การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

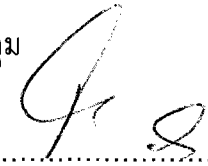
ประยูร บุญฤทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2543

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

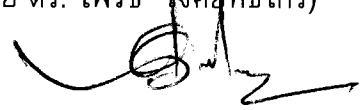
คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม



.....ประธาน

(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



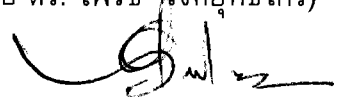
.....กรรมการ

(อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)



.....กรรมการ

(อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2543

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จด้วยความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ซึ่งเป็นความกรุณาอันอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร. อุปวิทย์ สุวคันธกุล และอาจารย์ ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ และน้อมรำลึกถึงพระคุณของ บิดา มารดา ครู อาจารย์ ทุกท่านที่ได้สั่งสอนอบรม ส่งเสริม ให้มีความรู้ ความสามารถ จนประสบความสำเร็จการศึกษาระดับมหาบัณฑิต อันเป็นพระคุณที่มิมีสิ่งใดเปรียบได้ จักขอจารึกไว้ด้วยความเคารพอย่างสูง

ประยูร บุญฤทธิ์

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ

ภูมิหลัง 1

ความมุ่งหมายของการวิจัย 3

ความสำคัญของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

ตัวแปรที่ศึกษา 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

สมมติฐานการวิจัย 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เซลล์แสงอาทิตย์ 7

ความเข้มของแสงอาทิตย์ 10

การส่องสว่าง 10

กฎการส่องสว่าง 10

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 14

หน่วยความเข้มแห่งการส่องสว่าง ระบบ SI 16

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 17

สวิตซ์โหมดอินเวอร์เตอร์ 18

เรสโซแนนท์อินเวอร์เตอร์ 18

วงจรคลื่นซายน์เวฟเรสโซแนนท์ 24

วงจรอินเวอเตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่น 26

มอสเฟตสวิตช์ 31

วงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555 32

วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์ 35

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ 38

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ชนิด PL 39

สีของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ 40

เพาเวอร์แฟกเตอร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 41

โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ 42

โคมฉาย 42

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ รุ่น PL – S 7W/685 45

บทที่ หน้า

แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์..... 46
ชุดควบคุมการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 48
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า..... 50
ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า..... 52
ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า..... 52
แผงเซลล์แสงอาทิตย์..... 53
วงจรประจุกระแสไฟฟ้า..... 54
วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า..... 54
วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก..... 56
วงจรสวิตช์อัตโนมัติ..... 57
วงจรชุดแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ..... 58
ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์..... 61
ออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 62
วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้..... 64
กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า..... 66
สร้างชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าตามที่ออกแบบ..... 66
ทดสอบการใช้งาน ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า..... 66
วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ..... 68
4 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 71
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดสอบการใช้งาน..... 77
ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์..... 77
ระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ที่ได้รับการประจุกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์..... 85
ความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงานโดยใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า..... 89

บทที่ หน้า

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งานของ
โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 90
5 สรุป อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ
ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 94
ความสำคัญของการวิจัย..... 94
สมมติฐานการวิจัย..... 94
การดำเนินการศึกษาวิจัย..... 95
สรุปผลของการวิจัย..... 96
อภิปรายผล..... 97
ข้อเสนอแนะ..... 98
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป..... 98
บรรณานุกรม..... 99
ภาคผนวก..... 102
ภาคผนวก ก..... 103
ภาคผนวก ข..... 110
ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 144

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 สารเรืองแสงใช้เคลือบผิวของหลอดฟลูออเรสเซนต์..... 40
2 แสดงค่าคาปาซิเตอร์เพื่อแก้ค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์..... 42
3 บันทึกความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 110 มม. × 104 มม. 2 แผง ในขณะประจุไฟฟ้า 72
4 บันทึกความเข้มแสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์..... 78
5 บันทึกความเข้มของแสง ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543..... 81
6 บันทึกระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์..... 86
7 บันทึกความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์..... 89
8 การวิเคราะห์ด้านลักษณะทางกายภาพของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 90
9 การวิเคราะห์ด้านลักษณะการออกแบบของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 91
10 การวิเคราะห์ด้านลักษณะการใช้งาน ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 92
11 การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษา ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 92

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเซลล์แสงอาทิตย์..... 9
2 แสดงการตกกระทบของแสงตามกำลังสองผกผัน..... 11
3 แสดงลักษณะของแผ่นรองรับแสงสว่างที่เอียงออกไปรับแสงสว่างจากแนวตั้งฉาก เป็นมุม θ 13
4 แสดงแสงที่ส่องไปกระทบพื้นผิวที่ไม่เป็นมุมฉาก..... 14
5 แสดงความเข้มแห่งการส่องสว่างขนาด 1 ฟุต – เทียน..... 15
6 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเซนเตอร์แทรปทรานฟอเมอร์..... 19
7 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเซนเตอร์แทรปแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าครึ่งคลื่น..... 19
8 วงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเฟสเดี่ยวเต็มคลื่น..... 19
9 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดเซนเตอร์แทรปแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้าเฟสเดี่ยว มีความต้านทานเป็นโหลด..... 20
10 วงจรเสมือนของอินเวอร์เตอร์ชนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดโหลดความต้านทาน..... 20
11 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโหลดความต้านทาน..... 21
12 วงจรซายน์เวฟชนิดบริดจ์ครึ่งคลื่นมีโหลด RLC..... 25
13 วงจรเสมือนและรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าของวงจรซายน์เวฟชนิดบริดจ์ครึ่งคลื่นมีโหลด RLC..... 25
14 วงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่นด้วยโหลดชนิด RL..... 27
15 รูปคลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่นด้วยโหลดชนิด RL.. 28
16 วงจรสวิตช์มอสเฟตและสัญญาณเอาต์พุต..... 31
17 กราฟคุณสมบัติของมอสเฟต..... 31
18 ส่วนประกอบภายในของไอซีเบอร์ 555..... 33
19 แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555..... 33
20 สัญญาณคลื่นของวงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555..... 34
21 สัญลักษณ์ของออปแอมป์..... 35

ภาพประกอบ หน้า

22 วงจรกลับสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์..... 37
23 วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์ชนิดตัวเก็บประจุคับปลิง..... 37
24 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหนึ่งของ ชนิดหลอด PL..... 39
25 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของโคมฉายชนิดปรับทิศทางการฉายได้.... 43
26 แสดงลักษณะของโคมไฟถนนและโคมไฟที่ใช้กับเสาสูง..... 44
27 แสดงระยะการติดตั้งดวงโคมฉายเพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างมากที่สุด..... 44
28 แสดงการติดตั้งโคมฉาย 2 ดวงในแนวระดับเพื่อให้แสงสว่างที่ดี..... 45
29 เส้นการฟแรงดันและกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่..... 46
30 วงจรประจุชนิดกึ่งกระแสประจุคงที่..... 47
31 แสดงขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่าง
พลังงานแสงอาทิตย์..... 51
32 แสดงส่วนประกอบโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 53
33 วงจรเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ชุด จำนวนเซลล์ 16 แผ่น..... 54
34 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ 54
35 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ 56
36 วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก..... 57
37 วงจรสวิตซ์อัตโนมัติ..... 57
38 วงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่..... 58
39 วงจรไดร์เวอร์..... 60
40 วงจรมอสเฟทสวิตชิ่ง..... 61
41 แผ่นวงจรพิมพ์ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 62
42 แสดงโครงสร้างพอสังเขปของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์..... 63
43 วงจรประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์..... 73
44 วงจรเสมือนเซลล์แสงอาทิตย์..... 75

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญ ในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและเป็นปัจจัยพื้นฐานการผลิตในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม การเลือกใช้เชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าต้องเป็นเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ดังเช่นการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้พิจารณาถึงการนำพลังงานและเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มาใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าได้แก่ พลังงานน้ำ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซธรรมชาติเหลว ถ่านหินลิกไนต์ นิวเคลียร์ และการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน นอกจากนี้ยังมีพลังงานทดแทนพลังงานที่นำมาใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น (สุกรานต์ โรจนไพรวงศ์. 2542 : 8 – 11)

พลังงานไฟฟ้าทุกๆ หน่วยที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากกระบวนการการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินหรือน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเผาเชื้อเพลิงเหล่านี้จะทำให้เกิดมลพิษ ทำให้อุณหภูมิของโลกร้อนขึ้น และเกิดสภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect) ทำลายโอโซนที่ห่อหุ้มผิวโลกในบริเวณชั้นบรรยากาศรอบนอก (stratosphere) ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ไม่ให้ผ่านมาถึงผิวโลก ในปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในบ้านที่อยู่อาศัย สถานประกอบการ และโรงงานอุตสาหกรรม จึงต้องมีการอนุรักษ์พลังงานหรือการจัดการพลังงานให้มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้พลังงานได้ประโยชน์อย่างสูงสุด ใช้พลังงานให้น้อยลงและสามารถรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดำรงอยู่ต่อไป ในปัจจุบันกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานได้มีบทบาทสำคัญในการดำเนินการ ให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจังถึงปัญหาด้านพลังงานและผลักดันให้ภาครัฐออกกฎหมายอนุรักษ์พลังงานขึ้น โดยตราพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และประกาศในราชกิจจานุเบกษา เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 มีผลบังคับใช้ในเวลาต่อมา โดยมีนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อกำกับดูแลให้บรรลุถึงการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและพาณิชย์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก (พงศ์พัฒน์ มั่งคั่ง. 2541 : 58 – 60) และภายในปี พ.ศ. 2563 จะมีประชากรโลกเป็นจำนวน 8.1 พันล้านคน และการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นอย่างมากมายมโหฬาร (กรมวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538 : 123 –124)

การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมากทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับสิ่งแวดล้อม จึงได้คำนึงถึงคุณภาพของพลังงานที่จะนำมาใช้ กล่าวคือ พลังงานที่มีคุณภาพสูงจะต้องเป็นพลังงานที่ไม่ก่อมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม เช่นน้ำมันคุณภาพดีจะต้องเผาไหม้ได้อย่างสะอาดไม่ก่อให้เกิดไอเสีย

ประเภทไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ และสารตะกั่วเป็นต้น นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงความยั่งยืนของพลังงานนั้นอีกด้วย ในกรณีนี้ทำให้มีความคิดกันว่าควรนำพลังงานจากแหล่งที่อาจฟื้นฟูกลับมาใช้ใหม่ได้หรือแหล่งที่ใช้ได้ไม่หมดสิ้น โดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานที่มีคุณภาพที่สุดเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่ควรนำมาใช้ แต่ในการศึกษาค้นคว้าหาวิธีนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้ได้ผลสูงสุด สามารถนำมาใช้ทดแทนพลังงานที่สิ้นเปลืองและมีมลพิษได้ ซึ่งอยู่ในช่วงกำลังศึกษาค้นคว้าวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ คาดว่าในช่วงศตวรรษที่ 21 นี้จะประสบความสำเร็จ (มูลนิธิโลกสีเขียว. 2535 : 11)

พลังงานทดแทนที่นำมาจากพลังงานธรรมชาติได้รับการนำมาพิจารณามากขึ้น มีหลายหน่วยงานกำลังดำเนินการพัฒนาพลังงานจากแหล่งธรรมชาติต่างๆ เช่นแสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล ความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น และมีโครงการพัฒนาพลังงานจากแสงอาทิตย์สำหรับเป็นพลังงานทดแทน เช่น โครงการบ้านพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำเซลล์แสงอาทิตย์ติดไว้บนหลังคาบ้านซึ่งโครงการนี้เป็นความร่วมมือกันระหว่างสำนักงานพลังงานแห่งชาติกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และกำลังอยู่ในช่วงทดลอง (สุกรานต์ โรจนไพรวงศ์. 2542 : 312 – 313)

ประเทศไทยรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ในปริมาณมาก เมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ ของโลก เนื่องจากอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เฉลี่ยวันละ 17 เมกะจูลต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร (มูลนิธิโลกสีเขียว. 2535 : 93) หรือพลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาวินาทีละ 4×10^{20} จูล หรือพลังงานที่พื้นผิวโลกได้รับคือ 844 วัตต์ต่อวินาทีต่อตารางเมตร (กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538 : 130) พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษใดๆ ดังนั้นพลังงานจากแสงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งที่ให้ความหวังสำหรับอนาคตเป็นอย่างมาก จึงได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์มากขึ้นและได้มีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานมาอย่างต่อเนื่อง และประสบผลสำเร็จ มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน เซลล์แสงอาทิตย์ในปัจจุบันได้นำไปใช้งานในพื้นที่ต่างๆ เพื่อใช้ในการกำเนิดพลังงานไฟฟ้า เช่นสำหรับใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลและทุรกันดาร (remote and rural areas) สถานีตรวจอากาศ สถานีเชื่อมต่อเครือข่ายการติดต่อสื่อสาร (communication links) และยังนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่นนาฬิกา เครื่องคิดเลข และอุปกรณ์กล้องถ่ายรูป เป็นต้น (Kwok. 1995 : 480)

ผู้วิจัยจึงมีความคิดว่าสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์มีศักยภาพในการให้พลังงานได้มาก เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรทำให้ทุกๆ พื้นที่ของประเทศไทยสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้เป็นปริมาณมาก พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานธรรมชาติที่สะอาดที่สุดและไม่มีมลพิษ และเซลล์แสงอาทิตย์สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในขณะที่ใช้งาน ไม่มีของเสียที่เหลือใช้ สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง อีกทั้งหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรส

เซนต์ใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ แต่ให้ความส่องสว่างมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดยาวทั่วไป ตลอดจนอายุการใช้งานของหลอดนานถึง 8,000 ชั่วโมง ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะออกแบบและสร้างชุดโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ให้นำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด และเป็นแนวทางการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาทดแทนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อลดมลพิษและอนุรักษ์สภาพสิ่งแวดล้อมและลดปริมาณเชื้อเพลิงที่นำมาใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต ด้วยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กมารับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ และเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA จำนวน 8 เซลล์ (cells) แล้วจึงเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current) เพื่อใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ในเวลากลางคืนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ในช่วงเวลากลางคืน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ สามารถนำไปใช้งานด้านแสงสว่างได้ในทุกๆ พื้นที่ มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลและทุรกันดาร
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์หรือหลอดตะเกียบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ออกแบบและสร้างชุดโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กับหลอดไฟฟ้าคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ รุ่นแสงนวล (Philips PL-S 7W/865 cool daylight 6500k) จำนวน 1 หลอด และติดตั้งหลอดไฟฟ้าไว้ในโคมฉาย
2. ใช้แบตเตอรี่เพื่อเป็นที่สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ที่มี

ขนาดแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.6 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้า 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง โดยใช้แบตเตอรี่ ชนิดนิกเกิลเมททัลไฮไดร์ (nickel metal hydride rechargeable battery) ขนาด AA 1.2 V 1400 mAh จำนวน 8 เซลล์ นำมาต่อเข้าด้วยกันแบบวงจรอนุกรมกัน

3. ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ขนาด กว้าง 13 มม. ยาว 55 มม. จำนวน 32 แผ่น ทำหน้าที่รับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ และออกแบบให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าชนิดกระแสตรง ได้เท่ากับ 200 มิลลิแอมป์ และมีแรงดันไฟฟ้า ขนาด 14.0 โวลต์ โดยนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาต่อเข้าด้วยกันวงแบบจรอนุกรมและแบบวงจรขนาน

4. นำอุปกรณ์ชนิดเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) มาออกแบบให้เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ใช้ทดแทนบาลาสต์ที่ต้องใช้งานร่วมกับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

5. ออกแบบวงจรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ประจุเก็บไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับนำไปใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ให้ติดสว่าง

6. ออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ติดตั้งอยู่บนเสาอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว ประกอบเข้ากับขาตั้งชนิดพับเก็บและถอดประกอบได้ และปรับระดับความสูงของเสาได้ในระยะ 1.5 เมตร ถึง 2.0 เมตร สำหรับชุดวงจรเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และวงจรควบคุมการทำงานที่ใช้อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ จำนวน 8 เซลล์ ให้บรรจุรวมเข้าด้วยกันในกล่อง ขนาดความกว้าง 86 มม. ยาว 130 มม. และสูง 50 มม.

7. ทำการทดลองการเก็บประจุพลังงานไฟฟ้ากับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ และวัดความเข้มของแสงภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 8.00 น ถึง 16.00 น โดยวางแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ขนานกับพื้นดินที่ระดับความสูงเท่ากับ 1.5 เมตร ทำการทดลองในเขตกรุงเทพมหานคร

8. ใช้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะการออกแบบและการใช้งานชุดโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่

1. ความเข้มของแสงอาทิตย์
2. ระยะเวลาประจุกระแสไฟฟ้า
3. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เก็บประจุไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์
4. ความส่องสว่าง (illuminance)
5. ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า (discharge)
6. ปริมาณกระแสไฟฟ้า
7. ประสิทธิภาพด้านการออกแบบและการใช้งาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความเข้มของแสงอาทิตย์ หรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง (intensity of illumination) หมายถึง ปริมาณของแสงจากดวงอาทิตย์ส่วนที่ส่องมายังผิวโลกมีอัตรา 1.79×10^{14} กิโลวัตต์ (วัฒนา ถาวร. 2540 : 1) และนำความเข้มของพลังงานแสงมาใช้ประโยชน์สำหรับการประจุกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ช่วงเวลา 08:00 น. จนถึงเวลา 16:00 น. และวัดความเข้มของแสงอาทิตย์ด้วยลักซ์มิเตอร์

2. โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง ชุดอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ โคมฉาย หลอดไฟฟ้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มาประกอบเข้าด้วยกัน ด้วยการนำโคมฉายมาปรับแต่งให้สามารถใช้งานได้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์และติดตั้งหลอดเข้ากับโคมได้ โดยใช้งานร่วมกับแผงวงจรชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นและแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ให้เก็บพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และสามารถควบคุมทิศทางการส่องสว่างให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างเป็นระยะทางที่ไกลออกไป

3. การประจุกระแสไฟฟ้า หมายถึง การเก็บสะสมกระแสไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์รับพลังงานจากแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วนำมาประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เก็บพลังงานไฟฟ้าไว้

4. ระยะเวลาประจุกระแสไฟฟ้า หมายถึง ระยะเวลาที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ เก็บประจุกระแสไฟฟ้าตั้งแต่จุดที่จ่ายกระแสไฟฟ้าหมด โดยที่แบตเตอรี่แต่ละเซลล์มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับหรือต่ำกว่า 1.0 โวลต์ จนกระทั่งถึงจุดที่กระแสไฟฟ้าเต็มหรือแบตเตอรี่แต่ละเซลล์มีค่าแรงดันไฟฟ้าเท่ากับหรือมากกว่า 1.2 โวลต์ ตามคุณสมบัติของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ โดยใช้ระยะเวลาประจุกระแสไฟฟ้าตั้งแต่เวลา 08:00 น. จนถึงเวลา 16:00 น.

5. ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า หมายถึง ระยะเวลาที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์เริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่จุดที่แบตเตอรี่มีกระแสไฟฟ้าเต็มจนกระทั่งกระแสไฟฟ้าหมด หรือแรงดันไฟฟ้าแต่ละเซลล์มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 1.2 โวลต์ และลดลงจนถึงเท่ากับหรือต่ำกว่า 1.0 โวลต์

6. ความส่องสว่าง หมายถึง ปริมาณคลื่นแสงของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีหน่วยการวัดปริมาณของแสงโดยใช้หน่วยวัดเป็น ลูเมนส์ (lumens) หรือ ลักซ์ โดยคิดจากแสงสว่างที่เปล่งออกมาตกกระทบลงบนพื้นที่ต่อหน่วยตารางพื้นที่ เช่นปริมาณแสง 1 ลูเมน คือพลังงานแสงที่เปล่งออกจากดวงไฟมาตรฐาน 1 กำลังเทียน ไปตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางฟุต ของพื้นผิววัตถุที่วางห่างกัน 1 ฟุต ความส่องสว่างมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิล หรืออาจใช้พื้นที่เป็นตารางเมตร และระยะห่างของจุดกำเนิดแสง

กับพื้นที่ผิววัตถุที่ให้แสงตกกระทบเป็นระยะ 1 เมตร ความส่องสว่างมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หรือเท่ากับ 1 เทียน – เมตร หรือเท่ากับ 1 ลักซ์ (วัฒนา ถาวร. 2540 : 25 – 26)

7. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เก็บประจุ หมายถึง ปริมาณของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับนำไปประจุให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 V 1400 mAh จำนวน 8 เซลล์

8. วงจรเปลี่ยนพลังงาน หมายถึง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาออกแบบและสร้างเพื่อให้ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มาเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ ส่งให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ กำเนิดแสงสว่าง

9. ประสิทธิภาพของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง คุณสมบัติทางเทคนิค การออกแบบและการใช้งานต่างๆ ดังต่อไปนี้

9.1 ด้านคุณสมบัติทางเทคนิค

9.1.1 ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้า โดยใช้เวลาในการเก็บประจุตามเวลาที่ทำการวิจัยเท่ากับ 8 ชั่วโมง ด้วยปริมาณกระแสที่ใช้เก็บประจุ 280 มิลลิแอมป์ จะได้กระแสไฟฟ้าประจุไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1400 มิลลิแอมป์ ตามเกณฑ์มาตรฐานของผู้ผลิต

9.1.2 ระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ที่ได้รับการประจุกระแสไฟฟ้าเรียบร้อยแล้ว มีความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ และชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาตรงตามเกณฑ์มาตรฐานของผู้ผลิตโดยหลอดต้องใช้กระแสไฟฟ้า 180 มิลลิแอมป์ และออกแบบให้ชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าใช้กระแสไฟฟ้า 50 มิลลิแอมป์ ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 230 มิลลิแอมป์ โดยให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง

9.1.3 ความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ที่ใช้กับโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีความส่องสว่างตรงตามเกณฑ์มาตรฐานของผู้ผลิตโดยมีค่าเท่ากับ 400 ลูเมน

9.2 ด้านการออกแบบและการใช้งาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะการออกแบบและการใช้งาน

สมมติฐานการวิจัย

1. อุปกรณ์โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีความส่องสว่างเท่ากับ 400 ลูเมน

2. การออกแบบและการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์
2. ความเข้มแสงอาทิตย์
3. การส่องสว่าง
4. การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ
5. มอสเฟตสวิตช์
6. แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555
7. วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์
8. หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์
9. โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) เป็นประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำจากสารกึ่งตัวนำ ซิลิคอน (silicon) เมื่อด้านหนึ่งถูกแสงผิวโลหะจะส่งอิเล็กตรอนออกไป ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนลดลงและเกิดความต่างศักย์ขึ้นระหว่างผิวโลหะอีกด้านหนึ่งที่ไม่ถูกแสง ทำให้วัตถุกึ่งตัวนำนี้ทำหน้าที่เป็นเซลล์ไฟฟ้า สามารถนำไปใช้งานได้และวัดค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยการต่อผิวโลหะทั้งสองเข้ากับกัลวานอมิเตอร์ (galvanometer) ซึ่งเข็มของกัลวานอมิเตอร์จะเบนขึ้นเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตามจำนวนความเข้มของแสงที่มากระทบผิววัตถุกึ่งตัวนำนั้น เซลล์แสงอาทิตย์สร้างขึ้นมาครั้งแรกโดย แฮบบีน (Hapin) ฟุลเลอร์ (Fuller) และ เพียร์สัน (Pearson) แห่งบริษัท เบลล์ เทเลโฟน (Bell Telephone) ในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2497 โดยทั้งสามท่านนี้ได้ค้นพบเทคโนโลยีการสร้างรอยต่อ พี – เอ็น (P – N) แบบใหม่ โดยวิธีแพร่สารเข้าไปในผลึกของซิลิคอน เซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผ่นหรือเซลล์จะให้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 0.5 โวลต์ ส่วนกระแสไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความสว่างของแสงและขนาดของเซลล์ โดยปกติเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 4 นิ้ว ได้รับแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงวันจะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 2 แอมป์ (วัฒนา ถาวร.2540 : 4)

เซลล์แสงอาทิตย์เมื่อถูกแสงแดดจะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา เป็นเซลล์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรง บางทีเรียกว่า โซลาร์แบตเตอรี่ (solar battery) เซลล์แสงอาทิตย์แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย ญี่ปุ่น. 2539 : 132 – 134)

1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวของซิลิคอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวของซิลิคอน (silicon monocrytalline) ใช้ผลึกซิลิคอนมาทำรอยต่อ P N บนแผ่นเวเฟอร์ชนิด N และใช้สาร B (boron) แพร่ซึมลงไปเพื่อทำชั้น P ที่มีความหนาในระดับ μm เพื่อไม่ให้แสงสะท้อนกลับ บนผิวของรอยต่อนี้จะคลุมด้วยชั้นซิลิคอนออกไซด์ (silicon oxide : SiO_2) เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านชั้น SiO_2 และชั้น P เข้าไปที่รอยต่อ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งออกจากอะตอมและเกิดโฮลขึ้นที่ตรงบริเวณรอยต่อ P N ก่อนที่จะถูกแสง โฮลในชั้น P และอิเล็กตรอนในชั้น N จะแพร่กระจายออกและรวมตัวกัน บริเวณที่เกิดการรวมตัวกันนี้จะไม่มีประจุใดๆ อยู่เลย และเรียกชั้นนี้ว่า ดีพลีทชั่นเลเยอร์ (depletion layer) ในชั้น P เมื่อโฮลเคลื่อนตัวออกไปจะเกิดอิออนลบ ส่วนที่ชั้น N จะเกิดอิออน บวก อิออนทั้งคู่นี้จะสร้างสนามไฟฟ้าขึ้นที่ตรงบริเวณรอยต่อ

เมื่อแสงอาทิตย์มากระทบตรงบริเวณรอยต่อจนทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้น สนามไฟฟ้าจะดึงอิเล็กตรอนให้วิ่งไปสู่ขั้วบวกทางด้านชั้น N ส่วนโฮลจะวิ่งไปสู่ขั้วลบที่อยู่ในชั้น P และเมื่อต่อเชื่อมชั้น N และ P ด้วยสายนำไฟฟ้า จะเกิดการวิ่งของอิเล็กตรอนจาก N ไป P หรือกระแสไฟฟ้าจะวิ่งจาก P ไป N เช่นเดียวกันกับการทำงานของแบตเตอรี่

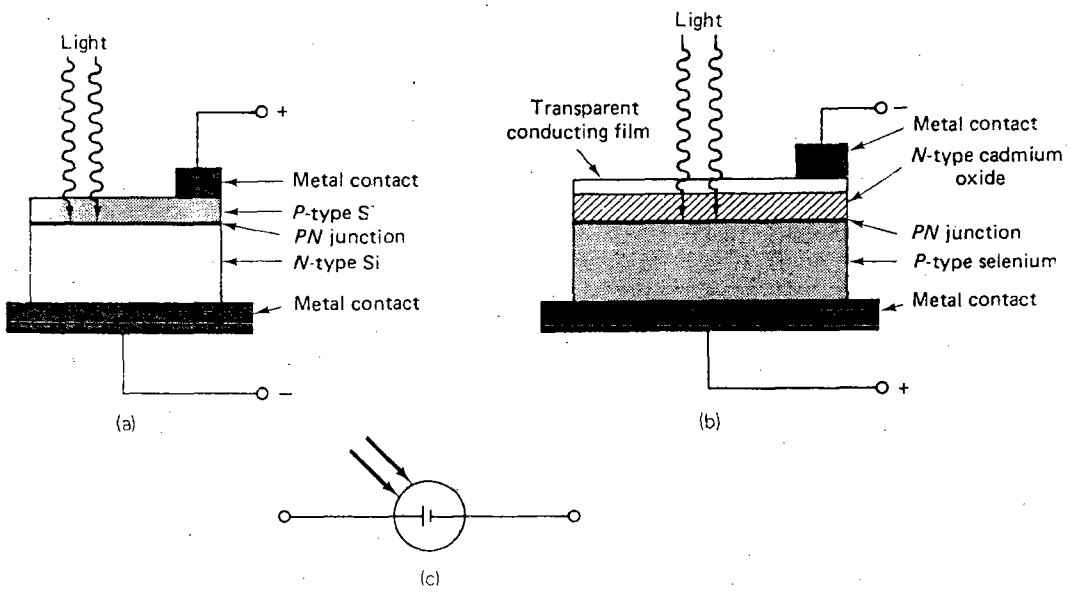
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน 1 เซลล์ จะให้แรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจรประมาณ 0.45 โวลต์ มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 13 ซึ่งในทางทฤษฎีมีประสิทธิภาพสูงสุดได้ร้อยละ 22 และขนาดพื้นผิวของเซลล์ 1 ตารางเมตรจะให้กำลังไฟฟ้าได้ 100 วัตต์ จึงนิยมนำไปใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับสถานีวิทยุที่อยู่ห่างไกล ประภาคารในทะเล หรือสถานีตรวจสอบสภาพอากาศที่ไม่มีคนควบคุม เป็นต้น

1.2 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (amorphous silicon solar cell) แตกต่างกับเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวของซิลิคอนตรงที่เซลล์อะมอร์ฟัสซิลิคอนไม่เป็นผลึก และการเรียงตัวของโมเลกุลไม่เป็นระเบียบ จึงเกิดเป็นชั้นหรือผิวซิลิคอนที่ไม่มีคุณสมบัติเป็นผลึก การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้เริ่มจากการฉาบผิวแผ่นแก้วด้วยอินเดียมออกไซด์เพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าชนิดโปร่งใส ซึ่งแสงสามารถทะลุผ่านได้ จากนั้นฉาบผิวด้วยก๊าซ monosilane (SiH_4) ด้วยกรรมวิธี glow discharge สร้างชั้นของ อะมอร์ฟัสซิลิคอน ขึ้น 3 ชั้น คือชั้น P, I และ N แสดงดังภาพประกอบ 1 ซึ่งด้านบนจะฉาบด้วยอลูมิเนียมเพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้า

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ชนิดผลึกเดี่ยวของซิลิคอนจะมีราคาถูกกว่ามาก นอกจากนั้นมีความไวต่อแสงขนาดความยาวคลื่นต่ำดีกว่าสามารถ

ใช้กับแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ จึงนิยมใช้กับเครื่องคิดเลข เครื่องเล่นเกม วิทยุแสงอาทิตย์ เป็นต้น ประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจะต่ำกว่าชนิดเซลล์ผลึกเดี่ยวของซิลิคอนตามทฤษฎีจะได้ประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 12 แต่ในปัจจุบันสามารถทำได้ร้อยละ 10.2



ภาพประกอบ 1 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเซลล์แสงอาทิตย์

(Michael.1987 :131)

1.3 เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแกลเลียมอาร์เซไนด์

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดแกลเลียมอาร์เซไนด์ (gallium arsenide : GaAs) เป็นเซลล์ที่เกิดจากการสร้างชั้น P บนฐานซิลิคอน GaAs ชนิด N และสร้างชั้น P ชนิด แกลเลียมอลูมิเนทอาร์เซไนด์ (gallium aluminate arsenide : GaAlAs) เซลล์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้สูงกว่าร้อยละ 20 สามารถใช้ในสภาวะอุณหภูมิสูงกว่า 200 องศาเซลเซียส นำไปใช้งานบนยานอวกาศที่มีรังสี และมีความทนทานมาก จึงนิยมใช้กับดาวเทียม แต่เซลล์ชนิดนี้มีราคาแพง

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ผู้วิจัยมีความคิดว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีความเหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ เนื่องจากมีราคาถูก มีความไวต่อแสงขนาดความยาวคลื่นต่ำได้ดี สามารถใช้กับแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ และมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานซึ่งในปัจจุบันสามารถทำได้ร้อยละ 10.2

2. ความเข้มของแสงอาทิตย์

ความเข้มของแสงอาทิตย์ หรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง (intensity of illumination) หมายถึง ปริมาณของแสง (luminous flux) ที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิววัตถุนั้นในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็น ลูเมน (วัฒนา ถาวร. 2540 : 27)

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง สามารถวัดค่าได้ตามความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) กำลังส่องสว่างหรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับ 1/60 ของความเข้มแห่งการส่องสว่างต่อ ตารางเซนติเมตรบนทุกๆ พื้นผิวของวัตถุดำที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำขาว ภายใต้ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 8)

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุด และอยู่ห่างจากโลกเป็นระยะทางเฉลี่ย 1.5×10^{8} กิโลเมตร แสงจากดวงอาทิตย์เดินทางมาถึงโลกประมาณ 8 วินาที หรือเดินทางจากดวงจันทร์มาถึงโลกประมาณ 1.28 วินาที ดวงอาทิตย์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.39×10^{6} กิโลเมตร หนัก 2.2×10^{27} ตัน หมุนรอบตัวเองด้วยอัตรา 1 รอบต่อ 28 วัน ให้พลังงานมานานกว่า 300 ล้านปีที่แล้วมา และคาดว่า อีก 300 ล้านปีต่อไป ดวงอาทิตย์ยังคงจะให้พลังงานออกมาด้วยอัตราใกล้เคียงกันกับที่ให้อยู่ในปัจจุบัน ดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานออกมาทั้งหมดใน อัตรา 3.83×10^{23} กิโลวัตต์ และจากปริมาณดังกล่าวจะมีส่วนที่ตกกระทบมายังผิวโลกด้วยอัตรา 1.79×10^{14} กิโลวัตต์ (วัฒนา ถาวร. 2540: 1)

3. การส่องสว่าง

แสง คือ การเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) มีความถี่ของคลื่นระหว่าง 4×10^{14} ถึง 7×10^{14} เฮิรตซ์ (hertz) ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ตามนุษย์มองเห็น แสงมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น จากดวงอาทิตย์ จากวัตถุที่มีความร้อนสูง ดังเช่น ไส้ของหลอดไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน เป็นต้น (Hyde. 1994 : 102) และแสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีลักษณะเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ได้ ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นเป็นสีต่างๆ ได้ ขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นแสงที่ตกกระทบดวงตา (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 1) แสงทำให้เกิดแสงสว่างช่วยให้มนุษย์มองเห็นสิ่งต่างๆ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงนั้นๆ สามารถอธิบายการส่องสว่าง (illumination) ได้ดังต่อไปนี้

3.1 กฎการส่องสว่าง

กฎของการส่องสว่าง (laws of illumination) เป็นข้อกำหนดที่เกิดขึ้นจากความต้องการที่จะทราบปริมาณของแสงสว่างที่ตกลงบนพื้นที่หนึ่งๆ แต่กฎที่จะกล่าวถึงเป็นกฎที่เกี่ยวข้องกับวิธีการคำนวณแบบจุดต่อจุด (point by point method) กฎของการส่องสว่างที่สำคัญมีดังนี้

3.1.1 ปริมาณแห่งการส่องสว่างจะแปรผันตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่าง ปริมาณแห่งการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่างจะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามความเข้มแห่งการส่องสว่าง คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่างมาก ค่ากำลังส่องสว่างจะมากตามไปด้วย หรือถ้าความเข้มแห่งการส่องสว่างน้อยกำลังการส่องสว่างน้อยลง (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 143)

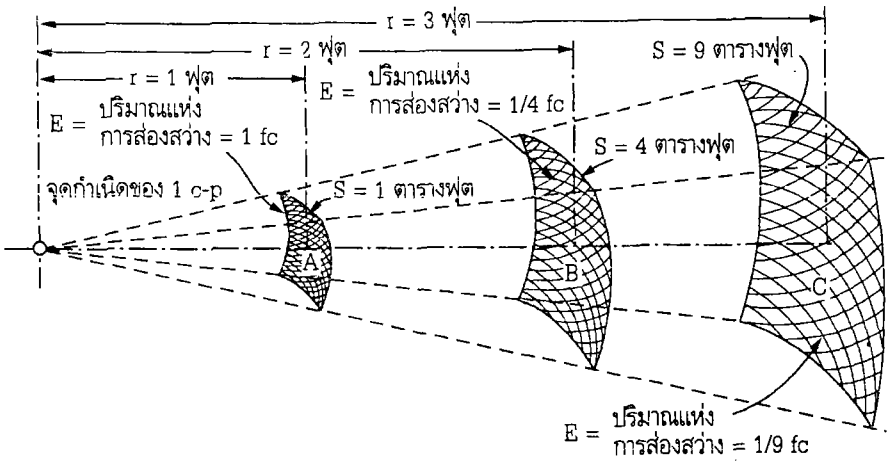
เขียนเป็นสมการได้คือ

$$E \propto I \qquad (3-1)$$

เมื่อ E = ปริมาณแห่งการส่องสว่าง(กำลังส่องสว่าง)

I = ความเข้มแห่งการส่องสว่าง

3.1.2 กฎกำลังสองผกผัน กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) สามารถทราบค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของแสงสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นที่หรือวัตถุจะแปรผันตรงกับกำลังการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดที่รองรับแสงหรือจุดที่แสงตกกระทบ ดังภาพประกอบ 2 (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 145)



ภาพประกอบ 2 แสดงการตกกระทบของแสงตามกำลังสองผกผัน
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 144)

จากภาพประกอบ 2 กล่าวได้ว่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง ณ จุดๆ หนึ่งจะเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดหรือพื้นผิวของวัตถุที่รองรับแสง สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$I \propto \frac{1}{r^2} \qquad (3-2)$$

เมื่อ r = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดหรือพื้นผิวของวัตถุที่รองรับแสงสว่าง ถ้ามีการเปลี่ยนระยะทางของวัตถุหรือจุดรองรับแสงใหม่ โดยให้ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างเดิม จะสามารถหาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างใหม่ได้ดังนี้

$$I_1 \propto \frac{1}{r_1^2} \qquad (3-3)$$

หรือ

$$I_1 = \frac{K_1}{r_1^2} \qquad (3-4)$$

และ

$$I_2 \propto \frac{1}{r_2^2} \qquad (3-5)$$

หรือ

$$I_2 = \frac{K_2}{r_2^2} \qquad (3-6)$$

เมื่อกำหนดให้

I_1 = ความเข้มแห่งการส่องสว่างครั้งแรก

I_2 = ความเข้มแห่งการส่องสว่างครั้งหลัง

r_1 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างถึงจุดที่วัตถุรองรับแสงสว่างครั้งแรก

r_2 = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงสว่างถึงจุดที่วัตถุรองรับแสงสว่างครั้งหลัง

K_1 = ค่าคงที่ของแสงสว่างของการส่องสว่างครั้งแรก

K_2 = ค่าคงที่ของแสงสว่างของการส่องสว่างครั้งหลัง

เนื่องจากค่าคงที่ของแสงสว่างของการส่องสว่างเป็นค่ากำเนิดแสงอันเดียวกัน ดังนั้น $K_1 = K_2$

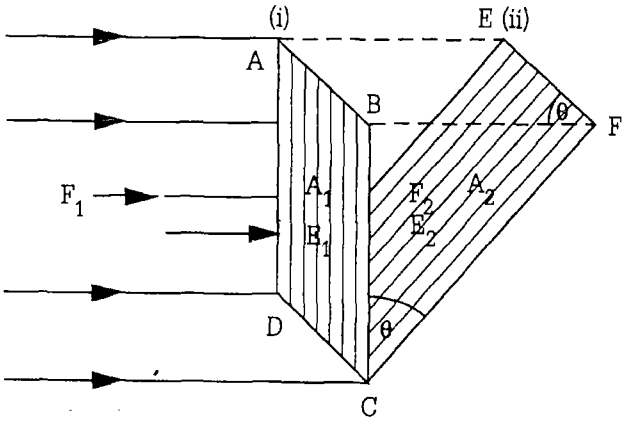
$$K_1 = I_1 \times r_1^2 \qquad (3-7)$$

$$I_1 \times r_1^2 = I_2 \times r_2^2 \qquad (3-9)$$

$$K_2 = I_2 \times r_2^2 \qquad (3-8)$$

3.1.3 กฎโคไซน์ของแลมเบิร์ต (Lambert's cosine law) กฎโคไซน์ของแลมเบิร์ตกล่าวไว้ว่า ปริมาณแห่งการส่องสว่างจะแปรผันไปตามค่า cosine ของมุมที่เปลี่ยนจากแนวตั้งฉากหรือมุมที่เอียงไปจากแนวตั้งฉาก สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_2 = E_1 \cos \theta \qquad (3 - 10)$$



ภาพประกอบ 3 แสดงลักษณะของแผ่นรองรับแสงสว่างที่เอียงออกไปรับแสงสว่างจากแนวตั้งฉากเป็นมุม θ

(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 145)

กำหนดให้

E_1 = ปริมาณแห่งการส่องสว่าง ณ จุดเริ่มแรก

E_2 = ปริมาณแห่งการส่องสว่างเมื่อฉากเอียงออกไปรับแสง

$\cos \theta$ = มุมที่เอียงจากแนวตั้งฉากเพื่อไปรับแสง

F_1 = ปริมาณแสงสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงไปตกลงบนฉากที่ตั้งฉาก

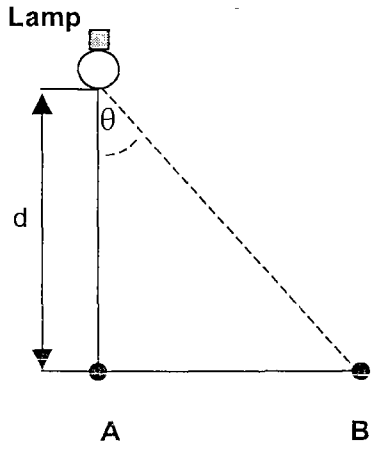
F_2 = ปริมาณแสงสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงไปตกลงบนพื้นที่ที่เอียงไปรับแสง

A_1 = พื้นที่รองรับแสงสว่างที่อยู่ในแนวตั้งฉาก

A_2 = พื้นที่รองรับแสงสว่างที่เอียงไปรับแสงจากแนวตั้งฉาก

จากกฎกำลังสองผกผัน ใช้ได้เฉพาะแสงที่ส่องมาโดยตรงเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าแสงส่องมากระทบพื้นผิวที่ตั้งฉากกับจุด A แต่ถ้าแสงส่องไปกระทบพื้นผิวที่ไม่เป็นมุมฉาก เช่นที่จุด B สมการจะเป็นไปตามกฎของแลมเบิร์ตโคไซน์ ที่กล่าวว่า กำลังส่องสว่างเป็นปฏิภาคโดยตรงกับโคไซน์ (cosine) ของมุมที่ผิววัตถุเอียงไปจากแนวตั้งฉากกับรังสีของแสง (วัฒนา ถาวร. 2540 : 29 - 34)

$$E = \frac{I \times Co \sin \theta}{D^2} \qquad (3-11)$$



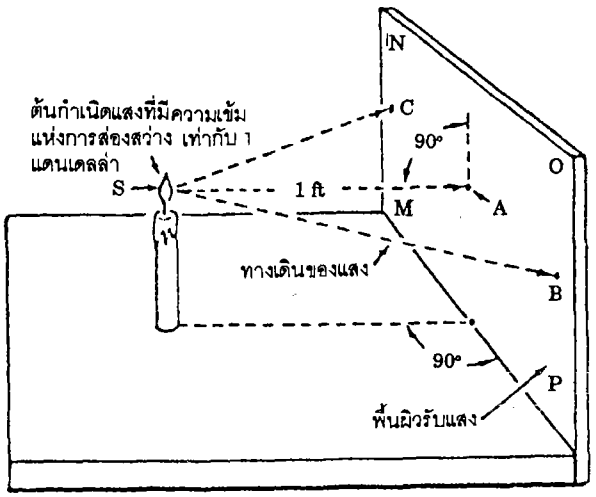
ภาพประกอบ 4 แสดงแสงที่ส่องไปกระทบพื้นผิวที่ไม่เป็นมุมฉาก
(วัฒนา ถาวร. 2540 : 34)

กำหนดให้	E	=	กำลังส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุต - เทียน
	L	=	ความเข้มแห่งการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น แคนเดล่า (กำลังเทียน)
	D	=	ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดรับแสง
	θ	=	มุมที่เกิดขึ้น

3.2 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Intensity of Illumination) บนผิววัตถุใดๆ คือ ปริมาณของแสงที่ตกกระทบตั้งฉากบน 1 หน่วยพื้นที่ผิววัตถุใน 1 วินาที (วัฒนา ถาวร. 2540 : 29 -34) หรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง สามารถวัดค่าได้ตามความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) กำลังส่องสว่าง

หรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับ 1/60 ของความเข้มแห่งการส่องสว่างต่อตารางเซนติเมตรบนทุกๆ พื้นผิวของวัตถุดำที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำขาว ภายใต้ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 8)



ภาพประกอบ 5 แสดงความเข้มแห่งการส่องสว่างขนาด 1 ฟุต – เทียน
(วัฒนา ถาวร. 2540 : 28)

กำหนดให้ ϕ หรือ L = ปริมาณของแสง(luminous flux) ที่ตกตั้งฉากลงบนหน่วยพื้นที่ผิววัตถุในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็น ลูเมน

A = พื้นที่ ณ บริเวณที่แสงตกกระทบ มีหน่วยเป็นตารางฟุตหรือตารางเมตร

I = ความเข้มแห่งการส่องสว่างบนผิววัตถุ มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางฟุต หรือต่อตารางเมตร

$$I = \frac{\phi}{A} \qquad (3-12)$$

หรือ $$I = \frac{L}{A} \qquad (3-13)$$

หรือ $$I = \frac{E}{R^2} \qquad (3-14)$$

3.3 หน่วยความเข้มแห่งการส่องสว่าง ระบบ SI (The International System unit) หน่วยความเข้มแห่งการส่องสว่างระบบ SI มีข้อกำหนดดังต่อไปนี้คือ

ถ้ากำหนดให้ E หรือ P เป็นกำลังเทียน R เป็นฟุต I จะมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ ฟุต – เทียน

ถ้ากำหนดให้ E หรือ P เป็นกำลังเทียน R เป็นเมตร I จะมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ เทียน – เมตร หรือ ลักซ์ (Lux)

ถ้ากำหนดให้ E หรือ P เป็นกำลังเทียน R เป็นเซนติเมตร I จะมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเซนติเมตร หรือ ฟอต (phot)

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุต – เทียน หรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต คือความเข้มแห่งการส่องสว่างที่จุดหนึ่ง ซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟ 1 กำลังเทียน เป็นระยะทาง 1 ฟุต

ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 ลักซ์ หรือ 1 เทียน – เมตร หรือ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร คือความเข้มแห่งการส่องสว่างที่จุดหนึ่ง ซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟ 1 กำลังเทียน เป็นระยะทาง 1 เมตร

หน่วยของความเข้มแห่งการส่องสว่างสรุปได้ดังนี้คือ (วัฒนา ถาวร. 2540 : 28)

1 ฟุต – เทียน	=	1 ลูเมนต่อตารางฟุต			
1 เทียน – เมตร	=	1 ลูเมนต่อตารางเมตร	=	1	ลักซ์
หรือ 1 เทียน – เมตร	=	1 ลูเมนต่อตารางเซนติเมตร	=	1	ฟอต
1 ลักซ์	=	0.0929 ฟุต – เทียน			

3.3.1 แคนเดลา (candela) เป็นหน่วยกำลังเทียนมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน โดยเริ่มใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2498 กำลังส่องสว่างหรือความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา คือกำลังส่องสว่างที่มีค่าเท่ากับ 1/60 เท่าของกำลังส่องสว่างที่เปล่งออกมาทั้งหมด จากพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรของทองคำขาว (platinum) ณ อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำขาว (frezing temperature) คือ 2,046 องศาเคลวิน (วัฒนา ถาวร. 2540 : 25)

3.3.2 ลูเมน (lumen) หรือปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง ใช้สำหรับการบอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน โดยบอกในรูปของปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น เช่น ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุด และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทาง มีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆ 1 ตารางหน่วยพื้นที่ที่ผิวของทรงกลม จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน ถ้าพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลม จะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน

3.3.3 ฟุตแคนเดิล (footcandle)ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุด และมีค่ากำลังส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกๆ ทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 ฟุต และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงบนทุกๆ 1 ตารางฟุต บนพื้นที่ผิวของทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิล หรือเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต ปริมาณแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล มีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์

3.3.4 ลักซ์ (lux) ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุด และมีค่ากำลังส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกๆ ทิศทาง มีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 เมตร และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงบนทุกๆ 1 ตารางเมตร บนพื้นที่ผิวของทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือเท่ากับ 1 ลูเมน ต่อตารางเมตร

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีด้วยกัน 2 แบบ คือ ฟุตแคนเดิลมิเตอร์ (footcandlemeter) และลักซ์มิเตอร์ (luxmeter) สำหรับการวัดค่าปริมาณของแสง (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 8 - 9)

4. การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (DC to AC conversion) เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เรียกว่า อินเวอร์เตอร์ (inverters) และอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงนั้น เรียกว่า คอนเวอร์เตอร์ (converters) โดยอินเวอร์เตอร์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ แรงดันไฟฟ้า (output voltage) และความถี่ (output frequency) เอาต์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่ใช้งานโดยทั่วไปพบว่าเป็นชนิด สวิตช์โหมดอินเวอร์เตอร์ โดยมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร (switched) เป็นอุปกรณ์ชนิดเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) ทำหน้าที่สร้างคลื่นสัญญาณไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ให้เป็นคลื่นไฟฟ้ารูปสาม เหลี่ยม ที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักดิ์ไฟฟ้าให้คล้ายกับไฟฟ้ากระแสสลับอย่างต่อเนื่อง และให้มีคุณภาพที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานกับโหลด (load) แต่สิ่งที่สำคัญต้องพิจารณาคือ สัญญาณซายน์เวฟ (sinewave) ของความถี่ใดความถี่หนึ่งนั้นต้องการให้มีความสูญเสียของสัญญาณที่มีผลมาจากคลื่น ฮาร์โมนิก (harmonics) น้อยที่สุด ในส่วนของสวิตช์โหมดอินเวอร์เตอร์ จะมีคลื่นฮาร์โมนิกเกิดขึ้นเสมอ เพราะว่ารูปคลื่นของสัญญาณที่ได้ออกมาจะเป็นสัญญาณคล้ายรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก (rectangular wave forms) ที่มีลักษณะเป็นสัญญาณดิจิตอล (digital) วิธีที่จะทำให้ได้รูปคลื่นของสัญญาณคล้ายกับสัญญาณซายน์เวฟนั้น

เรียกว่า พัลส์แอมปลิจูดมอดูเลชั่น (pulse amplitude modulation) หรือเรียกย่อว่า PAM หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า พัลส์วิดท์มอดูเลชั่น (pulse width modulation) หรือเรียกย่อว่า PWM

วงจรอินเวอร์เตอร์แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ สวิตซ์โหมดอินเวอร์เตอร์ และเรสโซแนนท์อินเวอร์เตอร์ ดังอธิบายต่อไปนี้

4.1 สวิตซ์โหมดอินเวอร์เตอร์ (switch mode inverter) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

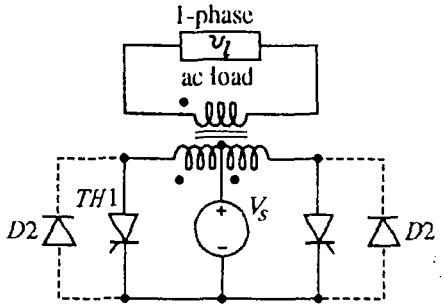
4.1.1 voltage – type inverter คืออินเวอเตอร์ชนิดที่มีแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าคงที่และสร้างคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับโดยมีแรงดันไฟฟ้าคงที่เช่นกัน แต่กระแสไฟฟ้าที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลง มีค่าของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดไม่คงที่ โดยทั่วไปอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้จะนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก

4.1.2 current – type inverter คืออินเวอร์เตอร์ชนิดที่มีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าคงที่ตลอดเวลาและสร้างคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับโหลดคงที่ โดยแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลง อินเวอร์เตอร์ชนิดนี้กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดจะมีค่าคงที่ ส่วนใหญ่นำไปใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสำหรับระบบการขับเคลื่อนกำลังขนาดใหญ่

4.2 เรสโซแนนท์อินเวอร์เตอร์

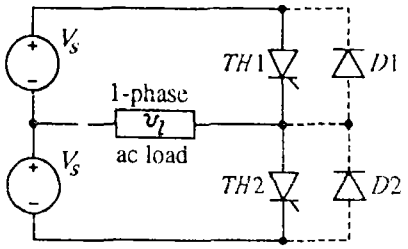
ถ้าต้องการอินเวอร์เตอร์ที่มีคุณภาพสูงไม่มีคลื่นฮาร์โมนิก โดยการใช้อินเวอร์เตอร์ชนิดเรสโซแนนท์ (resonance inverter) แทนสวิตซ์โหมดอินเวอร์เตอร์ ด้วยวิธีการสร้างคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับด้วยการเรสโซแนนท์พลังงานระหว่างตัวเก็บประจุ (capacitor) ร่วมกับขดลวดเหนี่ยวนำ (inductor) ที่ความถี่ของคลื่นที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ได้รูปสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับออกมาเป็นคลื่นรูปซายน์เวฟที่ดี

ในทางปฏิบัติวงจรอินเวอร์เตอร์จะใช้อุปกรณ์ชนิดเซมิคอนดักเตอร์ทำหน้าที่ตัดและต่อกระแสไฟฟ้าของวงจรเพื่อทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการสวิตซ์แต่ละตัว จะนำกระแสไฟฟ้าในขณะที่ได้รับการไบอัสในช่วงเวลาที่กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นกระแสบวก (positive bias) และหยุดนำกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลาที่กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นกระแสลบ วงจรอินเวอร์เตอร์แสดงดังภาพประกอบ 6 ซึ่งเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ



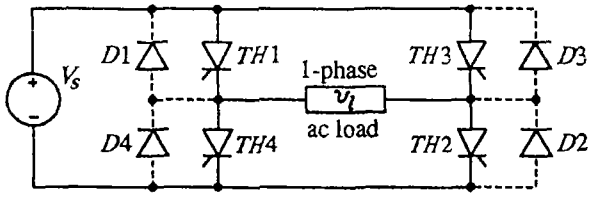
ภาพประกอบ 6 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดเซนเตอร์แทรปทรานฟอเมอร์

(Ramshaw. 2537 : 54)



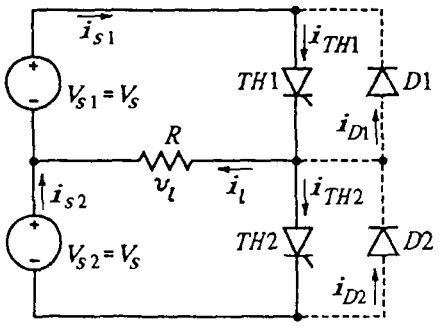
ภาพประกอบ 7 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเซนเตอร์แทรปแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าครึ่งคลื่น

(Ramshaw. 2537 : 54)



ภาพประกอบ 8 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์สำหรับเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิดแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเฟสเดี่ยวเต็มคลื่น

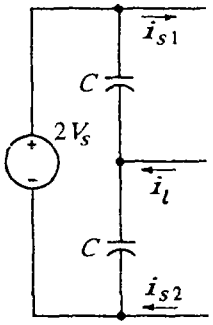
(Ramshaw. 2537 : 54)



ภาพประกอบ 9 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดเซนเตอร์แทปแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้าเฟสเดี่ยว มีความต้านทานเป็นโหลด

(Ramshaw. 2537 : 55)

จากภาพประกอบ 9 อธิบายวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดเฟสเดี่ยว (single phase inverter) มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าชนิดเซนเตอร์แทรป และมีเป็นความต้านทานเป็นโหลด แต่ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่เป็นชนิดเซนเตอร์แทรป ซึ่งสามารถแทนได้ดังภาพประกอบ 10

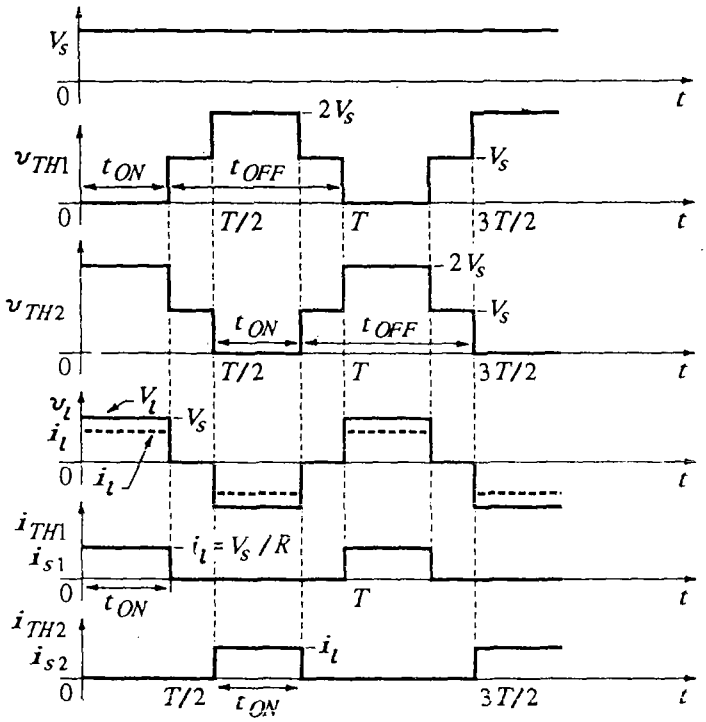


ภาพประกอบ 10 วงจรเสมือนของอินเวอร์เตอร์ชนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชนิดโหลดความต้านทาน

(Ramshaw. 2537 : 55)

จากภาพประกอบ 10 จะพบว่ามีตัวคาปาซิเตอร์อยู่ในวงจรทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้า (voltage divider) จะต้องมีค่าความจุมากๆ และต้องมีค่าแรงดันไฟฟ้าอย่างน้อยเท่ากับค่าของการนำกระแสไฟฟ้าในวงจร วงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันดี ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์ชนิดเฟสเดี่ยวครึ่งคลื่น (single phase half bridge inverter)

ในวงจรโดยรวมจะพบว่ามีวงจรสร้างคลื่นสัญญาณ 2 ส่วน และมีโหลดเป็นความต้านทาน วงจรสร้างคลื่นสัญญาณส่วนแรกประกอบด้วย V_{S1}, TH1 และ R วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าช่วงบวก คือ v_l เพื่อจ่ายให้กับโหลด ส่วนวงจรสร้างคลื่นสัญญาณส่วนที่ 2 ประกอบด้วย V_{S2}, TH2 และ R วงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ปรับแรงดันไฟฟ้าช่วงลบ คือ v_l เพื่อจ่ายให้กับโหลด



ภาพประกอบ 11 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับด้วยโหลดความต้านทาน

(Ramshaw. 2537 : 55)

จากภาพประกอบ 11 ถ้าการสร้างสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับโดยให้เปิดวงจรในช่วงเวลา t_{ON} ของคาบเวลา T แต่เฟสของสัญญาณจะต่างกัน 180 องศา ซึ่งอยู่ในช่วงครึ่งหนึ่งของคาบเวลา T คือมีค่าเท่ากับเวลา T/2 ตัวไทริสเตอร์ในวงจรต้องมีความสามารถทนต่อแรงดันไฟฟ้าในช่วงที่นำกระแสไฟฟ้าถึง 2 เท่า จะต้องมีค่าเท่ากับ $V_{S1} + V_{S2}$ และต้องมีความสามารถทนกับกระแสไฟฟ้าได้เท่ากับครึ่งหนึ่งของกระแสวงจรโหลด

ที่จุดเริ่มต้นการทำงานของวงจรไทริสเตอร์ทั้งคู่จะหยุดนำกระแส ไทริสเตอร์ TH1 เริ่มต้นนำกระแสที่เวลา t = 0 มันจะนำกระแสให้กับโหลดตลอดเวลาของช่วงเวลา t_{ON} และจากช่วงเวลา t_{ON} จะหยุดนำกระแส ที่ช่วงเวลา t = T/2 เป็นช่วงเวลาครึ่งหนึ่งของคาบเวลา 1 รอบ

ในการทำงานของ วงจรสวิตช์ ดังนั้นคาบเวลา T = 1 / f โดยที่ f คือความถี่ในการนำกระแสและหยุดนำกระแสของวงจรไทริสเตอร์แต่ละตัว เมื่อหมดช่วงเวลา t_{ON} ไทริสเตอร์ TH1 เริ่มหยุดนำกระแส และไทริสเตอร์ TH2 จะเริ่มนำกระแสในช่วงเวลาที่กระแสในวงจรเป็นกระแสลบ (reverse current) จะนำกระแสไปตลอดช่วงเวลา t_{ON} จนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลา t_{ON} จึงหยุดการนำกระแส ไทริสเตอร์ TH1 และ TH2 จะหยุดพักการนำกระแสชั่วครู่ในช่วงของเวลา T และเมื่อถึงช่วงเวลา t = T วงจรจะเริ่มทำงานอีกครั้ง ไทริสเตอร์ TH1 เริ่มทำงานอีกในช่วงเวลา t_{ON} ถัดไป แรงดันไฟฟ้าที่ได้ คือ v_l จะมีลักษณะสัญญาณเป็นกระแสสลับที่มีรูปคลื่นเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก มีขนาดแรงดันไฟฟ้าตามขนาดของแหล่งกำเนิด คือ V_S ดังนั้น เมื่อโหลดเป็นชนิดความต้านทาน กระแสไฟฟ้าที่ได้ หรือ i_l จะเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสสลับที่มีรูปคลื่นเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก และมีเฟสเหมือนกับ v_l และมีขนาดเท่ากับ V_S / R

ถ้าโหลดเป็นขดลวดเหนี่ยวนำ L การเตรียมทางผ่านของกระแสโหลดนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ เมื่อไทริสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งหยุดการนำกระแส ในช่วงนี้ที่ไทริสเตอร์หยุดนำกระแสจะมีผลกระทบขึ้นกับกระแสโหลดในช่วงระยะเวลาสั้นๆ และจะมีแรงดันไฟฟ้ากระชาก (voltage spike) เกิดขึ้นคือ Ldi_l/dt ซึ่งจุดนี้สามารถสร้างความเสียหายกับอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ มีวิธีป้องกันที่ง่ายที่สุดคือการเอาพลังงานที่สะสมไว้ ($Li_l^2/2$) ออกจากขดลวดเหนี่ยวนำหลังจากการควบคุมการ สวิตช์ให้หยุดทำงาน โดยใช้ไดโอด (diode) มาต่อเข้ากับไทริสเตอร์ ให้ทิศทางการนำกระแสของไดโอดสวนทางกับทิศทางการนำกระแสของไทรีสเตอร์ แสดงดังภาพประกอบ 9 ดังนั้น เมื่อไทริสเตอร์ TH1 หยุดการนำกระแส โหลดที่เป็นขดลวดเหนี่ยวนำจะป้องกันกระแสโหลด i_l ไม่ให้ทำความเสียหายขึ้นกับโหลด ในทำนองเดียวกันแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า Vs_2 และโหลด R มีไดโอด D2 เป็นทางผ่านของกระแสและดูดซับพลังงานจากขดลวดเหนี่ยวนำในช่วงเวลา $t_{ON} < t < T/2$ และไดโอด D1 เป็นทางผ่านของกระแสในช่วงเวลาที่ไทริสเตอร์ TH2 หยุดการนำกระแส

สิ่งที่สำคัญของอินเวอเตอร์คือการมอดดูเลทไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงไปให้โหลด ซึ่งมีองค์ประกอบอยู่ 2 ประการคือ ความถี่ของการกำเนิดสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคล่อมโหลด ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถควบคุมได้โดยอัตราการสวิตช์ของไทริสเตอร์ ถ้าระยะเวลาในการสวิตช์ของไทริสเตอร์คือ t = T วินาที ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับในวงจรมีค่าเท่ากับ

$$f = \frac{1}{T} Hz \qquad (4-1)$$

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับค่าของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (rms value) จะต้องนำมาพิจารณาด้วย เพราะว่าค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นเสมือนค่าความร้อนของไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับการใช้งานที่ต้องการสัญญาณคลื่นที่ใกล้เคียงกับคลื่นซายน์เวฟ รูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าจากภาพประกอบ 11 ซึ่งไม่เป็นคลื่นซายน์เวฟ แต่เป็นต้นกำเนิด (fundamental sinewave) ของคลื่นซายน์เวฟที่มีความถี่ของคลื่นคือ f แต่มันจะมีคลื่นฮาร์โมนิกเกิดขึ้นพร้อมๆ กันอีก เป็นความถี่ที่ 3f, 5f และ 7f เป็นต้น ความถี่ฮาร์โมนิกจะถูกกรองออกด้วยอุปกรณ์ LC ที่ความถี่ต่ำๆ ค่าใช้จ่ายในการกรองความถี่ออกจะมีราคาแพง เพราะว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ จึงได้มีแนวทางอย่างอื่นที่จะทำให้รูปร่างของคลื่นให้มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่นในแนวความคิด ซึ่งมีอยู่ 2 แนวทางด้วยกันคือ แนวทางแรกโดยใช้วิธีการในการสวิตซ์ที่มีชื่อเรียกว่า พัลส์วิดท์มอดดูเลชั่น หรือ PWM ซึ่งจะได้รูปคลื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปคลื่นซายน์เวฟ และแนวทางที่สองคือ ใช้วิธีการเรสโซแนนท์ จะทำให้การผลิตสัญญาณรูปซายน์เวฟมีรูปคลื่นที่ดีมาก

สำหรับในที่นี้จะพิจารณาทบทวนการทำงานพื้นฐานของวงจรสวิตซ์เพื่อเป็นแนวทางนำไปพัฒนาปรับปรุงและออกแบบวงจรให้มีคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์และการคำนวณถึงการกำเนิดรูปคลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์ และด้วยเหตุผลที่ต้องการจะลดหรือกำจัด คลื่นฮาร์โมนิกให้หมดไป จึงต้องทำการวิเคราะห์เรื่องฮาร์โมนิกเป็นส่วนสำคัญ ตัวประกอบดังกล่าวคือ ฮาร์โมนิกแฟกเตอร์ (harmonic factor) หรือ HF ซึ่งใช้สำหรับการคำนวณหาค่าของคลื่นฮาร์โมนิก

$$HF = \frac{V_l n}{V_{l1}} \qquad (4-2)$$

เมื่อ V_{l1} คือค่าของอุปกรณ์ต้นกำเนิด

$V_l n$ คือค่าจำนวนเท่าฮาร์โมนิก

ดังนั้น ฮาร์โมนิกแฟกเตอร์ HF มาตราฐานของอุปกรณ์ต้นกำเนิด ที่ต้องการให้มีค่าต่ำแรงดันไฟฟ้าครึ่งคลื่นเฉลี่ยที่โหลดคือ

$$V_{lav} = \frac{1}{T/2}\int_0^{T/2} v_l\,dt = \frac{1}{T/2}\int_0^{t_{on}} V_s\,dt = 2V_s\,\frac{t_{on}}{T} \qquad (4-3)$$

สามารถกำหนดดิวทรีไซเคิล m ในการสร้างคลื่นสัญญาณคือ

$$m = \frac{t_{on}}{T} \qquad (4-4)$$

เมื่อกำหนดให้ $0 \le m \le 0.5$

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในครึ่งรอบการทำงานคือ

$V_{lav} = 2mVs$

ในเทอมของค่า rms ของแรงดันไฟฟ้าที่โหลดจะเป็นดังนี้

$$V_{lrms} = \left[\frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} v_l^2 \, dt \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} v_s^2 \, dt \right]^{1/2} = \sqrt{2m} V_s \quad (4-5)$$

ในกรณีนี้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าออกจะขึ้นอยู่กับค่าของแรงดันไฟฟ้าเข้า Vs และการสวิตช์ดิวทรีไซเคิล m จะมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0 และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ Vs

กำลังงานเฉลี่ยที่โหลด ชนิดความต้านทานคือ

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v_l i_l \, dt = \frac{1}{T/2} \int_0^{t_{on}} \frac{V_s^2}{R} \, dt = 2m \frac{V_s^2}{R} = \frac{V_{lrms}^2}{R} = I_{lrms}^2 R \quad (4-6)$$

กำลังงานเฉลี่ย P_S ที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าคือ

$$P_s = \frac{1}{T} \int_0^T (V_{s1} i_{s1} + V_{s2} i_{s2}) \, dt = \frac{V_s}{T} \int_0^{t_{on}} i_l \, dt + \frac{V_s}{T} \int_{T/2}^{T/2+t_{on}} i_l \, dt \quad (4-7)$$

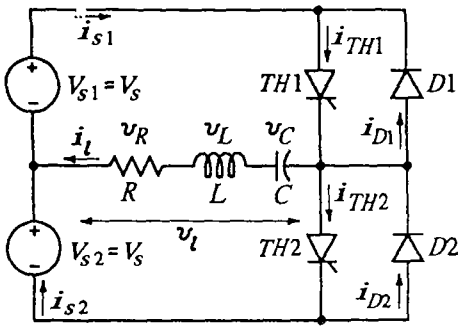
ดังนั้นจะได้

$$P_s = V_s I_{lav} = V_s \times \frac{2mV_s}{R} = \frac{2mV_s^2}{R} = \frac{V_{lrms}^2}{R} \quad (4-8)$$

ในแนวความคิดดังแสดงขั้นตอนมานี้จะกำหนดกำลังงานออกเฉลี่ย P_S ซึ่งจะเท่ากับค่ากำลังงานที่ได้จากแหล่งจ่ายกำลัง

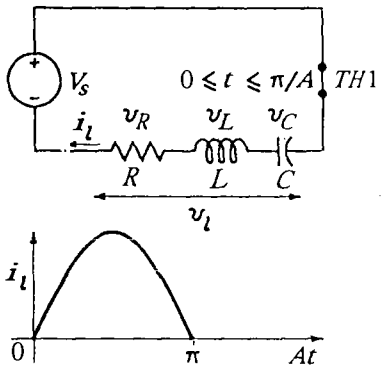
4.3 วงจรคลื่นซายน์เวฟเรสโซแนนท์ (sinewave by resonance)

คลื่นฮาร์โมนิกส่วนมากจะมีรูปคลื่นสัญญาณที่มีความผิดเพี้ยนทั้งคลื่นของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ แสดงดังภาพประกอบ 11 อย่างไรก็ตามสามารถสร้างคลื่นให้เหมือนคลื่นซายน์เวฟได้โดยการใช้วงจรเรสโซแนนท์ ซึ่งโหลดส่วนใหญ่จะเป็นชนิดอินดักแตนท์ ถ้าเพิ่มค่าของคาปาซิแตนท์เข้าไปในวงจรโหลด ดังแสดงในภาพประกอบ 12 ซึ่งจะทำให้วงจรเกิดการเรสโซแนนท์ขึ้น



ภาพประกอบ 12 แสดงวงจรซายน์เวฟชนิดบริดจ์ครึ่งคลื่นมีโหลด RLC

(Ramshaw. 2537 : 60)



ภาพประกอบ 13 แสดงวงจรเสมือนและรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าของวงจรซายน์เวฟชนิดบริดจ์ครึ่งคลื่นมีโหลด RLC

(Ramshaw. 2537 : 60)

พิจารณาการเรสโซแนนท์ของวงจรอินเวอร์เตอร์ ไทริสเตอร์ TH1 จะนำกระแส และไทริสเตอร์ TH2 หยุดนำกระแส จากภาพประกอบ 13 แสดงวงจรเสมือนของวงจรตามภาพประกอบ 12 และภาพประกอบ 13 แสดงรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่โหลด เมื่อ i_l เป็นกระแสบวก ในขณะที่ไทริสเตอร์ TH1 นำกระแส และจากกฎความสัมพันธ์แรงดันไฟฟ้าของ Kirchhoft's voltage law คือ

$$V_s = v_l = v_R + v_L + v_C \qquad (4-9)$$

จะได้ว่า

$$V_s = R_{i_l} + L\frac{di_l}{dt} + \frac{1}{C}\int i_l dt \qquad (4-10)$$

จะได้ผลลัพท์จากสมการอนุพันธ์คือ

$$i_l = \frac{V_s}{L}\frac{1}{A}e^{-Rt/2L}\sin At \qquad (4-11)$$

เมื่อในกรณีเริ่มต้นการทำงานของวงจร ค่าของ A^2 จะมีค่าเท่ากับ

$$A^2 = 1/(LC) - R^2/(4L)^2 \qquad (4-12)$$

และความเร็วเชิงมุมของการเรสโซแนนท์คือ

$$1/L\sqrt{LC} = \omega_0 \qquad (4-13)$$

โหลดจะทำงานในช่วงครึ่งคลื่นแรกของคลื่นกระแสที่มีรูปร่างของคลื่นคล้ายซายน์เวฟ ในช่วงเวลาก่อนที่ไทริสเตอร์ TH1 จะหยุดนำกระแส อุปกรณ์สวิตช์ที่เป็นเซมิคอนดักเตอร์ส่วนใหญ่จะหยุดนำกระแสเมื่อมีสัญญาณควบคุมป้อนให้ หรือตัดสัญญาณควบคุมออกจากตัวมัน ในกรณีนี้ไทริสเตอร์จะต้องมีสัญญาณควบคุมด้วย ถ้ากระแสลดลงเป็น 0 ไทริสเตอร์ จะหยุดนำกระแส ซึ่งเป็นคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ดังเช่นกระแสโหลด i_l มีค่าเป็น 0 ที่จุดสิ้นสุดของช่วงคลื่นครึ่งคลื่นอันแรก ไทริสเตอร์ TH1 ก็จะหยุดนำกระแส

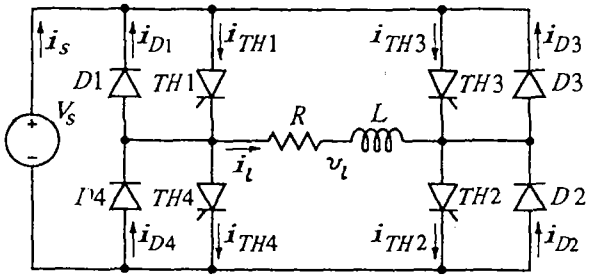
ถ้าที่จุดนี้ไทริสเตอร์ TH2 นำ โหลด RLC จะได้รับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิด Vs ในลักษณะที่สลับขั้วของความต่างศักดิ์แตกต่างไปจากเดิม (reverse polarity) กระแสไฟฟ้าที่ได้จะเหมือนเดิมแสดงดังภาพประกอบ 13 และมีค่าดังสมการของกระแสโหลด ดังสมการ (4 – 11) ยกเว้นทิศทางของกระแสจะกลับทางกัน ที่จุดสิ้นสุดของสัญญาณคลื่นครึ่งที่สองของคลื่นกระแส ไทริสเตอร์ TH2 จะหยุดนำกระแสเช่นเดิม

ในการใช้ไทริสเตอร์ ทำหน้าที่สวิตชิ่ง ที่มีความถี่เท่ากับความถี่เรสโซแนนท์ ผลลัพท์ของกระแสโหลดที่ได้จะใกล้เคียงกับรูปคลื่นซายน์เวฟมาก ซึ่งตามปกติโหลดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นความถี่ของวงจรจึงสามารถควบคุมได้โดยใช้ค่าความจุของคาปาซิเตอร์

4.4 วงจรอินเวอเตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่น

วงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่น (Single phase bridge inverter) โดยทั่วไปโหลดที่นำมาใช้กับอินเวอร์เตอร์จะประกอบไปด้วยขดลวดเหนี่ยวนำและความต้านทานเป็นส่วนใหญ่

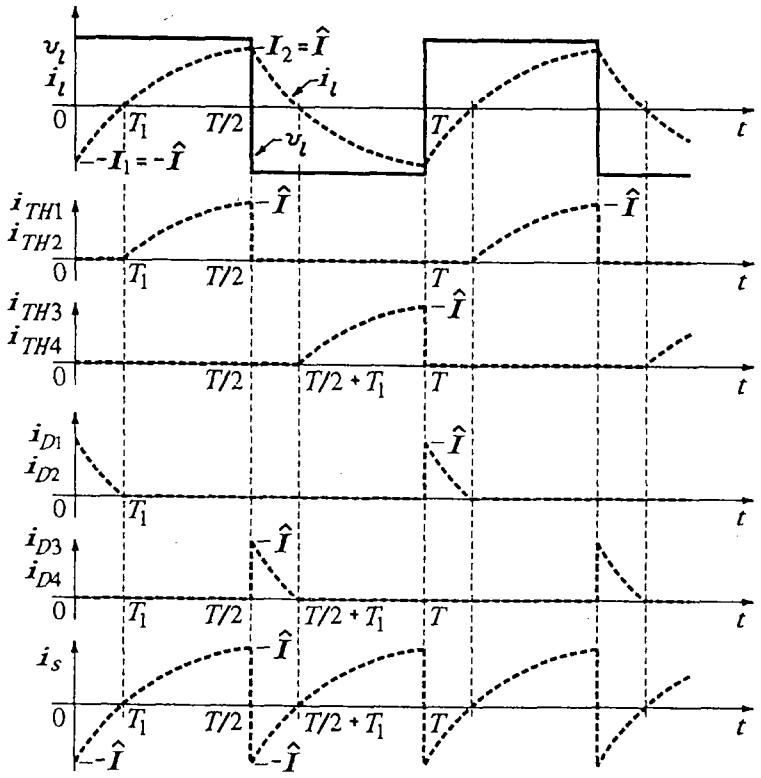
สิ่งที่สำคัญจะต้องทราบวิธีการควบคุมความถี่ของแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าของวงจรอินเวอร์เตอร์ และในทำนองเดียวกันการคำนวณหาค่ากำลังเฉลี่ยที่สูญเสียไปกับความต้านทานของโหลด โดยสามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าจากการสวิตซ์ได้ด้วยอัตราการทนกระแสของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะช่วยให้หาสูตรที่นำมาใช้ในการคำนวณหากระแสของโหลดได้



ภาพประกอบ 14 แสดงวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่นด้วยโหลดชนิด RL (Ramshaw. 2537 : 71)

ภาพประกอบ 14 สมมติให้ความถี่ในการสวิตซ์ของไทริสเตอร์ในวงจรคือ f ดังนั้นในคาบเวลา T รูปคลื่นของแรงดันและกระแสไฟฟ้าจะเป็น $T = 1 / f$ ในกรณีนี้ จะได้ค่ากำลังเฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา t_{on} ของการสวิตซ์คือ $t_{on} = T/2$ ที่จุดนี้จะให้แรงดันไฟฟ้า v_l ที่โหลดสูงสุด แสดงดังภาพประกอบ 15

กระแสโหลด i_l จะมีรูปคลื่นเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้าในวงจร RL ซึ่งเป็นชนิดเอ็กโพเนนท์เชียล (exponential form) จากภาพประกอบ 15 เป็นรูปสัญญาณคลื่นตามปกติของกระแสโหลด ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิด Vs ที่จ่ายให้กับโหลดเป็นบวก กระแสโหลด i_l จะเป็นช่วงที่กำลังลดค่าลง ที่เวลาครึ่งคลื่นถัดไป จนกระทั่ง Vs ที่จ่ายให้กับโหลดมีค่าเป็นลบ กระแสโหลด i_l ก็จะมีค่าลดลงเช่นเดิม



ภาพประกอบ 15 แสดงรูปคลื่นสัญญาณของวงจรอินเวอร์เตอร์บริดจ์เฟสเดี่ยวเต็มคลื่นด้วยโหลดชนิด RL

(Ramshaw. 2537 : 71)

กระแสโหลด i_l จะเริ่มจากค่า $i_l = -I_1$ ที่เวลา $t = 0$ และเพิ่มค่าขึ้นเป็น $i_l = I_2$ ที่เวลา $t = T/2$ ที่จุดสิ้นสุดของช่วงครึ่งคลื่นแรก ในช่วงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการทำงานจนกระทั่งถึงช่วงครึ่งคลื่นที่สอง กระแสโหลดจะต้องลดลงจากค่า $i_l = I_2$ ที่เวลา $t = T/2$ กระแสโหลด i_l จะมีค่าเท่ากับ $i_l = -I_1$ ที่เวลา $t = T$ ดังนั้น กระแสโหลด i_l สามารถเริ่มต้นที่ $-I_1$ ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของการทำงานในรอบต่อไป

ในช่วงที่วงจรหยุดทำงานมันจะจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ $\pm$ Vs กระแสโหลดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0 ค่าเฉลี่ยของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของค่ากระแสโหลดจะต้องมีค่าเท่ากัน ดังเช่น ที่เวลา $t = nT/2$ (สำหรับค่า n คือ n = 0,1,2,3.....)

$$I_1 = I_2 \triangleq \hat{I} \qquad (4-14)$$

เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของกระแสในวงจรได้ โดยการควบคุมหรือไม่ควบคุมได้จากการวิเคราะห์และคำนวณหากำลังของวงจรอินเวอร์เตอร์ ในช่วงเวลาที่แรงดันไฟฟ้าโหลด v_l

และกระแสไฟฟ้าโหลด i_l ที่โหลดในช่วงเวลาที่มีค่าเป็นบวก ไทริสเตอร์ TH1 และ TH2 นำกระแส i_l ในขณะนี้แรงดันไฟฟ้าที่โหลด v_l เป็นค่าลบ และกระแสไฟฟ้าโหลด i_l มีค่าเป็นบวก ไดโอด D3 และ D4 จะนำกระแสโหลด i_l ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าโหลด v_l และกระแสไฟฟ้าโหลด i_l เป็นค่าลบ ไทริสเตอร์ TH3 และ TH4 นำกระแส i_l สำหรับช่วงสุดท้ายของรอบการทำงานในขณะที่แรงดันไฟฟ้าโหลด v_l มีค่าเป็นบวกและกระแสไฟฟ้าโหลด i_l เป็นค่าลบ ไดโอด D1 และ D2 จะนำกระแสโหลด i_l สุดท้ายกระแสไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด i_s ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายกำลังมีค่าเป็นบวกถ้าไทริสเตอร์นำกระแสและแหล่งกำเนิดกระแสมีค่าเป็นลบและดูดซับกำลังเมื่อไดโอดต่างๆ นำกระแส ดังแสดงรูปคลื่นตามภาพประกอบ 15

สำหรับกรณีที่วงจรไม่นำกระแสและกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุด กระแสโหลด i_l ได้มาจากสูตรดังนี้

$$\pm V_s = Ri_l + L\frac{di_l}{dt} \qquad (4-15)$$

โดยค่าเวลา t อยู่ในช่วงเวลาเท่ากับ $0 \le t \le T/2$

สำหรับ +Vs

$-t / t - \ln (i_l - I_0) + k$

เมื่อกำหนดให้ $I_0 = Vs / R$ และ $t = L/R$ และ k = ค่าคงที่

และเมื่อ $i_l = -\hat{i}$ ที่เวลา $t = 0$ จะได้

$$i_l(t) = I_0 - (I_0 + \hat{I})e^{-t/\tau} \qquad (4-16)$$

เมื่อเวลา $t = T/2$ $i_l = \hat{i}$ ดังนั้นเราสามารถหากระแสสูงสุด $\hat{i}$ ได้จาก

$$\hat{I} = I_0\frac{1-e^{-t/2\tau}}{1+e^{-t/2\tau}} = \tanh(\frac{T}{4\tau}) \qquad (4-17)$$

สมการนี้เป็นสมการที่สำคัญถ้าค่าเวลาคงที่ τ ของกระแส และคาบเวลาของการเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง $5\tau \le T/2$ ค่าสูงสุดของกระแส $i_l = \hat{i}$ ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับค่ากระแสที่วงจรหยุดทำงาน จะได้

$$i_l = I_0 = Vs/R \qquad (4-18)$$

สำหรับช่วงเวลา T/2 ≤ t ≤ T หรือ 0 ≤ t' ≤ T/2 เมื่อ t' = t – T/2 จะได้

$$i_l(t') = -I_0 + (I_0 + \hat{I})e^{-t'/\tau} \qquad (4-19)$$

สามารถหาผลรวมของกระแสของไทริสเตอร์ทั้งหมดพร้อมทั้งไดโอดได้โดยต้องเป็นช่วงเวลาที่ $t = T_1$ กระแสโหลด i_l เป็น 0 ผลลัพท์สุดท้ายของสมการ i_l นี้คือ

$$i_l(t') = -I_0 + (I_0 + \hat{I})e^{-t'/\tau} \qquad (4-20)$$

ในขณะที่ $i_l = 0$ ที่เวลา $t = T_1$ จะได้

$$T_1 = \tau \ln(1 + \frac{\hat{I}}{I_0}) \qquad (4-21)$$

จากข้อมูลนี้จะได้อัตราการทนแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์คือ
อัตราทนกระแสเฉลี่ยของไทริสเตอร์แต่ละตัวคือ

$$I_{TH_{av}} = \frac{1}{T}\int_{T_1}^{T/2} i_l(t)dt = \frac{1}{T}\left[I_0(T/2 - T_1) + \tau(I_0 + \hat{I})(e^{-T/2\tau} - e^{-T_1/\tau})\right] \qquad (4-22)$$

อัตราทนแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยของไดโอดแต่ละตัวคือ

$$I_{D_{av}} = \frac{1}{T}\int_0^{T_1} i_l(t)dt = \frac{1}{T}\left[-I_0T_1 - \tau(I_0 + \hat{I})(e^{-T_1/\tau} - 1)\right] \qquad (4-23)$$

อัตราทนกระแสเฉลี่ยของแหล่งกำเนิดคือ

$$I_{s_{av}} = \frac{1}{T/2}\int_0^{T/2} i_l(t)dt = 2(I_{TH_{av}} - I_{D_{av}}) \qquad (4-24)$$

$$= \frac{T}{2}\left[I_0\frac{T}{2} + \tau(I_0 + \hat{I})(e^{-T/2\tau} - 1)\right] \qquad (4-25)$$

กำลังเฉลี่ย P ที่ได้จากแหล่งกำเนิด และการสูญเสียที่โหลดคือ

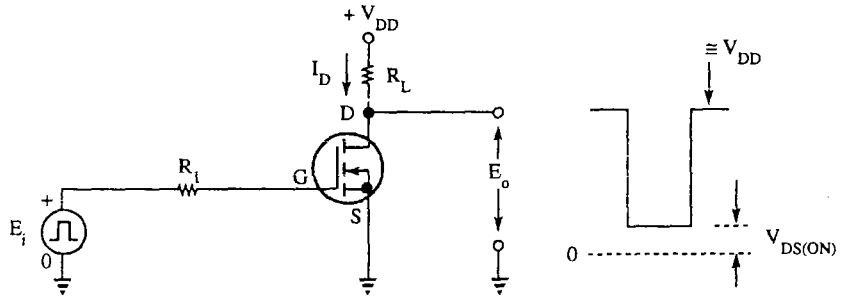
$$P = V_s\, I_{sav} \qquad (4-26)$$

ในทำนองเดียวกันสามารถหาประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้โดยจะต้องพิจารณาและวิเคราะห์ในเรื่องของฮาร์โมนิกอีกด้วย

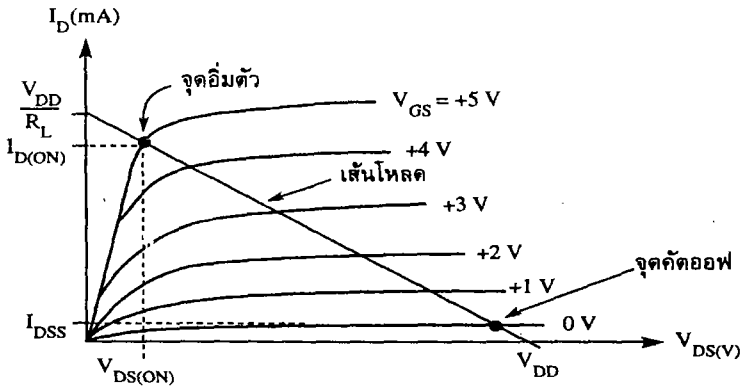
ในการปรับเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าสามารถนำมาจากเอ้าต์พุตของวงจรอินเวอร์เตอร์โดยการปรับ ช่วงเวลาของการสวิตช์ (on time) ในช่วงคาบเวลาครึ่งคลื่นของรอบการทำงานกำเนิดสัญญาณคลื่น นั่นคือ ดิวทรีไซเคิล m สามารถควบคุมได้ ประสิทธิภาพของวงจรอินเวอร์เตอร์สามารถหาได้จากสมการของ ดิวทรีไซเคิล (Ramshaw. 1994 : 51-73)

5. มอสเฟตสวิตช์

การใช้มอสเฟต (MOSFET) มาทำเป็นวงจรสวิตช์ จะใช้การไบอัสที่ขาเกต (G) ของมอสเฟตจะต้องเป็นไบอัสตรงจึงจะสามารถควบคุมให้มอสเฟตสวิตช์ต่อวงจร (on) หรือตัดวงจร (off) ได้ตามต้องการ โดยจะทำงานคล้ายกับสวิตช์ทรานซิสเตอร์ วงจรสวิตช์มอสเฟตแสดงดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 วงจรสวิตช์มอสเฟตและสัญญาณเอาต์พุต
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 167)



ภาพประกอบ 17 กราฟคุณสมบัติของมอสเฟต
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 167)

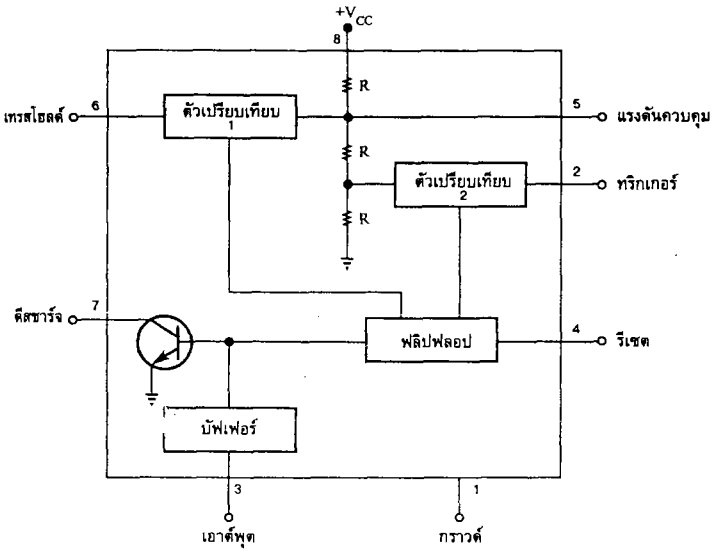
จากภาพประกอบ 17 วงจรมอสเฟตสวิตช์และกราฟคุณสมบัติของเอ็นฮานซ์เมนต์มอสเฟตชนิด N แชลแนล สภาวะการควบคุมการทำงานของมอสเฟตจะใช้หลักการเหนี่ยวนำด้วยไฟฟ้าสถิต การทำงานของมอสเฟตสวิตช์ในภาพประกอบ 16 อธิบายได้ดังนี้ ถ้าสัญญาณอินพุต E_1 ป้อนเข้ามาเป็น 0 V ไม่มีไบอัสจ่ายให้ขาเกตกับขาซอร์ส (V_{GS} = 0 V) จะไม่มีกระแส I_D ไหลเนื่องจากส่วนของเดรนและส่วนของซอร์สถูกกั้นด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้าม เกิดค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อสูง แรงดันออกเอาต์พุต E_0 มีค่าประมาณแหล่งจ่าย V_{DD}

ถ้าสัญญาณอินพุต E_1 ป้อนเข้ามาเป็นแรงดันพัลส์บวกที่ขาเกต เกิดแรงดันที่ส่วนของเกตกับส่วนของซอร์สเป็นไบอัสตรง เกิดการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าระหว่างรอยต่อเดรนกับซอร์ส เกิดสารชนิดเดียวกันกับเดรนและซอร์สต่อเชื่อมเดรนกับซอร์สถึงกัน มีกระแส I_D ไหลผ่านมอสเฟตสูงมาจนถึงจุดอิ่มตัว จะมีแรงดันตกคร่อมขาเดรนกับขาซอร์ส (V_{DS}) เท่ากับ $V_{DS(ON)}$ เป็นแรงดันออกเอาต์พุต E_0

6. แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555

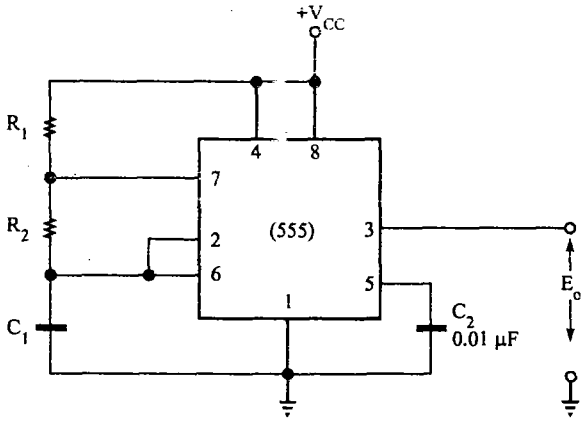
วงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (astable multivibrator) หรือวงจรฟรีรันนิงมัลติไวเบรเตอร์ คือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสถานะกึ่งเสถียรภาพ 2 สภาวะ ระยะเวลาของแต่ละสภาวะกึ่งเสถียรภาพทั้งสองจะขึ้นอยู่กับค่าเวลาคงที่ของความต้านทานและคาปาซิเตอร์ ในวงจรมัลติไวเบรเตอร์ ในขณะที่ไม่มีสัญญาณพัลส์จากอินพุตป้อนเข้ามากระตุ้นการทำงาน วงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะสามารถกำเนิดสัญญาณคลื่นออกมาที่เอาต์พุตได้ วงจรทำงานคล้ายกับวงจรกำเนิดความถี่ (osciliator) (พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 208)

ไอซีเบอร์ 555 เป็นไอซีชนิดวงจรตั้งเวลาที่นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ลักษณะของวงจรไอซีเบอร์ 555 เป็นวงจรการหน่วงเวลาหรือการตั้งเวลา โดยอาศัยหลักการประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุร่วมกับตัวไอซี และจัดอุปกรณ์ร่วมภายนอกอีกเล็กน้อย ไอซีเบอร์ 555 จะสามารถทำงานได้ตามต้องการ ส่วนประกอบภายในของไอซีนี้ แสดงดังภาพประกอบ 18



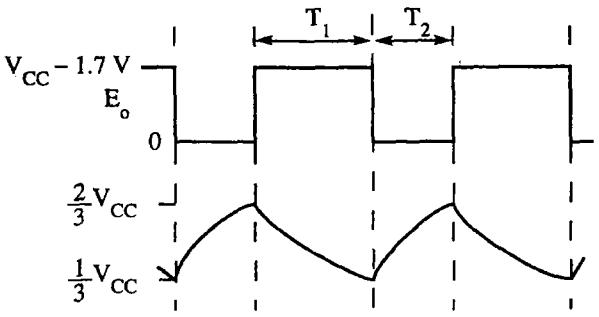
ภาพประกอบ 18 ส่วนประกอบภายในของไอซีเบอร์ 555
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 219)

ส่วนประกอบภายในของไอซีเบอร์ 555 มีจำนวนขา 8 ขา วงจรภายในประกอบด้วย ออปแอมป์ ทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ 2 ตัว ฟลิบฟลอบ 1 ตัว บัฟเฟอร์ 1 ตัว และทรานซิสเตอร์ชนิด NPN 1 ตัว ทำงานร่วมกัน ในการต่อวงจรให้ทำงานในลักษณะต่างๆ ทำได้โดยการต่อวงจรร่วมกับอุปกรณ์ ความต้านทานและตัวเก็บประจุ แสดงดังภาพประกอบ 19



(ก) วงจร

ภาพประกอบ 19 แอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ชนิดใช้ไอซีเบอร์ 555
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 219)



(ข) รูปสัญญาณ

ภาพประกอบ 20 สัญญาณคลื่นของวงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 555
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 220)

การทำงานของวงจรคือจะต่อขาทริกเกอร์และขาเทรสโฮลด์เข้าด้วยกัน และต่อร่วมกันกับตัวเก็บประจุ C_1 เพื่อรับแรงดันของตัวเก็บประจุ C_1 และเก็บประจุ C_1 จะประจุแรงดันผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 จนมีค่าแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_1 ถึง $2V_{CC} / 3$ จะเป็นจุดกำหนดของตัวเปรียบเทียบที่ 1 ทำให้ตัวเก็บประจุ C_1 เริ่มคายประจุผ่าน R_2 ไปขาดิสชาร์จ (ขาที่ 7) ผ่านทรานซิสเตอร์ลงกราวด์ภายในตัวไอซี จนกระทั่งเหลือแรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_1 เท่ากับ $V_{CC} / 3$ จะเป็นจุดกำหนดของตัวเปรียบเทียบที่ 2 ตัวเก็บประจุ C_1 เริ่มประจุแรงดันใหม่อีกครั้ง แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุ C_1 มีค่าแรงดันเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง $V_{CC} / 3$ ถึง $2V_{CC} / 3$

แรงดันของสัญญาณที่ออกเอาต์พุต E_0 ในตำแหน่งเวลา T_1 จะมีค่าเวลาคงที่เท่ากับ $(R_1 + R_2) C_1$ ในขณะที่ตัวเก็บประจุ C_1 ประจุแรงดัน และในตำแหน่งเวลา T_2 ไม่มีแรงดันของสัญญาณที่ออกเอาต์พุต E_0 จะมีค่าเวลาคงที่เท่ากับ $R_2 C_1$ ในขณะที่ตัวเก็บประจุ C_1 คายประจุ และค่าเวลาดังกล่าวหาได้จากที่ตัวเก็บประจุ C_1 ประจุแรงดันจาก $V_{CC} / 3$ ถึง V_{CC} และที่ตำแหน่งเวลา T_1 แรงดันจะมีค่าเท่ากับ $2V_{CC} / 3$ ดังนั้นจะได้

$$\frac{2}{3}V_{CC} = (V_{CC} - \frac{1}{3}V_{CC})(1 - \varepsilon^{-T_1/(R_1+R_2)C_1}) + \frac{1}{3}V_{CC} \qquad (6-1)$$

เวลาที่มีแรงดันออกเอาต์พุตที่เวลา T_1 หาได้โดย

$$T_1 = (R_1 + R_2) C_1 \ln 2 = 0.693 (R_1 + R_2) C_1 \qquad (6-2)$$

เวลาที่ไม่มีแรงดันออกเอาต์พุตที่เวลา T_2 หาได้โดย

$$T_2 = R_2 C_1 \ln 2 = 0.693 R_2 C_1 \qquad (6-3)$$

$$T = T_1 + T_2$$
$$= [0.693\ (R_1 + R_2)\ C_1] + [0.693\ R_2\ C_1]$$
$$= 0.693\ (R_1 + 2R_2)\ C_1$$

สามารถหาความถี่ของวงจรได้โดย

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693(R_1 + 2R_2)C_1}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.443}{(R_1 + 2R_2)C_1}$$

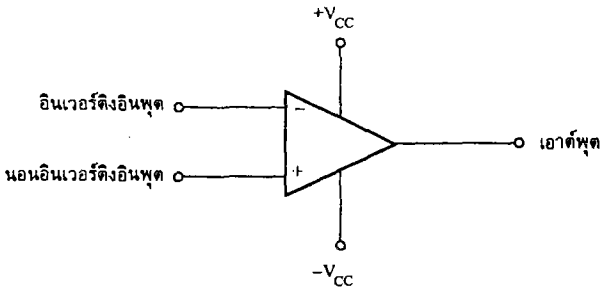
ค่าดิวทรีไซเกิลของสัญญาณหาได้โดย

เปอร์เซนต์ของดิวทรีไซเกิล = $T_1 / (T_1 + T_2) \times 100$

หรือเปอร์เซนต์ของดิวทรีไซเกิล = $(R_1 + R_2) / (R_1 + R_2) \times 100$

7. วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์

วงจรออปแอมป์หรือโอเปอเรชันนัลแอมพลิไฟเออร์ (operational amplifier) เป็นอุปกรณ์จำพวกไอซีแบบลิเนียร์ไอซี (linear IC) สามารถใช้ทำวงจรขยายสัญญาณได้ มีอัตราการขยายสูงมาก มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก และมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำ สัญญาณรบกวนมีผลต่อวงจรน้อยมาก ขั้วอินพุตของวงจรจะมี 2 ขั้วคือ ขั้วอินเวอร์ติ้งอินพุท (inverting input) และขั้วนอนอินเวอร์ติ้งอินพุต (noninverting input) มีเอาต์พุตขั้วเดียว สัญลักษณ์ของออปแอมป์ แสดงดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 สัญลักษณ์ของออปแอมป์
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 198)

จากภาพประกอบ 21 เป็นสัญญาลักษณ์เบื้องต้นของออปแอมป์ ประกอบด้วยขั้วอินพุต 2 ขั้วคือขั้วอินเวอร์ติ้งอินพุต เป็นขั้วที่สัญญาณอินพุตเมื่อถูกป้อนเข้ามาจะถูกกลับเฟสไปเป็นตรงกันข้ามเสมอเช่น อินพุตเป็นลบ เอาต์พุตจะออกเป็นบวก หรือเช่น อินพุตเป็นบวก เอาต์พุตจะออกเป็นลบ ส่วนขั้วนอนอินเวอร์ติ้งอินพุต เป็นขั้วที่สัญญาณอินพุตเมื่อถูกป้อนเข้ามาจะไม่ถูกกลับเฟสไป เฟสยังคงเหมือนเดิม เช่น อินพุตเป็นลบ เอาต์พุตจะออกเป็นลบ หรืออินพุตเป็นบวก เอาต์พุตจะออกเป็นบวก แหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้กับออปแอมป์จะมี 2 ชุดคือ $+V_{cc}$ และ $-V_{cc}$ โดยจ่ายแรงดันเทียบกับกราวด์

ค่าที่สำคัญในการพิจารณาคุณสมบัติของออปแอมป์สรุปได้ดังนี้

7.1 ค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (output impedance) คือค่าความต้านทานของค่าเอาต์พุตของออปแอมป์จะมีค่าต่ำมาก เช่น เบอร์ μA741 มีค่า 75 Ω

7.2 ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ (input impedance) คือค่าความต้านทานของค่าอินพุตของออปแอมป์จะมีค่าสูงมาก เช่น เบอร์ μA741 มีค่า 2 Ω

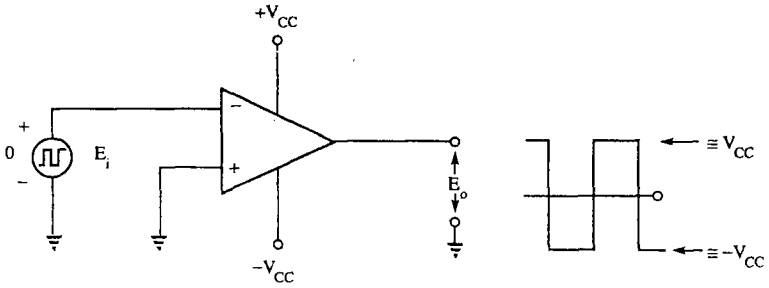
7.3 กระแสไบอัสทางอินพุต (input bias current) คือกระแสที่ไหลเข้าทางขาทั้งสองของอินพุต เมื่อขาอินพุตทั้งสองได้รับแรงดันไบอัสเหมือนกัน เช่น เบอร์ μA741 มีค่า 80 nA

7.4 กระแสออฟเซตทางอินพุต (input offset current) คือความแตกต่างระหว่างกระแสไบอัสที่จ่ายให้ขาอินพุตทั้งสองขา เช่น เบอร์ μA741 มีค่า 20 nA

7.5 แรงดันออฟเซตทางอินพุต (input offset voltage) คือความแตกต่างระหว่างแรงดันไบอัสที่จ่ายให้อินพุตทั้งสองขั้วเพื่อที่จะปรับเอาต์พุตให้ได้ 0 V เช่นเบอร์ μA741 มีค่า 1 mA

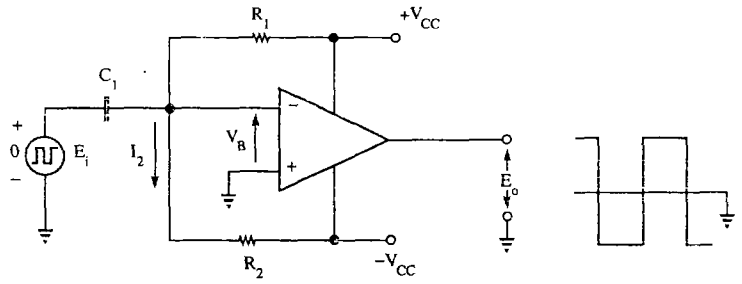
7.6 แรงดันเปลี่ยนแปลงทางเอาต์พุต (output voltage swing) คือแรงดันที่จ่ายออกเอาต์พุตจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสัญญาณอินพุต จะขึ้นอยู่กับโหลด R_L เช่น เบอร์ μA741 ที่ $R_L \geq 10$ kΩ มีค่า ± 14 V หรือที่ $R_L \geq 2$ kΩ มีค่า ± 13 V

7.7 อัตราการแกว่ง (slew rate) คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ออกจากเอาต์พุตหรือความเร็วในการเปลี่ยนแปลงแรงดันออกเอาต์พุต เช่นเบอร์ μA741 มีค่า 0.5 V/μs มีความหมายดังนี้ เมื่อป้อนอินพุตเข้ามา 1 ไซเกิล เอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลง 0.5 V ในเวลา 1 μs หากเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงจาก –10 V เป็น +10 V จะต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 20 V / 0.5 V = 40 μs



ภาพประกอบ 22 วงจรกลับสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 199)

จากภาพประกอบ 22 เป็นวงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์เบื้องต้นโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ภายนอกมาต่อร่วม สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้ามาที่ขาอินเวอร์ติ้ง จะทำให้สัญญาณของเอาต์พุตถูกกลับเฟสไป 180 องศาเสมอ แต่ในทางปฏิบัติจริงจะมีการจัดอุปกรณ์ร่วมในวงจรกลับสัญญาณออปแอมป์ เพื่อเป็นการกำหนดค่าสัญญาณออกเอาต์พุตได้ถูกต้องตามต้องการ วงจรแสดงดังภาพประกอบ 23



ภาพประกอบ 23 วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์ชนิดตัวเก็บประจุคับปลิง
(พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2539 : 200)

จากภาพประกอบ 23 เป็นวงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์ชนิดตัวเก็บประจุคับปลิง C_1 และตัวต้านทาน R_1, R_2 ต่อร่วมจ่ายไบอัส เพื่อกำหนดให้แรงดันออกเอาต์พุตไปบวกหรือเป็นลบได้ในขณะที่ไม่มีสัญญาณอินพุตป้อน ค่าแรงดันตกคร่อมที่ V_B จะมีผลต่อแรงดันเอาต์พุตดังนี้ ถ้า V_B เป็นบวก เอาต์พุตจะเป็นลบ ถ้า V_B เป็นลบ เอาต์พุตจะเป็นบวก แรงดันที่ V_B มีค่าเพียง $\pm$ 0.5 V ก็เพียงพอที่จะทำให้มีเอาต์พุตค่าสูงสุดได้

ในการออกแบบวงจรกลับสัญญาณจากภาพประกอบ 23 ตัวต้านทาน R_2 ควรเลือกใช้ให้มีค่าที่จะทำให้ I_2 มีกระแสไหลมากกว่ากระแสอินพุตสูงสุด ค่าต่างๆ หาได้ดังนี้

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{I_2} \Omega \qquad (7-1)$$

$$R_2 = \frac{V_B - (V_{CC})}{I_2} \Omega \qquad (7-2)$$

I_2 >> กระแสไบอัสทางอินพุตสูงสุดประมาณ 100 เท่า

$$C = \frac{I_t}{\Delta V} F \qquad (7-3)$$

8. หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

ในปี พ.ศ. 2395 เซอร์ยอร์ช สโตคส์ ชาวอังกฤษ เป็นคนแรกที่ประกาศคุณสมบัติการเรืองแสงเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า ให้ชื่อว่า ฟลูออเรสเซนต์ โดยนำชื่อมาจากหินแร่ใสๆ ชนิดหนึ่งชื่อ ฟลูโอสปาร์ ที่นำมาใช้ในการทดลอง และต่อมา บริษัทซิลวาเนียได้ทดลองเรื่องหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ เมื่อ พ.ศ. 2477 และได้ทำการปรับปรุงมาตลอดจนใช้กันแพร่หลายในปี พ.ศ. 2480 ซึ่งมีรูปร่างดังที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และเป็นที่นิยมใช้กันมาก

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สำหรับบ้านพักอาศัย สำนักงาน ร้านค้า ตลอดจนห้างสรรพสินค้าต่างๆ เพราะว่าหลอดประเภทนี้ให้แสงสีและประสิทธิภาพดีกว่าหลอดไส้ (incandescent lamp) มีอายุการใช้งานมากกว่า เช่น หลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ มีอายุการใช้งานตามมาตรฐาน 1,250 ชั่วโมง ให้ความสว่างของแสงประมาณ 430 ลูเมน แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ มีอายุการใช้งาน 8,000 – 12,000 ชั่วโมง ให้ความสว่างของแสงประมาณ 1,300 ลูเมน ซึ่งมากกว่าหลอดไส้ 7 – 8 เท่า และมีสิ่งหนึ่งที่สำคัญคือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของหลอดน้อยกว่าหลอดไส้ (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 38)

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ชนิดหลอดสำเร็จรูป (slimline lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้เป็นหลอดไฟฟ้าที่รวมเอาข้อดีของหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ และประเภทติดทันทีมารวมเข้าด้วยกันเพื่อความสะดวกในการใช้งาน การติดตั้งและการบำรุงรักษาไม่ยาก หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ และหลอด SL

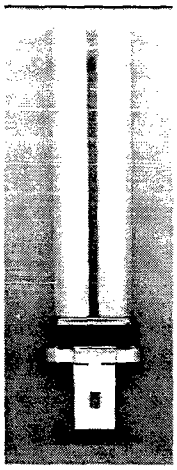
หลอดฟลูออเรสเซนต์มีหลายประเภทด้วยกัน ดังเช่น หลอดประเภทอุ่นไส้ (preheat start lamp) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน ขั้วหลอดจะร้อนก่อนที่หลอดจะติดสว่าง 1 – 5 วินาที เพื่อให้อิเล็กตรอนวิ่งไปมาระหว่างอีเล็กโทรดด้านปลายหลอดทั้งสอง ทำให้สารที่เคลือบไว้ภายในหลอดเรืองแสงและสว่างขึ้น โดยใช้อุปกรณ์อื่นร่วมอยู่ในวงจรไฟฟ้านี้ด้วย ได้แก่ บัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ ทำหน้าที่ช่วยให้หลอดเริ่มติดสว่าง

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (instant start lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้ไม่ใช้สตาร์ทเตอร์ในการเริ่มติดสว่างของหลอด แต่ใช้บัลลาสต์ที่มีขดลวด 2 ชุด เหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น การทำงานของหลอดครั้งแรกเริ่มที่ขั้วอิเล็กโทรดจะติดสว่างอยู่ชั่วขณะหนึ่ง เมื่อขั้วอีเล็กโทรดร้อนขึ้น อิเล็กตรอนจะวิ่งไปยังขั้วอิเล็กโทรดอีกด้านหนึ่งโดยอาศัยก๊าซเฉื่อยที่บรรจุไว้ภายในหลอดเป็นตัวนำ จากนั้นหลอดจะติดสว่างโดยสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่ที่ผิวด้านในของหลอด เมื่อหลอดติดสว่างขึ้นแล้วอิเล็กตรอนจะหยุดการอาร์คอย่างรวดเร็ว หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานสั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอื่น

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหลอด SL มีรูปร่างเป็นตัว U ตัวหลอดจะเป็นแท่งยาวบรรจุอยู่ภายในหลอดแก้วอีกชั้นหนึ่ง และจะรวมเอาตัวบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ไว้ในครอบแก้วด้วย ที่ขั้วหลอดทำเป็นเกลียวขนาดมาตรฐานที่ใช้กับหลอดไส้ทั่วๆ ไป เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการบำรุงรักษา หลอด SL สามารถให้แสงสว่างได้สูงกว่าหลอดไส้ที่มีขนาดกำลังวัตต์เท่ากัน แต่หลอดชนิดนี้มีราคาแพงกว่าหลอดธรรมดา

8.1 หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ชนิด PL

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ (compact fluorescent lamp) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบหนึ่งของชนิดหลอดสำเร็จรูป หรือเรียกว่าหลอด PL มีรูปร่างเป็นรูปตัว U หลอดชนิดนี้ใช้บัลลาสต์ แต่ไม่ใช้ สตาร์ทเตอร์ ขั้วหลอดเป็นชนิดขาเสียบ มีขนาด 7, 9, 11 และ 13 วัตต์ ขนาดของหลอดมีความยาวตั้งแต่ 5.5 นิ้ว ถึง 7.5 นิ้ว



ภาพประกอบ 24 แสดงหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ชนิดหลอด PL

8.2 สีของแสงของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

สีของแสงของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ทั่วๆ ไปคือ แสงสีขาว และหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังสามารถให้แสงสีอื่นอีกเช่น แดง ชมพู เหลือง เขียว และน้ำเงิน เป็นต้น โดยสีของแสงของหลอดเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเรืองแสงตามชนิดของสีที่เคลือบไว้ภายในผิวของหลอด สารเรืองแสงที่นำมาใช้เคลือบผิวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ทำให้กำเนิดแสงสีต่างๆ ดังตาราง 1

ตาราง 1 สารเรืองแสงใช้เคลือบผิวของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สารเรืองแสง	สีของแสง	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
แบเรียม ซิลิเคท	สีดำ (Black Light)	346
แบเรียม สตรอนเชียม แมกนีเชียม ซิลิเคท	สีดำ	360
แคดเมียม บอเรท	สีชมพู	615
แคลเซียม ฮาโลฟอสเฟส	สีขาว	580
แคลเซียม ทังสเตน	สีน้ำเงิน	440
แมกนีเชียม ทังสเตน	สีน้ำเงิน - ขาว	480
สตรอนเชียม ฮาโลฟอสเฟส	สีเขียวอมน้ำเงิน	500
สตรอนเชียม ออโทฟอสเฟส	สีส้ม	610
อีทเรียม ออกไซด์ (Ittrium Oxide)	สีส้ม	611
ซิงค์ ซิลิเคท	สีเขียว	525

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสีขาวสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้คือ

8.2.1 cool white เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูง ให้แสงสีขาวเย็นสบายตา ให้แสงใกล้เคียงกับเวลากลางวัน นำไปใช้ได้ในทางอุตสาหกรรม โรงเรียน สำนักงาน มีอุณหภูมิสี 4,370 องศาเคลวิน

8.2.2 warm white สีของแสงจะเป็นสีขาวค่อนข้างเหลือง จะทำให้สีของวัตถุ เช่นสีส้ม เหลือง และสีเหลืองอมเขียวแจ่มใสขึ้น ใช้สำหรับสถานที่ที่ต้องการบรรยากาศอบอุ่น มีอุณหภูมิสี 3,105 องศาเคลวิน

8.2.3 deluxe cool white สีของหลอดเป็นเช่นเดียวกับ cool white แต่สีออกไปทางสีแดงเล็กน้อย ทำให้ร่างกายมนุษย์และวัตถุน่าดูขึ้น ใช้ในซูเปอร์มาร์เก็ต ร้านขายเสื้อผ้า ร้านขายดอกไม้

8.2.4 deluxe warm white สีของแสงออกไปทางแดงเรื่อๆ ทำให้ผิวกายของ

มนุษย์และวัตถุน่าดูขึ้น ใช้กับที่อยู่อาศัย ภัตตาคาร ร้านเสริมสวย

8.2.5 soft white สีของแสงจะออกไปทางสีชมพูอ่อนๆ จะทำให้สีแดง ส้ม ชมพู น้ำตาลอ่อน สดใสขึ้น ส่วนสีน้ำเงิน เขียว เหลือง คล้ำลง ใช้กับตู้ขายเนื้อสัตว์ทำให้น่ากินขึ้น

8.2.6 white สีของแสงจะขาวออกไปทางเหลืองอ่อนๆ ทำให้พวกสี เหลือง เขียว ส้ม สดใสขึ้น และสีน้ำเงินเข้มขึ้น ใช้กับโรงเรียน บ้าน ที่ทำงาน และคลังสินค้า มีอุณหภูมิสี 3,595 องศาเคลวิน

8.2.7 day light สีของแสงจะขาวออกไปทางฟ้าอ่อนๆ ให้แสงออกมาใกล้เคียงกับแสงของเวลากลางวัน ใช้กับโรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรม มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน

8.2.8 cool daylight สีของแสงจะขาวให้แสงสีขาวเย็นสบายตาแสงออกมาใกล้เคียงกับแสงของเวลากลางวัน ใช้กับอาคารที่อยู่อาศัย โรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน (วัฒนา ถาวร. 2540 : 90 - 112)

8.3 เพาเวอร์แฟกเตอร์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ในการพิจารณาค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor) ของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ มีวิธีการคิดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น หลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้จะมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 100 % เนื่องจากหลอดไส้นั้นเป็นความต้านทานทางไฟฟ้า (resistance) ปกติหลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ จะใช้กำลังไฟฟ้าเต็มจำนวน 100 วัตต์ แต่สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นจะไม่เหมือนกับหลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้เนื่องจากภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์บรรจุก๊าซเข้าไปในหลอด และการทำงานของวงจรจะประกอบด้วยบัลลาสต์เป็นค่าโหลดเหนี่ยวนำ (inductive load) ต่อร่วมกันอยู่ในวงจร จึงทำให้ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไม่เท่ากับ 100 % ดังเช่น ถ้าต่อวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดหนึ่งเข้ากับวงจรไฟฟ้าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 40 – 50 % หรือถ้าใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 20 วัตต์ จำนวน 200 หลอด ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และแต่ละหลอดใช้บัลลาสต์ 1 ตัว ถ้าบัลลาสต์แต่ละตัวต้องการกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 6 วัตต์ เพราะฉะนั้นกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 ชุด จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 26 วัตต์ ถ้าใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์จำนวน 200 ชุดกำลังไฟฟ้าที่ต้องนำมาใช้เท่ากับ 5,200 วัตต์ ถ้าเป็นหลอดไฟฟ้าชนิดหลอดไส้ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

$$I = \frac{5200 \text{ วัตต์}}{220 \text{ โวลต์}} = 23.63 \text{ แอมแปร์}$$

แต่ในความเป็นจริงค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีค่าเท่ากับจำนวนวัตต์ทั้งหมดหารด้วยแรงดันนไฟฟ้าที่จ่ายให้และค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ถ้าสมมติว่าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่า 50 % จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ

$$I = \frac{5200 \text{ วัตต์}}{220 \text{ โวลต์} \times 0.5} = 47.27 \text{ แอมแปร์}$$

เพราะฉนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกขนาดของอุปกรณ์ป้องกันและขนาดของสายเมนไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นให้ทนกระแสไฟฟ้าได้อย่างน้อย 47.27 แอมแปร์ เพราะว่าวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำให้ค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรต่ำลงมาก ถ้าเลือกใช้บัลลาสต์ที่ไม่ได้มาตรฐานอาจทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรไหลสูงขึ้น ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย แต่มีวิธีแก้ไขเพื่อทำให้ค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรสูงขึ้นได้ โดยการต่อคาปาซิเตอร์ขนานเข้าไปในวงจรแต่ละชุด ซึ่งอาจเลือกขนาดของคาปาซิเตอร์ได้จากตาราง 2 (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 61 - 62)

ตาราง 2 แสดงค่าคาปาซิเตอร์เมื่อแก้ค่าของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของวงจรสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์

ขนาดหลอดฟลูออเรสเซนต์(Watt)	ขนาดของคาปาซิเตอร์(μF)
15	1.5
25	2.5
30	3
40	4.5

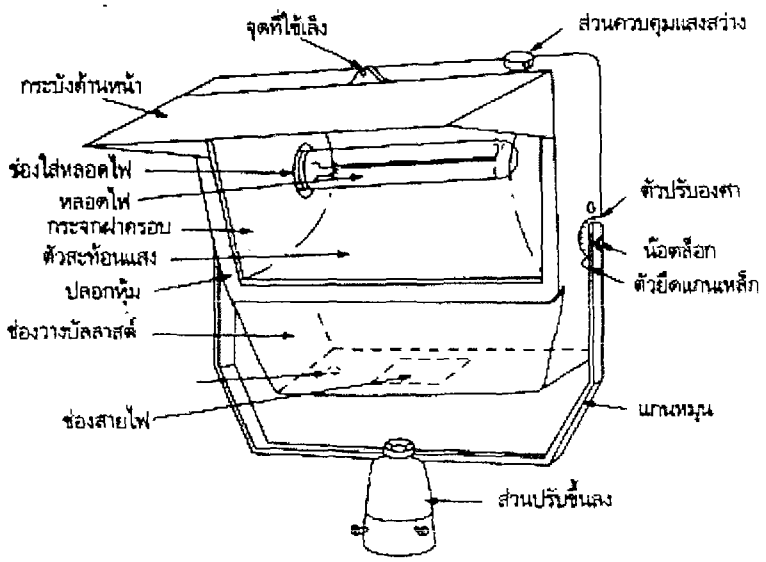
9. โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้งานร่วมกันได้แก่ โคมฉาย หลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์และแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไ.ร์ มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุดโคมฉาย โดยใช้งานร่วมกับแผงวงจรชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า และสามารถควบคุมทิศทางการส่องสว่างให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างเป็นระยะทางที่ไกลออกไป อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้งานร่วมกับชุดโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีดังต่อไปนี้

9.1 โคมฉาย (flood light) ที่ใช้สำหรับระบบแสงสว่างภายนอกอาคารโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ คือ (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 241-250)

9.1.1 ประเภทของโคมฉายสำหรับระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร เป็นดวง

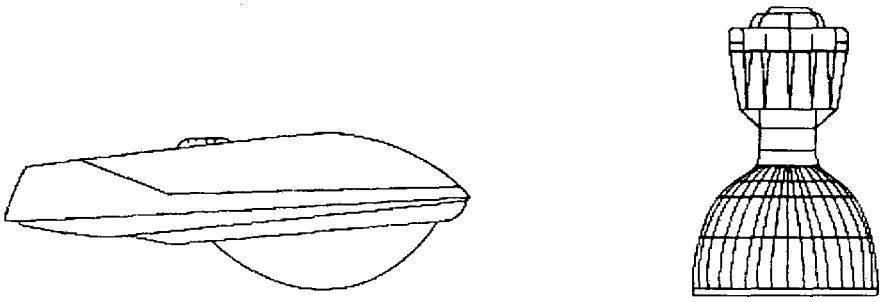
โคมที่สามารถปรับทิศทางการฉายแสงได้ โดยทั่วไปตำแหน่งของดวงโคมมักจะถูกติดตั้งหรือออกแบบให้ติดตั้งอยู่นอกบริเวณพื้นที่ที่ต้องการการส่องสว่าง และนิยมให้มีการส่องสว่างครอบคลุมเป็นระยะทางไกลออกไปมากกว่าหรือเท่ากับ 2 เท่าของความสูงของดวงโคม ลักษณะของโคมฉาย แสดงดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบต่างๆ ของโคมฉายชนิดปรับทิศทางการฉายได้

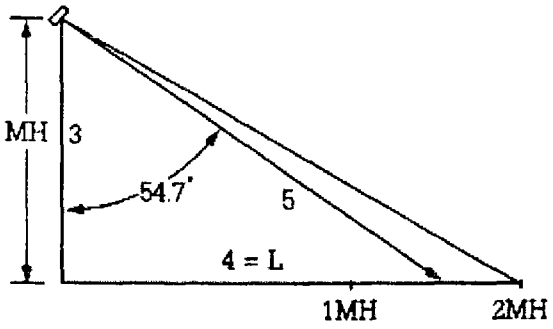
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 241)

9.1.2 ดวงโคมที่ไม่สามารถปรับทิศทางการฉายแสงหรือเปลี่ยนแปลงได้ โคมชนิดนี้ส่วนใหญ่จะเป็นโคมไฟถนนและโคมไฟที่ใช้กับเสาสูง จะถูกออกแบบให้สามารถทำการส่องสว่างได้ดีบนบนพื้นที่ที่มีความยาวและแคบ หรือติดตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่กลางสนามและความสูงของดวงโคมจะสูงประมาณ 2 เท่า หรือมากกว่าความกว้างของถนน ตำแหน่งของดวงโคมมักจะอยู่ภายในพื้นที่ที่ทำการส่องสว่าง สำหรับโคมที่ใช้กับเสาสูงมักจะออกแบบดวงโคมให้ส่องสว่างไปไกลเป็นระยะทาง 2 เท่า หรือมากกว่าความสูงของดวงโคม มีลักษณะแสดงดังภาพประกอบ 26



ภาพประกอบ 26 แสดงลักษณะของโคมไฟถนนและโคมไฟที่ใช้กับเสาสูง
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 243)

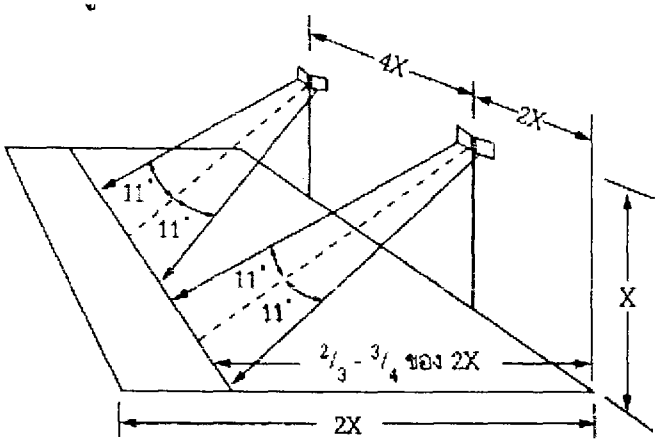
9.1.4 การติดตั้งโคมฉาย การติดตั้งโคมฉายเพื่อให้ได้ค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างสูงสุดจะต้องมีมุมที่เหมาะสม เรียกว่า มุมกำลังส่องสว่างสูงสุด (angle of maximum candlepower) จากการทดสอบแสงสว่างโดยการเล็งจุดศูนย์กลางของโคมฉายไปทำมุมประมาณ 54.7 องศา ถึง 60.0 องศา ในแนวดิ่ง (vertical aiming angles) เทียบกับเสา หรือประมาณ 2/3 ถึง 3/4 ของความกว้างของพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างหรือประมาณ 2 เท่าของความสูงของระยะดวงโคมจากพื้น ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของพื้นที่ที่ต้องการการส่องสว่าง แสดงดังภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27 แสดงระยะการติดตั้งดวงโคมฉายเพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างมากที่สุด
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 250)

ถ้าพิจารณาในรูปของมุมในสามเหลี่ยม (มุม=54.7 องศาโดยประมาณ) จะมีอัตราส่วน 3 : 4 : 5 คือ ความสูงของดวงโคม (MH) เท่ากับ 3 เท่า ระยะจากจุดที่เล็งไปจากโคนเสา (L) เท่ากับ 4 เท่า และระยะจากตัวดวงโคมถึงจุดที่เล็งเท่ากับ 5 เท่า หรือจุดที่เล็งไปควรจะมีค่า MH / L = 3/4 L หรือ L / MH = 4/3 = 1 1/3 MH = 1.33 MH การพิจารณาการกระจายของลำแสงในแนวระดับ (horizontal beam spread) ของโคมฉายว่าจะมีความกว้างมากน้อยเท่าไร สามารถพิจารณาได้จากตารางข้อมูลแสงสว่างของดวงโคมนั้นๆ โดยดูได้จากกราฟแสดงรอยเส้นความเข้มของแสงสว่าง

โดยทั่วไปการออกแบบติดตั้งดวงโคมฉายเพื่อให้ส่องสว่างครอบคลุมพื้นที่หนึ่งๆ มักจะติดตั้งดวงโคมฉายไว้มากกว่าหนึ่งโคมขึ้นไปและการติดตั้งจะพยายามออกแบบให้ระดับความสว่างบนพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่างมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันมากที่สุด และส่วนหรือบริเวณที่ลำแสง (beam) ของดวงโคมแต่ละดวงมาทับกัน (overlap) ควรมีค่าความเข้มแห่งการส่อสว่างไม่มากกว่าค่าแคนเดลาสูงสุด (maximum candela) ของแต่ละดวงโคม หรือควรมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของค่าแคนเดลาสูงสุดของแต่ละดวงโคมที่จะมาทับกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 แสดงการติดตั้งโคมฉาย 2 ดวงในแนวระดับเพื่อให้แสงสว่างที่ดี
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 250)

9.2 หลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ รุ่น PL-S 7W/865

หลอดไฟฟ้าใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับโคมฉาย โดยใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ ที่ผลิตจากบริษัท ฟิลลิปส์ (Philips) รุ่นแสงนวล (PL-S 7W/865 cool daylight) สีของแสงจะขาวให้แสงสีขาวเย็นสบายตา แสงออกมาใกล้เคียงกับแสงของเวลากลางวันสามารถใช้ได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ภายนอกและภายในอาคาร ใช้กับอาคารที่อยู่อาศัย โรงเรียน โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน (6500k) หลอด

ไฟฟ้าชนิดนี้ หรือเรียกว่าหลอด PL มีรูปร่างเป็นรูปตัว U ขนาดของหลอดมีความยาว 5.25 นิ้ว ดังภาพประกอบ 24 หลอดชนิดนี้ใช้บัลลาสต์ แต่ไม่ใช้สตาร์ทเตอร์จากภายนอกอีก เพราะได้ผลิตสตาร์ทเตอร์ไว้ภายในขั้วหลอดเรียบร้อยแล้ว ขั้วหลอดเป็นชนิดขาเสียบ หลอดไฟฟ้าชนิดนี้ขนาด 7 วัตต์ สามารถให้ความส่องสว่างได้เท่ากับหลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ ซึ่งมีอายุการใช้งาน 4,000 ชั่วโมง แต่หลอด PL มีอายุการใช้งานได้เป็นเวลานานถึง 8,000 ชั่วโมง

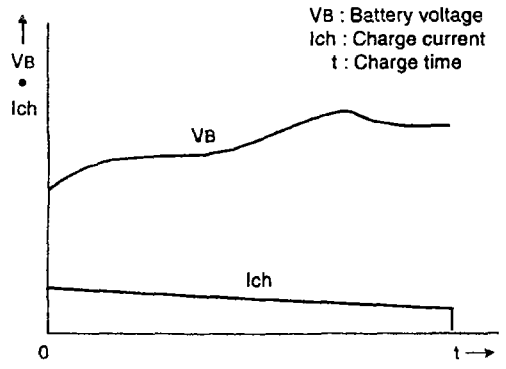
หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ รุ่น PL-S 7W/865 มีความส่องสว่างประมาณ 400 ลูเมน และใช้กระแสไฟฟ้ากระแสสลับเท่ากับ 180 มิลลิแอมป์

9.3 แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์

แบตเตอรี่ ชนิดนิกเกิลเมททัลไฮไดร์ (nickel metal hydride battery) มีความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้สูงกว่าแบตเตอรี่ ชนิดนิกเกิลแคดเมียม ในขนาดที่เท่ากัน และบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ได้พัฒนาและผลิตขึ้นมาเพื่อนำไปใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และดิจิตอลต่างๆ ที่มีขนาดเล็กกระทัดรัด แต่ต้องการพลังงานไฟฟ้าสูง แบตเตอรี่ชนิดนี้มีอายุการใช้งานยาวนาน สามารถทำการประจุไฟฟ้าและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประมาณ 500 ครั้ง

9.3.1 การประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ การประจุไฟฟ้าเป็นกระบวนการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ที่ใช้พลังงานหมดไป ให้มีพลังงานไฟฟ้ากลับคืนมาอีกครั้ง สามารถนำไปใช้งานได้อีกต่อไปและจะต้องได้รับการประจุไฟฟ้าอย่างเหมาะสมกับขนาดความจุกระแสไฟฟ้า และชนิดของแบตเตอรี่

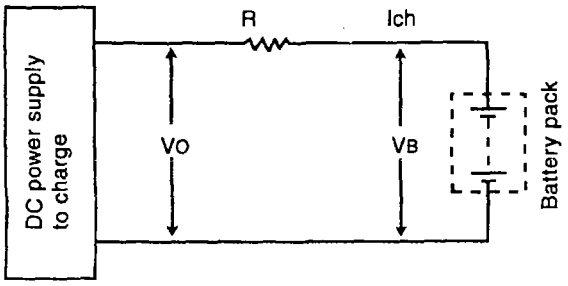
การประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ส่วนมากจะใช้การประจุชนิดที่เรียกว่า ประจุชนิดกึ่งกระแสประจุคงที่ (semi – constant current charge) ซึ่งแสดงเส้นกราฟแรงดันและกระแสประจุดังภาพประกอบ 29 และแสดงวงจรการประจุชนิดกึ่งกระแสประจุคงที่ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 29 เส้นกราฟแรงดันและกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่

(Panasonic. 1998:14)

จากภาพประกอบ 29 แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อเริ่มประจุจะเพิ่มสูงขึ้น โดยปกติแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เมื่อหมดประจุ จะมีค่าแรงดัน 0.8 – 1.0 โวลต์ และจะเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่เต็ม จะมีค่าแรงดัน 1.2 – 1.45 โวลต์ เมื่อประจุเต็มแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะลดลงเล็กน้อย ส่วนกระแสประจุจะมีค่ากระแสลดลงอย่างสม่ำเสมอและเป็นจำนวนน้อย การประจุชนิดนี้จะใช้กระแสประเท่ากับ 0.1CmA คือใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.1 เท่าของความจุกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ มีหน่วยเป็น มิลลิแอมป์ ใช้เวลาในการประจุ 15 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 30 วงจรการประจุชนิดกึ่งกระแสประจุคงที่
(Panasonic. 1998:14)

วงจรการประจุชนิดกึ่งกระแสประจุคงที่ ดังภาพประกอบ 30 มีความต้านทานต่อระหว่างแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงกับแบตเตอรี่ มีหน้าที่ทำให้กระแสประจุมีเสถียรภาพคงที่ ทำให้กระแสประจุเหมาะสมกับขนาดของแบตเตอรี่ เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนกับแบตเตอรี่จะเกิดความเสียหายกับแบตเตอรี่

การคำนวณหาค่าของอุปกรณ์ส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่ สามารถคำนวณได้ดังนี้

V_O = แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟสำหรับประจุแบตเตอรี่

V_C = แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่แต่ละเซลล์ (1.45 V ต่อเซลล์ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในขณะที่ประจุ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือ 68 องศาฟาเรนไฮต์ ที่กระแสประจุ 0.1CmA)

N = จำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่

V_B = แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ทั้งหมด

R = ความต้านทานป้องกันความเสียหายแก่แบตเตอรี่

I_{ch} = กระแสประจุ

สูตรที่ใช้สำหรับการคำนวณคือ

$$I_{ch} = \frac{V_o - V_B}{R} = \frac{V_C \times N \times (K) - V_C \times N}{R}$$

จากสูตร K เป็นค่าคงที่สำหรับให้กระแสประจุมีเสถียรภาพคงที่ และต้องเลือกค่าให้เหมาะสมกับชนิดของแบตเตอรี่ที่นำมาประจุไฟฟ้า ถ้าเลือกให้มีค่าน้อยจะทำให้กระแสประจุมากเกิดเกณฑ์การประจุ (overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหาย (Panasonic. 1998:14)

9.4 ชุดควบคุมการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ชุดควบคุมการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ โดยการนำเอาหลักการทำงานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (electronics ballast) มาควบคุมการทำงานของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ วงจรควบคุมจะใช้ความถี่สูงในช่วง 10 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 30 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่เหมาะสมกับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์และทำให้หลอดติดสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2542 : 14)

การศึกษาวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยมีความคิดว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีความเหมาะสมสำหรับการนำมาออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีราคาถูก มีความไวต่อแสงขนาดความยาวคลื่นต่ำได้ดี สามารถใช้กับแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ และมีประสิทธิภาพการแปลงพลังงานซึ่งในปัจจุบันสามารถทำได้ร้อยละ 10.2 โดยนำเซลล์แสงอาทิตย์นี้มารับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง และเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ ขนาด AA จำนวน 8 เซลล์ แล้วจึงเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ โดยนำทฤษฎีของวงจรอินเวอร์เตอร์ชนิดเฟสเดี่ยวเต็มคลื่นมาพัฒนา และออกแบบให้เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายพลังงานให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ ให้กำเนิดพลังงานแสงสว่างต่อไป

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธนา กุลวิทิต (2542: บทคัดย่อ) สร้างบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์มาใช้แทนบัลลาสต์แกนเหล็ก เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียในแกนเหล็ก บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ช่วยทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานได้อย่างถูกต้อง มีเสถียรภาพและประสิทธิ

ภาพสูง โดยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงระหว่าง 25 กิโลเฮิรตซ์ ถึง 50 กิโลเฮิรตซ์ ป้อนให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อเผาไส้หลอดจุดหลอดให้ติดสว่างและควบคุมกระแสผ่านหลอดให้มีค่าตามต้องการเมื่อหลอดติดสว่างแล้ว บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับความถี่ 50/60 เฮิรตซ์ เรียงกระแสไฟฟ้าให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและป้อนให้กับวงจรอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงใช้ในการเผาไส้หลอดให้ติดสว่าง

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว (2535: บทคัดย่อ) วิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโครงการอิสานเขียว โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ นำพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บไว้ในแบตเตอรี่ แล้วนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเป็นอุปกรณ์ในการปั้มลม ใช้สำหรับการเติมออกซิเจนในน้ำ เพื่อให้น้ำมีคุณภาพดีเหมาะกับการเลี้ยงสัตว์น้ำ

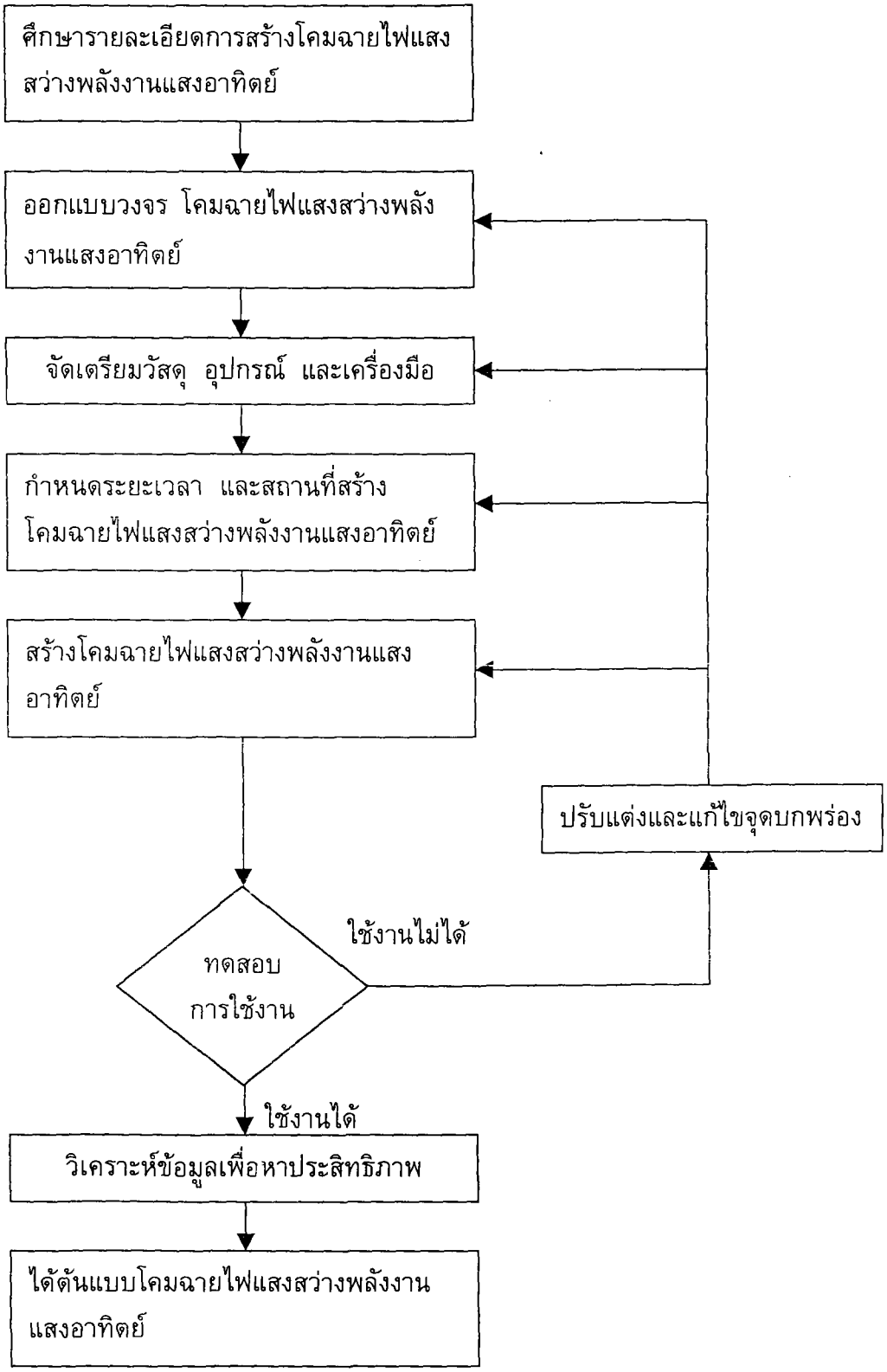
ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (2539 : บทคัดย่อ) ศึกษาวิจัยเรื่องวิธีการจัดเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับรถพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 2.65 ตารางเมตร รับพลังงานแสงอาทิตย์มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าและเก็บสะสมไว้ในแบตเตอรี่ชนิดตะกั่วกรดและนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้กับกับรถไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อน ได้ศึกษาถึงการจัดเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปแบบต่างๆ ได้ผลว่า การจัดเรียงเซลล์แบบอนุกรมจะให้ความเร็วรอบของมอเตอร์สูง และการจัดเรียงเซลล์แบบขนานจะให้แรงบิดของมอเตอร์มากเนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าเชิงทดลอง โดยการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลและศึกษาค้นคว้าโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์
2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์
3. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้
4. กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์
5. สร้างชุดโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ตามที่ออกแบบ
6. ทดสอบการใช้งาน ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์
7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ

การศึกษาค้นคว้าเรื่องการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้สำหรับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ สามารถแสดงเป็นขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าได้ดังภาพประกอบ 31



ภาพประกอบ 31 แสดงขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

1. ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

การศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยการศึกษาค้นคว้าจากส่วนต่างๆ คือ

1.1 ศึกษาค้นคว้าจากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตลอดจนถึงศึกษาทฤษฎีของพลังงานแสงและวิธีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้งาน

1.2 ศึกษาอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ในด้านคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละชิ้นส่วน เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

ออกแบบวงจรเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้สำหรับโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ กำหนดให้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 วงจรประจุไฟฟ้า

2.3 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า

2.4 วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก

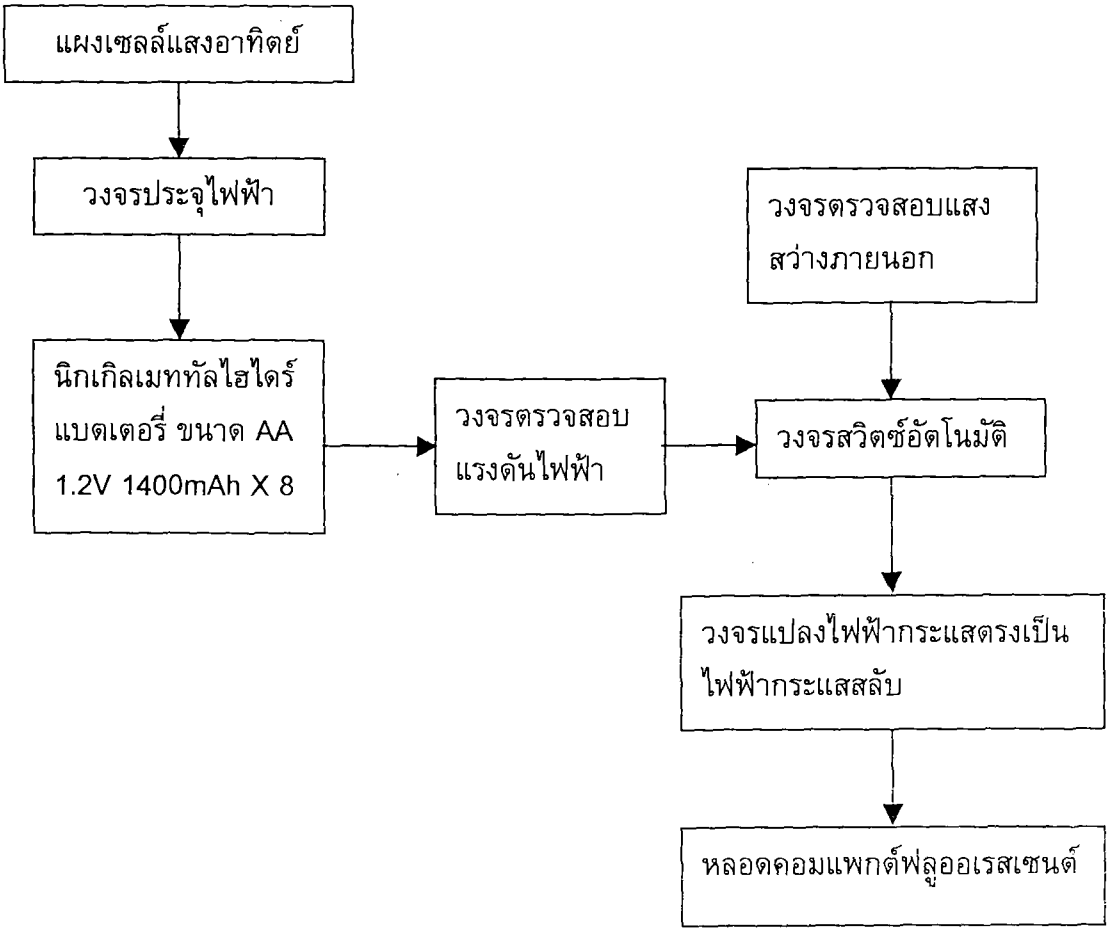
2.5 วงจรสวิตซ์อัตโนมัติ

2.6 วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

2.7 แผ่นวงจรพิมพ์ (printed circuit board)

2.8 ออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมไฟฟ้าฉายแสงพลังงานแสงอาทิตย์

จากส่วนประกอบในแต่ละส่วนสามารถนำมาเขียนแผนผังการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ดังภาพประกอบ 32

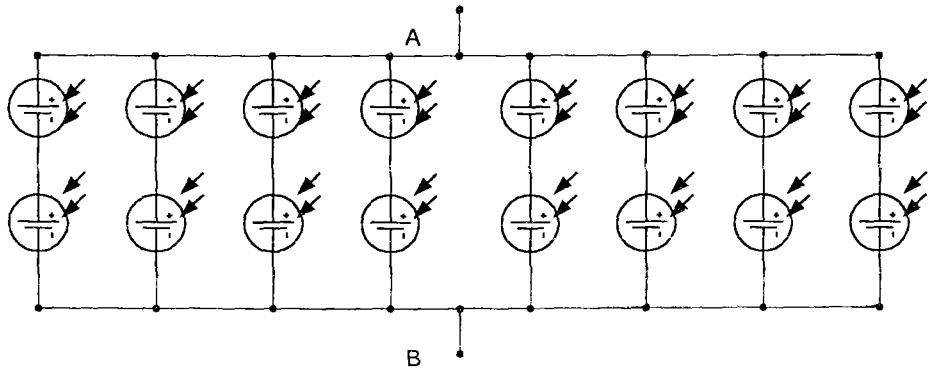


ภาพประกอบ 32 แสดงส่วนประกอบโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบวงจรโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

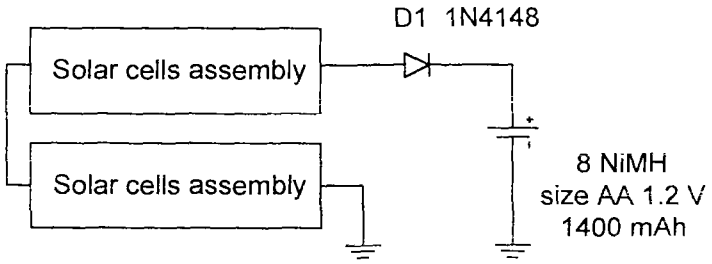
2.1 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดความยาว 55 มม. กว้าง 13 มม. เซลล์แต่ละแผ่นมีแรงดันไฟฟ้าในขณะที่ได้รับแสงอาทิตย์เท่ากับ 3.6 โวลต์ และจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 12.5 มิลลิแอมป์ จำนวนทั้งหมด 32 แผ่น นำมาเรียงต่อกันเป็นจำนวน 2 แผงๆ ละ 16 แผ่น แต่ละแผงมีขนาดความยาว 110 มม. กว้าง 104 มม. โดยนำเซลล์แต่ละแผ่นมาต่ออนุกรมกัน 2 แผ่น จำนวน 16 ชุด และนำวงจรอนุกรมแต่ละชุดมาต่อขนานกัน จะได้กระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าของวงจรเซลล์แสงอาทิตย์ดังนี้คือ

กระแสไฟฟ้า	I	=	12.5 mA x 8 คู่	=	100 mA
แรงดันไฟฟ้า	V	=	(3.6 V + 3.6 V) x 2	=	14.4 V



ภาพประกอบ 33 วงจรเซลล์แสงอาทิตย์ 1 ชุด จำนวนเซลล์ 16 แผ่น

2.2 วงจรประจุกระแสไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ได้จากวงจรเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง สามารถนำไปต่อ'ข้ากับวงจรแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 V 1400 mAh จำนวน 8 เซลล์ โดยนำไดโอดมาต่ออนุกรมเข้ากับวงจรของแบตเตอรี่เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไฟฟ้าจากวงจรของแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับมายังวงจรเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่ไม่มีแสงอาทิตย์



ภาพประกอบ 34 วงจรประจุไฟฟ้าสำหรับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์

2.3 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด AA 1.2 V จะมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงรวมทั้งหมด 9.6 V ในช่วงที่มีกระแสไฟฟ้าเต็ม และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดจนหมด จะเหลือแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.0 V และจะต้องประจุกระแสไฟฟ้าให้แก่แบตเตอรี่โดยวงจรเซลล์แสงอาทิตย์ในขณะที่มีแสงอาทิตย์ในครั้งต่อไป จึงต้องมีการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ เพื่อให้ทราบว่ามีแรงดันไฟฟ้าอยู่เต็มหรือ

ต้องประจุกระแสไฟฟ้าอีกครั้ง ด้วยการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ และควบคุมวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ให้หยุดทำงาน

วงจรสำหรับเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จะใช้ความต้านทาน R1, R2 และ R3 ต่ออนุกรมกันเป็นวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า โดยให้แรงดันไฟฟ้าที่ R2 และ R3 มีค่าเท่ากับ 9.0 V และส่งให้กับขั้วอินเวอร์ติ้ง (inverting) ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าคือ IC1

การคำนวณหาค่าความต้านทาน R1, R2 และ R3 โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คือ I_1 ให้มีค่าเท่ากับ 1mA เพราะฉะนั้นแรงดันไฟฟ้า ที่ความต้านทาน R1, R2 และ R3 คือ V1 , V2 และ V3 สามารถคำนวณได้ดังนี้คือ

V2 + V3 = 9.0 V

V1 – (V2 + V3) = Vcc – (V2 + V3) = 9.6 V – 9.0 V

= 0.6 V

จากสูตรการหาค่ากระแสไฟฟ้าจากกฎของโอห์ม คือ I = E / R

กำหนดให้ I = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน

E = แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทาน

R = ค่าความต้านทาน

ดังนั้น สามารถคำนวณหาค่าความต้านทาน R1 และ R2 + R3 ได้ดังนี้คือ

R2 + R3 = (V2 + V3) / I_1

= 9.0 V / 1 mA x 1000

= 9.0 Kohm

ความต้านทาน R3 จะใช้เป็นชนิดปรับค่าความต้านทานได้ เพื่อปรับความต้านทานรวมของ R2 + R3 ให้ได้ตามที่คำนวณได้ และจะใช้ค่าความต้านทานเท่ากับ 2.0 กิโลโอห์ม ดังนั้น ความต้านทาน R2 เท่ากับ

R2 = 9.0 – 2.0 Kohm

= 7.0 Kohm

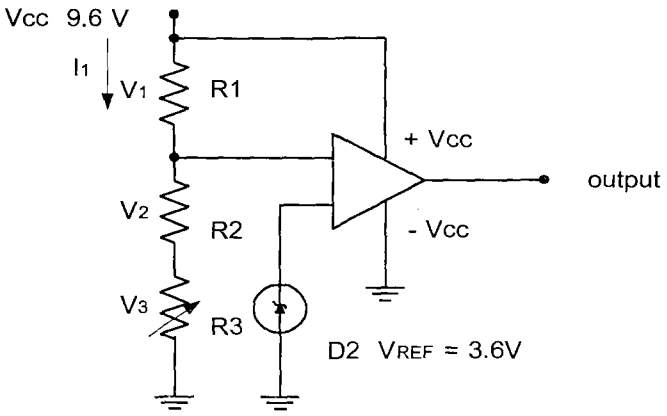
ในทางปฏิบัติค่าความต้านทานที่มีจำหน่าย เท่ากับ 6.8 กิโลโอห์ม

R1 = V1 / I_1

= 0.6 V / 1 mA x 1000

= 600 ohm

แรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอ้างอิง (V_{REF}) ด้วยการใช้แรงดันไฟฟ้าของซีเนอร์ไดโอด ขนาด 3.6 V และ ต่อเข้ากับขั้วนอนอินเวอร์ติ้งของ IC1



ภาพประกอบ 35 วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์

2.4 วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก สามารถตรวจสอบแสงสว่างได้ด้วยการใช้โฟโต้ไดโอด เมื่อได้รับแสงสว่างจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวมัน เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ความต้านทาน R4 ซึ่งจะมีค่าแรงดันไฟฟ้ามากถ้ามีแสงสว่าง และมีค่าน้อยเมื่อไม่มีแสงสว่าง

คำนวณหาค่า ไดโอด D3 และ ความต้านทาน R4 ได้โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้า I_2 ไหลผ่านไดโอด D3 และความต้านทาน R4 ให้มีค่าเท่ากับ 1 mA และความต้านภายในของ D3 ในขณะที่ได้รับแสงมีค่าเท่ากับ 0 โอห์ม

R4 = I_2 x V4

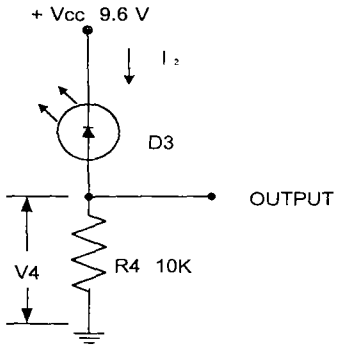
และ V4 = Vcc = 9.6 V

แทนค่า V4 ด้วย Vcc คือ 9.6 V จะได้ค่าความต้านทาน R4 คือ

R4 = 1 mA x 9.6 V x 1000

= 9.6 Kohm

ในทางปฏิบัติจะใช้ค่า R4 เท่ากับ 10.0 Kohm



ภาพประกอบ 36 วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก

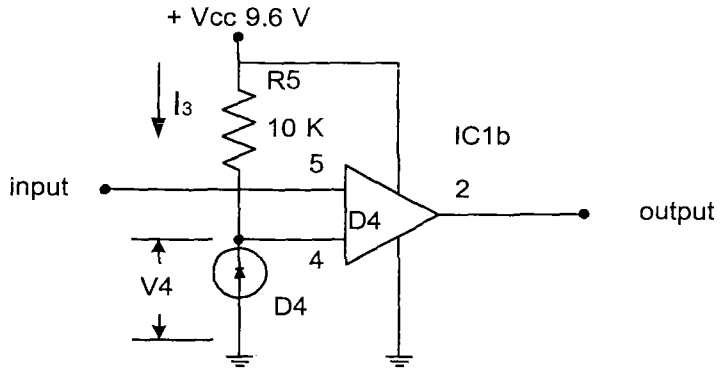
2.5 วงจรสวิตซ์อัตโนมัติ ใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตซ์อัตโนมัติ โดยรับสัญญาณจากวงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอกมาเปรียบเทียบกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดขึ้น ถ้าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอกมีค่ามากกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดจะทำให้วงจรสวิตซ์อัตโนมัติทำงาน และส่งสัญญาณไปทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์ทำงาน และหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์สว่างขึ้น

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้าจากวงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก โดยใช้ไดโอด D4 ชนิดซิลิคอน มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 0.6 V ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ R5 คือ

V_{R5} = Vcc – V_{D3} = 9.6 V – 0.6 V = 9.2 V

R5 = I_3 x V_{R5} = 1 mA x 9.2 V = 9.2 Kohm

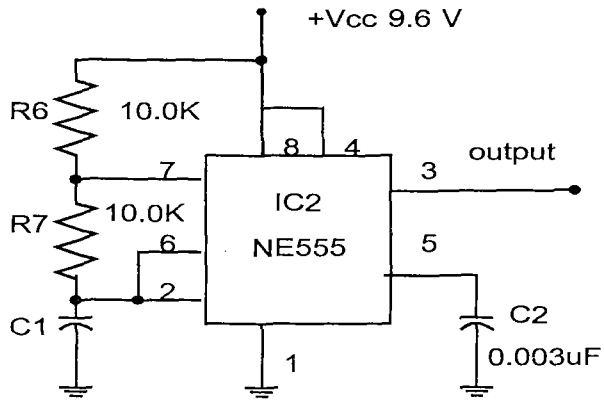
ในทางปฏิบัติจะใช้ค่า R4 เท่ากับ 10.0 Kohm



ภาพประกอบ 37 วงจรสวิตซ์อัตโนมัติ

2.6 วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

2.6.1 วงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่ โดยใช้ ไอซี ทำหน้าที่สร้างสัญญาณฐานความถี่ เบอร์ NE555 เนื่องจากมีราคาถูก หาง่าย ขนาดเล็ก และมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่



ภาพประกอบ 38 วงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่

กำหนดให้ความถี่ที่ใช้เท่ากับ 25 กิโลเฮิรตซ์ เนื่องจากเป็นความถี่ที่เหมาะสมกับการนำมาใช้เป็นฐานเวลาของสัญญาณคลื่นสำหรับให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดสว่างและมีประสิทธิภาพสูง และค่าของคาปาซิเตอร์ C1 ที่ทำหน้าที่กำเนิดความถี่สัญญาณคลื่นฐานเวลา ให้มีค่าความจุเท่ากับ 0.003 ไมโครฟาราด เนื่องจากเป็นช่วงของความจุที่มีผลิตจำหน่าย

ดังนั้นคาบเวลาของความถี่ 25 กิโลเฮิรตซ์ มีค่าเวลาดังนี้

จากสูตรความถี่	f	=	$1 / T$	วินาที
หรือ	T	=	$1 / f$	วินาที
และ	T	=	$T_1 + T_2$	วินาที
จากสูตรการหาค่าเวลา	T_1	=	$0.693 (R_6 + R_7) C_1$	วินาที
และ	T_2	=	$0.693 R_7 C_1$	วินาที

แทนค่าของความถี่เท่ากับ 25 กิโลเฮิรตซ์

T	=	$1 / (25 \times 10^3)$	วินาที
	=	0.04	มิลลิวินาที
	=	0.04×10^3	ไมโครวินาที
	=	40	ไมโครวินาที

ต้องการให้คาบเวลาของความถี่สัญญาณคลื่นฐานเวลาในช่วงที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกและลบมีค่าเท่ากันคือ $T_1 = T_2$ จะได้ค่าเวลาดังนี้

$T = T_1 + T_2$ วินาที

แทนค่าของเวลา T เท่ากับ 40 มิลลิวินาที

$40 \times 10^{-6} = T_1 + T_2$ วินาที

$T_1 = (40 \times 10^{-6}) / 2$ วินาที

$T_1 = 20$ ไมโครวินาที

ในทำนองเดียวกัน $T_2 = 20$ ไมโครวินาที

หาค่าความต้านทาน R7

จากสมการ $T_2 = 0.693\ R_7 C_1$ วินาที

แทนค่าของ T_2 และ C_1 ในสมการ T_2

$T_2 = 0.693\ R_7 C_1$ วินาที

$20\times10^{-6} = 0.693\ R_7 \times 0.003 \times10^{-6}$ วินาที

$R_7 = (20\times10^{-6}) / (0.693 \times 0.003 \times10^{-6})$ โอห์ม

$= (20\times10^{-6}) / (0.002079 \times10^{-6})$ โอห์ม

$= 20\times10^{-6}\times10^{6} / 0.002\ \ 079$ โอห์ม

$= 20 / 0.002079$ โอห์ม

$= 9620.00$ โอห์ม

$= 9620.00 \times10^{-3}$ กิโลโอห์ม

$R_7 = 9.62$ กิโลโอห์ม

ค่าความต้านทานที่มีจำหน่ายคือ 10.0 กิโลโอห์ม

หาค่าความต้านทาน R6

จากสมการ $T_1 = 0.693 (R_6 + R_7)C_1$ วินาที

แทนค่าของ T_1 และ R_7 ในสมการ T_1

$T_1 = 0.693 (R_6 + R_7) C_1$ วินาที

$20\times10^{-6} = 0.693 (R_6 + 9620.00) \times 0.003 \times10^{-6}$ วินาที

$20\times10^{-6} = 0.002079 \times10^{-6} (R_6 + 9620.00)$ วินาที

20×10^{-6} = 0.002079 $\times10^{-6}$ R_6 + 19.99998 $\times10^{-6}$ วินาที

R_6 = (20 $\times10^{-6}$ – 19.99998 $\times10^{-6}$) / (0.002079) $\times10^{-6}$ โอห์ม

= (0.00002) / (0.002079) $\times10^{-6}$ โอห์ม

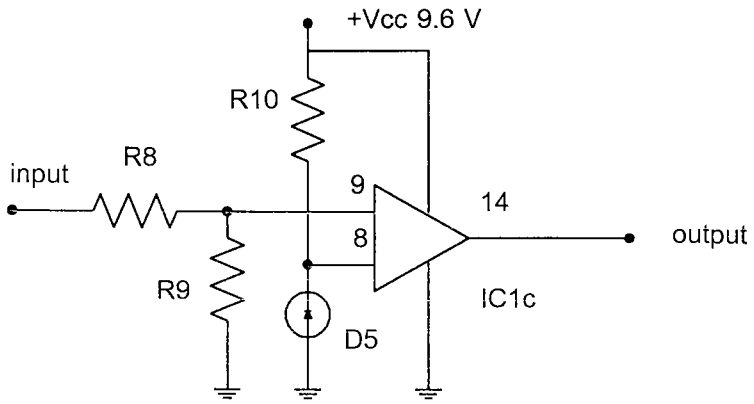
= 0.00002 $\times10^{6}$ / 0.002079 โอห์ม

= 9620.00 โอห์ม

R_6 = 9.62 กิโลโอห์ม

ค่าความต้านทานที่มีจำหน่ายคือ 10.0 กิโลโอห์ม

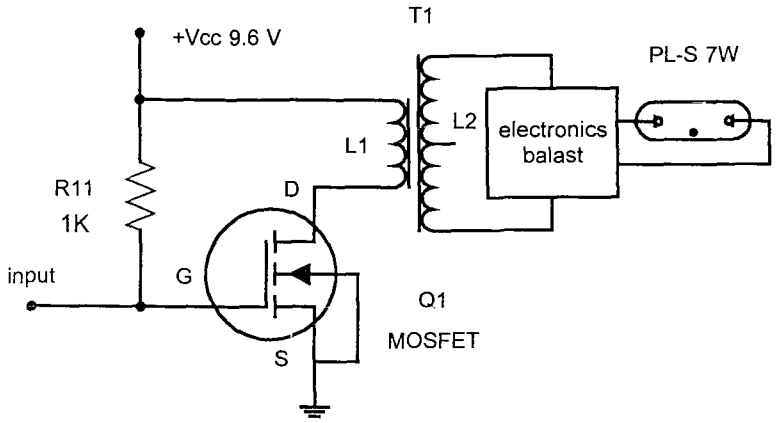
2.6.2 วงจรไดร์เวอร์ เพื่อขยายสัญญาณจากวงจรฐานความถี่ให้สัญญาณมีความแรงมากขึ้น และทำหน้าที่เชื่อมต่อวงจรระหว่างวงจรสัญญาณฐานความถี่กับวงจรสวิตชิ่ง



ภาพประกอบ 39 วงจรไดร์เวอร์

2.6.3 วงจรสวิตชิ่ง ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยใช้ มอสเฟท (MOSFET) ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีขดลวดเหนี่ยวนำ L1 และ L2 เป็นตัวเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้ามาให้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

ขดลวดเหนี่ยวนำ L1 เป็นโหลดของมอสเฟท Q1 จะมีแรงดันไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0 V ถึง 9.6 V ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำไปยังขดลวด L2 ที่สร้างขึ้นโดยให้มีจำนวนรอบมากกว่า L1 เพื่อต้องการให้แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวด L2 สูงขึ้น ให้มีขนาดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่คอมแพกต์ ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงานดิดสว่าง คือ 50 V



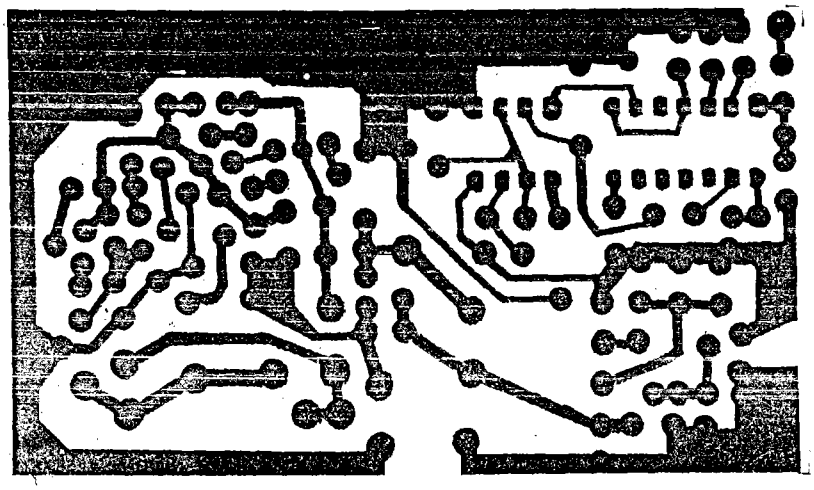
ภาพประกอบ 40 วงจรมอสเฟทสวิตชิ่ง

2.7 ออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์จะต้องจัดซื้ออุปกรณ์ต่างๆ ให้ครบ เพื่อให้ทราบว่าขนาดของอุปกรณ์แต่ละชิ้นก่อนจึงจะสามารถออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ และวางตำแหน่งของอุปกรณ์ทุกชิ้นบนแผ่นวงจรพิมพ์ได้

การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ โดยใช้อุปกรณ์สำหรับใช้ในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ได้แก่เทปชนิดเส้นทึบ ชนิดแบบจุด แบบขาไอซีขนาด 14 ขา แบบขาไอซีขนาด 8 ขา กระดาษกราฟ และแผ่นใสขนาด A4

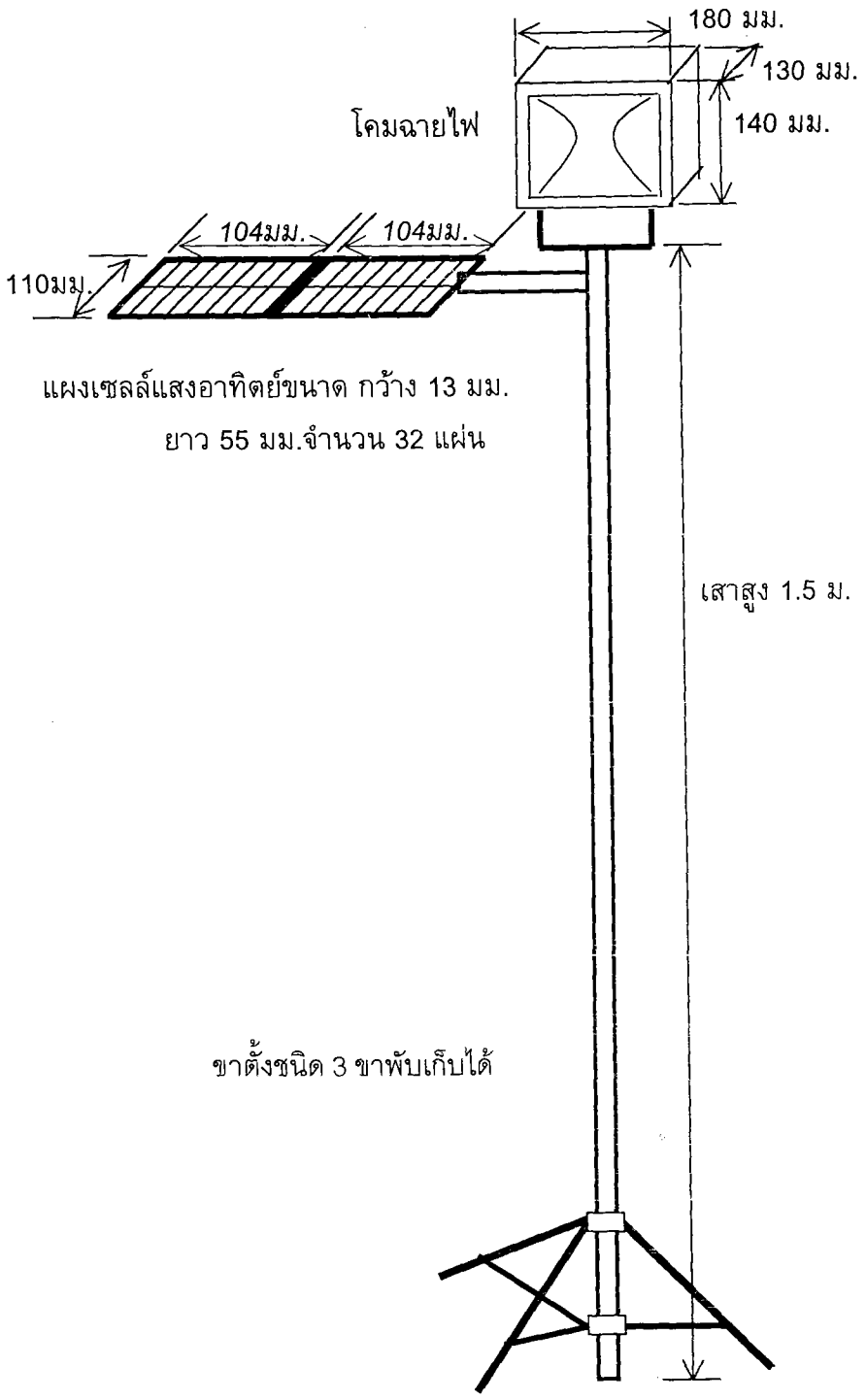
การออกแบบโดยเริ่มจากการวางแบบจุด แบบขาไอซีขนาด 14 และ 8 ขา ตามตำแหน่งที่จะวางอุปกรณ์ทั้งหมดให้ครบทุกส่วนตามตำแหน่งที่ต้องการลงบนแผ่นใสโดยวางทาบกับกระดาษกราฟสำหรับใช้เป็นสเกลในการวางจุดต่างๆ ให้มีขนาดเท่ากับอุปกรณ์แต่ละชิ้นส่วน แล้วนำเส้นเทปมาเข้ากับจุดและแบบขาไอซีตามวงจรที่ออกแบบไว้ ให้ครบ เสร็จแล้วนำแผ่นใสนี้ไปใช้เป็นต้นแบบของแผ่นวงจรพิมพ์ต่อไป แสดงดังภาพประกอบ 41



ภาพประกอบ 41 แผ่นวงจรพิมพ์ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

2.8 ออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมไฟฟ้าฉายแสงพลังงานแสงอาทิตย์ จะออกแบบให้สามารถถอดและประกอบได้ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย โคมฉายไฟพร้อมหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ เสาตั้งสูง 1.5 ม. และขาตั้งชนิด 3 ขาพับเก็บได้



ภาพประกอบ 42 แสดงโครงสร้างสังพอเขปของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

3. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ ได้แก่

3.1.1 แผ่นวงจรพิมพ์เคลือบทองแดงด้านเดียว ขนาด 1 ตารางฟุต

3.1.2 ตะกั่วบัดกรีชนิดส่วนผสม ดีบุก / ตะกั่ว ขนาด 60 / 40

3.1.3 ตัวต้านทาน ประกอบด้วยตัวต้านทานขนาด 0.25 วัตต์ ค่าผิดพลาดร้อยละ 1 ดังนี้

R1	ค่าความต้านทาน	600	โอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R2	ค่าความต้านทาน	6.8	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R4	ค่าความต้านทาน	9.6	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R5	ค่าความต้านทาน	10.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R6	ค่าความต้านทาน	10.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R7	ค่าความต้านทาน	10.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R8	ค่าความต้านทาน	1.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R9	ค่าความต้านทาน	1.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R10	ค่าความต้านทาน	1.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว
R11	ค่าความต้านทาน	1.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว

3.1.4 ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ ประกอบด้วย

R3	ค่าความต้านทาน	2.0	กิโลโอห์ม	จำนวน 1 ตัว

3.1.5 ตัวเก็บประจุ ประกอบด้วย

C1	ค่าความจุ	0.003	ไมโครฟาราด	50	โวลต์	จำนวน 1 ตัว
C2	ค่าความจุ	0.01	ไมโครฟาราด	50	โวลต์	จำนวน 1 ตัว
C3	ค่าความจุ	33	พิกโครฟาราด	100	โวลต์	จำนวน 1 ตัว
C4	ค่าความจุ	100	ไมโครฟาราด	50	โวลต์	จำนวน 1 ตัว

3.1.6 สารกึ่งตัวนำ ประกอบด้วย

D1	ซิลิคอนไดโอด	1N4148	จำนวน 1 ตัว
D2	ซีเนอร์ไดโอด 3.6 V 400 mW	1N747	จำนวน 1 ตัว
D3	แอลดีอาร์	CDS P1241-05	จำนวน 1 ตัว
D4	ซิลิคอนไดโอด	1N4148	จำนวน 1 ตัว

D5	ซิลิคอนไดโอด	1N4148	จำนวน 1 ตัว
IC1	ไอซีออปแอมป์	LM339	จำนวน 1 ตัว
IC2	ไอซีไทเมอร์	NE555	จำนวน 1 ตัว
Q1	มอสเฟท	IRF510	จำนวน 1 ตัว

3.1.7 ทรานฟอร์เมอร์ ประกอบด้วย

T1 จำนวน 1 ตัว

3.1.8 หลอดไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์

Philips รุ่นแสงนวล (cool daylight 5600k) จำนวน 1 หลอด

ขั้วเสียบหลอด รุ่น G23 จำนวน 1 ตัว

สายไฟฟ้า ขนาด 0.5 มม. จำนวน 10 เมตร

3.1.9 แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด AA 1.2V 1400 mAh จำนวน 8เซลล์

3.1.10 เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 15 × 30 ซม. จำนวน 4 เซลล์

3.2 เครื่องมือ ประกอบด้วย

3.2.1 คีมจับ จำนวน 1 ตัว

3.2.2 คีมตัด จำนวน 1 ตัว

3.2.3 หัวแร้งไฟฟ้าชนิดแช่ ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 1 อัน

3.2.4 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 1 ตัว

3.2.5 ออสซิลโลสโคป จำนวน 1 ตัว

3.2.6 สว่านไฟฟ้าพร้อมแท่นจับ จำนวน 1 ตัว

3.2.7 ลักซ์มิเตอร์ รุ่น LX 50 จำนวน 1 ตัว

4. กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างโคมไฟฟ้าฉายแสงพลังงานแสงอาทิตย์

ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการสร้างเครื่องประมาณ เดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2543 ใช้สถานที่ในการสร้างเครื่องพร้อมทั้งใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ บริษัท กนกสิน เอ็กซปอร์ต อิมปอร์ต จำกัด เลขที่ 522 ถนน พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400 โทรศัพท์ 6168000

5. สร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าตามที่ออกแบบ

5.1 ประกอบชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

5.2 จัดซื้ออุปกรณ์

5.3 ประกอบโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า

5.4 สร้างแผ่นวงจรพิมพ์

5.5 ประกอบอุปกรณ์เข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า

5.6 ประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน

5.7 ทดสอบการทำงานโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์หาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุง แก้ไข ให้อุปกรณ์ทุกๆ ส่วนทำงานได้อย่างถูกต้องและดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6. ทดสอบการใช้งาน ปรับแต่งและแก้ไขการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ทดสอบการทำงานโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้

6.1 ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้า โดยใช้เวลาในการเก็บประจุตามเวลาที่ทำการวิจัยเท่ากับ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2543 และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ บันทึกค่ากระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ตามช่วงเวลาที่กำลังประจุกระแสไฟฟ้า

6.2 ทดสอบระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

6.3 ทดสอบความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และบันทึกค่าความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าตามระยะเวลาที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้

6.4 ประเมินการออกแบบและการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ โดยการประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ที่ตรงกับงานวิจัยนี้ ได้แก่ เชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้า เชี่ยวชาญด้านแสงสว่าง เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยการใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้น และให้ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านเป็นผู้ประเมิน เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งาน ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.4.1 สร้างแบบประเมิน การสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ โดยการศึกษาและกำหนดคุณลักษณะสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการศึกษารวบรวมจากความลักษณะเมื่อนำไปใช้งานจริง และจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำมาสร้างเป็นแบบสอบถาม

6.4.2 ตรวจสอบแบบประเมิน ได้ดำเนินการตรวจสอบแบบประเมินดังนี้ นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อกรรมการผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

6.4.3 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ ตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขให้เหมาะสม

6.4.4 นำแบบประเมินที่ตรวจสอบและแก้ไขแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญงานด้านเชี่ยวชาญด้านระบบไฟฟ้า เชี่ยวชาญด้านแสงสว่าง เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ในสถานประกอบการ และคณาจารย์ที่ทำการสอนวิชาไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำผลการประเมินไปวิเคราะห์ต่อไป

6.4.5 ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย คือ

6.4.5.1 อาจารย์ พายัพ พลแก้ว คอ.ม. บริหารอาชีวศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 7 สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า

6.4.5.2 อาจารย์ ศรัญญา สุทธิมาลา คอ.ม. เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ตำแหน่ง อาจารย์ 2 ระดับ 6 สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคงานวิจัย

6.4.5.3 นาย วิทยา สนิทมาก วท.บ. ไฟฟ้าอุตสาหกรรม หน่วยงานศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา(ศทม.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแสง

6.4.6 แบบประเมินประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งาน แบบประเมินแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน ชี้แจงถึงวัตถุประสงค์ และวิธีการตอบแบบประเมินประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งาน ให้ผู้ประเมินเข้าใจและชัดเจนชัดเจน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น แบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) โดยกำหนดกำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ คือ

คะแนนระดับ 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

คะแนนระดับ 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

คะแนนระดับ 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

คะแนนระดับ 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง

คะแนนระดับ 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

การประเมินเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วยคุณลักษณะสมบัติ 4 ด้านคือ

6.4.6.1 ด้านลักษณะทางกายภาพ

6.4.6.2 ด้านลักษณะการออกแบบ

6.4.6.3 ด้านลักษณะการใช้งาน

6.4.6.4 ด้านการบำรุงรักษา

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เป็นคำถามชนิดปลายเปิด ให้ผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ

7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับค่าเกณฑ์ต่างๆ ตามมาตรฐานของผู้ผลิตหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ แบ่งออกเป็น 3 ประการคือ

7.1.1 ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้า

7.1.2 ระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ได้รับการประจุกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

7.1.3 ความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์โดยใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

7.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

7.2.1 ร้อยละ (percentage) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด.2535 : 101)

$$p = \frac{f}{N} \times 100$$

กำหนดให้ p แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

7.2.2 ค่าเฉลี่ย (arithmatic mean) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด.2535 : 102)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

กำหนดให้ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

ΣX แทน ผลรวมของค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ทั้งหมด

N แทน จำนวนครั้งที่วัดความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

7.2.2 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด.2535 : 103)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \overline{X})^2}{N - 1}}$$

กำหนดให้ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานความส่องสว่าง

X แทน ค่าความส่องสว่างแต่ละครั้ง

$\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

N แทน จำนวนครั้งที่วัดความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

Σ แทน ผลรวมความส่องสว่างของหลอด

7.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูล เป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ย	แปลความ
4.50 - 5.00	ดีมาก
3.50 - 4.50	ดี
2.50 - 3.50	พอใช้
1.50 - 2.50	ต้องปรับปรุง
1.00 - 1.50	ใช้ไม่ได้

7.3.1 การนำเสนอผลงานวิเคราะห์ข้อมูล จัดกระทำ 2 แบบ ดังนี้

7.3.1.1 นำเสนอโดยการบรรยายเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานทั้ง 4 ด้าน ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ตารางแปลความหมาย ที่ได้จากข้อมูลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ

7.3.1.2 นำเสนอข้อมูลแสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ของผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบประเมินจากคำถามปลายเปิด

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้า เรื่องการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลและศึกษาอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ในด้านคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละชิ้นส่วน เพื่อนำมาใช้สำหรับการออกแบบและประกอบเข้าด้วยกันเป็นชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า กำหนดอุปกรณ์ เครื่องมือ ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขการทำงานของวงจรทุกส่วน ให้ทำงานอย่างถูกต้องดังขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แผงเซลล์แสงอาทิตย์ นำแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 13 มม. × 55 มม. เรียงประกอบเข้าด้วยกัน และแบ่งเป็น 2 ชุด ๆ ละ 16 แผ่น ซึ่งใช้แผ่นเซลล์ทั้งหมดจำนวน 32 แผ่น ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ชนิดอีพอกซี่ที่เคลือบด้วยทองแดงทั่วทั้งแผ่น โดยตัดผิวทองแดงให้เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้า และใช้พื้นที่ผิวของทองแดงที่ตัดไว้นี้ให้เป็นที่สำหรับยึดติดแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละแผ่นเข้าด้วยกัน และต่อเซลล์แสงอาทิตย์ตามวงจรที่ออกแบบ แล้วติดแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยกาวอีพอกซี่ชนิดที่มีส่วนผสมของเงินบริสุทธิ (conductive epoxy) และปล่อยให้กาวอีพอกซี่แห้งจนแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ยึดติดกับแผ่นวงจรพิมพ์แน่นสนิท แล้วจึงนำเซลล์แสงอาทิตย์ทั้ง 2 ชุด มาต่อเข้าด้วยกัน ชนิดเชื่อมต่อแบบวงจรขนาน (parallel circuit)

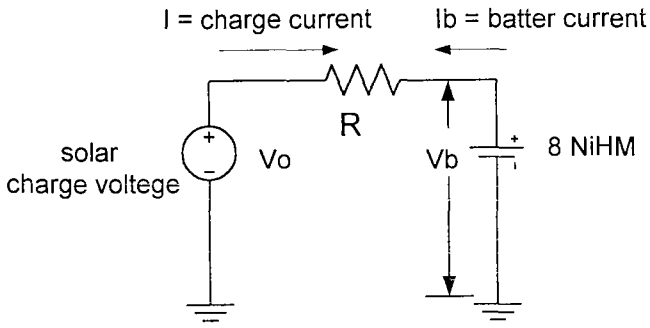
ทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบเข้าด้วยกันเรียบร้อยแล้ว นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปทดสอบรับแสงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลา 11:00 น. ถึงเวลา 13:00 น. โดยการวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้าในลักษณะวงจรเปิด (open circuit) ได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 13.8 ถึง 14.4 โวลต์ และวัดกระแสไฟฟ้าในลักษณะวงจรปิด (shorted circuit) ได้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 95 ถึง 100 มิลลิแอมป์ เมื่อทดสอบเสร็จนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต่อเข้ากับวงจรประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ เพื่อทดสอบการประจุไฟฟ้า และได้ทำการทดสอบการประจุไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในวันที่ 4 – 6 มีนาคม พ.ศ. 2543 เป็นเวลา 3 วันๆ ละ 5 ครั้ง ตั้งแต่เวลา 11:00 น. ถึงเวลา 15:00 น. โดยทำการทดสอบและบันทึกที่เวลา 11:00 น. 12:00 น. 13:00 น. 14:00 น. และ 15:00 น. ตามลำดับ และบันทึกความเข้มแสง แรงดันประจุไฟฟ้าที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์และกระแสประจุไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ลงในตาราง 3

ตาราง 3 บันทึกความเข้มแสง แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 110 มม. × 104 มม. 2 แผง ในขณะประจุไฟฟ้า ทดสอบวันที่ 4 – 6 มีนาคม พ.ศ. 2543

เวลา	ทดสอบวันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสง ลักซ์ (lux)	แรงดันประจุไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสง ลักซ์ (lux)	แรงดันประจุไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)
11:00	58000	8.00	29.8	61500	8.00	30.0
12:00	64800	8.10	34.0	63500	8.15	32.5
13:00	57000	8.30	26.8	58500	8.26	27.8
14:00	53000	8.55	25.0	56000	8.45	26.0
15:00	54600	8.70	24.5	45000	8.62	25.5
ค่าเฉลี่ย	57480	8.33	28.02	56900	8.296	28.36
เวลา	ทดสอบวันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2543			ค่าเฉลี่ยการทดสอบวันที่ 4 – 6 มี.ค. 43		
	ความเข้มแสง ลักซ์ (lux)	แรงดันประจุไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสง $\overline{X}$ ลักซ์ (lux)	แรงดันประจุไฟฟ้า $\overline{X}$ (โวลต์)	กระแสประจุไฟฟ้า $\overline{X}$ (มิลลิแอมป์)
11:00	62500	8.00	31.0	60666.7	8.00	30.2667
12:00	62000	8.20	30.0	63433.3	8.15	32.1667
13:00	56000	8.37	29.5	57166.7	8.31	28.0333
14:00	50000	8.50	25.0	53000.0	8.50	25.3333
15:00	46000	8.60	24.0	48533.3	8.64	24.6667
ค่าเฉลี่ย	55300	8.334	27.9	56560.0	8.32	28.0933

จากตาราง 3 ค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงในช่วงเวลาระหว่าง 11:00 น. – 15:00 น. ทั้ง 3 วันเท่ากับ 56,560 ลักซ์ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงแต่ละวันอยู่ในช่วงตั้งแต่ 55,300 – 57,480 ลักซ์ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตแรงดันประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ได้เฉลี่ยเท่ากับ 8.32 โวลต์ และจ่ายกระแสประจุไฟฟ้าได้เฉลี่ยเท่ากับ 28.0 มิลลิแอมป์ ปริมาณกระแสประจุไฟฟ้าที่ได้มีค่าต่ำกว่าปริมาณกระแสประจุไฟฟ้าที่ต้องนำมาประจุให้กับแบตเตอรี่ คือจะต้องมีค่าเท่ากับ 280 มิลลิแอมป์

ผลของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 110 มม. × 104 มม. 2 แผง ที่ทำการทดสอบพบว่ากระแสไฟฟ้าในขณะประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่มีค่าเท่ากับ 28.0 มิลลิแอมป์ น้อยกว่าปริมาณความต้องการสำหรับการนำมาประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ซึ่งจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าสำหรับประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ภายในระยะเวลาที่กำหนด 8 ชั่วโมง เท่ากับ 280 มิลลิแอมป์ เพราะว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่หมดและนำมาประจุไฟฟ้า ในขณะประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่ยังมีแรงดันไฟฟ้าอยู่เท่ากับ 8.0 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าที่แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์หมดพลังงาน มีกระแสไฟฟ้าเหลืออยู่แต่มีค่าน้อย เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นำมาประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ จึงทำให้กระแสประจุลดลง สามารถแสดงวงจรการประจุไฟฟ้าได้ดังภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 43 วงจรประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

จากภาพประกอบ 43 กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (I) จากการทดสอบโดยการวัดด้วย แอมป์มิเตอร์ ในลักษณะวงจรปิด (shorted circuit) คือให้ Vb มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ จะได้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 95 ถึง 100 มิลลิแอมป์ และเมื่อประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากแรงดันไฟฟ้า Vb ของแบตเตอรี่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.0 โวลต์ เข้ามาต้านกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ กระแสประจุไฟฟ้าจึงลดลง

ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้ไม่สามารถนำไปใช้ประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด 1400 มิลลิแอมป์ ให้ได้ประจุไฟฟ้าเต็มในเวลา 8 ชั่วโมงได้ เพราะว่าการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จะต้องใช้แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าดังนี้คือ

แรงดันประจุไฟฟ้าจะต้องมีค่าเท่ากับ ผลรามของแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่นำมาใช้แต่ละเซลล์กับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานกำหนดค่ากระแสประจุ ดังวงจรประจุไฟฟ้าตามภาพประกอบ 29 และต้องมีค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าดังนี้

ผลรวมค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ = 1.45 × 8 = 11.60 โวลต์

กระแสไฟฟ้าสำหรับการประจุ (I_{ch}) = 0.2CmA

= 0.2 × 1400 mA = 280 mA

ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ต้องมีค่าแรงดันไฟฟ้า ดังสูตรที่ใช้สำหรับการคำนวณคือ

$$I_{ch} = \frac{V_o - V_B}{R} = \frac{V_C \times N \times (K) - V_C \times N}{R}$$

แทนค่าสูตร

280 mA = (V_o – 11.60 V) / R

กำหนดให้ R ที่นำมาใช้ให้มีค่าเท่ากับ 0.5 โอห์ม และแทนค่าลงในสูตรจะได้

280 mA × R = V_o – 11.60 V

(0.280 A) × 0.5 Ω = V_o – 11.60 V

0.140 V = V_o – 11.60 V

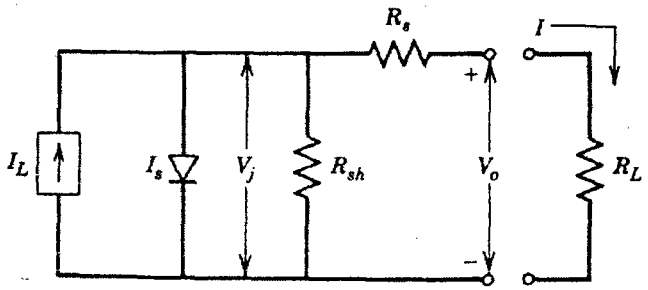
V_o = 0.14 + 11.60 V

= 11.74 V

จากการคำนวณที่ได้ ค่าแรงดันไฟฟ้า V_o = 11.74 V หมายถึง แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขั้นต่ำที่สุดที่จะนำมาประจุแบตเตอรี่ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลิแอมป์ ได้อย่างเหมาะสม

แรงดันไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 13.8 ถึง 14.4 โวลต์ คิดเป็นแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 14.1 โวลต์ แตกต่างจากการคำนวณเท่ากับ 14.4 โวลต์ – 14.1 โวลต์ = 0.3 โวลต์ คิดเป็นร้อยละ 97.9 ซึ่งเป็นปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่สามารถนำมาประจุแบตเตอรี่ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลิแอมป์ ได้ แต่จะต้องใช้เวลาการประจุไฟฟ้ามากขึ้น

จากการทดสอบกระแสไฟฟ้าสำหรับประจุกระแสไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ จำนวน 8 เซลล์ ด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 110 มม. × 104 มม. 2 แผง ไม่ได้ตรงดังที่กำหนด มีสาเหตุมาจากกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ต่ำในขณะที่ประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ เนื่องจากแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์แต่แผ่นจะมีค่าความต้านทานเสมือนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ ดังวงจรเสมือนทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงตามภาพประกอบ 43



ภาพประกอบ 44 วงจรเสมือนของเซลล์แสงอาทิตย์
(Tyagi. 1991 : 344)

กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ I_L เป็นกระแสไฟฟ้าเสมือนกับการนำไฟฟ้าของไดโอดและเป็นกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด และเนื่องจากรอยต่อ (junction) ของเซลล์มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับไดโอด กระแสไฟฟ้าของเซลล์จะไหลจาก ขั้ว N ไปยังขั้ว P กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่แท้จริงคือ I_s (saturation current) เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ ความต้านทาน R_{sh} (shunt resistance) กับ R_s (series resistance) ซึ่งเป็นความต้านทานภายในของเซลล์ โดยที่ R_s เกิดขึ้นจากพื้นที่บริเวณของสาร N และ P หรือเป็นความต้านทานของขั้วต่อภายในเซลล์ R_{sh} เป็นความต้านทานระหว่างรอยต่อของเซลล์ที่ขนานกันอยู่ภายในเซลล์ และ R_{sh} เกิดขึ้นจากการรั่วไหลบริเวณที่ขอบต่างๆ ของเซลล์ หรือเกิดจากความไม่สมดุลย์ของรอยต่อของสาร N และ P ในขณะที่ทำปฏิกิริยากับแสงแดด

แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ จะมีผลกระทบมาจาก R_{sh} และ R_s ค่าความต้านทานของ R_s จะต้องมีค่าน้อยเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้ามากนั้น ขึ้นอยู่กับการเคลือบสารที่นำมาใช้สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ให้เกิดความต้าน R_s ต่ำที่สุด

นั่นคือ กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (I) ดังสมการต่อไปนี้ (Tyagi.1991 : 344)

$$I\left(1+\frac{R_s}{R_{sh}}\right) = I_L - I_{dark} - \frac{V_o}{R_{sh}}$$

ดังนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กจะมีค่าความต้านทานภายในสูงเมื่อมาต่อเข้าด้วยกันจำนวนมาก จะทำให้มีค่ามากขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้แผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อย ดังสมการดังกล่าวข้างต้น

จากสาเหตุที่เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประกอบขึ้นมาไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับประจุกระแสไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาดความจุกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง ภายในเวลา 8 ชั่วโมงได้ จึงแก้ไขด้วยการเปลี่ยนขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อให้จ่ายกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าสำหรับประจุกระแสไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่มากขึ้น โดยการนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 15 × 30 เซนติเมตร มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 10.8 โวลต์ จำนวน 4 แผ่น นำมาต่ออนุกรมกัน 2 แผ่น แล้วนำมาต่อกับแบบขนานมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 21.6 โวลต์ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับประจุกระแสไฟฟ้าเข้ากับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาดความจุกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง ได้เท่ากับ 270 ถึง 300 มิลลิแอมป์ ซึ่งเป็นปริมาณตรงกับการคำนวณ และนำไปทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลต่อไป

2. วงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่ เมื่อประกอบอุปกรณ์เข้าด้วยกันเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่ และจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าวงจร โดยจะต้องต่อขา 4 ของไอซี NE555 เข้ากับขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟด้วย เพื่อให้วงจรทำงาน และวัดรูปคลื่นสัญญาณที่ขั้วสัญญาณขาออกที่ขา 3 ด้วยออสซิลโลสโคป พบว่าได้สัญญาณฐานความถี่ตามที่กำหนด เมื่อทดสอบวงจรเสร็จจึงปลดขา 4 ออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟ

3. วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก เมื่อต่อวงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอกเข้ากับวงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่ โดยใช้โฟโตไดโอด พบว่าโฟโตไดโอดทำงานกับวงจรได้ดี แต่พบปัญหาโฟโตไดโอดทำการตรวจสอบแสงสว่างได้เร็วมากเกินไป มีความไวต่อสัญญาณความถี่ 50 Hz จากกระแสไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในบ้านและจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดาทั่วไป จึงต้องเปลี่ยนโฟโตไดโอดเป็นตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าความต้านทานไปตามแสงสว่างแทน (light decreasing resistor or LDR) LDR เป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ที่มีคุณสมบัติเปลี่ยนค่าความต้านของตัวมันคือ ถ้าแสงสว่างมากขึ้นค่าความต้านทานของ LDR จะมีค่าลดลง และได้ทำการทดสอบโดยการปิดและเปิดแสงที่ด้านรับแสงของ LDR พบว่าการตรวจสอบแสงสว่างของวงจรทำงานถูกต้อง

4. ประกอบวงจรสวิตช์อัตโนมัติเข้ากับวงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก เมื่อประกอบวงจรเสร็จ ได้ทำการทดสอบการทำงานของวงจร ด้วยการปิดและเปิดให้แสงสว่างเข้าที่ด้านรับแสงของ LDR พบว่าการตรวจสอบแสงสว่างของวงจรทำงานถูกต้อง

5. ประกอบวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ โดยปรับค่าแรงดันไฟฟ้าสำหรับใช้เป็นค่าเปรียบเทียบไว้ที่ 8.0 โวลต์ และทดสอบวงจรด้วยการสร้างวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า และใช้แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟ ทำการทดสอบวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า ผลการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ สามารถทำการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง

6. วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้วิจัยได้ประกอบวงจรกำเนิดสัญญาณฐานความถี่ วงจรไดร์เวอร์ และวงจรสวิตชิ่งเข้าด้วยกัน แล้วทำการทดสอบการทำงานของวงจรพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟฟ้าต่ำกว่าที่กำหนด ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขโดยการปรับแต่งเพิ่มขดลวดด้านขาออกของทรานฟอร์เมอร์คัปปลิ้งให้มากขึ้นอีก เพื่อที่จะให้มีแรงดันไฟฟ้าจ่ายให้กับหลอดไฟฟ้าเท่ากับ 50 โวลต์

7. นำอุปกรณ์ที่ได้ปรับเปลี่ยนแก้ไขแล้วมาประกอบใส่ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ แล้วทำการบัดกรีอุปกรณ์ดังกล่าวเข้ากับแผ่นวงจร พร้อมทั้งต่อหลอดไฟฟ้า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ และแบตเตอรี่เข้ากับวงจร และทำการทดสอบการทำงานของวงจรอีกครั้ง พบว่าเครื่องทำงานได้ถูกต้อง

8. ทำการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังที่จะทำการวิจัยโคมไฟฟ้าฉายแสงพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดสอบการใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับค่าเกณฑ์ต่างๆ ตามมาตรฐานของผู้ผลิตหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ แบ่งออกเป็น 3 ประการคือ

1. ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ ดำเนินการบันทึกข้อมูลสำหรับการเก็บประจุไฟฟ้าดังนี้คือ

1.1 วัดความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น. เป็นจำนวน 10 วัน ตั้งแต่ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543 และหาค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า บันทึกความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ และหาค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังตาราง 4

ตาราง 4 บันทึกความเข้มแสงอาทิตย์ แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)
8.00	7,400.00	18.70	235.00	11,500.00	19.80	252.50
9.00	8,860.00	18.80	237.25	21,000.00	20.64	276.00
10.00	13,800.00	19.64	241.00	38,700.00	20.50	350.00
11.00	36,800.00	20.28	342.50	46,000.00	20.30	367.50
12.00	44,500.00	20.24	347.50	62,200.00	20.60	375.00
13.00	64,300.00	20.38	351.00	69,500.00	21.00	385.00
14.00	65,100.00	20.80	370.00	65,200.00	20.90	380.00
15.00	52,300.00	20.40	360.00	53,200.00	20.20	365.00
16.00	46,000.00	20.30	367.50	52,400.00	20.20	355.00
เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)
8.00	24,500.00	20.70	280.00	25,500.00	20.70	282.50
9.00	55,000.00	21.00	335.00	47,000.00	20.80	370.00
10.00	56,500.00	21.00	340.00	56,700.00	20.90	372.50
11.00	65,100.00	21.30	365.00	67,100.00	21.00	375.00
12.00	65,200.00	21.30	387.50	68,300.00	21.00	380.00
13.00	68,000.00	21.50	395.00	68,400.00	21.10	384.00
14.00	71,200.00	21.50	400.00	73,200.00	21.10	400.00
15.00	73,500.00	21.60	400.00	73,900.00	21.10	400.00
16.00	64,300.00	20.40	352.50	69,400.00	21.00	395.00

ตาราง 4 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)
8.00	36,000.00	20.40	340.00	15,800.00	20.24	265.00
9.00	43,700.00	20.40	355.00	44,600.00	20.30	365.00
10.00	45,900.00	20.60	362.50	47,000.00	20.36	369.00
11.00	46,500.00	20.60	369.00	55,500.00	20.40	370.00
12.00	64,200.00	20.80	370.00	64,400.00	20.44	375.00
13.00	69,500.00	20.90	400.00	75,000.00	21.10	400.00
14.00	54,000.00	20.80	352.00	74,500.00	21.10	400.00
15.00	65,000.00	20.90	395.00	66,000.00	20.80	390.00
16.00	45,400.00	20.60	360.00	53,000.00	20.40	357.50
เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)
8.00	14,500.00	20.26	267.50	20,000.00	20.60	275.00
9.00	54,000.00	20.40	345.00	21,100.00	20.64	276.00
10.00	56,900.00	20.40	350.00	38,500.00	20.70	345.00
11.00	68,500.00	20.60	367.50	51,000.00	20.30	365.00
12.00	68,800.00	20.60	370.00	75,200.00	21.00	400.00
13.00	68,000.00	20.60	368.50	74,000.00	21.00	400.00
14.00	69,000.00	20.70	375.00	76,200.00	21.00	400.00
15.00	73,100.00	21.00	395.00	63,500.00	20.36	350.00
16.00	65,200.00	20.50	360.00	61,200.00	20.20	340.00

ตาราง 4 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์(โวลต์)	กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)
8.00	8,500.00	19.60	241.00	25,500.00	20.30	282.50
9.00	35,000.00	20.20	340.00	45,000.00	20.34	360.00
10.00	48,500.00	20.40	370.00	66,500.00	20.40	370.00
11.00	55,100.00	20.40	377.50	65,800.00	20.40	375.00
12.00	65,000.00	20.50	380.00	65,200.00	20.40	382.50
13.00	72,000.00	21.00	400.00	68,100.00	20.50	387.50
14.00	71,200.00	21.00	400.00	72,200.00	21.00	400.00
15.00	73,900.00	21.00	400.00	73,000.00	21.00	400.00
16.00	53,300.00	20.30	352.50	60,300.00	20.00	367.50

เวลาทดสอบ	ค่าเฉลี่ยความเข้มแสง แรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ 11-20 มี.ค.43					
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์		แรงดันไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (โวลต์)		กระแสไฟฟ้าของเซลล์ (มิลลิแอมป์)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
8.00	18,920	9,044.55	20.13	0.61	272.10	87.73
9.00	37,526	15,569.03	20.35	0.60	325.93	137.72
10.00	46,900	14,565.33	20.49	0.37	347.00	117.21
11.00	55,740	10,763.02	20.56	0.33	367.40	29.29
12.00	64,300	7,843.18	20.69	0.33	376.75	40.78
13.00	69,680	3,182.17	20.91	0.33	387.10	48.90
14.00	69,180	6,446.15	20.99	0.22	387.70	52.11
15.00	66,740	8,391.68	20.84	0.41	385.50	58.07
16.00	57,050	8,227.35	20.39	0.26	360.75	43.30

จากตาราง 4 ช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. แสงมีความเข้มน้อย กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าน้อย และในช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. ความเข้มของแสงมาก

กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ มีค่าสูง และช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 15.00 น. มีความเข้มของแสงมากที่สุด เซลล์แสงอาทิตย์ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด

ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 10 ในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 9.00 น. แสงมีความเข้มน้อย แต่สามารถนำมาใช้ในการเก็บประจุไฟฟ้าได้ และช่วงเวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. แสงอาทิตย์มีความเข้มของแสงอยู่ในระดับสูง ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงมีค่าตั้งแต่ 272.10 – 387.70 มิลลิแอมป์ และสามารถนำมาประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ได้ดี

1.2 วัดความเข้มของแสง แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า ในขณะที่ทำการประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ และบันทึกข้อมูลลงในตาราง 5

ตาราง 5 บันทึกความเข้มของแสง ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)
8.00	7,400.00	8.08	129.80	11,500.00	8.10	148.25
9.00	8,860.00	8.49	132.40	21,000.00	8.45	178.65
10.00	13,800.00	9.52	164.25	38,700.00	9.90	219.30
11.00	36,800.00	10.40	216.20	46,000.00	10.60	237.75
12.00	44,500.00	11.16	201.90	62,200.00	11.20	266.80
13.00	64,300.00	11.22	269.80	69,500.00	11.50	277.50
14.00	65,100.00	11.22	270.25	65,200.00	11.60	275.00
15.00	52,300.00	11.72	240.00	53,200.00	12.00	254.50
16.00	46,000.00	12.00	226.75	52,400.00	12.00	250.25

ตาราง 5 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)
8.00	24,500.00	8.00	184.25	25,500.00	8.14	185.40
9.00	55,000.00	9.15	248.75	47,000.00	9.35	237.75
10.00	56,500.00	10.16	259.20	56,700.00	10.20	248.50
11.00	65,100.00	10.72	270.25	67,100.00	10.80	279.00
12.00	65,200.00	11.36	272.80	68,300.00	11.56	282.75
13.00	68,000.00	11.50	275.00	68,400.00	11.60	284.40
14.00	71,200.00	12.00	277.90	73,200.00	11.80	285.10
15.00	73,500.00	12.00	280.20	73,900.00	12.00	287.25
16.00	64,300.00	12.00	256.50	69,400.00	12.00	262.65
เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)
8.00	36,000.00	8.00	216.20	15,800.00	8.12	172.75
9.00	43,700.00	9.15	235.00	44,600.00	8.71	235.25
10.00	45,900.00	10.20	237.80	47,000.00	10.10	239.35
11.00	46,500.00	10.90	236.00	55,500.00	10.70	250.00
12.00	64,200.00	11.60	269.80	64,400.00	11.56	269.80
13.00	69,500.00	11.80	272.90	75,000.00	11.68	275.00
14.00	54,000.00	11.90	258.70	74,500.00	11.80	274.00
15.00	65,000.00	12.00	270.25	66,000.00	12.00	267.50
16.00	45,400.00	12.00	235.00	53,000.00	12.00	254.50

ตาราง 5 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)
8.00	14,500.00	8.10	170.00	20,000.00	7.60	178.65
9.00	54,000.00	8.79	248.75	21,100.00	8.65	179.75
10.00	56,900.00	9.80	259.20	38,500.00	9.90	219.30
11.00	68,500.00	10.60	277.00	51,000.00	10.60	245.00
12.00	68,800.00	11.40	279.25	75,200.00	11.60	273.80
13.00	68,000.00	11.60	277.00	74,000.00	11.92	273.20
14.00	69,000.00	12.00	280.30	76,200.00	12.00	274.00
15.00	73,100.00	12.00	282.50	63,500.00	12.00	266.35
16.00	65,200.00	12.00	265.00	61,200.00	12.00	264.25
เวลาทดสอบ	ทดสอบวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2543			ทดสอบวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543		
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)	แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)
8.00	8,500.00	7.00	132.40	25,500.00	7.60	187.75
9.00	35,000.00	9.01	215.40	45,000.00	8.85	239.00
10.00	48,500.00	9.90	240.10	66,500.00	9.90	272.50
11.00	55,100.00	10.64	258.70	65,800.00	10.74	274.10
12.00	65,000.00	11.40	269.25	65,200.00	11.40	267.00
13.00	72,000.00	11.60	277.50	68,100.00	11.72	275.25
14.00	71,200.00	11.90	275.30	72,200.00	11.90	278.00
15.00	73,900.00	12.00	278.90	73,000.00	12.00	282.50
16.00	53,300.00	12.00	240.25	60,300.00	12.00	265.00

ตาราง 5 (ต่อ)

เวลาทดสอบ	ค่าเฉลี่ยของความเข้มของแสง แรงดันและกระแสไฟฟ้าในการประจุไฟฟ้าให้แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ วันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2543 ถึงวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2543					
	ความเข้มแสงอาทิตย์ลักซ์ (lux)		แรงดันของแบตเตอรี่ขณะประจุ (โวลต์)		กระแสไฟฟ้าขณะเก็บประจุ (มิลลิแอมป์)	
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
8.00	18,920	9,044.55	7.87	0.37	170.55	30.88
9.00	37,526	15,569.03	8.86	0.30	215.07	55.77
10.00	46,900	14,565.33	9.96	0.22	235.95	53.79
11.00	55,740	10,763.02	10.67	0.14	254.40	54.62
12.00	64,300	7,843.18	11.42	0.14	265.32	56.38
13.00	69,680	3,182.17	11.61	0.20	275.76	51.14
14.00	69,180	6,446.15	11.81	0.24	274.86	52.51
15.00	66,740	8,391.68	11.97	0.10	271.00	54.70
16.00	57,050	8,227.35	12.00	0.00	252.02	48.77

จากตาราง 5 เริ่มทำการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ตั้งแต่เวลา 8:00 น. จากจุดที่ประจุไฟฟ้าหมดมีค่าแรงดันไฟฟ้าประมาณ 7.00 โวลต์ ถึง 8.14 โวลต์ และประจุไฟฟ้าใหม่จนเต็ม ค่าแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ มีค่าเท่ากับ 11.6 โวลต์ ภายในระยะเวลาประมาณ 8:00 น. ถึง 15:00 น. หรือประมาณ 7 ชั่วโมง และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 8:00 น. ถึง 9:00 น. ได้กระแสไฟฟ้าน้อยเพราะปริมาณของแสงอาทิตย์อ่อนทำให้ได้กระแสไฟฟ้าน้อย ในช่วงเวลา 9:00 น. ถึง 15:00 น. ได้กระแสไฟฟ้ามากเพราะปริมาณของแสงอาทิตย์มาก สามารถประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ได้

แรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขณะเริ่มทำการเก็บประจุมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 7.87 โวลต์ และเมื่อเก็บประจุไฟฟ้าจนเต็ม จะมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 11.6 โวลต์ หรือมากกว่า โดยใช้ระยะเวลาเก็บประจุตั้งแต่ 8.00 น. จนถึง 16.00 น. หรือประมาณ 8 ชั่วโมง จะได้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 170.55 มิลลิแอมป์ และสูงสุดเท่ากับ 275.76 มิลลิแอมป์

2. ระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ที่ได้รับการประจุกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

ทดสอบระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ด้วยการต่อโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ เข้ากับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เรียบร้อยแล้ว เปิดเครื่องให้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ ติดสว่างอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแบตเตอรี่หมดพลังงาน แล้วประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่อีกครั้ง ทำการทดสอบระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่เช่นนี้เป็นจำนวน 5 ครั้ง และจดบันทึกข้อมูล ดังตาราง 6

ตาราง 6 บันทึกระยะเวลาการจ่ายกระไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)	ทดสอบครั้งที่ 1		ทดสอบครั้งที่ 2	
	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)
0:00	11.10	280.00	11.50	280.00
0:30	10.76	280.00	10.84	280.00
1:00	10.60	275.00	10.64	275.00
1:30	10.24	275.00	10.24	275.00
2:00	10.16	275.00	10.16	275.00
2:30	10.10	275.00	10.10	275.00
3:00	10.00	275.00	10.00	275.00
3:30	9.96	275.00	9.96	275.00
4:00	9.64	275.00	9.64	275.00
4:30	9.60	275.00	9.60	275.00
5:00	9.60	275.00	9.60	275.00
5:30	9.56	275.00	9.56	275.00
6:00	9.50	275.00	9.50	275.00
6:30	9.40	275.00	9.40	275.00
7:00	9.20	275.00	9.20	275.00
7:30	9.00	275.00	9.00	275.00
8:00	8.50	275.00	8.50	275.00
8:30	8.20	275.00	8.20	250.00
9:00	7.80	250.00	7.80	230.00
9:30	5.40	230.00	4.40	220.00
10:00				

ตาราง 6 (ต่อ)

ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)	ทดสอบครั้งที่ 3		ทดสอบครั้งที่ 4	
	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)
0:00	11.20	280.00	10.96	280.00
0:30	10.74	280.00	10.72	280.00
1:00	10.42	275.00	10.42	275.00
1:30	10.24	275.00	10.24	275.00
2:00	10.16	275.00	10.16	275.00
2:30	10.10	275.00	10.10	275.00
3:00	10.00	275.00	10.00	275.00
3:30	9.96	275.00	9.96	275.00
4:00	9.64	275.00	9.64	275.00
4:30	9.60	275.00	9.60	275.00
5:00	9.60	275.00	9.60	275.00
5:30	9.56	275.00	9.56	275.00
6:00	9.50	275.00	9.50	275.00
6:30	9.40	275.00	9.20	275.00
7:00	9.20	275.00	9.00	275.00
7:30	9.00	275.00	8.60	275.00
8:00	8.50	275.00	8.04	275.00
8:30	8.20	250.00	7.96	275.00
9:00	7.80	230.00	5.78	250.00
9:30	5.00	200.00	0.00	
10:00				

ตาราง 6 (ต่อ)

ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)	ทดสอบครั้งที่ 5		ค่าเฉลี่ยการทดสอบ			
	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)		กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	
			$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
0:00	11.40	280.00	11.23	0.22	280.00	0.0
0:30	10.80	280.00	10.77	0.00	280.00	0.0
1:00	10.50	275.00	10.52	0.31	275.00	0.0
1:30	10.24	275.00	10.24	0.00	275.00	0.0
2:00	10.16	275.00	10.16	0.00	275.00	0.0
2:30	10.10	275.00	10.10	0.00	275.00	0.0
3:00	10.00	275.00	10.00	0.00	275.00	0.0
3:30	9.96	275.00	9.96	0.00	275.00	0.0
4:00	9.64	275.00	9.64	0.00	275.00	0.0
4:30	9.60	275.00	9.60	0.00	275.00	0.0
5:00	9.60	275.00	9.60	0.00	275.00	0.0
5:30	9.56	275.00	9.56	0.00	275.00	0.0
6:00	9.50	275.00	9.50	0.00	275.00	0.0
6:30	9.04	275.00	9.29	0.17	275.00	0.0
7:00	8.90	275.00	9.10	0.14	275.00	0.0
7:30	8.70	275.00	8.86	0.20	275.00	0.0
8:00	8.00	275.00	8.31	0.26	275.00	0.0
8:30	7.60	250.00	8.03	0.26	260.00	54.77
9:00	5.50	230.00	6.94	1.18	238.00	43.81
9:30	0.00		2.96	2.72	130.00	476.65
10:00				0.00	0.00	0.0

จากตาราง 6 พลังงานไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ เมื่อใช้กระแสไฟฟ้า 275 มิลลิแอมป์ กระแสไฟฟ้าจะหมดลงที่เวลาเฉลี่ย 8:30 ชั่วโมง

3. ความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์โดยใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

ทดสอบแสงสว่างของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยเครื่องวัดแสงอินติเกรติ้ง สเฟียร์ (integrating sphere) ณ ห้องปฏิบัติการทางแสง ของศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และจดบันทึกข้อมูล ดังตาราง 7

ตาราง 7 บันทึกความสว่างของหลอดไฟฟ้าที่ใช้งานร่วมกับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่ประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ระยะเวลาจ่ายกระแสไฟฟ้า (ชั่วโมง)	แรงดันไฟฟ้าขณะจ่ายกระแสไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าขณะจ่ายประจุไฟฟ้า (มิลลิแอมป์)	ความสว่างของหลอดไฟฟ้าลูเมน (lumen)
0:00	10.96	280.00	375
1:00	10.42	275.00	370
2:00	10.16	275.00	370
3:00	10.00	275.00	370
4:00	9.64	275.00	370
5:00	9.60	275.00	370
6:00	9.50	275.00	370
7:00	9.00	275.00	370
8:00	8.04	275.00	365
9:00	5.78	250.00	210
10:00			

จากตาราง 7 ความสว่างของหลอดไฟฟ้าจะมีค่าคงที่ ที่ความส่องสว่างเท่ากับ 370 ลูเมน ระยะเวลาที่หลอดไฟฟ้าติดสว่างเป็นช่วงตั้งแต่เวลา 0:00 – 8:00 ชั่วโมง และค่าความส่องสว่างลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ต่ำกว่า 8.04 โวลต์

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านประสิทธิภาพการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

การประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านไฟฟ้า จำนวน 2 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญในด้านแสง จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 2 ท่าน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้านประสิทธิภาพ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านลักษณะการออกแบบ ด้านลักษณะการใช้งาน และด้านลักษณะการบำรุงรักษา ซึ่งมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

4.1 นำข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ และผลของการประเมินในด้านลักษณะต่างๆ คือ

ตาราง 8 การวิเคราะห์ด้านลักษณะทางกายภาพ ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	ด้านลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
1.1	ขนาดของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีความกะทัดรัดและสวยงาม	4.2	0.2	ดี
1.2	ความแข็งแรงของโครงสร้าง	3.8	0.2	ดี
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์	4.2	0.2	ดี
1.4	ความสะดวกในการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย	4.2	0.2	ดี
1.5	ความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน	4.4	0.3	ดี
	รวม	4.16	0.22	ดี

จากตาราง 8 สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ลักษณะทางกายภาพอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.16)

ขนาดของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีความกะทัดรัดและสวยงาม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.20)

ความแข็งแรงของโครงสร้าง มีความแข็งแรง อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.80)

ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์ การจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.20)

ความสะดวกในการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.20)

ความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.40)

ตาราง 9 การวิเคราะห์ด้านลักษณะการออกแบบของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	ด้านลักษณะการออกแบบ	$\bar{X}$	SD	แปลความ
2.1	การออกแบบรูปทรงมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.0	0.5	ดี
2.2	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง	3.8	0.2	ดี
2.3	การนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการออกแบบ	3.8	0.2	ดี
2.4	การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานเหมาะสม	4.0	0.0	ดี
2.5	การออกแบบขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์มีความเหมาะสม	4.0	0.0	ดี
	รวม	3.92	0.18	ดี

จากตาราง 9 สามารถวิเคราะห์ด้านลักษณะการออกแบบ ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านลักษณะการออกแบบ ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.92)

การออกแบบรูปทรงมีความเหมาะสมกับการใช้งาน อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.00)

การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.80)

การนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการออกแบบ มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.80)

การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.00)

การออกแบบขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์มีความเหมาะสม อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.00)

ตาราง 10 การวิเคราะห์ด้านลักษณะการใช้งาน ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	ด้านลักษณะการใช้งาน	$\bar{X}$	SD	แปลความ
3.1	การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้งานมีความสะดวก	4.6	0.3	ดีมาก
3.2	การเคลื่อนย้ายหรือนำไปใช้งานในพื้นที่ต่างๆ	4.6	0.3	ดีมาก
3.3	สามารถให้แสงสว่างได้	4.2	0.2	ดี
3.4	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน	4.4	0.3	ดี
3.5	วงจรควบคุมทำงานได้ถูกต้อง	4.0	0.5	ดี
	รวม	4.36	0.32	ดี

จากตาราง 10 สามารถวิเคราะห์ด้านลักษณะการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านลักษณะการใช้งานอยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.36)

การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้งานมีความสะดวก อยู่ในระดับดีมาก มีค่ามากที่สุด คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.60)

การเคลื่อนย้ายหรือนำไปใช้งานในพื้นที่ต่างๆ อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.60)

สามารถให้แสงสว่างได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.20)

ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.40)

วงจรควบคุมทำงานได้ถูกต้อง อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.00)

ตาราง 11 การวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษา ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ลำดับที่	ด้านการบำรุงรักษา	$\bar{X}$	SD	แปลความ
4.1	การบำรุงรักษาเครื่องในการกำจัดฝุ่นทำได้	3.8	0.2	ดี
4.2	อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ จัดหาได้ง่าย	3.8	0.2	ดี
4.3	สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดได้	4.2	0.2	ดี
4.4	ความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ	4.6	0.3	ดีมาก
4.5	แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่นำมาใช้งานทำการซ่อมบำรุงง่าย	4.0	0.5	ดี
	รวม	4.08	0.28	ดี

จากตาราง 11 สามารถวิเคราะห์ด้านการบำรุงรักษา ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านการบำรุงรักษาของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.08)

การบำรุงรักษาเครื่องในการกำจัดฝุ่นทำได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.80)

อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ จัดหาได้ง่าย อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 3.80)

สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดได้ อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.20)

ความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ อยู่ในระดับดีมาก คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.60)

แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่นำมาใช้งานทำการซ่อมบำรุงง่าย อยู่ในระดับดี คือมีค่า ($\bar{X}$ = 4.00)

4.2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ผู้วิจัยได้นำคำตอบและข้อเสนอแนะ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มารวบรวมและเรียงลำดับ ดังต่อไปนี้

4.2.1 ขาตั้งเครื่องควรมีอุปกรณ์สำหรับกับพื้นให้แน่น เพราะว่าถ้ามีกระแสลมแรงๆ อาจทำให้โคมไฟล้มลงเสียหายได้

4.2.2 ควรมีกล่องสำหรับบรรจุอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและการจัดเก็บ

4.2.3 พัฒนาให้มีความสามารถให้แสงสว่างได้มากขึ้นและเป็นระยะเวลานานมากขึ้น

4.2.4 พัฒนาให้มีแบตเตอรี่สำรองในกรณีในวันที่ไม่มีแสงแดด ให้สามารถให้แสงสว่างได้

4.2.5 ปรับปรุงให้สามารถทำการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่จนเต็มได้รวดเร็วขึ้น

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ โดยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ แล้วจึงเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ และทำการทดสอบค่าความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานกับอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่สร้างขึ้น ทำการทดสอบระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้า ระยะเวลาการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ โดยดำเนินการเป็นลำดับขั้นดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ในช่วงเวลากลางคืน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ สามารถนำไปใช้งานด้านแสงสว่างได้ในทุกๆ พื้นที่ มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่ที่ห่างไกลและทุรกันดาร
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้ได้ประโยชน์สูงสุด

สมมติฐานการวิจัย

1. อุปกรณ์โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีความส่องสว่างเท่ากับ 400 ลูเมน
2. การออกแบบและการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี

การดำเนินการศึกษาวิจัย

การศึกษาค้นคว้าเรื่องการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ผู้ศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์โดยศึกษาจากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ ความเข้มแสงอาทิตย์ การส่องสว่าง การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรสวิตชิ่ง วงจรแอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ วงจรกลับสัญญาณใช้ออปแอมป์ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ โคมฉายไฟแสงสว่าง อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่องนี้

2. ออกแบบวงจรและส่วนประกอบของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ได้แก่วงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์ วงจรประจุไฟฟ้า วงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้า วงจรตรวจสอบแสงสว่างภายนอก วงจรสวิตช์อัตโนมัติ วงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แผ่นวงจรพิมพ์ ออกแบบขนาดและรูปทรงของโคมไฟฟ้าฉายแสงพลังงานแสงอาทิตย์

3. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ ผู้วิจัยได้จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในตลาดขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และซื้อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ บริษัท เวสเทค คอมโพเนนท์ จำกัด (WesTech Component Co.,Ltd.)

4. กำหนดระยะเวลา และสถานที่ที่ใช้ในการสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ระยะเวลาสำหรับการสร้างเครื่องและทดสอบการทำงานประมาณ เดือน กุมภาพันธ์ ถึง มีนาคม พ.ศ. 2543 โดยใช้สถานที่ในการสร้างเครื่องและทดสอบ พร้อมทั้งใช้เครื่องมือต่างๆ ที่ บริษัท กนกสิน เอ๊กซปอร์ต อิมปอร์ต จำกัด เลขที่ 522 ถนน พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400 โทรศัพท์ 6168000

5. สร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ตามที่ออกแบบ โดยทำการประกอบชุดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ประกอบอุปกรณ์ชุดเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ประกอบอุปกรณ์เข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์ เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วจึงทดสอบการทำงานโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อหาข้อบกพร่องและแก้ไขปรับปรุงให้อุปกรณ์ทุกๆ ส่วนทำงานได้อย่างถูกต้องและดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

6. ทดสอบความสว่างของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยเครื่องวัดแสง อินติเกรติ้ง สเฟียร์ (integrating sphere) ณ ห้องปฏิบัติการทางแสง ของศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

7. วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ ระยะเวลาการเก็บประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ระยะเวลาการจ่ายประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ที่ได้รับการประจุกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์โดยใช้งานร่วมกับชุดควบคุมการทำงานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

สรุปผลของการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้งานกับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ สรุปได้ดังนี้คือ

1. การนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กมาใช้ในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะว่า เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากับ 13 มม. × 55 มม. จำนวน 32 แผ่น มีแรงดันไฟฟ้า 3.6 โวลต์ต่อแผ่น เมื่อนำเซลล์แต่ละแผ่นมาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมและวงจรขนาน เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 14.4 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ในขณะรับแสงแดดที่มีความเข้มสูง ระหว่าง 55,300 ถึง 57,480 ลักซ์ ในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 15:00 น. ได้กระแสประจุเท่ากับ 28.0 มิลลิแอมป์

ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก มาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมหรือวงจรขนานจะมีความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในเซลล์สูง จนเป็นสาเหตุทำให้กระแสไฟฟ้าของเซลล์ต่ำ จึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย ไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูง

ได้ทำการแก้ไขโดยเปลี่ยนเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เท่ากับ 150 มม. × 300 มม. จำนวน 4 แผ่น มีแรงดันไฟฟ้า 10.8 โวลต์ต่อแผ่น นำเซลล์แต่ละแผ่นมาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมและวงจรขนาน เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 21.6 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.6 โวลต์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ในขณะรับแสงแดดที่มีความเข้มสูง ระหว่าง 55,300 ถึง 57,480 ลักซ์ ในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 15:00 น. ได้กระแสประจุเท่ากับ 270 ถึง 300 มิลลิแอมป์

2. ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย

2.1 การเก็บประจุไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.6 โวลต์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ได้เต็มภายในเวลา 8 ชั่วโมง

2.2 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่า

กับ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ ไปใช้งานกับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ให้แสงสว่างได้เป็นเวลา 5 ชั่งโมง

2.3 ความสว่างของหลอดไฟฟ้า เมื่อนำหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ มาใช้งานกับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ ให้แสงสว่างได้เท่ากับ 370 ลูเมน

2.4 ด้านการใช้งาน สามารถนำไปใช้งานได้ อยู่ในเกณฑ์ดี

2.5 จากการศึกษาวิจัยในด้านคุณสมบัติทางเทคนิคพบว่า

2.5.1 อุปกรณ์โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 5 ชั่วโมง มีความส่องสว่างเท่ากับ 370 ลูเมน

2.5.2 การออกแบบและการใช้งานสอดคล้องกับสมมติฐานซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

อภิปรายผล

จากสมมติฐานที่ตั้งไว้คือ อุปกรณ์โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ มีประสิทธิภาพจ่ายกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง จ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 10 ชั่วโมง มีความส่องสว่างเท่ากับ 400 ลูเมน และสภาพการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี ผลจากการค้นคว้าวิจัยพบว่า ในด้านการประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีประสิทธิภาพตรงตามกำหนดสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ การประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง ซึ่งโดยมาตรฐานทั่วไปการประจุไฟฟ้าจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 0.2 เท่าของความจุกระแสไฟฟ้า ในเวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมง (Panasonic. 1998 : 7) จึงจะได้กระแสไฟฟ้าเต็ม ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มาประจุพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ในเวลา 8 ชั่วโมง จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ $0.2 \times 1400 = 280$ มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง และจากการวิจัย กระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยภายในเวลา 8 ชั่วโมงเท่ากับ 270 ถึง 300 มิลลิแอมป์ โดยใช้การจัดเรียงเซลล์แสงอาทิตย์แบบขนาน เพื่อให้เซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูง (ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล. 2539 : บทคัดย่อ)

เมื่อนำไปใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ กับชุดควบคุมการทำงานของวงจรใช้กระแสไฟฟ้า 275 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง และแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด 1400 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง ให้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ $1400 \div 275 = 5.0$ ชั่วโมง

ในด้านของความส่องสว่างพบว่า ความส่องสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้งานร่วมกับชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าให้ความส่องสว่าง ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงานมีความส่องสว่างได้เท่ากับ 370 ลูเมน เมื่อเปรียบเทียบกับความส่องสว่างมาตรฐานของหลอดที่นำมาใช้เท่ากับ 400 ลูเมน คิดเป็นร้อยละ 92.5 เนื่องจาก ชุดอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดไฟฟ้ามีค่าต่ำเล็กน้อย เนื่องจากต้องการให้พลังงานจากแบตเตอรี่สามารถใช้งานได้เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

1. การติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดถาวร ที่ไม่ต้องการเคลื่อนย้าย ต้องตรวจและกำจัดฝุ่นละอองอย่างสม่ำเสมอ เพราะฝุ่นละอองจะกั้นแสงแดดไว้ ทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อยลง

2. ปรับปรุงวงจรของเครื่องให้สามารถใช้งานได้นาน และให้แสงสว่างมากขึ้นเท่ากับมาตรฐานของหลอด

3. เซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุดในขณะที่พื้นผิวด้านรับแสงตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นควรสร้างให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ปรับตำแหน่งการรับแสงให้ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ตลอดเวลา จะได้กระแสไฟฟ้าสำหรับการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่มีค่าสูงและคงที่

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ และควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีค่าคงที่ในขณะประจุไฟฟ้า โดยการออกแบบหรือพัฒนาวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้สำหรับการควบคุมกระแส เพื่อให้แบตเตอรี่เก็บพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้นและมีอายุการใช้งานมากขึ้น

2. ศึกษาการนำพลังงานจากลมเข้ามาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเฉพาะบริเวณชาย โดยทำการสร้างกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้ากระแสตรงจากกระแสลม แล้วนำมาประจุให้กับแบตเตอรี่อีกส่วนหนึ่ง เพื่อใช้ประโยชน์และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 25ปีแห่งความมุ่งมั่น. กรุงเทพฯ: 2537.

กฤษดา วิศวธีรานนท์. เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2539.

ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2542.

บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 3. บริษัทสุวีริยาสาส์นจำกัด, 2535.

พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.

โลกสีเขียว, มูลนิธิ. แร่ธาตุและพลังงาน, กรุงเทพฯ: มูลนิธิโลกสีเขียว ในพระอุปถัมภ์ของสมเด็จพระพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา, สามัคคีสาร, 2535.

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. พลังงานสำหรับโลกอนาคต. รายงานประจำปี 2537, กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, มีนาคม 2538.

วัฒนา ถาวร, การส่องสว่าง. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 7.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2540.

ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล. วิธีการจัดรูปแบบการจัดเรียงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับรถพลังงานแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ วศ.บ. นนทบุรี : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2539. อัดสำเนา.

ยุทธนา กุลวิทิต บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์. วารสารงานวิจัย, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว และคนอื่นๆ. การประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับโครงการอิสานเขียว. วารสารงานวิจัย, กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

สุกรานต์ โรจนไพรวงศ์. สถานะการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2540-2541. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2542.

Cirovic, Michael M. and Harter, James H. Electronics Devices Circuit and Systems. 3rd ed. United States of America: Prentice-Hall Inc., 1987.

Neaman, Donal A. Semiconductor Physics and Devices. United States of America: Richard D. Irwin Inc., 1992.

Ng, Kwok K. Complete Guide To Semiconductor Devices. United States of America: McGraw-Hill, 1995.

Panasonic, Nickel – Metal Hydride Batteries Handbook. Panasonic : 1998.

Ramshaw, R.S. Power Electronics Semiconductor Switches. 2nd ed. Great Britain: St. Edmundsbury Press Ltd, 1994.

Tyagi, M.S. Introduction To Semiconductor Materials And Devics. Singapore: John Wiley & Son, 1991.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบประเมิน และประมาณราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

แบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของ โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

.....

คำชี้แจง **แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน**

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 20 ข้อ ประกอบด้วย

1. ด้านลักษณะทางกายภาพ
2. ด้านลักษณะการออกแบบ
3. ด้านลักษณะการใช้งาน
4. ด้านการบำรุงรักษา

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้น

ดังนั้นแบบประเมินชุดนี้ จึงมีสาระครอบคุมในด้านต่างๆ ของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ 4 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ด้านลักษณะทางกายภาพ
2. ด้านลักษณะการออกแบบ
3. ด้านลักษณะการใช้งาน
4. ด้านการบำรุงรักษา

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาทำเครื่องหมาย □ (ถูก) ลงในกรอบ [ ] หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และ / หรือเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่าง

1. เพศ [ ] ชาย [ ] หญิง

2. อายุ.....ปี
3. ระดับการศึกษา
   - [ ] ต่ำกว่าปริญญาตรี
   - [ ] ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
   - [ ] ปริญญาโทหรือเทียบเท่า
   - [ ] อื่นๆ (โปรดระบุ).....
4. ประสบการณ์ในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง.....ปี
5. ตำแหน่งและหน้าที่ในหน่วยงาน

   .....

   .....

   .....

   อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านไฟฟ้าแสงสว่าง เกี่ยวกับประสิทธิภาพในการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประตอนที่ 3 นี้ มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. กรุณาทำเครื่องหมาย □ (ถูก) ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากตรวจและทดสอบการออกแบบและการใช้งานของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์
3. ค่าระดับคะแนนที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับพอใช้
2	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
1	หมายถึง	ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ลำดับข้อที่	รายละเอียดหัวข้อ	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
1	**ด้านลักษณะทางกายภาพ**					
1.1	ขนาดของโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ มีความกะทัดรัดและสวยงาม	.....	.....	.....	.....	.....
1.2	ความแข็งแรงของโครงสร้าง	.....	.....	.....	.....	.....
1.3	ความเหมาะสมในการจัดวางอุปกรณ์	.....	.....	.....	.....	.....
1.4	ความสะดวกในการจัดเก็บและเคลื่อนย้าย	.....	.....	.....	.....	.....
1.5	ความปลอดภัยในขณะที่ใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....
2	ด้านลักษณะการออกแบบ					
2.1	การออกแบบรูปทรงมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....
2.2	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรง	.....	.....	.....	.....	.....
2.3	การนำเทคโนโลยีอุปกรณ์ต่างๆ มาใช้ในการออกแบบ	.....	.....	.....	.....	.....
2.4	การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
2.5	การออกแบบขนาดแรงดันและกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์มีความเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
3	ด้านลักษณะการใช้งาน					
3.1	การติดตั้งและประกอบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้งานมีความสะดวก	.....	.....	.....	.....	.....
3.2	การเคลื่อนย้ายหรือนำไปใช้งานในพื้นที่ต่างๆ	.....	.....	.....	.....	.....
3.3	สามารถให้แสงสว่างได้	.....	.....	.....	.....	.....
3.4	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน	.....	.....	.....	.....	.....
3.5	วงจรควบคุมทำงานได้ถูกต้อง	.....	.....	.....	.....	.....
4	ด้านการบำรุงรักษา					
4.1	การบำรุงรักษาเครื่องในการกำจัดฝุ่นทำได้	.....	.....	.....	.....	.....
4.2	อุปกรณ์ต่างๆ ที่นำมาใช้ จัดหาได้ง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
4.3	สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดได้	.....	.....	.....	.....	.....

ลำดับข้อที่	รายละเอียดหัวข้อ	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
		5	4	3	2	1
4.4	ความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงต่ำ	.....	.....	.....	.....	.....
4.5	แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ที่นำมาใช้งานทำการซ่อมบำรุงง่าย	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ราคาวัสดุ อุปกรณ์ สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัย

ลำดับที่	รายการ	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	รวมเงิน
1	ความต้านทาน 300 โอห์ม	.40	1	.40
2	ความต้านทาน 2.7 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
3	ความต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
4	ความต้านทาน 614 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
5	ความต้านทาน 3.0 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
6	ความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
7	ความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
8	ความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
9	ความต้านทาน 1.0 กิโลโอห์ม	.40	1	.40
10	ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ 2.0 กิโลโอห์ม	3.50	1	3.50
11	ตัวเก็บประจุ 0.0015 ไมโครฟาราด 50 โวลต์	.50	2	1.00
12	ตัวเก็บประจุ 0.01 ไมโครฟาราด 50 โวลต์	.50	1	.50
13	ตัวเก็บประจุ 33 พิกโครฟาราด 100 โวลต์	1.50	1	1.50
14	ตัวเก็บประจุ 100 ไมโครฟาราด 50 โวลต์	2.50	1	2.50
15	ซีเนอร์ไดโอด 3.6 V 400 mW 1N747	1.00	1	1.00
16	แอลดีอาร์ CDS P1241-05	7.10	1	7.10
17	ซิลิคอนไดโอด 1N4148	.50	2	1.00
18	ไอซีออปแอมป์ LM339	10.00	1	10.00
19	ไอซีไทเมอร์ NE555	9.10	1	9.10
20	มอสเฟท IRF510	18.80	1	18.80
21	ทรานฟอร์เมอร์	25.00	1	25.00
22	หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน ขนาด 7วัตต์ Philips PL-S 7W 865 รุ่นแสงนวล (cool daylight 5600k)	130.00	1	130.00
23	ขั้วเสียบหลอด รุ่น G23	18.00	1	18.00
24	สายไฟฟ้า ขนาด 0.5 มม.	5.00	10	50.00
25	แบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ขนาด AA 1.2V 1400 mAh	50.00	8	400.00

ราคาวัสดุ อุปกรณ์ สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัย (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	ราคาต่อหน่วย	จำนวน	รวมเงิน
26	เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 15 □ 30 ซม.	425	4	1700
27	แผ่นวงจรพิมพ์เคลือบทองแดงด้านเดียว ขนาด 1 ตารางฟุต	125	1	125
28	ตะกั่วบัดกรีชนิดส่วนผสม ดีบุก / ตะกั่ว ขนาด 60 / 40	25	1	25
29	แผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์	26.7	1	26.7
30	โคมฉาย	600	1	600
31	ขาตั้งโคมไฟ	199	1	199
	รวมเงิน			3,714.5

ภาคผนวก ข
หนังสือขอความอนุเคราะห์

ที่ ทม 1012/๐๙๕๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

18 มีนาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคบุหมธานี

เนื่องด้วย นายประยูร บุญฤทธิ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ศรัญญา สุทธิมาลา และ อาจารย์พายัพ พลแก้ว เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายประยูร บุญฤทธิ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/๐๙๗๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๔ มีนาคม 2543

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.)

เนื่องด้วย นายประยูร บุญฤทธิ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายวิทยา สนิทมาก นักวิชาการ 6 เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายประยูร บุญฤทธิ์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5644, 5646
โทรสาร. 258-4119

ที่ ทม 1012/.0048

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

14 มีนาคม 2543

เรื่อง ขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการทางแสง

เรียน ผู้อำนวยการศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.)

เนื่องด้วย นายประยูร บุญฤทธิ์ นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือการวิจัย โดยขออนุญาตใช้ห้องปฏิบัติการทางแสงหมายเลข 214 และเครื่องวัดแสงอินติเกรติ้งสเฟียร์ (Integrating sphere) เพื่อทดสอบแสงสว่างของหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ โดยใช้งานร่วมกับเครื่องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ ในระหว่างเดือนมีนาคม 2543

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ นายประยูร บุญฤทธิ์ ได้ใช้ห้องปฏิบัติการทางแสงดังกล่าว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 258-4119, 664-1000 ต่อ 5664, 5644
โทรสาร. 258-4119

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นาย ประยูร บุญฤทธิ์
เกิดวันที่	17 เดือน ธันวาคม พุทธศักราช 2501
สถานที่เกิด	ตำบลบึงน้ำรักษ์ อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	10 / 478 หมู่ 6 บ้านสินธานี 1 ถนนนวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร 10240 โทรศัพท์ 3791439
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ผู้จัดการฝ่ายช่างเมนเฟรมคอมพิวเตอร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท กนกสิน เอ๊กซปอร์ต อิมปอร์ต จำกัด
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2519 มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
	พ.ศ. 2521 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช. สาขาวิชาช่างวิทยุโทรคมนาคม) จากโรงเรียนกรุงเทพช่างกล เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร
	พ.ศ. 2523 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส. แผนกวิชาช่างวิทยุและโทรคมนาคม) จากวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทเวศร์ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร
	พ.ศ. 2538 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วทบ. เทคโนโลยีอุตสาหกรรม แขนงเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) จากสถาบันราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร
	พ.ศ. 2543 การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม. อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร

การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

บทคัดย่อ

โดย

ประยูร บุญฤทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2543

การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ สรุปได้ดังนี้คือ

1. การนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กมาใช้ในการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะว่า เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากับ 13 มม. × 55 มม. จำนวน 32 แผ่น มีแรงดันไฟฟ้า 3.6 โวลต์ต่อแผ่น นำเซลล์แต่ละแผ่นมาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมและวงจรขนาน เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 14.4 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ในขณะรับแสงแดดที่มีความเข้มสูง ระหว่าง 55,300 ถึง 57,480 ลักซ์ ในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 15:00 น. ได้กระแสประจุเท่ากับ 28.0 มิลลิแอมป์

ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก มาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมหรือวงจรขนานจะมีความต้านทานที่เกิดขึ้นภายในเซลล์สูง จนเป็นสาเหตุทำให้กระแสไฟฟ้าของเซลล์ต่ำ จึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าน้อย ไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าสูง

ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขโดยเปลี่ยนเซลล์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับ 150 มม. × 300 มม. จำนวน 4 แผ่น มีแรงดันไฟฟ้า 10.8 โวลต์ต่อแผ่น นำเซลล์แต่ละแผ่นมาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรอนุกรมและวงจรขนาน เพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 21.6 โวลต์ และสามารถจ่ายกระแสประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.6 โวลต์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ในขณะรับแสงแดดที่มีความเข้มสูง ระหว่าง 55,300 ถึง 57,480 ลักซ์ ในช่วงเวลา 11:00 น. ถึง 15:00 น. ได้กระแสประจุเท่ากับ 270 ถึง 300 มิลลิแอมป์

2. ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย

2.1 การเก็บประจุไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 9.6 โวลต์ ขนาด AA 1.2 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ จำนวน 8 เซลล์ ได้เต็มภายในเวลา 8 ชั่วโมง

2.2 การนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิ.เอมป์ ไปใช้งานกับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ให้แสงสว่างได้เป็นเวลา 5 ชั่งโมง

2.3 ความสว่างของหลอดไฟฟ้า เมื่อนำหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 7 วัตต์ มาใช้งานกับแบตเตอรี่นิกเกิลเมททัลไฮไดร์ ขนาด 9.6 โวลต์ 1400 มิลลิแอมป์ ให้แสงสว่างได้เท่ากับ 370 ลูเมน

2.4 ด้านการใช้งาน สามารถนำไปใช้งานได้ อยู่ในเกณฑ์ดี

2.5 จากการศึกษาวิจัยในด้านคุณสมบัติทางเทคนิคพบว่า

2.5.1 อุปกรณ์โคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เป็นระยะเวลาเท่ากับ 5 ชั่วโมง มีความส่องสว่างเท่ากับ 370 ลูเมน

2.5.2 การออกแบบและการใช้งานสอดคล้องกับสมมติฐานซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

DESIGNED AND CONSTRUCTION OF THE FLOOD LIGHT WITH SOLAR ENERGY FOR COMPACT FLUORESCENT ECONOMIC LAMP

AN ABSTRACT

BY

PRAYOON BOONYARIT

Presented in partial fulfillment of the requirements for the Master

of education degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

May 2000

The purposes of this study is to design and construct flood light with solar energy for economically compact fluorescent lamp.

1. To bring small solar cells to use in charging the nickel metal hydride with eight rechargeable battery, each one has voltage of 1.2 volts and electrical current of 1400 mAh (milliampere - hour) capacity and it was unsuccessful, because these small 32 solar cells which sizes of 13 mm × 55 mm had the output voltage of 3.6 volts each, and when we assembled and connected it all together in series and parallel circuit it will gain multiple output voltage up to 14.4 volts and it can charged the current to 8 batteries nickel metal hydride. While we applying these small 32 solar cells and assembly it in to high intensity sunlight illuminated between 55,300 to 57,480 luxs, during 11:00 am to 15:00 pm., it can generate and charge current up to 28.0 mA.

Then the researcher assembly small cells on serial circuit or parallel circuit together it will cause high ohmic resistance, and also it will cause low output current. Therefore, it is suitable for electrical or electronics components which required low voltage, but not suitable for the components that required high voltage

The researcher had changed to use bigger size of cell which 150 mm × 300 mm, into 4 pcs., each one had voltage of 10.8 volts each, and connected it all cells together in serial and parallel circuit, in order to increase the voltage up to 21.6 volts and can charge current to 8 batteries nickel metal hydride 9.6 volt, size AA, 1.2 volts each, with capacity of 1400 mAh, while applying to sun light illuminated between 55,300 to 57,480 luxs, during 11:00 am to 15:00 pm, and it can generate and charge current from 270 up to 300 mA.

2. Result from the experiment were:

2.1 It can store and can charge 8 batteries nickel metal hydride 9.6 volts, size AA, 1.2 volts each until it full capacity within 8 hours.

2.2 To apply electric power from nickel metal hydride rechargeable battery capacity 9.6 volt, 1400 mAh, on a compact fluorescent lamp 7 watts, it can illuminated light continually for 5 hours.

2.3 The illumination of the lamp, when we applied the nickel metal hydride to use with a compact fluorescent lamp 7 watts, can light 370 lumen.

2.4 The performance of the flood light with solar energy for compact fluorescent economic lamp was good.

2.5 From the study the technical property were found that:

2.5.1 The compact fluorescent lamp has capacity to illuminate electrical power for 5 hours continually, and illumination 370 lumen.

2.5.2 The design and performance followed the hypothesis.