

การออกแบบวงจรควบคุมปั้มน้ำสำหรับครัวเรือนโดยใช้ไทแอก

A Design of Control Circuit for Household Water Pump Using Triac

อัศรพล โพธิ์ทอง (Akkarapon Photong)^{1*} นัทธพล โภคพันธ์ (Natthaphon Phokhaphan)^{**}

ดร.กฤษ เฉยไสย (Dr.Krit Choeisai)^{***} ดร.ปานหทัย บัวศรี (Dr.Parnhatai Buasri)^{****}

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรควบคุมปั้มน้ำสำหรับครัวเรือนโดยใช้ไทแอก ซึ่งเป็นการควบคุมแรงดันน้ำของปั้มน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยนำมาติดตั้งวงจรควบคุมเพื่อเพิ่มความสามารถในการรักษาระดับแรงดันน้ำในระบบให้คงที่ วงจรควบคุมจะใช้ไทแอกที่ควบคุมการจุดชนวนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีการป้อนกลับสัญญาณแรงดันน้ำเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง วงจรควบคุมแรงดันน้ำด้วยวิธีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวงจรควบคุมที่นำเสนอสามารถรักษาระดับแรงดันน้ำในระบบได้คงที่ดีกว่าปั้มน้ำที่มีจำหน่ายทั่วไปและใกล้เคียงกับอินเวอร์เตอร์ปั้ม

ABSTRACT

This paper presents a design of a water pump control circuit for household applications using Triac. Marketed and produced water pumps are controlled based on water pressure. The control circuit is attached to the water pump to regulate water pressure. The proposed circuit uses microcontrollers to trigger Triac with feedback control for further precision. The proposed circuit is simple and uses less components which enable low-cost production compared with inverter-based water pumps. The experimental results show that proposed circuits can regulate water pressure more than normal market produced water pumps, however the water pressure regulation performance is not quite as effective as inverter-based water pumps.

คำสำคัญ: ไทแอก การควบคุมแบบป้อนกลับ ปั้มน้ำครัวเรือน

Keywords: Triac, Feedback control, Household water pump

1 Correspondent author: akkaraponp@hotmail.com

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เป็นเรื่องที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ อาทิเช่น แอร์อินเวอร์เตอร์ ปั๊มน้ำอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น แต่ด้วยราคาที่สูงขึ้นกว่า 2-3 เท่าตัวทำให้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยังลังเลที่จะเลือกใช้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการเพิ่มสมรรถนะให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีจำหน่ายทั่วไป ซึ่งปั๊มน้ำทั่วไปสำหรับครัวเรือนเป็นปั๊มน้ำที่ใช้สวิตช์แรงดันน้ำในการเปิดและปิดปั๊ม ดังภาพที่ 1 โดยราคาของปั๊มน้ำที่ติดตั้งวงจรควบคุมแล้วไม่สูงขึ้นจากเดิมมากนัก สาเหตุที่เลือกเพิ่มสมรรถนะให้กับปั๊มน้ำทั่วไปนั้น เนื่องจากปั๊มน้ำเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีใช้กันมากเกือบทุกครัวเรือนและพบปัญหาว่าระดับแรงดันน้ำจากปั๊มน้ำทั่วไป ไม่คงที่และเกิดเสียงดังรบกวนบ่อยครั้งจากสวิตช์แรงดัน

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยเลือกวิธีการเพิ่มสมรรถนะปั๊มน้ำทั่วไปด้วยวิธีการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เนื่องจากระดับแรงดันน้ำและอัตราการไหลของปั๊มน้ำขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุนของใบพัด ซึ่งการควบคุมการทำงานปั๊มน้ำจะทำให้ปั๊มน้ำทำงานสัมพันธ์กับระดับแรงดันน้ำภายในระบบ ในกรณีที่บ้านเรือนที่มีพื้นที่จำกัดไม่สามารถติดตั้งถังสำรองน้ำได้หรือระดับแรงดันน้ำเบาเกินไป มีความจำเป็นต้องต่อปั๊มน้ำโดยตรงกับระบบท่อภายในบ้าน ปั๊มน้ำทั่วไปจะใช้สวิตช์แรงดันน้ำ ในการเปิด-ปิดปั๊มน้ำเมื่อแรงดันน้ำในระบบลดลงจากระดับที่ตั้งไว้สวิตช์จะเปิดปั๊มน้ำทำงานจนกระทั่งระดับแรงดันน้ำเกินระดับที่ตั้งไว้สวิตช์จะปิดปั๊มน้ำ ด้วยเหตุนี้ทำให้ระดับแรงดันน้ำในระบบไม่คงที่ ซึ่งส่งผลเสียต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิดที่ต้องการระดับแรงดันน้ำที่คงที่ อย่างเครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น อีกกรณีหนึ่งที่เป็นปัญหาคือการเปิดใช้น้ำเพียงเล็กน้อยแต่เป็นเวลานานจะทำให้ปั๊มติด ๆ ดับ ๆ บ่อยครั้ง ซึ่งถือเป็นการทำงานที่เกินความจำเป็นทำให้อุปกรณ์ภายในสึกกร่อนเร็วขึ้นอายุการใช้งานปั๊มน้ำจึงสั้นลงและเกิดเสียงดังจากสวิตช์รบกวนอีกด้วย

วงจรสำหรับควบคุมการทำงานมอเตอร์ปั๊มน้ำที่นำเสนอ มีลักษณะการทำงานของปั๊มคล้ายคลึงกับอินเวอร์เตอร์ปั๊มที่สามารถปรับระดับแรงดันน้ำภายในระบบและสามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีการติดตั้งวงจรควบคุมดังภาพที่ 2 โดยคณะผู้วิจัยมีความตั้งใจออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ให้มีต้นทุนต่ำ [1] และสามารถควบคุมการทำงานได้ตรงตามจุดประสงค์ ซึ่งการออกแบบวงจรจะประกอบด้วยสามส่วนหลัก ๆ ดังหัวข้อถัดไป

ส่วนประกอบของวงจรควบคุมการทำงานปั๊มน้ำ

1. วงจรขับมอเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ไทแอก (Triac) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่สามารถนำกระแสได้สองทิศทาง ทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันเฟสที่จ่ายไปยังมอเตอร์ปั๊ม ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยการกระตุ้นเกตของไทแอก มอเตอร์ที่ใช้ในการผลิตปั๊มน้ำทั่วไปส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวชนิดคาปาซิเตอร์รัน (Capacitor-Run Motor) ทำให้ใช้ไทแอกเพียงหนึ่งตัวในการควบคุมได้ [2] สำหรับวงจรกระตุ้นเกตเลือกใช้วงจรที่ไม่ซับซ้อนเพื่อลดจำนวนอุปกรณ์ประกอบด้วยไดแอด (Diac), ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและ LDR (Light Dependent Resistor) ซึ่ง LDR ทำหน้าที่ เป็นอุปกรณ์แยกวงจรส่วนกำลังและส่วนประมวลผลออกจากกันโดยใช้แสงเป็นสัญญาณเชื่อมต่อเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ประมวลผล มีวงจรดังภาพที่ 3

2. วงจรประมวลผลสัญญาณ วงจรประมวลผลทำหน้าที่รับสัญญาณจากวงจรตรวจจับแรงดันน้ำโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับสัญญาณแล้วประมวลผลสร้างสัญญาณขับหลอด LED (Light Emitting Diode) ที่หน้าสัมผัสติดกับ LDR ซึ่งมีโครงสร้างวงจรดังภาพที่ 3

3. วงจรตรวจจับแรงดันน้ำ ใช้เซนเซอร์แรงดันชนิดขดลวดเคลื่อนที่ที่มีต้นทุนต่ำและหาได้ง่าย

[3] แรงดันน้ำจะดันแผ่นไดอะแฟรมภายในเซนเซอร์ แผ่นไดอะแฟรมจะดันขดลวดที่อยู่ภายในเซนเซอร์ เคลื่อนที่ขึ้น ทำให้ค่าความเหนียวน้ำของขดลวด เปลี่ยนแปลงไปดังภาพที่ 5 และจากวงจรภาพที่ 4 เมื่อป้อนแรงดันอินพุตจากส่วนที่ 1 ผ่านขดลวดจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันไปเนื่องจากค่าความเหนียวน้ำของขดลวด เมื่อสัญญาณผ่านเข้าไปในส่วนที่ 2 สัญญาณจะถูกขยายขึ้นเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล

จากวงจรข้างต้นที่นำเสนอสามารถนำไปติดตั้งเข้ากับปั้มน้ำที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปได้ ซึ่งมีพิกัดกำลังไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-400 วัตต์ ปั้มน้ำที่นำมาทดลองมีพิกัดกำลังที่ 180 วัตต์

การทำงานของวงจรควบคุม

วงจรควบคุม มีจุดประสงค์หลักเพื่อควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ปั้ม เพื่อให้การหมุนของมอเตอร์สัมพันธ์กับระดับแรงดันน้ำภายในระบบ ด้วยวิธีการควบคุมแรงดันเฟสจากแหล่งจ่ายที่จะป้อนให้กับมอเตอร์ [4] เนื่องจากในการควบคุมแรงดันเฟสที่จะจ่ายให้กับมอเตอร์เป็นวิธีที่ง่ายและใช้อุปกรณ์น้อยชิ้น ดังวงจรในภาพที่ 3 หลักการควบคุมเฟสจะใช้ไทแอกทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมแรงดันที่จ่ายไปยังมอเตอร์ โดยปกติแล้วลักษณะคลื่นจากแหล่งจ่ายจะเป็นคลื่นไซน์ แต่สามารถใช้ไทแอกในการตัดคลื่นบางส่วนในทุกๆ หนึ่งลูกคลื่นของไซน์ออกไปได้ด้วยการปรับมุมของสัญญาณกระตุ้นซึ่งในวงจรที่นำเสนอจะใช้ความต้านทานชนิดปรับเปลี่ยนตามความเข้มแสง (LDR) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการแยกส่วนวงจรควบคุมและวงจรกำลังออกจากกัน เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับวงจรควบคุม การปรับเปลี่ยนความต้านทาน LDR จะส่งผลให้เวลาในการเก็บประจุ C1 เปลี่ยนแปลงไปเมื่อความต้านทานมากขึ้นทำให้เวลาที่ใช้ในการเก็บประจุมากขึ้น ส่งผลต่อสัญญาณที่ใช้กระตุ้นเกตไทแอกเลื่อนเฟสไป ทำให้แรงดันเฉลี่ยที่จ่ายให้กับมอเตอร์

ลดลงจึงทำให้มอเตอร์หมุนช้าลง สามารถสังเกตลักษณะการเลื่อนเฟสได้ดังภาพที่ 6 เมื่อมีการบิดวาวล์มากขึ้นอัตราการไหลลดลงและมีการเลื่อนของเฟสมากขึ้น เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณจากเซนเซอร์แรงดันน้ำมาประมวลผลสำหรับการสร้างสัญญาณ PWM ที่จะจ่ายไปยัง LED จากวงจรในภาพที่ 4 มาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ จากนั้นผ่านระบบ I-Control ดังภาพที่ 3 โดยค่า K เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการปรับแต่งขณะทดลองเพื่อลดค่าความผิดพลาดของสัญญาณลง เมื่อมอเตอร์เริ่มทำงานจะเกิดแรงดันน้ำภายในระบบ เซนเซอร์จะตรวจจับแล้วส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าสัญญาณที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสร้างสัญญาณ PWM ที่ต่อเนื่องเพื่อขับ LED ให้สว่างทำให้ความต้านทานใน LDR ต่ำ ทำให้สัญญาณกระตุ้นไทแอกทำงานตลอดเวลา มอเตอร์ทำงานปกติ และเมื่อแรงดันน้ำภายในระบบสูงขึ้นจนถึงระดับที่ตั้งไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณจากเซนเซอร์แล้วจะลดสัญญาณ PWM ลงทำให้ LED หรือหลอดไฟดับ ไทแอกก็จะหยุดทำงาน ทำให้มอเตอร์หยุดทำงาน จนกระทั่งมีการใช้น้ำในระบบอีกครั้ง อีกหนึ่งกรณีที่เป็นกรณีสำคัญคือเมื่อมีการใช้น้ำเพียงเล็กน้อยไปนานๆ จะทำให้แรงดันน้ำในระบบสูงตลอดเวลา ซึ่งในปั้มน้ำอัตโนมัติทั่วไปมอเตอร์จะทำงานติดๆ ดับๆ เนื่องจากสวิตช์แรงดัน ON-OFF บ่อยครั้งจากระดับแรงดันน้ำที่เปลี่ยนแปลงบ่อยในช่วงที่ตั้งค่าสวิตช์ไว้ ในขณะที่การทำงานของมอเตอร์ที่ติดตั้งวงจรควบคุมจะรักษาการทำงานของมอเตอร์ไว้ หากว่ามีการเปลี่ยนแปลงแรงดันขึ้นลงในช่วง 2-3 psi จากค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งจะส่งผลดีต่ออายุการใช้งานของมอเตอร์และไม่เกิดเสียงดังรบกวนจากการติดๆ ดับๆ ของสวิตช์แรงดันและมอเตอร์

ผลการทดลอง

ในการทดลองการทำงานของปั้มน้ำ ได้ทำการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างปั้มน้ำทั่วไป

ปั้มน้ำทั่วไปที่ติดตั้งวงจรควบคุมและอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำตามภาพที่ 9 โดยจำลองการใช้งานของผู้ใช้ด้วยการบิดวาล์วน้ำทางออกไปยังตำแหน่งต่างๆ จะทำให้ระดับแรงดันน้ำและอัตราการไหลเปลี่ยนแปลงตามการบิดวาล์ว จากนั้นบันทึกค่าอัตราการไหลและแรงดันน้ำ ทำให้ทราบว่าเมื่ออัตราการไหลลดลงเมื่อ แรงดันน้ำในระบบจะเพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กันดังภาพที่ 8 และผู้วิจัยขอยกตัวอย่างการบิดวาล์วไปอัตราการไหลที่ 100 75 และ 54 เปอเซ็นต์เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ที่นำมาเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ต่างจากปั้มน้ำอัตโนมัติที่นำมาทดลอง จากนั้นได้บันทึกการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันน้ำจากเซนเซอร์แรงดัน ในภาพที่ 10 เป็นภาพกราฟการเปรียบเทียบการทำงานของปั้มน้ำ ในอัตราการไหลที่ได้ยกตัวอย่างข้างต้น โดยแบ่งเป็นกราฟของปั้มน้ำทั่วไป ปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรควบคุมและปั้มน้ำอินเวอร์เตอร์ 1 2 และ 3 ตามลำดับในภาพที่ 9 สำหรับในภาพที่ 10 แฉกแรกเป็นระดับการแกว่งของแรงดันน้ำที่อัตราการไหล 100 เปอเซ็นต์ ปั้มน้ำทั้งสามชนิดมีการแกว่งของกราฟใกล้เคียงกันหมายความว่าที่ระดับแรงดันน้ำ 8 psi ปั้มน้ำทั้งหนึ่งและสองรักษาระดับแรงดันน้ำได้ใกล้เคียงกันส่วนอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำมีระดับแรงดันที่ 20 psi จากนั้นบิดวาล์วเพิ่มขึ้นทำให้อัตราการไหลอยู่ที่ 75 เปอเซ็นต์ โดยปั้มน้ำที่หนึ่งและสองมีระดับแรงดันอยู่ที่ประมาณ 14 psi การแกว่งของกราฟปั้มน้ำที่หนึ่งมีมากขึ้นอยู่ที่ 2-3 psi ปั้มน้ำที่สองแกว่งอยู่ที่ 1-2 psi ส่วนอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำแรงดันน้ำประมาณที่ 34 psi มีการแกว่งเล็กน้อยตามภาพที่ 10 แฉกที่ 2 และเมื่อบิดวาล์วไปจนมีอัตราการไหลที่ 54 เปอเซ็นต์จากภาพที่ 10 แฉกที่ 3 ปั้มน้ำที่หนึ่งและปั้มน้ำที่สองมีระดับแรงดันราวๆ 18 psi ตามภาพจะเห็นว่ากราฟระดับแรงดันปั้มน้ำทั่วไปมีการแกว่งมากถึง 3-6 psi ส่วนปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรควบคุมจะมีการแกว่งของระดับแรงดันน้ำน้อยกว่าเพียง 2-3 psi และอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำมีการแกว่งอยู่ที่ 1-2 psi นั้นหมายถึง เมื่อระดับแรงดันน้ำเข้าใกล้กับค่าที่ตั้งในการทดลองนี้ได้ตั้งไว้ที่ 18 psi หน่วย

ประมวลผลในไมโครคอนโทรลเลอร์จะพยายามรักษาระดับแรงดันน้ำให้คงที่ในช่วง 17-19 psi ในขณะที่ปั้มน้ำที่หนึ่งจะมีระดับแรงดันแกว่งไปมาอยู่ที่ 16-24 psi ซึ่งสถานะการทำงานของปั้มน้ำที่หนึ่งในช่วงนี้จะมีลักษณะติดๆดับๆ ในขณะที่ปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรควบคุมหรือปั้มน้ำที่สองยังคงรักษาระดับแรงดันไว้และมีการแกว่งของแรงดันน้ำที่ 2-3 psi ซึ่งใกล้เคียงกับอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำที่อยู่ราว 1-2 psi และเมื่อบิดวาล์วเพิ่มแรงดันน้ำมากกว่า 24 psi ปั้มน้ำที่หนึ่งและที่สองก็จะหยุดการทำงานจนกระทั่งระดับแรงดันน้ำในระบบจะลดลงต่ำกว่า 18 psi ปั้มน้ำทั้งสองจึงจะเริ่มทำงานอีกครั้ง เช่นเดียวกับอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำเมื่อระดับแรงดันเกิน 55 psi ปั้มน้ำจะหยุดทำงาน

สรุป

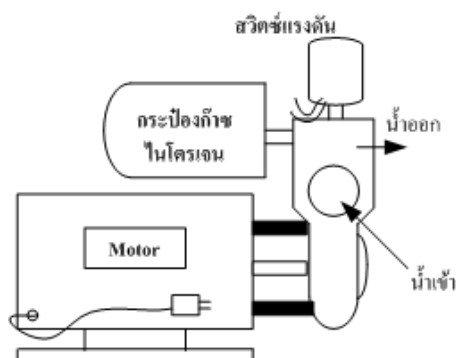
จากผลการทดลองในบทความการนำเสนอการออกแบบวงจรควบคุมปั้มน้ำสำหรับครัวเรือนโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นการควบคุมแรงดันน้ำให้คงที่ โดยการติดตั้งวงจรควบคุมในปั้มน้ำทั่วไปที่มีจำหน่ายในท้องตลาดดังภาพที่ 1 เพื่อเพิ่มความสามารถในการรักษาระดับแรงดันน้ำในระบบให้คงที่ ซึ่งมีการควบคุมการจุดชนวนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และมีการป้อนกลับสัญญาณแรงดันน้ำสำหรับตรวจสอบระดับแรงดันน้ำในขณะนั้นเพื่อนำมาประมวลผลสร้างสัญญาณการจุดชนวน จากการทดลองได้เปรียบเทียบความคงที่ของระดับแรงดันน้ำของปั้มน้ำสามชนิดดังภาพที่ 9 พบว่าในที่อัตราการไหลหนึ่งร้อยเปอเซ็นต์นั้นระดับแรงดันน้ำของปั้มน้ำทั้งสามชนิดมีความคงที่ค่อนข้างเท่ากันดังภาพที่ 10 ในแฉกที่หนึ่งเมื่อลดอัตราการไหลไปที่ห้าสิบเปอเซ็นต์โดยการบิดวาล์วนั้น ระดับแรงดันในปั้มน้ำชนิดแรกมีการกระเพื่อมของระดับแรงดันน้ำมากที่สุดขณะที่ปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรที่นำเสนอและอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำนั้นระดับแรงดันค่อนข้างคงที่ใกล้เคียงกันดังภาพที่ 10 แฉกที่สาม เมื่อนำระดับแรงดันน้ำสูงสุดและต่ำสุดที่บันทึกได้จากเซนเซอร์แรงดันน้ำที่ระดับ

แรงดันน้ำตั้งแต่ต่ำสุดถึงสูงสุดของปั้มน้ำทั้งสามชนิด จากนั้นนำค่าที่ได้ลบกันได้ผลต่างแรงดันน้ำของปั้มน้ำทั้งสามชนิดดังภาพที่ 11 จากภาพผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของปั้มน้ำชนิดแรกมีผลต่าง 1.5-6 psi ปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรควบคุมมีผลต่าง 1-3 psi และอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำ มีผลต่าง 1-2 psi

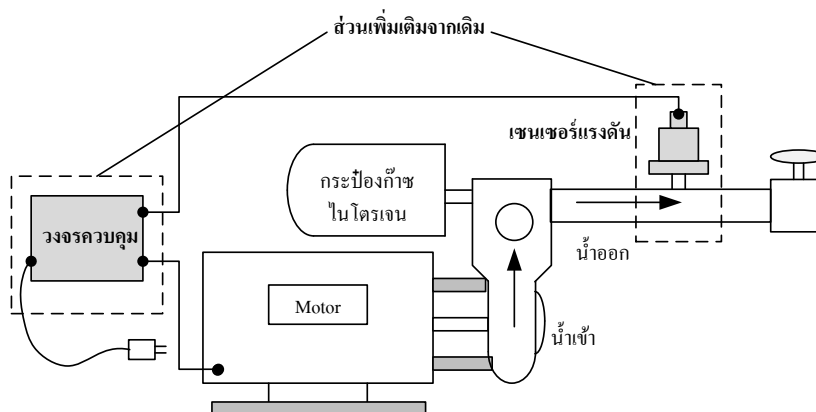
จากผลต่างดังกล่าวข้างต้นแสดงได้ว่าปั้มน้ำที่ติดตั้งวงจรมีระดับแรงดันที่คงที่ใกล้เคียงกับอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำและสามารถรักษาระดับแรงดันน้ำได้ดีการปั้มน้ำทั่วไปที่เป็นแบบสวิตช์แรงดันน้ำถึงหัวลิบเปอร์เซ็นต์และยังเป็นวงจรควบคุมที่ติดตั้งง่ายและใช้อุปกรณ์น้อยชิ้นทำให้ต้นทุนไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับอินเวอร์เตอร์ปั้มน้ำที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแม้ว่าจะอาจจะเกิดฮาร์โมนิกในการทำงานของไทแอดอยู่บ้างแต่ปั้มน้ำยังคงรักษาแรงดันน้ำได้ คณะผู้วิจัยหวังว่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีสมรรถนะที่ดีขึ้นและต้นทุนที่ไม่สูงมากนัก

เอกสารอ้างอิง

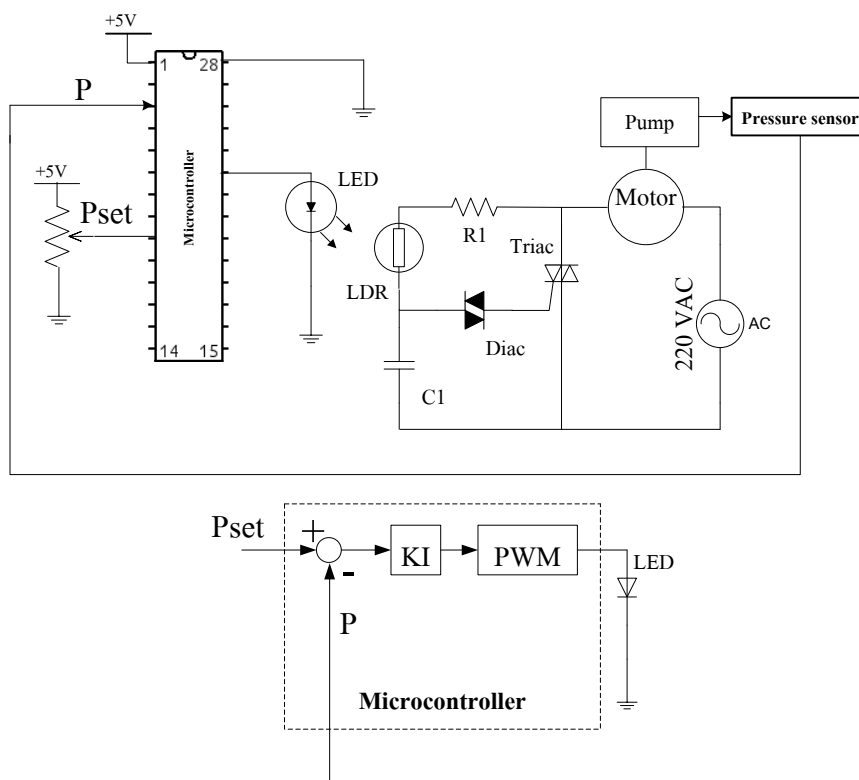
1. Howard Abramowitz. Phase-Control Alternatives for Single-Phase AC Motors Offer Smart, Low-Cost, Solutions. Power Systems World. 2003.
2. Benbouzid MEH, Beguenane R, Capolino GA. Single-phase Capacitor Motor Efficiency Improvement by Means of Voltage Control. IEEE 1996.
3. Sriratna W. Sensor and Transducer. SE-Education public company limited 1998; p.217-220.
4. Krishnan R. Electric Motor Drives Modeling Analysis and Control. Prentice Hall 2001; p.262-307.



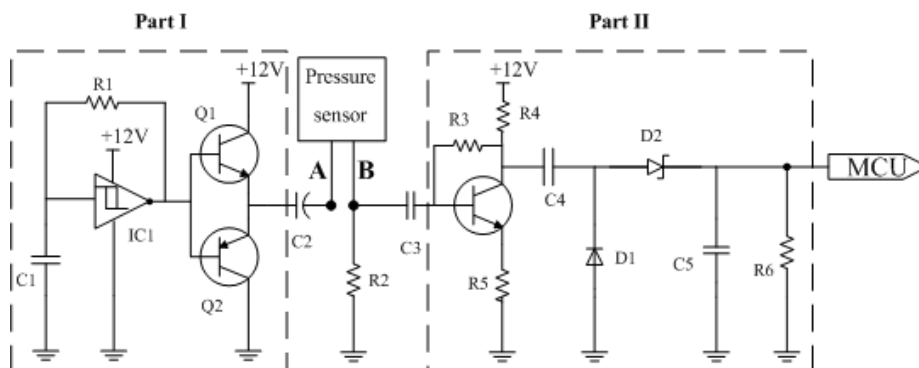
ภาพที่ 1 ลักษณะปั้มน้ำที่มีจำหน่ายทั่วไปในปัจจุบัน



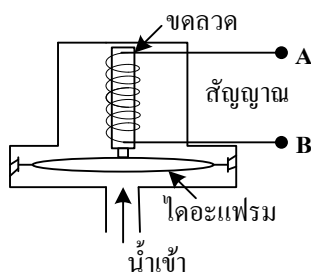
ภาพที่ 2 ลักษณะการติดตั้งวงจรเข้ากับปั้มน้ำทั่วไป



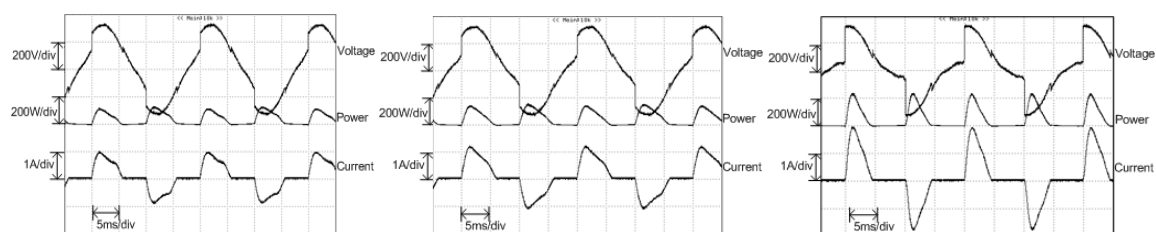
ภาพที่ 3 วงจรควบคุมการทำงานของปั้มน้ำอัตโนมัติ



ภาพที่ 4 วงจรสร้างสัญญาณสำหรับป้อนให้กับ Pressure Sensor และวงจรขยายสัญญาณสำหรับป้อนให้กับ MCU



ภาพที่ 5 ลักษณะของ Pressure Sensor

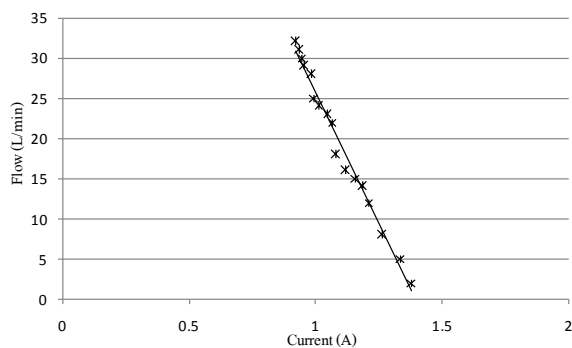


ภาพที่ (6.1) อัตราการไหล 32 L/min

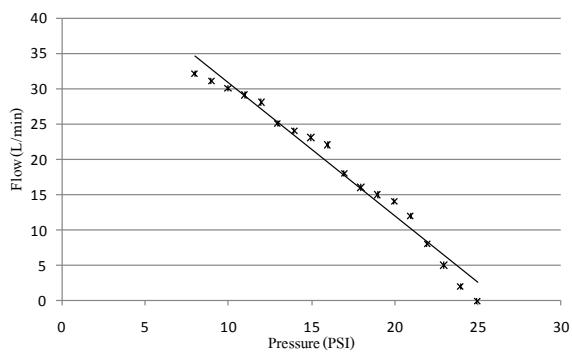
ภาพที่ (6.2) อัตราการไหล 24 L/min

ภาพที่ (6.3) อัตราการไหล 16 L/min

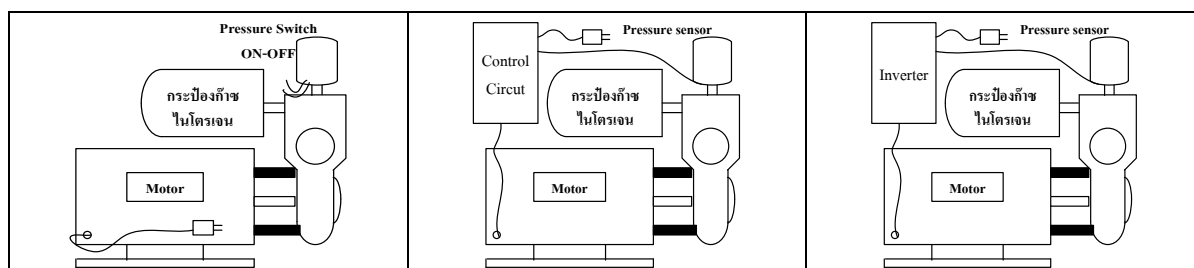
ภาพที่ 6 กราฟแรงดัน กระแสและกำลังไฟฟ้าของปั๊มที่ติดตั้งวงจรควบคุมที่อัตราการไหลต่างกัน



ภาพที่ 7 กราฟอัตราการไหลต่อกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 8 กราฟอัตราการไหลต่อแรงดันน้ำ

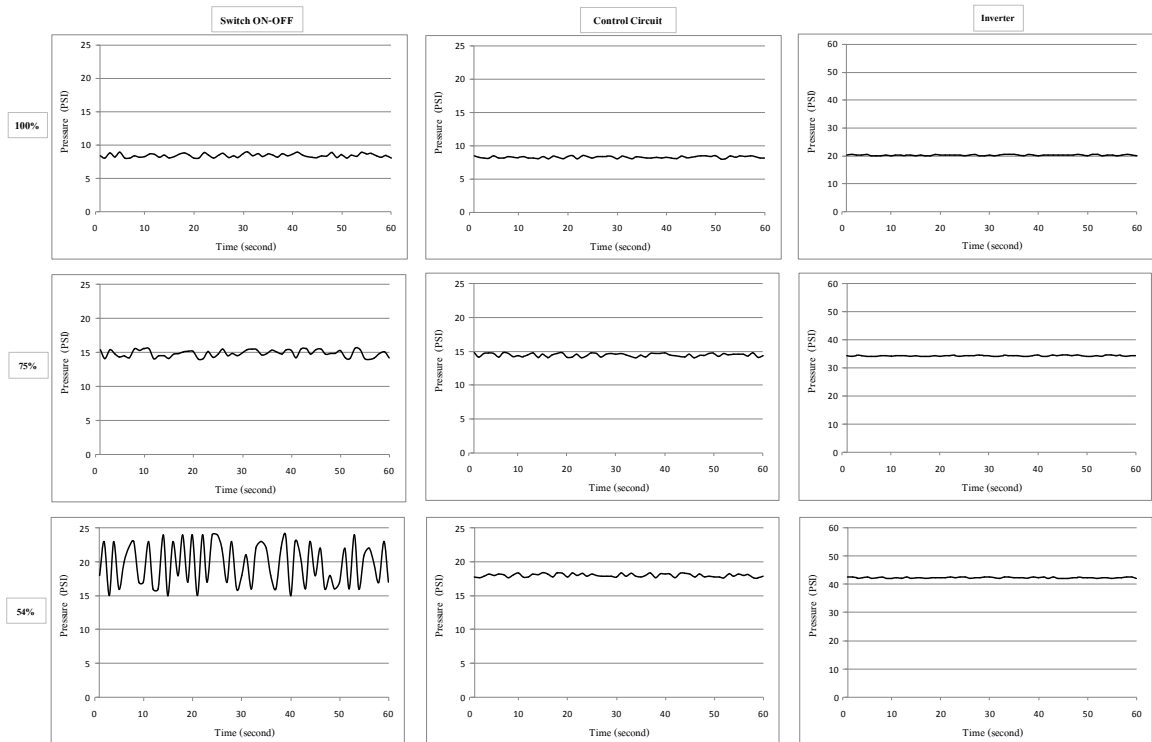


1. ปั๊มน้ำทั่วไป

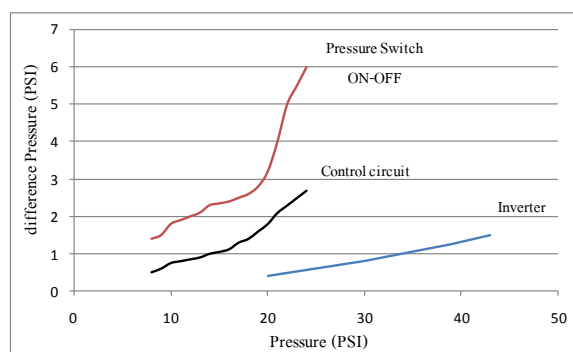
2. ปั๊มน้ำทั่วไปที่ติดตั้งวงจรควบคุม

3. ปั๊มน้ำอินเวอร์เตอร์

ภาพที่ 9 ลักษณะปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 10 กราฟสัญญาณเซนเซอร์แรงดันน้ำต่อเวลาที่อัตราการไหล 100 75 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของปั้มน้ำทั้งสามแบบ



ภาพที่ 11 กราฟผลต่างระหว่างแรงดันสูงสุดกับแรงดันต่ำสุดของปั้มน้ำทั่วไปและปั้มน้ำติดตั้งวงจรควบคุม