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตาม จึงนิยมใช้ในงานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่ มอเตอร์แบบซินโครนัลแบ่งออกได้ 2 แบบคือ

- ก. มอเตอร์ซินโครนัลสามเฟส
 - ข. มอเตอร์ซินโครนัลหนึ่งเฟส
- มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์

โรเตอร์แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับอาเมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง คือมีขลวดหลายขดพันกันอยู่ในร่องของแกนอาเมเจอร์ปลายของขลวดดังกล่าวจะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

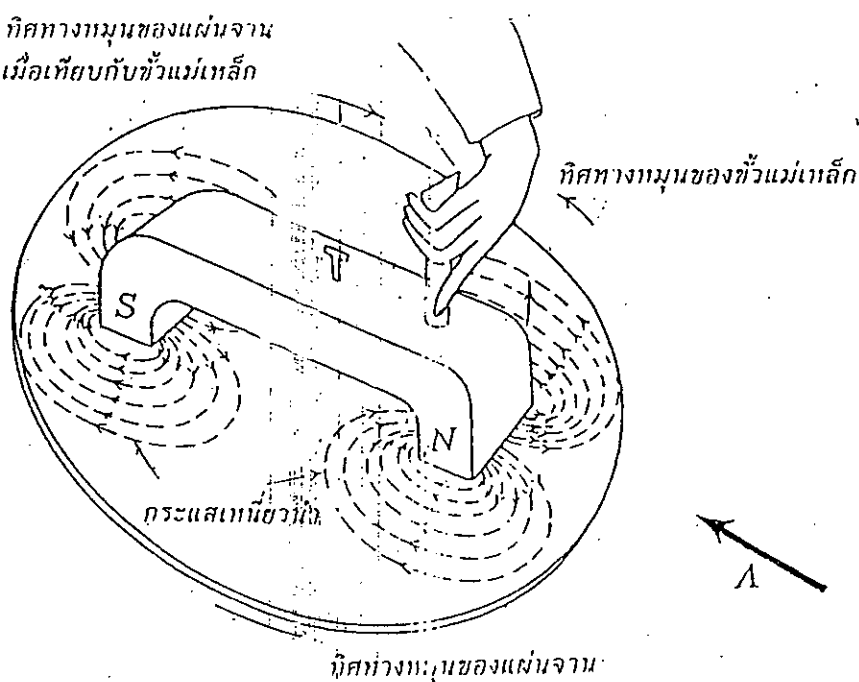
- ก. มอเตอร์แบบรีฟลักซ์
- ข. มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล

หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่แสดงไว้ในภาพประกอบ เป็นแผ่นจานโลหะ ซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระบนแกนที่ตั้งฉากกับแนวระนาบ แผ่นจานโลหะดังกล่าวทำด้วยวัสดุตัวนำ เช่นทองแดงหรืออลูมิเนียม ถ้านำแท่งแม่เหล็กรูปตัวยูคว้ามาวางไว้เหนือแผ่นจานโลหะและสามารถหมุนได้อย่างเป็นอิสระบนแกนเดียวกับจานโลหะ ต้องจัดวางให้ปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กอยู่ห่างจากแผ่นจานโลหะพอสมควร เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กสามารถตัดผ่านจานโลหะได้เต็มที่

ถ้าให้แผ่นจานโลหะอยู่กับที่แล้วจับแท่งแม่เหล็กหมุนทวนเข็มนาฬิกาในลักษณะดังกล่าวก็เหมือนกับให้แท่งแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วจับแผ่นจานโลหะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาซึ่งจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในแผ่นจานโลหะ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดย กฎมือขวาของเฟลมมิง จะได้ทิศทางการไหลของกระแสในแผ่นจานโลหะซึ่งอยู่ที่ขั้วแม่เหล็ก N ไหลออกเมื่อผู้สังเกตมองจากจุด A เข้าหาแผ่นจานโลหะ ดังภาพประกอบ

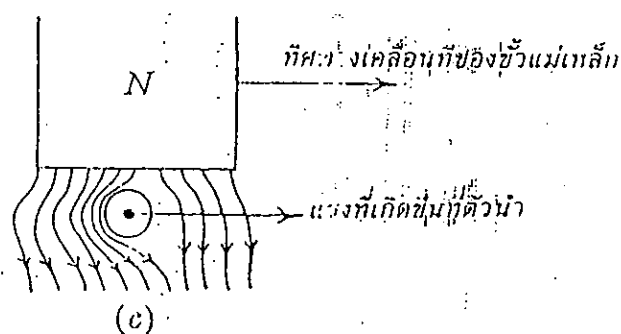
ทิศทางหมุนของแผ่นจาน
เมื่อเทียบกับขั้วแม่เหล็ก



แผ่นจานโลหะและแท่งแม่เหล็กรูปตัวยู ทั้งทั้งสองสามารถหมุนได้อย่างเป็นอิสระบนแกนเดียวกัน

ภาพประกอบ 25 แสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยกฎมือขวาของเฟลมมิง

ถ้าเปรียบเทียบแผ่นจานโลหะซึ่งมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลผ่าน เป็นเสมือนพื้นที่หน้าตัดของขดลวดตัวนำหนึ่งตัวซึ่งมีกระแสไหลออก ดังภาพประกอบ 26 ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำหาได้โดยใช้ กฎมือขวาของตัวนำ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กรวมรอบตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N จะมีแรงมากกระทำกับตัวนำทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับขั้วแม่เหล็กซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำดังกล่าวยังสามารถหาได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิง ได้อีกด้วย



ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N

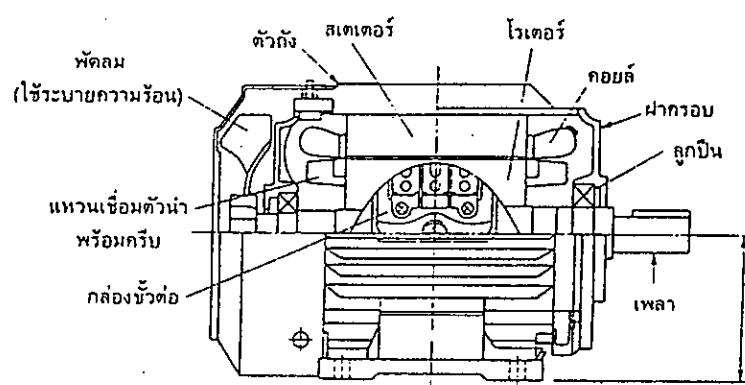
ภาพประกอบ 26 แสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กโดยกฎมือขวาของตัวนำ.

โครงสร้างมอเตอร์

มอเตอร์กระแสสลับที่กล่าวถึงในที่นี้เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างง่ายและแข็งแรง จึงเป็นที่นิยมแพร่หลาย และใช้ในทุกสถานแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นภายนอกอาคาร ในน้ำ หรือในบรรยากาศที่อาจเกิดระเบิดขึ้นได้

ในภาพประกอบแสดง โครงสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบหุ้มมิดชิด และมีฉนวนระบายความร้อนอยู่ภายนอก ส่วนสำคัญของมอเตอร์จะแบ่งเป็นส่วนที่เป็น สเตเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ตรึงอยู่กับที่ และส่วนที่เป็นโรเตอร์หรือส่วนที่หมุน แต่ละส่วนจะประกอบด้วยทั้งส่วนเครื่องกลและส่วนไฟฟ้า พัฒนาระบายอากาศที่ติดอยู่กับเพลาลงของมอเตอร์ จะมีหน้าที่ระบายความร้อนให้กับตัวมอเตอร์ในขณะหมุน

เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ ขับมอเตอร์ให้หมุนด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลานาน จะมีปัญหาเรื่องระบายความร้อนนี้ จึงทำให้มอเตอร์ร้อน เพื่อไม่ให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูงเกินพิกัดที่ได้กำหนดไว้ จะต้องลดขนาดแรงบิดให้ลดลง



ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1. อินดัคชั่นมอเตอร์แบบกรงกระรอก ลักษณะสมบัติการทำงานของมอเตอร์¹แสดงในภาพประกอบ 28 กราฟนี้จะแสดงค่าแรงบิดของมอเตอร์ที่แปรเปลี่ยนไปตามความเร็วของมอเตอร์ รายละเอียดต่าง ๆ ของกราฟมีดังนี้

1.1 แรงบิดสูงสุด เป็นค่าแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ ค่านี้เป็นค่าซึ่งใช้กำหนดขนาดของมอเตอร์ ค่าแรงบิดสูงสุดเมื่อคูณด้วยความเร็วของมอเตอร์ที่จุดนี้จะได้ค่าแรงม้าสูงสุดของมอเตอร์ ค่านี้เป็นค่าพิมพ์ติดไว้บนแผ่นป้ายบนตัวมอเตอร์

1.2 แรงบิดสูงสุดอนุโลม เป็รแรงบิดสูงสุดของมอเตอร์ ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย สามารถหาค่าแรงบิดสูงสุดอนุโลมได้จากค่าแรงม้าสูงสุดซึ่งพิมพ์ติดไว้ข้างมอเตอร์คูณกับค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่า ตัวคูณการใช้งานจะได้ค่าแรงม้าสูงสุดอนุโลม ซึ่งจากค่านี้เมื่อนำความเร็วมาหารจะได้ค่าแรงบิดสูงสุดอนุโลม ค่าตัวคูณการใช้นี้เป็นค่าเฉพาะของมอเตอร์แต่ละตัวและในกรณีที่มอเตอร์ทำงานที่แรงบิดสูงสุด ค่าตัวคูณการใช้งานเป็นค่าที่จะกำหนดว่าแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ของไฟฟ้า จะมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นได้เท่าใดที่จะไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย หรืออาจกล่าวได้ว่าตัวคูณการใช้งานเป็นค่ากำหนดความปลอดภัยของมอเตอร์

1.3 ช่วงใช้งานเกินขีดความสามารถชั่วขณะ เป็นช่วงที่มอเตอร์สามารถทำงานได้ชั่วเวลาสั้น ๆ ถ้าเวลานานเกินขีดจำกัดจะทำให้มอเตอร์เสียหาย

1.4 แรงวิกฤติ จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อมอเตอร์ทำงานที่แรงบิดสูงขึ้น ความเร็วของมอเตอร์จะลดลง ถ้าเมื่อใดการทำงานของมอเตอร์ถึงค่าแรงบิดวิกฤติ มอเตอร์จะหยุดหมุนทันทีและจะทำให้มอเตอร์เสียหายได้

1.5 แรงบิดเร่ง เป็นแรงบิดต่ำสุดของมอเตอร์ในขณะที่มอเตอร์เร่งความเร็ว

1.6 แรงบิดเมื่อเริ่มหมุน เป็นแรงบิดของมอเตอร์ในขณะที่เริ่มหมุนจากหยุดนิ่ง ค่าแรงบิดเร่งและแรงบิดเริ่มหมุนจะเป็นค่าซึ่งจะกำหนดความเฉื่อยของงานที่มอเตอร์จะรับได้

2. มอเตอร์แบบวาวด์โรเตอร์ เป็นมอเตอร์ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับมอเตอร์แบบกรงกระรอก แตกต่างกันที่ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอร์สามารถเปลี่ยนค่าได้จากภายนอก การเปลี่ยนค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอร์ไม่ทำให้ค่าแรงบิดสูงสุดเปลี่ยนไป แต่ทำให้ความเร็วของมอเตอร์ที่ให้ค่าแรงบิดสูงสุดเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อเริ่มหมุนและแรงบิดเริ่มหมุนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้นำไปใช้งานเป็นเครื่องอัด เครื่องบด เครื่องเป่าลม ซึ่งเครื่องเหล่านี้

ต้องการแรงบิดเมื่อเริ่มหมุนสูง

3. ซิงโครนัสมอเตอร์ ใช้แพร่หลายในงานต่าง ๆ เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่มีคุณสมบัติเด่น 2 ประการคือ มีความเร็วคงที่ ไม่ว่างานจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง และมีคุณสมบัติที่มีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์นำจึงใช้ในการแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบงาน ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายถูกลง แต่ซิงโครนัสมอเตอร์มีข้อเสียคือมีราคาสูง ค่าบำรุงรักษาสูง และต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับขดลวดสนามไฟฟ้า มอเตอร์ชนิดนี้มักใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องอัด และเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง ซึ่งต้องการความเร็วคงที่ ในการแก้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ตามของมอเตอร์ทำได้โดยต่อมอเตอร์เข้ากับแหล่งไฟฟ้าซึ่งมีกระแสไฟฟ้านำแรงดันไฟฟ้าอยู่ ซึ่งจะสามารถแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์โดยที่งานยังมีค่าเท่าเดิม ขนาดของมอเตอร์ควรจะสูงกว่างานที่จะใช้ เพื่อที่ค่ากระแสที่มอเตอร์ต้องการใช้จะได้ไม่เกินขีดจำกัดของมอเตอร์นั้น

4. มอเตอร์กระแสตรง มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติเฉพาะคือ สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้ง่ายในช่วงกว้างและมีแรงบิดเริ่มหมุนสูง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานซึ่งมีแรงบิดคงที่หรือเปลี่ยนแปลงที่ต้องการปรับความเร็วได้ แต่มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสียคือ มีราคาแพง ค่าบำรุงรักษาสูง และอุปกรณ์ควบคุมมีขนาดใหญ่ มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้แพร่หลายมี 3 ชนิด คือ แบบขนาน แบบอนุกรม และแบบผสม ในการพิจารณาเลือกใช้มอเตอร์แบบนี้ต้องพิจารณาถึงขนาดของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้มีขนาดเหมาะสมด้วย

ความเร็วของมอเตอร์

ความเร็วรอบของมอเตอร์ นอกจากจะถูกกำหนดโดยแรงบิดของโหลดแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับจำนวนขั้วของมอเตอร์ และความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์ด้วย ถ้าเขียนเป็นสูตรของความเร็วมอเตอร์จะได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วรอบ } N = \frac{120 \times \text{ความถี่ } f \text{ (Hz)}}{\text{จำนวนขั้ว } P} \cdot (1-S) \quad [\text{r/min}]$$

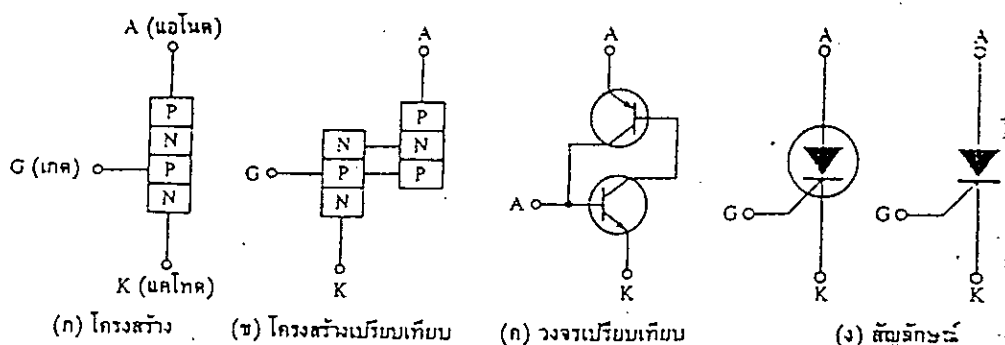
เทอมนี้เรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส N_0
กำหนดโดยคุณสมบัติของมอเตอร์

เทอมนี้กำหนดโดยโหลด

ไทรสเตอร์ (thyristor)

ไทรสเตอร์หรือที่เรียกว่าเอสซีอาร์ (Silicon Controlled Rectifier) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ P และ N ตั้งแต่ 3 ขึ้นขึ้นไปทำหน้าที่เป็นสวิตช์ซึ่งอาจยอมให้กระแสผ่านตัวเพียงทางเดียวหรือสองทางเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยทริกเกอร์พัลส์ช่วงขวหรือลบอย่างใดอย่างหนึ่งที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการควบคุมพลังงานสูง ๆ โดยเฉพาะในด้านที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมพลังงานของกระแสไหลกลับ เช่น วงจรหรีไฟ วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ วงจรควบคุมอุณหภูมิและอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น นอกจากนั้น ยังใช้กันแพร่หลายในวงจรป้องกันแรงดันเกินของแหล่งจ่ายไฟตรงได้อีกด้วย ตัวอย่างอุปกรณ์ประเภทไทรสเตอร์ ได้แก่ SCR SCS GCS และ PUT เป็นต้น

เอสซีอาร์ (SCR) ย่อมาจาก Silicon control rectifier เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทสวิตช์ที่มีโครงสร้างทำมาจากการเชื่อมต่อสารตัวนำ 4 ชั้น คือ P N P และ N เข้าด้วยกันเปรียบเหมือนกับทรานซิสเตอร์ชนิด P N P และ N รูปที่ 11 ลักษณะการทำงานของเอสซีอาร์จะเหมือนกับไดโอดคือ อุปกรณ์เรียงกระแสที่มีกระแสไหลได้ในทิศทางเดียว แต่การนำกระแสของเอสซีอาร์สามารถควบคุมได้โดยการป้อนสัญญาณทริกซึ่งเป็นพัลส์ขวที่ขาเกต (G) ถ้าพัลส์ขวมีค่าสูงถึงระดับทริกของเอสซีอาร์จะทำให้เกิดการนำกระแสขึ้น มีกระแสไหลจากด้านขวขที่ต่ออยู่กับแอโนด (A) ผ่านเอสซีอาร์มาทางแคโทด (K) ซึ่งต่ออยู่กับไฟลเบ เอสซีอาร์จะคงสถานะเปิดอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าสัญญาณทริกจะหมดไปแล้วก็ตามจนกว่ากระแสที่ไหลทำให้ลดน้อยลงจนต่ำกว่าค่ากระแสโอคดิ่งของเอสซีอาร์จึงจะหยุดนำกระแส จนกระทั่งมีสัญญาณทริกป้อนให้เกตอีก เอสซีอาร์จึงเริ่มนำกระแสใหม่อีกครั้ง

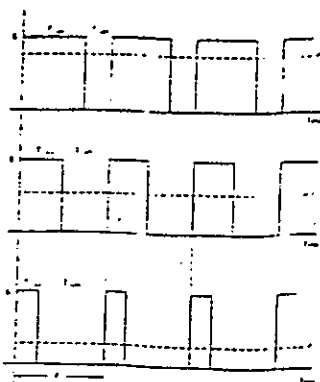
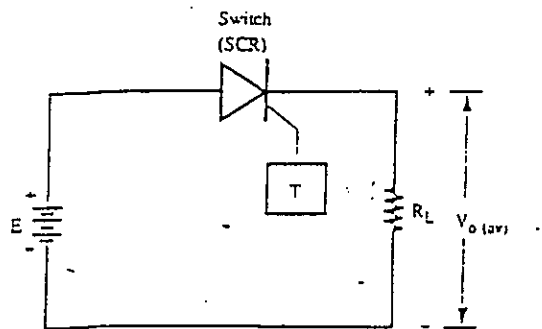


ภาพประกอบ 29 สัญญาณลักษณะ โครงสร้าง และวงจรเปรียบเทียบของ SCR

ชอปเปอร์ (Chopper) เป็นการเปลี่ยนระดับแรงดันไฟกระแสตรงจากค่าหนึ่งให้เป็นแรงดันกระแสตรงอีกค่าหนึ่งที่มีระดับสูงกว่าหรือต่ำกว่า โดยอาศัยหลักการ ปิด-เปิด วงจรที่ใช้สวิตช์ให้เป็นจังหวะ อันมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้เป็นแรงดันเฉลี่ยที่มีค่าสูงหรือต่ำลงด้วยการควบคุมระยะเวลาของการสวิตช์

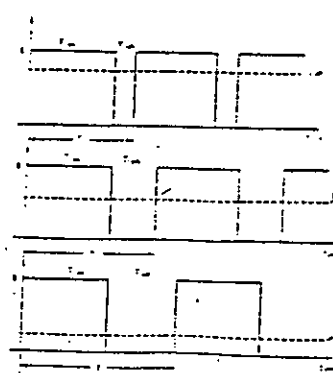
วงจรชอปเปอร์พื้นฐานจะประกอบด้วยสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ อันได้แก่ ทรานซิสเตอร์ หรือ ไทริสเตอร์แบบเอสซีอาร์ที่ต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง และโหลด ดังแสดงวงจรในภาพประกอบ 12 วิธีการทำให้แรงดันเฉลี่ยของวงจรชอปเปอร์มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงด้วยการควบคุมการสวิตช์สามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ

1. วิธีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์คือ เมื่อช่วงเวลานำกระแส และช่วงเวลาดับกระแส เปลี่ยนแปลงแต่คาบเวลาคงที่ดังแสดงในภาพประกอบ 13
2. วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่คือเมื่อช่วงเวลาดับกระแส คาบเวลาเปลี่ยนแปลง แต่ช่วงเวลานำกระแสคงที่ ดังแสดงในภาพประกอบ 13



(ข) วิธีการเปลี่ยนแปลงความกว้างของพัลส์
(Pulse Width Modulation)

(ก) วงจร



(ค) วิธีการเปลี่ยนแปลงความถี่
(Frequency Modulation)

ภาพประกอบ 30 วงจรชอปเปอร์พื้นฐาน

หลักการทํางานของอินเวอร์เตอร์

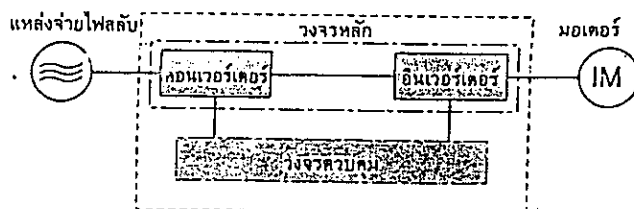
กฤษฎา วิศวธรานนท์ (2536 : 21) ได้กล่าวไว้ อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ชนิดหนึ่งี่แปลงไฟสลับที่มีความถี่และแรงดันคงที่ไปเป็นไฟสลับที่มีความถี่และแรงดันขนาดต่าง ๆ แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนเป็นอินพุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็นแหล่งจ่ายไฟสลับทั่วไปที่มีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นที่แตกต่างจากรูปไซน์

โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ภาพประกอบ 31 แสดงโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ อินพุตของอินเวอร์เตอร์เป็นไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ (50 Hz หรือ 60 Hz) ไฟสลับนี้จะถูกแปลงเป็นไฟตรง โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter) จากนั้นไฟตรงจะถูกแปลงเป็นไฟสลับที่สามารถแปรขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) วงจรทั้งสองส่วนนี้เป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ นอกจากนั้นยังมีวงจรควบคุมสำหรับควบคุมการทํางานของวงจรทั้งสองส่วนนั้น

อินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไป (General purpose inverter) จะประกอบด้วยส่วนคอนเวอร์เตอร์ และอินเวอร์เตอร์ รวมอยู่ในเครื่องเดียวกันเสมอ

คอนเวอร์เตอร์มีหน้าที่แปลงไฟสลับเป็นไฟตรงเป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่ง ส่วนอินเวอร์เตอร์ก็เป็นอุปกรณ์แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับ ทั้งสองส่วนนี้จะใช้องค์ประกอบวงจรที่แตกต่างกัน และมีการทํางานที่แตกต่างกัน

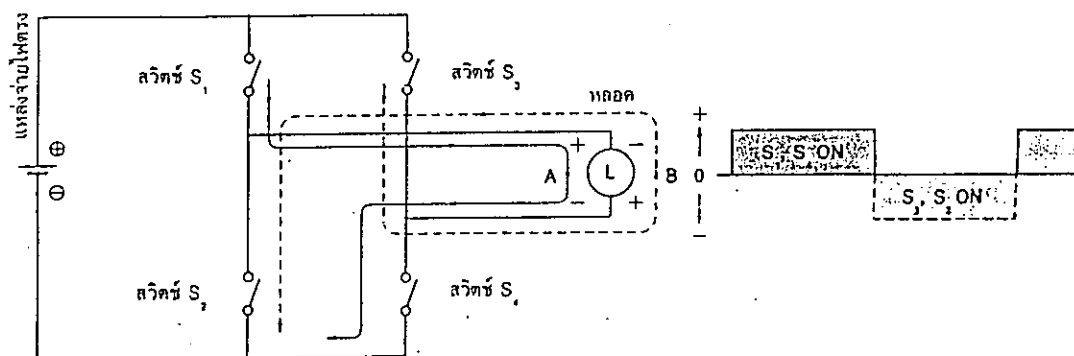


ภาพประกอบ 31 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์

กฤษฎา วิเศษรัตน์ (2536 : 22) ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์ไว้ดังนี้

1. วิธีการสร้างไฟสลับจากไฟตรง อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตไฟสลับได้จากแหล่งจ่ายไฟตรง การทำความเข้าใจกับหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ก็ควรเริ่มจากวงจรสร้างไฟสลับเฟสเดียวก่อน ในภาพประกอบ 32 อธิบายหลักการเปลี่ยนไฟตรงไปเป็นไฟสลับ โดยเปลี่ยนโหลดจากมอเตอร์เป็นหลอดไฟเพื่อให้เข้าใจง่าย สวิตช์ 4 ตัว S_1 , S_2 , S_3 และ S_4 ซึ่งต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงและโหลด จะเปิด-ปิด สลับกันเป็นจังหวะเพื่อสร้างไฟสลับจ่ายให้กับหลอดไฟ ตามภาพประกอบ 33

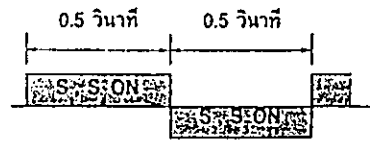


ภาพประกอบ 32 วิธีการสร้างไฟสลับ

ภาพประกอบ 33 รูปคลื่นกระแส

เมื่อสวิตช์ S_1 และ S_3 ปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตช์และหลอดไฟตามทิศทาง A
เมื่อสวิตช์ S_2 และ S_4 ปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตช์และหลอดไฟตามทิศทาง B ซึ่งย้อน
ทางกับทิศทางกันสลับไปมาเป็นไฟสลับนั่นเอง

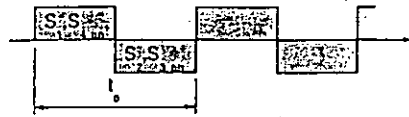
2. วิธีการแปรความถี่ ถ้าควบคุมเวลาที่เปิดปิดสวิตช์ S_1 , S_3 ได้ ก็สามารถแปรความถี่ของไฟสลับได้ ตัวอย่าง เช่น ให้สวิตช์ S_1 และ S_3 ปิด 0.5 วินาที ต่อมาสวิตช์ S_2 และ S_4 ปิด 0.5 วินาที และทำการปิดเปิดสลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ดังนั้นใน 1 วินาที ไฟสลับจะวิ่งไปกลับครบ 1 รอบหรือไซเคิล ไฟสลับนี้จึงมีความถี่ 1 Hz นั่นเอง



ภาพประกอบ 34 รูปคลื่นไฟสลับความถี่ 1 Hz

โดยทั่วไปช่วงเวลาที่ S_1, S_2 และ S_3, S_4 ปิดจะเท่ากัน เมื่อรวมเวลาที่สวิตช์ทั้ง 2 ชุดปิดเท่ากับ t_0 วินาที เป็นหนึ่งไซเคิลความถี่จะเท่ากับ

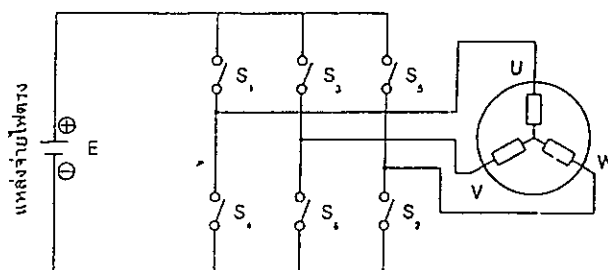
$$f = \frac{1}{t_0} \text{ [Hz]}$$



ภาพประกอบ 35 ความถี่

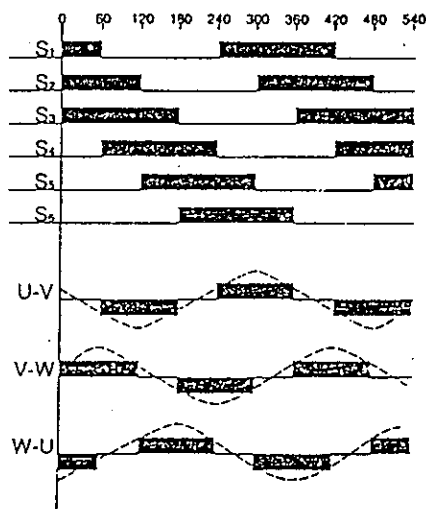
3. กรณีของไฟสามเฟส ภาพประกอบ 2.6 แสดงวงจรพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ชนิด

3 เฟส



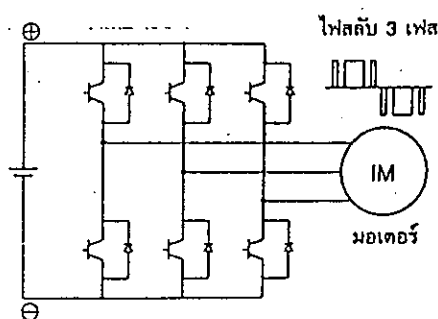
ภาพประกอบ 36 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสพื้นฐาน

ถ้าให้สวิตช์ S_1 ถึง S_6 ในวงจรเปิดปิด ตามจังหวะที่แสดงในภาพประกอบ 37 ก็จะมีกระแสไหลผ่านขั้ว U-V, V-W และ W-U ของมอเตอร์ ตามรูปคลื่นที่แสดงในภาพประกอบ 37 รูปคลื่นของกระแสจะเป็นไฟสลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีช่วงกว้างและช่วงห่างระหว่างคลื่นเท่ากัน ถ้าเปลี่ยนช่วงเวลาของการเปิดปิดสวิตช์เหล่านี้ ก็จะทำให้ความถี่ของไฟสลับเปลี่ยนไปได้ และถ้าเปลี่ยนขนาดของแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรง ก็จะทำให้ขนาดของแรงดันไฟสลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมไปได้เช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 37 การสร้างไฟสลับ 3 เฟส

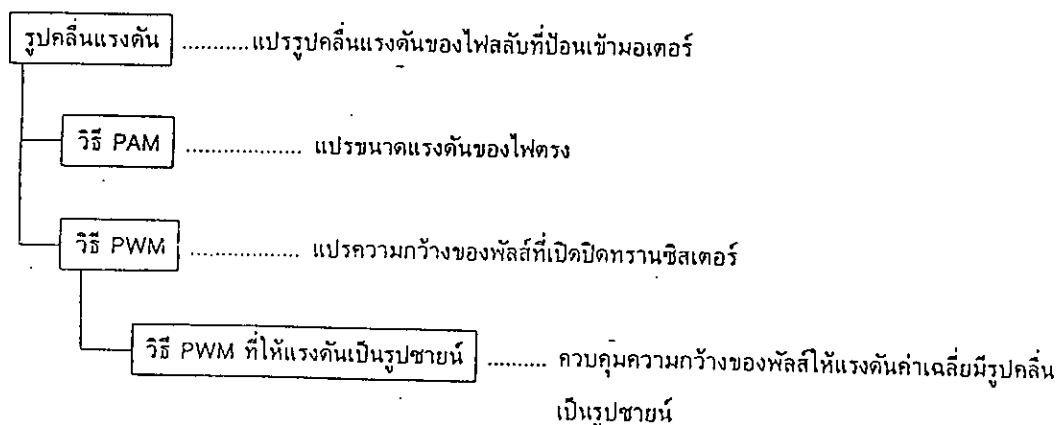
4. โครงสร้างส่วนที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะใช้ทรานซิสเตอร์แทนสวิตช์ทั้ง 6 ตัวดังแสดงในภาพประกอบ 38 เมื่อต่อเอาท์พุตเข้ามอเตอร์ 3 เฟสและควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ ON-OFF ตามจังหวะในภาพประกอบ 37 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ และถ้าเปลี่ยนลำดับการ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์ ก็สามารถบังคับให้มอเตอร์หมุนกลับทางได้



ภาพประกอบ 38 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

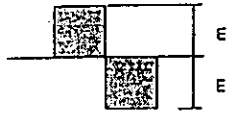
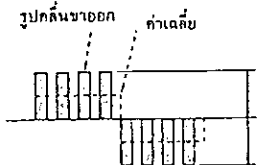
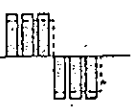
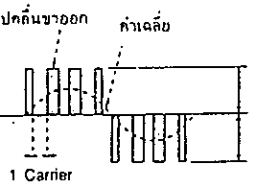
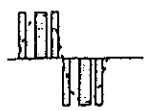
5. การทำงานของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์มี 3 ขา คือ คอลเลคเตอร์ (C) อิมิตเตอร์ (E) และ เบส (B) ทรานซิสเตอร์ที่เป็น IGBT (Insulated gate bipolar transistor) จะมีขาเกต (G) แทนขาเบส เมื่อไม่จ่ายกระแสให้ขาเบส ระหว่างขั้ว C และ E จะไม่นำกระแส มีสถานะเหมือนกับ สวิตช์ปิด (OFF) แต่ถ้าจ่ายกระแสให้ที่ขาเบส กระแสจะไหลผ่านระหว่างขั้ว C และ E ซึ่งเหมือนกับสวิตช์เปิด (ON) นั่นเอง การ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์ สามารถทำได้เร็วกว่าสวิตช์มาก

6. วิธีการเปลี่ยนขนาดแรงดัน เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ขับมอเตอร์ นอกจากการแปรความถี่เพื่อปรับความเร็วมอเตอร์แล้ว ยังต้องแปรขนาดแรงดันตามความถี่ที่เปลี่ยนไป เพื่อรักษาอัตราส่วน V/f ให้คงที่ การแปรขนาดแรงดันของอินเวอร์เตอร์มีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากในอินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปคือ วิธีการแปรรูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ป้อนให้มอเตอร์ การแปรรูปคลื่นแรงดันนี้ก็มีหลายวิธีดังนี้



ตาราง 19 การควบคุมรูปคลื่นแรงดันของอินเวอร์เตอร์

(E : แรงดันไฟตรง)

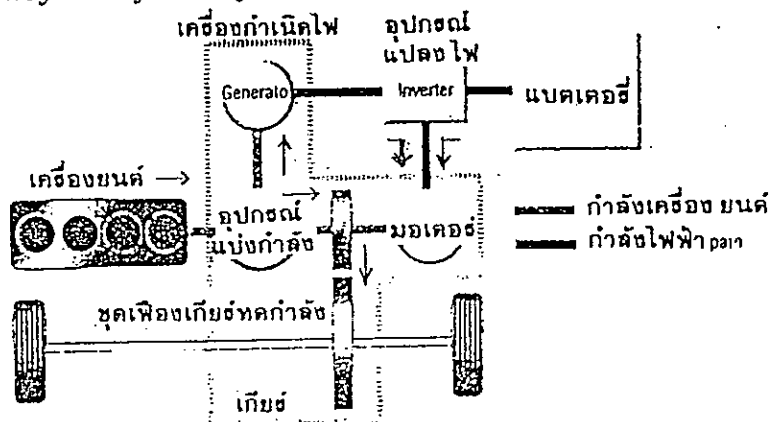
วิธีควบคุม	ความถี่ต่ำ (แรงดันต่ำ)	ความถี่สูง (แรงดันสูง)	จุดเด่น
วิธี PAM PULSE AMPLITUDE MODULATION			- เสียงมอเตอร์เบา - ประสิทธิภาพดี - ควบคุมขนาดแรงดันที่คอนเวอร์เตอร์ - ผลตอบซ้ำ
วิธี PWM PULSE WIDTH MODULATION			- ส่วนอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมความถี่และแรงดันได้ทั้งหมด - ได้ยินเสียงความถี่สูงจากมอเตอร์
วิธี PWM ที่ให้แรงดันเป็นรูปซายน์			- เดินมอเตอร์ได้เร็วที่ความเร็วต่ำ - ฮาร์โมนิคความถี่ต่ำมีขนาดเล็ก - ได้ยินเสียงความถี่สูงจากมอเตอร์

วิธี PWM นั้นจะต้องกำหนดพัลส์ที่ ON-OFF หลายครั้งในหนึ่งไซเคิล ความกว้างของแต่ละพัลส์จะไม่เท่ากัน เพื่อให้แรงดันเฉลี่ยมีรูปคลื่นซายน์ จำนวนพัลส์ที่กำหนดใน 1 วินาที เรียกว่าความถี่แคเรียร์ (CARRIER FREQUENCY) การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM นี้ จะทำให้เกิดการสั่นที่มอเตอร์ และเสียงรบกวนซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความถี่แคเรียร์นี้

ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีนทำให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง

อุปกรณ์แบ่งกำลัง(power split device) ในระบบควบคุมกำลังจะทำหน้าที่จัดสรรกำลังขับเคลื่อนที่มาจากเครื่องยนต์ไปยังล้อโดยตรงหรือไปยังมอเตอร์ ในเวลาเดียวกันเครื่องยนต์จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาอัตรารอบให้ได้ระยะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นพลังงานขับเคลื่อนทั้งที่มาจากเครื่องยนต์ และจากมอเตอร์จึงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับจังหวะของการขับขี่เสมอ

Toyota Hybrid System Schematic

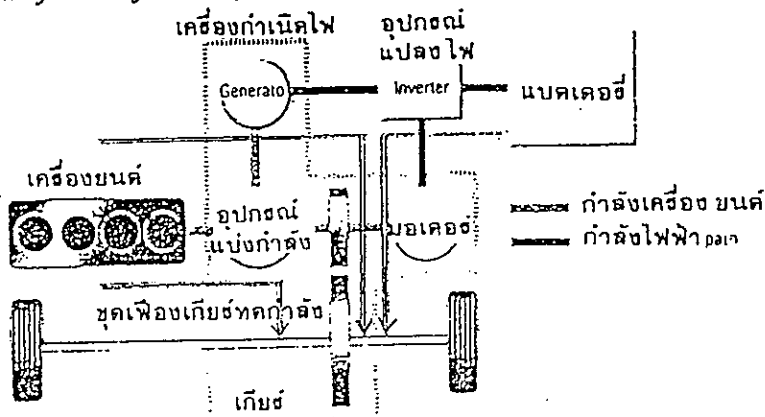


แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

ภาพประกอบ 39 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่

Toyota Hybrid System Schematic

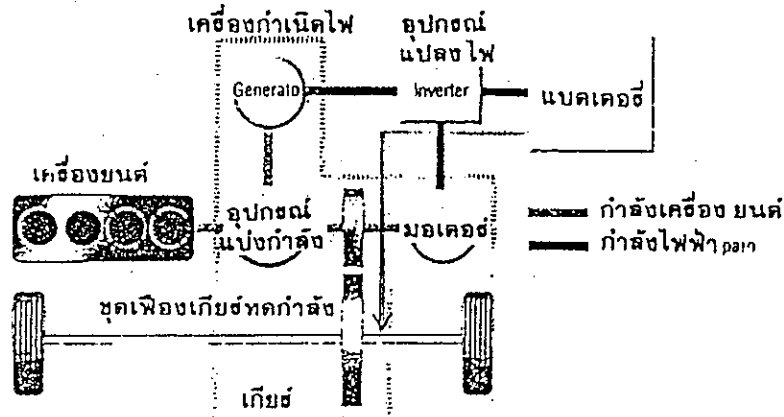


แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เมื่อเร่งความเร็วรถเต็มทีพลังงานจะถูกจ่ายออกจากแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มพลังขับเคลื่อนให้กับรถ

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ/เบรก

Toyota Hybrid System Schematic

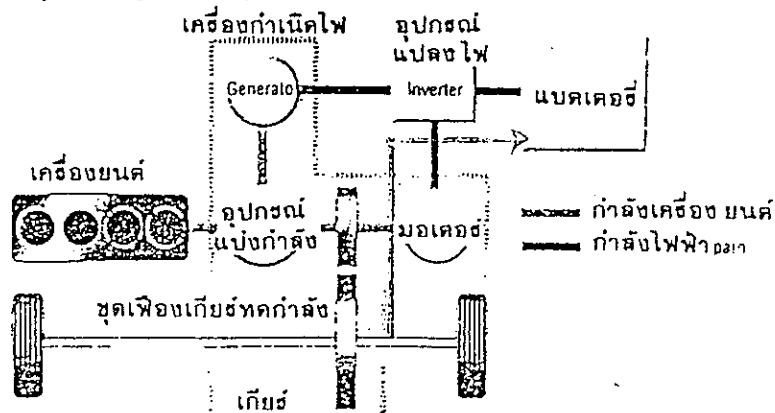


■ ผังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เมื่อลดความเร็วของรถลงและเบรก พลังงานจลน์จากล้อจะถูกส่งผ่านไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นเจเนอเรเตอร์ (A) แปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และเพื่อให้การชาร์จไฟเป็นไปอย่างสม่ำเสมอแบตเตอรี่จะทำหน้าที่รับพลังงานทั้งที่ชาร์จจากมอเตอร์ไฟฟ้าและพลังงานที่ถูกมอเตอร์ไฟฟ้าแปลงมาจากพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบคอนโทรลอัตโนมัติ ทำให้ไม่จำเป็นต้องชาร์จแบตเตอรี่จากภายนอก

ระบบการทำงานภายในรถยนต์ เริ่มจากช่วงหยุด/เบ้าเครื่อง

Toyota Hybrid System Schematic

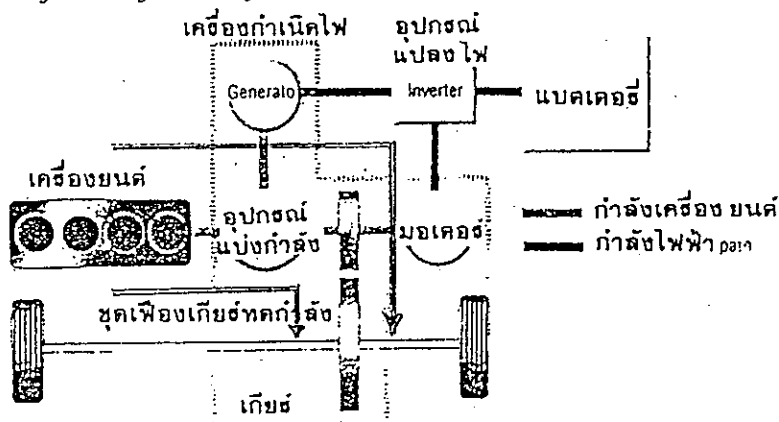


■ ผังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เมื่อเครื่องยนต์อยู่ในระดับความเร็วรอบต่ำ ระหว่างที่รถชะลอความเร็วลงจนหยุดนิ่ง เมื่อลดความเร็วลงต่ำสุด หรือค่อย ๆ ลดความเร็วลง เชื้อเพลิงจะถูกตัด เครื่องยนต์จะหยุดทำงานแล้วมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนตัวรถแทน

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งด้วยความเร็วปกติ

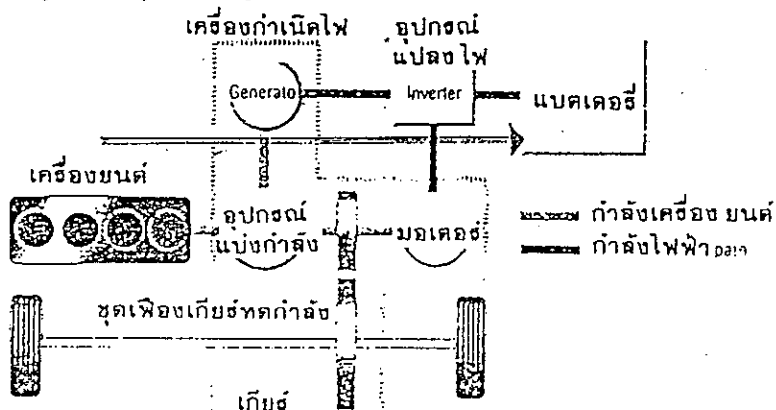
Toyota Hybrid System Schematic



■ แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

การชาร์จแบตเตอรี่

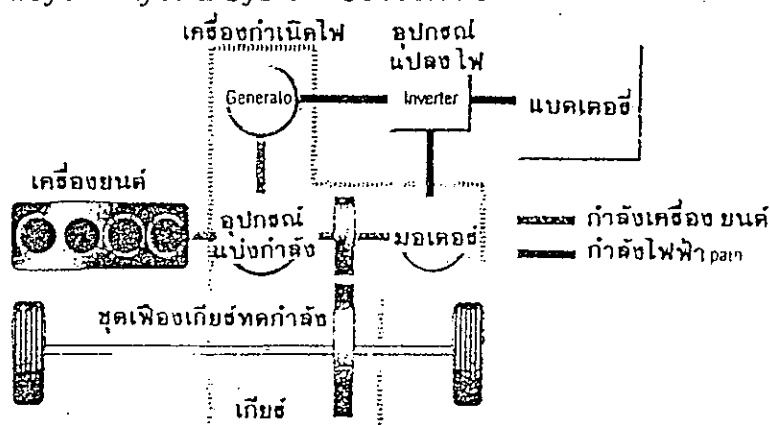
Toyota Hybrid System Schematic



■ แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

แบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้รักษ้อัตราการชาร์จไฟไว้ให้คงที่เมื่ออัตราการชาร์จไฟต่ำ เจเนอเรเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ส่งกำลังไฟชาร์จแบตเตอรี่แทน เมื่อหยุด/เบ้าเครื่องยนต์จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ

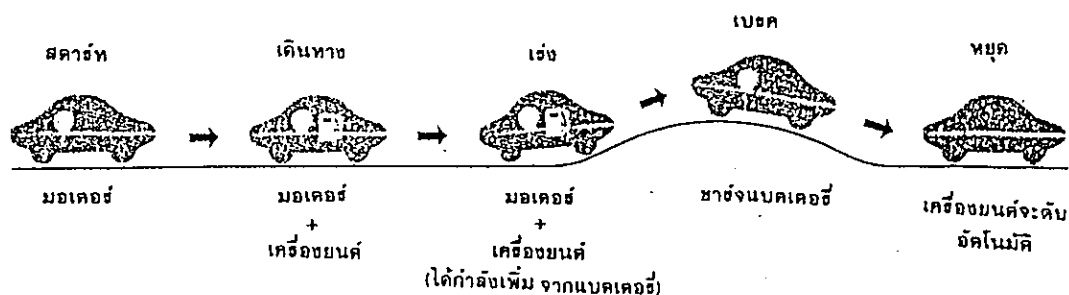
Toyota Hybrid System Schematic



แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เครื่องยนต์ไฮบริดจะเป็นต้นกำลังที่สำคัญซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงสลับกับพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า (บรรณาธิการ. 2541 : 45)

ลักษณะการทำงานที่สำคัญของเครื่องไฮบริดก็คือสามารถใช้กำลังจากเครื่องยนต์เป็นชิ้นในการขับเคลื่อนรถยนต์หรือจะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็ได้ ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสภาพความต้องการหรือการทำงานในขณะนั้น โดยเมื่อรถยนต์เริ่มวิ่งช้ามาก ๆ กำลังในการขับเคลื่อนจะมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว และเมื่อขับในสภาพปกติธรรมดาหรือที่เรียกว่าความเร็วเดินทาง ในช่วงนี้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานร่วมกันและเมื่อใดที่ต้องการอัตราการเร่งอย่างรวดเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะเพิ่มกำลังจากแบตเตอรี่เพื่อมาช่วยให้รถยนต์มีอัตราการเร่งที่ดีขึ้น จากการทำงานเช่นนี้จะช่วยให้ผู้ใช้รถยนต์ได้รับความสะดวกสบายมากขึ้นโดยไม่ต้องคอยชาร์จแบตเตอรี่แบบรถยนต์ไฟฟ้าแบบอื่น ๆ ซึ่งต้องชาร์จแบตเตอรี่ใหม่เมื่อใช้งานไปเป็นระยะทางราว 200 กิโลเมตร (บรรณาธิการ. 2541 : 45)



ภาพประกอบ 40 การทำงานของเครื่องยนต์ไฮดรอลิก

ระบบอัตโนมัติจะตัดการทำงานของเครื่องยนต์ทันทีเมื่อเครื่องยนต์จอด ส่วนเมื่อใดที่มีการลดความเร็วหรือเบรคมอเตอร์จะกลายเป็นเจนเนอเรเตอร์ซึ่งสามารถจะเอาพลังงานในการเบรคกลับมาเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ Nickel-Metalhydride ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีน้ำหนักเบาและให้กำลังได้มากกว่าแบตเตอรี่ Ni-MH แบบเดิมถึง 3 เท่า มอเตอร์นี้จะให้กำลังออกมาได้ 40 BPH ที่รอบระหว่าง 940-2000 รอบต่อนาที กับมีแรงบิด 225 ปอนด์-ฟุตที่รอบตั้งแต่ 0-940 รอบต่อนาที (บรรณาธิการ. 2541 : 45)

ระบบควบคุมมอเตอร์

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนจะต้องสามารถ

1. บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็ว ของมอเตอร์ชนิดได้
2. อธิบายระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง
3. อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
4. บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
5. บอกหลักการใช้ระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า

นිරคัตติ วรลุนทโรส (2527 : 50-6-50-11) ได้กล่าวไว้ว่า มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนรถไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรงอาจแบ่งออกได้เป็น 3 อย่าง คือชนิดวงจรขั้วแม่เหล็กอนุกรม วงจรขั้วแม่เหล็กขนาน และชนิดผสม ส่วนมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบโรเตอร์กรงกรรอก ซึ่งระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ จะแตกต่างออกไปตามลักษณะความต้องการและค่าใช้จ่าย โดยที่สมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ามีค่าแรงบิดขณะสตาร์ทสูง ดังนั้นอาจใช้การควบคุมความเร็วทางไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว ต่อเข้าสู่เฟืองทดรอบตายตัว โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนเกียร์ทางกลศาสตร์ได้ อันเป็นข้อได้เปรียบอันหนึ่ง ที่จะทำให้ประสิทธิภาพรวมของระบบดีขึ้นกว่าเครื่องยนตสันดาปภายใน

ความต้องการพื้นฐานของระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์ อาจกล่าวได้ว่า ต้องการให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่สู่มอเตอร์ สู้ล้อขับเคลื่อนสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ต้องการให้ลักษณะการขับเคลื่อนเป็นไปอย่างนุ่มนวล และมีอัตราเร่งดีพอที่จะขับเคลื่อนพาหนะทดเทียม กับการจราจร ต้องการให้มีการป้องกัน กรณีโหลดเกินพิกัด อันจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวควบคุมและมอเตอร์ อาจต้องการให้มีการจ่ายพลังงานกลับสู่แบตเตอรี่และเบรก เพื่อประหยัดการใช้พลังงานทั้งหมดนี้ เพื่อทำให้ขีดความสามารถของระบบรถไฟฟ้าที่ออกแบบได้ผลเต็มที่ ถ้าจำกัดพิกัดความเร็วสูงสุดไว้ไม่เกิน 60-80 กิโลเมตร/ ชั่วโมง การออกแบบที่ดี ควรใช้มอเตอร์ขนาดกำลังเพียง 3-5 กิโลวัตต์ ก็จะเป็นการเพียงพอ ซึ่งในขนาดความจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสม จะได้พิกัดระยะทางตามต้องการ

1. ระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

1.1 การควบคุมโดยใช้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง โดยต่ออนุกรมเข้าในวงจร ลักษณะดังกล่าวมีข้อดี ที่ไม่มีข้อยุ่งยากและมีราคาของชุดควบคุมถูก อาจใช้ค่าความต้านทานหลาย ๆ ค่าต่อขนาน หรืออนุกรมกันเพื่อให้ได้ค่าความต้านทาน แต่ละช่วงที่ต้องการ แม้ว่า จะมีข้อดัดกล่าวแต่ข้อนี้เป็นวิธีที่ประสิทธิภาพของการพลังงานต่ำ เพราะมีการสูญเสียในค่าความต้านทาน (IR^2) อย่างมาก ทำให้พิกัดของระยะทางลดลง จึงยังคงมีข้ออยู่บ้าง

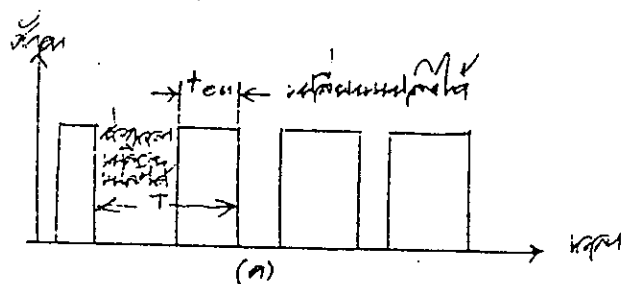
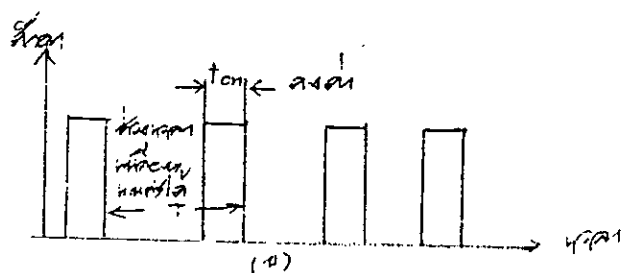
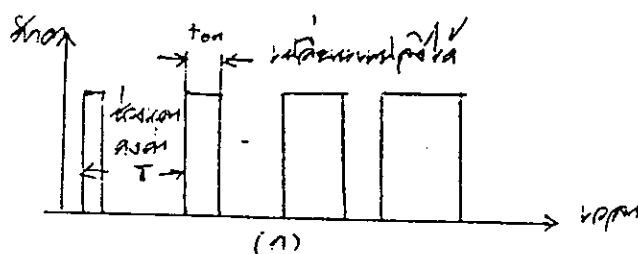
เพียงบางกรณี เช่น รถไฟฟ้าในสนามกอล์ฟ เป็นต้น

1.2 การควบคุมโดยใช้การตัดต่อวงจรแบบเตอรีชานน หรืออนุกรม หรือใช้เป็นช่วง ๆ เพื่อให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น 12, 24, 36, 48 โวลต์ ลักษณะการควบคุมดังกล่าว เป็นการใช้พลังงานที่ตึ้นกว่าแบบแรก แต่ก็ยังเป็นลักษณะที่การควบคุมไม่ต่อเนื่อง และสิ้นเปลืองพลังงาน ต้องใช้คอนแทกซ์แม่เหล็กขนาดใหญ่ เพื่อตัดต่อวงจรหลายตัว การใช้ งานโดยไม่เสมอกันทุก ๆ แบบเตอรี ทำให้ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของแบบเตอรี ลึ้นลง การขับเคลื่อน เร่งความเร็วจะกระตุก ทำให้ไม่สะดวกในการควบคุม และอายุการ ใช้งาน ส่วนมอเตอร์และเครื่องกลลึ้นลง

1.3 การควบคุมโดยวงจรชอปเปอร์ ลักษณะควบคุมดังกล่าว เป็นลักษณะที่ใช้ยู่ ทั่ว ๆ ไปในรถไฟฟ้าที่ทำการวิจัยและพัฒนา โดยมีสัทพวงจรรแยกออกเป็น 2 ชนิด คือใช้ เอลซีอาร์ (SCR) และทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิตช์ผ่านกระแสเป็นช่วง ๆ ซึ่งจะมีผลทำให้ ค่าของแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ในช่วงเวลาเปลี่ยนแปลงขึ้นลงได้อย่างต่อเนื่อง ในสัทพปัจจุบัน และอนาคต เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ มีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้วงจรรชอปเปอร์โดย เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ทำได้อย่างมีความแน่นอน และมีประสิทธิภาพสูง การตัดต่อกระแส ไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าจากแบบเตอรีเป็นช่วง ๆ ของวงจรรชอปเปอร์ อาจทำได้ 3 วิธีคือ

- ก. ใช้ความถี่คงที่ แต่เปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลางาน
- ข. ใช้ความถี่ไม่คงที่ แต่มีช่วงระยะเวลางานคงที่ และ
- ค. เปลี่ยนแปลงทั้งช่วงความถี่และช่วงระยะเวลางาน

ดังแสดงภาพประกอบ 41.

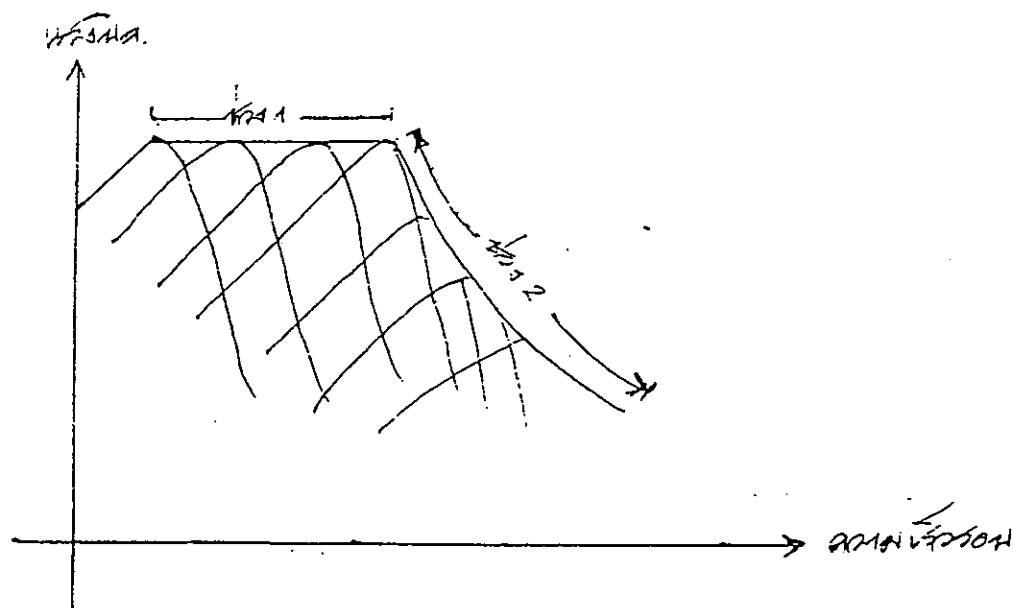


ภาพประกอบ 41 แสดงลักษณะการทำงานของชอปเปอร์แบบต่าง ๆ

ลักษณะการใช้วงจรชอปเปอร์จะสามารถจำกัดกระแสและเริ่มสตาร์ทได้จากค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าขณะควบคุม และความถี่ที่จะเลือกใช้ จะทำให้มีผลต่อการจำกัดกระแส วงจรมอเตอร์ อันเนื่องมาจากค่าเหนี่ยวนำของตัวขดลวดทั้งในวงจรขั้วแม่เหล็ก และวงจรอาร์เมเจอร์ อนึ่งค่าสูญเสียหลักของวงจรชอปเปอร์ มีอยู่ 2 ส่วน ส่วนแรก คือค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวเอสซีอาร์ (SCR) หรือตัวเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์อีกส่วนหนึ่ง เป็นการสูญเสียขณะปิด-เปิดของเอสซีอาร์ หรือทรานซิสเตอร์ ซึ่งในทรานซิสเตอร์จะน้อยกว่าเอสซีอาร์ (SCR) มาก ซึ่งลักษณะดังกล่าว ในการออกแบบควรให้ความสำคัญต่ำ แต่ในการใช้งาน เราสามารถใช้ความถี่จำกัดค่ากระแสในขณะสตาร์ทได้ ดังนั้นวงจรที่ใช้งานได้ดีควรเป็นวงจรชนิดที่ 3 โดยมีความถี่สูงขณะสตาร์ท และความถี่ต่ำลงขณะใช้งานที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยสูงขึ้น

2. ระบบควบคุมความเร็วของมอเตอร์แบบกระแสสลับ

ในขณะขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอกจะต้องใช้ระบบไฟกระแสสลับ 3 เฟส แต่ลักษณะรูปคลื่นไซน์ในแรงดันไฟฟ้า การใช้งานประเภทนี้ไม่มีความต้องการมากมาย ส่วนใหญ่วงจรจะใช้เป็นลักษณะไฟกระแสตรง จากแบตเตอรี่เข้า DC to AC Square wave Inverter ก็จะเพียงพอ ในการใช้งานลักษณะของ Inverter ที่ใช้จะออกแบบ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์เป็น 2 ระยะ ระยะแรก มีลักษณะออกแบบอัตราส่วน ระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อความถี่คงที่ เพื่อให้คุณสมบัติของมอเตอร์เป็นลักษณะแรงบิดคงที่ เมื่อเร่งความเร็ว ความถี่ของ Inverter จะเพิ่มขึ้นพร้อมกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อน จะเพิ่มขึ้นสูงขึ้นด้วยจนถึงขีดจำกัดของแรงดันไฟฟ้า ที่แบตเตอรี่จะป้อนให้ได้แล้ว ค่าแรงดันไฟฟ้าจะคงที่ เมื่อความถี่สูงขึ้นกว่านั้นอีก ทำให้ค่าฟลักซ์แม่เหล็ก ในช่องอากาศของมอเตอร์ลดลง ทำให้แรงบิดของมอเตอร์ที่ความเร็วสูงลดลงด้วย ซึ่งช่วงการทำงานช่วงที่ 2 นี้จะให้ค่ากำลังของมอเตอร์คงที่ ปกติมอเตอร์เหนี่ยวนำ เมื่อนำมาใช้เป็นตัวขับเคลื่อนยานพาหนะ จะสามารถใช้ได้ถึงความถี่ราว 10-250 % ของพิกัดมอเตอร์ โดยไม่มีปัญหามากนัก ทั้งในด้านการใช้งานหรือประสิทธิภาพซึ่งลดลงเล็กน้อย เพราะป้อนด้วย Square wave แทนที่จะเป็น Sine wave ดังภาพประกอบ 28 แสดงขีดความสามารถการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ป้อนจาก Inverter โดยเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกแรงบิดคงที่และช่วงที่ 2 กำลังคงที่ ส่วนที่ความเร็วต่ำมาก ๆ ค่าแรงบิดจะลดลง โดยผลจากการลดลงของฟลักซ์ เกี่ยวข้องระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ อันเป็นปัญหาทั่ว ๆ ไปของมอเตอร์ที่ใช้ Inverter ป้อนที่ความถี่ต่ำมาก ๆ ลักษณะ Inverter ที่ใช้ได้ทั้งเอสซีอาร์ (SCR) หรือเฟาเวอร์ทรานซิสเตอร์ เช่นเดียวกันกับในกรณีของขอปเปอร์



ภาพประกอบ 42 แสดงการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำป้อนพลังงานจากอินเวอร์เตอร์
เปลี่ยนความถี่ได้

3. การจ่ายพลังงานกลับขณะเบรก

จากที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1 และ 2 มีความเป็นไปได้ ที่จะจัดการป้อนพลังงาน
กลับสู่แบตเตอรี่ขณะเบรก หรือลงเขาโดยการจัดค่ากระแสในวงจรขั้วแม่เหล็กให้สูงขึ้น
จนกระทั่งค่าแรงดันไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นจากการหมุนของโรเตอร์สูงกว่าแรงดันไฟฟ้าในแบตเตอรี่
ในกรณีมอเตอร์กระแสตรงมอเตอร์ชนิดวงจรขั้วแม่เหล็กขนาน หรือผสมจะทำได้สะดวกกว่า
มอเตอร์ชนิดวงจรขั้วแม่เหล็กอนุกรม แต่ในการพัฒนามอเตอร์กระแสตรงชนิดหลังให้ค่า
แรงบิดสูงขณะสตาร์ท เหมาะในงานขับเคลื่อน ส่วนมอเตอร์ 2 ชนิดแรกแรงบิดขณะสตาร์ท
อาจไม่พอขับเคลื่อนออกตัว มักต้องมีเกียร์และคลัชช่วย ซึ่งระบบดังกล่าว จะใช้พลังงานไป
ประมาณ 5-10 % ซึ่งค่าพลังงานที่ได้กลับคืนจากการเบรก จากการพัฒนาในประเทศต่าง ๆ
ไม่เกิน 5-6 % ซึ่งค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในด้านวงจรไฟฟ้า และเครื่องกลไม่คุ้มกับความยุ่งยาก
ที่เพิ่มขึ้น

หน่วยที่ 5
ระบบกลไกการขับเคลื่อนและระบบควบคุม
รถยนต์ไฟฟ้า

ระบบกลไกการขับเคลื่อนและระบบควบคุมรถยนต์

จุดประสงค์

หลังจากที่ผู้เรียนศึกษาหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนจะต้องสามารถ

1. บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
2. บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
3. อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
4. บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
5. บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
6. บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
7. อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
8. บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์ตเวิร์
9. บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กลไกการขับเคลื่อน

การขาดแคลนการเร่งที่มีความเร็วสูง และปัญหาที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพจะลดลง โดยการใช้เกียร์ ซึ่งคล้ายกับรถยนต์ที่ใช้การสับเกียร์ในปัจจุบัน ประสิทธิภาพของการขับเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความเร็ว ตัวอย่าง การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงทำงานดีกว่า 80 % ประสิทธิภาพในการวิ่ง 2,000-12,000 rpm และชุดของการขับเคลื่อนแบบกระแสตรงมีระยะทาง 2,000-5,000 rpm ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนแบบกระแสตรงที่ไม่มีแปรง จะดีกว่า 85 % ในระยะทาง 3,000-8,000 rpm

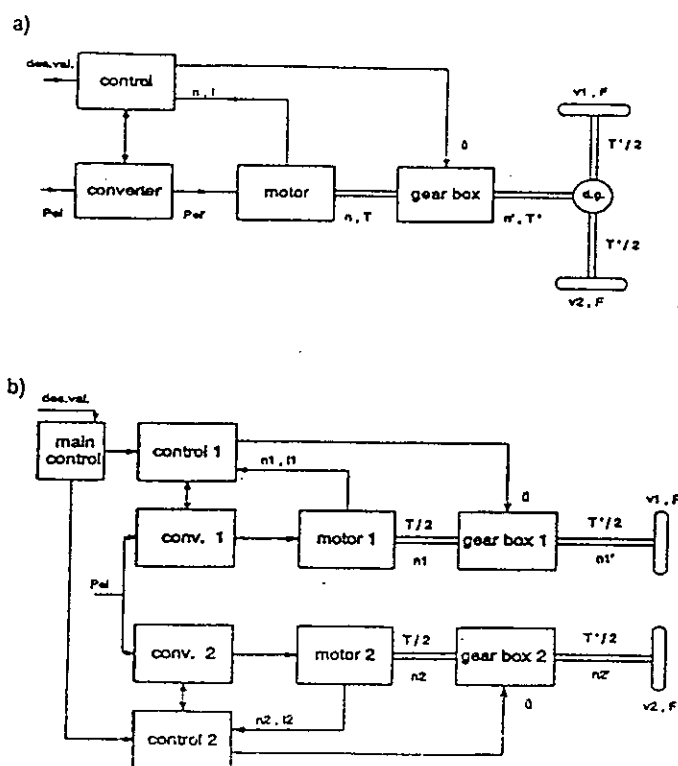
ส่วนคุณลักษณะอื่น ๆ นั้นความเร็วของแรงบิด การขับเคลื่อนส่วนใหญ่จะรักษาแรงบิดของมอเตอร์มากกว่า หรือมีค่าคงที่น้อยอยู่ในช่วง 0 ถึง 4,000-5,000 rpm อย่างไรก็ตามความเร็วที่สูงกว่าแรงบิดจะเริ่มลดลง ซึ่งหมายความว่า อัตราการเร่งอยู่ในช่วง 65-105 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็นสิ่งที่ไม่ดีอาจจะสร้างปัญหาระหว่างการขับเคลื่อนในทางหลวง

ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นจะพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของการทำงานขับเคลื่อนไฟฟ้าที่ต้องการมากกว่า 2,000-3,000 rpm แต่ความเร็วของล้อ 105 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วในถนนหลวงมีประมาณ 500 rpm เท่านั้น ความถี่ของอัตราเร่ง คือคุณลักษณะของการขับเคลื่อนในเมือง ซึ่งต้องการแรงบิดสูงทั้งหมด

ระบบการขับเคลื่อน

ระบบการขับเคลื่อนประกอบไปด้วย ระบบย่อยของตัวควบคุมไฟฟ้า ตัวแปลงกลไกไฟฟ้า ตัวเปลี่ยนกลไก แรงบิดแบบครึ่งแรง เครื่องแปลงการตัดไฟฟ้าแบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสสลับ เกียร์ การเปลี่ยนเกียร์ เป็นต้น

มอเตอร์ขับเคลื่อนแบบคู่ ใช้แทนการแบ่งครึ่งแรงบิด ด้วยการเปลี่ยนเกียร์การขับเคลื่อนที่ต้องการ สำหรับแต่ละข้างของตัวควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นหลักประกันว่าแรงบิดทำงานอย่างเรียบ



ภาพประกอบ 43 One Motor Drive System (a) and Two Motor Drive System (b)

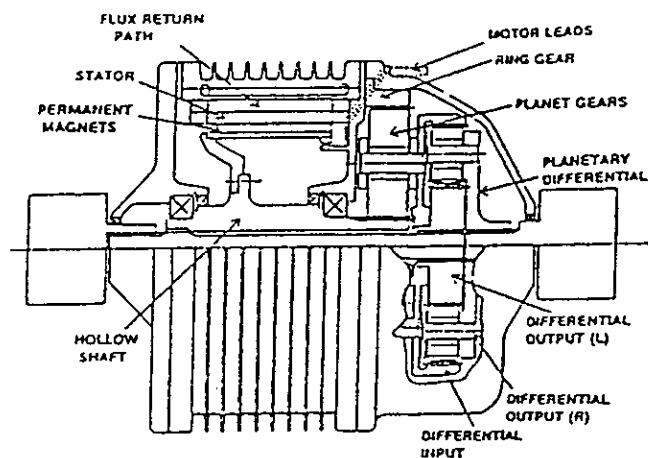
การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ

การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซเป็นประโยชน์ ต่อเทคโนโลยีรถยนต์ในปัจจุบัน เมื่อความเร็วของมอเตอร์เป็นตัวหั่งคัษระหนอัดโนมิติ หรือเป็นคั่มือการถ่ายเทกำลังไปสู่เกียร์ และลัอถูขั้มเคลื่อนโดยเกียร์ เผลาทำยรถยนต์ ทำให้ลัอทั้ง 2 ขััง หมุนเร็วช้าต่างกัน เมื่อเวลาเล็ยวสำหรับความเร็วที่ลดลง ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า ใช้การถ่ายเทกำลังแบบเดียวกัน และแตกต่างกันในตอนเริ่มแรก ออกแบบสำหรับรถยนต์ที่สันดาปภายใน มีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ถูกแทนที่โดยมอเตอร์ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ ที่ใช้ในรถยนต์บางคันได้ถูกออกแบบเป็นพิเศษสำหรับการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น เฟียต แพนดา เป็นรถยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีมอเตอร์ 9.2 กิโลวัตต์ ถ่ายเทกำลังไปสู่เกียร์ 4 จัังหวะ การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ เป็นกลไกการขับเคลื่อนโดยใช้ความถี่ ที่เชื่อมต่อกับชุดของการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบกระแสตรง การขับเคลื่อนแบบนี้ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการทำงานของเกียร์แบบมัลติเรโซให้ความถูกต้องมากกว่า

การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ

การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าบางอย่างเหมือนกับการขับเคลื่อน ตัวแปรความถี่แบบ กระแสสลับ ซึ่งมีช่วงกว้างของการปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ การลดเกียร์แบบซิงเกิลเรโซ จะเหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่น รถยนต์ส่วนใหญ่ ถูกออกแบบสำหรับปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคแบบนี้ ซึ่งมอเตอร์จะติดตั้งกับแกนเพลลา และลดเกียร์เป็นการบูรณาการรวม เป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์ เช่น มอเตอร์ อีคอสต้า มีมอเตอร์ 75 กิโลวัตต์ หนึ่งวินาที โดย กระแสไฟฟ้าจากมอเตอร์ ที่ติดตั้งตรงกับแกนเพลลาหน้า

ตัวอย่าง การบูรณาการรวมเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์ และการลดเกียร์เป็นมอเตอร์ ที่ติดตั้งกับเพลลา ดังภาพประกอบ 44



ภาพประกอบ 44 แสดงการบูรณาการมอเตอร์ เกียร์และส่วนประกอบอื่น ๆ

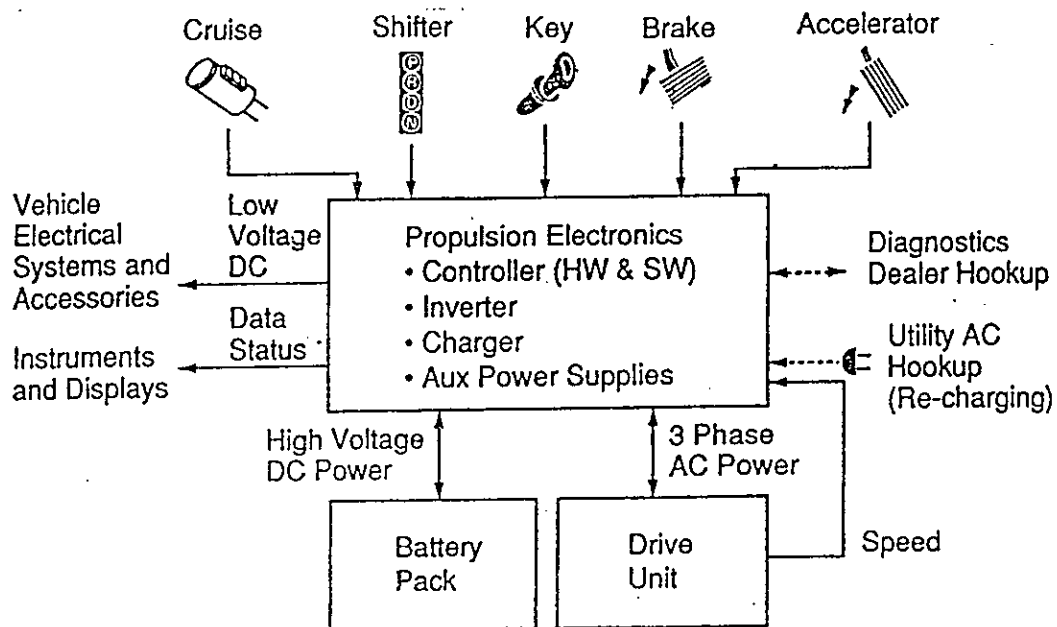
การขับเคลื่อนโดยตรง

การขับเคลื่อนล้อโดยตรงตามประเภทของมอเตอร์ เป็นแนวคิดที่เป็นที่ต้องการของ รถยนต์ไฟฟ้า การลดเกียร์ในการขับเคลื่อนล้อ และการสร้างเครื่องยนต์กลไกที่ง่าย ๆ แต่สามารถควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้ ตัวอย่าง ของการขับเคลื่อนด้วยล้อ ซึ่งมอเตอร์ จะติดตั้งกับล้อ ทำงานโดยการขับเคลื่อนโดยตรง สามารถพัฒนาได้ โดยการแก้ไขเปลี่ยนแปลง

การเชื่อมติดต่อมอเตอร์โดยสวิตช์แบบเดลต้าและแบบวาย เชื่อมติดต่อกัน และสวิตช์จากคู่ขนานที่เชื่อมติดต่อกันในมอเตอร์จะหมุน 2 แบบ

ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

ระบบการขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้าที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ คือ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ที่บรรจุแรงดันไฟฟ้าต่ำ และพลังงานที่ควบคุมวงจรต่ำ ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ที่บรรจุพลังงานต่ำ แต่มีแรงดันไฟฟ้าสูง กระแสไฟฟ้าจะควบคุมการทำงานของยานยนต์และพลังงานของมอเตอร์ ในภาพประกอบ 45 แสดงการเชื่อมโยงของอิเล็กทรอนิกส์ การขับเคลื่อนในส่วนที่ 2 สันนิบาตการควบคุมจากคันขับและมอเตอร์จะไปรวมอยู่ที่สวิตช์ที่มีความถี่สูงใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อการสังเคราะห์เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับมอเตอร์ ในหน่วยงานนั้นพลังงานจะผ่านเข้าไปเพื่อประจุไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้พลังงาน 12 โวลต์และในระบบอื่น ๆ จะหาข้อบกพร่องของการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ พลังงานจะผันแปรจาก 12 โวลต์ และในระบบอื่น ๆ จะหาข้อบกพร่องของการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ พลังงานมอเตอร์จะผันแปรจาก 0-500 เอิร์ต และกระแสไฟตรงจากมอเตอร์จาก 0-150 แอมแปร์



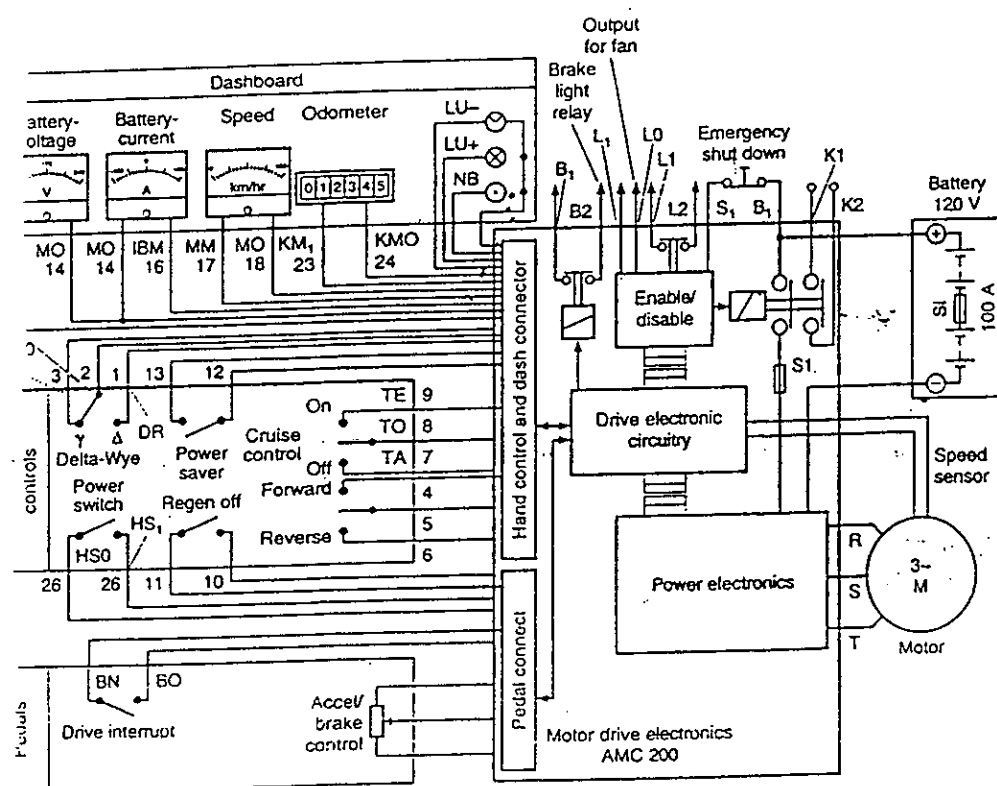
ภาพประกอบ 145 แสดงการเชื่อมโยงของระบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

ระบบควบคุมรถยนต์

รถไฟฟ้าในปัจจุบัน จะใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี สารกึ่งตัวนำมาพัฒนาวงจรไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมมอเตอร์ พลังงานทรานซิสเตอร์ สัญญาณดิจิทัลตรวจสอบ และป้องกันความผิดพลาดในระบบการทำงาน อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ ที่เกิดจากการแข่งขันระหว่างสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นก่อให้เกิดประโยชน์ ต่อระบบควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ พื้นฐาน และระบบควบคุมดิจิทัลโดยตรง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก มีการศึกษาและพัฒนาตลอด ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมระบบการขับเคลื่อน และการประจุไฟ ควบคุมสมรรถนะและหาจุดบกพร่องของระบบ หลักการทำงานของระบบควบคุมรถยนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ตัวควบคุมมอเตอร์
2. คันบังคับเท้าห้ามล้อ
3. การควบคุมด้วยมือ
4. แดชบอร์ด

ระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้าเป็นระบบที่ทันสมัย โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบย่อยทั้งหมด ปริมาณแอมป์ ความเร็วของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระบบปฏิบัติ การย่อยเป็นการวัดด้วยเครื่องแปลงกำลัง จะแปลงสัญญาณไปเป็นอนุาล็อก สัญญาณเป็นตัวเลขแล้วส่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์ มีการประเมินสัญญาณระบบย่อย และส่งออกมาควบคุมสัญญาณไมโครโปรเซสเซอร์ จะตัดระบบในกรณีที่เกิดความผิดพลาด ตัวควบคุมรถยนต์จะปิดเพื่อปฏิบัติตามสถานการณ์ที่เกิดผลดีที่สุด และเกิดผลดีในการใช้เก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่



ภาพประกอบ 46 แสดงระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

หน้าที่ของไมโครโปรเซสเซอร์

1. ควบคุมการขับเคลื่อน
2. ควบคุมลำดับขั้นการขับ
3. มีมาตรวัดเชื้อเพลิง
4. การประจุไฟแบตเตอรี่/ ควบคุมเสถียรภาพ
5. การวินิจฉัยข้อบกพร่อง

การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้า เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยทั่วไปมีอุปกรณ์ ที่เป็นตัวที่สามารถมองเห็นได้ ใช้เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสตรง เป็นส่วนประกอบของขอปเปอร์ และมอเตอร์กระแสตรงที่เข้ามาแทนที่ เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสสลับ รวมทั้งอินเวอร์เตอร์ และมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส หรือมอเตอร์แบบอะซิงโครนัส ในอนาคตอันใกล้ แม้หลักการและสวิตช์ของมอเตอร์จะหาได้ง่าย ประเด็นที่เป็นคำตอบสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบการขับเคลื่อน ก็คือประสิทธิภาพ น้ำหนักน้อยและขนาดลดลง สำหรับราคาดูเหมือนว่าจะไม่เป็นปัญหา สามารถซื้อได้และราคาจะลดลงในไม่ช้า เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วราคาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทางคอมพิวเตอร์ มีการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีเท่าที่จะหาได้ อุปกรณ์ดังกล่าว มีพลังงานที่จะนำมาใช้ทำงานได้ดีที่สุด ของพลังงานการขับเคลื่อนและแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพของการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์ จะช่วยให้การควบคุมรถยนต์ มีประสิทธิภาพ การควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงปกติทำได้ 2 ส่วน ส่วนแรก เป็นคำสั่งให้เกิดกระแสไฟฟ้าผ่านอาร์เมเจอร์ และอีกส่วนหนึ่งเป็นคำสั่งให้เกิดกระแสไฟในสนาม

หลักการออกแบบลักษณะของอาร์ดแวร์

หัวใจของระบบการขับเคลื่อนทางไฟฟ้า คือตัวควบคุมไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งรับคำสั่งจากคนขับรถยนต์ไฟฟ้าสถานะภาพของระบบที่ใส่เข้าไป และสัญญาณการเซ็นเซอร์ การปฏิบัติการของสัญญาณที่ใส่เข้าไป สัญญาณของไมโครคอมพิวเตอร์ที่ออกมาควบคุมขั้วต่อแปร์ กระแสไฟฟ้าอาร์เมเจอร์ไปสู่อุปกรณ์ และตัวเติมประจุไฟแบตเตอรี่ และการกำกับ การปฏิบัติการหลายอย่าง

อาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ คืออินเทลตั้งแต่เบอร์ 286 386 486 หรือ เบนเทียมต่าง ๆ ซึ่งอาร์ดแวร์จะถูกออกแบบให้เหมาะสมสอดคล้อง กับอุปกรณ์ควบคุมวงจร ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอื่น ๆ

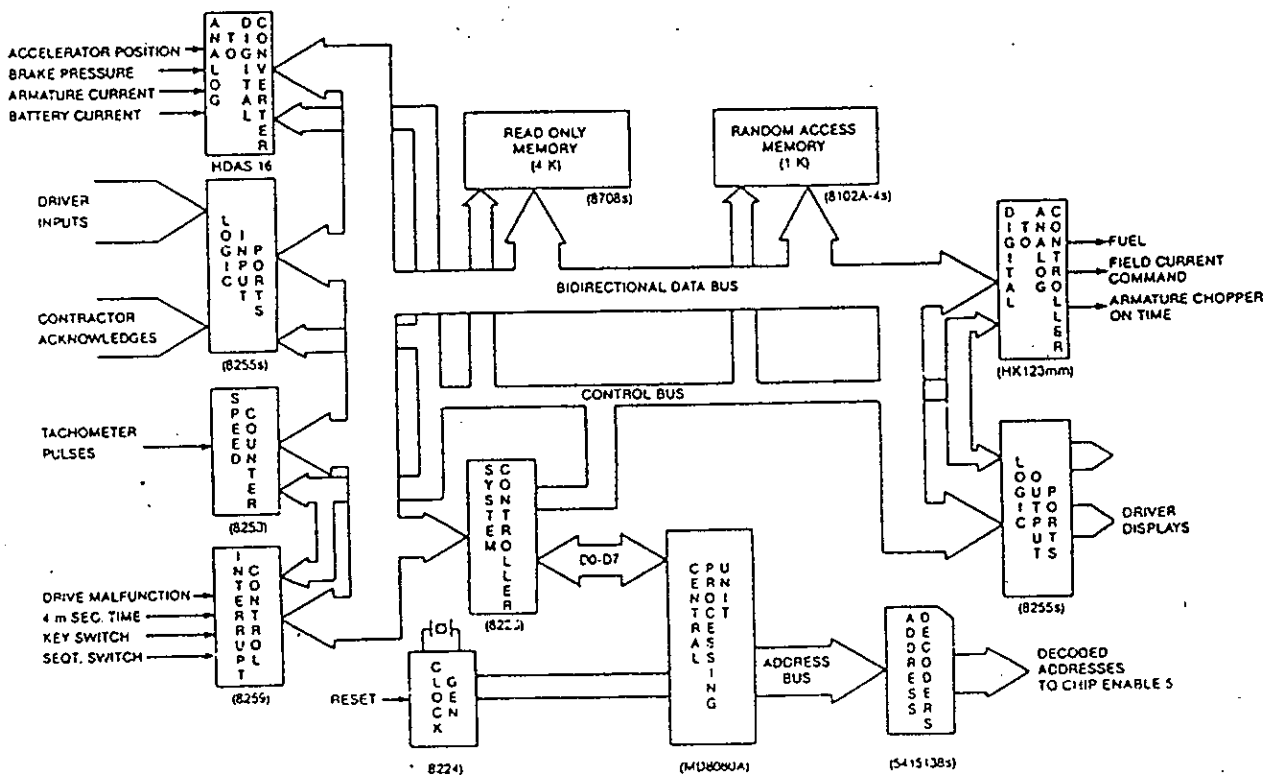
ชอส ไนมาล เค (1987 : 166-167) ได้ออกแบบลักษณะการออกแบบอาร์ดแวร์ ของไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นอินเทล 8080 อาร์ดแวร์นี้ได้รับการออกแบบเพื่อปฏิบัติการ ได้อย่างน่าพอใจ โดยมีช่วงของอุณหภูมิกว้าง (-20 ถึง 120 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ -29 ถึง 52 องศาเซลเซียส) การช็อค การสั่นสะเทือน และการรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะ จะเกิดกระแสไฟฟ้าในขั้วต่อแปร์

ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการออกแบบตามความต้องการของผู้ซื้อ ซึ่งเป็นองค์ประกอบ ของมิลสเปก และมีอาร์ดแวร์ที่ตี และซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์กรองสัญญาณแบบออปติกให้เป็น สัญญาณเดียว เพื่อให้การปฏิบัติการเป็นอิสระในด้านเสียง โปรแกรมที่นำไปใช้และวินจันย์ เป็นความสามารถของโปรแกรม ซึ่งอ้างจากความจำ ซึ่งมีกรอบ 4 ด้าน และแรม 1 เค ที่สนับสนุนโปรแกรมหลัก อาร์ดแวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยกล่องอุปกรณ์ ขนาด 5 x 9 นิ้ว ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ยอมให้ความร้อนผ่านจากพื้นผิวส่วนบนเท่านั้น

หลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยชุดของโมดูล ที่ควบคุมการทำงานของ ซอฟต์แวร์ และควบคุมเวลาที่แท้จริงของรถยนต์ไฟฟ้า ซอฟต์แวร์เป็นพื้นฐานสามารถเลือก ใช้อินเทลเบอร์ต่าง ๆ อาจจะใช้ภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาอื่นที่เขียนขึ้นให้งานให้สอดคล้อง และเหมาะสมสัมพันธ์กับอาร์ดแวร์ ตลอดจนพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อน และควบคุมการเดินกำลัง

ในขณะเบรค คำสั่งเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการควบคุมที่สูงสุด การควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์/สนาม และระบบป้องกันซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะดำเนินงานโดยโปรแกรม 2 โปรแกรม คือ โปรแกรมหลักและโปรแกรมช่วย



ภาพประกอบ 47 Microcomputer block diagram

รายนามวิทยากร

รายนามวิทยากรที่ใช้ในการอบรมหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับ
นักศึกษาช่างยนต์

1. นายวัฒนา ภารัตนวงศ์
2. นายเฉลิมศักดิ์ ลีตระกูล
3. นายสรยุทธ์ สวัสดิ์วงษ์ชัย
4. นายวุฒิชัย สิทธิวงศ์

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

2541

คำแนะนำการเรียนและการทำกิจกรรม

1. โปรดทำความเข้าใจคู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง เรื่องเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้านี้อย่างละเอียด
2. ในซองที่ส่งมา ประกอบด้วยเอกสารและแบบฟอร์มต่าง ๆ ดังนี้
 - 2.1 คู่มือการใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง รหัส EV 01
 - 2.2 ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง รหัส EV 02 ประกอบด้วยบทเรียน 5 หน่วย และแบบฟอร์ม 1 ชุด
 - 2.2.1 หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 - 2.2.2 หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรถยนต์
 - 2.2.3 หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการเติมประจุไฟ
 - 2.2.4 หน่วยที่ 4 มอเตอร์และระบบควบคุมมอเตอร์
 - 2.2.5 หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและระบบควบคุมรถยนต์
 - 2.3 ตารางการใช้ชุดการเรียนรู้ รหัส TW 02
 - 2.4 เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ รหัส EV 03 ประกอบด้วย
 - 2.4.1 เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้หมายเลข 1 ลักษณะรายวิชา หลักสูตรเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
 - 2.4.2 เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข 2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
 - 2.4.3 เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข 3 การวัดและประเมินผลการเรียน
 - 2.5 กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน รหัส TW 01
3. ทำแบบทดสอบก่อนเรียนซึ่งอยู่ท้ายคู่มือ การใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่องเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้านี้ ก่อนใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง อย่างเต็มความสามารถ โดยบันทึกคำตอบลงในกระดาษคำตอบรหัส TW 01 แล้วส่งผู้วิจัยทันที

4. วางแผนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา ไม่ควรเกิน 1 เดือน โดยจัดตารางประกอบด้วยวัน เวลา ที่ใช้ในการศึกษาแต่ละครั้ง ตามแบบฟอร์ม รหัส TW 02

5. เริ่มศึกษาชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง รหัส EV 02 ได้ทันที โดยเริ่มจากศึกษาแนวคิดของชุดการเรียนรู้และหน่วยการเรียนรู้ แต่ละหน่วยเรียงตามลำดับ ตามความสามารถของตนเอง

5.1 เนื้อหาบทเรียนถูกจัดไว้เป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องเพียงแต่ท่านตั้งใจอ่านเนื้อหาในบทเรียน อย่างละเอียดตามลำดับหน้า โปรดอย่าอ่านข้ามหน้า โดยศึกษาทีละหน่วย เริ่มจากหน่วยที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 ตามลำดับ

5.2 ขณะศึกษาบทเรียน บางครั้งมีการขอให้ท่านอ่านเอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ ซึ่งเอกสารที่ให้อ่านนี้ จะมีหมายเลขกำกับอยู่ ขอให้ท่านปฏิบัติตามที่บทเรียนระบุไว้ ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจ และความต่อเนื่องของบทเรียน

5.3 ตรวจสอบคำตอบ ซึ่งท่านสามารถประเมินความก้าวหน้าของการเรียนรู้ได้โดยอ่านเกณฑ์การประเมินที่ตอนท้ายของแบบเฉลยนั้น

ถ้าการประเมินผลผ่านเกณฑ์ ให้ท่านอ่านหน้าต่อไป

ถ้าการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์ ให้ท่านย้อนกลับไปศึกษาบทเรียนเดิมอีกครั้งหนึ่ง เป็นการเรียนซ่อมเสริม
เมื่อเข้าใจแล้วจึงอ่านหน้าต่อไปได้
โดยไม่ต้องแก้คำตอบที่ทำไปแล้ว

6. เมื่อศึกษาบทเรียนแต่ละหน่วยเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรดทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งอยู่ท้ายหน่วยเรียนด้วย และโปรดแสดงความคิดเห็น ในแบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อผู้วิจัยจะได้นำข้อมูลมาพัฒนาชุดการเรียนรู้ ดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

7. หลังจากการใช้ชุดด้วยตนเองเสร็จสิ้นแล้ว โปรดส่งชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง รหัส EV 02 ตารางการใช้ชุดการเรียนรู้ รหัส TW 02 ไปยังผู้วิจัย

ชุดการเรียนนี้จะได้ผลตามวัตถุประสงค์เมื่อท่านปฏิบัติตาม
คำแนะนำอย่างเคร่งครัด ซึ่งถ้าท่านปฏิบัติตามคำแนะนำนี้
แล้ว ท่านจะพบว่า ท่านเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่าง
น่าภาคภูมิใจเป็นที่สุด

ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง
สำหรับนักศึกษาช่างยนต์

เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

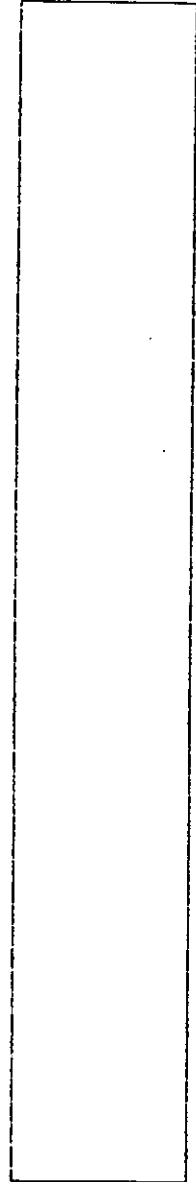
พัฒนาโดย

นายเฉลิมพล คงจันทร์

แนวคิดของชุดการเรียนรู้

การจัดการเรียนการสอน ในหลักสูตรเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า
สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ มีเป้าหมายหลักอยู่ประการหนึ่ง คือการถ่ายทอด
วิทยาการและเทคโนโลยีในอนาคต เพื่อพัฒนาความรู้ ความสามารถของ
ผู้เรียน ในเรื่อง

- หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรยนต์ไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรยนต์
- หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุไฟ
- หน่วยที่ 4 มอเตอร์และระบบควบคุมมอเตอร์
- หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับเคลื่อนและระบบควบคุมรยนต์



หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยี
รถยนต์ไฟฟ้า

หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

แนวคิด

หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า เป็นการกล่าวถึงความสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลพิษและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเปรียบเสมือนรถยนต์ที่เปลี่ยนแปลงสีเขียวให้แก่สิ่งแวดล้อม นอกจากนั้น รถยนต์ไฟฟ้ายังช่วยลดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ฝุ่นละออง หมอกควัน โอโซน ฝนกรด ภาวะเรือนกระจกให้น้อยลง ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตัวถังรถยนต์มีน้ำหนักเบา มีการพัฒนาวัสดุที่เหมาะสมซึ่งคาดว่า เหล็ก อลูมิเนียมและสารประกอบจะเป็นวัสดุที่นำมาพัฒนาให้เป็นนวัตกรรมใหม่ของการพัฒนาตัวถังรถยนต์ มีการพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมาให้มีการเติมประจุไฟที่รวดเร็ว มอเตอร์ได้รับการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูง มีระบบควบคุมและระบบช่วยเหลือสนับสนุนตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานที่ดีจะเป็นองค์ประกอบที่จะช่วยให้รถยนต์ไฟฟ้าเป็นที่นิยมแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว ท่านควรที่จะสามารถ

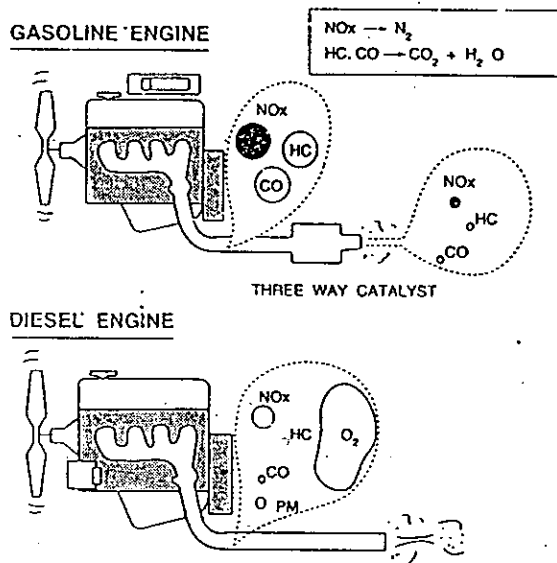
1. บอกหลักที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม
2. อธิบายประโยชน์ที่สำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า
3. อธิบายบทบาทของการออกแบบและการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
4. อธิบายบทบาทการเลือกใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงรถยนต์ไฟฟ้า
5. อธิบายบทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบาย และการส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้า
6. บอกประวัติของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
7. บอกช่วงระยะเวลาและการวัดผลการขยายตัวทางตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า
8. บอกแรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า
9. บอกข้อดีและข้อจำกัดของรถยนต์ไฟฟ้า
10. อธิบายส่วนประกอบที่ทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด ณะศึกษาบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

มลพิษในอากาศที่คนในกรุงเทพมหานคร กำลังเผชิญอยู่ถือว่าเป็นปัญหาร้ายแรงที่หลายฝ่ายพยายามที่จะแก้ไขอยู่ จากรายงานสภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ปี พ.ศ. 2538 ได้ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศโดยเฉลี่ย มีมากกว่าค่ามาตรฐานที่คนจะสามารถรับได้ถึง 3 เท่า โดยจะมีความเข้มข้นสูงในบริเวณท้องถนน มลพิษที่เป็นปัญหารองลงมาคือ คาร์บอนมอนนอกไซด์ แต่ยังไม่เกินมาตรฐานที่ได้ตั้งไว้ (องอาจ แซ่จิ่ง . 2539 : 90)



ภาพประกอบ 48 การทำงานของเครื่องยนต์แต่ละชนิด

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากรถยนต์

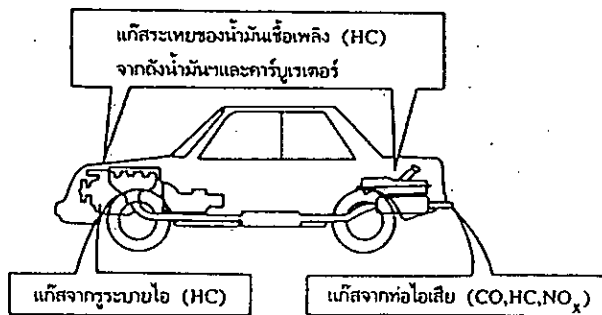
มลพิษทางอากาศที่เกิดจากรถยนต์เกิดจากการเผาไหม้หรือการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิง แก๊สพิษที่เกิดจากการเผาไหม้หรือการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน มี 3

อย่างได้แก่

1. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
2. แก๊สไฮโดรคาร์บอน
3. แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน

สัจจิต์ สนองคุณ (2540 : 10-11) ได้กล่าวไว้ว่า มลพิษทางอากาศที่กำเนิดจากรถยนต์ มีแหล่งกำเนิด 3 แหล่งคือ

1. แก๊สจากไอเสีย
2. แก๊สจากการระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิง
3. แก๊สจากระบายไอ



แหล่งกำเนิด แก๊ส \ ชนิดของแก๊ส	CO	HC	NO _x
แก๊สไอเสีย	๑๐๐%	๕๕%	๑๐๐%
แก๊สจากการระเหย ของน้ำมันเชื้อเพลิง	-	๒๐%	-
แก๊สจากไอน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านแวนสู่ถังน้ำมันเครื่อง	-	๒๕%	-

ภาพประกอบ 49 แหล่งกำเนิดของแก๊ส

ดังนั้น จึงได้มีการพัฒนารถไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้แทนรถเครื่องยนต์สันดาปภายใน การพัฒนารถไฟฟ้าโดยบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทั่วโลกมาตลอดกว่า 20 ปี โดยพยายามพัฒนาทั้งทางด้านระบบแบตเตอรี่และระบบการขับเคลื่อน การพัฒนาได้ดำเนินการอย่างจริงจังมาเมื่อ 10 ปีที่แล้วมานี้เอง

รถไฟฟ้าอุบัติขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นยานพาหนะที่ปราศจากควันพิษ ในขณะเดียวกันก็ช่วยประหยัดน้ำมันอันเป็นแหล่งพลังงานปัจจัยที่กำลังห่อหุ้มอย่างน่าใจหาย รถไฟฟ้าใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ จึงไม่มีควันพิษ เมื่อแบตเตอรี่หมดจะถูกอัดไฟให้เต็มใหม่จากไฟฟ้าสลับที่มาจากโรงไฟฟ้า พลังงานที่โรงไฟฟ้าใช้ในการผลิตไฟฟ้าอาจได้มาจากเขื่อน น้ำมัน หรือนิวเคลียร์ ถึงแม้ว่าจะว่าไปแล้ว พลังงานต้นตอของรถไฟฟ้าก็มาจากน้ำมันเหมือนกัน แต่เมื่อเทียบประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานจากน้ำมันมาใช้งานของโรงไฟฟ้ากับรถยนต์ธรรมดาแล้ว ของโรงไฟฟ้าดีกว่าเนื่องจากเป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่ควบคุมการเผาไหม้อย่างดี โอเลียมที่เกิดขึ้นก็สามารถขจัดได้โดยสะดวก น้ำมันที่ใช้นั้นก็จะเป็นน้ำมันแก๊สโซลีน ซึ่งต้องผ่านกระบวนการต่าง ๆ หลายขั้นตอนก็สามารถใช้น้ำมันชั้นเลวอย่างน้ำมันเตาเท่านั้นเอง

รถยนต์ไฟฟ้ามีเสน่ห์อื่น ๆ อีกเช่น ควบคุมง่าย เร่งได้เร็วทันใจ คล่องแคล่ว เงียบ การบำรุงรักษาน้อยมาก รถประเภทนี้มักจะออกแบบให้เล็กกระทัดรัด น้ำหนักเบา ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งในลักษณะการใช้งานในเมือง (บรรณาธิการ. 2535 : 273) ในขณะนี้รถไฟฟ้ากำลังเริ่มแพร่หลายในอังกฤษอเมริกาและคงอีกไม่นานนักที่จะแพร่หลายไปทั่วโลก รถไฟฟ้าได้รับความสนใจ กระทั่งมีโครงการตั้งสถานีอัดแบตเตอรี่แบบเดียวกับปั้มน้ำมันในปัจจุบัน ซึ่งคนแรกนี้อาจจะมองว่าการลงทุนสูง แต่จะเห็นว่าน้อยกว่าในตอนเริ่มต้นของรถยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งตอนนั้นต้องมีการลงทุนตั้งปั้มน้ำมันในราคาแพงซ้ำร้ายการที่นำเอาเชื้อเพลิงไวไฟจำนวนมาก ๆ ไปเก็บตามที่ต่าง ๆ ดู ๆ ไปน่ากลัวมิใช่น้อยทีเดียว

กฎเกณฑ์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่ทวีความเข้มงวดมากขึ้นเรื่อย ๆ ในหมู่ประเทศตะวันตก โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณะกรรมการพิจารณาพลังงานไฟฟ้าของมลรัฐแคลิฟอร์เนียซึ่งเป็นรัฐที่เน้นรถยนต์ไร้มลภาวะมากที่สุด在美国 เดิมทีรัฐแคลิฟอร์เนียกำหนดไว้ว่า ภายในปีหน้ารถที่จำหน่ายในแคลิฟอร์เนียต้องเป็นรถปลอดมลพิษ ร้อยละ 10 แต่ได้ลงมติเลื่อนการบังคับออกไปอีก 5 ปี เพราะราคารถและแหล่งพลังงาน ยังไม่ดีพอที่จะเป็นรถใช้งานได้จริง ๆ

ทฤษฎีรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Theory)

pencer Quong และคณะ (1994 : 24) ได้กล่าวว่า พลังงานที่จำเป็นต่อพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับผลรวมของแรง 4 ส่วน คือ rolling resistance aerodynamic gravitational และ acceleration ควบด้วยความเร็วและประสิทธิภาพ ดังสมการที่ 1

$$P = VE (F_{rr} + F_D + F_g + F_a) \quad \text{-----1}$$

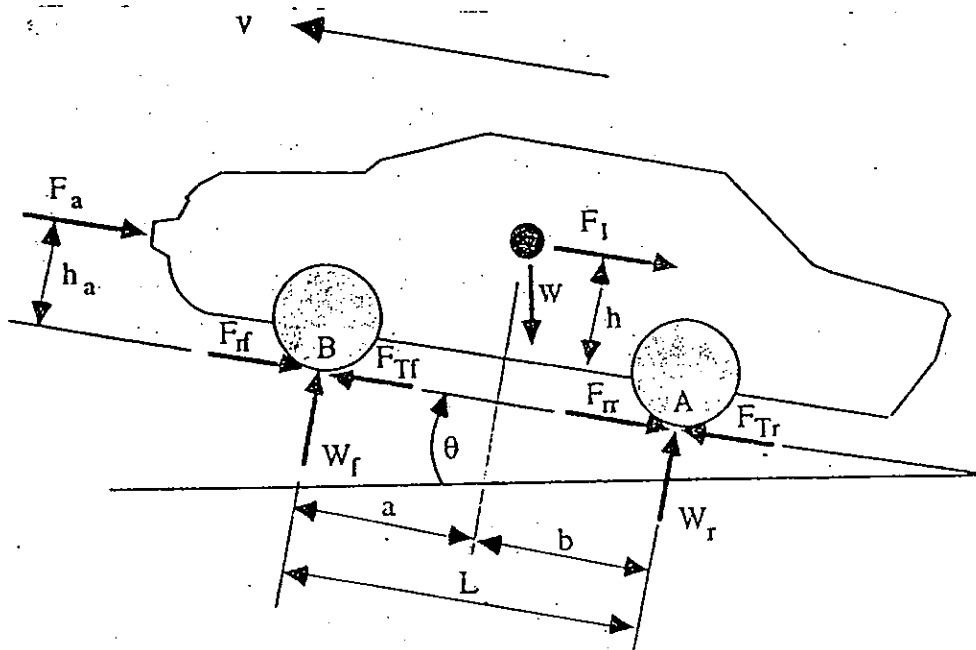
เมื่อ F_{rr} แทน rolling resistance force

F_D แทน aerodynamic drag

F_g แทน gravitation force

F_a แทน acceleration force

E แทน vehicle efficient



ภาพประกอบ 50 การกระทำของแรงต่อรถยนต์ไฟฟ้า

บทบาทของการออกแบบและการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานของยานยนต์จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่น ๆ ออกมา ซึ่งเป็นองค์ประกอบ ที่มีผลต่อการออกแบบ และการใช้ยานยนต์ให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นเพื่อทำความเข้าใจเฉพาะทาง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างและการขับ เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการตัดสินใจใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น มีประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1. ประสิทธิภาพของยานยนต์ที่ใช้การสันดาปภายในแบบเดิม จะมีผลต่อการขับอย่างแท้จริง การเผาเครื่อง การหยุดและขับไปของยานยนต์แบบเดิม ก่อให้เกิดก๊าซจากท่อไอเสียฟุ้งกระจายในหัวเมือง ส่วนยานยนต์ไฟฟ้าจะไม่เกิดมลพิษเหล่านี้ มีเอกสาร 3 ชิ้น ของไบรแกน มอร์เชลวัน และสทริเซอร์ ได้ตรวจสอบเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวนี้ในบางประเด็น เช่น กลุ่มที่ 1 พบว่าประสิทธิภาพทั้งหมดของยานยนต์ ที่ใช้ในการสันดาปภายในและการถ่ายเทกำลังของยานยนต์แบบเดิม ในการขับรถในเมือง มีเพียง 85 % เท่านั้น หรือประมาณ 2 ใน 3 ของเวลา ซึ่งน้อยกว่าการขับรถยนต์ในถนนหลวง ซึ่งมีประสิทธิภาพ 28-30 %

2. ประสิทธิภาพของยานยนต์ไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับชุดของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงประสิทธิภาพของตัวประจุไฟ แบตเตอรี่และเครื่องผลิตไฟฟ้า ในประเด็นนี้ผู้ศึกษา 4 คน คือ ไบรแกน เดลเชย์ มอร์เชลวัน และสวีสเซอร์ โดยเฉพาะเดลเชย์ ให้ข้อสังเกตว่า การพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของตัวประจุไฟ เพิ่มขึ้นจาก 80-90 % และแบตเตอรี่จะมีประสิทธิภาพจาก 75-90% เอกสารดังกล่าวได้คาดคะเนว่าประสิทธิภาพของเพาเวอร์เพลนจาก 30-38 % ของเชื้อเพลิงจากถ่านหิน และจาก 40-48 % ของเชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติ หลังจากมีการพัฒนาวงจรการผลิตให้มีความทันสมัย อาจจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจาก 55-60 % สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นถ่านหิน และ 65-70 % สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซธรรมชาติ

3. พลังงานและผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งยานยนต์แบบเดิมยานยนต์ไฟฟ้า จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของยานยนต์ มีสมมติฐานหลายข้อที่กล่าวว่า อาจจะเป็นไปได้ที่จะออกแบบยานยนต์ไฟฟ้า ที่มีน้ำหนักเบากว่ายานยนต์แบบเดิม สำหรับนำไปใช้งาน โดยทั่วไป การตัดสินใจว่า พลังงานของยานยนต์ไฟฟ้า มีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด โดยการออกแบบยาน

ยนต์ให้เขาที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อที่จะใช้งาน ในเอกสารของคาร์เซอร์ ให้ข้อสังเกตว่า ยานยนต์จะบอกว่า อาจจะไปสู่การลดความปลอดภัยลงมา ตามกฎหมายฟิสิกส์เกี่ยวกับการรักษาโมเมนตัม แต่วัตถุกรรมทางเทคโนโลยี ดังเช่นวัสดุที่แข็งแรง และการออกแบบตัวถัง 2 ชั้น อาจจะช่วยสิ่งทีกล่าวนานี้ได้

บทบาทของการเลือกเชื้อเพลิงและการควบคุมก๊าซเพื่อตัดสินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของยานยนต์ไฟฟ้า และยานยนต์ประเภทอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับพลังงานที่เป็นเชื้อเพลิง ที่ใช้และระดับของการควบคุมการปล่อยก๊าซไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งผลกระทบที่แท้จริงจะแตกต่างกันตามสถานที่และสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน สิ่งที่น่าประหลาดใจเป็นระดับความสอดคล้องกันของสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากจากเลือกใช้พลังงานเป็นเชื้อเพลิงของยานยนต์ไฟฟ้า และการควบคุมเทคโนโลยี ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ยานยนต์ไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และซิลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำกว่ายานยนต์แบบเดิม ในสถานที่ใช้ก๊าซธรรมชาติผลิตไฟฟ้า หรือควบคุมการปล่อยไอเสียแบบใหม่ แทนที่การใช้พลังงานจากถ่านหิน ขลุเมล และไมเคิลลิส ให้ข้อสังเกตว่าการคะตะไลต์ 3 ทาง จะมีประสิทธิภาพเป็นอย่างสูง ในการลดการปล่อยไนโตรเจนไดออกไซด์ สำหรับยานยนต์แบบเดิม ในทางตรงข้าม เทคโนโลยีได้ชี้ให้เห็นว่ามาตรฐานการเข้มงวด ต่อไนโตรเจนไดออกไซด์อาจจะง่ายมาก เพื่อการกำกับและใช้บังคับกับพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าใช้กับยานยนต์จำนวนมาก ส่วนเขสเน่ ได้เน้นว่าการปล่อยไอเสียจะมีซิลเฟอร์ไดออกไซด์ จะประสบความสำเร็จ 90-95 % ในการลดไอเสียที่ปล่อยออกมา จากการใช้พลังงานจากถ่านหิน

2. ความสัมพันธ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของยานยนต์ไฟฟ้า และยานยนต์แบบอื่น ๆ หลักการสำคัญ ขึ้นอยู่กับเชื้อเพลิง ที่ใช้ในการให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า คือพลังงานนิวเคลียร์หรือพลังงานใหม่ที่สามารถหาได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากยานยนต์ไฟฟ้ามีน้อยกว่ายานยนต์แบบอื่น ๆ พลังงานที่เกิดจากก๊าซธรรมชาติยานยนต์ไฟฟ้ายังคงมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำกว่ายานยนต์แบบเดิม ข้อเท็จจริงดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของไบรแกน นิชเซอร์ และไมเคิลลิส ยานยนต์ไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานในการ

จึงจะมีประสิทธิภาพสูง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ายานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง ที่เป็นก๊าซธรรมชาติโดยตรง ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากถ่านหิน คาดการณ์ว่าจะมีประสิทธิภาพ 32-38 %

บทบาทของยุทธศาสตร์ด้านนโยบายและการส่งเสริมการตลาดสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า

ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่ายได้แก่ ฝ่ายรัฐ ฝ่ายเอกชน ผู้มีอำนาจในท้องถิ่น โรงงานผู้ผลิตรถยนต์ ตลอดจนผู้ซื้อและประดษชนของยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นจำเป็นที่สุด ต่อสิ่งแวดลอม และเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับประชาชน ดังนั้น ผู้กำหนดนโยบายต้องมีบทบาท ที่จะชี้แจงให้อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ไฟฟ้า เข้าใจอย่างชัดเจนเกี่ยวกับภาษีและกรอบการทำงาน ที่จะต้องปฏิบัติตามปกติ ซึ่งจะยอมให้มีการแข่งขันระหว่างบริษัทผู้ผลิตขึ้นมาแทนโดยจะกระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรม ด้านเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพ ราคาที่เหมาะสมควร ที่จะลดลงในการทำงานนอกเวลา เทคโนโลยีและการปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์และระบบเศรษฐกิจอย่างแท้จริง

บทบาทและระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

ปัจจุบันมลพิษทางอากาศ เสียง เขม่า ฝุ่นละออง และหมอกควันเป็นปัญหาของมนุษย์ทั้งในกรุงเทพมหานครและเมืองใหญ่ ๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาใช้เพื่อลดมลพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้สารกึ่งตัวนำและอิเล็กทรอนิกส์ วิธีการเชิงระบบทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้าสำหรับควบคุมมอเตอร์การเติมประจุในแบตเตอรี่ควบคุมสัญญาณดิจิทัล ผลงานของทรานซิสเตอร์ การตรวจสอบและการป้องกันการผิดพลาดของการทำงาน ในอนาคตรถยนต์ไฟฟ้าจะใช้พลังงานน้อยกว่ารถยนต์ใช้น้ำมันที่สิ้นเปลืองมาก ใน ซึ่งการใช้รถยนต์ไฟฟ้าจะช่วยลดการใช้น้ำมันลงมากกว่า 90%

ปัจจัยที่ดึงดูดความสนใจของนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยทั่วโลก คือรถยนต์ไฟฟ้าเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถแก้ปัญหามลพิษในอากาศได้เป็นอย่างดี นักสิ่งแวดล้อมโลกได้สนับสนุนการวิจัยและพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า และให้การยอมรับว่ารถยนต์ไฟฟ้าสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ โอโซน และสารประกอบอินทรีย์ ที่ก่อให้เกิดหมอกควันในบริเวณตัวเมืองเกือบทั้งหมด

ด้วยเหตุนี้เอง ทำให้คณะกรรมการทรัพยากรทางอากาศแห่งแคลิฟอร์เนีย (California Airresource Board: CARB) ได้ออกกฎหมายไว้ว่า ในปี 1998 ร้อยละ 2 ของรถยนต์ที่ขายในรัฐแคลิฟอร์เนีย และมีน้ำหนักน้อยกว่า 3750 ปอนด์ จะต้องเป็นรถยนต์ปลอดมลพิษ (Zero Emission Vehicle) ซึ่งก็คือรถยนต์ไฟฟ้า โดยเพิ่มปริมาณรถยนต์ไฟฟ้าเป็นร้อยละ 5 ในปี 2001 และร้อยละ 10 ในปี 2003 นอกจากนี้ในรัฐแคลิฟอร์เนียแล้ว เมืองต่าง ๆ อีกมากกว่า 100 แห่งในสหรัฐอเมริกา ได้สนับสนุนให้มีการใช้รถยนต์ไฟฟ้า โดยยึดหลักการของคณะกรรมการทรัพยากรทางอากาศแห่งรัฐแคลิฟอร์เนีย มาปฏิบัติเช่นกัน

ช่วงเวลาการขยายตัวทางการตลาดของรถยนต์ไฟฟ้า

รัฐมนตรีทางอุตสาหกรรมและการค้าระหว่างประเทศของญี่ปุ่น ได้วางแผนให้ ความสนับสนุน โดยการแนะนำรถยนต์ไฟฟ้าในตลาด ด้วยการเสนอโปรแกรมสาธิต การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน การส่งเสริมการซื้อและการใช้ โดยในปี 2000 ตั้งเป้าหมายไว้ว่า ควรจะผลิตรถยนต์ไฟฟ้าประมาณ 200,000 คัน ซึ่งในปีหนึ่งจะผลิต 100,000 หน่วย ซึ่งสามารถสรุปเป้าหมายของราคาและการผลิตได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นที่ 1 ปี 1991-1993

- โปรแกรมการแสดงของรถยนต์ไฟฟ้าของรัฐบาล
- เตรียมการประจุไฟ โครงสร้างพื้นฐานของรถยนต์ไฟฟ้า

2. ขั้นที่ 2 ปี 1994-1997

- ขายรถโดยสารขนาดใหญ่และให้บริการสาธารณะอย่างจริงจัง
- แนะนำภาษีและการส่งเสริมทางการเงิน
- ส่งเสริมการปรับปรุงรถยนต์ไฟฟ้าให้มีความสะดวกสบาย

3. ขั้นที่ 3 ปี 1998-2000

- ขายให้แก่ประชาชน
- ส่งเสริมรถยนต์ไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้น
- ปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานให้ดียิ่งขึ้น

4. ชั้นที่ 4 ปี 2001- ปีต่อไป

- รถยนต์ไฟฟ้าได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ในด้านราคาและการปฏิบัติงาน
- การขายยี่ห้อทางด้านตลาดมีมากขึ้น

แรงจูงใจในการใช้รถยนต์ไฟ

รถยนต์ที่ไร้มลพิษ คือแรงจูงใจที่สำคัญสำหรับการพิจารณาเลือกใช้ นอกจากนั้นรถยนต์ไฟฟ้ายังช่วยลดการพึ่งพาน้ำมันจากต่างประเทศ และสุดท้าย รถยนต์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเติมประจุลงในแบตเตอรี่ในเวลากลางวัน

ตาราง 20 เทคนิคการเลือกข้อมูลสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

รถยนต์	ผู้พัฒนา	ประเภท	สถานภาพ	แบตเตอรี่	ระยะทาง	ความเร็ว	ความ
บีเอ็ม บีเอ็มดับเบิลยู	รถยนต์	ไม่มีประกาศ	โซเดียม/	240 กม.	120 กม./		
ดับเบิลยู เอจี	4 ที่นั่ง	แผนการผลิต	ซิลิโคน		ชม.		
อี1/อี2 (เยอรมัน)							
อีคอสต้า ฟอรั	รถบรรทุก	80-100	โซเดียม/	160 กม.	120 กม./ชม.		
มอเตอร์	เล็ก	จะผลิตในปี	ซิลิโคน		(รัฐบาล)		
(อเมริกา)		1993					
เฟียต	เฟียต	รถยนต์	วางแผน	ตะกั่ว-กรด	80 กม.	113 กม./ชม.	
แนนดา (อิตาลี)	โดยสาร	การผลิต	นิเกิล/แคด	140 กม.			
อีเล็กตรา	500 คัน	เมียม	(วิ่งในเมือง)				
จีเอ็ม	จีเอ็มแอโร	รถสปอร์ต	ผลิตเพื่อ	ตะกั่ว-กรด	190 กม.	120 กม./ชม.	
อิมแพค	ไวโรนเม้น	2 ที่นั่ง	การค้ากลาง	(ที่ 90 กม./ชม.)	(รัฐบาล)		
			ปี 1990				

ตาราง 20 (ต่อ)

รถยนต์	ผู้พัฒนา	ประเภท	สถานภาพ	แบตเตอรี่	ระยะทาง	ความเร็ว	ความ

รถบรรทุก อีพียาโอ รถยนต์โดย 100 คันให้ ตะกั่ว-กรด 96 กม. 83 กม./ชม.

แบบจี เจนเนอร์ สาร/รถ บริการ

มอเตอร์ บรรทุกสินค้า การค้า

แอลเอ ขนส่งอากาศ รถยนต์ลูก มีโครงการ ตะกั่ว-กรด 96 กม. 97 กม./ชม.

301 สะอาด ผสม 2 ผลิตรเพื่อ โซเดียม/ 154 กม.

(อเมริกา) ที่นั่ง การค้า ซัลเฟอร์

เบ็นต์ เมอซีเดส รถยนต์ 5 กำลังวิจัย โซเดียม/นิกเกิล 150 กม. 120 กม./ชม.

190อีวี เบ็นซ์เอจี ที่นั่ง คลอไรด์

(เยอรมัน) 4 ประตู

นิสสัน นิสสันมอ รถยนต์นั่ง ไม่มีประกาศ นิกเกิล/ 160 กม.ที่ 120 กม./ชม.

เอฟอีวี เทอร์ แคดเมียม 72 กม./ชม.

(ญี่ปุ่น)

แผนการผลิต

เรโนล เรโนล รถยนต์ กำลังวิจัย นิกเกิล/ 150 กม. 120 กม./ชม.

ซูม (ฝรั่งเศส) 2 ที่นั่ง แคดเมียม

เทปโก โตโยตา รถยนต์ สร้างคัน นิกเกิล/ 550 กม.ที่ 176 กม./ชม.

ไอซา (ญี่ปุ่น) 4 ที่นั่ง เดียว แคดเมียม 40 กม./ชม.

รถบรรทุก ไคสเลอร์ รถยนต์นั่ง ผลิตร 30 คัน นิกเกิล/ 180 กม. 105กม./ชม.

ทีอี รถบรรทุก ปี 1993 เหล็ก

โวลต์ โวลต์ รถยนต์นั่ง สร้าง 70 คัน ตะกั่ว/กรด 140 กม. 140 กม./ชม.

สวาเวนสวาเวน โซเดียม

ซัลเฟอร์

ข้อจำกัดของยานยนต์ไฟฟ้า

ยานยนต์ไฟฟ้ายังไม่ได้ใช้อย่างกว้างขวาง เพราะมีปัญหาดังต่อไปนี้

1. ระยะทางที่ยานยนต์ไฟฟ้าวิ่งขึ้นต่อการประจุ 1 ครั้ง การใช้แบตเตอรี่ในปัจจุบัน ทำให้ยานยนต์ไฟฟ้าวิ่งได้ประมาณ 200 กิโลเมตรต่อการประจุไฟฟ้า 1 ครั้ง ที่ความเร็วคงที่ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางการวิ่งของยานยนต์ไฟฟ้าเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพัฒนาในอนาคต

2. การประจุไฟฟ้าใช้เวลายาวนาน ยานยนต์ไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ต้องใช้เวลาในการเติมประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่ชางนาน ตัวอย่างเช่น เมื่อแบตเตอรี่ที่ถูกใช้หมดในขณะที่ยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ในเมือง เป็นสิ่งที่ไม่ง่ายนักในการเติมประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่

3. ต้องใช้แบตเตอรี่ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อให้การเดินทางได้ระยะทางที่ไกลมากขึ้น ยานยนต์ไฟฟ้าต้องเติมประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่มากเท่าที่เป็นไปได้ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นและราคาสูง

4. ข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถของเครื่องปรับอากาศ เครื่องปรับอากาศไม่สามารถที่จะให้พลังงานจำนวนมาก เพื่อนำมาใช้ได้ ยานยนต์ไฟฟ้าจึงขาดเครื่องปรับอากาศที่มีความสามารถประมาณความจุของเครื่องปรับอากาศ มิใช่เพียงพอกับความต้องการ

5. ไม่ได้สร้างสถานีให้บริการและซ่อมบำรุง
6. ความร้อนและเครื่องปรับอากาศมีผลต่อระยะทาง
7. มาตรฐานความปลอดภัยยังไม่ได้กำหนดไว้
8. ไม่รู้ความต้องการของตลาด
9. การวิจัยและพัฒนามีความเสี่ยงสูง
10. ชื่อเสียงและการประกัน มีความเสี่ยง เพราะเป็นเทคโนโลยีใหม่

ข้อดีของรถยนต์ไฟฟ้า

1. ไม่มีมลพิษจากเครื่องยนต์
2. ไฟฟ้าผลิตจากแหล่งพลังงานหลายแหล่ง เช่น พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ พลัง

งานความร้อนใต้พิภพ พลังงานจากคลื่น แก๊สธรรมชาติ แอลพีจี ไฮโดรเจน เมทานอล เอทานอล เป็นต้น ซึ่งจะลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

3. ความจุของพลังงานที่ใช้มีประสิทธิภาพมาก
4. เชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าราคาไม่แพง
5. การบำรุงรักษาน้อย
6. เครื่องเดินเรียบ
7. การเติมเชื้อเพลิงทำได้สะดวก ที่บ้านตลอดคืน
8. ประชาชนให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นผู้นำทางเทคโนโลยี

ระบบของรถยนต์ไฟฟ้า

พลูมร แสงบางปลา (2539: 75-76) ได้กล่าวไว้ว่า รถยนต์ไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นส่วนจ่ายพลังงาน ปัจจุบันที่นิยมใช้กันอยู่ 3 ชนิด คือชนิดตะกั่วกรด นิเกิล-แคดเมียม โซเดียม-ซัลเฟอร์ นอกจากนี้ 3 แบบนี้แล้ว ยังมีแบตเตอรี่ที่กำลังพัฒนาอยู่อีกหลายแบบ คือสังกะสี-โบรไมด์ นิเกิลสังกะสี สังกะสี-คลอไรด์ ลิเทียม-เหล็กซัลไฟด์ เป็นต้น
2. มอเตอร์ขับเคลื่อน ต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนในรถยนต์ไฟฟ้ามีใช้อยู่ 2 ชนิด คือมอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะถูกควบคุมด้วยกล่องควบคุม ที่มีความละเอียดอ่อน สามารถปรับปริมาณไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เข้าสู่มอเตอร์ให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพสูงสุด กล่องควบคุมยังควบคุมการอัดประจุเข้าในแบตเตอรี่ ป้องกันการประจุไฟฟ้าเกินและไม่ให้เกิดการระเบิดของแบตเตอรี่ด้วย
3. ตัวถัง (Auto body) ตัวถังของรถยนต์ไฟฟ้านั้น จะต้องมึน้ำหนักเบา เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนได้เร็ว มีสมรรถนะดี ประสิทธิภาพสูง ไม่ดึงกำลังจากแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่สามารถให้กำลังไปได้ไกลมากขึ้น วัสดุที่นำมาทำตัวถัง นอกจากจะเบาแล้ว ยังต้องมีความแข็งแรง ปลอดภัย เวลาชนต้องไม่เกิดอันตรายกับผู้ขับขี่หรือคนนั่ง ในแง่ของ

การผลิตตัวถัง ควรเป็นวัสดุที่ผลิตง่ายไม่ยุ่งยาก ไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียไป และประการสุดท้าย ยังต้องบำรุงรักษาง่ายอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันยังหาวัสดุที่ตีเหมาะสม และราคาถูกไม่ได้ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป จะเป็นอลูมิเนียม ซึ่งเขาแต่ความแข็งแรงไม่ดีพอ อย่างที่ใช้ไฟเบอร์กลาสมีความแข็งแรงแต่ราคาแพง บำรุงรักษายาก แตกแล้วยังมีปัญหา เสียแล้วทิ้งเลยต้องทำใหม่ ปัจจุบันมีการใช้เหล็ก ที่มีน้ำหนักเบาแบบโมโนคอก สรุปลักษณะจะนำมาทำตัวถัง สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ น้ำหนักเบา ขึ้นรูปง่าย ปลอดภัย บำรุงรักษาง่าย ราคาถูก

ส่วนบริษัทฟอร์ต มอเตอร์และเฮนเนอรัล มอเตอร์ได้ออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. ตัวเติมประจุ (Charger) เป็นตัวแปลงกระแสไฟฟ้า เพื่อประจุไฟเข้าสู่แบตเตอรี่
2. ระบบป้องกัน (Protection system) ประกอบด้วยเครื่องตัดไฟฟฟารีเลย์และฟิวส์ที่เชื่อมกันระหว่างแบตเตอรี่ และที่นักของระบบไฟฟ้า และความขัดข้องของการจ่ายไฟที่ผิดปกติ
3. มอเตอร์(Motor)รถยนต์ไฟฟ้าจะใช้ทั้งมอเตอร์กระแสตรงและกระแสสลับ
4. ตัวควบคุมมอเตอร์(Motor Controller) เป็นระบบการขับเคลื่อนความเร็วของมอเตอร์และแรงบิดที่ใช้ขับเคลื่อนทั้งแบบกระแสตรงและกระแสสลับ
5. ระบบกลไกการขับเคลื่อน(Mechanical drive system) ประกอบด้วยเครื่องกำลังคือเกียร์ครัช เฟลาและพวงมาลัย
6. ตัวควบคุมรถยนต์ (Vehicle controller) รถยนต์ไฟฟ้าที่ทันสมัยมากที่สุด จะใช้ไมโครโพรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุม ที่มีสถานะภาพเป็นมอนิเตอร์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ควบคุมและป้องกันการทำงาน
7. แบตเตอรี่ (Batteries) เป็นกล่องที่บรรจุพลังงานสำหรับการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า
8. ระบบควบคุมอากาศ (Climate control system) ระบบนี้จะรวมถึงประสิทธิภาพของการปรับอากาศ และระบบการทำความร้อน

9. พลังงานช่วยเหลือ (Auxiliary power) เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนที่สำคัญ ช่วยในการเปิดประตุมอเตอร์ การเลี้ยวและอื่น ๆ

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2538: 130) ได้กล่าวถึงส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้รถไฟฟ้าสามารถทำงานได้มี 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. มอเตอร์
2. แบตเตอรี่ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับมอเตอร์
3. เครื่องประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่หมดกำลัง
4. ชุดควบคุมระบบการทำงานของรถไฟฟ้า ซึ่งเป็นชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ส่วนบรรณาธิการไฟฟ้าและอุตสาหกรรม ได้กล่าวถึงโครงการบัสไฟฟ้าไว้ว่า ต้องมีองค์ประกอบ เพื่อการพัฒนารถต้นแบบดังนี้ (บรรณาธิการ. 2539: 31-34)

1. คุณสมบัติทั่วไปของรถบัสไฟฟ้า
2. กำลังและพลังงานที่ใช้ในรถบัสไฟฟ้า
3. แบตเตอรี่
4. ระบบควบคุมการทำงานของรถบัสไฟฟ้า

นอกจากนั้น นีรศักดิ์ วรสุนทรโรสด (2526: 15-18) ได้กล่าวถึงรถไฟฟ้าว่า มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่
2. มอเตอร์
3. ระบบการขับเคลื่อนและระบบควบคุมการทำงานของรถไฟฟ้า

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ประเด็นการพิจารณา	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	
1. คำชี้แจง คำแนะนำการเรียนชัดเจนเพียงพอ 2. แนวคิดของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมเพียงพอ 3. วัตถุประสงค์ชัดเจนเพียงพอ 4. กิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 เนื้อหาบทเรียนทำความเข้าใจได้ง่ายเพียงพอ 4.2 เนื้อหาในบทเรียนเพียงพอเหมาะสม 4.3 แบบฝึกหัดกับเนื้อหาสอดคล้องกันเพียงพอ 5. เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาเพียงพอ 5.2 ให้ความรู้เพิ่มเติมเพียงพอ 6. แบบทดสอบประจำหน่วยเหมาะสมเพียงพอ				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงรณนต

ตัวถังและโครงรถยนต์

แนวคิด

ตัวถังของรถยนต์ไฟฟ้านั้นจะต้องมีน้ำหนักเบา เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนได้เร็ว มีสมรรถนะดี ประสิทธิภาพสูง ไม่ดึงกำลังมาจากแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่สามารถให้กำลังไปได้ไกลมากขึ้น วัสดุที่จะนำมาทำตัวถัง นอกจากจากจะเบาแล้ว ยังต้องมีความแข็งแรง ปลอดภัย เวลาชนต้องไม่เกิดอันตรายกับผู้ขับขี่หรือคนนั่ง ในแง่ของการผลิตตัวถังควรเป็นวัสดุที่ผลิตง่าย ไม่ยุ่งยาก ไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเสียไปและกระบวนการสุดท้ายยังต้องบำรุงรักษาง่ายอีกด้วย ซึ่งในปัจจุบันยังหาวัสดุที่ดีเหมาะสมและราคาถูกไม่ได้ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นอลูมิเนียม ซึ่งเบาแต่มีความแข็งแรงไม่ดัดงอ วัสดุที่ใช้ไฟเบอร์กลาส มีความแข็งแรง แต่ราคาแพง บำรุงรักษายาก แดกแล้วยังมีปัญหา เสียแล้วทิ้งเลย ต้องทำใหม่ ปัจจุบันมีการใช้เหล็ก ที่มีน้ำหนักเบาแบบโมโนค็อก วัสดุที่นำมาพัฒนา ให้เป็นนวัตกรรมใหม่ของการพัฒนาตัวถังรถยนต์ สรุปได้ว่าวัสดุที่จะนำมาทำตัวถัง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ น้ำหนักเบา ขึ้นรูปง่าย ปลอดภัย บำรุงรักษาง่าย ราคาถูก

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว ท่านควรที่จะสามารถ

1. บอกประวัติและความเป็นมา
2. บอกประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์
3. เลือกใช้อลูมิเนียมในอุตสาหกรรมรถยนต์
4. เลือกใช้อลูมิเนียมอัลลอยด์ในอุตสาหกรรมรถยนต์
5. เลือกใช้พลาสติกในอุตสาหกรรมรถยนต์
6. บอกแนวคิดในการออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าอีวี 1
7. เลือกใช้สารประกอบในอุตสาหกรรมรถยนต์
8. บอกประเภทของโครงรถยนต์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด ผนัศึกษบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 2

ตัวถังและโครงรถยนต์

ประวัติความเป็นมา

ตัวถังและโครงของรถยนต์ผลิตขึ้นครั้งแรกระหว่างปี ค.ศ. 1896 และปี ค.ศ. 1910 เป็นการออกแบบขึ้นเพื่อให้สำหรับลากรถม้าและโครงรถเกือบทั้งหมดทำมาจากไม้ โครงรถโดยทั่วไปทำมาจากแกนไม้มะกอก (heavy ash) และเชื่อมต่อให้แข็งแรงด้วย iron brackets ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความเหมาะสม ตัว panels ทำมาจากไม้ซีดาร์ (cedar) หรือ ฮอนดูรัสมะฮอกกานี (honduras mahogany) มีความหนาประมาณ 9 มิลลิเมตร ติดด้วยกาว (glued) ตอกยึดด้วยเข็มหมุด (pinned) หรือ ตีตะปู (screwed) ทำให้เป็นโครงรถ ส่วนบนของรถจะมีผ้าใบที่เป็นยางหรือเนื้อผ้า ตัวถังจะสร้างขึ้นเป็นรถรับจ้างเปิดประทุน ส่วนบนจะยึดไว้ด้วยไม้กระดานเพื่อยึดโครงรถยนต์ที่เป็นโลหะ

ประมาณปี ค.ศ. 1921 Weymann ได้สร้างรถยนต์ขึ้นเป็นครั้งแรกซึ่งโครงสร้างของพื้นไว้สำหรับรองรับน้ำหนักจากการนั่งและตัวโครงของรถซึ่งโครงสร้างมีน้ำหนักเบาและยึดติดกับพื้นเป็นส่วนเดียวกันทุกชิ้นส่วนจะเชื่อมติดกันอยู่ภายในตัวรถและพื้นทำมาจากแผ่นเหล็ก 1 คู่ ข้างหนึ่งจะเชื่อมติดกันและตรึงไว้ด้วยเกลียว 2 ชิ้นของท่อนไม้ส่วนที่เหลือเป็นช่องว่างระหว่างระหว่างเหล็ก 2 ชิ้น panels เป็นผ้า ส่วนแรก เป็นผ้าใบ พื้นปูด้วยผ้าฉนวนซึ่งเป็นผ้าดิบและส่วนท้ายคลุมด้วยหนัง โครงสร้างดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในตัวโครงรถและทำให้มีน้ำหนักเบาอย่างแท้จริง แต่ส่วนที่ปกคลุมภายนอกมีอายุการใช้งานสั้นมาก

ในเวลาต่อมาความต้องการใช้รถยนต์มีเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจำเป็นต้องหาวิธีการผลิตที่รวดเร็ว ต่อมาได้มีการใช้เหล็กขึ้นรูปโครงรถด้วยมือแต่เป็นที่รู้ว่าเป็นวิธีการผลิตที่รวดเร็ว ต่อมาได้มีการใช้เหล็กขึ้นรูปด้วยมือแต่จำเป็นต้องหาวิธีการผลิตที่รวดเร็ว ต่อมาได้มีการใช้เหล็กขึ้นรูปด้วยมือแต่เป็นที่รู้ว่าเหล็กแผ่นใหญ่สามารถขึ้นรูปง่าย ๆ โดยใช้เครื่องมือกดขึ้นรูป และใช้เครื่องจักรกดขึ้นรูปเหล็กในเชิงอุตสาหกรรมเป็นตัวถังด้านข้างของตัวรถยนต์ ในช่วงแรกแผ่นเหล็กไม่ได้ขึ้นรูปอย่างซับซ้อนหรือ contour และตัวถังเริ่มแรกเป็นสี่เหลี่ยมและรูปร่างมีส่วนโค้งเล็กน้อย โครงรถและโครงสร้างภายในยังคงทำจากไม้เป็นส่วนใหญ่

ประมาณปี ค.ศ.1923 มีความพยายามครั้งแรกเพื่อทำการผลิตตัวถังที่เป็นเหล็กทั้งหมด แต่ยังไม่ที่นำพอใจซึ่งหลักการออกแบบจะใช้คล้ายกันซึ่งเป็นการนำมาใช้สำหรับตัวถังที่เป็น timber-framed ในการสร้างตัวถังครั้งแรกเป็นเหล็กทั้งหมด เริ่มขึ้นในปี ค.ศ.1927 สามารถขึ้นรูปผลิตตัวถังรถยนต์ได้เพิ่มมากขึ้นและมีรูปร่างที่ซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงการใช้วัสดุเป็นจำนวนมาก

ในระหว่างปี ค.ศ.1930s บริษัทจำนวนมากได้ผลิตรถยนต์ออกมาใช้โดยใช้โลหะเป็นโครงสร้างของตัวถังรถยนต์และรถยนต์จะเริ่มผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น เนื่องจากความต้องการรถยนต์ส่วนตัวเพิ่มมากขึ้นเกิดการแข่งขันกันเพิ่มมากขึ้นระหว่างคู่แข่งถาวรและในลำดับต่อมาวิศวกรตัวถังรถยนต์เริ่มรวมกันขึ้นเป็นรูปร่างเพิ่มมากขึ้นเพื่อความสะดวกสบายของคนขับและผู้โดยสาร สิ่งเหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาประตูเปิดประทุน (close cars) หรือ รถเก๋งขนาดกลางมีสี่ประตู (saloons) ซึ่งเรารู้จักกันในปัจจุบัน การพัฒนาเกิดขึ้นที่ละเล็กละน้อยเป็นรูปร่างของตัวถังรถยนต์สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน

โครงสร้างภายในของหลังคารถเก๋งขนาดกลางมีสี่ประตูซึ่งคลุมด้วย headlining เกิดขึ้นหลังสงคราม headlining ทำมาจาก woollen fabric stitched และยึดด้วยตะปูในส่วนโครงสร้างที่เป็นไม้ อย่างไรก็ตาม ในเร็ว ๆ นี้ได้มีการพัฒนาพลาสติกและวัสดุที่เป็น vinyl ที่ค้นพบ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมเพิ่มมากขึ้นกว่าผ้าที่ถูกกว่าและง่ายในการทำความสะดวกและเหมาะสมที่จะเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงด้วยการยึดตัวตัวเองแบบ self-tensioning ซึ่งเป็นการเย็บในตำแหน่งที่ง่ายต่อความเคลื่อนไหวหรือทางเลือกใช้ headlining ในตำแหน่งที่มั่นคง

ต่อมาเกิดการพัฒนาก่อขึ้นอย่างมากมาด้วยการใช้ latex foam rubber พร้อมด้วย coil spring ในที่นั่ง (seating) ขึ้นแทน original plain spring มีการพัฒนาเฟอรันิเจอร์ภายในโดยเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ประตู fully trimmed dash panels และส่วนบริเวณที่เป็นพื้นคลุมด้วยยางหรือพรมที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ต่อมามีการใช้เซลล์ลอยสำหรับประตูแทนการติดตั้งม่านและในเวลาต่อมาได้มีการใช้กลไกในระดับต่ำที่ประตูเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันกระจกหน้ารถยนต์และประตูทำมาจาก laminated และหรือการลัมผัสที่กระจกอย่างปลอดภัย กลไกของประตูที่ใช้ในปัจจุบันนี้ไม่ได้รับการพัฒนาจนกระทั่ง

ดีขึ้นในปี ค.ศ. 1920s

เครื่องป้องกันโคลน mudguards ทำมาจากไม้หรือหนังเพื่อป้องกันโคลนสาด พัฒนารับมาใช้อย่างกว้างขวางเช่นอุปกรณ์ที่ใช้กับรถจักรยาน ในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 และการสร้างตัวถังรถยนต์เริ่มตกต่ำลงมาระยะหนึ่ง ในระหว่างปี ค.ศ. 1890 และ 1906 ระบบบังคับเลี้ยวได้รับการพัฒนาขึ้นโดย tiller

รถยนต์ในช่วงแรกหรือที่รู้จักกันดีว่ารถที่ไม่มีมาลากจูง ไม่มีแสงสว่างติดตั้งไว้เลย ดังนั้นจึงมีตะเกียงติดตั้งให้เห็นในระยะต่อมามีตะเกียงน้ำมัน (oil lamps) ตะเกียงที่ใช้ก๊าซอะซีไทลีน (acetylene lamps) และในที่สุดเป็นระบบไฟฟ้าในรถยนต์ luxury extra และ ultimately เป็นมาตรฐานที่มีความเหมาะสมและทำให้อุปกรณ์ที่บังคับใช้ในรถยนต์ซึ่งจำเป็นจะต้องทำตามกฎหมายและกฎจราจร

เมื่อเครื่องขัดน้ำฝนหน้ากระจกรถยนต์ได้รับการพัฒนาขึ้นครั้งแรกเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยขัดน้ำฝนและทำความสะอาดกระจกรถยนต์ ต่อมาเกิด single hand-operated wiper และ suction wiper และในที่สุดพัฒนามาเป็น electrically driven wipers

การออกแบบล้อเกิดขึ้นครั้งแรกตามความนิยมของแผ่น การพิจารณาตามความจำเป็นสำหรับล้อหลังให้ใหญ่กว่าล้อหน้า ซึ่งแนวคิดดังกล่าวเป็นมรดกที่ดีจากรถที่ใช้ลากม้ามีการใช้ไม่เป็นพวงมาลัยและล้อในครั้งแรกใช้เหล็กทำ ทั้งล้อหน้าและล้อหลังมีขนาดเดียวกัน ต่อมาพัฒนาแบบ pneumatic ซึ่งเป็น wooden-spoked artillery

artillery wheel ให้แนวทางในการพัฒนา wire-spoked wheel ในเวลาต่อมาพัฒนามาเป็นล้อที่เป็นงานเป็นยางรถยนต์ที่ไม่มียางใน ต่อมามีการปฏิรูปรถยนต์ครั้งใหญ่ขึ้นในปี ค.ศ. 1770 เมื่อ Cugnors stream wagon วิ่งด้วยความเร็ว 3 ไมล์ต่อชั่วโมง (4.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) เป็นรถยนต์แบบใหม่ที่สามารถขับและบรรทุกผู้โดยสารได้อย่างเงียบ สะดวกสบาย และวิ่งด้วยความเร็วที่ปลอดภัย

ประวัติรถยนต์

(Highlights of motor vehicle history)

ปี ค.ศ.1688 Ferdinand Verbiest นักสอนศาสนาในประเทศจีนได้สร้าง
รถไอน้ำโดยใช้หลักการของกังหันไอน้ำ (steam turbine)

ปี ค.ศ.1740 Jacques de Vaucasen ได้วางรถขนส่งที่เป็นเครื่องจักร
(clockwork) ในกรุงปารีส

ปี ค.ศ.1765 Watt ได้พัฒนารถกังหันไอน้ำ

ปี ค.ศ.1765 Nicholas Joseph Cugnot ทหารปืนใหญ่ชาวฝรั่งเศสได้สร้าง
รถเครื่องจักรไอน้ำ (steam wagon) สามารถรับผู้โดยสารได้ 4 คนและวิ่งด้วยความเร็ว
2.25 ไมล์/ชั่วโมง รถเครื่องจักรไอน้ำ (steam wagon) คันดังกล่าวได้พลิกคว่ำบนถนนใน
กรุงปารีสและ Nicholas Joseph Cugnot ได้ถูกจำคุกในข้อหาเป็นอันตรายต่อประชาชน

ปี ค.ศ.1808 Richard Trevithick ได้สร้าง steam carriage และขับ
ในเมือง Cornwall

ปี ค.ศ.1831 Sir Charles Dance วังรถ steam coach สร้างโดย (Sir
goldsworthy Gurney) วิ่งตามปกติจาก gloucester ถึงเมือง Cheltenham บาง
ครั้งถึง 4 รอบ ต่อ 1 วัน ระยะทาง 9 ไมล์ ใน 9 นาที

ปี ค.ศ.1859 ค้นพบน้ำมันในสหรัฐอเมริกา

ปี ค.ศ.1865 รถจักรได้ออกวิ่งในปี 1865

ปี ค.ศ.1885 Karl Benz ได้ผลิตรถคันแรกขึ้นมา จำได้ว่าเป็นรถคันแรก
ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่เรารู้จักกันดี

ปี ค.ศ.1886 Gottlieb Daimler ได้ผลิตรถขึ้นมา

ปี ค.ศ.1890 Panhard และ Levasser เริ่มผลิตรถยนต์ขึ้นในฝรั่งเศส

ปี ค.ศ.1892 Charles และ Frank Duryea สร้างรถยนต์ที่ใช้ น้ำมัน
เบนซินขึ้นในสหรัฐอเมริกา แม้ว่า steam car ได้ใช้มาเป็นเวลานานก่อนหน้านี้

ปี ค.ศ.1895 แข่งขันรถครั้งแรกในกรุงปารีส เกิดสมาคมรถยนต์ขึ้นครั้งแรก
ในกรุงปารีส

ปี ค.ศ.1896 เลิกล้ม Red Flag Act (ซึ่งแดงเป็นเครื่องหมายให้รถหยุด)

ปี ค.ศ.1897 The RAC was formed, large through the efforts of F.R. Simms Who also founded the SMMT in 1902

ปี ค.ศ.1899 Jenatzy ได้บันทึกความเร็วของโลกไว้ 66ไมล์/ชั่วโมง

ปี ค.ศ.1920 ระบบบังคับเลี้ยวล้อ มาแทนที่คันหางเสือ(tiller) Frederick Lanchester ได้สร้างรถของเขาขึ้นครั้งแรกขนาด 10 แรงม้า เขาได้ทดลองสร้างรถยนต์สองตอน ชนิดหลังคาเปิดในปี 1895

ปี ค.ศ.1901 ได้ผลิตรถเมซีเซล โดยใช้เครื่องยนต์ไว้ข้างหน้า

ปี ค.ศ.1902 Serpollet สร้างรถ Steam car วิ่งด้วยความเร็ว 74 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ปี ค.ศ.1903 สร้าง Pressed steel frames และกระจกหน้าต่างขึ้นเป็นครั้งแรก

ปี ค.ศ. 1904 สร้าง Folding windshield Closed saloon Type body และรถยนต์ที่วิ่งด้วยน้ำมันเบนซินได้เร็ว 100 ไมล์/ชั่วโมง และในปีเดียวกัน Stanley steam car ได้ประสบความสำเร็จ ทำให้รถวิ่งได้เร็ว 127 ไมล์/ชั่วโมง

ลักษณะเฉพาะของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ (Specifications of steels in the Automobile Industry)

เหล็กที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ สำหรับรถยนต์ อาจจะแบ่งออกเป็นกลุ่ม ดังนี้

1. Cold forming steels
2. Carbon steels
3. Alloy steels
4. Free cutting steels
5. Spring steels
6. Rust-resisting and stainless steels

4.3 Carbon steel

เหล็กคาร์บอนสามารถจัดประเภทได้ดังนี้ (ตาราง 4.3)

4.3.1 Low-carbon steel

4.3.2 Carbon-manganese steel

4.3.3 Micro-alloyed steel

4.3.4 Medium-carbon steel

4.3.5 High-carbon steel

4.3.1 Low-carbon steel

เป็นเวลานานมาแล้ว ที่เหล็กที่มีคาร์บอนต่ำ (Low-carbon steel) บางครั้งเรียกว่า mild steels เป็นวัสดุที่ใช้เป็นตัวยึดรถยนต์มากที่สุด เช่น คอยล์ที่มีคาร์บอนต่ำ เกลียวและแผ่นเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมตัวยึดรถยนต์และแอสซีของรถ

เหล็กคาร์บอนต่ำ มีความนุ่มและทำให้อ่อน และไม่สามารถทำให้แข็ง โดยความร้อนและไฟ แต่สามารถทำให้แข็ง และใช้งานหนักได้ ใช้เป็นตัวยึดด้านข้าง ที่มีความอ่อนสูง และสามารถขึ้นรูปได้ง่าย โดยไม่เป็นอันตรายจากการชน

โดยทั่วไป เหล็กคาร์บอนต่ำใช้กับทุกส่วนของรถที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนักหรือต้านทานต่อการสึกหรอ และไม่ใช่ subject ที่มีอุณหภูมิสูงหรือไม่เป็นสนิม

อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบ ดังเช่น ความต้องการอนุรักษ์เชื้อเพลิง สำหรับโครงสร้างตัวยึดรถยนต์ที่มีน้ำหนักเบาและปลอดภัย ทางกฎหมายมีความต้องการที่จะป้องกันผู้ใช้รถตลอดจน เพื่อปรับปรุงผลกระทบต่อการใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับวัสดุและเทคโนโลยีการผลิตนี้ เป็นผลที่เกิดขึ้นในช่วงที่ micro-alloyed steels เป็นที่รู้จักกัน เช่น high-strength steels (HSSs) หรือ high-strength low-alloy steels (HSLAs)

4.3.2 Micro-alloyed steel

เหล็กชนิดนี้เป็นพื้นฐานของเหล็ก แมงกานีส คาร์บอน ที่เนื้อเหล็กมีคาร์บอนต่ำ แต่การเพิ่มองค์ประกอบของ micro-alloying ดังเช่น niobium และ titanium เนื่องจากมีความแข็งแรง (strength) มีความเหนียว (toughness)

ความสามารถขึ้นรูป (formability) และความสามารถในการเชื่อม (weldability) ผู้ผลิตตัวถังรถยนต์ จะใช้วัสดุดังกล่าว เพื่อการผลิตที่แข็งแกร่งกว่าและโครงสร้างของตัวถัง เบากว่า micro-alloyed high-strength steel (HSS) มีส่วนประกอบดังนี้

	Percentage
Carbon (C)	0.05-0.08
Manganese (Mn)	0.80-1.00
Niobium (Nb)	0.015-0.065

เปอร์เซ็นต์ของ niobium ที่ใช้ขึ้นอยู่กับความต้องการความแข็งขั้นต่ำสุด

4.3.3 Medium-carbon steel

เหล็กแบบนี้มีความแข็งมากขึ้นตามลำดับ สามารถเพิ่มความแข็งได้ โดยเพิ่มคาร์บอนในเนื้อเหล็ก เหล็กแบบนี้สามารถใช้สำหรับเคลื่อนย้ายบางส่วน ดังเช่น การเชื่อมกันของเครื่องยนต์ คันเกียร์และเครื่องถ่ายกำลังเกียร์ คลัชและเพลา ซึ่งต้องการทั้งความเหนียว (toughness) และ ความแข็งแรง ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์แทน high-alloy steels

4.3.4 High-carbon steel

แบบนี้มีความแข็งเพื่อใช้ทำคมมีด (cutting edge)) ได้เป็นอย่างดี แต่บางครั้งจะไม่มีคุณสมบัติที่เป็นความอ่อนนุ่ม (ductile) และดัดแปลงได้ง่าย โดยใช้ โลหะและไม้เป็นเครื่องมือสกัด Turning tools , taps, dies, forging และ press dies เพราะว่ามี ความแข็งและความอ่อนนุ่ม แต่ปัจจุบันไม่มีใครจะใช้เป็นส่วนหนึ่งของรถยนต์ เพราะว่าเป็นการเริ่มทำ high-alloy steels มาใช้

4.3.5 Zinc coated steels

อุตสาหกรรมรถยนต์ในการค้นหาเพื่อเป็นหลักประกัน เป็นจุดหักเหในการใช้ zinc coated steels เพิ่มมากขึ้น รถยนต์แบบใหม่ ไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพสูง แต่มีความทนทานและประหยัด ซึ่งเป็นที่ยอมรับจากผู้ใช้รถยนต์แบบนี้ เป็นที่คาดหวังว่าอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 7 ปี โดยปราศจากโครงสร้าง หรือการเป็นสนิม มีอิทธิพล

ต่อสิ่งแวดล้อมมาก ทำให้อายุการใช้งานของรถยนต์ลดลง แผ่นเหล็กมีลักษณะพิเศษมาก ใช้ในการสร้างรถยนต์ เพื่อต่อสู้กันกับการเป็นสนิม

การใช้ zinc coated steels เป็นที่ท้าทายมาก ความแตกต่างของรถยนต์ ทำให้ต้องการ zinc coating และ coating weights มากขึ้น โดยทั่วไปจะใช้เป็นส่วนใต้ของรถยนต์ ผลิตภัณฑ์ให้ที่เป็น electrolytic จะใช้เป็นตัวถังด้านข้างรถยนต์ electrolytic product แบ่งออกเป็น single-sided และ double-sided coating

1. Sing-sided zinc coated steel Free zinc ใช้ทำเป็นตัวถังด้านข้างรถ เพื่อป้องกันต่อการทะลุที่เกิดจากการเป็นสนิม

2. One-and-a-half-sided zinc coated steel ในกรณีนี้ข้างหนึ่งของแผ่นโลหะเป็น coated with free zinc และอีกชั้นหนึ่งเป็น coated with free zinc และ อีกชั้นหนึ่งเป็นสังกะสีอัลลอยด์ที่บาง

3. Double-sided zinc coated steel ผลิตภัณฑ์นี้ผลิตได้ประยุกต์ free zinc เพื่อทำเป็นแผ่นทั้ง 2 ข้างที่เท่ากัน หรือ differential coating weight

4.6.1 Production

โลหะโดยตัวของมันเองเป็นที่รู้จักกันประมาณ 130 ปี และประวัติทางอุตสาหกรรมของอลูมิเนียมไม่ได้เริ่มต้นจนกระทั่งปี 1886 เมื่อ Paul Heroult ในฝรั่งเศส ค้นพบพื้นฐานวิธีการผลิตอะลูมิเนียมในปัจจุบัน อะลูมิเนียมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพในเทอมของช่วงที่ 2 ของเหล็กระหว่างอุตสาหกรรมโลหะ อะลูมิเนียมในเชิงพาณิชย์ที่บริสุทธิ์ บริสุทธิ์อย่างน้อยมีอะลูมิเนียม 99% ในขณะที่มีคุณภาพสูงกว่าจะบรรจุ 99.5-99.8% ของโลหะบริสุทธิ์

ในการผลิตอะลูมิเนียม สิ้นแร่ bauxite คือ การย่อยสลายและคัดเลือกล้าง และป้อนภายใต้ความกดดันในแท่งและกรงในกระบอกกลมใหญ่ ที่ใช้เครื่องจักรหมุนเพื่อล้าง ซึ่งจะเกิดความร้อนขึ้น และแยกอะลูมิเนียมออกไซด์ออกจากสินแร่ ในขั้นตอนต่อมาอะลูมิเนียมออกไซด์จะลดลงเพื่อเป็นโลหะอะลูมิเนียมโดยวิธีการแยกวัตถุเหลวด้วยไฟฟ้าเพื่อลดเซลล์ เซลล์นี้ใช้แบง์ cryolite และกระแสไฟฟ้าที่แรงมากเพื่อลดอะลูมิเนียมออกไซด์ เพื่อเป็นโลหะเหลว ซึ่งผ่านไปสู่กันของเซลล์ และไซเออะอะลูมิเนียมออกมา 225 kg.

4.7 Aluminium alloys

จากการลดลงสู่ศูนย์กลางของอะลูมิเนียมเป็นการหลอมละลายใหม่ และทำให้บริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ อะลูมิเนียมอัลลอยด์เป็นการผลิตโดยการเพิ่มจำนวนเฉพาะขององค์ประกอบอัลลอยด์เพื่อละลายอะลูมิเนียม อัลลอยด์บางอย่างดังเช่น แมกนีเซียม และสังกะสี สามารถเพิ่มอย่างตรงเพื่อหลอมละลาย แต่จุดหลอมเหลวสูงกว่าองค์ประกอบอื่น ดังเช่น ทองแดง และแมกนีเซียมต้องทำในขั้นตอนแรก อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอยด์เป็นผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมแบ่งเป็น 2 กลุ่มกว้าง ๆ คือ

1. วัตถุที่เหมาะสมเพื่อการหล่อ
2. วัตถุที่เป็นผลผลิตต่อมาของแผ่นโลหะ และขึ้น เส้น หลอด และส่วนที่เป็นของเหลว

นอกจากทั้ง 2 ลักษณะและวัสดุที่ใช้ทำตัวถังรถยนต์ สามารถแบ่งย่อย ๆ ให้สอดคล้องกับวิธีการ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางช่าง เพื่อการพัฒนา (ปรับปรุง)

Non-heat-treatable alloys อลูมิเนียมที่ใส่รวมถึงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ เกิดความแข็งแรงโดยการทำให้เย็นดั่งเช่น ม้วน การกดดัน การตี และกระบวนการที่คล้าย ๆ กัน

Heat-treatable alloys มีความแข็งแรงโดยการควบคุมความร้อนและความเย็นตามลำดับ ในอุณหภูมิห้องหรือที่ $100-200^{\circ}\text{C}$

อะลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้กันมากที่สุดคือทองแดง (copper) แมงกานีส (manganese) ซิลิกอน (silicon) แมกนีเซียมและสังกะสี (magnesium and Zinc) โรงงานอุตสาหกรรมสามารถผลิตวัสดุในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

The non-heat-treatable alloys สามารถประดิษฐ์ (fabricate: F) เมาโลหะให้อ่อนตัว (annealed: O) หรือกำลังดัดที่เข้มแข็ง (strain hardened: H1, H2, H3)

The heat-treatable alloys สามารถประดิษฐ์ (fabricated: F) หรือ เมาโลหะให้อ่อนตัว (annealed: O) หรือขึ้นอยู่กับอัลลอยด์ในกระบวนการให้ความร้อนที่แตกต่างกัน (T3, T4, T5, T6, T8)

Aluminium alloys used in bodywork

การเลือกวัสดุและเงื่อนไขที่ต้องการส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับกระบวนการออกแบบ และกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม อัลลอยด์ที่ใช้มากที่สุด เพื่อทำเป็นตัวถังรถยนต์ได้แสดงไว้ในตาราง 28

Alloy 5154A เหมาะสมที่จะใช้ใน car panels ซึ่งเป็นการขึ้นรูปเป็นการทำโลหะให้อ่อนตัวตามเงื่อนไข (สถานการณ์) หรือสถานการณ์ H2 ซึ่งเหมาะสมมากที่สุดสำหรับขึ้นรูปตัวถังรถยนต์ วัสดุอื่น 1200 เป็นแผ่นโลหะที่บริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ และใช้อย่างกว้างขวางในงานตกแต่งภายในและภายนอก ซึ่งไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก ส่วนประเภท 3103m 5251m 5154A และ 5056A เป็น non-heat-treatable alloys ของอะลูมิเนียม-แมกนีเซียม ซึ่งมีความแข็งแรง $90-325 \text{ N/mm}^2$ เป็นแผ่นโลหะตามรูปแบบ และเตรียมคุณสมบัติทางกลไกเพื่อนำไปใช้กับสถานการณ์ต่างกัน

โดยใช้กับงานที่ขยายออกไป และตามแบบฟอร์ม การขึ้นรูปและกลไกและสามารถเชื่อม โดยไม่ยุ่งยาก

โลหะแผ่น 5083 มีความแข็งแรงปานกลาง, non-heat-treatable alloys บางส่วนมีความเหมาะสมสำหรับการเชื่อม สามารถที่จะใช้บางส่วนรับโหลดน้ำหนักที่มากกว่า และบ่อยครั้งใช้ในรูปแบบของแบบแผ่นในส่วนของพื้นสำหรับเหยียบ

สำหรับส่วนที่เป็นโครงสร้างภายใน ซึ่งต้องการความแข็งแรงมากกว่าส่วนที่อยู่ภายนอก the-heat-treatable alloys โดยปกติใช้ 6063 และ 6082 และในกรณีที่เป็นคือ 2014A ส่วนแบบ 6082 คือ heat-treatable เป็นอัลลอยด์ที่มีความแข็งแรงปานกลาง ซึ่งมีคุณสมบัติทางกลไกดีมีความต้านทานสนิมสูง แรงกดที่ทนได้ในอัลลอยด์แบบนี้สูงเท่ากับ 200 N/mm^2 ภายใต้เงื่อนไขการโหลดที่คงที่ แม้ว่าบางอย่างจะลดลงข้างล่างนี้ ซึ่งโดยปกติจะทำเพื่อประยุกต์ใช้ในการขนส่ง ซึ่งมีการพิจารณาองค์ประกอบของการเคลื่อนไหวทางการโหลด อัลลอยด์นี้สามารถที่จะเชื่อมโดยกระบวนการใช้แก๊ส แต่มีการพิจารณาการสูญเสียความแข็งแรง การเชื่อมเนื่องจากการเผาโลหะให้อ่อนตัวเป็นผลของกระบวนการเชื่อม ส่วนแบบ 6063 คือ แบบ heat-treatable alloy แต่ค่อนข้างแข็งแรงน้อยกว่า และใช้เป็นส่วนสำคัญในการนำไปใช้ในการทำพื้นผิวตัวถังรถยนต์ หรือเป็นส่วนที่ต้องการให้เป็นซี่บวก, อัลลอยด์ 2014A ประกอบไปด้วยทองแดงมากกว่าส่วนอื่น ๆ มีราคาแพงมากกว่า ยุ่งยากในการทำเป็นแบบมากกว่า และมีความต้านทานสนิมต่ำ แต่มีประโยชน์ที่ยืดออกได้มากกว่า

ความรวดเร็วและโลหะที่เย็นด้วยหมุด สามารถเป็นวัสดุบริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ หรืออะลูมิเนียมอัลลอยด์ 5154A และสำหรับขนาดเล็กกว่า 6082 เป็นบางครั้งที่ใช้ การเย็นด้วยหมุดสามารถหาได้ง่ายในวัสดุแบบ 5056A แต่ไม่ควรที่จะใช้ในกรณีที่อุณหภูมิสูงเกิดขึ้นในการบริการสลักเกลียวใช้ในงานตัวถังรถยนต์ โดยทั่วไปใช้อัลลอยด์เบอร์ 6082

อะลูมิเนียมอัลลอยด์ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับโดยแรงงานประกอบรถยนต์ วัสดุที่เป็นมาตรฐานสำหรับการตกแต่งภายใน และภายนอกให้เรียบร้อย และใช้สำหรับเรื่องปกติที่นำมาสู่ความเรียบร้อย การนำไปใช้ดังเช่น หน้าหมอน้ำขึ้นนอก กระเปาะหลอดไฟ การตกแต่งล้อ เครื่องมือ panel แบบของตัวถังรถยนต์ และหน้าต่าง และกระจกหน้า

รถยนต์ อัลลอยด์จะใช้สำหรับตกแต่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม 1) อัลลอยด์ที่บริสุทธิ์อย่างสูง จะทำเสร็จเพียงข้างเดียวเท่านั้น ซึ่งในเรื่องสำคัญขององค์ประกอบการตกแต่งที่ทำและอัลลอยด์ที่มีคุณภาพสูงกว่าจะใช้เมื่อการตอบสนองที่พิเศษสูงสุดเป็นข้อได้เปรียบดังเช่นความต้องการแสง

4.12 Plastics

4.12.1 Development

เซลลูลอยด์อาจจะมีคุณภาพดีสำหรับเกียรติยศของการเป็นพลาสติกตัวแรก ผู้ประดิษฐ์คือ Alexander Parkes เขาได้สร้างมันขึ้นในราว 1860 และวิธีการของเขาเป็นที่รู้จักกันไปทั่วในปี 1865 ที่สหรัฐอเมริกา John Hyatt พบวิธีการแก้ปัญหาทางเทคนิคซึ่ง Plaque Parkes และเขาสร้างขึ้นทางธุรกิจในปี 1870 เพื่อขายซึ่งเป็นวัสดุประเภทเดียวกัน เขาเรียกมันว่า เซลลูลอยด์ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามันเป็นวัสดุคิปปเซลลูโลส

ในปี 1920 นักเคมีชาวเยอรมันชื่อ Hermann Staudinger ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับเคมีธรรมชาติของกลุ่มสารธรรมชาติ และการวิเคราะห์ เขาเรียกว่า ไมโครโมเลกุลซึ่งปัจจุบันเราเรียกว่า โพลีเมอร์ ทฤษฎีของเขาไม่ได้อธิบายธรรมชาติของพลาสติก แต่ได้ชี้หนทางซึ่งสามารถที่จะทำการเตรียมพื้นฐานสำหรับโลกของพลาสติกที่เราารู้จักกัน

4.12.5 Plastics applications

ผลิตภัณฑ์พลาสติกสามารถตกแต่งโดยโลหะและพลาสติก และแยกตัวด้วยไฟฟ้า พลาสติกใช้แทนที่โลหะในรถยนต์เป็นส่วนใหญ่ดังเช่น กระจก (mirror housing) ตัวควบคุมลูกบิด (control knobs) และ winder handles ได้ดีเท่ากับการตกแต่งด้วยโลหะ นี่เป็นสาขาที่ใช้ประโยชน์เพื่อเติมให้เต็มปราศจากการล่าช้าในคุณสมบัติที่ขาด

ในส่วนที่ยังจำเป็นต้องทำให้แข็งแรง และมีแรงต้านทานต่อการกระจายที่จะเกิดขึ้น จำเป็นที่จะต้องทบทวนเพื่อต่อสู้กับอากาศ ความเค้นบนท้องถนน อุณหภูมิที่สูงและอันตรายอื่น ๆ เพื่อลดอายุของตัวถังรถยนต์ ขอดิน สนิม สีจางลง โลหะไม่แข็งแรง

พลาสติกไม่ต้องการการยืดหยุ่นมากนัก หรือโค้งงอโดยไม่ต้องใช้แรงกดมากนัก พลาสติกจำเป็นต้องถูกและสามารถขึ้นรูป โดยส่วนตัวได้อย่างสูง และรูปร่างที่ซับซ้อน สิ่งดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่ต้องการคือ ความพึงพอใจโดยเทอร์โมพลาสติก และเทอร์โมเซตติ้งเรซิน พลาสติกสามารถรับแรงกด เครื่องหมาย การขึ้นแบบ รูปแบบ สุนัขอากาศ และเบนซินเจ็ดชั้น การตกแต่งรูปร่างที่ต้องการ

บางส่วนจากคุณสมบัติการตกแต่ง คุณสมบัติทางกลไกของอะคริลิคเรซินอยู่ระหว่างสูงที่สุดของเทอร์โมพลาสติก

ตาราง 21: ประเภทของเหล็กสเตนเลสที่ใช้ในรถยนต์ : Bs 1449 : ส่วนที่ 2

เกรด ของเหล็ก	ประเภทของ ส่วนประกอบ อัลลอยด์	ลักษณะเฉพาะ	ประเภทของการ นำไปใช้
Austenitic			
301 s21	17Cr 7Ni	ต้านทานการเป็น สนิมได้ดี	ตัวถังรถยนต์เย็บด้วยหมุด คลุมล้อ จานปิดมุมล้อรถยนต์ rocker panel mouldings
304 s16	17Cr 10Ni .66C	ต้านทานการเป็น สนิมได้ดี	เรือบรรทุกน้ำมันเป็นสนิมน้อย
305 s19	18Cr 11Ni 0.10C	อัตราความแข็ง ของงานต่ำ	เย็บด้วยหมุด
316 s31	17Cr 11Ni 2.25 Mo 0.07c	ต้านทานการเป็น สนิมสูงที่สุด	รถบรรทุกน้ำมันสำหรับบรรทุก สินค้าที่กว้างมากที่สุดยึดหยุ่น มากที่สุด
Ferritic			
409 s19	11Cr 0.08C+Ti	มีประสิทธิภาพใน การเชื่อม การ การสร้างและ ความต้านทาน การเป็นสนิม	ระบบท่อไอเสียและองค์ประกอบ ของตัวช่วย converter และตู้สำหรับบรรทุกสินค้า
430 s17	17Cr	ความต้านทานการ เป็นสนิมได้ดีสามารถ ดึงและขึ้นรูปได้	เรือบรรทุกน้ำมัน อุปกรณ์ตกแต่งภายใน แบบตัวถังรถยนต์ เครื่องป้องกันน้ำฝนกระจก

ตาราง 21 (ต่อ)

เกรด	ประเภทของ	ลักษณะเฉพาะ	ประเภทของการ
ของเหล็ก	ส่วนประกอบ		นำไปใช้
	อัลลอยด์		
Martensitic			
410 S21	13Cr 0.12C	ต้านทานการเป็นสนิม ส่วนประกอบสามารถ จัดการกับความ กับความร้อน มีความ แข็งแกร่งสูง	ประกอบไปด้วยไททาเนียม ที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

โครงรถ (Frames)

โครงรถ (Frames) เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดชิ้นหนึ่งของรถยนต์ โดยทำหน้าที่
ประการแรก คือ รองรับน้ำหนักของเครื่องยนต์ กระจุกเกียร์ ตัวถังและน้ำหนักบรรทุก
ประการที่สอง เป็นที่ยึดเหนี่ยวและประกอบชิ้นส่วนสำคัญอื่น ๆ เช่น ปีกนกบนและปีกนกล่าง
(Upper control arm and lower control arm) สปริงหรือแหนบ คาน และตัวถัง
เป็นต้น

ดังนั้นถ้าโครงรถเสียศูนย์ (Misalignment) จะด้วยเหตุใดก็ตาม จะมีผล
ให้อุปกรณ์บางอย่าง เกิดการสึกหรอและสิ้นเปลืองมาก การขับที่ไม่สะดวกและมีความปลอดภัย
น้อย

จากความสำคัญของโครงรถดังกล่าวแล้ว จะเห็นได้ว่า โครงรถจะต้องได้รับ
การดูแลรักษาให้คงสภาพเดิมอยู่ตลอดเวลา และผู้ที่จะดูแลรักษา หรือช่างที่จะทำหน้าที่ปรับ
ปรุง แกะไขเกี่ยวกับโครงรถควรจะมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องโครงรถดินอสมควร

ลักษณะทั่วไปของโครงรถ (General description of frames) โครง
รถโดยทั่วไปจะต้องมีน้ำหนักเบา มีความมั่นคงแข็งแรงมาก คือ ให้สามารถรับน้ำหนัก
และภาระ (load) นาน ๆ ได้ดี นั่นคือ นอกจากจะต้องรับน้ำหนักได้ตามกำหนดแล้ว จะต้อง
ทนต่อการบิดเบี้ยว คดงอ การเกิดความเค้น (stresses) และความเครียด (strain)
เมื่อใช้งานบนถนนแลภูมิประเทศที่มีสภาพต่าง ๆ กันได้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถบรรทุก
และรถที่ใช้ในการสงคราม

วัสดุที่ใช้ทำโครงรถ ส่วนมากเป็นเหล็กรีดเย็น ซึ่งเป็นแบบ ใช้เหล็กผสมที่ผ่าน
กรรมวิธีทางความร้อนมาแล้ว เพื่อให้มีน้ำหนักเบา แต่มีความแข็งแรงมาก เหล็กเหล่านี้
จะถูกนำมาขึ้นรูปโดยไม่ต้องใช้ความร้อนช่วย

โครงเหล็กซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงรถนั้น ได้แก่ เหล็กที่อยู่ด้านข้าง 2 ข้าง
ข้างละ 1 ท่อน แต่ละท่อนมีความยาวเกือบเท่าหรือเท่าความยาวของตัวรถ เหล็กด้าน
ข้างนี้ โดยปกติจะมีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวยูหรือรูปกล่อง เหล็กที่มีรูปหน้าตัดเป็นกล่องนี้ทำขึ้น
จากเหล็กรูปตัวยู 2 อัน ประกบเข้าหากันแล้วเชื่อมหรือย้ำหมุดให้ติดกัน

สำหรับโครงรถบรรทุก ที่ใช้น้ำหนักยางแบบ ทำด้วยเหล็กที่มีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวไอ

เหล็กด้านข้างของโครงรถ 2 ท่อนนี้จะวางห่างกันตามทวิศกร ได้ออกแบบไว้ โดยมีเหล็กขวางเป็นตัวยึด เพื่อให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคง เหล็กขวางนี้จะทำด้วยวัสดุอย่างเดียวกับเหล็กด้านข้าง และอาจจะมีรูปหน้าตัดเป็นรูปตัวฮหรือเป็นท่อนเหล็กกล่อ่งก็ได้ ที่เหล็กด้านข้าง จะมีหน้าแปลนต่าง ๆ ติดอยู่ อาจจะเป็นการยึดหมุดหรือการเชื่อม เพื่อใช้ติดตั้งส่วนประกอบอื่น ๆ รวมทั้งตัวถังด้วย

โครงรถส่วนมาก ถ้ามองดูจากด้านบนแล้ว ตอนท้ายจะมีความกว้างมากกว่าตอนหน้า ที่เป็นเช่นนี้ก็เพื่อให้รถสามารถเลี้ยวได้ในวงแคบ ส่วนตอนท้ายหรือตอนหลังที่ทำให้ออกกว้าง เพื่อให้รองรับตัวถังได้ดีขึ้น

โครงรถแบบต่าง ๆ (Types of frames)

โครงรถอาจแบ่งออกเป็นหลายแบบ แต่ละแบบก็มีความแตกต่างกันไป ทั้งขนาดและรูปร่าง ทั้งนี้ก็เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ใช้

1. โครงรถแบบตัวเอ็กซ์ (X-type frame) บริเวณกึ่งกลางมีท่อนกลมสั้น เหนากลางของรถคันนี้ จะลอดผ่านเข้าไปในท่อนนี้ ส่วนเหล็กด้านข้างเป็นแบบกล่อ่ง เหล็กขวางที่อยู่ด้านหน้าขนาดใหญ่ใช้สำหรับยึดปีกนกบน-ล่าง สปริงชุด ส่วนเหล็กด้านข้าง ตอนท้ายทำโค้งขึ้น ก็เพื่อเป็นที่ประกอบชุดเพลาท้าย และ ให้มีช่องสำหรับแหวนหลังทำงาน (เดินขึ้น-ลง) การออกแบบให้เหล็กด้านข้างของโครงรถ ตอนหน้าและตอนท้ายโค้งขึ้นนั้น จะช่วยให้ศูนย์กลางของโครงรถต่ำลงด้วย ซึ่งเป็นผลให้การทรงตัวของรถ หนะแล่นดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางโค้ง

2. โครงรถแบบขั้นบันได (Ladder-type frame) แบบนี้ ไม่มีการใช้ท่อนยึดตรงจุดกึ่งกลางของโครงรถ อย่างไรก็ตาม ได้มีการเพิ่มจำนวนเหล็กขวางมากขึ้นเป็นการช่วยให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคงยิ่งขึ้น ส่วนเหล็กด้านข้างมีรูปหน้าตัดเป็นแบบกล่อ่ง

3. โครงรถแบบสี่เหลี่ยม (Perimeter-type frames) แบบนี้คล้ายกับแบบขั้นบันได เหล็กด้านข้างที่ใช้รองรับตัวถัง จะเป็นส่วนที่มีความกว้างมากที่สุด เป็นการช่วยให้ผู้โดยสารเกิดความปลอดภัยมากขึ้น ในกรณีที่มีการกระแทกหรือปะทะทางข้างตัวถัง

4. โครงรถแบบช่วงสั้น (Bolt-on stub frame) ในบางครั้งโรงงานที่ผลิตรถ ได้สร้างโครงรถช่วงสั้น ๆ เฉพาะตอนหน้าโดยตัดต่อแทนยางไว้ตรงส่วนที่จะยึดกับตัวถัง ซึ่งเป็นแบบตู้หรือแบบตรวจการโครงรถ ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้กับตัวถังชนิดนี้ มีความแตกต่างกันหลายแบบ

5. โครงสร้างของรถแบบมีโครงรถในตัว (Unitized body and frame construction) ปัจจุบันนี้เทคนิคทางด้านช่างอุตสาหกรรมแขนงต่าง ๆ ได้เจริญก้าวหน้าไปมาก รวมทั้งการเชื่อมจุดและการพับโลหะแผ่น ให้มีรูปร่างสลับซับซ้อนต่าง ๆ ดังนั้นรถที่ไม่ใช้งานหนัก เช่น รถยนต์นั่งจะไม่นิยมใช้โครงรถแยกต่างหาก นั่นคือโลหะบางส่วนที่เป็นตัวถังรถและส่วนที่ใช้รองรับน้ำหนักต่าง ๆ ที่เกิดจากน้ำหนักการขับ การเบรค และการสะท้อนหรือส่วนที่ใช้ยึดอุปกรณ์อื่น ๆ จะได้รับการออกแบบให้ถูกเชื่อมติดกันเป็นชิ้นเดียว

ฟาร์มิงตัน อิลส์ รัฐไมอามี ได้ชักจูงให้ GM ใช้ Aluminum Vehicle Technology (AVT) อันเป็นระบบเทคโนโลยียานยนต์อลูมิเนียมในการทำรถต้นแบบสำหรับรถไฟฟ้า AVT สร้างโครงสร้างตัวถังรถยนต์ด้วยอลูมิเนียมโดยอาศัยการเชื่อม โครงสร้างอลูมิเนียมนี้จะ เป็นโครงสร้างการติดตั้งเครื่องยนต์และส่วนประกอบภายนอก นอกจากนี้ยังได้รวมเอา ชิ้นส่วนที่ได้จากการดัด การหล่อ และแผ่นเหล็กกล้าเข้ากับโครงสร้างนี้เพื่อลดความยุ่งยากในการประกอบและลดต้นทุนในการผลิต

โครงสร้างของตัวถังซึ่งเป็นเหล็กกล้าได้รวมหน้าที่ของตัวถังและโครงรถยนต์ เข้าด้วยกันทำนองเดียวกับการออกแบบตัวถังร่วมของรถยนต์ให้มีลักษณะตัวถังเดี่ยว (Unibody) ครึ่งหนึ่งของทั้งหมดจะได้รับการขึ้นรูปโดยการปั๊ม ส่วนที่เหลือจะเป็นเหล็กกล้า ม้วน หล่อและดัดขึ้นรูป การกระทำเช่นนี้เป็นการประหยัดต้นทุน การติดตั้งอุปกรณ์ได้มาก

การผสมผสานการออกแบบ

นอกจากนี้ ฟอर्डยังได้สร้างสรรค์แนวความคิดของรถยนต์ปี 2010 โดยใช้ ชื่อโครงการว่า Synergy 2010 ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับเกณฑ์การออกแบบของโครงการสุดยอดยนตรกรรมในหลาย ๆ ด้านกฎเกณฑ์สำคัญคือการพิจารณาว่าเทคโนโลยีเกี่ยวกับการ ประหยัดประหยัดน้ำมันจะสามารถประกอบเข้ากับรถยนต์ที่มีสโตร์แห่งอนาคต

ตัวถังที่มีน้ำหนัก 2200 ปอนด์ Synergy 2010 มีน้ำหนักน้อยกว่ารถซีดานขนาด กลางของปัจจุบันประมาณ 1100 ปอนด์การใช้อลูมิเนียมในการทำโครงสร้างแบบตัวถัง เดี่ยววิเศษผลสำคัญที่ช่วยให้สามารถลดน้ำหนักของตัวรถลงได้ โดยลดลงได้ถึงประมาณ 400 ปอนด์ ผลจากการลดน้ำหนักดังกล่าวช่วยให้สามารถลดขนาดของชิ้นส่วนอื่น ๆ ลงได้ตาม น้ำหนักของรถยนต์ อาทิ เครื่องยนต์ ระบบล้อช่วยแรง หม้อน้ำ และเบรก การลดลงเช่น นี้จะช่วยลดน้ำหนักของรถยนต์ลงได้ประมาณ 300 ปอนด์

บทบาทของ Prowler

นอกจากนี้กรณีการใช้อลูมิเนียมในโครงการสุดยอดยนตรกรรมยังรวมถึง Plymouth Prowler ซึ่งเป็นรถยนต์สปอร์ตสองที่นั่งจากการเปิดตัวของ Chrysler เมื่อต้นปี

2539 ที่มีการใช้อลูมิเนียม 900 ปอนด์ รถรุ่นนี้มีน้ำหนักน้อยกว่า Honda Acura NSX เพียง 100 ปอนด์โดย Honda Acura NSX จัดเป็นรถยนต์ในตลาดที่ใช้ส่วนประกอบอลูมิเนียมมากที่สุดในปัจจุบัน และประกอบด้วยโลหะน้ำหนักเบาอื่น ๆ อีกประมาณ 1000 ปอนด์

นอกจากนี้ยังมี Audi A8 รถยนต์เป็นรถ Spaceframe รุ่นใหม่ ซึ่งมีชิ้นส่วนที่ได้จากการหล่อและยึดอลูมิเนียม รถยนต์รุ่นนี้ใช้ชิ้นส่วนน้อยกว่ารถยนต์ที่มีโครงสร้างแบบตัวถังถึงเดี๋ยวกว่าไปประมาณ 1 ใน 3 ด้วย Audi A8 ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถสร้างรถยนต์อลูมิเนียมที่น้ำหนักเบาและปลอดภัยได้

กรณีของสารประกอบ (Composite)

อย่างไรก็ดีจากการเปิดเผยของผู้เข้าร่วมในโครงการสุดยอดยุทธกรรม สารประกอบประเภทโพลีเมอร์ซึ่งเป็นพลาสติกที่เสริมแรงด้วยแก้ว สิ่งทอ หรือวัสดุอื่น ๆ ก็มีข้อได้เปรียบที่น่าสนใจหลายประการ อาทิ ความแข็งแรง ความทนทานต่อการกัดกร่อนความง่ายในการหล่อแบบ น้ำหนักเบาและให้ความคล่องตัวในการออกแบบ "สารประกอบมีโอกาสที่จะเป็นคำตอบที่ตรงหรือดีกว่าสำหรับเป้าหมายของ PNGV ในเรื่องการลดน้ำหนัก" มร.จอร์น วิลเลียม สมาชิกของทีมเทคโนโลยีวัสดุของ Chrysler ให้ข้อสังเกต "สารประกอบที่มีส่วนผสมของคาร์บอน-ไฟเบอร์สามารถลดน้ำหนักได้ถึง 65 % และสารประกอบที่มีส่วนผสมของใยแก้วสามารถลดน้ำหนักได้ 1 ใน 3 ของน้ำหนักของโครงสร้าง"

แต่เพื่อให้สามารถนำสารประกอบเหล่านี้มาใช้งานได้ วิศวกรยานยนต์และวัสดุจะต้องให้ความสำคัญกับเทคนิคการผลิตที่ประหยัดต้นทุนและความสามารถในการผลิตเป็นปริมาณมากเพื่อการนำมาใช้งานได้จริง แต่ปัญหาสำหรับในขณะนี้คือยังไม่มีข้อมูลด้านความต้านทานของสารประกอบโพลีเมอร์ในสภาพแวดล้อมยานยนต์ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและต้นทุนค่าวัสดุลงอีกด้วยขณะเดียวกันก็ต้องพัฒนาวิธีการรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อความปลอดภัย

เมื่อเร็ว ๆ นี้ทีมนักวิจัยได้ใช้หลักการ Structural Reaction Injection Molding (SRIM) ในการผลิตโครงสร้างจากสารประกอบเชิงซ้อนขนาดใหญ่ขึ้นส่วนที่กำลัง

อยู่ระหว่างการทดสอบคือกระบะ และประตูท้ายของรถปิคอัพ นอกจากนี้ยังต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการประกอบและการต่อเชื่อมที่ก้าวหน้าซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของโครงการเทคโนโลยีขั้นสูงที่เป็นสารประกอบนี้จะได้รับการทดสอบอย่างจริงจังในปลายปีนี้

การพัฒนาเพื่อความสอดคล้องของยุทธกรรม

แม้ว่าการออกแบบรถซูเปอร์คาร์หรือสุดยอดยุทธกรรมจะยังไม่สิ้นสุดลง แต่บริษัทแห่งอื่น ๆ ต่างก็มุ่งหวังที่จะแนะนำรถยนต์ใหม่ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองถึงระดับ 90 ไมล์/แกลลอน ทั้งนี้ Xcorp แห่งเมืองมาลิบู แคลิฟอร์เนีย ได้ออกแบบรถยนต์ที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยเทคโนโลยีจากองค์การนาซ่าและกรมพลังงานของสหรัฐอเมริกา โดยไม่จำเป็นต้องใช้การเชื่อมจุด การเจาะ หรือหมุดยึดเข้ากับตัวถังที่ทำจากสารประกอบ แต่อาจจะต้องมีการแตงผิวลำเร็วข้าง นอกจากนี้รถยนต์ยังไม่จำเป็นต้องทำลิ้นซึ่งเทคนิคการหล่อพิมพ์สีของตัวถังจากสารประกอบและรถยนต์นี้จะใช้ชิ้นส่วนหลักให้ง่ายต่อการบริการและการเปลี่ยนอะไหล่

สำหรับโครงการนี้ Xcorp ได้พัฒนาวัสดุใหม่ที่ลอกเลียนมาจากสารประกอบเพื่อสิ่งแวดล้อม ECs บริษัทได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรมากกว่า 50 รายการ สำหรับวัสดุที่เป็นสารประกอบระบบการทำแข็ง ระบบการหล่อพิมพ์ การผลิต และระบบการรีไซเคิลสำหรับกระบวนการผลิต ECs เข้มข้น น้ำหนักเบา ไม่ผุกร่อน ไม่นำไฟฟ้าและไม่สิ้นสະเทือน นอกจากต้องทนทานต่อการกัดกร่อนและการสึกหรอ ขณะเดียวกันวัสดุดังกล่าวนี้นี้ดีกว่าอลูมิเนียมในด้านการใช้งานในสถานการณ์ที่โครงสร้างจำเป็นต้องได้รับการควบคุมด้านการตอบสนองต่อความเสียหายที่เกิดจากการชนหรือแรงกระแทกที่รุนแรง

ECs ยังแตกต่างจากสารประกอบที่อยู่ในปัจจุบันในแง่ที่ได้รับการผลิตที่ใช้พลังงานต่ำไม่ก่อให้เกิดสารพิษและระบบการผลิตที่ปลอดภัย สารประกอบเหล่านี้ยังสามารถผลิตจากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมและวัสดุรีไซเคิล นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิต ECs ยังเท่ากับอลูมิเนียมทั้งนี้เป็นเพราะ ECs ใช้ระบบการหล่อแบบ Hybrid Molding แรงดันและแรงเสียดทานต่ำ นอกจากนี้ยังเป็นเพราะต้นทุนด้านเครื่องมือและค่าจ้างแรงงานที่ต่ำ วัสดุที่ใช้สามารถรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งโดยไม่สูญเสียความแข็งแรง

รถต้นแบบสำหรับการผลิต Xcorp Supercar จะเป็นรถขับเคลื่อนล้อหลัง/เครื่องยนต์หลัง Xcorp มีแผนการที่จะเสนอทั้งหมด 5 รุ่นคือ Roadster คูเป้ รดสปอร์ต และรถทหาร โดยแต่ละรุ่นจะมีกลไกถ่ายเทกำลัง 2 ชุดคือ แบบดัดแปลง 45 แรงม้า และ 80 แรงม้า เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 3 กระบอกสูบ พร้อมด้วย CVT หรือเกียร์ไฟฟ้า 4 สปีด

ไม่ว่าสุดท้ายอุตสาหกรรมคันไหนจะชนะสงครามการประหยัคน้ำมัน วิศวกรและผู้ผลิตรถยนต์จะได้ประโยชน์จากการวิจัยวัสดุที่ทุกฝ่ายทุ่มเทให้กับงานนี้ และค่อนข้างมีความเป็นไปได้ที่วัสดุที่ก้าวหน้าเหล่านี้จะปรากฏอยู่ในการผลิตรถยนต์ในอนาคตไม่ว่าจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเฉลี่ยเท่ากับ 80 ไมล์/แกลลอนหรือไม่ก็ตาม

คำแนะนำ

กรุณาทบทวนด้วยตัวของท่านเองว่า ท่านสามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยเลือกคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. ตัวถังและโครงรถยนต์ที่ผลิตครั้งแรกทำมาจากอะไร

- ก. ปรืด
- ข. สังกะสี
- ค. ตะกั่ว
- ง. พลาสติก
- จ. อะลูมิเนียม

2. เครื่องป้องกันโคลน ในระยะแรกทำมาจากอะไร

- ก. พลาสติก
- ข. อลูมิเนียม
- ค. อลูมิเนียมอัลลอยด์
- ง. ไม้หรือหนัง
- จ. เหล็ก

3. ผู้ผลิตรถยนต์คันแรก ที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายในคือใคร

- ก. Karl Benz
- ข. Ferdinand Verbiest
- ค. Nicholas Joseph Cugnot
- ง. Sir Charles Dance
- จ. Gottlieb Daimler

4. วัสดุแบบใดที่ใช้ผลิตตัวถังและโครงรถยนต์ มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 7 ปี มีความทนทาน
ประหยัด และไม่เป็นสนิม

- ก. Low-carbon steel
- ข. Micro-alloyed steel
- ค. Medium-carbon steel
- ง. High-carbon steel
- จ. Zinc coated steels

5. ผู้ค้นพบวิธีการผลิตอลูมิเนียม คือใคร

- ก. Karl Benz
- ข. Frank Duryea
- ค. Jenatzy
- ง. Serpollet
- จ. Paul Heroult

6. อลูมิเนียมอัลลอยด์ที่ใช้กันมาก คือข้อใด

- ก. ทองแดง
- ข. แมงกานีส
- ค. ซิลิกอน
- ง. แมกนีเซียมและสังกะสี
- จ. ถูกทุกข้อ

7. ผู้ที่ได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับโพลีเมอร์ คือใคร

- ก. Paul Heroult
- ข. Hermann Staudinger
- ค. Alexander Parkes
- ง. John Hyatt
- จ. Plaque Parkes

8. Alloy 5154 A เหมาะสมที่จะใช้เป็นอะไร
- ก. car panels
 - ข. mirror housing
 - ค. control knobs
 - ง. window handles
 - จ. mudguards
9. โครงรถเลี้ยวศูนย์จะทำให้เกิดอะไร
- ก. เกิดการสึกหรองต่ออุปกรณ์
 - ข. ลื่นเป็ลื่องอุปกรณ์มาก
 - ค. การขับเคลื่อนไม่สะดวก
 - ง. มีความปลอดภัยน้อย
 - จ. ถูกทุกข้อ
10. ลักษณะของโครงรถยนต์ที่ดี ควรเป็นอย่างไร
- ก. มีน้ำหนักเบา
 - ข. มีความมั่นคงแข็งแรง
 - ค. ทนต่อการบิดเบี้ยว คดงอ
 - ง. ทนต่อการเกิดความเค้นและความเครียด
 - จ. ถูกทุกข้อ
11. วัสดุที่นิยมใช้ทำโครงรถยนต์ คืออะไร
- ก. แกนไม้มะกอก
 - ข. พลาสติก
 - ค. อลูมิเนียม
 - ง. เหล็กรีดเย็น
 - จ. อลูมิเนียมอัลลอยด์

12. เหล็กด้านข้างโครงรถมีรูปร่างอย่างไร
- รูปตัวยูหรือรูปร่าง
 - รูปข้าวหลามตัด
 - รูปวงรีหรือวงกลม
 - รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 - รูปสี่เหลี่ยมคางหมู
13. โครงรถ มองจากด้านบนตอนท้าย มีความกว้างมากกว่าตอนหน้าเพื่ออะไร
- ให้รถสามารถเลี้ยวได้ในวงกว้าง
 - ให้รถสามารถเลี้ยวได้ในวงแคบ
 - ให้รถสามารถถอยได้ในวงกว้าง
 - ให้รถสามารถถอยได้ในวงแคบ
 - ให้รถสามารถวิ่งได้เร็วยิ่งขึ้น
14. โครงรถแบบใด ที่ช่วยให้ผู้โดยสาร เกิดความปลอดภัยมากที่สุด เมื่อปะทะข้างตัวถึง
- โครงรถแบบตัวเอ็กซ์
 - โครงรถแบบขั้นบันได
 - โครงรถแบบสี่เหลี่ยม
 - โครงรถแบบช่วงสั้น
 - โครงรถแบบมีโครงรถในตัว
15. โครงรถแบบใด ไม่มีการใช้ท่อยึดตรงจุดกึ่งกลางของโครงรถ แต่มีการเพิ่มเหล็กขวางมากขึ้น เป็นการช่วยให้เกิดความแข็งแรงและมั่นคงยิ่งขึ้น
- โครงรถแบบตัวเอ็กซ์
 - โครงรถแบบขั้นบันได
 - โครงรถแบบสี่เหลี่ยม
 - โครงรถแบบช่วงสั้น
 - โครงรถแบบมีโครงรถในตัว

16. โครงรถยนต์แบบตู้หรือแบบตรวจการ จัดอยู่ในโครงรถประเภทใด
- โครงรถแบบตัวเอ็กซ์
 - โครงรถแบบชั้นบันได
 - โครงรถแบบสี่เหลี่ยม
 - โครงรถแบบช่วงสั้น
 - โครงรถแบบมีโครงรถในตัว
17. รถยนต์ไฟฟ้า G.M. 1 ใช้วัสดุใดเป็นตัวยึดรถยนต์
- ไม้
 - เหล็ก
 - พลาสติก
 - อลูมิเนียม
 - อลูมิเนียมอัลลอยด์
18. สารประกอบประเภทโพลิเมอร์ ซึ่งเป็นพลาสติกใช้ทำตัวยึดรถยนต์ได้ดี เพราะอะไร
- มีความแข็งแรงแรง
 - มีความทนทานต่อการกัดกร่อน
 - มีความง่ายในการหล่อแบบ
 - น้ำหนักเบาและให้ความคล่องตัวในการออกแบบ
 - ถูกทุกข้อ
19. การออกแบบรถยนต์ที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคโนโลยีจากองค์การนาซา และกรมพลังงานของสหรัฐอเมริกา คือข้อใด
- ไม่จำเป็นต้องใช้การเชื่อมจุด
 - จำเป็นต้องใช้การเชื่อมจุด
 - จำเป็นต้องใช้การเจาะ
 - จำเป็นต้องใช้การหมุดย้ำ
 - จำเป็นต้องทาสี

20. รถที่มีล้อหลังใหญ่กว่าล้อหน้า นำมาจากแนวคิดของรถอะไร

- ก. รถไอน้ำ
- ข. รถใช้ม้าลาก
- ค. รถใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน
- ง. รถยนต์แบบผสม
- จ. รถยนต์ไฟฟ้า

คะแนน: ให้คะแนนสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง ข้อละ 1 คะแนน

คะแนนที่ท่านได้ คะแนน

โปรดตรวจคำตอบและหน้าถัดไป

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

1. จ
2. ง
3. ก
4. จ
5. จ
6. จ
7. ข
8. ก
9. จ
10. จ
11. ง
12. ก
13. ข
14. ค
15. ข
16. ง
17. ง
18. จ
19. ก
20. ข

ผลการทำแบบฝึกหัด

1. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องไม่ครบทุกข้อ ให้กลับไปพิจารณาบทวนเนื้อหาวิชาจากบทเรียน แล้วจึงกลับมาทำแบบฝึกหัดอีกครั้ง
2. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้องสมบูรณ์ทุกข้อ แสดงว่าท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนอย่างเพียงพอแล้ว ให้ท่านศึกษา บทเรียนต่อไปตามลำดับ

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หน่วยที่ 2 ตัวดังและโครงรถยนต์

ประเด็นการพิจารณา	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	
1. คำชี้แจง คำแนะนำการเรียนรู้ชัดเจนเพียงพอ 2. แนวคิดของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมเพียงพอ 3. วัตถุประสงค์ชัดเจนเพียงพอ 4. กิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 เนื้อหาบทเรียนทำความเข้าใจได้ง่ายเพียงพอ 4.2 เนื้อหาในบทเรียนเพียงพอเหมาะสม 4.3 แบบฝึกหัดกับเนื้อหาสอดคล้องกันเพียงพอ 5. เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาเพียงพอ 5.2 ให้ความรู้เพิ่มเติมเพียงพอ 6. แบบทดสอบประจำหน่วยเหมาะสมเพียงพอ				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

แบตเตอรี่และการประจุ

แนวคิด

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ต้องมีคุณสมบัติ ให้พลังงานสูง สมรรถนะสูง ประสิทธิภาพสูง อายุใช้งานยืนยาว ราคาต่ำ ปลอดภัย เชื่อถือได้ ไม่ต้องบำรุงรักษา สามารถเติมประจุไฟได้ตามเวลา และความสามารถนำไปใช้ใหม่ได้อีก

จนปัจจุบันเทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่เหมาะสม สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า คือแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (lead acid) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่แบบแรก ต่อมาได้รับการคิดค้นและพัฒนาคุณภาพ และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ให้ดียิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นแบตเตอรี่แบบนิเกิล เช่น นิเกิล-เหล็ก (Ni-Fe) นิเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) และนิเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) ซึ่งกำลังได้รับความสนใจอย่างสูง ส่วนแบตเตอรี่แบบสังกะสีอัลลอย เช่น สังกะสีโบรไมด์ (Zn-Br) และแบตเตอรี่อุณหภูมิสูง เช่น โซเดียม ซัลเฟอร์ (Na-S) เป็นแบตเตอรี่ที่น่าสนใจ

แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดเป็นที่นิยมสูงสุด ในรถยนต์ไฟฟ้า เช่น รถยนต์ไฟฟ้า GM Impact 4, EPRI/GM, G-Van, Mazda Bonga, Suzuki Cervo, Daihatsu Hize, Mitsubishi Minic-Carb และ Nissan EV Guide II แบตเตอรี่แบบนิเกิลแคดเมียม ใช้ทั่วไปในรถยนต์ไฟฟ้า เช่น Nissan FEV, U2001, Renault Zoom และ Tepco IZA แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าแบบ BMW E1/E2 Ford Ecostar และ LAOWP/SCE, LA 301 สำหรับแบตเตอรี่แบบนิเกิลเหล็กใช้ในรถยนต์ไฟฟ้า แบบ EPRI/Chrysler TEVan Nissan March EV-11, Toyota EV-40 ส่วนแบตเตอรี่แบบลิเทียม-อ็อกไซด์ จะมีพลังงานมากกว่าถึง 3 เท่า และมีอายุการใช้งานมากกว่าถึง 3 เท่า และมีอายุการใช้งานยาวกว่าในการใช้งานแต่ละครั้ง รถยนต์ไฟฟ้าจะวิ่งได้เกือบ 200 กิโลเมตรต่อการชาร์จไฟหนึ่งครั้ง

Hughes Power control System ได้พัฒนาตัวเติมประจุไฟสำหรับครอบครัวย โดยใช้ระบบ inductive coupling เพื่อถ่ายเทพลังงานไปยังรถยนต์ไฟฟ้าจากอุปกรณ์ offboard นอกจากนั้น วิธีการเติมประจุไฟแบบนี้ สามารถเติมประจุไฟได้โดยตรง ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมาก

ระบบ Inductive coupler สามารถถ่ายเทพลังงาน มากกว่าช่วงกว้าง (จาก 0-250 kw) ช่องประตูแบบ single port ของรถยนต์ไฟฟ้าสามารถทำให้เหมาะสม โดยใช้ไฟจาก house-hold vehicle (บ้าน) ในการเติมประจุไฟด้วยความเร็วสูง มีความปลอดภัย เป็นอุปกรณ์ที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ ความก้าวหน้าดังกล่าวของ coupling system พัฒนาขึ้นโดย Hughes Power Control System สำหรับใช้สิ่งแวดล้อมใต้ทะเล ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งาน โรงงาน ผลิตรถยนต์และหน่วยพลังงานช่วยเหลือ

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว ท่านควรที่จะสามารถ

1. บอกความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า
2. บอกคุณลักษณะของแบตเตอรี่
3. อธิบายหลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ระบบป้องกัน
4. บอกหลักการเลือกเทคโนโลยีแบตเตอรี่
5. บอกหลักการใช้เทคโนโลยีแบตเตอรี่
6. บอกวิธีการประจุไฟแบตเตอรี่
7. บอกชนิดของวงจรประจุไฟแบตเตอรี่
8. อธิบายหลักการทำงานของวงจร
9. บอกวิธีการประจุไฟเร็วและการประจุไฟช้า
10. บอกการตรวจสอบและป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าว
11. บอกประเภทของการลัดภายใน
12. อธิบายการป้องกันแรงดันไฟฟ้า
13. อธิบายการป้องกันกระแสไฟฟ้า

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด ขณะศึกษาบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 3

แบตเตอรี่และการประจุ

ปัญหาใหญ่ที่สุดของรถยนต์ไฟฟ้าก็คือ แหล่งพลังงาน ซึ่งปัจจุบันพลังงานได้มาจากชุดแบตเตอรี่อันหมายถึงการเก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปเคมี เมื่อ 2-3 ปีที่ผ่านมา บริษัทยักษ์ใหญ่แห่งหนึ่งได้ร่วมทุนกับบริษัทผลิตแบตเตอรี่ พัฒนาแบตเตอรี่สำหรับใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะและหลังจากการทำงานใช้เงินลงทุนไปมากมายดูเหมือนว่าจะยังไม่สามารถทำได้ดังเป้าหมายที่วางไว้ทำให้ราคาหุ้นของบริษัทตกต่ำลงเรื่อย ๆ บริษัท จีเอ็ม โอโวนิคจำกัด อันเป็นบริษัทร่วมทุนระหว่างเจเนอรัลมอเตอร์ส์กับบริษัทผลิตแบตเตอรี่โอโวนิค เลือกรการพัฒนาแบตเตอรี่แบบนิเกิล-เมทัล ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่จีเอ็มมีโครงการจะใช้กับรถยนต์ไฟฟ้าอี วี 1 แต่ปัญหาคือ ตลาดความต้องการใช้แบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้ายังมีปริมาณน้อยมากจนไม่คุ้มทุนในการผลิต และ สนนราคาค่าผลิตแพงมากเพราะต้องประกอบด้วยมือทำให้แบตเตอรี่ต้นแบบชุดหนึ่งมีราคา 60,000 ดอลลาร์สหรัฐต่ออเมริกา

บริษัทแบตเตอรี่และบริษัทรถยนต์ต่างตกอยู่ในสภาวะกลืนไม่เข้าคายไม่ออกเพราะต้องผลิตมากจึงจะมีราคาถูกในขณะที่บริษัทรถยนต์ต้องการซื้อแบตเตอรี่ในราคาที่ถูกลงที่จะเริ่มทำตลาดรถยนต์ไฟฟ้าได้ คาดว่าถ้ามีการผลิตแบตเตอรี่ปีละ 1000-2000 ชุด ราคาจะตกชุดละ 15,000 ดอลลาร์สหรัฐต่ออเมริกา และเมื่อผลิตปีละ 20,000 ชุด ราคาจะลดลงเหลือชุดละ 4,500 ดอลลาร์สหรัฐต่ออเมริกา นอกจากนี้บริษัทอเมริกาทั้ง 2 รายยังต้องเจอกับคู่แข่งที่มีความพร้อมอย่างเช่น มิตซูบิชิ และโซนี่ที่พัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ได้ดีกว่า คือแบตเตอรี่ลิเทียม ซึ่งขณะนี้กำลังใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบอยู่ แบตเตอรี่แบบลิเทียมนี้มีราคาถูกกว่านิเกิล-เมทัล และให้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่า ทำให้ระยะทางใช้งานของรถยนต์ยาวกว่า

ผู้เชี่ยวชาญในวงการรถยนต์ไฟฟ้าต่างก็พากันยอมรับว่า แบตเตอรี่ลิเทียมดูเหมือนจะเป็นอนาคตที่ดีสำหรับแหล่งพลังงานของรถยนต์ไฟฟ้า แต่แบตเตอรี่นิเกิล-เมทัล มีข้อได้เปรียบคือเทคโนโลยีค่อนข้างสมบูรณ์พร้อมจะใช้ได้ทันทีและได้มีการพิสูจน์แล้วในปีที่ผ่านมาโดยรถยนต์ไฟฟ้าของบริษัทโซเลเทรียใช้แบตเตอรี่ของบริษัทโอโวนิคสามารถทำสถิติวิ่งได้

ระยะทาง 600 กิโลเมตร จนกว่าพลังงานจะหมดและสำหรับการขับขีใช้งานตามปกติโดยเฉลี่ยแล้วจะวิ่งได้ระยะทาง 200 กิโลเมตรต่อการประจุไฟเต็มหนึ่งครั้ง

ข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ แบตเตอรี่ของบริษัทไอโวนิค สามารถใช้งานได้นาน 4 ปีดีกว่าแบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด(ที่ใช้ในรถยนต์ปัจจุบันนี้) ซึ่งมีอายุการใช้งานเฉลี่ยเพียง 2 ปี สรุปก็คือว่า แบตเตอรี่ของไอโวนิค ตรงกับความต้องการของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ทุกอย่าง ยกเว้นเพียงประการเดียวคือ ราคา ไอโวนิค พยายามลดต้นทุนการผลิตโดยติดตั้งเครื่องจักรประกอบแบตเตอรี่แทนแรงงานคนไปแล้ว แต่ยังเจอปัญหาคือแบตเตอรี่ทุกตัวที่ประกอบเสร็จแล้วต้องผ่านกระบวนการใส่ประจุ/คายประจุหลายครั้ง ก่อนกระบวนการทางเคมีจะพร้อมรับงานจริง ดังนั้นในการเตรียมแบตเตอรี่ขึ้นตอนนี้ต้องใช้เวลาราว 14 วัน ก่อนพร้อมใช้งาน ทางวิศวกรของบริษัทคาดว่า ในอนาคตจะสามารถลดเวลาในขั้นตอนนี้ให้เหลือเพียง 3 วัน

ปัญหาของราคาแบตเตอรี่ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุขั้วในการผลิต เช่น ไททาเนียม เซอร์โคเนียมและนิกเคิลไฮดรอกไซด์ มีราคาแพง ซึ่งไอโวนิค พยายามจะลดการใช้โลหะที่มีค่าเหล่านี้ลง แต่ผู้บริหารของบริษัทก็ยอมรับว่า อาจไม่สามารถบรรลุถึงราคาที่บริษัทรถยนต์ต้องการ คือแบตเตอรี่ชุดที่ใช้กับรถไฟฟ้าจีเอ็ม อีวี 1 ซึ่งต้องการให้ราคาแบตเตอรี่ไม่เกิน 4,500 ดอลลาร์ บริษัทรถยนต์อื่น ๆ เช่น ฟอร์ดมีแผนจะวางตลาดรถยนต์ไฟฟ้าในปี 2542 ประมาณ 400 คันและต้องการให้มีการแข่งขันพัฒนาแบตเตอรี่มากขึ้น วิศวกรของฟอร์ดกล่าวไว้ว่า หวังใจในคุณภาพแบตเตอรี่ของมิตซูบิชิและกำลังจะพิจารณาเลือกใช้ ฮอนด้าเป็นอีกบริษัทหนึ่งที่เลือกใช้แบตเตอรี่ของมิตซูบิชิ และต้องการให้เกิดการแข่งขันในการพัฒนาแบตเตอรี่มากกว่าที่เป็นอยู่ทุกวันนี้ วิศวกรของฮอนด้ากำลังทดสอบแบตเตอรี่จากไอโวนิคอยู่เช่นกัน ในปัจจุบันฮอนด้ามีรถยนต์ไฟฟ้ารุ่น อีวี พลัส วางจำหน่ายอยู่

บริษัทรถยนต์ยักษ์ใหญ่ทั้งสามของสหรัฐ ตั้งกระตุนให้มีการพัฒนาแบตเตอรี่แบบลิเทียมให้ได้ผลโดยเร็วซึ่งดูเหมือนว่า โซนินมีเทคโนโลยีที่น่าหวั่นบริษัทอื่น ๆ อยู่ แบตเตอรี่ลิเทียมต้นแบบของโซนิน สร้างความประทับใจให้กับวิศวกรรถไฟฟ้ากันมาก แต่ยังทำใจยอมรับกับราคาไม่ได้

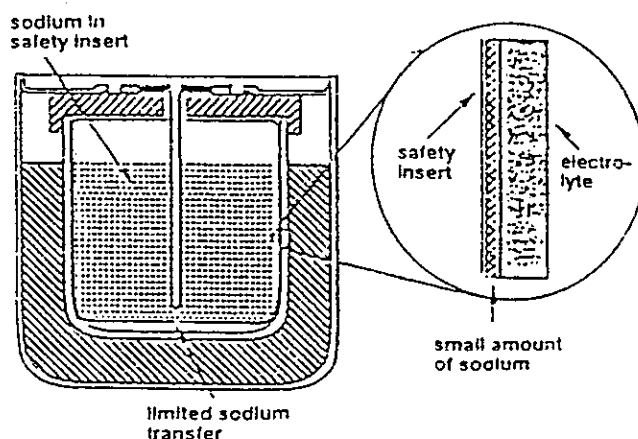
อนาคตของรถไฟฟ้าจึงยังไม่มีความแน่นอน บริษัทโอโวนิคได้พยายามลดค่าแบตเตอรี่ลง โดยลดการใช้แบตเตอรี่จากปกติ 25 ลูก/คัน ให้เหลือเพียง 15 ลูก นอกจากนี้ยังพยายามลดค่าใช้จ่าย โดยการหาทางขายแบตเตอรี่ใช้แล้วให้กับโรงพยาบาล หรือ โรงเรียนที่ต้องการแหล่งเก็บพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงสำรอง

เทคโนโลยีแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้า

เพราะว่าพลังงานเฉพาะและกำลังงานเฉพาะของแบตเตอรี่ โดยทั่วไปมีค่าน้อยกว่าแก๊สโซลีน (น้ำมัน) แบตเตอรี่จำนวนมาก จึงเป็นสิ่งที่ต้องการ เพื่อให้แน่ใจถึงระดับของพลังงานที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของยานยนต์กับแบตเตอรี่จำนวนมาก ทนทุกข์จากข้อผิดพลาดหลายอย่าง การลดลงภายในและช่องว่างของกล่องบรรจุ การเพิ่มขึ้นของราคาและน้ำหนักในยานยนต์ และการลดลงของผลการปฏิบัติงานของยานยนต์ ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีแบตเตอรี่ จึงเป็นสิ่งเร่งด่วน ซึ่งเกณฑ์จะประกอบไปด้วย specific energy, specific powers, energy efficiency, charge rate, cycle life, operating environment, cost, safety และ recycling จำเป็นต้องได้รับการพิจารณา

จนกระทั่งปัจจุบัน เทคโนโลยีแบตเตอรี่ที่เหมาะสมสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า คือ แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด (lead acid) มีความแตกต่างกันระหว่างแบตเตอรี่ที่ทันสมัย แบตเตอรี่นิกเกิลเป็นพื้นฐาน เช่น นิกเกิล-เหล็ก (Ni-Fe) นิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) และนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Ni-MH) ซึ่งได้รับความสนใจอย่างสูงในทางตรงข้ามแบตเตอรี่แบบสังกะสีฮาโลเจน เช่น สังกะสีโบรไมด์ (Zn-Br) และ แบตเตอรี่อุณหภูมิสูง เช่น โซเดียมซัลเฟอร์ (Na-S) เป็นแบตเตอรี่ที่น่าสนใจ

แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์แตกต่างจากแบตเตอรี่อื่น โดยที่มีน้ำยาเป็นของเหลว แบตเตอรี่แบบนี้จะถูกแยกด้วยไฟฟ้าเกิด $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ โซเดียมและซัลเฟอร์ คือของเหลว อุณหภูมิของแบตเตอรี่ ในขณะทำงานคือ 310-350 องศาเซลเซียส ในสถานะที่โซเดียมไม่มีไฟหรือติดสารจ อีออนจะเดินทางผ่านเซรามิกไปสู่ซัลเฟอร์และองค์ประกอบของเกลือ Na_2S แรงต้านทานภายในของการทำงานที่อุณหภูมิคงที่เป็นความคงที่ของระยะการทำงานซึ่งโอซีวี (OCV) มีค่า 2.08 โวลต์เพิ่มขึ้น 50 % ในการประจุไฟฟ้าและในสถานะที่ไม่มีไฟจะลดลง 1.78 โวลต์

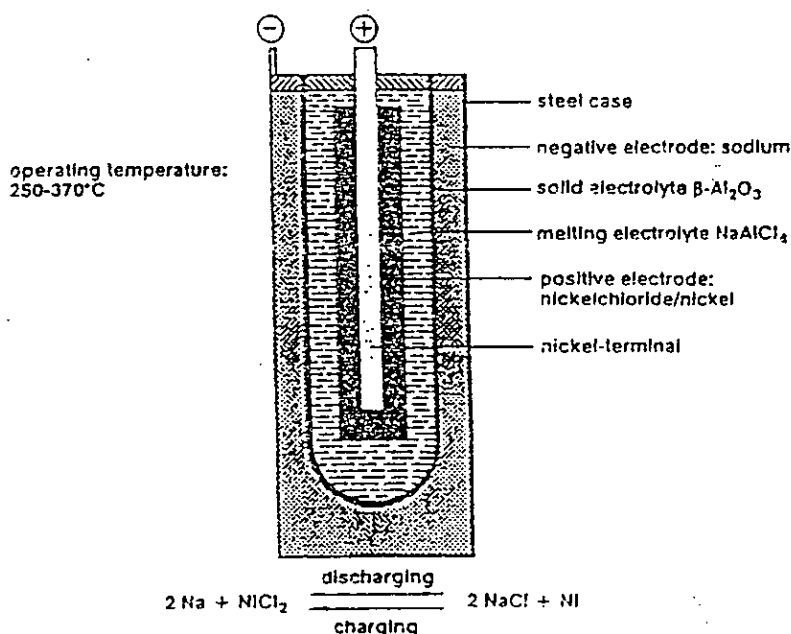


ภาพประกอบ 51 : แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์

สรุป แบตเตอรี่แบบโซเดียม-ซัลเฟอร์ (Na-S Battery) เป็นแบตเตอรี่ชนิดที่เก็บพลังงานได้สูง (High Energy Density) ใช้สารที่เป็นของแข็งเป็นส่วนประกอบและมีลักษณะมิดชิดมีสารพาประจุ (Electrolyte) เป็นเซรามิกที่เรียกว่า Beta Aluminium ($\text{Na}_2\text{O}5\text{Al}_2\text{O}_3$) ซึ่งมีคุณสมบัติในการนำประจุ Na ได้เป็นอย่างดีและจะทำหน้าที่เป็นแผ่นกั้นประจุทั้ง 2 ออกจากกัน แบตเตอรี่ชนิดนี้ใช้ Na หลอมเหลวเป็นขั้วประจุบวก (Positive Electrode) และใช้ Sulfur/Sodium-Poly Sulfide เป็นขั้วประจุลบ (Negative Electrode) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอุณหภูมิการทำงานสูงประมาณ 300-350 องศาเซลเซียส

แบตเตอรี่แบบโซเดียม-โลหะ-คลอไรด์

แบตเตอรี่โซเดียม-โลหะ-คลอไรด์ มีเซลล์คล้ายกับเซลล์ของโซเดียมซัลเฟอร์. ขั้วไฟฟ้าเป็นนิเกิล พัฒนาขึ้นโดยการวิจัยของเบต้า ประเทศอังกฤษมีโอซีวี (OCV) ประมาณ 2.58 โวลต์ ส่วนกลางของขั้วไฟฟ้าเป็นเซรามิค มีนิเกิลคลอไรด์ที่ขั้วบวก ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของกระแสไฟฟ้าในนิเกิล (รูปที่ 52) การเติมน้ำยาเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าของนิเกิลคลอไรด์และวัตถุขั้วลบที่ถูกแยกด้วยไฟฟ้า ความต้านทานภายในของเซลล์จะเพิ่มขึ้นในสถานะที่ไม่มีไฟหรือดิสชาร์จ ในแบตเตอรี่จะมีพลังงาน 130 Wh/kg

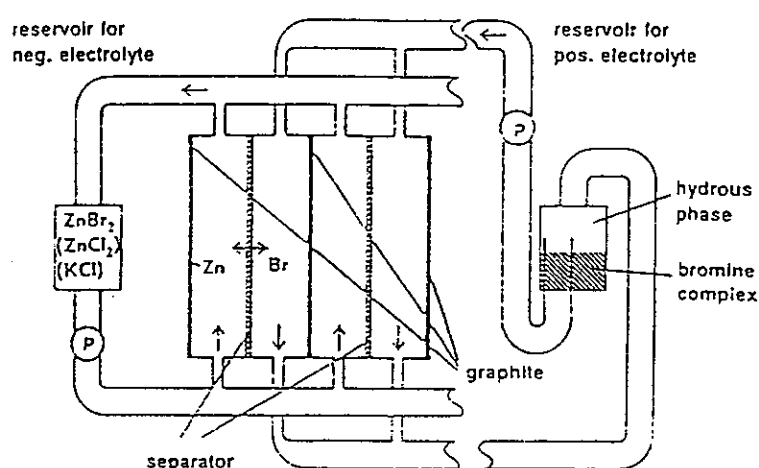


ภาพประกอบ 52 แสดงแบตเตอรี่แบบโซเดียม/นิเกิลคลอไรด์

ลิเทียม

ลิเทียมเป็นวัตถุเบา ระบบแบตเตอรี่แบบลิเทียม กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนา ซึ่งมีแนวคิดใหม่ คือการสลับขั้วไฟฟาลิเทียมที่เรารู้จัก คือ Li/MnO_2 จะประจุไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าที่เป็นคาร์บอน ซึ่งบรรจุลิเทียมไว้มีพลังงานสูง 250 Wh/kg ซึ่งมากกว่า 1000 รอบ แรงดันไฟฟ้าในเซลล์ 3 โวลต์ มีความต้านทานภายในต่ำและมีกระแสไฟฟ้าแรงสูง

แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์ อุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 20 - 40 องศาเซลเซียส เกิดจากการควบคุมปฏิกิริยาการจัดการกับความร้อน สถานการณ์ในการประจุไฟฟ้า เป็นต้น การประจุไฟฟ้าในเซลล์จะมีแรงดันในวงจรไฟฟ้าประมาณ 1.79 โวลต์และหยุดการประจุไฟฟ้าได้ 8 % 10 % ในขณะที่ไม่มีไฟฟ้า นอกจากนั้นแรงต้านทานภายในมีความสัมพันธ์กันสูงขึ้นอยู่กับอัตราการประจุไฟฟ้า



ภาพประกอบ 53 Principle of a Zinc-Bromine Battery

สรุป แบตเตอรี่แบบสังกะสี-โบรไมด์ (Zinc-Bromine Battery: Zn-Br Battery) เป็นแบตเตอรี่ที่มีโครงสร้างแบบง่าย ๆ และมีราคาถูกโดยออกแบบให้ขั้วประจุทั้ง 2 ขั้วเป็นแผ่นคาร์บอนจุ่มอยู่ในสารละลายของ Zinc Bromide (ZnBr_2) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารพาประจุ (Electrolyte) ขั้วทั้ง 2 ถูกกั้นอยู่ด้วยเยื่อที่มีรูพรุน (Microporous Membrane) เมื่อมีการ charge จะทำให้ ZnBr_2 แตกตัว โดย Zn^{+2} จะไปเกาะอยู่ที่ขั้วประจุลบในรูปของธาตุ Zn ส่วน Br จะเคลื่อนที่ผ่านเยื่อที่มีรูพรุนไปอยู่ทางด้านของขั้วประจุบวกและเปลี่ยนรูปเป็นสารประกอบที่ซับซ้อน (Compound Complex) ของ Br_2 เมื่อมีการ Discharge ธาตุ Zn ที่ขั้วประจุลบจะแตกตัวและกลับมาทำปฏิกิริยากับ Br กลับกลายเป็น ZnBr_2 อีกครั้ง

เทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันและแบตเตอรี่ที่กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาหลายประเภท สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ยังคงใช้มากที่สุด สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าในปัจจุบัน ความพยายามในการพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ให้ก้าวหน้า แบตเตอรี่แบบนี้ราคาไม่แพง จะมี energy ประมาณ 35 Wh/kg และมี power ประมาณ 93 W/kg
2. แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีอายุการใช้งานมากกว่าแบบตะกั่ว-กรด แม้จะมีความทนทานมาก แต่มีความสัมพันธ์กันน้อย ระหว่าง energy และ power ปัญหาที่พบ คือ การเกิดไฮโดรเจนที่ปล่อยออกมาและยุ่งยากต่อการออกแบบ แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก มีราคาแพงและมี energy ประมาณ 50 Wh/kg และมี power ประมาณ 100W/kg ตามลำดับ ในปัจจุบันได้รับการพัฒนา
3. แบตเตอรี่แบบนิเกิลเม้นทอลไฮไดรด์ ใช้กันเกิดคลอไรด์เป็นขั้วไฟฟ้า และโลหะอัลลอยด์เป็นขั้วไฟฟ้า ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถที่จะเก็บไฮโดรเจนในสถานะที่เป็นของแข็ง แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 54 Wh/kg และมี power ประมาณ 174 W/kg ตามลำดับ มีอายุการใช้งานยืนยาว จากการทดลองสามารถที่จะพัฒนาได้ประมาณ 81 Wh/kg เพิ่มขึ้น อย่างกว้างขวางมากกว่าแบตเตอรี่แบบอื่น ๆ
4. แบตเตอรี่แบบสังกะสีโบรไมด์ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าและปั๊มกระแสไฟฟ้า เพื่อแยกเซลล์ออกคนละข้างด้วยไฟฟ้า ซึ่งต้องเตรียมความเย็น และแผ่นโลหะที่เหมือนกันของขั้วไฟฟ้า แบตเตอรี่แบบนี้มี energy ประมาณ 72 Wh/kg แต่มี power ต่ำประมาณ 53 W/kg เพราะว่ามี energy สูงจึงมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องแต่มีปัญหในเรื่อง power ต่ำ ราคาสูง มีการผุกร่อนเกิดสนิม ซึ่งจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของรถไฟฟ้า
5. แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟอร์ ไม่มีของแข็งเป็นขั้วไฟฟ้าโดยใช้โซเดียมที่ละลายที่ความร้อน 300 องศาฟาเรนไฮต์ เป็นขั้วไฟฟ้ามี energy ประมาณ 80 Wh/kg และมี power ประมาณ 100W/kg ตามลำดับ แบตเตอรี่แบบนี้ใช้เวลานานในการปล่อยกระแสไฟฟ้า แต่กลับมานำหลายเพราะว่ากระแสไฟฟ้าอยู่ในเครื่องป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้ารั่ว โดยยอมให้อิออนของโซเดียมผ่านเท่านั้นและไม่ยอมให้อิเลคตรอนผ่าน เวลาในการปล่อยกระแสไฟฟ้านานแต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอาจเป็นอันตรายจากโซเดียมและซัลเฟอร์

ตาราง 22' แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ (Relative to Lead-Acid)

แบตเตอรี่	Pb-acid	Ni-Fe	Ni-Cd	Ni-MH	Zn-Br	Na-S	Li-FeS ₂	Li-Poly
Relative energy density	1.0	1.5	1.6	1.7	2.2	2.5	4	4
Relative peak power density	1.0	1.2	1.9	2.1	0.6	1.1	4	3.5
Relative range	1.0	2.0	2.1	2.3	2.1	3.4	4	4
Energy efficiency, %	68	58	80	76	75	91	80	85

การพัฒนาแบตเตอรี่ในอนาคต

สมาคมพัฒนาแบตเตอรี่ในสหรัฐอเมริกามีโครงการเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีของแบตเตอรี่ใหม่ขึ้นมาใช้โดยมีเป้าหมายแบ่งออกเป็น 2 ระยะคือระยะกลางและระยะยาว ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ บัญชีรายการที่เป็นเป้าหมายที่ตั้งขึ้นโดยสมาคมพัฒนาแบตเตอรี่ในสหรัฐอเมริกา

ตาราง 23 แสดงจุดมุ่งหมายการพัฒนาแบตเตอรี่ในระยะต่าง ๆ

Criteria	Midterm	Longterm
Primary criteria		
Power density, W/L	250	600
Specific power, W/kg (80% DOD/30s)	150*(*200desired)	400
Energy density, Wh/kg		
(C/3 discharge rate)	135	300
Specific energy, Wh/kg		
(C/3 discharge rate)	80*(*100desired)	200*
Cyclic life cycles	600(5 years)	1000(10 years)
Ultimate price, US\$/kWh	<150	<100
Operating environment, °C	-30 to +65	-40 to +85
Recharge time, h	<6	3 to 6
Continuous discharge, % of rate		
energy capacity (no failure)	75	75
Secondary criteria		
Efficiency, %(C/3 discharge, 6 h charge)	75	80
Self-discharge	<15% in 48 h	<15 % per month
Maintenance	Zero	Zero

ความต้องการแบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า

แบตเตอรี่สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าที่ต้องการต้องมีคุณสมบัติให้พลังงานสูง สมรรถนะ ความสามารถสูง ประสิทธิภาพสูง อายุใช้งานยืนยาว ราคาต่ำ ปลอดภัย เชื่อถือได้ ไม่ต้องบำรุงรักษา สามารถเติมประจุไฟได้ตามเวลาและสามารถนำไปใช้ใหม่ได้อีก แบตเตอรี่ในปัจจุบันมีข้อบกพร่องหลายประการทำให้เกิดแรงจูงใจในการพัฒนาแบตเตอรี่ขึ้นมา

คุณลักษณะของแบตเตอรี่

พลังงานแบตเตอรี่มีความสัมพันธ์กับระยะทางที่ขับเคลื่อน พลังงานจะเคลื่อนจากแบตเตอรี่ด้วยการปล่อยกระแสไฟฟ้า ในระหว่างที่มีการประจุไฟ จะเกิดความสูญเสีย ความต้านทานไฟฟ้าและพลังงานเคมีก็จะสูญเสียไปด้วย ดังนั้นการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ จึงเป็นการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่ จึงเป็นการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ หรือเกินความต้องการไว้ใช้ในแบตเตอรี่ โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีในการเปลี่ยนรูปและสามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่เก็บไว้กลับมาใช้ได้ในเวลาที่ต้องการ

หลักการของการเก็บพลังงานในแบตเตอรี่

ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าส่วนที่เกินความต้องการจะถูกนำไปประจุไว้ในแบตเตอรี่ ผ่านอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง แบตเตอรี่จะทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมี ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง สารประกอบทางเคมีจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับจ่ายเข้าระบบส่งได้ทันที

ลักษณะของแบตเตอรี่แบบเติมประจุไฟฟ้าได้

ตารางต่อไปนี้แสดงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ต้องการเพื่อใช้ในการพิจารณาลักษณะของแบตเตอรี่แบบเติมประจุไฟฟ้าได้ เครื่องหมายบวก หมายถึง มียอดประกอบที่ดีสำหรับเทคโนโลยีแบตเตอรี่แบบนี้ ส่วนเครื่องหมายลบ หมายถึง องค์ประกอบของแบตเตอรี่แบบนี้ ศักยภาพยังคงมีปัญหา เช่น แบตเตอรี่แบบสังกะสี-อากาศ มีพลังงานอย่างดีเลิศต่อหนึ่งหน่วยมวล แต่มีความจุมากและต้องการเครื่องกรอง เพื่อขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอากาศ แบตเตอรี่แบบโบรไมด์ต้องการการแยกถังของเหลว ซึ่งจำเป็นต้องหมุนเวียนเมื่อต้องใช้แบตเตอรี่

ในที่สุดแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟต ลิเทียมโพลิเมอร์หรือแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ จะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า ซึ่งเราต้องผลิตให้สำเร็จ ซึ่งในขณะนี้ มีเพียงแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด เท่านั้น ที่เราทำได้สำเร็จ เราคาดหวังเทคโนโลยีจะสร้างความก้าวหน้าและพัฒนาแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดได้ดีกว่าเดิม เมื่อแบตเตอรี่ดังกล่าวพัฒนาขึ้นเราก็จะมีทางเลือกที่ดีกว่าเดิม แต่โปรแกรมการผลิตแบตเตอรี่อันดับแรกที่สุดมีเพียงแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดที่ผลิตขึ้นมาซึ่งมีพลังงานมาก อายุการใช้งานยืนยาว ง่ายในการผลิต ราคาถูกกว่าแบตเตอรี่แบบอื่นและมีความเร็วต่อการประจุไฟฟ้า

การวัดคุณค่าของแบตเตอรี่

ในการเลือกใช้เทคโนโลยีมีหลายเหตุผล ที่เราจะต้องพิจารณา ซึ่งตารางที่แสดงให้เห็ндังต่อไปนี้ มียอดประกอบที่สำคัญของพลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก กำลังงานต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร กำลังงานหนึ่งหน่วยปริมาตร อายุการใช้งานและราคา ในปัจจุบัน ยังไม่มีแบตเตอรี่ที่ดีที่สุด มีแต่แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรดเท่านั้น ที่เป็นที่ยอมรับและเป็นที่น่าอยู่ในขณะนี้ แบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟต และแบตเตอรี่แบบนิเกิล-แคดเมียม กำลังได้รับการพัฒนาและคาดหวังว่าจะสามารถใช้ได้ในไม่ช้า แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ต้องการพลังงานต่อหน่วยมาก ส่วนแบตเตอรี่แบบโซเดียมซัลเฟตมีราคาถูกและสิ่งที่น่าสงสัย ก็คือความน่าเชื่อถือ สำหรับแบตเตอรี่แบบแคดเมียมนั้น มีพิษเป็นอย่างมาก และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ในเชิงอุตสาหกรรมได้ เราต้องตัดสินใจว่า

ควรที่จะปรับปรุงแบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด เพื่อลดขนาดน้ำหนักและปริมาตรลง เพิ่มอายุการใช้งานให้สูงขึ้นและหลีกเลี่ยงการใช้น้ำและแก๊ส ซึ่งเป็นความสำเร็จของการเลือกใช้แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด ในขณะที่แบตเตอรี่แบบอื่น ๆ กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา ต้องใช้ระยะเวลาและเทคโนโลยีที่สูงมากยิ่งขึ้น

แบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าได้

แบตเตอรี่แบบอัลคาไลน์ที่สามารถเติมประจุไฟฟ้าได้มีอยู่หลายประเภท ซึ่งได้ผลิตขึ้นมาใช้เป็นเวลาาน ยกตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่แบบนิเกิล-เหล็ก ไม่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ แม้ว่าจะใช้กันอย่างกว้างขวาง ในตอนต้นของศตวรรษที่ 20 ก็ตาม และกำลังอยู่ในระหว่างการศึกษา เพื่อการนำมาใช้แบตเตอรี่แบบนิเกิล-แคดเมียม ยังคงเป็นแบตเตอรี่ที่มีความสำคัญ ซึ่งมีการใช้กันมาก เพราะว่าเซลล์ของแบตเตอรี่นิเกิล-แคดเมียม ได้ผลิตออกมาใช้เป็นเวลาาน หลักสำคัญในการออกแบบและไฟฟ้าเคมีเบื้องต้นเป็นที่เข้าใจกันเป็นอย่างดี แบตเตอรี่โดยปกติสถานะของการประจุไฟฟ้า และความเร็วของปฏิกิริยา คือ องค์ประกอบที่สำคัญของ Ni(OH)_2 (ขั้วไฟฟ้าที่เป็นนิเกิล) และแคดเมียมไฮดรอกไซด์ (ขั้วไฟฟ้าที่แคดเมียม) ระบบดังกล่าวนี้ ใช้การบัดกรีกันเร็วเป็นพลังงานกระแสไฟฟ้าแรงสูง ดังเช่น เครื่องมือเกี่ยวกับพลังงาน และมีอายุการใช้งานสูง ดังเช่น คอมพิวเตอร์จ่ายพลังงาน

คำแนะนำ

กรุณาทบทวนด้วยตัวของท่านเองว่า ท่านสามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยเลือกคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องเพียงข้อเดียว

1. แบตเตอรี่อุณหภูมิสูง คือข้อใด

- ก. ลิเทียมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม
- จ. นิเกิลเมทัลไฮไดรด์

2. แบตเตอรี่ที่ก้าวหน้ามากที่สุด สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าคือข้อใด

- ก. ลิเทียมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม
- จ. นิเกิลเมทัลไฮไดรด์

3. แบตเตอรี่แบบใด มีพิษเป็นอย่างมาก และไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในเชิงอุตสาหกรรมได้

- ก. ลิเทียมอออน
- ข. โซเดียมซัลเฟอร์
- ค. สังกะสีโบรไมด์
- ง. นิเกิลแคดเมียม
- จ. นิเกิลเมทัลไฮไดรด์

4. แบตเตอรี่ที่เป็นที่นิยม ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน คือข้อใด
 - ก. ตะกั่ว-กรด
 - ข. นิกเกิลแคดเมียม
 - ค. โซเดียมซัลเฟต
 - ง. นิกเกิล-เหล็ก
 - จ. ลิเทียมโพลิเมอร์
5. แบตเตอรี่แบบใดมีราคาแพง และมีความน่าเชื่อถือน้อย
 - ก. ตะกั่ว-กรด
 - ข. นิกเกิลแคดเมียม
 - ค. โซเดียมซัลเฟต
 - ง. นิกเกิล-เหล็ก
 - จ. ลิเทียมโพลิเมอร์
6. แบตเตอรี่แบบใดมีพลังงานมาก อายุการใช้งานยืนยาว ง่ายต่อการผลิต ราคาถูกกว่า และมีความเร็วต่อการประจุไฟ
 - ก. ตะกั่ว-กรด
 - ข. นิกเกิลแคดเมียม
 - ค. โซเดียมซัลเฟต
 - ง. นิกเกิล-เหล็ก
 - จ. ลิเทียมโพลิเมอร์
7. แบตเตอรี่แบบใดมีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 20-40 องศาเซลเซียส
 - ก. ตะกั่ว-กรด
 - ข. นิกเกิลแคดเมียม
 - ค. โซเดียมซัลเฟต
 - ง. นิกเกิล-เหล็ก
 - จ. ลิเทียมโพลิเมอร์

8. การเติมประจุไฟลงแบตเตอรี่ที่บ้านช่วงเวลาใดเหมาะสมมากที่สุด

- ก. ช่วงที่มีการใช้ไฟน้อยที่สุด
- ข. ช่วงที่มีการใช้ไฟน้อย
- ค. ช่วงที่มีการใช้ไฟปานกลาง
- ง. ช่วงที่มีการใช้ไฟมาก
- จ. ช่วงที่มีการใช้ไฟมากที่สุด

9. บริษัท Hughes ได้พัฒนาการประจุไฟแบตเตอรี่ที่บ้านโดยใช้ระบบใด

- ก. Inductive coupling system
- ข. Inductive coupling system
- ค. Double coupling system
- ง. Single coupling system
- จ. Multiple coupling system

10. การประจุไฟฟ้าแบบรวดเร็วใช้ระบบการประจุแบบใด

- ก. Inductive coupling system
- ข. Inductive coupling system
- ค. Double coupling system
- ง. Single coupling system
- จ. Multiple coupling system

คะแนน : ให้คะแนนสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง ข้อละ 1 คะแนน

คะแนนที่ท่านได้ คะแนน

โปรดตรวจดูคำตอบเฉลยหน้าถัดไป

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

1. ข
2. ก
3. ง
4. ก
5. ค
6. ก
7. จ
8. ก
9. ก
10. ก

ผลการทำแบบฝึกหัด

1. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง ไม่ครบทุกข้อ ให้กลับไปพิจารณาบทวนเนื้อหาวิชาจากบทเรียน แล้วจึงกลับมาทำแบบฝึกหัดอีกครั้ง
2. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง สมบูรณ์ทุกข้อ แสดงว่าท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนอย่างเพียงพอแล้ว ให้ท่านศึกษา บทเรียนต่อไปตามลำดับ

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุ

ประเด็นการพิจารณา	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	
1. คำชี้แจง คำแนะนำการเรียนรู้ชัดเจนเพียงพอ				
2. แนวคิดของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมเพียงพอ				
3. วัตถุประสงค์ชัดเจนเพียงพอ				
4. กิจกรรมการเรียนรู้				
4.1 เนื้อหาบทเรียนทำความเข้าใจได้ง่ายเพียงพอ				
4.2 เนื้อหาในบทเรียนเพียงพอเหมาะสม				
4.3 แบบฝึกหัดกับเนื้อหาสอดคล้องกันเพียงพอ				
5. เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้				
5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาเพียงพอ				
5.2 ให้ความรู้เพิ่มเติมเพียงพอ				
6. แบบทดสอบประจำหน่วยเหมาะสมเพียงพอ				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

มอเตอร์และการควบคุม

แนวคิด

มอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มอเตอร์กระแสตรง แบ่งออกเป็น 3 อย่าง คือ ชนิดวงจรขั้วแม่เหล็กอนุกรม วงจรขั้วแม่เหล็กขนานและชนิดผสม ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 ชนิด ขึ้นอยู่กับหลักการทำงานที่แตกต่างกัน ชนิดหนึ่งเรียกว่า มอเตอร์เหนี่ยวนำ ทั้งนี้เพราะหมุนด้วยหลักการเหนี่ยวนำอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้าแบบซิงโครนัส มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งเป็น 2 แบบ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของตัวโรเตอร์ แบบแรกเรียกว่า แบบกรงกระรอก เรียกตามลักษณะการวางตัวของทองแดงที่โรเตอร์ แบบนี้ทำงานมีราคาถูก มีข้อเสียคือ ประสิทธิภาพไม่ได้กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มต้นเดินเครื่องสูง อีกแบบหนึ่งเรียกว่า แบบवादโรเตอร์ มีขดลวดโรเตอร์ที่ต่อผ่านความต้านทานภายนอกได้ ทำให้ประสิทธิภาพเร็วได้

ส่วนมอเตอร์แบบซิงโครนัส มีสเตเตอร์คล้ายคลึงกันกับสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ และอาจใช้แทนกันได้ ส่วนโรเตอร์นั้นแตกต่างกันในด้านโครงสร้าง โดยที่จะทำขึ้นเป็นขั้วแม่เหล็ก เมื่อสนามแม่เหล็กที่เกิดจากสเตเตอร์หมุนไป ก็เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์ มีลักษณะคล้ายกับขั้วแม่เหล็กเหมือนหมุนไปรอบสเตเตอร์ และตัดขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ให้หมุนตามไปด้วย ความเร็วของโรเตอร์จะต้องสอดคล้องกับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ และ เนื่องจากความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนของสเตเตอร์ ขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงดันไฟฟ้า ที่ป้อนเข้าทางสเตเตอร์และจำนวนขั้วแม่เหล็ก มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดซิงโครนัสถือว่าเป็นมอเตอร์ชนิดความเร็วคงที่

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว ท่านควรที่จะสามารถ

1. บอกประเภทของมอเตอร์
2. บอกองค์ประกอบสำคัญในการเลือกมอเตอร์มาใช้
3. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
4. บอกชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
5. อธิบายการทำงานของตัวควบคุมมอเตอร์
6. อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
7. อธิบายการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ
8. บอกหลักการเลือกใช้สวิตช์เปิด ปิด
9. เปรียบเทียบมอเตอร์ชนิดต่าง ๆ
10. บอกหน้าที่การทำงานของตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า
11. อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสตรง
12. อธิบายระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์กระแสสลับ
13. บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์
14. บอกหลักการเลือกระบบควบคุมความเร็วมอเตอร์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียน หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด ขณะศึกษาบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

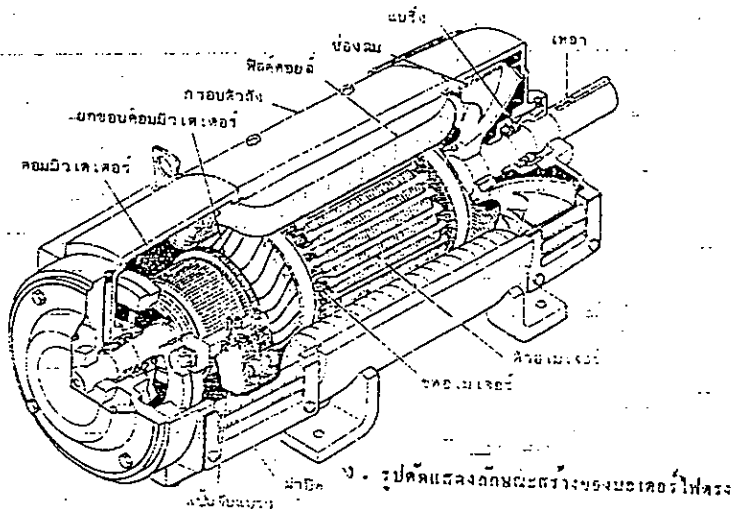
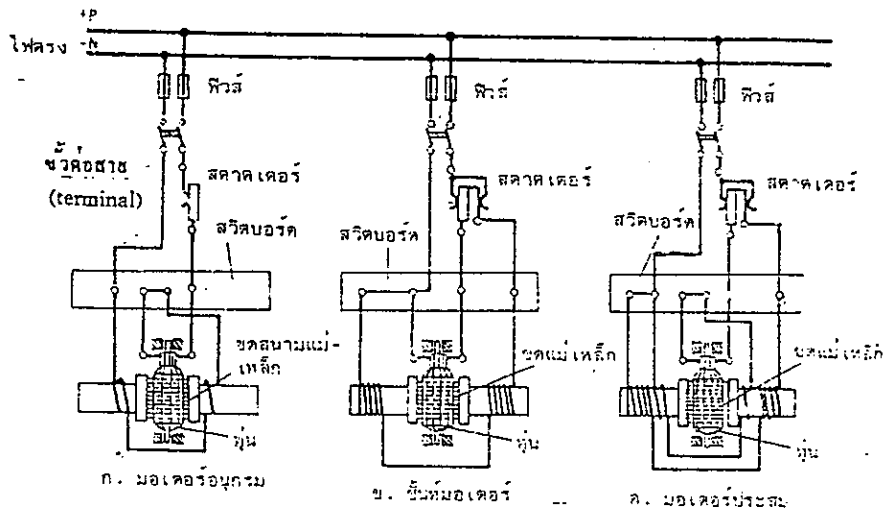
หน่วยที่ 4

มอเตอร์และระบบควบคุมมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า (DC Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าประกอบด้วย ขดลวดสนามแม่เหล็กและตัวหมุนคือ อาร์เมเจอร์ กระแสไฟฟ้าจะต้องไหลผ่านเข้าไปในมัน โดยไหลผ่านคอมมิวเตเตอร์เป็นสะพานไฟเสมอ มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้ (บุญศักดิ์ ใจจงกิจ . 2522 : 541)

1. แบบอนุกรม
2. แบบขนาน
3. แบบประสม



หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

มอเตอร์ไฟฟ้า คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มอเตอร์ไฟฟ้าจัดว่าเป็นเครื่องต้นกำลังอย่างหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดในอาคารบ้านเรือน สถานประกอบการ และในโรงงานอุตสาหกรรมทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้เพราะว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสะดวกในการแปรรูปเป็นพลังงานรูปอื่น นอกจากนั้นยังมีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ

ถ้าจะแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าออกตามประเภทของพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ก็สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

-มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

-มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพียงอย่างเดียว

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถแบ่งออกตามความสำคัญและสัดส่วนของการใช้งานโดยทั่วไปออกเป็น 3 แบบ คือ

-มอเตอร์เหนี่ยวนำ

-มอเตอร์แบบซินโครนัส

-มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์

มอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลของมอเตอร์แบบนี้ พลังงานไฟฟ้าไม่ได้เข้าสู่โรเตอร์ของมอเตอร์โดยตรง แต่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์ของมอเตอร์ ด้วยสาเหตุดังกล่าวมอเตอร์แบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของเครื่องต้นกำลังในอุตสาหกรรม ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำทั้งเหนี่ยวนำทั้งสิ้น ทั้งนี้เพราะว่ามีความแข็งแรงทนทาน มีประสิทธิภาพสูง ความหนาแน่นในการใช้งานสูง การบำรุงรักษาทำได้สะดวกและมีราคาถูก แบ่งออกตามชนิด

ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ได้ดังนี้

ก. มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสามเฟส แบ่งออกตามลักษณะโครงสร้างของโรเตอร์ได้ 2 แบบคือ

-แบบโรเตอร์กรงกระรอก

-แบบโรเตอร์พันขลวด

ข. มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้าหนึ่งเฟส มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ จะจ่ายให้แก่ขลวดที่ลัดเตเตอร์ สำหรับโรเตอร์รับกำลังไฟฟ้าได้โดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส แบ่งออกได้ 3 แบบ ซึ่งแต่ละแบบแตกต่างกันที่วิธีการทำให้โรเตอร์เริ่มหมุน คือ

-แบบสปลิตเฟส หรือแบบแยกเฟส

-แบบคาปาซิเตอร์

-แบบเซดเดดโพล

มอเตอร์แบบซินโครนัส

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติเด่น คือมีความเร็วคงที่ ความเร็วรอบของมอเตอร์แบบนี้จะหมุนด้วยความเร็วซินโครนัสตลอดเวลา ไม่ว่าโหลดจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตาม จึงนิยมใช้ในงานที่ต้องการความเร็วรอบคงที่ มอเตอร์แบบซินโครนัสแบ่งออกได้ 2 แบบคือ

ก. มอเตอร์ซินโครนัสสามเฟส

ข. มอเตอร์ซินโครนัสหนึ่งเฟส

มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์

โรเตอร์แบบนี้มีลักษณะคล้ายกับอาเมเจอร์ของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง คือมีขลวดหลายขดพันกันอยู่ในร่องของแกนอาเมเจอร์ปลายของขลวดดังกล่าวจะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ มอเตอร์แบบคอมมิวเตเตอร์แบ่งออกได้ 2 แบบคือ

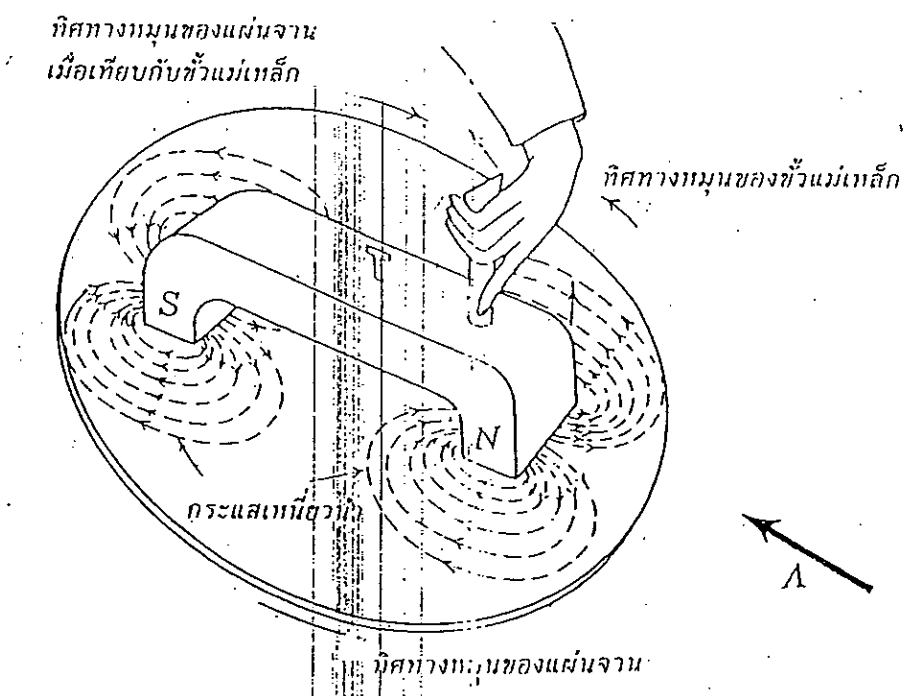
ก. มอเตอร์แบบบริลล์ชัณ

ข. มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล

หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่แสดงไว้ในภาพประกอบ เป็นแผ่นจานโลหะซึ่งสามารถหมุนได้อย่างอิสระบนแกนที่ตั้งฉากกับแนวระนาบ แผ่นจานโลหะดังกล่าวทำด้วยวัสดุตัวนำ เช่นทองแดงหรืออลูมิเนียม ถ้านำแท่งแม่เหล็กรูปตัวยูคว้ามาวางไว้เหนือแผ่นจานโลหะและสามารถหมุนได้อย่างเป็นอิสระบนแกนเดียวกับจานโลหะ ต้องจัดวางให้ปลายทั้งสองของแท่งแม่เหล็กอยู่ห่างจากแผ่นจานโลหะพอสมควร เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กสามารถตัดผ่านจานโลหะได้เต็มที่

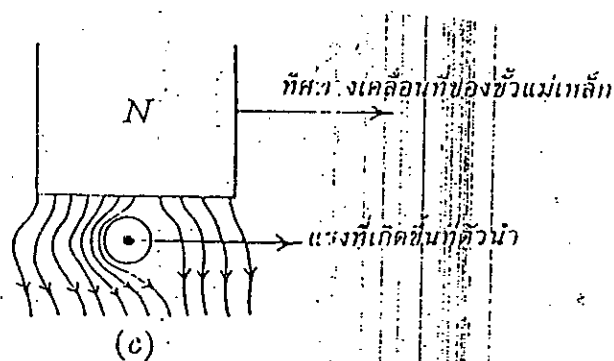
ถ้าให้แผ่นจานโลหะอยู่กับที่แล้วจับแท่งแม่เหล็กหมุนวนเข็มนาฬิกาในลักษณะดังกล่าวก็เหมือนกับให้แท่งแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วจับแผ่นจานโลหะเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกาซึ่งจะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในแผ่นจานโลหะ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำหาได้โดย กฎมือขวาของเฟลมมิง จะได้ทิศทางการไหลของกระแสในแผ่นจานโลหะซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N ไหลออกเมื่อผู้สังเกตมองจากจุด A เข้าหาแผ่นจานโลหะ ดังภาพประกอบ



แผ่นจานโลหะและแท่งแม่เหล็กรูปตัวยู ทั้งทั้งสองสิ่งสามารถหมุนได้อย่างเป็นอิสระบนแกนเดียวกัน

ภาพประกอบ 55 แสดงทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยกฎมือขวาของเฟลมมิง

ถ้าเปรียบเทียบแผ่นจานโลหะซึ่งมีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลผ่าน เป็นเสมือนพื้นที่หน้าตัดของขดลวดตัวนำหนึ่งตัวซึ่งมีกระแสไหลออก ดังภาพประกอบ ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบตัวนำหาได้โดยใช้กฎมือขวาของตัวนำ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กรวมรอบตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N จะมีแรงมากกระทำกับตัวนำทำให้ตัวนำเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับขั้วแม่เหล็กซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำดังกล่าวยังสามารถหาได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิง ได้อีกด้วย



ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N

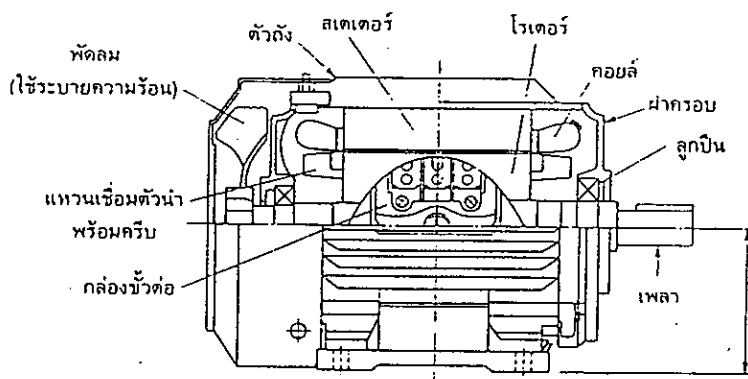
ภาพประกอบ 56 แสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กโดยกฎมือขวาของตัวนำ

โครงสร้างมอเตอร์

มอเตอร์กระแสสลับที่กล่าวถึงในที่นี้เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างง่ายและแข็งแรง จึงเป็นที่นิยมแพร่หลาย และใช้ในทุกสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นภายนอกอาคาร ในน้ำ หรือในบรรยากาศที่อาจเกิดระเบิดขึ้นได้

ในภาพประกอบแสดง โครงสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบหุ้มมิดชิด และมีพัดลมระบายความร้อนอยู่ภายนอก ส่วนสำคัญของมอเตอร์จะแบ่งเป็นส่วนที่เป็น สเตเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ตรึงอยู่กับที่ และส่วนที่เป็นโรเตอร์หรือส่วนที่หมุน แต่ละส่วนจะประกอบด้วยทั้งส่วนเครื่องกลและส่วนไฟฟ้า พัดลมระบายอากาศที่ติดอยู่กับเพลาลงของมอเตอร์ จะมีหน้าที่ระบายความร้อนให้กับตัวมอเตอร์ในขณะหมุน

เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ ขับมอเตอร์ให้หมุนที่ความเร็วต่ำเป็นเวลานาน จะมีปัญหาเรื่องระบายความร้อนนี้ จึงทำให้มอเตอร์ร้อน เพื่อไม่ให้มอเตอร์มีอุณหภูมิสูงเกินพิกัดที่กำหนดไว้ จะต้องลดขนาดแรงบิดโหลดให้ต่ำลง



ภาพประกอบ 57 ตัวอย่างโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1. อินดั้ชั้นมอเตอรืแบบกรงกระรอก ลักษณะสมบัติการทำงานของมอเตอรืสามารถแสดงได้ด้วยกราฟ กราฟนี้จะแสดงค่าแรงบิดของมอเตอรืที่แปรเปลี่ยนไปตามความเร็วของมอเตอรื รายละเอียดต่าง ๆ ของกราฟมีดังนี้

1.1 แรงบิดสูงสุด เป็นค่าแรงบิดสูงสุดของมอเตอรื ค่านี้นี้เป็นค่าซึ่งใช้กำหนดขนาดของมอเตอรื ค่าแรงบิดสูงสุดเมื่อคูณด้วยความเร็วของมอเตอรืที่จุดนี้จะได้ค่าแรงม้าสูงสุดของมอเตอรื ค่านี้นี้เป็นค่าพิมพ์ติดไว้บนแผ่นป้ายบนตัวมอเตอรื

1.2 แรงบิดสูงสุดตอนโลม เป็รแรงบิดสูงสุดของมอเตอรื ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยไม่ทำให้มอเตอรืเสียหาย สามารถหาค่าแรงบิดสูงสุดตอนโลมได้จากค่าแรงม้าสูงสุดซึ่งพิมพ์ติดไว้ข้างมอเตอรืคูณกับค่าคงที่ ซึ่งเรียกว่า ตัวคูณการใ้ใช้งานจะได้ค่าแรงม้าสูงสุดตอนโลม ซึ่งจากค่านี้นี้เมื่อนำความเร็วมาหารจะได้ค่าแรงบิดสูงสุดตอนโลม ค่าตัวคูณการใ้ใช้งานนี้เป็นค่าเฉพาะของมอเตอรืแต่ละตัวและในกรณีที่มอเตอรืทำงานที่แรงบิดสูงสุด ค่าตัวคูณการใ้ใช้งานเป็นค่าที่จะกำหนดว่าแรงดันไฟฟ้าหรือความถี่ของไฟฟ้า จะมีค่าเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นได้เท่าใดที่จะไม่ทำให้มอเตอรืเสียหาย หรืออาจกล่าวได้ว่าตัวคูณการใ้ใช้งานเป็นค่ากำหนดความปลอดภัยของมอเตอรื

1.3 ช่วงใ้ใช้งานเกินขีดความสามารถชั่วขณะ เป็นช่วงที่มอเตอรืสามารถทำงานได้ชั่วเวลาสั้น ๆ ถ้าเวลานานเกินขีดจำกัดจะทำให้มอเตอรืเสียหาย

1.4 แรงวิกฤติ จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อมอเตอรืทำงานที่แรงบิดสูงขึ้น ความเร็วของมอเตอรืจะลดลง ถ้าเมื่อใดการทำงานของมอเตอรืถึงค่าแรงบิดวิกฤติ มอเตอรืจะหยุดหมุนทันทีและจะทำให้มอเตอรืเสียหายได้

1.5 แรงบิดเร่ง เป็นแรงบิดต่ำสุดของมอเตอรืในขณะที่มอเตอรืเร่งความเร็ว

1.6 แรงบิดเมื่อเริ่มหมุน เป็นแรงบิดของมอเตอรืในขณะที่เริ่มหมุนจากหยุดนิ่ง ค่าแรงบิดเร่งและแรงบิดเริ่มหมุนจะเป็นค่าซึ่งจะกำหนดความเฉื่อยของงานที่มอเตอรืจะรับได้

2. มอเตอรืแบบวาวด์โรเตอรื เป็นมอเตอรืซึ่งมีลักษณะคล้ายกับมอเตอรืแบบกรงกระรอก แตกต่างกันที่ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอรืสามารถเปลี่ยนค่าได้จากภายนอก การเปลี่ยนค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอรืไม่ทำให้ค่าแรงบิดสูงสุดเปลี่ยนไป แต่ทำให้ความเร็วของมอเตอรืที่ใ้ค่าแรงบิดสูงสุดเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อเริ่มหมุนและแรงบิดเริ่มหมุนได้ด้วยการเปลี่ยนค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของโรเตอรื มอเตอรืชนิดนี้นำไปใช้งานเป็นเครื่องอัด เครื่องบด เครื่องเป่าลม ซึ่งเครื่องเหล่านี้

หลักการทํางานของอินเวอร์เตอร์

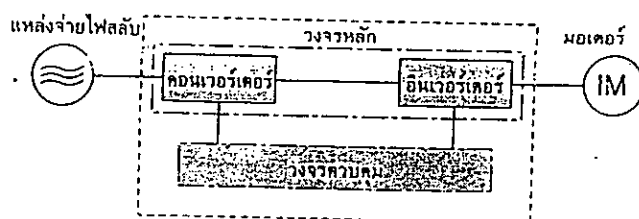
กฤษฎา วิเศษธีรานนท์ (2536 : 21) ได้กล่าวไว้ อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่งทีแปลงไฟสลับทีมีความถี่และแรงดันคงที่ไปเป็นไฟสลับทีมีความถี่และแรงดันขนาดต่าง ๆ แหล่งจ่ายไฟทีป้อนเป็นอินพุตของอินเวอร์เตอร์จะเป็นแหล่งจ่ายไฟสลับทั่วไปทีมีรูปคลื่นไซน์ แต่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จะมีรูปคลื่นทีแตกต่างจากรูปไซน์

โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ภาพประกอบ แสดงโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์ อินพุตของอินเวอร์เตอร์เป็นไฟสลับจากแหล่งจ่ายไฟ (50 Hz หรือ 60 Hz) ไฟสลับนี้จะถูกแปลงเป็นไฟตรง โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter) จากนั้นไฟตรงจะถูกแปลงเป็นไฟสลับทีสามารถแปรขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter) วงจรทั้งสองส่วนนี้เป็นวงจรหลักทีทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ นอกจากนั้นยังมีวงจรควบคุมสำหรับควบคุมการทํางานของวงจรทั้งสองส่วนนั้น

อินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไป (General purpose inverter) จะประกอบด้วยส่วนคอนเวอร์เตอร์ และอินเวอร์เตอร์ รวมอยู่ในเครื่องเดียวกันเสมอ

คอนเวอร์เตอร์มีหน้าที่แปลงไฟสลับเป็นไฟตรงเป็นอุปกรณ์แปลงไฟชนิดหนึ่ง ส่วนอินเวอร์เตอร์ก็เป็นอุปกรณ์แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับ ทั้งสองส่วนนี้จะใช้องค์ประกอบวงจรทีแตกต่างกัน และมีการทํางานทีแตกต่างกัน



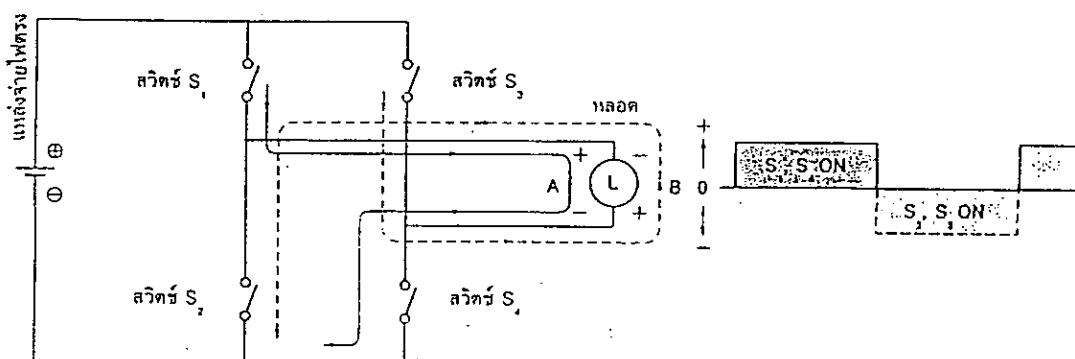
รูป 2.1 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ภาพประกอบ 61 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

หลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์

กฤษฎา วิเศษธีรานนท์ (2536 : 22) ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของภาคอินเวอร์เตอร์ไว้ดังนี้

1. วิธีการสร้างไฟสลับจากไฟตรง อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ผลิตไฟสลับได้จากแหล่งจ่ายไฟตรง การทำความเข้าใจกับหลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ก็ควรเริ่มจากวงจรสร้างไฟสลับเฟสเดียวก่อน ในภาพประกอบ อธิบายหลักการเปลี่ยนไฟตรงไปเป็นไฟสลับ โดยเปลี่ยนโหลดจากมอเตอร์เป็นหลอดไฟเพื่อให้เข้าใจง่าย สวิตช์ 4 ตัว S_1 , S_2 , S_3 และ S_4 ซึ่งต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงและโหลด จะเปิด-ปิด สลับกันเป็นจังหวะเพื่อสร้างไฟสลับจ่ายให้กับหลอดไฟ ตามภาพประกอบ



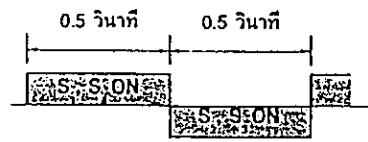
ภาพประกอบ 62 วิธีการสร้างไฟสลับ

ภาพประกอบ 63 รูปคลื่นกระแส

เมื่อสวิตช์ S_1 และ S_3 ปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตช์และหลอดไฟตามทิศทาง A

เมื่อสวิตช์ S_2 และ S_4 ปิด จะมีกระแสวิ่งผ่านสวิตช์และหลอดไฟตามทิศทาง B ซึ่งย้อนทางกับทิศทางกันสลับไปมาเป็นไฟสลับนั่นเอง

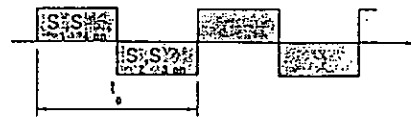
2. วิธีการแปรความถี่ ถ้าควบคุมเวลาที่เปิดปิดสวิตช์ S_1 , S_3 ได้ ก็สามารถแปรความถี่ของไฟสลับได้ ตัวอย่าง เช่น ให้สวิตช์ S_1 และ S_3 ปิด 0.5 วินาที ต่อมาสวิตช์ S_2 และ S_4 ปิด 0.5 วินาที และทำการเปิดปิดสลับกันเช่นนี้เรื่อยไป ดังนั้นใน 1 วินาที ไฟสลับจะวิ่งไปกลับครบ 1 รอบหรือไซเคิล ไฟสลับนี้จึงมีความถี่ 1 Hz นั่นเอง



ภาพประกอบ 64 รูปคลื่นไฟสลับความถี่ 1 Hz

โดยทั่วไปช่วงเวลาที่ s_1, s_2 และ s_3, s_4 ปิดจะเท่ากัน เมื่อรวมเวลาที่สวิตช์ทั้ง 2 ชุดปิดเท่ากับ t_0 วินาที เป็นหนึ่งไซเคิลความถี่จะเท่ากับ

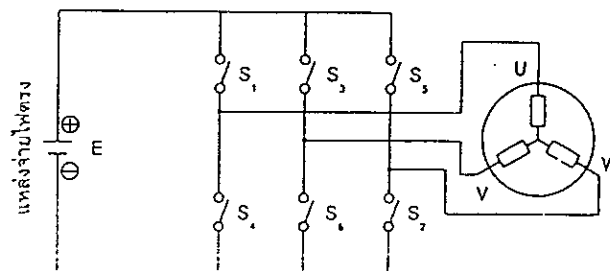
$$f = \frac{1}{t_0} \text{ [Hz]}$$



ภาพประกอบ 65 ความถี่

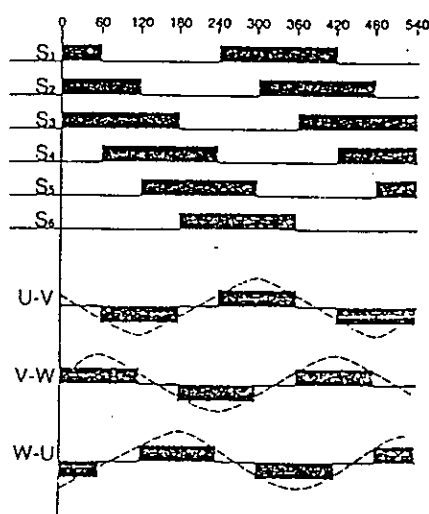
3. กรณีของไฟสามเฟส ภาพประกอบ 2.6 แสดงวงจรพื้นฐานของอินเวอร์เตอร์ชนิด

3 เฟส



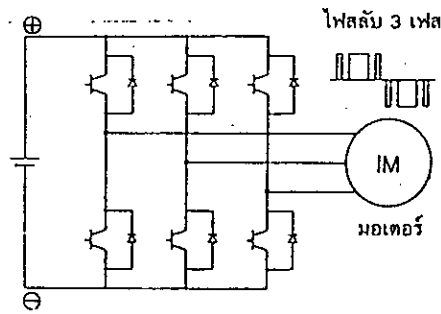
ภาพประกอบ 66 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสพื้นฐาน

ถ้าให้สวิต S_1 ถึง S_6 ในวงจรเปิดปิด ตามจังหวะที่แสดงในภาพประกอบ 2.7 ก็จะมีกระแสไหลผ่านขั้ว U-V, V-W และ W-U ของมอเตอร์ ตามรูปคลื่นที่แสดงในภาพประกอบ 2.7 รูปคลื่นของกระแสจะเป็นฟลลลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีช่วงกว้างและช่วงห่างระหว่างคลื่นเท่ากัน ถ้าเปลี่ยนช่วงเวลาของการเปิดปิดสวิตเหล่านี้ ก็จะทำให้ความถี่ของฟลลลับเปลี่ยนไปได้ และถ้าเปลี่ยนขนาดของแรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรง ก็จะทำให้ขนาดของแรงดันฟลลลับของรูปคลื่นสี่เหลี่ยมไปได้เช่นเดียวกัน



ภาพประกอบ 67 การสร้างฟลลลับ 3 เฟส

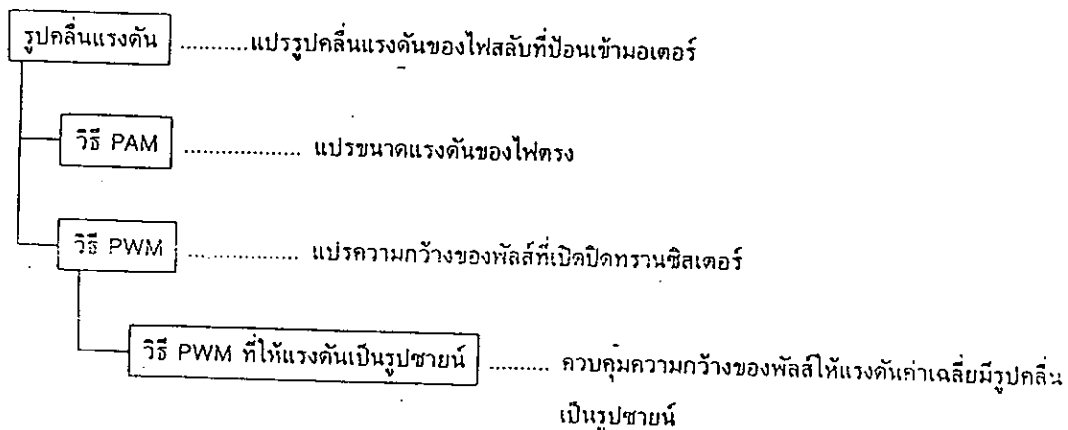
4. โครงสร้างส่วนที่เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์จะใช้ทรานซิสเตอร์แทนสวิตทั้ง 6 ตัวดังแสดงในภาพประกอบ 2.8 เมื่อต่อเอาต์พุตเข้ามอเตอร์ 3 เฟสและควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ ON-OFF ตามจังหวะในภาพประกอบ 2.7 ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ และถ้าเปลี่ยนลำดับการ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์ ก็สามารถบังคับให้มอเตอร์หมุนกลับทางได้



ภาพประกอบ 68 อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์

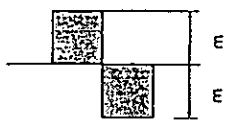
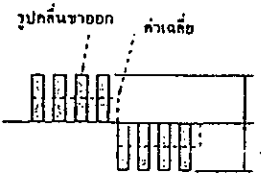
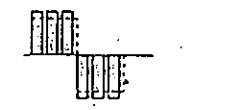
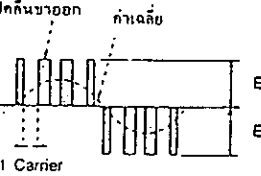
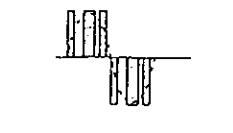
5. การทำงานของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์มี 3 ขา คือ คอลเลคเตอร์ (C) อิมิตเตอร์ (E) และ เบส (B) ทรานซิสเตอร์ที่เป็น IGBT (Insulated gate bipolar transistor) จะมีขาเกต (G) แทนขาเบส เมื่อไม่จ่ายกระแสให้ขาเบส ระหว่างขั้ว C และ E จะไม่นำกระแส มีสถานะเหมือนกับ สวิตช์ปิด (OFF) แต่ถ้าจ่ายกระแสให้ขาเบส กระแสจะไหลผ่านระหว่างขั้ว C และ E ซึ่งเหมือนกับสวิตช์เปิด (ON) นั่นเอง การ ON-OFF ของทรานซิสเตอร์ สามารถทำได้เร็วกว่าสวิตช์มาก

6. วิธีการเปลี่ยนขนาดแรงดัน เมื่อใช้อินเวอร์เตอร์ขับมอเตอร์ นอกจากการแปรความถี่เพื่อปรับความเร็วมอเตอร์แล้ว ยังต้องแปรขนาดแรงดันตามความถี่ที่เปลี่ยนไป เพื่อรักษาอัตราส่วน V/f ให้คงที่ การแปรขนาดแรงดันของอินเวอร์เตอร์มีหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากในอินเวอร์เตอร์ชนิดใช้งานทั่วไปคือ วิธีการแปรรูปคลื่นของแรงดันขาออกที่ป้อนให้มอเตอร์ การแปรรูปคลื่นแรงดันนี้ก็มีหลายวิธีดังนี้



ตาราง 24 การควบคุมรูปคลื่นแรงดันของอินเวอร์เตอร์

(E : แรงดันไฟตรง)

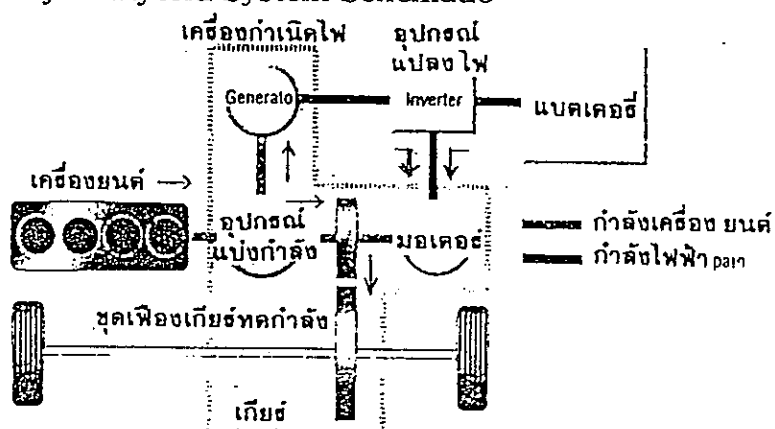
วิธีควบคุม	ความถี่ต่ำ (แรงดันต่ำ)	ความถี่สูง (แรงดันสูง)	จุดเด่น
วิธี PAM PULSE AMPLITUDE MODULATION			- เสียมอเตอร์เบา - ประสิทธิภาพดี - ควบคุมขนาดแรงดันที่คอนเวอร์เตอร์ - ผลตอบซ้ำ
วิธี PWM PULSE WIDTH MODULATION			- ส่วนอินเวอร์เตอร์สามารถควบคุมความถี่และแรงดันได้ทั้งหมด - ได้ยินเสียงความถี่สูงจากมอเตอร์
วิธี PWM ที่ให้แรงดัน เป็นรูปซายน์			- เดินมอเตอร์ได้เร็วที่ความเร็วต่ำ - ฮาร์โมนิกความถี่ต่ำมีขนาดเล็ก - ได้ยินเสียงความถี่สูงจากมอเตอร์

วิธี PWM นั้นจะต้องกำเนิดพัลส์ที่ ON-OFF หลายครั้งในหนึ่งไซเคิล ความกว้างของแต่ละพัลส์จะไม่เท่ากัน เพื่อให้แรงดันเฉลี่ยมีรูปคลื่นซายน์ จำนวนพัลส์ที่กำเนิดใน 1 วินาที เรียกว่าความถี่แคเรียร์ (CARRIER FREQUENCY) การควบคุมแรงดันด้วยวิธี PWM นี้ จะทำให้เกิดการสั่นที่มอเตอร์ และเสียงรบกวนซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความถี่แคเรียร์นี้

ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง

อุปกรณ์แบ่งกำลัง (power split device) ในระบบควบคุมกำลังจะทำหน้าที่จัดสรรกำลังขับเคลื่อนที่มาจากเครื่องยนต์ไปยังล้อโดยตรงหรือไปยังเอนเนอเรเตอร์ ในเวลาเดียวกันเครื่องยนต์จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาอัตราการรอบให้ได้ระยะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นพลังงานขับเคลื่อนทั้งที่มาจากเครื่องยนต์ และมาจากมอเตอร์จึงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับจังหวะของการขับขี่เสมอ

Toyota Hybrid System Schematic

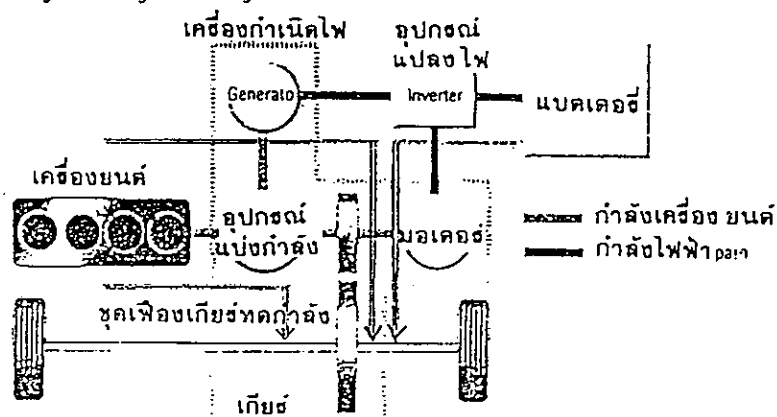


๕. ผังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโคโบริต้า

ภาพประกอบ 69 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่

Toyota Hybrid System Schematic

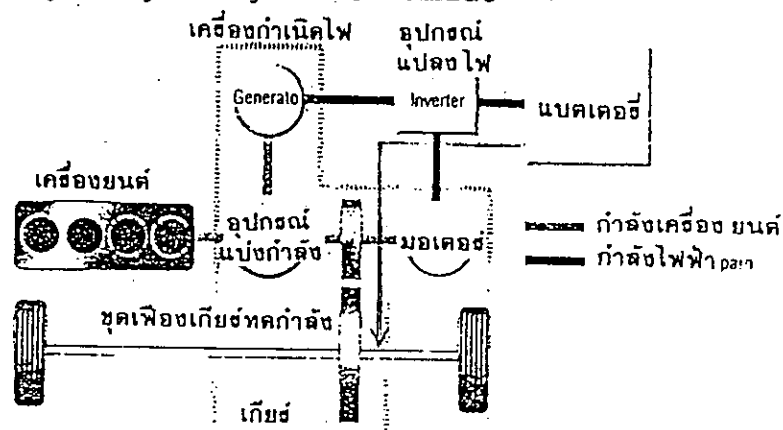


■ **ผังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า**

เมื่อเร่งความเร็วรถเต็มที่พลังงานจะถูกจ่ายออกจากแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มพลังขับเคลื่อนให้กับรถ

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ/เบรก

Toyota Hybrid System Schematic

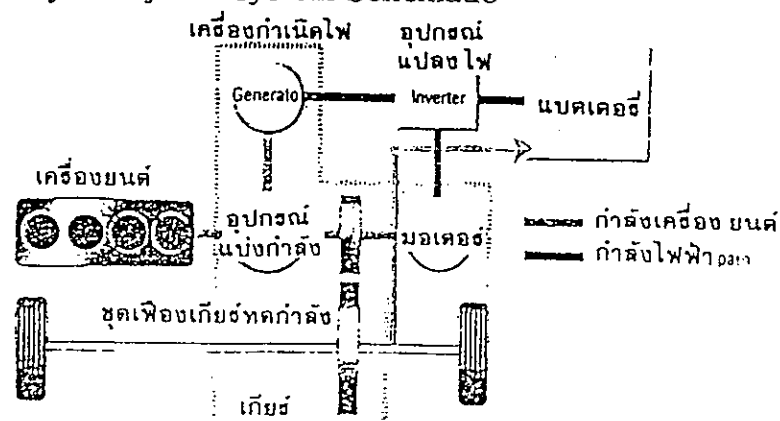


แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เมื่อลดความเร็วของรถลงและเบรก พลังงานจลน์จากล้อจะถูกส่งผ่านไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นเจเนอเรเตอร์ (A) แปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และเพื่อให้การชาร์จไฟเป็นไปอย่างสม่ำเสมอแบตเตอรี่จะทำหน้าที่รับพลังงานทั้งที่ชาร์จจากมอเตอร์ไฟฟ้าและพลังงานที่ถูกมอเตอร์ไฟฟ้าแปลงมาจากพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบคอนโทรลอัตโนมัติ ทำให้ไม่จำเป็นต้องชาร์จแบตเตอรี่จากภายนอก

ระบบการทำงานภายในรถยนต์ เริ่มจากช่วงหยุด/เบ้าเครื่อง

Toyota Hybrid System Schematic

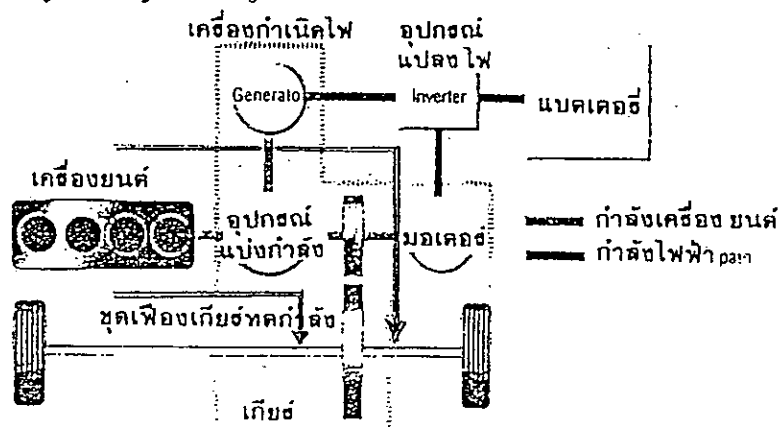


แสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เมื่อเครื่องยนต์อยู่ในระดับความเร็วรอบต่ำ ระหว่างที่รถชะลอความเร็วลงจนหยุดนิ่ง เมื่อลดความเร็วลงจนต่ำสุด หรือค่อย ๆ ลดความเร็วลง เชื้อเพลิงจะถูกตัด เครื่องยนต์จะหยุดทำงานแล้วมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนตัวรถแทน

การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อรถวิ่งด้วยความเร็วปกติ

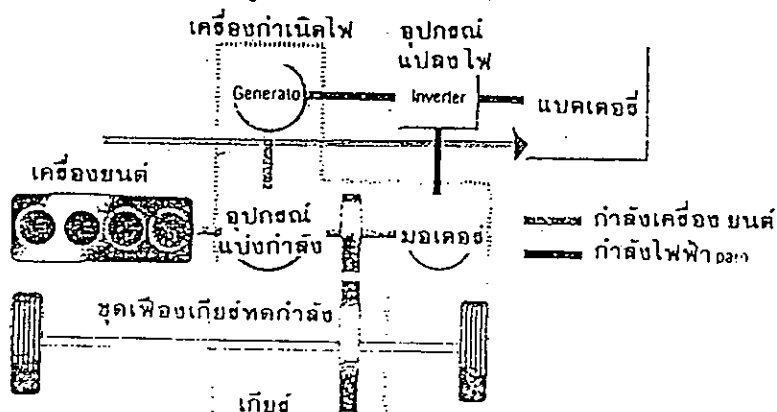
Toyota Hybrid System Schematic



■ ยังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

การชาร์จแบตเตอรี่

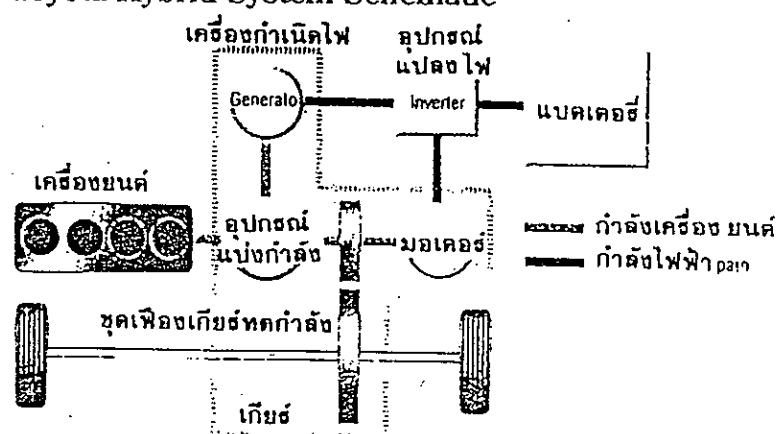
Toyota Hybrid System Schematic



■ ยังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

แบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้รักษาอัตราการชาร์จไฟไว้ให้คงที่เมื่ออัตราการชาร์จไฟต่ำ เจเนอเรเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ส่งกำลังไฟชาร์จแบตเตอรี่แทน เมื่อหยุด/เบาเครื่องยนต์จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ

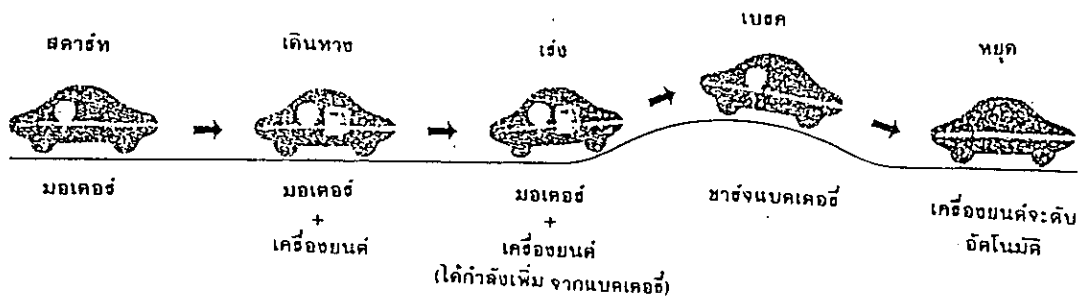
Toyota Hybrid System Schematic



■ ผังแสดงการทำงานของระบบไฮบริดของโตโยต้า

เครื่องยนต์ไฮบริดจะเป็นต้นกำลังที่สำคัญซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงสลับกับพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า (บรรณาธิการ. 2541 : 45)

ลักษณะการทำงานที่สำคัญของเครื่องไฮบริดก็คือสามารถใช้กำลังจากเครื่องยนต์เป็นชิ้นในการขับเคลื่อนรถยนต์หรือจะใช้กำลังไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ก็ได้ ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์หรือการทำงานในขณะนั้น โดยเมื่อรถยนต์เริ่มวิ่งช้ามาก ๆ กำลังในการขับเคลื่อนจะมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าแต่เพียงอย่างเดียว และเมื่อขับในสภาพปกติธรรมดาหรือที่เรียกว่าความเร็วเดินทาง ในช่วงนี้ทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำงานร่วมกันและเมื่อใดที่ต้องการอัตราการเร่งอย่างรวดเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะเพิ่มกำลังจากแบตเตอรี่เพื่อมาช่วยให้รถยนต์มีอัตราการเร่งที่ดีขึ้น จากการทำงานเช่นนี้จะช่วยให้ผู้ใช้รถยนต์ได้รับความสะดวกสบายมากขึ้นโดยไม่ต้องคอยชาร์จแบตเตอรี่แบบรถยนต์ไฟฟ้าแบบอื่น ๆ ซึ่งต้องชาร์จแบตเตอรี่ใหม่เมื่อใช้งานไปเป็นระยะทางราว 200 กิโลเมตร (บรรณาธิการ. 2541 : 45)



■ (ELECTRIC CAR) + (GASOLINE CAR) = HYBRID CAR

ระบบอัตโนมัติจะตัดการทำงานของเครื่องยนต์ทันทีเมื่อรถยนต์จอด ส่วนเมื่อใดที่มีการลดความเร็วหรือเบรคมอเตอร์จะกลายเป็นเจนเนอเรเตอร์ซึ่งสามารถจะเอาพลังงานในการเบรคกลับมาเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ โดยแบตเตอรี่ Nickel-Metalhydride ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีน้ำหนักเบาและให้กำลังได้มากกว่าแบตเตอรี่ Ni-MH แบบเดิมถึง 3 เท่า มอเตอร์นี้จะให้กำลังออกมาได้ 40 BPH ที่รอบระหว่าง 940-2000 รอบต่อนาที กับมีแรงบิด 225 ปอนด์-ฟุตที่รอบตั้งแต่ 0-940 รอบต่อนาที (บรรณาธิการ. 2541 : 45)

คำแนะนำ

กรุณาทบทวนด้วยตัวของท่านเองว่า ท่านสามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยเลือกคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีกี่ชนิด

- ก. 1 ชนิด
- ข. 2 ชนิด
- ค. 3 ชนิด
- ง. 4 ชนิด
- จ. 5 ชนิด

2. งานที่ต้องการความเร็วคงที่ควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้าชนิดใด

- ก. แบบซิงโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกระรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง
- จ. แบบมีแปรง

3. การขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสสลับของรถยนต์ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าใช้กี่เฟส

- ก. 1 เฟส
- ข. 2 เฟส
- ค. 3 เฟส
- ง. 4 เฟส
- จ. 5 เฟส

4. โรเตอร์แบบใดที่ปรับความเร็วไม่ได้

- ก. แบบซิงโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกระรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง
- จ. แบบมีแปรง

5. โรเตอร์แบบใดที่ปรับความเร็วได้

- ก. แบบซิงโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกระรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง
- จ. แบบมีแปรง

6. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็นกี่ประเภท

- ก. 1 ประเภท
- ข. 2 ประเภท
- ค. 3 ประเภท
- ง. 4 ประเภท
- จ. 5 ประเภท

7. การขับเคลื่อนโดยตรงของล้อใช้มอเตอร์แบบใด

- ก. แบบซิงโครนัส
- ข. แบบเหนี่ยวนำ
- ค. แบบกรงกระรอก
- ง. แบบไม่มีแปรง
- จ. แบบมีแปรง

8. อุปกรณ์เปิด-ปิดระบบการขับเคลื่อนแบบกระแสตรงและกระแสสลับเรียกว่าอะไร

- ก. ประตูลูก
- ข. หน้าต่าง
- ค. ทางเข้า
- ง. ทางออก
- จ. สวิตช์

9. ตัวควบคุมสัญญาณพัลส์เรียกว่าอะไร

- ก. ทรานซิสเตอร์
- ข. ไดโอด
- ค. คอยล์
- ง. เกท
- จ. โรเตอร์

10. การป้อนพลังงานกลับสู่แบตเตอรี่ขณะเบรคหรือลงเขาเรียกว่าอะไร

- ก. Recycle
- ข. Regenerative
- ค. Reproduction
- ง. Reinverter
- จ. Reconverter

คะแนน : ให้คะแนนสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง ชัดเจน 1 คะแนน

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

โปรดตรวจคำตอบและลงชื่อนี้

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

1. ข
2. ก
3. ค
4. ค
5. ง
6. ข
7. ง
8. จ
9. ก
10. ข

ผลการทำแบบฝึกหัด

1. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง ไม่ครบทุกข้อ ให้กลับไปพิจารณาบทวนเนื้อหาวิชาจากบทเรียน แล้วจึงกลับมาทำแบบฝึกหัดอีกครั้ง

2. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง สมบูรณ์ทุกข้อ แสดงว่าท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนอย่างเพียงพอแล้ว ให้ท่านศึกษา บทเรียนต่อไปตามลำดับ

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หน่วยที่ 4 มอเตอร์และการควบคุม

ประเด็นการพิจารณา	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	
1. คำชี้แจง คำแนะนำการเรียนรู้ชัดเจนเพียงพอ				
2. แนวคิดของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมเพียงพอ				
3. วัตถุประสงค์ชัดเจนเพียงพอ				
4. กิจกรรมการเรียนรู้				
4.1 เนื้อหาบทเรียนทำความเข้าใจได้ง่ายเพียงพอ				
4.2 เนื้อหาในบทเรียนเพียงพอเหมาะสม				
4.3 แบบฝึกหัดกับเนื้อหาสอดคล้องกันเพียงพอ				
5. เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้				
5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาเพียงพอ				
5.2 ให้ความรู้เพิ่มเติมเพียงพอ				
6. แบบทดสอบประจำหน่วยเหมาะสมเพียงพอ				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการขับและ

การควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

ระบบกลไกการขับเคลื่อนการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

แนวคิด

ระบบการขับเคลื่อนประกอบไปด้วยระบบย่อยของตัวควบคุมไฟฟ้า ตัวแปลงกลไกไฟฟ้า ตัวเปลี่ยนกลไก แรงบิดแบบครึ่งแรง เครื่องแปลงการตัดไฟฟ้าแบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสสลับ เกียร์ การเปลี่ยนเกียร์ เป็นต้น ระบบการขับเคลื่อนมอเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นแบบมอเตอร์ตัวเดียว และแบบมอเตอร์สองตัว นอกจากนั้น ถ้าการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ ถูกออกแบบเป็นพิเศษ สำหรับการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า เป็นกลไกการขับเคลื่อน โดยใช้ความถี่ที่เชื่อมต่อกับชุดของการขับเคลื่อน มอเตอร์แบบกระแสตรง การขับเคลื่อนแบบนี้ มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพ การทำงานของเกียร์แบบมัลติเรโซให้ความถูกต้องมากกว่า ส่วนการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ การใช้เทคนิคแบบนี้ มอเตอร์จะติดต่อกับแกนเพลลา และลดเกียร์เป็นการบูรณาการ รวมเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์ นอกจากนั้น การขับเคลื่อนล้อโดยตรงตามประเภทของมอเตอร์ โดยเชื่อมติดต่อกันและสวิตช์จากช่วงเวลาที่เชื่อมติดต่อกันในมอเตอร์ จะหมุน 2 แบบ และสุดท้ายระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ส่วน ของอิเล็กทรอนิกส์ คือ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ที่บรรจุแรงดันไฟฟ้าต่ำ และพลังงานที่ควบคุมวงจรต่ำ ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ที่บรรจุพลังงานต่ำ แต่มีแรงดันไฟฟ้าสูง กระแสไฟฟ้าจะควบคุมการทำงานของยานยนต์ และพลังงานของมอเตอร์ หลักการทำงานของระบบควบคุมรถยนต์ แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ตัวควบคุมมอเตอร์ คำนึงถึงเท้าห้ามล้อ การควบคุมด้วยมือ และแดชการ์ด

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้จบแล้ว ท่านควรที่จะสามารถ

1. บอกหลักการขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ
2. บอกหลักการขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ
3. อธิบายหลักการขับเคลื่อนโดยตรง
4. บอกหลักการเลือกระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
5. บอกหลักการใช้ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
6. บอกหลักการทำงานของระบบควบคุม
7. อธิบายการควบคุมที่มีประสิทธิภาพ
8. บอกหลักการออกแบบลักษณะของอาร์คแวร์
9. บอกหลักการออกแบบลักษณะของซอฟต์แวร์

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด ขณะศึกษาบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ศึกษาเนื้อหาในบทเรียน
2. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียน หมายเลข
3. ทำแบบฝึกหัด และศึกษาบทเรียน
4. ทำแบบทดสอบหลังเรียน

หน่วยที่ 5

ระบบกลไกการขับเคลื่อนและระบบควบคุมรถยนต์

กลไกการขับเคลื่อน

การขาดแคลนการเร่งที่มีความเร็วสูงและปัญหาที่เกี่ยวกับประสิทธิภาพจะลดลง โดยการใช้เกียร์ ซึ่งคล้ายกับรถยนต์ที่ใช้การลั่นดาปภายในในปัจจุบัน ประสิทธิภาพของการขับเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความเร็ว ตัวอย่าง การขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงทำงานดีกว่า 80 % ประสิทธิภาพในการวิ่ง 2,000-12,000 rpm และชุดของการขับเคลื่อนแบบกระแสตรงมีระยะทาง 2,000-5,000 rpm ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนแบบกระแสตรงที่ไม่มีแปรง จะดีมากกว่า 85 % ในระยะทาง 3,000-8,000 rpm

ส่วนคุณลักษณะอื่น ๆ นั้นความเร็วของแรงบิด การขับเคลื่อนส่วนใหญ่จะรักษาแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าหรือมีค่าคงที่น้อย อยู่ในช่วง 0 ถึง 4,000-5,000 rpm อย่างไรก็ตาม ความเร็วที่สูงกว่า แรงบิดจะเริ่มลดลง ซึ่งหมายความว่า อัตราการเร่งอยู่ในช่วง 65-105 กิโลเมตร/ ชั่วโมง เป็นสิ่งที่ไม่ดีอาจจะสร้างปัญหาระหว่างการขับเคลื่อนในทางหลวง

ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นจะพบว่าประสิทธิภาพการทำงานของการทำงานของการขับเคลื่อนไฟฟ้าที่ต้องการมากกว่า 2,000-3,000 rpm แต่ความเร็วของล้อ 105 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วในถนนหลวงมีประมาณ 500 rpm เท่านั้น ความถี่ของอัตราเร่งคือ คุณลักษณะของการขับเคลื่อนในเมือง ซึ่งต้องการแรงบิดสูง ทั้งหมด

ระบบการขับเคลื่อน

ระบบการขับเคลื่อนประกอบไปด้วยระบบย่อยของตัวควบคุมไฟฟ้า ตัวแปลงกลไกไฟฟ้า ตัวเปลี่ยนกลไก แรงบิดและแรง เครื่องแปลงการขับเคลื่อนไฟฟ้าแบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสตรง มอเตอร์แบบกระแสสลับ เกียร์ การเปลี่ยนเกียร์ เป็นต้น

มอเตอร์ขับเคลื่อนแบบคู่ ใช้แทนการแบ่งครึ่งแรงบิด ด้วยการเปลี่ยนเกียร์ การขับเคลื่อนที่ต้องการสำหรับแต่ละข้างของตัวควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นหลักประกันว่า

แรงบิดทำงานอย่างเรียบ

การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ

การขับเคลื่อนแบบ มัลติเรโซ เป็นประโยชน์ต่อเทคโนโลยี รถยนต์ในปัจจุบัน เมื่อความเร็วของมอเตอร์เป็นตัวบังคับระบบอัตโนมัติ หรือเป็นคู่มือการถ่ายเทกำลังไปสู่ เกียร์และล้อขับเคลื่อนโดยเกียร์ เพลาท้ายรถยนต์ ทำให้ล้อทั้ง 2 ข้าง หมุนเร็วช้า ต่างกัน เมื่อเวลาเลี้ยวสำหรับความเร็วที่ลดลง ส่วนใหญ่การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้า ใช้ การถ่ายเทกำลังแบบเดียวกัน และแตกต่างกันในตอนเริ่มแรก ออกแบบสำหรับรถยนต์ที่ ลันดาภายใน มีการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ถูกแทนที่โดยมอเตอร์ไฟฟ้า อย่างไรก็ตามการ ขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ ที่ใช้ในรถยนต์บางคันได้ถูกออกแบบเป็นพิเศษสำหรับการทำงาน เกี่ยวกับไฟฟ้า เช่น เฟียต แพนดาเป็นรถยนต์ไฟฟ้าซึ่งมีมอเตอร์ 9.2 กิโลวัตต์ ถ่ายเท กำลังไปสู่เกียร์ 4 จังหวะ การขับเคลื่อนแบบมัลติเรโซ เป็นกลไกการขับเคลื่อนโดยใช้ ความถี่ที่เชื่อมต่อกับชุดของการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบกระแสตรง การขับเคลื่อนแบบนี้มี ความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการทำงานของเกียร์แบบมัลติเรโซให้ความถูกต้องมากกว่า

การขับเคลื่อนแบบซิงเกิลเรโซ

การขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าบางอย่างเหมือนกับการขับเคลื่อน ตัวแปรความถี่ แบบกระแสสลับ ซึ่งมีช่วงกว้างของการปฏิบัติการ ที่มีประสิทธิภาพ การลดเกียร์แบบ ซิงเกิลเรโซจะเหมาะสมกับสภาพของท้องถนน รถยนต์ส่วนใหญ่ ถูกออกแบบสำหรับปฏิบัติ งานเกี่ยวกับไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคแบบนี้ ซึ่งมอเตอร์จะติดตั้งกับแกนเพลาลดเกียร์ เป็นการบูรณาการรวมเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์ เช่น ฟอร์ด อีคอสต้า มีมอเตอร์ 75 กิโล วัตต์ เหนี่ยวนำโดยกระแสไฟฟ้าจากมอเตอร์ที่ติดตั้งตรงกับแกนเพลาลหน้า

ตัวอย่างการบูรณาการ รวมเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์ และการลดเกียร์ เป็น มอเตอร์ที่ติดตั้งกับเพลาล

การขับเคลื่อนโดยตรง

การขับเคลื่อนล้อโดยตรงตามประเภทของมอเตอร์ เป็นแนวคิดที่เป็นที่ต้องการของรถยนต์ไฟฟ้า การลดเกียร์ในการขับเคลื่อนล้อและการสร้างเครื่องยนต์กลไกที่ง่าย ๆ แต่สามารถควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้ ตัวอย่าง ของการขับเคลื่อนด้วยล้อ ดังแสดงในรูป ซึ่งมอเตอร์จะติดตั้งกับล้อ ทำงานโดยการขับเคลื่อนโดยตรง สามารถพัฒนาได้ โดยการแก้ไขเปลี่ยนแปลง การเชื่อมติดต่อมอเตอร์โดยสวิตช์แบบเคลตาและแบบวาย เชื่อมติดต่อกันและสวิตช์จากคู่ขนานที่เชื่อมติดต่อกันในมอเตอร์จะหมุน 2 แบบ

ระบบการขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

ระบบการขับเคลื่อนของยานยนต์ไฟฟ้าที่สมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ คือ ส่วนที่ 1 อุปกรณ์ที่บรรจุแรงดันไฟฟ้าต่ำ และพลังงานที่ควบคุมวงจรต่ำ ส่วนที่ 2 อุปกรณ์ที่บรรจุพลังงานต่ำ แต่มีแรงดันไฟฟ้าสูง กระแสไฟฟ้าจะควบคุมการทำงานของยานยนต์และพลังงานของมอเตอร์

ระบบควบคุมรถยนต์

รถไฟฟ้าในปัจจุบัน จะใช้ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี สารกึ่งตัวนำ มาพัฒนา วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อควบคุมมอเตอร์ พลังงานทรานซิสเตอร์ สัญญาณดิจิทัล ตรวจสอบและป้องกันความผิดพลาดในระบบการทำงาน อุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ ที่เกิดจากการแข่งขันระหว่างสหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นก่อให้เกิดประโยชน์ ต่อระบบควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์พื้นฐาน และระบบควบคุมดิจิทัลโดยตรง สำหรับรถยนต์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก มีการศึกษาและพัฒนาตลอด ซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์สามารถควบคุมการขับเคลื่อน ควบคุมระบบการขับเคลื่อน แบตเตอรี่และการประจุไฟ ควบคุมสมรรถนะและหาจุดบกพร่องของระบบ หลักการทำงานของระบบควบคุมรถยนต์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ตัวควบคุมมอเตอร์
2. คำนวณค่าเข้าห้ามล้อ
3. การควบคุมด้วยมือ

4. แดชการ์ด

ระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า เป็นระบบที่ทันสมัย โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุมกำกับระบบย่อยทั้งหมด ปริมาณอุณหภูมิ ความเร็วของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระบบปฏิบัติ การย่อยเป็นการวัดด้วยเครื่องแปลงกำลัง จะแปลงสัญญาณไปเป็นอนาล็อก สัญญาณเป็นตัวเลขแลส่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์ มีการประเมินสัญญาณระบบย่อย และส่งออกมาควบคุมสัญญาณไมโครโปรเซสเซอร์จะตัดระบบในกรณีที่เกิดความผิดพลาด ตัวควบคุมรถยนต์จะปิดเพื่อปฏิบัติตามสถานการณ์ที่เกิดผลดีที่สุด และเกิดผลดีในการใช้เก็บพลังงานไว้ในแบตเตอรี่

หน้าที่ของไมโครโปรเซสเซอร์

1. ควบคุมการขับเคลื่อน
2. ควบคุมลำดับขั้นการขับ
3. มีมาตรวัดเชื้อเพลิง
4. การประจุไฟแบตเตอรี่/ ควบคุมเสถียรภาพ
5. การวินิจฉัยข้อบกพร่อง

การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

ระบบการขับเคลื่อนไฟฟ้า เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยทั่วไปมีอุปกรณ์ ที่เป็นตัว ที่สามารถมองเห็นได้ ใช้เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสตรง เป็นส่วนประกอบของขอปเปอร์ และมอเตอร์กระแสตรงที่เข้ามาแทนที่ เทคโนโลยีมอเตอร์กระแสสลับ รวมทั้งอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์กระแสสลับแบบซิงโครนัส หรือมอเตอร์แบบซิงโครนัส ในอนาคตอันใกล้ แม้หลักการและสวิตช์ของมอเตอร์จะหาได้ง่าย ประเด็นที่เป็นคำตอบสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า โดยเฉพาะระบบการขับ ก็คือประสิทธิภาพ น้ำหนักน้อยและขนาดลดลง สำหรับราคาดูเหมือนว่า จะไม่เป็นปัญหา สามารถซื้อได้ และราคาจะลดลงในไม่ช้า เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว ราคาจะต่ำกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้การสันดาปภายใน

ระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ทางคอมพิวเตอร์ มีการออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อใช้สำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ตั้งอยู่บนพื้นฐานของเทคโนโลยีเท่าที่จะหาได้ อุปกรณ์ดังกล่าว มีพลังงานที่จะนำมาใช้ทำงานได้ดีที่สุด ของพลังงานการขับเคลื่อนและแบตเตอรี่

ประสิทธิภาพของการขับที่สมบูรณ์ จะช่วยให้การควบคุมรถยนต์มีประสิทธิภาพ การควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง ปกติทำได้ 2 ส่วน ส่วนแรก คำสั่งให้เกิดกระแสไฟฟ้าผ่านอาร์เมเจอร์และอีกส่วนหนึ่ง เป็นคำสั่งให้เกิดกระแสไฟในสนาม

หลักการออกแบบลักษณะของอาร์คัวร์

หัวใจของระบบการขับเคลื่อนทางไฟฟ้า คือตัวควบคุมไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งรับคำสั่งจากคนขับรถยนต์ไฟฟ้าสแกนภาพของระบบที่ใส่เข้าไป และสัญญาณการเซ็นเซอร์ การปฏิบัติการของสัญญาณที่ใส่เข้าไป สัญญาณของไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ออกมาควบคุมชอปเปอร์ กระแสไฟฟ้าผ่านอาร์เมเจอร์ไปสู่ชอปเปอร์ และตัวเติมประจุไฟแบตเตอรี่ และการกำกับการปฏิบัติการหลายอย่าง

อาร์คัวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ คืออินเทลตั้งแต่เบอร์ 286 386 486 หรือเพนเทียมต่าง ๆ ซึ่งอาร์คัวร์จะถูกออกแบบให้เหมาะสมสอดคล้องกับอุปกรณ์ควบคุมวงจรไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และอื่น ๆ

บอส ไบมาล เค (1987 : 166-167) ได้ออกแบบลักษณะการออกแบบอาร์คัวร์ ของไมโครโพรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นอินเทล 8080 อาร์คัวร์นี้ได้รับการออกแบบเพื่อปฏิบัติการได้อย่างน่าพอใจ โดยมีช่วงของอุณหภูมิกว้าง (-20 ถึง 120 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ -29 ถึง 52 องศาเซลเซียส) การช็อค การสั่นสะเทือน และการรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เพราะจะเกิดกระแสไฟฟ้าในชอปเปอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นการออกแบบตามความต้องการของผู้ซื้อ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของมิลสเปก และมีอาร์คัวร์ที่ดี และซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์กรองสัญญาณแบบออปติก ให้เป็นสัญญาณเดียว เพื่อให้การปฏิบัติการเป็นอิสระในด้านเสียง โปรแกรมที่นำไปใช้และวินิจฉัย เป็นความสามารถของโปรแกรม ซึ่งอ่านจากความจำ ซึ่งมีกรอบ 4 ด้านและแรม 1 เค ที่สนับสนุนโปรแกรมหลัก อาร์คัวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบ

ไปด้วย กล่องอุปกรณ์ขนาด 5×9 นิ้ว ซึ่งมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ยอมให้ความร้อนผ่านจากพื้นผิวส่วนบนเท่านั้น

หลักการออกแบบลักษณะของวอฟแวร์

ซอฟต์แวร์ของไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยชุดของโมดูล ที่ควบคุมการทำงานของวอฟแวร์ และควบคุมเวลาที่แท้จริงของรถยนต์ไฟฟ้า ซอฟต์แวร์เป็นพื้นฐานสามารถเลือกใช้อินเทลเบอร์ต่าง ๆ อาจจะใช้ภาษาแอสเซมบลี หรือภาษาอื่นที่เขียนขึ้นใช้งานให้สอดคล้อง และเหมาะสมสัมพันธ์กับฮาร์ดแวร์ ตลอดจนพลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนและควบคุมการเดินกำลังในขณะเบรค คำสั่งเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการควบคุมที่สูงสุด การควบคุมกระแสไฟที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์/สนาม และระบบป้องกันซึ่งกระบวนการเหล่านี้ จะดำเนินงานโดยโปรแกรม 2 โปรแกรม คือโปรแกรมหลักและโปรแกรมช่วย

คำแนะนำ

กรุณาทบทวนด้วยตัวของท่านเองว่า ท่านสามารถตอบคำถามต่อไปนี้ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยเลือกคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. หัวใจของระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าคืออะไร

- ก. ตัวควบคุมดิจิทัล
- ข. ตัวควบคุมอนาล็อก
- ค. ตัวควบคุมเพนเทียม
- ง. ตัวควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์
- จ. ตัวควบคุมอินเทล

2. การคืนกำลังขณะเบรกเรียกว่าอะไร

- ก. Pregeneration
- ข. Nextgeneration
- ค. Newgeneration
- ง. Regeneration
- จ. Feedback

3. ข้อใดไม่ใช่องค์ประกอบของระบบควบคุมรถยนต์

- ก. ตัวควบคุมมอเตอร์
- ข. ตัวประจุไฟ
- ค. คั่นบังคับเท้าห้ามล้อ
- ง. การควบคุมด้วยมือ
- จ. แดชบอร์ด

4. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่ของไมโครโปรเซสเซอร์

- ก. ควบคุมเสถียรภาพ
- ข. ควบคุมการขับเคลื่อน
- ค. ควบคุมลำดับขั้นการขับ
- ง. ควบคุมอุณหภูมิ
- จ. การวินิจฉัยข้อบกพร่อง

5. อุปกรณ์ของระบบรถยนต์ไฟฟ้ามีรูปร่างอย่างไร

- ก. เป็นตู้
- ข. เป็นกระเป๋าทู
- ค. เป็นกล่องดำ
- ง. เป็นจานแผ่นดิส
- จ. เป็นรูปปิรามิด

6. การขับเคลื่อนล้อโดยมีมอเตอร์ติดกับล้อใช้ลิฟท์แบบเดลต้าและแบบวายเชื่อมติดต่อกัน

เป็นลักษณะการขับเคลื่อนแบบใด

- ก. แบบมัลติเรโซ
- ข. แบบซิงเกิลเรโซ
- ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง
- ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- จ. ผิดทุกข้อ

7. การขับเคลื่อนแบบใดที่มอเตอร์จะติดตั้งกับแกนเพลาลดเกียร์เป็นการบูรณาการรวม

กันเป็นหนึ่งเดียวกับมอเตอร์

- ก. แบบมัลติเรโซ
- ข. แบบซิงเกิลเรโซ
- ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง
- ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์
- จ. ผิดทุกข้อ

8. กลไกการขับเคลื่อนโดยใช้ความถี่ที่เชื่อมต่อกับชุดของการขับเคลื่อนมอเตอร์แบบกระแสตรงเป็นลักษณะของการขับเคลื่อนแบบใด

ก. แบบมัลติเรโซ

ข. แบบซิงเกิลเรโซ

ค. แบบขับเคลื่อนโดยตรง

ง. แบบขับเคลื่อนที่สมบูรณ์

จ. ผิดทุกข้อ

9. การทำงานที่ต้องใช้โปรแกรมหลักและโปรแกรมช่วยร่วมกันเป็นหลักการทำงานของอะไร

ก. ซอฟต์แวร์

ข. ฮาร์ดแวร์

ค. ไฟล์แวร์

ง. มัลติมีเดีย

จ. ผิดทุกข้อ

10. อินเทลที่ทันสมัยมากที่สุดคือข้อใด

ก. 286

ข. 386

ค. 486

ง. เพนเทียมโปร

จ. เพนเทียม II

คะแนน : ให้คะแนนสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง ข้อละ 1 คะแนน

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

โปรดตรวจคำตอบเฉลยหน้าถัดไป

คะแนนที่ท่านได้	คะแนน

1. ง
2. ง
3. ข
4. ง
5. ก
6. ค
7. ข
8. ก
9. ก
10. จ

ผลการทำแบบฝึกหัด

1. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง ไม่ครบทุกข้อ ให้กลับไปพิจารณาบทวนเนื้อหาวิชาจากบทเรียน แล้วจึงกลับมาทำแบบฝึกหัดอีกครั้ง
2. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง สมบูรณ์ทุกข้อ แสดงว่าท่านมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนอย่างเพียงพอแล้ว ให้ท่านศึกษา บทเรียนต่อไปตามลำดับ

แบบสอบถามความคิดเห็นต่อชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

หน่วยที่ 5 ระบบกลไกการชั่งและการควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า

ประเด็นการพิจารณา	ระดับความคิดเห็น			หมายเหตุ
	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	
1. คำชี้แจง คำแนะนำการเรียนรู้ชัดเจนเพียงพอ 2. แนวคิดของหน่วยการเรียนรู้เหมาะสมเพียงพอ 3. วัตถุประสงค์ชัดเจนเพียงพอ 4. กิจกรรมการเรียนรู้ 4.1 เนื้อหาบทเรียนทำความเข้าใจได้ง่ายเพียงพอ 4.2 เนื้อหาในบทเรียนเพียงพอเหมาะสม 4.3 แบบฝึกหัดกับเนื้อหาสอดคล้องกันเพียงพอ 5. เอกสารประกอบชุดการเรียนรู้ 5.1 สอดคล้องกับเนื้อหาเพียงพอ 5.2 ให้ความรู้เพิ่มเติมเพียงพอ 6. แบบทดสอบประจำหน่วยเหมาะสมเพียงพอ				

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่องการถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์การถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ นักเรียนสามารถถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

ขี้เกลือและสิ่งสกปรกต่าง ๆ บนแบตเตอรี่จะต้องถูกกำจัดออกไปให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้อาจเกิดการกัดกร่อนเข้าไปในเซลล์ทุก ๆ เซลล์ของแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ตกต่ำลงและเสียไปในที่สุด ขี้เกลือที่จับขี้แบตเตอรี่จะเป็นตัวทำให้กระแสไฟเดินได้ไม่สะดวกเต็มที่และสิ่งสกปรกอื่น ๆ เช่น น้ำมัน ดินทราจ จะทำให้เกิดการรั่วไหลของกระแสไฟของแบตเตอรี่

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

จัดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการของช่างยนต์ มีแบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก นอตขันเหล็กยึดแบตเตอรี่ ขั้วสายไฟเส้นลบ ยางมะตอย ฝาปิดเซลล์ ยางครอบขั้วบวก เหล็กยึดแบตเตอรี่ ก้านยึดเหล็กยึดแบตเตอรี่ ปรง ไขควง เบ็กกิ่งโซดา ผ้า ลูกล้าง

2.3 ขอบเขต

การถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาแต่ละคนถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ ใช้เวลาในการปฏิบัติ 10 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก

3.1.3.2 เครื่องทดสอบความจุ

3.1.3.3 นอตขันเหล็กยึดแบตเตอรี่

3.1.3.4 ขั้วสายไฟเส้นลบ

3.1.3.5 ยางมะตอย

3.1.3.6 ฝาปิดเซลล์

3.1.3.7 ยางครอบขั้วบวก

3.1.3.8 เหล็กยึดแบตเตอรี่

3.1.3.9 ก้านยึดเหล็กยึดแบตเตอรี่

3.1.3.10 แปรง ไบควง เบ็กกิ่งโซดา ผ้า ลูกยาง

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบครั้งละ 4-10 คน ต่างคนต่างทำการทดลอง ครุสังเกตรว
การเตรียม การปฏิบัติได้ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ	4	0	เหมาะสม
1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	4	0	เหมาะสม
1.2 นอตขันเหล็กยึดแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	4	0	เหมาะสม
1.4 ยางมะตอย	4	0	เหมาะสม
1.5 ผ้าปิดเซลล์	4	0	เหมาะสม
1.6 ยางครอบขั้วบวก	4	0	เหมาะสม
1.7 เหล็กยึดแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
1.8 ก้านยึดเหล็กยึดแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
1.9 แปรง ไชคอง เบกิ้งโซดา ผ้า ลูกลาย	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ถอดแบตเตอรี่ออกจากรถยนต์	4	0	เหมาะสม
2.2 ใช้แปรงลวดทำความสะอาดบนแบตเตอรี่ให้หมด	4	0	เหมาะสม
2.3 ใช้แปรงจุ่มเบกิ้งโซดาสมน้ำทำความสะอาด	4	0	เหมาะสม
2.4 ทำความสะอาดเบกิ้งโซดาด้วยน้ำ แล้วใช้ลูกลายดุดอกให้หมด	4	0	เหมาะสม
2.5 ถอดขั้วสายแบตเตอรี่ออกโดยถอดขั้วลบก่อน	3.5	0.50	เหมาะสม
2.6 ทำความสะอาดให้แห้ง	4	0	เหมาะสม
2.7 เอาคราบน้ำมันและจารบีที่ขั้วออก ก่อนประกอบเข้าที่เดิม	3.9	0.30	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
2.8 นำมาประกอบเข้ากับที่รองรับ	4	0	เหมาะสม
2.9 ยกแบตเตอรี่โดยการใส่สายรัดขั้วแบตเตอรี่ ให้แน่นแล้วยกขึ้นวางบนที่รองรับแบตเตอรี่	3.7	0.45	เหมาะสม
2.10 ใส่เหล็กยึดแบตเตอรี่ที่ทำความสะอาดแล้ว ยึดแบตเตอรี่ให้แน่น	4	0	เหมาะสม
2.11 ประกอบขั้วแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ถอดแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 แบตเตอรี่สะอาดไม่มีขี้เกลือและสิ่งสกปรก	3.8	0.40	เหมาะสม
3.3 ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน	4	0	เหมาะสม
3.4 ประกอบขั้วแบตเตอรี่ขั้วบวกขั้วลบได้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	3.9	0.30	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	3.5	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมการถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่นั้นจริง ๆ

1. การเตรียมการ

1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	() มี	() ไม่มี
1.2 นอตขันเหล็กยึดแบตเตอรี่	() มี	() ไม่มี
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	() มี	() ไม่มี
1.4 ยางมะตอย	() มี	() ไม่มี
1.5 ฝาปิดเซลล์	() มี	() ไม่มี
1.6 ยางครอบขั้วบวก	() มี	() ไม่มี
1.7 เหล็กยึดแบตเตอรี่	() มี	() ไม่มี
1.8 ก้านยึดเหล็กยึดแบตเตอรี่	() มี	() ไม่มี
1.9 แปรง ไชควง เบ็กกิ่งโซดา ผ้า ลูกลาย	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ถอดแบตเตอรี่ออกจากรถยนต์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ใช้แปรงลวดทำความสะอาดบนแบตเตอรี่ให้หมด	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ใช้แปรงจุ่มเบ็กกิ่งโซดาผสมน้ำทำความสะอาด	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 ทำความสะอาดเบ็กกิ่งโซดาด้วยน้ำ	() 4	() 3	() 2	() 1
แล้วใช้ลูกลายดูดออกให้หมด				
2.5 ถอดขั้วสายแบตเตอรี่ออกโดยถอดขั้วลบก่อน	() 4	() 3	() 2	() 1
2.6 ทำความสะอาดให้แห้ง	() 4	() 3	() 2	() 1
2.7 เอาคราบน้ำมันและจารบีที่ขั้วออก				
ก่อนประกอบเข้าที่เดิม	() 4	() 3	() 2	() 1

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

2.8 นำมาประกอบเข้ากับที่รองรับ	() 4	() 3	() 2	() 1
2.9 ยกแบตเตอรี่โดยการใส่สายรัดขั้วแบตเตอรี่ให้แน่นแล้วยกขึ้นวางบนที่รองรับแบตเตอรี่	() 4	() 3	() 2	() 1
2.10 ใส่เหล็กยึดแบตเตอรี่ที่ทำความสะอาดแล้วยึดแบตเตอรี่ให้แน่น	() 4	() 3	() 2	() 1
2.11 ประกอบขั้วแบตเตอรี่	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ถอดแบตเตอรี่ได้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 แบตเตอรี่สะอาดไม่มีขี้เกลือและสิ่งสกปรก	() 4	() 3	() 2	() 1
3.3 ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน	() 4	() 3	() 2	() 1
3.4 ประกอบขั้วแบตเตอรี่ขั้วบวกขั้วลบได้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	() 4	() 3	() 2	() 1
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.3 ชำนาญเสร็จตามเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	() 4	() 3	() 2	() 1
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	() 4	() 3	() 2	() 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่องการประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์การประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว นักเรียนสามารถประจุแบตเตอรี่แบบเร็วได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

การประจุแบตเตอรี่แบบเร็วใช้กระแสจำนวนมาก 50-60 แอมป์สำหรับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ ผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ในระยะเวลาย่นสั้น การติดตั้งสายไฟของเครื่องประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็วก็เช่นเดียวกับเครื่องประจุช้าคือ สายบวกคียบเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่และสายลบคียบเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และขณะทำการประจุให้ถอดขั้วสายไฟแบตเตอรี่ออก เปิดสวิตซ์เครื่องประจุถ้าระดับน้ำกรดมีมากเกินไปอันเกิดจากปฏิกิริยาขณะทำการประจุก็ให้ใช้ลูกยางดูดออก การประจุแบตเตอรี่แบบเร็วจะไม่ประจุจนเต็ม แต่จะประจุจนมีไฟประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ แล้วทำการประจุแบบช้าจนแบตเตอรี่เต็ม ถ้าประจุแล้วความถ่วงจำเพาะไม่เพิ่มขึ้นใน 1 ชั่วโมง ก็ใช้วิธีการประจุแบบช้า ถ้ามีแบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูกในการประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็วจะคียบแบตเตอรี่รวมกันแบบขนาน

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

จัดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการของช่างยนต์ มีแบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก เครื่องชาร์จเร็ว แอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์

2.3 ขอบเขต

การประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว ใช้เวลาในการปฏิบัติ 10 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ขี้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก

3.1.3.2 แอมมิเตอร์

3.1.3.3 โวลต์มิเตอร์

3.1.3.4 ขั้วสายไฟเส้นลบ

3.1.3.5 ขั้วสายไฟบวก

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบครั้งละ 4-10 คน ต่างคนต่างทำการทดลอง ครูสังเกตว่า การเตรียม การปฏิบัติได้ ผลการปฏิบัติงาน และจิตนิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ	4	0	เหมาะสม
1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	4	0	เหมาะสม
1.2 แอมมิเตอร์	4	0	เหมาะสม
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	4	0	เหมาะสม
1.4 ขั้วสายไฟเส้นบวก	4	0	เหมาะสม
1.5 โวลต์มิเตอร์	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 สายขดคียบเข้าที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
2.2 สายลบคียบเข้าที่ขั้วลบของแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
2.3 ทำการประจุไฟโดยถอดขั้วสายไฟแบตเตอรี่ออก	3.9	0.30	เหมาะสม
2.4 เปิดสวิตช์เครื่องประจุและตั้งแรงเคลื่อนให้ถูกต้อง กับแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่	3.50	0.50	เหมาะสม
2.5 ใช้ลูกยางคุดกรตที่เกิดจากปฏิกิริยาออก	4	0	เหมาะสม
2.6 ใส่คีนหลังจากแบตเตอรี่เย็นแล้ว	4	0	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 แบตเตอรี่มีไฟประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ	3.9	0.30	เหมาะสม
3.2 แบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูกคียบแบตเตอรี่แบบขนาน	3.8	0.40	เหมาะสม
3.3 ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน	4	0	เหมาะสม
3.4 ประกอบขั้วแบตเตอรี่ขั้วบวกขั้วลบได้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	3.9	0.30	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	3.8	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมการประจุแบตเตอรี่แบบเร็วนั้นจริง ๆ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

1. การเตรียมการ

1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	() มี	() ไม่มี
1.2 แอมมิเตอร์	() มี	() ไม่มี
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	() มี	() ไม่มี
1.4 ขั้วสายไฟเส้นบวก	() มี	() ไม่มี
1.5 โวลต์มิเตอร์	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 สายบวกคียบเข้าที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 สายลบคียบเข้าที่ขั้วลบของแบตเตอรี่	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ทำการประจุไฟโดยถอดขั้วสายไฟแบตเตอรี่ออก	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 เปิดสวิตช์เครื่องประจุและตั้งแรงเคลื่อน	() 4	() 3	() 2	() 1
ให้ถูกต้องกับแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่	() 4	() 3	() 2	() 1
2.5 ใช้ลูกยางดูดกรดที่เกิดจากปฏิกิริยาออก	() 4	() 3	() 2	() 1
2.6 ใส่คืนหลังจากแบตเตอรี่เย็นแล้ว	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

- 3.1 แบตเตอรี่มีไฟประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.2 แบตเตอรี่มากกว่า 1 ลูกคียบแบตเตอรี่แบบขนาน () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.3 ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.4 ประกอบขั้วแบตเตอรี่ขั้วบวกขั้วลบได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

4. จิตนิสัย

- 4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.2 ทำงานตรงต่อเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ () 4 () 3 () 2 () 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า (Slow Charging)

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์การประจุแบตเตอรี่แบบช้า
นักเรียนสามารถประจุแบตเตอรี่แบบช้าได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

การประจุแบตเตอรี่แบบช้าจะใช้กระแสไฟจำนวนน้อย 5-7 แอมป์ผ่านเข้าไปในแบตเตอรี่ในระยะเวลาอันยาวนาน คือประมาณ 14-16 ชั่วโมงหรือมากกว่าหรือ 7 เปอร์เซ็นต์ของความจุแบตเตอรี่ การประจุแบตเตอรี่แบบช้าจะเหมาะสมกว่าการประจุแบบเร็วถ้ามีระยะเวลาพอ การที่จะให้แบตเตอรี่มีสภาพที่ดี ทนทาน จะไม่ใช่วิธีการประจุแบบเร็ว การประจุแบบช้าทำให้แบตเตอรี่เสียดน้อยกว่าการประจุแบบเร็ว อัตราการประจุที่เหมาะสมในการประจุแบตเตอรี่แบบช้าให้ตั้งกระแสไฟฟ้าประจุที่ 7 เปอร์เซ็นต์ต่อความจุแอมป์-ชั่วโมงของแบตเตอรี่ ถ้าสงสัยไม่รู้ค่าความจุของแบตเตอรี่ลูกนั้นให้ตั้งค่าการประจุที่ 5 แอมป์ การติดตั้งสายไฟของเครื่องประจุแบบช้าคือ สายบวกคียบเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่และสายลบคียบเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และขณะทำการประจุให้ถอดขั้วสายไฟแบตเตอรี่ออก เปิดสวิตซ์เครื่องประจุถ้าระดับน้ำกรดมีมากเกินไปอันเกิดจากปฏิกิริยาขณะทำการประจุก็ให้ใช้ลูกยางดูดออก ถ้าการประจุแบตเตอรี่มีมากกว่า 1 ลูก ให้นำแบตเตอรี่มาต่อกันแบบขนานและปรับแรงเคลื่อนให้ตรงกับแรงเคลื่อนรวมของแบตเตอรี่ ปรับอัตราการประจุของแบตเตอรี่ที่มีความจุน้อยที่สุด

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

จัดอุปกรณ์การทดลองที่ใช้ปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการของช่างยนต์
มีแบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก เครื่องตรวจแรงดันไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิ ผ้า ไขควง
ขั้วสายไฟบวก ขั้วสายไฟเส้นลบ

2.3 ขอบเขต

การประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาประยุกต์เตอร์แบบเข้า เวลาในการปฏิบัติ 10 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แบบเตอร์อย่างน้อย 1 ลูก

3.1.3.2 เครื่องตรวจแรงดันไฟฟ้า

3.1.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ

3.1.3.4 ขั้วสายไฟเส้นลบ

3.1.3.5 ขั้วสายไฟบวก

3.1.3.6 ผ้า

3.1.3.7 ไชควง

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบครั้งละ 4-10 คน ต่างคนต่างทำการทดลอง ครูสังเกตว่า การเตรียม การปฏิบัติได้ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การประจุไฟแบตเตอรี่แบบซ้ำ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	4	0	เหมาะสม
1.2 เครื่องตรวจแรงดันไฟฟ้า	4	0	เหมาะสม
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	4	0	เหมาะสม
1.4 ขั้วสายไฟเส้นบวก	4	0	เหมาะสม
1.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ	4	0	เหมาะสม
1.6 ผ้า	4	0	เหมาะสม
1.7 ไชควง	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ตรวจสอบความบกพร่องของแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
2.2 เช็ดแบตเตอรี่ให้สะอาดและแห้ง	4	0	เหมาะสม
2.3 ยกแบตเตอรี่ออกจากรถยนต์	4	0	เหมาะสม
2.4 เปิดสวิตช์เครื่องประจุและตั้งแรงเคลื่อนให้ถูกต้อง กับแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่	3.50	0.50	เหมาะสม
2.5 เปิดสวิตช์ตัวเติมประจุเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ด้วย ระบบบวกต่อบวกลบต่อลบ	3.60	0.48	เหมาะสม
2.6 ปิดประจุไฟก่อนเลิกการประจุ	4	0	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 แบตเตอรี่มีไฟเต็มความสว่างจำเพาะ 1.260	4	0	เหมาะสม
3.2 วัดอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นแล้วลดอัตราการประจุลง	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.3 ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน	4	0	เหมาะสม
3.4 ประกอบชิ้นแบตเตอรี่ช่วยวักซ์ลูปได้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	3.4	0.80	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	3.7	0.45	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมการประจุแบตเตอรี่แบบช้า (Slow Charging) นั้นจริง ๆ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

1. การเตรียมการ

1.1 แบตเตอรี่อย่างน้อย 1 ลูก	()	มี	()	ไม่มี
1.2 เครื่องตรวจแรงดันไฟฟ้า	()	มี	()	ไม่มี
1.3 ขั้วสายไฟเส้นลบ	()	มี	()	ไม่มี
1.4 ขั้วสายไฟเส้นบวก	()	มี	()	ไม่มี
1.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ	()	มี	()	ไม่มี
1.6 ผ้า	()	มี	()	ไม่มี
1.7 ไขควง	()	มี	()	ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ตรวจสอบความบกพร่องของแบตเตอรี่	()	4	()	3	()	2	()	1
2.2 เช็ดแบตเตอรี่ให้สะอาดและแห้ง	()	4	()	3	()	2	()	1
2.3 ยกแบตเตอรี่ออกจากรถยนต์	()	4	()	3	()	2	()	1
2.4 เปิดสวิตช์เครื่องประจุและตั้งแรงเคลื่อนให้ถูกต้อง กับแรงเคลื่อนของแบตเตอรี่	()	4	()	3	()	2	()	1
2.5 เปิดสวิตช์ตัวเติมประจุเชื่อมต่อกับแบตเตอรี่ด้วย ระบบบวกต่อบวกลบต่อลบ	()	4	()	3	()	2	()	1
2.6 ปิดประจุไฟก่อนเลิกการประจุ	()	4	()	3	()	2	()	1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1	แบตเตอรี่มีไฟเต็มความสว่างจำเพาะ 1.260	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2	วัดอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นแล้วลดอัตราการประจุลง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.3	ติดตั้งแบตเตอรี่ในรถยนต์ได้แน่นไม่หลวมคลอน	() 4	() 3	() 2	() 1
3.4	ประกอบขั้วแบตเตอรี่ขั้วบวกขั้วลบได้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

4. จิตพิสัย

4.1	การทำงานด้วยความตั้งใจ	() 4	() 3	() 2	() 1
4.2	ทำงานตรงต่อเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.3	ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.4	ทำงานตามหลักความปลอดภัย	() 4	() 3	() 2	() 1
4.5	เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	() 4	() 3	() 2	() 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของรถยนต์ไฟฟ้า นักเรียนสามารถวางแผนการจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

ตัวถังรถยนต์ไฟฟ้าต้องมีน้ำหนักเบา เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนได้เร็วมีประสิทธิภาพสูง ไม่ดึงกำลังจากแบตเตอรี่ ทำให้แบตเตอรี่สามารถให้กำลังไปได้ไกลมากขึ้น วัสดุที่นำมาทำตัวถังมีหลายประเภท เช่น เหล็ก อลูมิเนียม อลูมิเนียมอัลลอยด์ ยาง พลาสติก เป็นต้น วัสดุที่นำมาทำตัวถัง นอกจากจะเบาแล้ว ยังต้องมีความแข็งแรง ทนทานต่อการกดทับ บีบเค้น ปลอดภัย ขึ้นรูปง่าย และ ราคาถูก ซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญในการสร้างรถยนต์ไฟฟ้า นอกจากนั้นการออกแบบเพื่อวางตำแหน่งส่วนประกอบที่สามารถทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวัสดุที่นำมาทำตัวถังรถยนต์ไฟฟ้า การวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ไฟฟ้ามุ่งลดการสูญเสีย Power และ Energy ที่ถ่ายทอดจากอุปกรณ์การขับเคลื่อน เพื่อให้รถยนต์ไฟฟ้าใช้พลังงานได้อย่างเต็มที่

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งเป็นกระดานแข็งที่เขียนชื่อส่วนประกอบของรถยนต์ไฟฟ้า ประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สามารถทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้เช่น Front Battery Box, Alternater Controller, Alternator, Combustion Engine, Electric Motor, Motor Power Electric, 4:1 Planetary Reduction, Chain Reduction/Differential, Motor Contrller, Vehicle Contrller, Rechargers, Spare Tire, Rear Battery Box. และ กำหนดแบบแผนทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมา 1 รูป เพื่อให้นักศึกษาได้นำกระดานแข็งที่เขียนชื่อส่วนประกอบวางลงในแผนภาพทางกายภาพ

2.3 ขอบเขต

วางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ ใช้เวลาในการปฏิบัติ

30 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แผนภาพทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า 1 ภาพ

3.1.3.2 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Front Battery Box

3.1.3.3 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternator Controller

3.1.3.4 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternator

3.1.3.5 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Combustion Engine

3.1.3.6 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Electric Motor

3.1.3.7 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Power Electric

3.1.3.8 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป 4:1 Planetary Reduction

3.1.3.9 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Chain Reduction/

Differential

3.1.3.10 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Controller

3.1.3.11 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Vehicle Controller

3.1.3.12 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rechargers

3.1.3.13 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Spare Tire

3.1.3.14 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rear Battery Box

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครุสังเกตุ การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตนิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผัง
ตัวถังรถยนต์

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 แผนภาพทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า 1 ภาพ	4	0	เหมาะสม
1.2 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Front Battery Box	4	0	เหมาะสม
1.3 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternator Controller	4	0	เหมาะสม
1.4 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternator	4	0	เหมาะสม
1.5 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Combustion Engine	4	0	เหมาะสม
1.6 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Electric Motor	4	0	เหมาะสม
1.7 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Power Electric	4	0	เหมาะสม
1.8 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป 4:1 Planetary Reduction	4	0	เหมาะสม
1.9 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Chain Reduction/ Differential	4	0	เหมาะสม
1.10 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Controller	4	0	เหมาะสม
1.11 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Vehicle Controller	4	0	เหมาะสม
1.12 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rechargers	4	0	เหมาะสม
1.13 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Spare Tire	4	0	เหมาะสม
1.14 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rear Battery Box	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 อ่านแบบแผนทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า	4	0	เหมาะสม
2.2 เขียนหมายเลขในตำแหน่งที่จะวางแผนภาพ	4	0	เหมาะสม
2.3 วาดรูปภาพลงในตำแหน่งตามแผนภาพ	4	0	เหมาะสม
2.4 ให้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้ว	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 อ่านแบบแผนทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง	3.9	0.50	เหมาะสม
3.2 เขียนหมายเลขในตำแหน่งที่จะวางแผนภาพได้ถูกต้อง	3.9	0.50	เหมาะสม
3.3 วาดรูปภาพลงในตำแหน่งตามแผนภาพได้ถูกต้อง	3.90	0.50	เหมาะสม
3.4 ใช้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้วได้ถูกต้อง	3.90	0.50	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	3.5	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	3.9	0.50	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมการวางแผนจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์นั้นจริง ๆ

1. การเตรียมการ

1.1 แผนภาพทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า 1 ภาพ	() มี () ไม่มี
1.2 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Front Battery Box	() มี () ไม่มี
1.3 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternater Controller	() มี () ไม่มี
1.4 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Alternator	() มี () ไม่มี
1.5 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Combustion Engine	() มี () ไม่มี
1.6 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Electric Motor	() มี () ไม่มี
1.7 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Power Electric	() มี () ไม่มี
1.8 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป 4:1 Planetary Reduction	() มี () ไม่มี
1.9 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Chain Reduction/ Differential	() มี () ไม่มี
1.10 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Motor Contrller	() มี () ไม่มี
1.11 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Vehicle Contrller	() มี () ไม่มี
1.12 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rechargers	() มี () ไม่มี
1.13 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Spare Tire	() มี () ไม่มี
1.14 กระดาษแข็งตัดเป็นรูป Rear Battery Box	() มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 อ่านแบบแผนทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า	() 4 () 3 () 2 () 1
2.2 เขียนหมายเลขในตำแหน่งที่จะวางแผนภาพ	() 4 () 3 () 2 () 1
2.3 วาดรูปภาพลงในตำแหน่งตามแผนภาพ	() 4 () 3 () 2 () 1
2.4 ใช้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้ว	() 4 () 3 () 2 () 1

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 อ่านแบบแผนทางกายภาพของรถยนต์ไฟฟ้า

ได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

3.2 เขียนหมายเลขในตำแหน่งที่จะวางแผนภาพ

ได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

3.3 วางรูปภาพลงในตำแหน่งตามแผนภาพได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

3.4 ใช้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้ว

ได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ () 4 () 3 () 2 () 1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา () 4 () 3 () 2 () 1

4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา () 4 () 3 () 2 () 1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย () 4 () 3 () 2 () 1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ () 4 () 3 () 2 () 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ซึ่งเป็นระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า นักเรียนสามารถวางแผนการจัดอุปกรณ์ลงในแผนผังระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง อุปกรณ์แบ่งกำลังในระบบควบคุมกำลังจะทำหน้าที่จัดสรรกำลังขับเคลื่อนที่มาจากเครื่องยนต์ไปยังล้อโดยตรงหรือไปยังเอนเออเรเตอร์ ในเวลาเดียวกันเครื่องยนต์จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติ เพื่อรักษาอัตรารอบให้ได้ระยะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นหลังการขับเคลื่อนทั้งมาจากเครื่องยนต์ และมาจากมอเตอร์จึงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับจังหวะการขับขี่ การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่เมื่อเร่งความเร็วรถเต็มที่หลังงานจะถูกจ่ายออกจากแบตเตอรี่เพื่อเพิ่มพลังขับเคลื่อนให้กับรถยนต์ การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำหรือเบรค เมื่อลดความเร็วลงและเบรค พลังงานจลน์จากล้อจะถูกส่งผ่านไปยังมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่เป็นเอนเออเรเตอร์ แปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และเพื่อให้การชาร์จไฟเป็นไปอย่างสม่ำเสมอแบตเตอรี่จะทำหน้าที่รับพลังงานทั้งที่ชาร์จจากมอเตอร์ไฟฟ้าและพลังงานที่ถูกมอเตอร์ไฟฟ้า แปลงมาจากพลังงานจลน์มาเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ไม่จำเป็นต้องชาร์จแบตเตอรี่จากภายนอก ระบบการทำงานภายในรถยนต์ เริ่มจากช่วงหยุดและช่วงเบรคเครื่องเมื่อเครื่องยนต์อยู่ในระดับความเร็วรอบต่ำ ระหว่างที่รถชะลอความเร็วลงจนหยุดนิ่ง เมื่อลดความเร็วลงจนต่ำสุด หรือค่อย ๆ ลดความเร็วลง เชื้อเพลิงจะถูกตัดเครื่องยนต์จะหยุดทำงานแล้วมอเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนตัวรถแทน การชาร์จแบตเตอรี่ แบตเตอรี่จะถูกกำหนดให้รักษาอัตราการชาร์จไฟไว้ให้คงที่เมื่ออัตราการชาร์จไฟต่ำ เอนเออเรเตอร์ไฟฟ้าจะทำหน้าที่ส่งกำลังชาร์จแบตเตอรี่แทน เมื่อหยุดหรือเบรคเครื่องยนต์จะหยุดทำงานโดยอัตโนมัติ

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งเป็นแผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ลงบนกระดาษแข็งซึ่งประกอบไปด้วย ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบที่สามารถทำให้รถยนต์ไฟฟ้าทำงานได้เช่น ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่ การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ และเบรค ระบบการทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วงหยุดและเบาเครื่อง การทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งด้วยความเร็วปกติ และการชาร์จแบตเตอรี่ และ กำหนดหัวลูกศรหนาและบางแทนพลังงานและการไหลของสัญญาณขึ้นมาให้นักศึกษาได้ลากเส้นที่เป็นกำลังเครื่องยนต์ (Power path) และกำลังไฟฟ้า (Electricity path)

2.3 ขอบเขต

วางแผนจัดอุปกรณ์ซึ่งเป็นระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ลงในแผนผัง

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาวางแผนจัดอุปกรณ์ซึ่งเป็นระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ลงในแผนผัง ใช้เวลาในการปฏิบัติ 30 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แผนภาพระบบส่งกำลังเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพการขับเคลื่อนสูง

3.1.3.2 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่

3.1.3.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำและเบรค

3.1.3.4 แผนภาพระบบการทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วงหยุด
และเขาเครื่อง

3.1.3.5 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งด้วยความ
เร็วปกติ

3.1.3.6 แผนภาพการชาร์จแบตเตอรี่

3.2 หมายเหตุ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครุสังเกตุ การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 แผนภาพระบบส่งกำลังเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพ			
การขับเคลื่อนสูง	4	0	เหมาะสม
1.2 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่	4	0	เหมาะสม
1.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ			
และเบรก	4	0	เหมาะสม
1.4 แผนภาพระบบการทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วงหยุด			
และเขาคู่มือ	4	0	เหมาะสม
1.5 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งด้วยความ			
เร็วปกติ	4	0	เหมาะสม
1.6 แผนภาพการชาร์จแบตเตอรี่	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 อ่านแบบแผนระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า	4	0	เหมาะสม
2.2 เขียนเส้นที่เป็นกำลังเครื่องยนต์ (Power path)			
และกำลังไฟฟ้า (Electricity path)	4	0	เหมาะสม
2.3 อธิบายแผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์	4	0	เหมาะสม
2.4 ใช้เข็มหมุดติดลงบนพลังงานคอนเวอร์เตอร์	4	0	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 อ่านแบบแผนระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าได้ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.2 เขียนเส้นที่เป็นกำลังเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้าได้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 อธิบายแผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์ได้ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.4 ใช้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้วได้ถูกต้อง	3.50	0.50	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	X	S.D.	ความหมาย
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า

1. การเตรียมการ

1.1 แผนภาพระบบส่งกำลังเครื่องยนต์ที่ให้ประสิทธิภาพ

การขับเคลื่อนสูง () มี () ไม่มี

1.2 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งเต็มที่ () มี () ไม่มี

1.3 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อลดความเร็วลงต่ำ
และเบรค () มี () ไม่มี

1.4 แผนภาพระบบการทำงานภายในรถยนต์เริ่มจากช่วงหยุด
และเบาเครื่อง () มี () ไม่มี

1.5 แผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์เมื่อเร่งด้วยความ
เร็วปกติ () มี () ไม่มี

1.6 แผนภาพการชาร์จแบตเตอรี่ () มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 อ่านแบบแผนระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า () 4 () 3 () 2 () 1

2.2 เขียนเส้นที่เป็นกำลังเครื่องยนต์ (Power path)
และกำลังไฟฟ้า (Electricity path) () 4 () 3 () 2 () 1

2.3 อธิบายแผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์ () 4 () 3 () 2 () 1

2.4 ใช้เข็มหมุดติดลงบนพลังงานคอนเวอร์เตอร์ () 4 () 3 () 2 () 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 อ่านแบบแผนระบบการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า
ได้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.2 เขียนเส้นที่เป็นกำลังเครื่องยนต์และกำลังไฟฟ้า

ได้ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.3 อธิบายแผนภาพการทำงานของเครื่องยนต์

ได้ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.4 ใช้เข็มหมุดติดลงในภาพที่วางตำแหน่งไว้แล้ว

ได้ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ ()4 ()3 ()2 ()1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย ()4 ()3 ()2 ()1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ ()4 ()3 ()2 ()1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า นักเรียนสามารถปฏิบัติงานควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

มอเตอร์ขับเคลื่อน ต้นกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนในรถยนต์ไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิดคือ มอเตอร์กระแสตรง และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะถูกควบคุมด้วยกลองควบคุมที่มีความละเอียดอ่อน สามารถปรับปริมาณไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ เข้าสู่มอเตอร์ให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพสูงสุด กลองควบคุมยังควบคุมการอัดประจุเข้าในแบตเตอรี่ป้องกันการประจุไฟฟ้าเกินและไม่ให้เกิดการระเบิดของแบตเตอรี่ด้วย

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย Circuit Breaker 10, 15, 30 แอมแปร์, สายไฟฟ้า 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 มม.², Capacitor Motor 1.5 kw 220 V, สวิตช์ตัดตอน, มัลติมิเตอร์.

2.3 ขอบเขต

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า ใช้เวลาในการปฏิบัติ 30 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 Circuit Breaker 10,15,30 แอมแปร์

3.1.3.2 สายไฟฟ้า 0.5,1.0,1.5,2.5 มม.²

3.1.3.3 Capacitor Motor 1.5 kw 220 V

3.1.3.4 สวิตช์ตัดตอน

3.1.3.5 มัลติมิเตอร์

3.2 วัตถุประสงค์

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครุสังเกตุ การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 Circuit Breaker 10,15,30 แอมแปร์	4	0	เหมาะสม
1.2 สายไฟฟ้า 0.5,1.0,1.5,2.5 มม. ²	4	0	เหมาะสม
1.3 Capacitor Motor 1.5 kw 220 V	4	0	เหมาะสม
1.4 สวิตช์ตัดตอน	4	0	เหมาะสม
1.5 มัลติมิเตอร์	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 เลือก Circuit Breaker แล้วติดตั้ง	4	0	เหมาะสม
2.2 ป้อนสายไฟเข้ามอเตอร์	3.5	0	เหมาะสม
2.3 เข้าขั้วมอเตอร์ให้หมุนตามเข็มนาฬิกา	4	0	เหมาะสม
2.4 เชื่อมสายเข้าสวิตช์ตัดตอน	4	0	เหมาะสม
2.5 เข้าขั้วมอเตอร์ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา	4	0	เหมาะสม
2.6 ปิดเปิดวงจรให้มอเตอร์ทำงาน	3.9	0.30	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 เข้าสายไฟฟ้ากับมอเตอร์ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.2 เชื่อมสายไฟเข้าสวิตช์ตัดตอนถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 มอเตอร์หมุนทั้งทวนและตามเข็มนาฬิกา	4	0	เหมาะสม
3.4 มีกระแสไฟขณะเริ่มและหมุนปกติ	3.90	0.30	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ขึ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	3.5	0.50	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	3.9	0.30	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

1. การเตรียมการ

1.1 Circuit Breaker 10,15,30 แอมแปร์	()	มี	()	ไม่มี
1.2 สายไฟฟ้า 0.5,1.0,1.5,2.5 มม. ²	()	มี	()	ไม่มี
1.3 Capacitor Motor 1.5 kw 220 V	()	มี	()	ไม่มี
1.4 สวิตช์ตัดตอน	()	มี	()	ไม่มี
1.5 มัลติมิเตอร์	()	มี	()	ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 เลือก Circuit Breaker แล้วติดตั้ง	()	4	()	3	()	2	()	1
2.2 ป้อนสายไฟเข้ามอเตอร์	()	4	()	3	()	2	()	1
2.3 เข้าขั้วมอเตอร์ให้หมุนตามเข็มนาฬิกา	()	4	()	3	()	2	()	1
2.4 เชื่อมสายเข้าสวิตช์ตัดตอน	()	4	()	3	()	2	()	1
2.5 เข้าขั้วมอเตอร์ให้หมุนทวนเข็มนาฬิกา	()	4	()	3	()	2	()	1
2.6 ปิดเปิดวงจรให้มอเตอร์ทำงาน	()	4	()	3	()	2	()	1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 เข้าสายไฟฟ้ากับมอเตอร์ถูกต้อง	()	4	()	3	()	2	()	1
3.2 เชื่อมสายไฟเข้าสวิตช์ตัดตอนถูกต้อง	()	4	()	3	()	2	()	1
3.3 มอเตอร์หมุนทั้งทวนและตามเข็มนาฬิกา	()	4	()	3	()	2	()	1
3.4 มีกระแสไฟขณะเริ่มและหมุนปกติ	()	4	()	3	()	2	()	1

การประเมินผลการปฏิบัติงาน

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	() 4	() 3	() 2	() 1
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	() 4	() 3	() 2	() 1
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	() 4	() 3	() 2	() 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การนำกฎของโอห์มไปใช้งาน

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเกี่ยวกับกฎของโอห์ม มาให้นักเรียนสามารถนำกฎของโอห์มไปใช้งานได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

กฎของโอห์มกล่าวถึงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าไว้ว่า ค่าความต้านทาน 1 โอห์ม สามารถต้านทานให้กระแสไหลในวงจรไฟฟ้าได้ 1 แอมแปร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้าของวงจรมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 1 โวลต์

แรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า = _____

ความต้านทาน

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันไฟฟ้าตามกฎของโอห์ม

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการนำกฎของโอห์มไปใช้งาน เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

3.1.3.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว

3.1.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 หมายเหตุ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การนำกฎของโอห์มไปใช้งาน

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์			
ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป	4	0	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจร	3.9	0.30	เหมาะสม
2.3 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเท่ากับศูนย์โวลต์	3.5	0	เหมาะสม
2.4 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากศูนย์โวลต์ให้เท่ากับ 1 โวลต์ อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์	4	0	เหมาะสม
2.5 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 2, 4, 3, 4 และ 5 โวลต์ตามลำดับ	4	0	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
2.3 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเท่ากับศูนย์โวลต์ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
2.4 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากศูนย์โวลต์ให้เท่ากับ 1 โวลต์ อ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์			
ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
2.5 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้มีค่าเท่ากับ 2			
3, 4 และ 5 โวลต์ ถูกต้อง	3.90	0.30	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	3.5	0.50	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	3.9	0.30	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การนำกฎของโอห์มไปใช้งาน

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของการนำกฎของโอห์มไปใช้งาน

1. การเตรียมการ

- 1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์
- ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- 1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด () มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

- 2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.2 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจร () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.3 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า
เท่ากับศูนย์โวลต์ () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.4 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า
จากศูนย์โวลต์ให้เท่ากับ 1 โวลต์ อ่านค่า
กระแสไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์ () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.5 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้
มีค่าเท่ากับ 2, 3, 4 และ 5 โวลต์ () 4 () 3 () 2 () 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.2 ตรวจสอบวงจรถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.3 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า

เท่ากับศูนย์โวลต์ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.4 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าจาก

ศูนย์โวลต์ให้เท่ากับ 1 โวลต์ อ่านค่ากระแส

ไฟฟ้าที่แอมมิเตอร์ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.5 ปรับค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้

มีค่าเท่ากับ 23, 4 และ 5 โวลต์ ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ ()4 ()3 ()2 ()1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย ()4 ()3 ()2 ()1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ ()4 ()3 ()2 ()1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรกระแสตรงแบบขนานมาให้ นักเรียนสามารถต่อวงจรกระแสตรงแบบขนานได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากัน และมีเพียงค่าเดียวเท่านั้น ถ้าความต้านทานรวมในวงจรขนานคือ R_t จะได้ว่า $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$ ค่ากระแสไฟฟ้าในอนุกรมคำนวณได้จากสมการ

แรงดันไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า = _____

ความต้านทาน

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการการต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน
เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

3.1.3.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว

3.1.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตินสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบอนุกรม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์			
ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปแต่ยังไม่ต้องปิดสวิตช์	4	0	เหมาะสม
2.2 คำนวณค่าความต้านทานรวม	4	0	เหมาะสม
2.3 ใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทานรวมของวงจร	3.9	0.30	เหมาะสม
2.4 หาความแตกต่างในรู้อยู่ของค่าความผิดพลาด	3.9	0.30	เหมาะสม
2.5 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมโดยใช้กฎของโอห์ม	3.8	0.40	เหมาะสม
2.6 ใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา และวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ ผ่าน ความต้านทานตัวที่ 1,2 และ 3	4	0	เหมาะสม
2.7 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1,2,3	3.8	0.40	เหมาะสม
2.8 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1,2,3	3.9	0.30	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 คำนวณค่าความต้านทานรวมถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 วัดความต้านทานรวมของวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.4 หาความแตกต่างในรูปร้อยละของค่าความผิดพลาด ถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
3.5 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมโดยใช้กฎของโอห์ม ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.6 ใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา และวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ ผ่าน ความต้านทานตัวที่ 1,2 และ 3 ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.7 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1,2,3 ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.8 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1,2,3 ถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
4. จิตินิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบอนุกรม

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของการต่อวงจรกระแสตรงแบบอนุกรม

1. การเตรียมการ

- 1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์
- ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- 1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด () มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

- 2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปแต่ยังไม่ต้องปิดสวิตช์ () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.2 คำนวณค่าความต้านทานรวม () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.3 ใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทานรวมของวงจร () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.4 หาความแตกต่างในปร้อยลขของค่าความ
ผิดพลาด () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.5 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมโดยใช้กฎของโอห์ม () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.6 ใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง วัดค่ากระแส
ไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา และวัดค่า
กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ความต้านทานตัวที่ 1, 2 , 3 () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.7 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 () 4 () 3 () 2 () 1

2.8 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ตัวที่ 1,2,3	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.2 คำนวณค่าความต้านทานรวมถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.3 วัดความต้านทานรวมของวงจรถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.4 หาความแตกต่างในรูปร้อยละของค่าความ ผิดพลาดถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.5 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้ารวมโดยใช้กฎ ของโอห์มถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.6 ใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง วัดค่ากระแส ไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา และวัดค่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน ความต้านทานตัวที่ 1,2 และ 3 ถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.7 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัว ที่ 1,2,3 ถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

3.8 ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ตัวที่ 1,2,3 ถูกต้อง	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรกระแสตรงแบบขนานมาให้ นักเรียนสามารถต่อวงจรกระแสตรงแบบขนานได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้าแบบขนานเป็นกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากัน และมีเพียงค่าเดียวเท่านั้น ถ้าความต้านทานรวมในวงจรขนาน คือ R_x จะได้ว่า $1/R_x = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$ แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจรเท่ากัน และแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจร V หรือ $E = V_{R_1} = V_{R_2}$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรขนานรวมกัน เท่ากับกระแสรวมที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรจ่ายออกมา จากกฎของโอห์ม $I_1 = E/R_1$, $I_2 = E/R_2$ และ $I_T = I = I_1 + I_2$,
 $I = E/R_1 + E/R_2$ หรือ $I = E(1/R_1 + 1/R_2)$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการการต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

3.1.3.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว

3.1.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์			
ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าขนานดังรูป	4	0	เหมาะสม
2.2 คำนวณกระแสไฟฟ้าในวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3	3.8	0.40	เหมาะสม
2.4 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 1, 2, 3 ใช้กฎของโอห์ม	3.8	0.40	เหมาะสม
2.5 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร	4	0	เหมาะสม
2.6 วัดค่ากระแสไฟฟ้ารวม, 1, 2, 3	4	0	เหมาะสม
2.7 คำนวณค่าความผิดพลาดของกระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้กับ ที่วัดได้เป็นร้อยละ	4	0	เหมาะสม
2.8 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3	3.8	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต้องวงจรไฟฟ้าขนานตามรูปที่กำหนดให้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 คำนวณกระแสไฟฟ้าในวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.4 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 1, 2, 3 ใช้กฎของโอห์มถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.5 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.6 วัดค่ากระแสไฟฟ้ารวม, 1, 2, 3 ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.7 คำนวณค่าความผิดพลาดของกระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้กับ ที่วัดได้เป็นร้อยละ ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.8 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของการต่อวงจรกระแสตรงแบบขนาน

1. การเตรียมการ

- 1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์
- ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- ค่า 220 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี
- 1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี
- 1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด () มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

- 2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าขนานดังรูป () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.2 คำนวณกระแสไฟฟ้าในวงจร () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.4 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน
- 1, 2, 3 ใช้กฎของโอห์ม () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.5 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.6 วัดค่ากระแสไฟฟ้ารวม, 1, 2, 3 () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.7 คำนวณค่าความผิดพลาดของกระแสไฟฟ้าที่คำนวณ
- ได้กับที่วัดได้เป็นร้อยละ () 4 () 3 () 2 () 1
- 2.8 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 () 4 () 3 () 2 () 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

- 3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าขนานตามรูปที่กำหนดให้ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.2 คำนวณกระแสไฟฟ้าในวงจรถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3
ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.4 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน
1, 2, 3 ใช้กฎของโอห์มถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.5 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจรถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.6 วัดค่ากระแสไฟฟ้ารวม, 1, 2, 3 ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.7 คำนวณค่าความผิดพลาดของกระแสไฟฟ้าที่คำนวณ
ได้กับที่วัดได้เป็นร้อยละ ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.8 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3
ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

4. จิตนิสัย

- 4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.2 ทำงานตรงต่อเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ () 4 () 3 () 2 () 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรกระแสตรงแบบผสมมาให้ นักเรียนสามารถต่อวงจรกระแสตรงแบบผสมได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้าแบบผสมเป็นวงจรที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นขนาน และอนุกรมของตัวต้านทานอยู่ในวงจรเดียวกันการคำนวณ ค่าความต้านทานรวม ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร และแรงดันตกคร่อมส่วนต่าง ๆ ของวงจร คำนวณได้จาก 1) วงจรไฟฟ้าแบบผสมที่เป็น

Series-Parallel จะได้ $I_1 = I_2 + I_3$, $R_{23} = R_2 \times R_3 / R_2 + R_3$

$$R_T = R_1 + R_{23}$$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 2 ตัว ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

การต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการการต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง

3.1.3.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 100 โอห์ม 2 ตัว

ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว

3.1.3.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 nderสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครุสังเกศ การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์			
ค่า 100 โอห์ม 2 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป	4	0	เหมาะสม
2.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ย่านวัด			
10 โวลต์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 , R_2 , R_3	4	0	เหมาะสม
2.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อม R_2 และ R_3	3.9	0.30	เหมาะสม
2.4 หาค่าแรงดันตกคร่อม R_1 ที่วัดได้บวกกับแรงดันตกคร่อม R_2 หรือ R_3	3.8	0.40	เหมาะสม
2.5 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ย่านวัด			
25 mA วัดกระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 , และ I_3			
โดยต่อมิเตอร์ในตำแหน่งที่กระแสไหลผ่าน	4	0	เหมาะสม
2.6 เปรียบเทียบค่ากระแส $I_2 + I_3$ กับ I_1	3.5	0.50	เหมาะสม
2.7 คำนวณหาค่าความต้านทานรวม	3.5	0.50	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ย่านวัด			
10 โวลต์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 R_2 R_3 ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อม R_2 และ R_3 ถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
3.4 หาค่าแรงดันตกคร่อม R_1 ที่วัดได้บวกกับแรงดันตกคร่อม			
R_2 หรือ R_3 ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.5 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ย่านวัด			
25 mA วัดกระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 , และ I_3			
โดยต่อมิเตอร์ในตำแหน่งที่กระแสไหลผ่านถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.6 เปรียบเทียบค่ากระแส $I_2 + I_3$ กับ I_1 ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.7 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้แสดงพฤติกรรมของการต่อวงจรกระแสตรงแบบผสม

1. การเตรียมการ

1.1 มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี

1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์

ค่า 100 โอห์ม 2 ตัว () มี () ไม่มี

ค่า 200 โอห์ม 1 ตัว () มี () ไม่มี

1.3 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง () มี () ไม่มี

1.4 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด () มี () ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป () 4 () 3 () 2 () 1

2.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ที่ย่านวัด 10 โวลต์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม

R_1 , R_2 , R_3 () 4 () 3 () 2 () 1

2.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อม R_2 และ R_3 () 4 () 3 () 2 () 1

2.4 หาค่าแรงดันตกคร่อม R_1 ที่วัดได้บวกกับแรงดัน

ตกคร่อม R_2 หรือ R_3 () 4 () 3 () 2 () 1

2.5 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่

ย่านวัด 25 mA วัดกระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 และ

I_3 โดยต่อมิเตอร์ในตำแหน่งที่กระแสไหลผ่าน () 4 () 3 () 2 () 1

2.6 เปรียบเทียบค่ากระแส $I_2 + I_3$ กับ I_1 () 4 () 3 () 2 () 1

2.7 คำนวณหาค่าความต้านทานรวม () 4 () 3 () 2 () 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

- 3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
ที่ย่านวัด 10 โวลต์ วัดค่าแรงดันไฟฟ้า
ตกคร่อม R_1 , R_2 , R_3 ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.3 คำนวณค่าแรงดันตกคร่อม R_2 และ R_3 ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.4 หาค่าแรงดันตกคร่อม R_1 ที่วัดได้ชวกับแรงดัน
ตกคร่อม R_2 หรือ R_3 ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.5 ใช้มัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรง
ที่ย่านวัด 25 mA วัดกระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 ,
และ I_3 โดยต่อมิเตอร์ในตำแหน่งที่กระแส
ไหลผ่านถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.6 เปรียบเทียบค่ากระแส $I_2 + I_3$ กับ I_1
ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1
- 3.7 คำนวณหาค่าความต้านทานรวมถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

4. จิตนิสัย

- 4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.2 ทำงานตรงต่อเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย () 4 () 3 () 2 () 1
- 4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ () 4 () 3 () 2 () 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่ากำลังไฟฟ้ากระแสตรงมาให้ นักเรียนสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสตรงได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงค่าของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับภาระไฟฟ้าในวงจรใด ๆ มีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านภาระไฟฟ้านั้นยกกำลังสองคูณกับค่าความต้านทานของภาระไฟฟ้า ดังสมการ

$$P = I^2 \times R \quad (P=\text{กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์})$$

$$\text{หรือ} \quad P = V^2/R \quad \text{และ} \quad P = I \times V$$

การหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนานและอนุกรม กำลังไฟฟารวม(P_T)ที่เกิดขึ้น คือผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับภาระไฟฟ้าแต่ละตัวรวมกัน ดังสมการ

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 10 โอห์ม 1 ตัว ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว และค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว หลอดไฟขนาด 12 โวลต์ 2 วัตต์ 1 หลอด แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

การต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ ปรับค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเท่ากับ 0 โวลต์ ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 1

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการการต่อวงจรกระแสตรงแบบอนุกรม

เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง

3.1.3.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์ ค่า 10 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว

ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว

3.1.3.3 หลอดไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 2 วัตต์ 1 หลอด

3.1.3.4 แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.5 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียมการปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์			
ค่า 10 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.3 หลอดไฟขนาด 12 โวลต์ 2 วัตต์			
1.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.5 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่กำหนดให้และปรับค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 0 โวลต์	4	0	เหมาะสม
2.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรง ที่ย่านวัด 250 mA ต่อในวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ ย่านวัด 50 V ต่อวัดแรงดันตกคร่อมหลอดไฟฟ้า (V_L)	3.5	0.50	เหมาะสม
2.4 ปิดสวิตช์ S_T ปรับแรงดันของแหล่งจ่าย V_T ตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 V และอ่านค่ากระแสที่ผ่านแอมมิเตอร์ 3.5 และค่าแรงดัน V_L บันทึกค่ากระแสและแรงดันลงในตาราง	3.5	0.50	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
2.5 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดกับหลอดไฟฟ้า (P_L)	4	0	เหมาะสม
2.6 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟฟ้าและค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟฟ้า เมื่อแรงดันแหล่งจ่ายมีค่า 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 V ตามลำดับ	3.5	0.50	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ท่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่กำหนดให้และปรับค่าแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 0 โวลต์ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรงที่ย่านวัด 250 mA ต่อในวงจร ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ย่านวัด 50 V ต่อวัดแรงดันตกคร่อมหลอดไฟฟ้า (V_L) ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.4 ปิดสวิตช์ S_T ปรับแรงดันของแหล่งจ่าย V_T ตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 V และอ่านค่ากระแสที่ผ่านแอมมิเตอร์ และค่าแรงดัน V_L บันทึกค่ากระแสและแรงดันลงในตารางถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.5 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดกับหลอดไฟฟ้า (P_L) ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.6 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟฟ้า เมื่อแรงดันแหล่งจ่าย มีค่า 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 V ตามลำดับ ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชำนาญเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของ กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

1. การเตรียมการ

1.1 มัลติมิเตอร์ 2 เครื่อง	()	มี	()	ไม่มี
1.2 ตัวต้านทานขนาด 5 วัตต์				
ค่า 10 โอห์ม 1 ตัว	()	มี	()	ไม่มี
ค่า 100 โอห์ม 1 ตัว	()	มี	()	ไม่มี
ค่า 1 กิโลโอห์ม 1 ตัว	()	มี	()	ไม่มี
1.3 หลอดไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 2 วัตต์	()	มี	()	ไม่มี
1.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับได้ 0-30 โวลต์ 1 เครื่อง	()	มี	()	ไม่มี
1.5 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	()	มี	()	ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่กำหนดให้และปรับค่า				
แรงดันของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 0 โวลต์	()	4	()	3
	()	2	()	1
2.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรง				
ที่ย่านวัด 250 mA ต่อในวงจร	()	4	()	3
	()	2	()	1
2.3 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้า				
กระแสตรงที่ย่านวัด 50 V ต่อวัดแรงดันตกคร่อม				
หลอดไฟฟ้า (V_L)	()	4	()	3
	()	2	()	1
2.4 ปิดสวิตช์ S_T ปรับแรงดันของแหล่งจ่าย V_T				
ตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 V และอ่านค่า				
กระแสที่ผ่านแอมมิเตอร์ และค่าแรงดัน V_L				
บันทึกค่ากระแสและแรงดันลงในตาราง	()	4	()	3
	()	2	()	1

2.5 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดกับหลอดไฟฟ้า (P_L) ()4 ()3 ()2 ()1

2.6 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟฟ้า และ

ค่าแรงดัน ()4 ()3 ()2 ()1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่กำหนดให้และปรับค่า

แรงดันของแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ 0 โวลต์ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.2 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 1 ตั้งย่านวัดกระแสไฟตรง

ที่ย่านวัด 250 mA ต่อในวงจร ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.3 ใช้มัลติมิเตอร์ตัวที่ 2 ตั้งย่านวัดแรงดันไฟฟ้า

กระแสตรงที่ย่านวัด 50 V ต่อวัดแรงดันตกคร่อม

หลอดไฟฟ้า (V_L) ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.4 ปิดสวิตช์ S_T ปรับแรงดันของแหล่งจ่าย V_T

ตั้งแต่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 V และอ่านค่า

กระแสที่ผ่านแอมมิเตอร์ และค่าแรงดัน V_L

บันทึกค่ากระแสและแรงดันลงในตารางถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.5 คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดกับหลอดไฟฟ้า (P_L)

ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.6 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟฟ้า และ ()4 ()3 ()2 ()1

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดไฟฟ้า เมื่อแรงดัน

แหล่งจ่าย มีค่า 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 V

ตามลำดับ ถูกต้อง

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	(	)4	(	)3	(	)2	(	)1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง ท้าวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับมาให้ นักเรียนสามารถต่อตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้าสลับที่ประกอบด้วยค่าความต้านทานเพียงค่าเดียว ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์ และค่าความต้านทาน โดยมีกระแสที่ไหลในวงจรนั้นจะเกิดการอินเฟสกับแรงดัน ที่จ่ายให้กับวงจร

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง จัดอุปกรณ์ซึ่งประกอบไปด้วย ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง ค่าความต้านทาน ขนาด 100 โอห์ม 1 ตัว สายต่อวงจร

2.3 ขอบเขต

ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง

3.1.3.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.5 ค่าความต้านทาน ขนาด 100 โอห์ม 1 ตัว

3.1.3.6 สายต่อวงจร

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตนิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.5 ค่าความต้านทาน ขนาด 100 โอห์ม 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.6 สายต่อวงจร	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป	4	0	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 mA โวลต์มิเตอร์ 30 V และวัตต์มิเตอร์ 24 V 1 A	3.8	0.40	เหมาะสม
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ แรงดันที่ 12 V	3.9	0.30	เหมาะสม
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ	3.8	0.40	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 mA โวลต์มิเตอร์ 30 V และวัตต์มิเตอร์ 24 V 1 A ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ แรงดันที่ 12 V ถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ	3.8	0.40	เหมาะสม
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ท้าวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของ ท้าวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. การเตรียมการ

1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.5 ค่าความต้านทาน ขนาด 100 โอห์ม 1 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.6 สายต่อวงจร	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูป	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 mA โวลต์มิเตอร์ 30 V และวัตต์มิเตอร์ 24 V 1 A	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ แรงดันที่ 12 V	() 4	() 3	() 2	() 1
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 mA โวลต์มิเตอร์ 30 V และวัตต์มิเตอร์ 24 V 1 A ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ

แรงดันที่ 12 V ถูกต้อง () 4 () 3 () 2 () 1

3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัดต่าง ๆ () 4 () 3 () 2 () 1

4. จิตนิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ () 4 () 3 () 2 () 1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา () 4 () 3 () 2 () 1

4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา () 4 () 3 () 2 () 1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย () 4 () 3 () 2 () 1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ () 4 () 3 () 2 () 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง ตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อตัวเหนี่ยวนำวงจรไฟฟ้ากระแสสลับมาให้ นักเรียนสามารถหาค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

วงจรไฟฟ้าสลับที่ประกอบด้วยค่าเหนี่ยวนำเพียงค่าเดียว ซึ่งจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์ และค่าเหนี่ยวนำ โดยจะมีกระแสที่ไหลในวงจรนั้นจะเกิดล้าหลังกับแรงดัน V_L ที่จ่ายให้กับวงจร อยู่เป็นมุม 90 องศา

ค่าของตัวเหนี่ยวนำ (L) ในไฟฟ้ากระแสสลับ (Inductive Reactance, X_L)

$$X_L = 2 \pi f L$$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1000 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง ค่าตัวเหนี่ยวนำ (L) 30 มิลลิเฮนรี่ 0.8 แอมป์ 1 ตัว สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

ตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง

3.1.3.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1000 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.5 ค่าตัวเหนี่ยวนำ (L) 30 มิลลิเฮนรี่ 0.8 แอมป์ 1 ตัว

3.1.3.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 หมายเหตุ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1000 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.5 ค่าตัวเหนี่ยวนำ(L) 30 มิลลิเฮนรี่ 0.8 แอมป์ 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	4	0	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	3.9	0.30	เหมาะสม
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 1 แอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์ และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์	4	0	เหมาะสม
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดัน ที่ 12 โวลต์	4	0	เหมาะสม
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	3.8	0.40	เหมาะสม
2.6 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ	3.5	0.50	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 1 แอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์ และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์ ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดัน ที่ 12 โวลต์ ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.6 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำ ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง ตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. การเตรียมการ

1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1000 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.5 ค่าตัวเหนี่ยวนำ(L) 30 มิลลิเฮนรี่ 0.8 แอมป์ 1 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 1 แอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ แรงดันที่ 12 โวลต์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	() 4	() 3	() 2	() 1
2.6 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 1 แอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30

โวลต์และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์ ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ

แรงดันที่ 12 โวลต์ ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.6 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

4. จิตพิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ ()4 ()3 ()2 ()1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.3 ขึ้นงานเสร็จตามเวลา ()4 ()3 ()2 ()1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย ()4 ()3 ()2 ()1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ ()4 ()3 ()2 ()1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่องการหาค่าตัวเก็บประจุ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์วงจรไฟตัวเก็บประจุ นักเรียนสามารถ

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้า ภายในตัวเก็บประจุจะมีแผ่นตัวนำ 2 แผ่นขนานกัน โดยจะมีสารอยู่ภายในทำหน้าที่เป็นฉนวนระหว่างแผ่นตัวนำ เรียกฉนวนนี้ว่า ไดอิเล็กตริก พลังงานที่สะสมอยู่ภายในตัวเก็บประจุ จะเก็บอยู่ในรูปของสนามประจุไฟฟ้า การต่อใช้งานของตัวเก็บประจุนั้นจะต่อขนานอยู่กับแรงดันไฟฟ้า ถ้าประจุเพิ่มขึ้น เรียกว่า การชาร์จ ถ้าประจุเริ่มคายออกเรียกว่า การดีสชาร์จ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$X_C = V_T / I \quad (\text{มีหน่วยเป็นโอห์ม})$$

$$C = 1/2 \pi f X_C \quad (\text{มีหน่วยเป็นฟารัด})$$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง แอมมิเตอร์ AC ขนาด 300 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลต์ 1 ตัว สายต่อไฟ

2.3 ขอบเขต

การหาค่าตัวเก็บประจุ

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการหาค่าตัวเก็บประจุ เวลาในการปฏิบัติ

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง

3.1.3.2 โวลท์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลท์ 1 เครื่อง

3.1.3.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 300 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 ตัวเก็บประจุ ขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลท์

3.1.3.5 สายต่อไฟ

3.1.3.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตนิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การหาค่าตัวเก็บประจุ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 โวลท์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลท์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 300 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลท์ 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.5 สายต่อไฟ	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	4	0	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 300 mA โวลท์มิเตอร์ 30 V	3.5	0.50	เหมาะสม
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดัน ที่ 24 V	3.5	0.50	เหมาะสม
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	3.5	0.50	เหมาะสม
2.6 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ	4	0	
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 300 mA โวลท์มิเตอร์ 30 V ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ แรงดันที่ 24 V ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.6 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ ถูกต้อง			
4. จิตนิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง การหาค่าตัวเก็บประจุ

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของการหาค่าตัวเก็บประจุ

1. การเตรียมการ

1.1 ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.2 โวลท์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลท์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 300 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.4 ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลท์ 1 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 300 มิลลิแอมป์				
โวลท์มิเตอร์ 30 โวลท์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ				
แรงดันที่ 24 โวลท์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	() 4	() 3	() 2	() 1
2.6 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 300 มิลลิแอมป์

โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์ ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ

แรงดันที่ 24 โวลต์ ถูกต้อง ()4 ()3 ()2 ()1

3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง

()4 ()3 ()2 ()1

3.6 คำนวณค่าตัวเก็บประจุ ถูกต้อง

()4 ()3 ()2 ()1

4. จิตพิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ

()4 ()3 ()2 ()1

4.2 ทำงานตรงต่อเวลา

()4 ()3 ()2 ()1

4.3 ขึ้นงานเสร็จตามเวลา

()4 ()3 ()2 ()1

4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย

()4 ()3 ()2 ()1

4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ

()4 ()3 ()2 ()1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับมาให้ นักเรียนสามารถหากำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

กำลังไฟฟ้าที่ส่งจ่ายให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่ง ๆ นั้น เกิดจากผลรวมของแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ $v(t)$ ที่ตกคร่อมอุปกรณ์อยู่นั้น กับกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ $i(t)$ ที่ไหลผ่านอุปกรณ์นั้น ๆ โดยเขียนเป็นสมการของกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$$P = vi$$

กำลังจริง เป็นกำลังใช้งานที่ทำให้เกิดพลังงาน หรือเกิดงานที่ใช้ภายในวงจร จะใช้อักษรย่อ P เป็นผลมาจากค่าของแรงดันกับกระแสที่ไหลและมุมต่างเฟสที่เกิดขึ้น

$$P = VI \cos \phi \quad \text{หน่วย Watt (W)}$$

กำลังที่ปรากฏ เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่วงจร และเป็นผลให้เห็นกำลังไฟฟ้านี้จากค่าของแรงดันและกระแส จะใช้อักษรย่อ S

$$S = VI \quad \text{หน่วย Volt.Amp. (VA)}$$

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง ชุดแหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ 1 เครื่อง โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง วัตต์มิเตอร์ AC ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง หลอดไฟ 24 โวลต์ 1 ตัว ตัวเหนี่ยวนำขนาด 20 มิลลิเฮนรี่ 1 ตัว ตัวเก็บประจุ ขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลต์ 1 ตัว สายต่อวงจร

2.3 ขอบเขต

กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการหาค่าล้งไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 แหล่งจ่ายไฟร้ค่าได้ 1 เครื่อง

3.1.3.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลท์ 1 เครื่อง

3.1.3.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลท์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง

3.1.3.5 หลอดไฟ 24 โวลท์ 1 ตัว

3.1.3.6 ตัวเหนี่ยวนำขนาด 20 มิลลิเฮนรี่ 1 ตัว

3.1.3.7 ตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลท์ 1 ตัว

3.1.3.8 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 ขณะสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตพิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริมหรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรกระแสสลับ

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 วัตต์มิเตอร์ ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.5 หลอดไฟ 24 โวลต์ 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.6 ตัวเหนี่ยวนำ 20 มิลลิเฮนรี่ 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.7 ตัวเก็บประจุ ขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลต์ 1 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.8 สายต่อวงจร	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	3.8	0.40	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 มิลลิแอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์	3.5	0.50	เหมาะสม
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดัน ที่ 24 โวลต์	4	0	เหมาะสม
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	3.5	0.50	เหมาะสม
2.6 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้า			
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
3.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 มิลลิแอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์ และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์ ถูกต้อง	3.5	0.50	เหมาะสม
3.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดัน ที่ 24 โวลต์ ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง	3.8	0.40	เหมาะสม
3.6 คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าในวงจร ถูกต้อง			
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้แสดงพฤติกรรมของกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. การเตรียมการ

1.1 แหล่งจ่ายไฟสลับปรับค่าได้ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 500 มิลลิแอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.4 วัตต์มิเตอร์ AC ขนาด 24 โวลต์ 1 แอมป์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.5 หลอดไฟ 24 โวลต์ 1 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.6 ตัวเหนี่ยวนำ 20 มิลลิเฮนรี่ 1 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.7 ตัวเก็บประจุ ขนาด 10 ไมโครฟารัด/100 โวลต์	() มี	() ไม่มี
1.8 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 500 มิลลิแอมป์ โวลต์มิเตอร์ 30 โวลต์และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับแรงดันที่ 24 โวลต์	() 4	() 3	() 2	() 1
2.5 อ่านค่าจากเครื่องมือวัด	() 4	() 3	() 2	() 1
2.6 คำนวณค่าตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

3.3	ตั้งแอมมิเตอร์ย่านวัด 1 แอมป์ โวลต์มิเตอร์				
	30 โวลต์และวัตต์มิเตอร์ 24 โวลต์ 1 แอมป์				
	ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.4	เปิดแหล่งจ่ายไฟเข้ากับวงจรโดยทำการปรับ				
	แรงดันที่ 12 โวลต์ ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.5	อ่านค่าจากเครื่องมือวัด ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.6	คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ				
	ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
4.	จิตนิสัย				
4.1	การทำงานด้วยความตั้งใจ	() 4	() 3	() 2	() 1
4.2	ทำงานตรงต่อเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.3	ชิ้นงานเสร็จตามเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.4	ทำงานตามหลักความปลอดภัย	() 4	() 3	() 2	() 1
4.5	เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	() 4	() 3	() 2	() 1

คู่มือข้อสอบภาคปฏิบัติ

เรื่อง วงจรไฟฟ้าสามเฟส

1. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส มาให้ นักเรียนสามารถต่อวงจรไฟฟ้าสามเฟสได้

2. คำอธิบายทั่วไป

2.1 หลักการ

ในวงจรไฟฟ้า 3 เฟส ได้มาจากการต่อวงจรไฟฟ้า 1 เฟสรวมกัน 3 ชุด ซึ่งการใช้งานระบบไฟฟ้า 3 เฟสนี้จะให้ความประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบไฟ 1 เฟส ซึ่งสามารถแบ่งแยกการต่อออกเป็น 2 แบบ คือ การต่อแบบสตาร์ (Star) และการต่อแบบ เดลต้า (Delta)

2.2 ลักษณะทั่วไปของสถานการณ์

สถานการณ์จำลอง หม้อแปลง 220 V/24 V 3 ตัว โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1 แอมป์ 3 เครื่อง ค่าความต้านทานขนาด 100 โอห์ม/2 W 3 ตัว ค่าความต้านทานขนาด 200 โอห์ม/2 W 2 ตัว สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

2.3 ขอบเขต

วงจรไฟฟ้าสามเฟส

2.4 ข้อสอบ

ให้นักศึกษาปฏิบัติงานเกี่ยวกับการ
เวลาในการปฏิบัติ 20 นาที

3. วิธีดำเนินการสอบ

3.1 การเตรียมการสอบ

ครูผู้ดำเนินการสอบควรจัดเตรียมดังนี้

3.1.1 ข้อสอบ

3.1.2 ห้องสอบ

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์

3.1.3.1 หม้อแปลง 220 V/24 V 3 ตัว

3.1.3.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง

3.1.3.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1 แอมป์ 3 เครื่อง

3.1.3.4 ค่าความต้านทานขนาด 100 โอห์ม/2 W 3 ตัว

3.1.3.5 ค่าความต้านทานขนาด 200 โอห์ม/2 W 2 ตัว

3.1.3.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด

3.2 nderสอบ

ให้นักศึกษาสอบตามสถานการณ์จำลองทุกคน ครูสังเกต การเตรียม
การปฏิบัติ ผลการปฏิบัติงาน และจิตนิสัย

3.3 หลังสอบ

สรุปผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

4. การรายงานและข้อวินิจฉัย

รายงานผลปฏิบัติและการมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการ
ส่งเสริม หรือปรับปรุง การเรียนการสอนของนักศึกษาแต่ละคน

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง วงจรไฟฟ้าสามเฟส

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1. การเตรียมการ			
1.1 หม้อแปลง 220 V/24 V 3 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด30 โวลท์ 1 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1 แอมป์ 3 เครื่อง	4	0	เหมาะสม
1.4 ค่าความต้านทานขนาด 100 โอห์ม/2 W 3 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.5 ค่าความต้านทานขนาด 200 โอห์ม/2 W 2 ตัว	4	0	เหมาะสม
1.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	4	0	เหมาะสม
2. การปฏิบัติงาน			
2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	3.5	0.50	เหมาะสม
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	4	0	เหมาะสม
2.3 จ่ายไฟเข้ากับวงจรการทดลอง	3.9	0.30	เหมาะสม
2.4 อ่านค่าของกระแสและแรงดันในเฟสต่าง ๆ	3.5	0.50	เหมาะสม
3. ผลการปฏิบัติงาน			
3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	4	0	เหมาะสม
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	3.50	0.50	เหมาะสม
3.3 จ่ายไฟเข้ากับวงจรการทดลองถูกต้อง	3.9	0.30	เหมาะสม
3.4 อ่านค่าของกระแสและแรงดันในเฟสต่าง ๆ ถูกต้อง	3.80	0.40	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
4. จิตพิสัย			
4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	4	0	เหมาะสม
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	4	0	เหมาะสม
4.3 ขึ้นงานเสร็จตามเวลา	4	0	เหมาะสม
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	4	0	เหมาะสม
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	4	0	เหมาะสม

การประเมินผลการปฏิบัติงานเรื่อง วงจรไฟฟ้าสามเฟส

คำชี้แจง กรุณาเขียนเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่องหน้าข้อความตามที่ท่านเห็นว่านักเรียนได้
แสดงพฤติกรรมของวงจรไฟฟ้าสามเฟส

1. การเตรียมการ

1.1 หม้อแปลง 220 V/24 V 3 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.2 โวลต์มิเตอร์ AC ขนาด 30 โวลต์ 1 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.3 แอมมิเตอร์ AC ขนาด 1 แอมป์ 3 เครื่อง	() มี	() ไม่มี
1.4 ค่าความต้านทานขนาด 100 โอห์ม/2 W 3 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.5 ค่าความต้านทานขนาด 200 โอห์ม/2 W 2 ตัว	() มี	() ไม่มี
1.6 สายต่อวงจรไฟฟ้า 1 ชุด	() มี	() ไม่มี

2. การปฏิบัติงาน

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้	() 4	() 3	() 2	() 1
2.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจร	() 4	() 3	() 2	() 1
2.3 จ่ายไฟเข้ากับวงจรการทดลอง	() 4	() 3	() 2	() 1
2.4 อ่านค่าของกระแสและแรงดันในเฟสต่าง ๆ	() 4	() 3	() 2	() 1

3. ผลการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรไฟฟ้าตามที่กำหนดให้ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.2 ตรวจสอบวงจรก่อนทำการจ่ายไฟเข้าวงจรถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.3 จ่ายไฟเข้ากับวงจรการทดลองถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1
3.4 อ่านค่าของกระแสและแรงดันในเฟสต่าง ๆ				
ถูกต้อง	() 4	() 3	() 2	() 1

4. จิตพิสัย

4.1 การทำงานด้วยความตั้งใจ	() 4	() 3	() 2	() 1
4.2 ทำงานตรงต่อเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.3 ขึ้นงานเสร็จตามเวลา	() 4	() 3	() 2	() 1
4.4 ทำงานตามหลักความปลอดภัย	() 4	() 3	() 2	() 1
4.5 เก็บรักษาความสะอาดเครื่องมือ	() 4	() 3	() 2	() 1
-
-

แบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

คำชี้แจง

แบบวัดเจตคติฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมแสดงความรู้สึกต่อข้อความที่ท่านอ่าน โดยทำเครื่องหมายถูก (/) ลงในช่อง [] ตามเกณฑ์คะแนนดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ที่	เจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	เห็นด้วย				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นวิชาที่น่าสนใจ					
2	ข้าพเจ้าได้รับประโยชน์จากวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					
3	ข้าพเจ้าตื่นเต้นไปกับความก้าวหน้าของวิทยาการใหม่					
4	ข้าพเจ้ารู้สึกว่าเสียเวลากับการเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					
5	ข้าพเจ้ารู้สึกว่าวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าน่าเบื่อหน่าย					
6	ผู้ที่เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนที่ฉลาด					
7	ข้าพเจ้ามีความสุขมากที่ได้เรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					
8	มองโลกในแง่ดีหลังจากที่ได้เรียนรู้เทคโนโลยี					

ที่ เจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	เห็นด้วย				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
รถยนต์ไฟฟ้า 9. มีแต่คนใจเท่านั้นที่เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 10. มีความสนุกเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 11. ข้าพเจ้าอารมณ์ดีมากเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 12. ข้าพเจ้ารู้สึกศรัทธาในเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 13. ข้าพเจ้าสนใจเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าด้วยตนเอง 14. ผู้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนมีคุณภาพ 15. รู้สึกเครียดมากเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 16. การเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าช่วยให้ชีวิตมีคุณค่า 17. ข้าพเจ้ามีกำลังใจมากขึ้นเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 18. มีอนาคตสดใสเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า 19. ผู้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนมองการณ์ไกล 20. มั่นใจในตนเองมากขึ้นเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า					

คำอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดเจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ที่	เจตคติที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	๕	ความหมาย
1	เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นวิชาที่น่าสนใจ	8.48	คัดเลือกไว้
2	ข้าพเจ้าได้รับประโยชน์จากวิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.98	คัดเลือกไว้
3	ข้าพเจ้าตื่นเต้นไปกับความก้าวหน้าของวิทยาการใหม่	9.83	คัดเลือกไว้
4	ข้าพเจ้ารู้สึกว่เสียเวลากับการเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	8.99	คัดเลือกไว้
5	ข้าพเจ้ารู้สึกว่วิชาเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าน่าเบื่อหน่าย	7.82	คัดเลือกไว้
6	ผู้ที่เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนทีฉลาด	9.43	คัดเลือกไว้
7	ข้าพเจ้ามีความสุขมากทีได้เรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	8.54	คัดเลือกไว้
8	มองโลกในแง่ดีหลังจากทีได้เรียนรู้เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.48	คัดเลือกไว้
9	มีแต่คนโง่เท่านั้นทีเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.47	คัดเลือกไว้
10	มีความสุขเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.55	คัดเลือกไว้
11	ข้าพเจ้าอารมณ์ดีมากเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	8.39	คัดเลือกไว้
12	ข้าพเจ้ารู้สึกศรัทธาในเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	9.93	คัดเลือกไว้
13	ข้าพเจ้าสม่ครใจเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าด้วยตนเอง	7.89	คัดเลือกไว้
14	ผู้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนมีคุณภาพ	8.39	คัดเลือกไว้
15	รู้สึกเครียดมากเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.74	คัดเลือกไว้
16	การเรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าช่วยให้ชีวิตมีคุณค่า	7.84	คัดเลือกไว้
17	ข้าพเจ้ามีกำลังใจมากขึ้นเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	9.34	คัดเลือกไว้
18	มีอนาคตสดใสเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	7.52	คัดเลือกไว้
19	ผู้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเป็นคนมองการณ์ไกล	8.93	คัดเลือกไว้
20	มั่นใจในตนเองมากขึ้นเมื่อได้เรียนเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า	8.85	คัดเลือกไว้

ตาราง 25 เจตคติของนักศึกษาช่างยนต์ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

N	ΣD	ΣD^2	t
17	21	29.5	10.80*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 26 พฤติกรรมของผู้เรียนในระหว่างการฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า

ที่	พฤติกรรมของนักศึกษาช่างยนต์	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1.	การตรงต่อเวลา	4.41	0.94	มากที่สุด
2.	ความตั้งใจในการฟัง	4.69	0.79	มากที่สุด
3.	การแสดงความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์	4.18	1.01	มาก
4.	ความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย	4.18	1.01	มาก
5.	ความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม	4.18	1.01	มาก
6.	ความร่วมมือในการทำงาน	4.41	0.94	มากที่สุด
7.	ความสนใจในบทเรียน	4.69	0.79	มากที่สุด

ตาราง 27 ผลการปฏิบัติงานเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าของนักศึกษาช่างยนต์

ที่	แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน	$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1.	ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่	3.94	0.14	มาก
2.	เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบช้า	3.91	0.18	มาก
3.	เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว	3.94	0.12	มาก
4.	จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์	3.96	0.10	มาก
5.	ต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	3.92	0.15	มาก
6.	ระบบการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า	3.92	0.18	มาก
7.	เขียนแผนผังการขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า	3.76	0.11	มาก
8.	ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม	3.69	0.15	มาก
9.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	3.58	0.16	มาก
10.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	3.64	0.14	มาก
11.	ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม	3.61	0.16	มาก
12.	วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	3.59	0.17	มาก
13.	วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	3.75	0.11	มาก
14.	วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	3.77	0.10	มาก
15.	วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	3.76	0.11	มาก
16.	วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	3.74	0.14	มาก
17.	ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส	3.79	0.11	มาก

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายเฉลิมพล	ชื่อสกุล คงจันทร์
เกิดวันที่ 5 กันยายน	พุทธศักราช 2502
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 185 หมู่ 1 ถนนสุรินทร์-ปราสาท อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000
ตำแหน่งหน้าที่การทำงานปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 5
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสุรินทร์ ถนนสุรินทร์-ปราสาท ตำบลนอกเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2520	ม.ศ.5 โรงเรียนวัดน้อยใน กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2524	กศ.บ. (วิชาเอกวัดผลการศึกษา วิชาโทคณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
พ.ศ.2534	ศศ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ.2541	กศ.ด. (วิจัยและพัฒนาหลักสูตร) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์

บทคัดย่อ

ของ

เฉลิมพล คงจันทร์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาคุณวุฒิบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาหลักสูตร
มีนาคม 2541

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า
สำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นการใช้กระบวนการเพื่อหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในภาค
โดยใช้เทคนิคเดลฟายสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 ท่าน ทั้งในรอบที่ 1
รอบที่ 2 และรอบที่ 3 ตามลำดับ ได้สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ดังนี้

ด้านความรู้ ประกอบไปด้วย ออกแบบตัวถังรถยนต์ คิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ
ตัวถังรถยนต์ สร้างตัวถังรถยนต์ ใช้เหล็กในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้ลู่มีเนียมในการผลิตตัว
ถังรถยนต์ ใช้ยางในการผลิตตัวถังรถยนต์ ใช้สารประกอบในการผลิตตัวถังรถยนต์ ออกแบบ
วงจรดี.ซี.ชอปเปอร์ เปลี่ยนแบตเตอรี่ เปลี่ยนมอเตอร์ เติมประจุไฟแบตเตอรี่ เขียนระบบ
กลไกการขับ เขียนระบบควบคุมรถยนต์ไฟฟ้า ซ่อมระบบควบคุมอากาศและพลังงานช่วยเหลือ
เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยมือ เปลี่ยนสวิตช์แบบที่ทำงานด้วยกลไก ใช้สวิตช์ทรานซิสเตอร์
ใช้ไทรสเตอร์ ใช้อุปกรณ์จุดชนวน ออกแบบวงจรควบคุมเกต ต่อวงจรชอปเปอร์ ต่อวงจร
อินเวอร์เตอร์ ต่อวงจรคอนเวอร์เตอร์ เขียนหน่วยควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ เขียนระบบการขับแบบ
กระแสตรง เขียนระบบการขับแบบกระแสสลับ เขียนโครงข่ายงานระบบของรถยนต์ไฟฟ้า เขียน
วงจรอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมมอเตอร์รถยนต์ไฟฟ้า

ด้านจิตนิสัย ประกอบด้วย มีระเบียบวินัย ชยัน อดทน คล่องแคล่ว ตรงต่อเวลา รับผิดชอบ
ชอบต่อหน้าที่ เชื้อมั่นในตนเอง มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ ซื่อสัตย์ต่อลูกค้า มีจิตสำนึกในการปฏิบัติงาน
ให้ได้คุณภาพ ละเอียตรอบคอบในการทำงาน กระตือรือร้นในการทำงาน กล้าในการตัดสินใจ
มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา รับฟังความคิดเห็นของร่วมงาน

ด้านทักษะ ประกอบไปด้วย ถอดและทำความสะอาดแบตเตอรี่ เติมประจุไฟแบตเตอรี่
แบบช้า เติมประจุไฟแบตเตอรี่แบบเร็ว จัดอุปกรณ์ลงในแผนผังตัวถังรถยนต์ ต่อวงจรควบคุม
มอเตอร์ไฟฟ้า เขียนแผนผังการขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้า ต่อวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม
ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
แบบผสม วัดกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
วัดการเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดการเก็บประจุในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ วัดกำลัง
ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ต่อวงจรไฟฟ้า 3 เฟส

ตอนที่ 2 เป็นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า โดยนำสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต มากำหนดเป็นกรอบ และแนวทางในการจัดทำหลักสูตรใช้เวลา 1 เดือน ได้หลักสูตรที่ประกอบด้วย จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และหน่วยการอบรม 5 หน่วย คือ หน่วยที่ 1 หลักการและบทบาทของเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า หน่วยที่ 2 ตัวถังและโครงสร้างรถยนต์ หน่วยที่ 3 แบตเตอรี่และการประจุไฟ หน่วยที่ 4 มอเตอร์และระบบควบคุม หน่วยที่ 5 กลไกการขับเคลื่อนและการควบคุมรถยนต์ จากนั้นนำโครงร่างหลักสูตรไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมและความสอดคล้อง พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ของหลักสูตรมีความเหมาะสม

ตอนที่ 3 เป็นการนำหลักสูตรไปทดลองใช้ โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลสองครั้งซึ่งเป็นนักศึกษาช่างยนต์ จำนวน 17 คน ผลการทดลองปรากฏว่า นักศึกษาช่างยนต์มีความรู้และความเข้าใจเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และจากการประเมินการใช้หลักสูตรโดยผู้ทำการอบรมและผู้เข้ารับการอบรมพบว่า เนื้อหาวิชา กิจกรรมและวิธีการอบรมสื่อประกอบการสอนและการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมมาก ผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมากในทุกทักษะ และนักศึกษาช่างยนต์ มีเจตคติสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

**A DEVELOPMENT OF TRAINING PROGRAM ELECTRIC CAR
TECHNOLOGY FOR AUTO MECHANIC STUDENTS**

AN ABSTRACT

BY

CHALERMPOL KHONGCHANTRA

**Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Doctor of Education degree in Curriculum Research and Development
at Srinakharinwirot University**

March 1998

The purpose of this research was a training curriculum development for electric car technology for auto mechanic students. The study was divided into the following steps :

The first step was to study competency of auto mechanic students in the future by Delphi Technique with seventeen experts. Consensus of their opinions was reached in round 1, round 2 and round 3 respectively. They found that :

cognitive domain was composed of design of the car body, creative in design of the car body, construction of the car body, steel, aluminium, plastics and composite used in construction of the car body, D.C. chopper circuits design, battery maintenance, motor maintenance, mechanical drive system, electric vehicle control system, climate control system and auxiliary power maintenance, manually operated switch maintenance, power transistors, trigger devices, gate control circuit design, chopper circuit, inverter circuit, converter circuit, electronic control unit, D.C. drive system, A.C. drive system, electric vehicle system network, electronic control motor circuit.

affective domain which consists of ability in working to discipline, diversity, endurance, rapidly, just in time working, responsibility, self confidence, positive attitude, honesty, quality, refinement, enthusiasm, courage decision making, creative thinking, problem solving by using rationale, listen without bias to staff.

psychomotor domain which consists of battery maintenance, slow recharge battery, fast recharge battery, planning management device in the car body, application of ohm law, series DC circuits, parallel DC circuits, combination DC circuits, power in DC circuits, resistor

in AC circuits, inductor in AC circuits, capacitor in AC circuits, power in AC circuits, and three phase circuit.

The second step was to construct the curriculum in congruence with the data found from the first step. The curriculum was then composed of curriculum objective, and the five training units which consisted of unit I role and principle of electric car technology, unit II auto body and frame, unit III battery and charging unit IV Motor and system control and unit V drive mechanic and control. The first draft was evaluate by 5 specialists. A high level of suitability and consistency between each component was also found

The third step was test the curriculum quality by means of a experimental research, one group pretest-posttest design with the samples of 17 auto mechanic students had a better knowledge and understanding of electric car technology statistically significance at the 0.05 level. The curriculum evaluation obtained though the joint efforts of trainees and the trainers indicated that the content, the activities and training method, and the evaluation process were the most suitable, result of performance were more every level of skills, and auto mechanic students had a better attitude before used curriculum statistically significance at the 0.05 level.