

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปี
งบประมาณ พ.ศ. 2550

ชื่อโครงการวิจัย

การปรับปรุงสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เพื่อขับนำโหลดประสิทธิภาพสูง
Improvement Output Signal of Inverter for driving high efficiency load.

ผู้วิจัยหลัก

รศ. เวทิน ปิยรัตน์

นายฉลอง โสดาบัน

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2041 โทรสาร 037-322-605

K5102.9
392
550

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

แบบ ว-1ค
(ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2550)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ

- (✓) เงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ2550.....
- () เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี.....
- () เงินรายได้ คณะ/สถาบัน/สำนักมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) ...เทคนิคการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์

เพื่อขับนำโหลดประสิทธิภาพสูง...

(ภาษาอังกฤษ) ...Improvment Signal Output of Inverter for driving high
efficient electrical load....

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย) (กรณีเป็นโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย)
(ภาษาอังกฤษ)

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

- ☒ โครงการวิจัยใหม่
- ☐ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา....ปี ปีนี้เป็นปีที่..... รหัสโครงการวิจัย.....
- ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบตามแผน
พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554) (ผนวก 2) ซึ่ง
ประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์ (หากสอดคล้องมากกว่า 1 ยุทธศาสตร์ กรุณาจัดเรียงลำดับ
ความสอดคล้องจากมากที่สุดไปสู่น้อยที่สุด โดยระบุหมายเลข 1 ในยุทธศาสตร์ที่มี
ความสอดคล้องมากที่สุด และระบุความสำคัญกับเรื่องที่สอดคล้องมากที่สุดใน
ยุทธศาสตร์นั้น ๆ)
- ☐ ยุทธศาสตร์การพัฒนาคุณภาพคนและสังคมไทยสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการ
เรียนรู้ให้มีความสำคัญกับ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐)
- ☐ การพัฒนาคนให้มีคุณธรรมนำความรู้เกิดภูมิคุ้มกัน
- ☐ การเสริมสร้างสุขภาวะคนไทยให้มีสุขภาพแข็งแรงทั้งกายและใจ มี
ความสัมพันธ์ทางสังคมและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่น่าอยู่
- ☐ การเสริมสร้างคนไทยให้อยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างสันติสุข

ป. ๖ ค.ร. 2552

- ☐ ยุทธศาสตร์การสร้างความเข้มแข็งของชุมชนและสังคมให้เป็นรากฐานที่มั่นคงของประเทศ ให้มีความสำคัญกับ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐)
- ☐ การเสริมสร้างความเข้มแข็งของชุมชน
 - ☐ การสร้างความมั่นคงของเศรษฐกิจชุมชน
 - ☐ การเสริมสร้างศักยภาพของชุมชนในการอยู่ร่วมกันกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสันติและเกื้อกูล
- ☐ ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน ให้มีความสำคัญกับ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐)
- ☒ การปรับโครงสร้างการผลิตเพื่อเพิ่มผลิตภาพ และคุณค่าของสินค้าและบริการบนฐานความรู้และความเป็นไทย
 - ☒ การสร้างภูมิคุ้มกันของระบบเศรษฐกิจ
 - ☐ การสนับสนุนให้เกิดการแข่งขันที่เป็นธรรม และการกระจายผลประโยชน์จากการพัฒนาอย่างเป็นธรรม
- ☐ ยุทธศาสตร์การพัฒนาบนฐานความหลากหลายทางชีวภาพและการสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ให้มีความสำคัญกับ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐)
- ☐ การรักษาฐานทรัพยากรและความสมดุลของระบบนิเวศน์
 - ☐ การสร้างสภาพแวดล้อมที่ดีเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิต และการพัฒนาที่ยั่งยืน
 - ☐ การพัฒนาคุณค่าความหลากหลายทางชีวภาพ และภูมิปัญญาท้องถิ่น
- ☐ ยุทธศาสตร์การเสริมสร้างธรรมาภิบาลในการบริหารจัดการประเทศ ให้มีความสำคัญกับ (ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐)
- ☐ การเสริมสร้าง และพัฒนาวัฒนธรรมประชาธิปไตยและธรรมาภิบาลให้เป็นส่วนหนึ่งของวิถีการดำเนินชีวิตในสังคมไทย
 - ☐ เสริมสร้างความเข้มแข็งของภาคประชาชน ให้สามารถเข้าร่วมในการบริหารจัดการประเทศ
 - ☐ สร้างภาคราชการที่มีประสิทธิภาพและมีธรรมาภิบาล เน้นการบริการแทนการกำกับควบคุม และทำงานร่วมกับหุ้นส่วนการพัฒนา
 - ☐ การกระจายอำนาจการบริหารจัดการประเทศสู่ภูมิภาค ท้องถิ่น และชุมชนเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง
 - ☐ ส่งเสริมภาคธุรกิจเอกชนให้เกิดความเข้มแข็ง สุจริต และมีธรรมาภิบาล

- ☐ การปฏิรูปกฎหมาย กฎระเบียบและขั้นตอน กระบวนการเกี่ยวกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมเพื่อสร้างความสมดุลในการจัดสรรประโยชน์จากการพัฒนา
- ☐ การรักษาและเสริมสร้างความมั่นคง เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการประเทศสู่ดุลยภาพและความยั่งยืน
- ☐ อื่น ๆ โปรดระบุ

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ

ผู้วิจัยหลัก

นายเวทิน ปิยรัตน์

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2041 โทรสาร 037-322-605

ผู้วิจัยร่วม

นายฉลอง โตฉบับ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2041 โทรสาร 037-322-605

ที่ปรึกษาวิจัย

นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 0-2739-2406-7 ต่อ 105 โทรสาร ต่อ 103

2. ประเภทของการวิจัย (ผนวก 3)

การวิจัยประยุกต์

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย (ผนวก 3)

สาขาวิศวกรรมศาสตร์ และอุตสาหกรรมวิจัย

4. คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เดลต้ามอดูเลชัน (Delta Modulation) ไดนามิกส์ (Dynamic) สแตติก (Static)

5. ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการดำรงชีพและการดำรงอยู่ของมนุษย์ หรืออาจบอกได้ว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นการพัฒนาคัดแปลงเพื่อประยุกต์อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เกิดผลตอบแทนสูงสุด ซึ่งนั่นหมายถึง เกิดการสูญเสียน้อยที่สุดและใช้ต้นทุนต่ำลงนั่นเอง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ รวมถึงอาคารสำนักงานและที่อยู่อาศัย ตัวอย่าง เช่น การประยุกต์ใช้มอเตอร์ในระบบสูบลบน้ำ การประยุกต์ใช้ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์สำหรับการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอัตราการหมุนของมอเตอร์ในอุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น จากตัวอย่างข้างต้นเห็นได้ว่า การประยุกต์ใช้มอเตอร์ ซึ่งเป็นโหลดอีกชนิดหนึ่งที่มีใช้อย่างแพร่หลาย ดังนั้น งานวิจัยจึงนำเสนอเทคนิคเพื่อการพัฒนาให้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าความสูญเสียต่ำ ไม่มีการรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นที่ทำงานร่วมกัน

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงการทำงานของโหลดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง โดยอาศัยโครงสร้างการทำงานของวงจรแปรผันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือเรียกว่า “อินเวอร์เตอร์” และเลือกใช้การสร้างสัญญาณควบคุมแบบเดลต้ามอดูเลชัน (DM PWM) ซึ่งอาศัยโครงสร้างการทำงานของวงจรแบบเดิม โดยปรับปรุงขอบเขตของสัญญาณอ้างอิงเพื่อเป็นกลวิธีในการปรับตัวขององค์ประกอบพารามิเตอร์ในวงจรเดิมจึงส่งผลให้การทำงานสามารถปรับตัวได้ยืดหยุ่นขึ้น ดังนั้นเมื่อนำไปขับโหลดสามารถให้สัญญาณเอาต์พุตมีความใกล้เคียงไซน์ สัญญาณรบกวนมีค่าต่ำ รวมทั้งสามารถลดทอนขนาดของตัวกรองสัญญาณลงได้ จึงส่งผลทำให้ต้นทุนต่ำลง สามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยลง อีกทั้งโครงสร้างที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโหลดสแตติกและไดนามิกส์ได้ รวมถึงสามารถใช้งานได้ทั้งแบบเฟสเดียวและสามเฟสอีกด้วย

6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

6.1 เพื่อนำเสนอเทคนิคการสร้างสัญญาณที่มีคุณภาพ สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 พัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีใช้ในปัจจุบันให้ทำงานตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และลดต้นทุนการผลิตในขบวนการอุตสาหกรรม

6.3 สามารถสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อขับนำโหลดสแตติกและไดนามิก

6.4 สามารถลดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆที่ต่อรวมอยู่กับวงจรได้

6.5 สามารถลดต้นทุนในการลงทุนและสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ค่าตอบแทนการผลิตสูงขึ้น

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการการควบคุมความเร็วมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟสด้วยเทคนิคแบบเฟดตัวมอดูเลชัน เพื่อนำไปควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟสขนาดไม่เกิน 370 W และ 2.2 kW ตามลำดับเป็นการควบคุมแบบวงจเปิด (Open Loop) โดยควบคุมอัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่ในย่านการทำงานต่ำกว่าความถี่มูลฐาน 50Hz ในโหมดฟีดแบ็คตัวเอ็มและสูงกว่า 50Hz ในโหมดแรงดันคงที่เพื่อทดสอบความถี่สวิตซ์ซิงและฮาร์โมนิกส์สะสมรวมของกระแส และแรงดันเอาต์พุต กับเฟดตัวมอดูเลชันแบบเดิม ขณะทำงานที่ความถี่สวิตซ์ซิงสูงสุดไม่เกิน 5 kHz

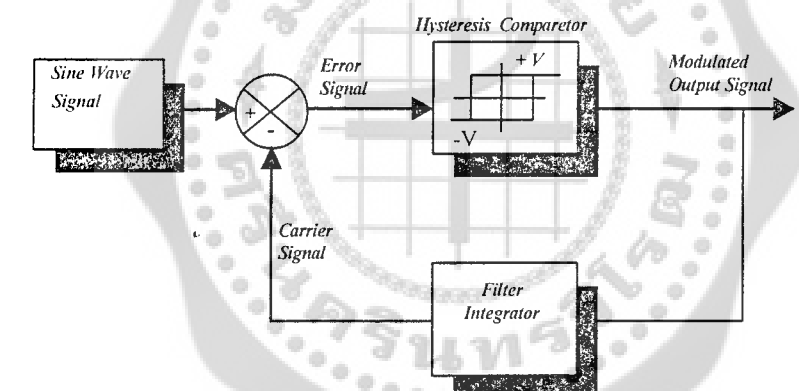
8. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์ (DC to AC Inverter) เพื่อควบคุมโหลดในหลายๆลักษณะ ดังนั้นการพัฒนาคุณภาพของสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากทั้งนี้เพื่อให้ได้เอาต์พุตที่มีคุณภาพใกล้เคียงไซน์มากที่สุดเพื่อขับนำโหลด ให้มีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และเพื่อลดผลกระทบการรบกวนต่างๆเมื่อนำไปต่อรวมกับโหลดอื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์เฟสเดียวและสามเฟส เพื่อให้สามารถจ่ายโหลดได้ทั้งสแตติกส์และไดนามิกโดยเปรียบเทียบผลการทดสอบกับอินเวอร์เตอร์แบบโครงสร้างแบบเดิม

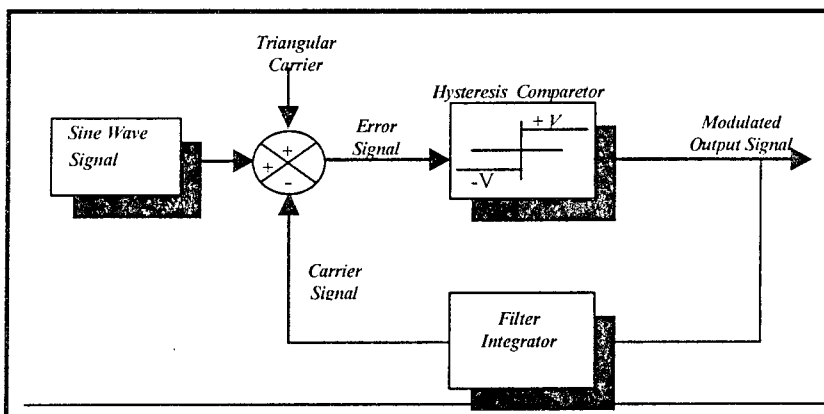
ปัญหาหนึ่งที่พบในการประยุกต์ใช้อินเวอร์เตอร์คือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของโหลดอินเวอร์เตอร์บางชนิดจะไม่เหมาะสมกับโหลด อีกทั้งยังส่งผลกระทบกับอุปกรณ์รอบข้างที่ต่อรวมอยู่ส่งผลให้ระบบเกิดความผิดพลาดหรือประสิทธิภาพของโหลดมีค่าต่ำลง ดังนั้นหากสามารถปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้มีคุณภาพสูงขึ้นจึงหมายถึงการทำงานของโหลดได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดการรบกวนกับอุปกรณ์ต่อพ่วง

หลักการใหม่ที่น่าสนใจคือ สร้างสัญญาณอ้างอิงใหม่ขึ้นแทนสัญญาณอ้างอิงเดิม คือ ป้อนสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle) ที่มีความถี่เท่ากับสัญญาณกรองความถี่ต่ำ (Filter Integrator) เพื่อร่วมกับสัญญาณอ้างอิงเดิม (v_i) จะได้สัญญาณอ้างอิงใหม่คือ ($v_i + \Delta v_m$) ซึ่งมีผลทำให้ฮิสเตอร์รีซิสคอมพารเตอร์จะปรับตามสัญญาณอ้างอิงตัวใหม่ เมื่อได้สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตที่มีคุณภาพก็จะทำให้อุปกรณ์สวิตช์กำลังสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ผลที่ได้คือสัญญาณแอมป์พุตมีคุณภาพใกล้เคียงไซน์มากขึ้น ลดการสูญเสียที่อุปกรณ์สวิตช์และมีผลการรบกวนต่อระบบอื่นๆน้อยลงส่งผลให้โหลดสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และสามารถจ่ายได้ทั้งโหลดเฟสเดียวและสามเฟส โดยการทำงานเป็นไปตามรูปที่ 1 และแก้ไขโดยโครงสร้างในรูปที่ 2

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึงการควบคุมความเร็วในการหมุน และการควบคุมแรงบิดให้สามารถขับโหลดได้อย่างเต็มกำลังรวมถึงเกิดการสูญเสียค่าต่ำ และมีผลกระทบต่อระบบงานอื่นที่ต่อร่วมอยู่ ดังนั้นการศึกษาและพัฒนาระบบขับเคลื่อนให้ เป็นไปตามวัตถุประสงค์ จึงจำเป็นต้องเข้าใจความรู้พื้นฐานในหัวข้อต่อไปนี้



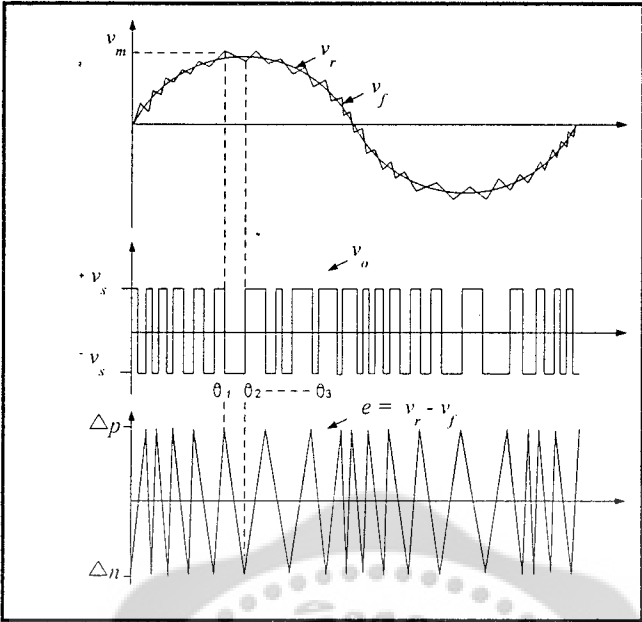
ก) โครงสร้างเคลด้ามอดูเลชั่นแบบเดิม



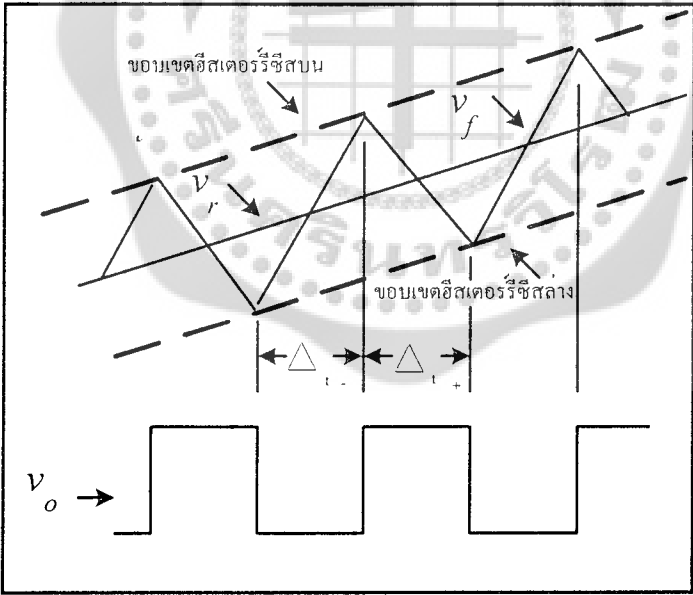
ข) โครงสร้างเคลด้ามอดูเลชั่นแบบปรับปรุงความถี่สวิตซ์ซิ่ง

รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเคลด้ามอดูเลชั่น

8.1 เคลตามอดูละชัน



รูปที่ 2 คลื่นสัญญาณของวงจรเคลตามอดูละชัน



รูปที่ 3 คลื่นสัญญาณของวงจรเคลตามอดูละชัน

จากรูปที่ 2 และ รูปที่ 3 แสดงหลักการทำงานของเคลตามอดูละชัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้จากรูปที่ 4 สามารถหาค่าเวลาของพัลส์บวกและพัลส์ลบได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\Delta t_+ = \frac{2\Delta V}{Sc[1 - \frac{V_r \omega_r \cos(\omega_r t)}{Sc}]}$$

โดยที่ Δt_+ คือ ค่าเวลาของพัลส์บวก

ΔV คือ ค่าขอบเขตบน และขอบเขตล่างของฮิสเตอร์รีซิส $(\frac{ER_2}{R_1 + R_2})$

Sc คือ ค่าความชันของสัญญาณป้อนกลับหรือสัญญาณพาหะ $(\frac{1}{RC})$

V_r คือ ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณไซน์อ้างอิง

ω_r คือ ค่าความเร็วเชิงมุมของสัญญาณไซน์อ้างอิง

และค่าเวลาของพัลส์ลบ คือ

$$\Delta t_- = \frac{2\Delta V}{Sc[1 + \frac{V_r \omega_r \cos(\omega_r t)}{Sc}]}$$

โดยที่ Δt_- คือ ค่าเวลาของพัลส์ลบ

ดังนั้น ค่าคาบเวลาของพัลส์หาได้จาก

$$\Delta t_+ + \Delta t_- = \frac{4\Delta V}{Sc[1 + \frac{V_r \omega_r \cos(\omega_r t)}{Sc^2}]}$$

และความถี่สวิตช์ซึ่ง f_{sw} คือ $f_{sw} = \frac{Sc}{4\Delta V} \left[1 - \frac{0.5V_r^2 \omega^2 (1 + \cos 2\omega_r t)}{Sc^2} \right]$

จากสมการ ความถี่สวิตช์ซึ่งสูงสุด คือ $f_{sw(max)} = \frac{Sc}{4\Delta V}$ ที่ $\omega_r t = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}$

และความถี่สวิตช์ซึ่งต่ำสุด คือ $f_{sw(min)} = \frac{Sc}{4\Delta V} \left[1 - \frac{V_r^2 \omega_r^2}{Sc} \right]$ ที่ $\omega_r t = 0, \pi$

$$f_{ca} = \frac{1}{T} = \frac{N_{cn}}{2}$$

โดยที่ f_{ca} คือ ค่าความถี่ของสัญญาณป้อนกลับ

N_{cn} คือ ค่าจำนวนครั้งของการสวิตช์มากที่สุดต่อคาบเวลา

จากสมการ $T_c = \frac{4\Delta V}{Sc}$

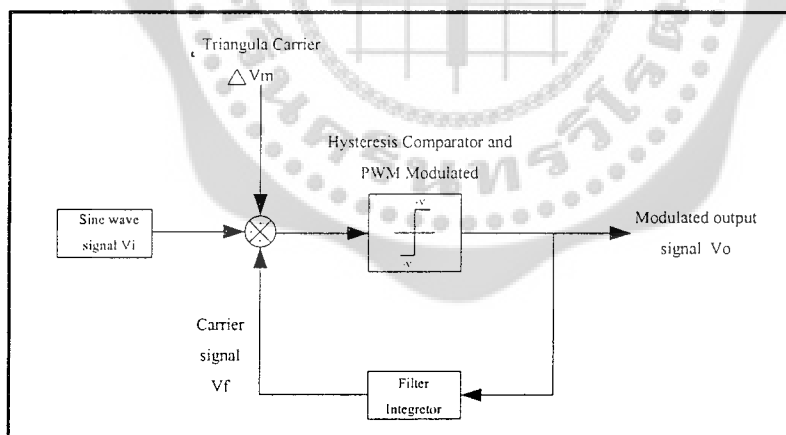
ดังนั้นจะได้ $T_c = \frac{4R_1CR_2}{R_1 + R_2}$

จะได้

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2R_1CN_{cm}}$$

จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า วงจรเคลด้ามอดคูเลเตอร์ เมื่อทำการป้อนสัญญาณ อินพุตเท่ากับศูนย์ วงจรเคลด้ามอดคูเลเตอร์จะสามารถถอดรหัสสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยความถี่ของการสวิตช์หรือค่าความถี่ของสัญญาณป้อนกลับ กำหนดได้จากแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุที่มีรูปคลื่นสามเหลี่ยมหรือสัญญาณพาหะ และเมื่อป้อนสัญญาณอินพุตให้กับวงจรเคลด้ามอดคูเลเตอร์เป็นสัญญาณไซน์อ้างอิงวงจรจะกำเนิดสัญญาณเคลด้าพีคดับลิวเอ็มที่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้จากพารามิเตอร์ต่างๆของวงจร งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการปรับปรุงความถี่สวิตช์ซึ่งของเคลด้ามอดคูเลชันให้มีค่าคงที่และนำไปขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสนั่นเอง

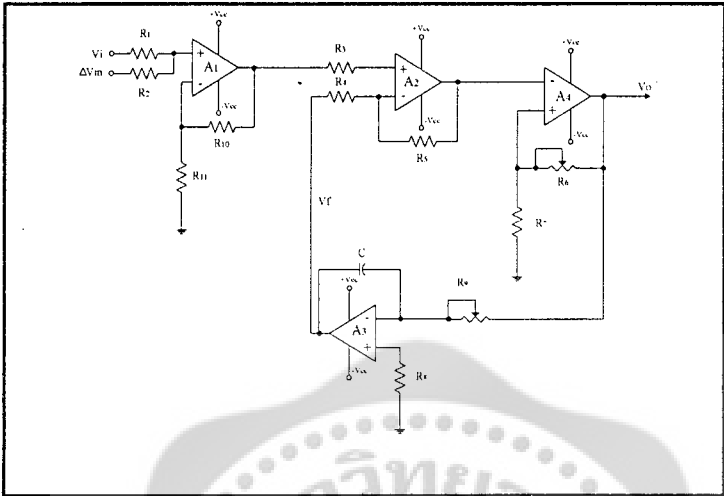
หลักการที่นำเสนอคือ การปรับสัญญาณสามเหลี่ยมค่าคงที่ ΔV_m ตรงจุดป้อนกลับสัญญาณให้พหุกับสัญญาณ ไซน์ V_i ซึ่งเป็นสัญญาณอ้างอิงเดิมเพื่อบังคับให้สัญญาณพาหะ V_f ติดตาม สัญญาณ ไซน์อ้างอิงใหม่ $V_i + \Delta V_m$ ดังแสดงในรูปที่ 5



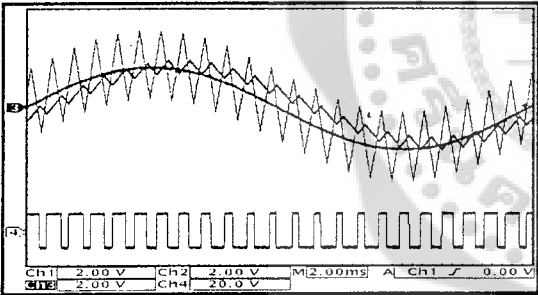
รูปที่ 4 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเคลด้ามอดคูเลชันแบบที่นำเสนอ

การทำงานของเคลด้ามอดคูเลชันแบบที่นำเสนอในงานวิจัยนี้แสดงในรูปที่ 4 เพื่อแก้ปัญหาความถี่การสวิตช์ซึ่งไม่คงที่ เป็นข้อจำกัดของเทคนิคนี้โดยการทำงานคือป้อนสัญญาณสามเหลี่ยมที่มีค่าคงที่ ΔV_m ตรงจุดรวมสัญญาณของบล็อกไดอะแกรมเคลด้ามอดคูเลชันแบบเดิมเข้าไปพหุกับสัญญาณ ไซน์อ้างอิงเดิม V_i ซึ่งทำให้เกิดสัญญาณ ไซน์ อ้างอิงใหม่คือ $V_i + \Delta V_m$ สัญญาณทั้งสองจะถูกหับซ้อนอยู่ด้วยกันจะได้

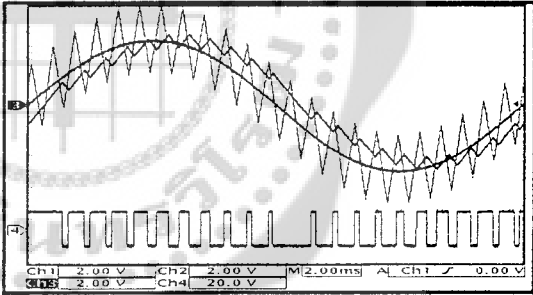
สัญญาณเอาต์พุตพีดับบลิวเอ็มที่เกิดจากการตัดผ่านกันระหว่างสัญญาณอ้างอิงตัวใหม่ $V_i + \Delta V_m$ กับสัญญาณ V_f ผลที่ได้คือ มีความถี่การสวิตช์ของพีดับบลิวเอ็มคงที่ จากบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 4 สามารถออกแบบวงจรนาฬิกาได้ดังรูปที่ 5 และมีหลักการทำงานดังรูปที่ 6



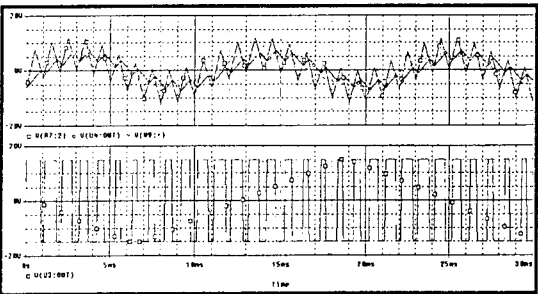
รูปที่ 5 วงจรเคลต้ามอดูละชั้น เมื่อออกแบบด้วยอปแอมป์



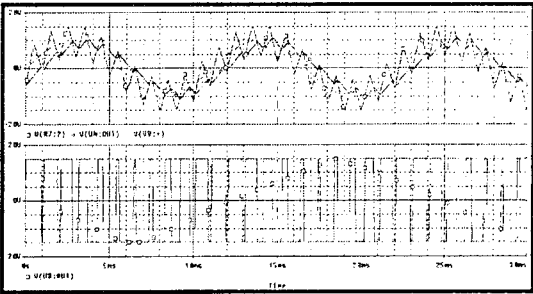
(ก) ความถี่สัญญาณ 50 Hz



(ข) ความถี่สัญญาณ 60 Hz



(ค) ผลการจำลองความถี่สัญญาณ 50 Hz



(ง) ผลการจำลองความถี่สัญญาณ 60 Hz

รูปที่ 6 สัญญาณการทำงานของเทคนิคที่นำเสนอ

การนำเสนอสัญญาณเอาต์พุตพีคดับลิแอมที่ได้ เกิดจากการตัดผ่านระหว่างสัญญาณพาหะ (V_f) กับสัญญาณอ้างอิงใหม่คือ ($V_i + \Delta V_m$) มีข้อจำกัดตามเงื่อนไขดังนี้คือ

$$\text{Slope} (V_f) < \text{Slope} (V_i + \Delta V_m)$$

เพื่อให้มั่นใจว่าจะเกิดการตัดผ่านของสัญญาณทั้งสอง โดยได้เอาต์พุตพีคดับลิแอมที่ความถี่การสวิตช์คงที่จะได้

$$\text{Slope} (V_f) = \pm \frac{1}{RC} V_d$$

เมื่อ V_d คือ ระดับสัญญาณแรงดันเอาต์พุตและค่าต่ำสุดของความชันของ ($V_i + \Delta V_m$) คือ

$$\text{Slope}|_{\min} (V_i + \Delta V_m) = \text{Slope} (\Delta V_m) \text{ Slope} (V_i) = 4f_m \Delta V_m - 2\pi f_s V_s$$

จะได้ความสัมพันธ์ใหม่ดังนี้ คือ

$$\Delta V_m f_m = 0.25 \left[\frac{1}{RC} V_d + 2\pi f_s V_s \right]$$

จากการวิเคราะห์การปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆในวงจร การมอดูเลชันจะได้นำไปใช้ในการวิจัยนี้เพื่อแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดจากการมอดูเลชันและเพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีคุณภาพ นำไปขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟสต่อไป

9. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่ผ่านมาได้เคยมีผู้นำเสนอทางแก้ไขโดยใช้วิธีเคลด้ามอดูเลชันไว้บ้างแล้ว แต่ปัญหาที่เกิดจากเทคนิคนี้คือ ความถี่การสวิตช์มีค่าไม่คงที่ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาอื่นตามมา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางอีกแนวทางหนึ่ง เพื่อแก้ปัญหาอันเกิดจากเทคนิคดังกล่าว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการทำงานรวมถึงผลกระทบข้างเคียงต่ออุปกรณ์อื่นที่ต่อร่วมอยู่ด้วย และเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ชนิดเฟสเดียวและสามเฟส โดยสามารถแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดจากการทำงานของเทคนิคแบบเดิม ทั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตและได้ผลตอบแทนสูงขึ้น รวมถึงลดผลกระทบการรบกวนในการทำงานกับอุปกรณ์อื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด

10. เอกสารอ้างอิงของโครงการวิจัย

1. M.A. Rahman, F.E. Quai-coe, M.A. Choudhury, "A comparative study of Delta and Sine Pulse Width Modulated Inverters", Pro. EPE, Vol. I, Oct. 1985. PP. 1.163-1.167
2. B.K. Bose, "Power Electronic and AC Drives", Printice Hall, New Jersey, 1987: p.p. 37-40, 140-152
3. JMD Murphy & FG Turnbull, "Power Electronic Control of AC Motor", Pergamon Press, 1988: p.p. 101-146
4. David Finney, "Variable Frequency AC Motor Drive Systems", Peter Peregrinus, 1998: p.p. 101-146
5. วิจิตร กิณเรศ. "สามเฟสเดลด้ามีอดดูเลตพีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สจล., 1991
6. G. Joos, P.D. Ziogas and D. Vincenti, "A Model Reference Adaptive PWM Technique" IEEE Power Electronics Specialists Conf, vol. 2, pp. 659-703, June 1989
7. Prasad N. Enjeti, Phoivos D. Ziogas and James F. Lindsay, "Programmed PWM Technique to Eliminate Harmonic: A Critical Evaluation," IEEE Transactions on Industry Application, Vol. 26, No. 2, March/April, 1990.
8. คมสัน กลิ่นบัว, วิจิตร กิณเรศ. "การออกแบบและวิเคราะห์ 1 เฟส เดลด้ามีอดดูเลตพีดับบลิวเอ็มอินเวอร์เตอร์ที่มีการคงค่าแรงดันเอาต์พุต", วารสารวิศวกรรมลาดกระบัง
9. A.J. Chowdhury, A. Mansoor, M.A. Choudhury and M.A. Rahman, "On-line improved inverter waveform by variable step delta modulation," IEEE PESC conference record, 1994
10. ชาญวิทย์ ตั้งศิริวรกุล, วิจิตร กิณเรศ "การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเทคนิคเดลด้ามีอดดูเลตซึ่งมีขอบเขตฮิสเตอร์รีซิสแบบต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้กับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต่อเนื่อง", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 23, พฤษภาคม 2543, หน้า 153-156
11. A. Apinan and K. Pinit, "Suppressing Harmonic in Delta Modulation by Synchronization Hysteresis with Reference Signal", IEEE Proceeding 2002.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟส ด้วยเทคนิคเคลด้ามอดูเลชันสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบขับเคลื่อนที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยมีรูปแบบการสร้างสัญญาณควบคุมที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน แต่ให้สัญญาณเอาต์พุตที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือ มีความถี่เชิงไซน์สูง สามารถลดทอนองค์ประกอบฮาร์มอนิกอันดับต่ำ ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกสะสมรวมมีค่าน้อยลง อัตราการได้ประโยชน์จากแรงดันเชื่อมโยงกระแสตรงมีค่าสูงขึ้น สามารถลดขนาดตัวกรองสัญญาณให้มีขนาดเล็กลง ลดการสั่นสะเทือนและคลื่นรบกวนความถี่วิทยุ รวมทั้งสามารถทำงานได้อย่างราบเรียบทุกย่านการควบคุม โดยตอบสนองต่อความต้องการในการขับโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานสามารถนำเทคนิคดังกล่าวไปปรับปรุงสำหรับขับเคลื่อนระบบที่มีอยู่แล้ว โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างของการควบคุมในอุปกรณ์อื่น เป็นผลให้ง่ายต่อการปรับปรุงโครงสร้างของระบบรวมทั้งต้นทุนลดต่ำลงด้วย

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

หลังการวิจัยเสร็จสิ้น โครงการวิจัยจะมีการประมวลผล โดยจัดทำบทความวิชาการเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย และจัดทำคู่มือการใช้งานเพื่อเผยแพร่แก่หน่วยงานที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และผู้ที่สนใจ นอกจากนี้ยังสามารถใช้สำหรับการเรียน การสอนในหลักสูตรสาขาวิศวกรรมศาสตร์ หรือสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งในปัจจุบัน

13. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

13.1 ศึกษาหลักการควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เฟสเดียวและสาม เฟส และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

13.2 ออกแบบและจำลองโครงสร้างการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาแนวทางการสร้างเครื่องต้นแบบ

13.3 สร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เฟสเดียวและสามเฟส

13.4 ทดสอบและปรับปรุงโครงสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

13.5 รวบรวมผลการทดสอบ จัดทำรายงาน เสนอผลงานวิจัย และจัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องต้นแบบ

14. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

แผนการและกิจกรรมในการดำเนินการปีงบประมาณ 2550

กิจกรรม	ปีงบประมาณ 2550									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
จำลองระบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์										
สร้างเครื่องต้นแบบชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียว และ สามเฟส										
ทดสอบผลการควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียว และ สามเฟส										
แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้า										
รวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบ จัดทำรายงานเสนอผลการดำเนินงาน และคู่มือการใช้งาน										

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย

15.1 ระบุเฉพาะปัจจัยที่ต้องการเพิ่มเติม

- โปรแกรมจำลองด้วยคอมพิวเตอร์
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบชุดควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟส
- มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า เฟสเดียวและสามเฟส พิกัด 370 W และ 2.2 kW ตามลำดับ

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

- ค่าตอบแทนผู้วิจัยจำนวน 2 คน (1,000 บาท /คน/เดือน) จำนวน 20,000 บาท
- ค่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30,000 บาท
- ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย จำนวน 10,000 บาท
- ค่าวัสดุในการสร้างเครื่องต้นแบบ จำนวน 120,000 บาท
- ค่าใช้สอยทั่วไป จำนวน 10,000 บาท

- ค่าจ้างพิมพ์จัดทำรายงานความก้าวหน้า	จำนวน	1,500 บาท
- ค่าสาธารณูปโภค	จำนวน	2,000 บาท
- อื่นๆ เช่น ค่าเดินทาง ค่าโทรศัพท์	จำนวน	6,500 บาท
รวม		200,000 บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

17.1 สามารถนำเสนอเทคนิคการสร้างสัญญาณที่มีคุณภาพ เพื่อขับเคลื่อนให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

17.2 พัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีใช้ในปัจจุบันให้ทำงานตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และลดต้นทุนการผลิตในขบวนการอุตสาหกรรม

17.3 สามารถสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟส เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมได้

17.4 สามารถลดต้นทุนในการลงทุนและได้ผลตอบแทนสูงสุด

ส่วน ก : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) รศ.เวคิน ปิยรัตน์

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof. Wekin Piyarat

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-8411-00006-56-4

3. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 8

4. หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร

วิโรฒ องครักษ์ ถนนรังสิต – นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทรศัพท์ 026621000 2041 , 2045 มือถือ 0819886891 โทรสาร 037-322605

e-mail : waksin@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา :

1998 Master of Engineering King Mongkut's Institute
(Electrical Engineering) of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand

1994 Bachelor of Engineering South-East Asia University
(Electrical Engineering) Bangkok, Thailand

6. ประวัติการรับทุน : -

7. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

DC and AC Motor Drives

Power Electronics

Control Theory Application

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

8.2 หัวหน้าโครงการวิจัย -

8.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

8.3.1 ฉลอง โสคาบัน และ เวทิน ปิยรัตน์ “การปรับปรุงความถี่การสวิตช์ของ อินเวอร์เตอร์แบบเซลล์ด้ามคู่เลข” สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 วันที่ 11-12 พฤศจิกายน 2547 ณ โรงแรม โซฟีเทลราชออคิด ขอนแก่น.

8.3.2 เวทิน ปิยรัตน์ และ กฤษชัย วิถีพานิช “การออกแบบระบบควบคุมกังหันชนิดติดตาม แบบจำลองระบบ” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 วันที่ 11-12 พฤศจิกายน 2547 ณ โรงแรม โซฟีเทล ราชออคิด ขอนแก่น.

8.3.3 K.Witheephanich, **W.Piyarat** and C. Tarasantisuk, “Controller Design for a Networked Control System with Plant Uncertainties” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 วันที่ 11-12 พฤศจิกายน 2547 ณ โรงแรม โซฟีเทล ราชออคิด ขอนแก่น.

8.3.4 กฤษชัย วิถีพานิช, เวทิน ปิยรัตน์, วิทยา ทิพย์สุวรรณ และ เรืองยศ เกตุรักษา “Robust Controller synthesis for Robustness Property Enhancement” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 วันที่ 21-22 พฤศจิกายน 2545 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

8.3.5 เวทิน ปิยรัตน์ กฤษชัย วิถีพานิช ฉลอง โสคาบัน วิทยา ทิพย์สุวรรณพร อุทัย ศัทโท “DIGITAL POWER OUTPUT MEASUREMENT BASE ON BINARY RATE MULTIPLICATION TECHNIQUE” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 วันที่ 21-22 พฤศจิกายน 2545 ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

8.3.6 K.Witheephanich, **W. Piyarat** and C.Tarasantisuk, “Representation of Robustly Stabilizing Controller Structure for Distributed Control Architectures with Plant Uncertainties” The 30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society November 2-6, 2004 , Paradise Hotel, Busan, Korea .

8.3.7 Tipsuwamporn, V. Sompracha, C.; **Piyarat, W.**; Charean, A.; Sawaengsinkasikit, W.; Multilevel “regular-based binary multiplier for SPIM speed

control” Industrial Electronics, 2003. ISIE '03. 2003 IEEE International Symposium on ,Volume: 1 , 9-11 June 2003 Pages:364 - 368 vol. 1

8.3.8 Tipsuwanporn, V.; Tarasantisuk, C.; **Piyarat, W.**; “A single-phase AC-DC converter analysis and design : sliding mode control approach” Industrial Technology, 2003 IEEE International Conference on ,Volume: 1 , Dec. 10-12, 2003 Pages:593 – 596.

[8.3.9] Tipsuwanporn, V.; Numsomram, A.; **Piyarat, W.**; Thepsathorn, P.; Charean, A.; “New adjustable frequency controlled SPIM drive” TENCON 2000. Proceedings ,Volume: 2 , 2000 Pages:46 - 50 vol.2]

8.3.10 Tipsuwanporn, V.; Thepsathorn, P.; **Piyarat, W.**; Numsomran, A.; Bunjungjit, S.; “4- quadrant DC motor drive control by BRM technique” Power Electronics and Motion Control Conference, 2000. Proceedings. PIEMC 2000. The Third International ,Volume: 3, 15-18 Aug. 2000 Pages:1185 - 1188 vol.3

8.3.11 Tipsuwanporn, V.; Charean, A.; **Piyarat, W.**; Sum-Im, T.; Chochai, N.; “New BRM technique for space vector decomposition reactive power of SPIM” Power Electronics and Motion Control Conference, 2000. Proceedings. PIEMC 2000. The Third International ,Volume: 3 , 15-18 Aug. 2000 Pages:1251 - 1255 vol.3

8.3.12 Tipsuwanporn, V.; Jamjan, K.; **Piyarat, W.**; Suesut, T.; Tarasantisuk, C.; Sawaengsinkasikit, W.; “New fine adjustment technique for heating process” Power Electronics and Motion Control Conference, 2000. Proceedings PIEMC 2000. The Third International ,Volume: 1 , 15-18 Aug. 2000 Pages:469 - 472 vol.1

8.3.13 Tipsuwanporn, V.; Sum-Im, T.; Suesut, T.; **Piyarat, W.**; Sawaengsinkasikit, W.; “New technique controlling of 4-quadrant DC motor drive” TENCON 2000. Proceedings ,Volume: 2 , 24-27 Sept. 2000 Pages:51 - 55 vol.2

8.3.14 **Piyarat, W.**; Witthephanich, K.; Tipsuwanporn, V.; Chuenarom, S.; Maitreechit, S.; “Robustness enhancement of robust controller for parametrically uncertain system” TENCON 2000. Proceedings, Volume: 1 , 24-27 Sept. 2000 Pages:437 - 440 vol.1

8.3.15 **Piyarat, W.**; Paraken, Y.; Tipsuwanporn, V.; Sawaengsinkasikit, W.; Suesut, T.; “New design technique of controlling 2 quadrant DC motor drive” Power Engineering Society Winter Meeting, 2000. IEEE ,Volume: 1 , 23-27 Jan. 2000 Pages:328 - 331 vol.1

8.3.16 Tipsuwanporn, V.; Charean, A.; **Piyarat, W.**; Kittisiam, T.; Thepsatorm, P.; Sum-im, T.; “Quick torque controlled SPIM using PID controller based on PLL

technique” Power Engineering Society Winter Meeting, 2000. IEEE ,Volume: 1 , 23-27 Jan. 2000 Pages:324 – 327 vol.1

8.3.17 Tipsuwanporn, V.; Numsomran, A.; Wittheephanch, K.; **Piyarat, W.**; Roddumpon, K.; “Controller design improving robustness properties for parametrically uncertain system” Industrial Electronics Society, 2000. IECON 2000. 26th Annual Conference of the IEEE ,Volume: 1 , 22-28 Oct. 2000 Pages:452 - 457 vol.1

8.3.18 Chiewchitboon, P.; Tipsuwanporn, V.; Scionthomphisaj, N.; **Piyarat, W.**; “Speed control of three- phase induction motor online tuning by genetic algorithm” Power Electronics and Drive Systems, 2003. PEDS 2003. The Fifth International Conference on ,Volume: 1 , 17-20 Nov. 2003 Pages: 184 -188.

8.3.19 Tipsuwanporn, V.; **Piyarat, W.**; Wittheephanch, K.; Keteruksa, R.; Komine, N.; “Robust controller synthesis for simultaneous plant family stabilization” SICE 2002. Proceedings of the 41st SICE Annual Conference ,Volume: 1 , 5-7 Aug. 2002 Pages:651 - 655 vol.1

8.3.20 Tipsuwanporn, V.; Suesut, T.; Thepsatorn, P.; **Piyarat, W.**; Sawaengsinkasikit, W.; “Adjustable energy control with ICBRM technique” Circuits and Systems, 2002. APCCAS '02. 2002 Asia-Pacific Conference on ,Volume: 2 , 28-31 Oct. 2002 Pages:109 - 112 vol.2

8.3.21 Tipsuwanporn, V.; Piyarat, W.; Tarasantisuk, C.; “Identification and control of brushless DC motors using on-line trained artificial neural networks” Power Conversion Conference, 2002. PCC Osaka 2002. Proceedings of the ,Volume: 3 , 2-5 April 2002 Pages:1290 – 1294 vol.3

8.3.22 Tipsuwanporn, V.; **Piyarat, W.**; Tarasantisuk, C.; Suesut, T.; Charean, A.; “Identification of motion control system using genetic algorithms” Power Electronics and Drive Systems, 2001. Proceedings. , 2001 4th IEEE International Conference on ,Volume: 2 , 22-25 Oct. 2001 Pages:854 - 857 vol.2

8.3.23 Tipsuwanporn, V.; Cheevasuvit, F.; Kittisiam, T.; **Piyarat, W.**; Paraken, Y.; “Voltage control BRM pattern output” TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference ,Volume: 2 , 15-17 Sept. 1999 Pages:1430 - 1433 vol.2

8.3.24 Tipsuwanporn, V.; **Piyarat, W.**; Thepsatorn, P.; Sum-im, T.; Siribanchachai, W.; “Quick torque controlled DC motor drive using BRM technique” TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference ,Volume: 2 , 15-17 Sept. 1999 Pages:1427 - 1429 vol.2

8.3.25 Tipsuwanporn, V.; Cheevasuvit, F.; Piyarat, W.; Siribanchachai, W.; Paraken, Y.; “BRM fast response DC motor speed control” Industrial Electronics, 1999. ISIE '99. Proceedings of the IEEE International Symposium on ,Volume: 3 , 12-16 July 1999 Pages:1062 - 1065 vol.3

8.3.26 Tipsuwanporn, V.; Cheevasuvit, F.; **Piyarat, W.**; Thepsatorn, P.; Paraken, Y.; “BRM technique for space vector decomposition reactive power of SPIM” Power Electronics and Drive Systems, 1999. PEDS '99. Proceedings of the IEEE 1999 International Conference on ,Volume:1, 27-29 July 1999 Pages:547 - 551 vol.1

8.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :

ชื่อหัวข้อวิจัย : การพัฒนาอินเวอร์เตอร์สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำสองเฟสด้วยเทคนิคเดลต้ามอดูเลชัน

แหล่งทุน : อยู่ระหว่างดำเนินการหาแหล่งทุน

ผู้วิจัยร่วม

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) ชลองค์ โสดาบัน

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Chalong Sodaban

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3450300378158

3. ตำแหน่งปัจจุบัน นายช่างเทคนิค ระดับ 4

4. หน่วยงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถนนรังสิต - นครนายก อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120

โทรศัพท์ 026621000 2041 , 2045 มือถือ 0819886891 โทรสาร 037-322605

e-mail : chalong@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา :

2005 Master of Engineering (Electrical Engineering)	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Bangkok, Thailand
--	---

2000 Bachelor of Engineering (Electrical Engineering)	Srinakharinwirot University Bangkok, Thailand
--	--

6. ประวัติการรับทุน :-

7. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ(แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

DC and AC Motor Drives

Power Electronics

8. งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -

8.2 หัวหน้าโครงการวิจัย -

8.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

8.3.1 W.Piyarat ,K.Witheephanich, **C.Sodaban**, V.Tipsuwanporn, V.Sattho “A Digital Power Output measurement based on binary rate multipleco tion technique” การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25 ปี 2545 21 - 22 พฤศจิกายน 2545 มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ ประเทศไทย

8.3.2 เวคิน ปิยรัตน์ , **ฉลอง โสดาบัน** ” การปรับปรุงความถี่สวิตช์ของอินเวอร์เตอร์แบบเคลต้ามอดูเลชั่นเพื่อประยุกต์ใช้กับแหล่งจ่ายไฟสำรอง ” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 ปี 2547 11-12 พฤศจิกายน 2547 โรงแรมโซฟิเทลราชาออดิก จ.ขอนแก่น ประเทศไทย

8.3.3 **ฉลอง โสดาบัน** , เวคิน ปิยรัตน์ “การปรับปรุงความถี่การสวิตช์ของ อินเวอร์เตอร์แบบเคลต้ามอดูเลชั่นสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียว” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 27 ปี 2547 11 – 12 พฤศจิกายน 2547 โรงแรม โซฟิเทลราชาออดิก จ.ขอนแก่น ประเทศไทย

8.3.4 **ฉลอง โสดาบัน** , พินิจ เทพสาธ , สุวิทย์ ศรีประวรรณ , สืบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ , วิทยา ทัพย์สุวรรณพร “เทคนิคการปรับขอบเขตสัญญาณอ้างอิงสำหรับ DM-PWM อินเวอร์เตอร์ เพื่อขับนำโหลดประสิทธิภาพสูง” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 28 ปี 2548 20 – 21 ตุลาคม 2548 โรงแรมเพิร์ลวิลเลจ จ.ภูเก็ต ประเทศไทย

8.3.5 เวคิน ปิยรัตน์ , กฤษชัย วิถีพานิช , **ฉลอง โสดาบัน** , กิตติรัตน์ ตรรกการเจริญสุข “การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวแบบไร้ตัวตรวจวัดความเร็ว โดยตัวสังเกตเดิมอันดับแบบปรับตัว” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 28 ปี 2548 20 – 21 ตุลาคม 2548 โรงแรมเพิร์ลวิลเลจ จ.ภูเก็ต ประเทศไทย

ที่ปรึกษาวิจัย:

1. ชื่อ -นามสกุล(ภาษาไทย) นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร
ชื่อ -นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Vittaya Tipsuwanporn
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี)
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้ พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520
โทรศัพท์ 0-2739-2406-7 ต่อ 105 โทรสาร ต่อ 103
Email: ktvittay@kmitl.ac.th
5. ประวัติการศึกษา
1989 Master of Engineering King Mongkut's Institute
(Electrical Engineering) of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand
1984 Bachelor of Industrial King Mongkut's Institute
(Instrumentation Technology) of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand
6. ประวัติการรับทุน :
7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - Power Electronic and Control Drives
 - Energy Saving
 - Robustness
 - Digital and Intelligence Control
 - Instrumentation Circuit
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
 - 8.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย -
 - 8.2 หัวหน้าโครงการวิจัย -
 - 8.3 งานวิจัยที่สำเร็จแล้ว

8.3.1 *A Development PLC Fiber-Optic Network for Redundant System*

Tipsuwanporn, V.; Sangrayub, T.; Gulpanich, S.; Suesut, T.; Numsumran, A.

2003 IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2003, Slovenia.

8.3.2 **Economical Function Generator and Delta Modulator Circuits**

Tipsuwanporn, V.; Choochuan, C.; Numsumran, A.; Pathanasattanon, S.; Pirajanchai, V.

The 5th IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS 2003

Volume: 1, 2003, Page(s): 223-226.

8.3.3 *Identification of Motion Control System Using Genetic Algorithms*

Tipsuwanporn, V.; Tarasantisuk, C.; Suesut, T.; Piyaat, W. Charean, A.

The 5th IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS 2003

Volume: 1, 2003, Page(s): 854-857. Tool Path Analysis for Engraving Machine

Tipsuwanporn, V.; Mitravakin, Suesut, T.; P.; Ukakimarn, P.; Ruckkapsan, S.

2003 IEEE International Symposium on Intelligent Control, ISIC 2003, 2003, Texas.,

USA, Page(s): 860 – 865.

8.3.4 **Multilevel Regular-Based Binary Multiplier for SPIM speed control**

Tipsuwanporn, V.; Sompracha, C.; Piyaat, W.; Charean, A.; Sawaengsinkasikit, W.

Industrial Electronics, 2003. Proceedings. ISIE 2003. IEEE International Symposium on,

8.3.5 **Automation Reverse Osmosis System Using Computer Analyze**

Tipsuwanporn, V.; Anotaidikoon, J.; Gulpanich, S.; Kongratana, V.; Wittheephanchit, K.

Electrical and Computer Engineering, 2003. Canadian Conference on, 2003.

8.3.6 *Adjustable Energy Control With ICBM Technique*

Tipsuwanporn, V.; Suesut, T.; Thepsatorn,.; Piyaat, W.; Sawaengsinkasikit, W.

The 2002 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, 2002. IEEE APCCAS,

Volume: 2, 2002, Page(s): 109 – 112.

8.3.7 *Algorithmic ADC Using Current Mode Without DAC*

Tipsuwanporn, V.; Numsumran, A.; Chuchotsakunleot, W.; Chuenarom, S.; Maitreechit, S.

The 2002 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, 2002. IEEE APCCAS,

Volume: 1, 2002, Page(s): 453 – 456.

8.3.8 *A Development PLC Fiber-Optic Network for Redundant System*

Tipsuwanporn, V.; Sangrayub, T.; Gulpanich, S.; Suesut, T.; Numsumran, A.

2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2002, 2002, Bangkok,

Thailand.

8.3.9 *A Design Automation Warehouse via Internet*

Suesut, T.; Tipsuwanporn, V.; Sukprasert, P.; Gulpanich, S.; Numsomran, A.

2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, ICIT 2002, 2002, Bangkok,

Invited Chairperson

- *Industrial Application Session*, TENCON'99, South Korea
- *Motion Control Session*, TENCON'2000, Malaysia
- *Intelligent Systems Session*, IECON'2000, Japan
- *Synchronous Motor Drives Session*, PEDS'2001, Indonesia
- *Distribution System Analysis Session*, PES T&D'2002, Japan
- *Process Control Session*, PSE Asia 2002, Taiwan
- *Power Electronic Session*, ICCAS'2003, South Korea



แบบสรุปสาระสำคัญข้อเสนอการวิจัย

- (✓) เงินรายได้มหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ2550.....
- () เงินงบประมาณแผ่นดินประจำปี.....
- () เงินรายได้ คณะ/สถาบัน/สำนักมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ

ชื่อข้อเสนอการวิจัย (ไทย) ...การปรับปรุงสัญญาณเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์

เพื่อขับนำโหลดประสิทธิภาพสูง....

(อังกฤษ) ... Improvement Output Signal of Inverter for driving high efficiency
load

ส่วน ก : ลักษณะข้อเสนอการวิจัย

- ☐ แผนงานวิจัย/ชุดโครงการวิจัย
- ☐ โครงการวิจัย
- ☒ ใหม่
- ☐ ต่อเนื่องระยะเวลา...ปี ปีนี้เป็นปีที่..... รหัสข้อเสนอการวิจัย.....

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำข้อเสนอการวิจัย (โดยย่อ)

1. ชื่อหัวหน้าข้อเสนอการวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด
- ผู้รับผิดชอบ
- ผู้วิจัยหลัก
- นายเวคิน ปิยรัตน์
- อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120
- โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2041 โทรสาร 037-322-605
- ผู้วิจัยร่วม
- นายฉลอง โสดาบัน
- ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

โทรศัพท์ 0-2664-1000 ต่อ 2041 โทรสาร 037-322-605

ที่ปรึกษาวิจัย

นายวิทยา ทิพย์สุวรรณพร

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

โทรศัพท์ 0-2739-2406-7 ต่อ 105 โทรสาร ต่อ 103

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการดำรงชีพและการดำรงอยู่ของมนุษย์ หรืออาจบอกได้ว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการดำรงชีวิต ดังนั้นการพัฒนาคัดแปลงเพื่อประยุกต์อุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เกิดผลตอบแทนสูงสุดซึ่งนั่นหมายถึง เกิดการสูญเสียน้อยที่สุดและใช้ต้นทุนต่ำลงนั่นเอง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการปรับปรุงคุณภาพสัญญาณเอาต์พุตของอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ รวมถึงอาคารสำนักงานและที่อยู่อาศัย ตัวอย่าง เช่น การประยุกต์ใช้มอเตอร์ในระบบสูบลบน้ำ การประยุกต์ใช้ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์สำหรับการประหยัดพลังงานในเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอัตราการหมุนของมอเตอร์ในอุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น จากตัวอย่างข้างต้นเห็นได้ว่า การประยุกต์ใช้มอเตอร์ คือ เป็นโหลดอีกชนิดหนึ่งที่มีใช้อย่างแพร่หลาย ดังนั้น งานวิจัยจึงนำเสนอเทคนิคเพื่อการพัฒนาให้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าความสูญเสียน้อย ไม่มีการรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อื่นที่ทำงานรวมกัน รวมทั้งต้นทุนในการลงทุนต่ำด้วย

งานวิจัยนี้นำเสนอการปรับปรุงการทำงานของโหลดเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง โดยอาศัยโครงสร้างการทำงานของวงจรแปรผันไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่า “อินเวอร์เตอร์” และเลือกใช้การสร้างสัญญาณควบคุมแบบเคลดัมอดูเลชั่น (DM PWM) ซึ่งอาศัยโครงสร้างการทำงานของวงจรแบบเดิม โดยปรับปรุงขอบเขตของสัญญาณอ้างอิงเพื่อเป็นกลวิธีในการปรับตัวขององค์ประกอบพารามิเตอร์ในวงจรเดิมจึงส่งผลให้การทำงานสามารถปรับตัวได้ยืดหยุ่นขึ้น ดังนั้นเมื่อนำไปขับโหลดสามารถให้สัญญาณเอาต์พุตมีความใกล้เคียงไซน์ สัญญาณรบกวนมีค่าต่ำ รวมทั้งสามารถลดทอนขนาดของตัวกรองสัญญาณลงได้ จึงส่งผลทำให้ต้นทุนต่ำลง สามารถประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยลง อีกทั้งโครงสร้างที่นำเสนอสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโหลดสแตติกและไดนามิกก็ได้ รวมถึงสามารถใช้งานได้ทั้งแบบเฟสเดียวและสามเฟสอีกด้วย

3. วัตถุประสงค์หลัก

3.1 เพื่อนำเสนอเทคนิคการสร้างสัญญาณที่มีคุณภาพ สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 พัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีใช้ในปัจจุบันให้ทำงานตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และลดต้นทุนการผลิตในขบวนการอุตสาหกรรม

3.3 สามารถสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อขับนำโหลดสแตติกและไดนามิก

3.4 สามารถลดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆที่ต่อรวมอยู่กับวงจรได้

3.5 สามารถลดต้นทุนในการลงทุนและสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย ส่งผลให้ค่าตอบแทนการผลิตสูงขึ้น

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดเฟสเดียวและสามเฟส ด้วยเทคนิคเคลด้ามอดูเลชัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบขับเคลื่อนที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยมีรูปแบบการสร้างสัญญาณควบคุมที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน แต่ให้สัญญาณเอาต์พุตที่มีคุณภาพสูง กล่าวคือ มีความถี่เชิงไซน์สูง สามารถลดทอดองค์ประกอบฮาร์มอนิกส์อันดับต่ำ ความผิดเพี้ยนฮาร์มอนิกส์สะสมมีค่าน้อยลง อัตราการได้ประโยชน์จากแรงดันเชื่อมโยงกระแสตรงมีค่าสูงขึ้น สามารถลดขนาดตัวกรองสัญญาณให้มีขนาดเล็กลง ลดการสิ้นเปลืองและคลื่นรบกวนความถี่วิทยุ รวมทั้งสามารถทำงานได้อย่างราบเรียบทุกย่านการควบคุม โดยตอบสนองต่อความต้องการในการขับโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ หน่วยงานสามารถนำเทคนิคดังกล่าวไปปรับปรุงสำหรับขับเคลื่อนระบบที่มีอยู่แล้ว โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างของการควบคุมในอุปกรณ์อื่น เป็นผลให้ง่ายต่อการปรับปรุงโครงสร้างของระบบรวมทั้งต้นทุนลดต่ำลงด้วย

5. แนวทางการดำเนินการวิจัย

5.1 ศึกษาหลักการควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เฟสเดียวและสาม เฟส และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.2 ออกแบบและจำลองโครงสร้างการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาแนวทางการสร้างเครื่องต้นแบบ

5.3 สร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เฟสเดียวและสามเฟส

5.4 ทดสอบและปรับปรุงโครงสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

5.5 รวบรวมผลการทดสอบ จัดทำรายงาน เสนอผลงานวิจัย และจัดทำคู่มือการใช้
งานเครื่องต้นแบบ

6. ระยะเวลาทำการวิจัย

แผนการและกิจกรรมในการดำเนินการปีงบประมาณ 2550

กิจกรรม	ปีงบประมาณ 2550									
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
จำลองระบบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์										
สร้างเครื่องต้นแบบชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียว และ สามเฟส										
ทดสอบผลการควบคุมไฟฟ้าเหนี่ยวนำเฟสเดียว และ สามเฟส										
แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบชุดควบคุมไฟฟ้า										
รวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบ จัดทำรายงานเสนอผลการดำเนินงาน และคู่มือการใช้งาน										

7. งบประมาณการวิจัย

- ค่าตอบแทนผู้วิจัยจำนวน 2 คน (1,000 บาท /คน/เดือน) จำนวน 20,000 บาท
 - ค่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30,000 บาท
 - ค่าจ้างผู้ช่วยนักวิจัย จำนวน 10,000 บาท
 - ค่าวัสดุในการสร้างเครื่องต้นแบบ จำนวน 120,000 บาท
 - ค่าใช้สอยทั่วไป จำนวน 10,000 บาท
 - ค่าจ้างพิมพ์จัดทำรายงานความก้าวหน้า จำนวน 1,500 บาท
 - ค่าสาธารณูปโภค จำนวน 2,000 บาท
 - อื่นๆ เช่น ค่าเดินทาง ค่าโทรศัพท์ จำนวน 6,500 บาท

รวม 200,000 บาท

หมายเหตุ ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

8. ผลสำเร็จที่ได้

8.1 สามารถนำเสนอเทคนิคการสร้างสัญญาณที่มีคุณภาพ เพื่อขับเคลื่อนให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 พัฒนาระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีใช้ในปัจจุบันให้ทำงานตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้และลดต้นทุนการผลิตในขบวนการอุตสาหกรรม

8.3 สามารถสร้างเครื่องต้นแบบอินเวอร์เตอร์ เพื่อขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวและสามเฟส เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมได้

8.4 สามารถลดต้นทุนในการลงทุนและได้ผลตอบแทนสูงสุด

