

# โครงการ การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตหม้อน้ำรณยนต์

พิสิทธิ วิสุทธิเมธีกร

ภาควิชาวิศวกรรมระบบวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Email : [pisit@mut.ac.th](mailto:pisit@mut.ac.th)

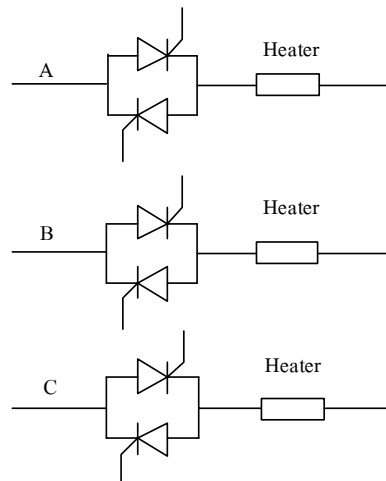
## บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตหม้อน้ำรณยนต์โดยการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการโดยวงจรภาคกำลังจะเป็นวงจรเอชี่ชอปเปอร์ซึ่งในโครงการนี้ได้ออกแบบเอชี่ชอปเปอร์ที่สามารถขับโหลดที่เป็นฮีตเตอร์ได้กำลังสูงสุดถึง 50 KVA โดยในขณะนี้ยังเป็นขั้นตอนในการนำต้นแบบที่ได้จากโครงการไปทดสอบการทำงานกับระบบจริงในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อเก็บข้อมูลที่จะใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขการออกแบบเอชี่ชอปเปอร์นี้ให้มีความทนทานต่อสภาวะการทำงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม

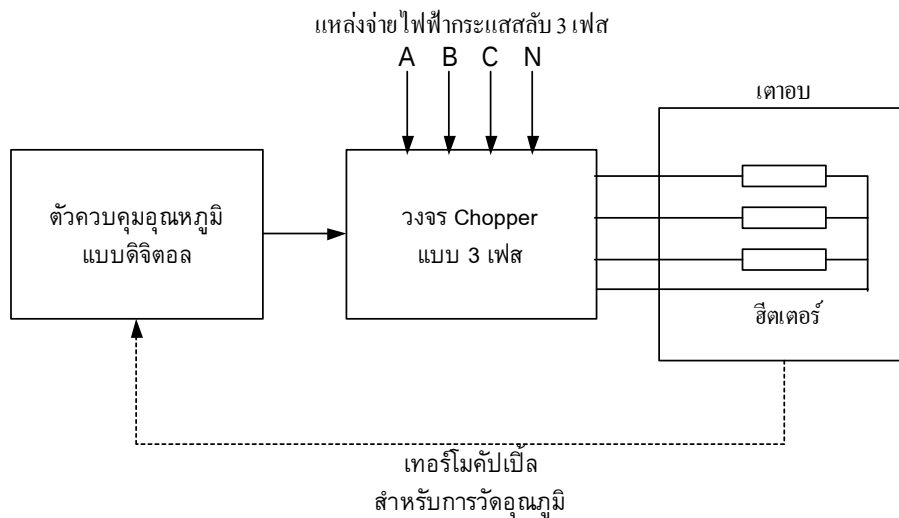
## 1. บทนำ

ปัจจุบันกระบวนการผลิตหม้อน้ำรณยนต์ได้มีการลดสารตะกั่วที่ใช้ในการบัดกรีส่วนประกอบต่างๆของหม้อน้ำรณยนต์ด้วยการใช้ความร้อนสูงประมาณ 700-800 องศาเซลเซียสในการหลอมขึ้นส่วนให้เชื่อมประสานกันและในขั้นตอนนี้เองจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในเตาให้ได้อุณหภูมิตามที่ต้องการสำหรับการควบคุมอุณหภูมิสามารถทำได้โดยการควบคุมพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับฮีตเตอร์ที่อาศัยหลักการของวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่เรียกว่า เอชี่ชอปเปอร์โดยปกติแล้ววงจรเอชี่ชอปเปอร์ที่มีกำลังสูงๆนั้นมักจะเป็นวงจรชนิด 3 เฟส [ Rashid ] ซึ่งมีลักษณะวงจรดังในรูปที่ 1 แต่จากคำแนะนำของวิศวกรที่ทำหน้าที่ซ่อมบำรุงและดูแลระบบดังกล่าวของบริษัทที่ร่วมโครงการนี้ได้พบปัญหาว่าเอชี่ชอปเปอร์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศนั้นถ้าเป็นชนิด 3 เฟส มักจะเกิดปัญหาในกรณีที่แรงดันเฟสใดเฟสหนึ่งของระบบไฟฟ้าในโรงงานนั้นขาดหายไปหรือมีระดับแรงดันไม่ปกติก็อาจจะส่งผลให้การทำงานของเอชี่ชอปเปอร์นั้นต้องหยุดชะงักเนื่องจากการทำงานของระบบป้องกันภายในของเอชี่ชอปเปอร์ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้อาจจะส่งผลเสียกับชิ้นงานที่

อยู่ในเตาให้ความร้อนในขณะนั้นดังนั้นในโครงการนี้จึงได้ทำการออกแบบเอชี่ชอปเปอร์ในลักษณะที่ทำงานอิสระจากกันในแต่ละเฟสเพื่อลดปัญหาดังกล่าวและได้ทำการแยกวงจรส่วนควบคุมอุณหภูมิออกจากวงจรควบคุมกำลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ออกจากกันเพื่อที่อุปกรณ์ใหม่ที่เราสร้างขึ้นในโครงการนี้จะสามารถทดแทนบางส่วนในระบบเก่าโดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งระบบ



รูปที่ 1 เอชี่ชอปเปอร์ 3 เฟสที่ไม่ต่อสายนิวตรอล



รูปที่ 2 โครงสร้างของระบบ

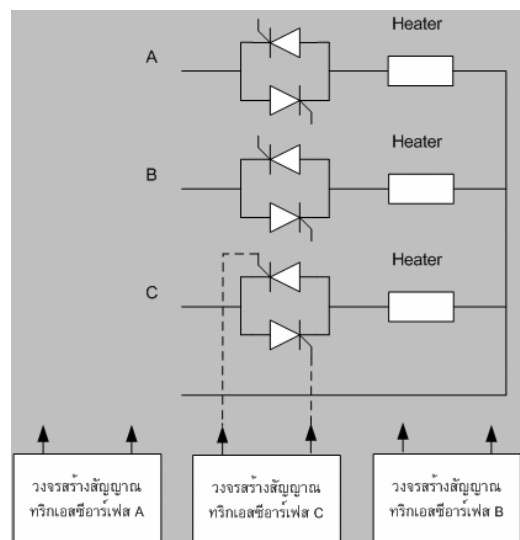
## 2. หลักการทำงานของระบบที่ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 2 เป็นโครงสร้างโดยรวมของระบบที่ทำการออกแบบในโครงการนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญได้แก่

- วงจรภาคกำลังและสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์
- วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะได้ธิบายการทำงานในแต่ละส่วนดังนี้

### 2.1 วงจรภาคกำลังและสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์

วงจรในภาคกำลังจะประกอบด้วยเอสซีอาร์ที่ต่อเป็นแบบเอชี่ชอปเปอร์ดังรูปที่ 3 โดยมีส่วนของวงจรสร้างสัญญาณทริกและขับเอสซีอาร์รวมอยู่ด้วยวงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์นั้นในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ TCA785 ของบริษัทซีเมนส์เพื่อควบคุมตำแหน่งมุมที่ทำให้เอสซีอาร์เริ่มทำงานในแต่ละเฟสและด้วยที่ต้องการให้แต่ละเฟสนั้นอิสระจากกันสัญญาณที่สร้างสำหรับการควบคุมเอสซีอาร์แต่ละเฟสก็จะทำงานอิสระต่อกันด้วย สำหรับโครงสร้างของวงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์ในแต่ละเฟสนั้นจะแสดงดังในรูปที่ 4 และสัญญาณที่ควบคุมมุมทริกเพื่อให้เอสซีอาร์นำกระแสจะเป็นค่าแรงดัน

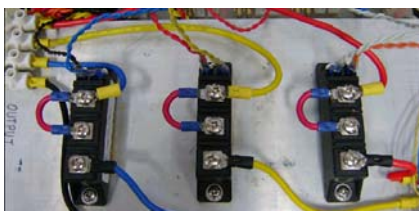


รูปที่ 3 โครงสร้างวงจรภาคกำลัง

อยู่ในช่วง 5 ถึง 0 โวลต์โดยเมื่อแรงดันควบคุมนี้มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์จะเป็นการสั่งงานให้เอสซีอาร์นั้นเริ่มนำกระแสที่มุมศูนย์องศาซึ่งนั่นย่อมาหมายความว่า จะเกิดแรงดันเต็มลูกคลื่นไซน์ที่ฮีตเตอร์และในทางตรงกันข้ามหากแรงดันควบคุมที่ป้อนให้กับTCA785 มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์เอสซีอาร์จะเริ่มนำกระแสที่มุม 180องศานั้นก็คือไม่มีแรงดันที่ฮีตเตอร์



รูปที่ 5 วงจรสร้างสัญญาณทริกเอสซีอาร์



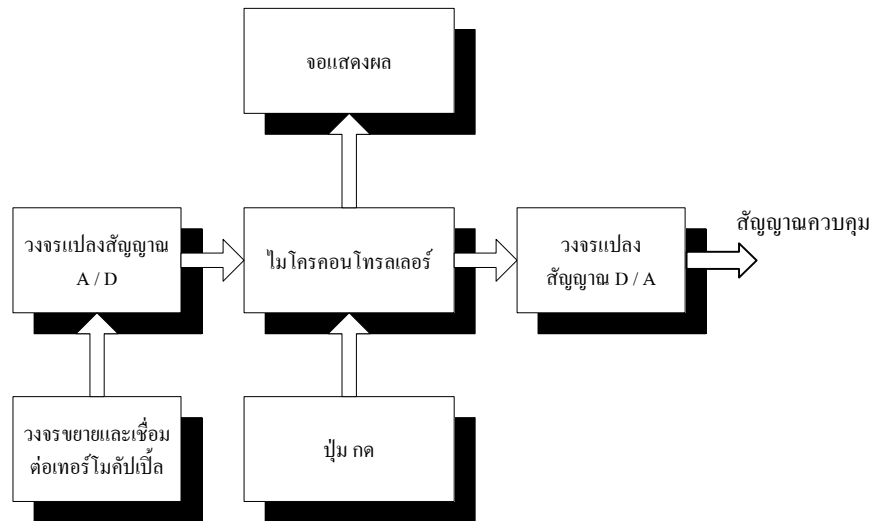
รูปที่ 6 ภาคกำลังที่เป็นเอสซีอาร์โมดูล

คาโตนและอาโหนดกันอยู่ซึ่งจะใช้เอสซีอาร์โมดูลทั้งหมดจำนวน 3 ตัวด้วยกันทั้งสามโมดูลนี้จะถูกติดตั้งบนแผ่นอลูมิเนียมเพื่อระบายความร้อนดังในรูปที่ 6

## 2.2 วงจรชดเชยคอมมอนโหมด

- วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
- วงจรแปลงสัญญาณ A/D
- วงจรแปลงสัญญาณ D/A
- ปุ่มกดและจอแสดงผล
- วงจรขยายและเชื่อมต่อกับเทอร์โมคัปเปิ้ล

โดยในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะถูกโปรแกรมการทำงานไว้ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ก็คือสามารถรับค่าคำสั่งอุณหภูมิที่ต้องการจากปุ่มกดซึ่งออกแบบให้ทำงานในลักษณะของเมนูเลือกเช่นเดียวกับอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ในโรงงานงานคุ้นเคยส่วนวงจรขยายและเชื่อมต่อกับเทอร์โมคัปเปิ้ลนั้นจะเป็นส่วนขยายสัญญาณและสร้างแรงดันอ้างอิงที่เปลี่ยนตามอุณหภูมิเพื่อใช้ชดเชยแรงดันที่จุดต่อของเทอร์-



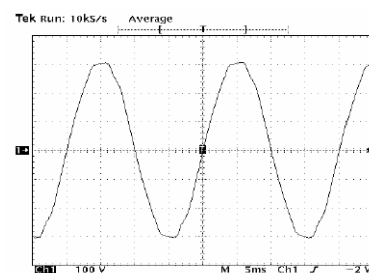
รูปที่ 7 โครงสร้างของชุดควบคุมอุณหภูมิ

โมคัปเปิ้ล (Reference Junction) และสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณนี้จะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลขนาด 12 บิต สำหรับการสั่งงานจากตัวควบคุมอุณหภูมิไปยังวงจรเอซีชอปเปอร์จะอาศัยวงจรแปลงคำสั่งสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณอนาลอกขนาด 0 ถึง 10 โวลต์ สำหรับอัลกอริทึมของตัวควบคุมจะถูกสร้างเป็นโปรแกรมควบคุมที่ทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์โดยในที่นี้ได้ออกแบบโดยใช้วิธีการควบคุมแบบพีไอดี(Franklin) สามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมนี้ได้โดยการใช้ปั๊มกดเป็นเมนูเลือกในการทำงาน ดังนั้นผู้ใช้งานจะสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ตัวควบคุมให้เหมาะสมกับระบบของตนเองได้ซึ่งในอนาคตจะเพิ่มฟังก์ชันในการปรับจูนตัวเองของตัวควบคุมซึ่งจะทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น

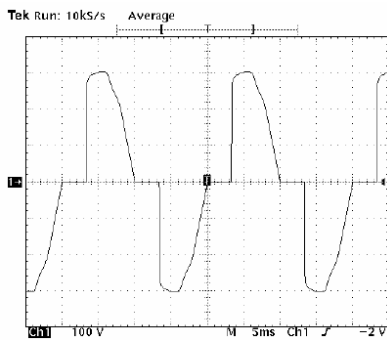
### 3. การทดลอง

สำหรับการทดสอบระบบได้ทดลองการทำงานของวงจรในส่วนที่เป็นเอซีชอปเปอร์ก่อนโดยทำการป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อดูการทำงานโดยดูรูปคลื่นแรงดันที่ตกคร่อมฮีตเตอร์ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนคำสั่งควบคุมแล้วรูปคลื่นแรงดันนั้นเปลี่ยน

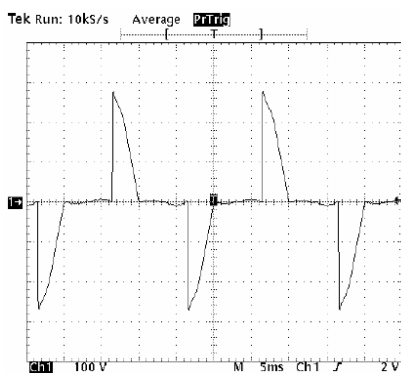
ตามที่เรากออกแบบไว้หรือไม่ตัวอย่างของรูปคลื่นแรงดันที่คำสั่งต่างๆแสดงดังในรูปที่ 8 ถึง 10 ซึ่งเป็นแรงดันที่มูมทริก 0,60 และ 120 องศา ตามลำดับ ส่วนการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิในขั้นตอนนี้ทำการทดลองโดยสร้างแบบจำลองของตู้ขนาดเล็กเพื่อสามารถทดลองได้โดยง่ายและเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ก่อนที่จะนำไปทดสอบกับระบบจริงในโรงงานอุตสาหกรรมที่ร่วมโครงการ ดังนั้นการทดสอบในตู้จำลองในขั้นตอนนี้จึงทดสอบที่อุณหภูมิไม่สูงมากนักเนื่องจากการทนความร้อนของตู้จำลองที่ใช้ทดสอบนั้นไม่ได้มีค่าสูงมากโดยในรูปที่ 11 เป็นผลตอบสนองการควบคุมอุณหภูมิที่คำสั่งอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 70 องศาเซลเซียสโดยผลที่ได้จะเห็นว่าอุณหภูมิจะเข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลาประมาณ 4 นาที 34 วินาที (ไม่มีโหลด)



รูปที่ 8 แรงดันที่ฮีตเตอร์เฟส A ที่มูมทริก 0 องศา



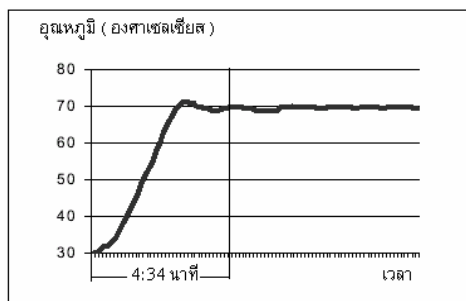
รูปที่ 9 แรงดันที่ฮีตเตอร์เฟส A ที่มุมทริก 60 องศา



รูปที่ 10 แรงดันที่ฮีตเตอร์เฟส A มุมทริก 120 องศา

#### 4. สรุป

จากการออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและได้ทดสอบการทำงานในเบื้องต้นพบว่าระบบสามารถทำงานได้ดีแต่ขณะนี้ยังขาดการทดสอบกับระบบงานจริงซึ่งจากที่ได้เปรียบเทียบกับเครื่องในระบบเดิมที่นำเข้าจากต่างประเทศนั้นก็ให้ผลการ



รูปที่ 11 ผลตอบสนองการควบคุมที่คำสั่ง 70 องศา

ที่เหมือนกันแต่ในสิ่งที่ขาดไปในโครงการนี้และยังไม่สมบูรณ์ก็คือการออกแบบกล่องบรรจุชิ้นงานซึ่งอาจจะมีปัญหาในเรื่องของความร้อนตามมาได้หากออกแบบระบบระบายความร้อนไม่ดีพอเพราะตัวเครื่องและระบบนั้นมีการเสถียรวงจรค่อนข้างสูง (หากทำงานที่เต็มพิกัด) และความร้อนที่เกิดขึ้นในวงจรก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นในขั้นตอนของการออกแบบเพื่อใช้ในระบบงานจริงจะต้องทำการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆให้เหมาะสมก่อนบรรจุลงกล่องและมีการระบายความร้อนที่ดีก่อนที่จะติดตั้งใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานทุนสนับสนุนงานวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับนักศึกษาปริญญาตรีประจำปี 2546 และขอขอบคุณบริษัทเรดิคอนจำกัดที่เอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับระบบงานจริงและคำปรึกษาจากวิศวกรของบริษัทอันเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบในโครงการนี้

#### เอกสารอ้างอิง

- Gene F. Franklin. Digital Control of Dynamic Systems , John Wiley & Son,1990.
- Muhammad H. Rashid. Power Electronics Handbook , Academic Press,1999