

การออกแบบสร้างชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันคงที่ 220 โวลต์ Design and Construction of Electrical Load Control at Voltage Constant 220 Volt

พูนศรี วรรณการ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ศูนย์พระนครเหนือ
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กทม. 10800 โทรศัพท์ : 0-2913-2424 E-mail: v_poonsri555@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้นำเสนอการออกแบบสร้างชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันคงที่ 220 โวลต์ พิกัดการจ่ายกำลังไม่เกิน 1.3 กิโลวัตต์แอมป์ โดยการออกแบบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าใช้หลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้หนึ่งเฟสทำงานร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดลวด และใช้การควบคุมแบบป้อนกลับ เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้มีค่าคงที่ 220 โวลต์ เมื่อแรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงในช่วง 180 โวลต์ ถึง 240 โวลต์

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ , การควบคุมแบบป้อนกลับ

Abstract

This article presents the design and construction of electrical load control at voltage constant 220 Volt at rated power 1.3 kVA. The design method of electrical load control by using the 1-phase auto-transformer connect to the 1-phase isolate transformer and using feedback control to maintain the output voltage constantly when the input voltage varying in range 180 – 240 volt.

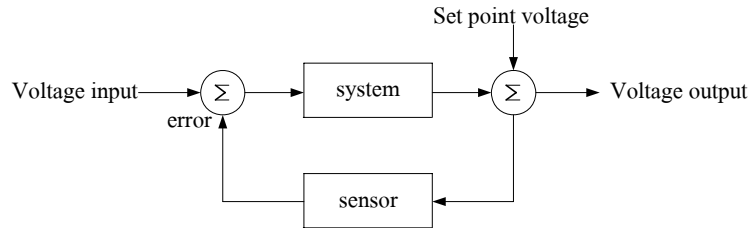
Keywords: auto-transformer , feedback control

1. บทนำ

แรงดันมาตรฐานในระบบไฟฟ้าของประเทศไทยจะอยู่ที่ 220 โวลต์ แต่ในความเป็นจริงในระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา เช่นการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้า การเกิดแรงดันไฟฟ้าตก และแรงดันไฟฟ้าเกินซึ่งปัญหาเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า เช่นทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้ามีอายุการใช้งานสั้นลง รวมถึงค่าไฟฟ้ามากขึ้นเป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการออกแบบสร้างชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันคงที่ 220 โวลต์ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการใช้อยู่หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้ร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดลวด โดยหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้จะทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนแรงดันที่ต่อเข้ากับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแยกขดลวดทำให้เพิ่มแรงดันไฟฟ้าในกรณีแรงดันไฟฟ้าตก และลดแรงดันไฟฟ้าในกรณีแรงดันไฟฟ้าเกิน และใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ตรวจจับแรงดันไฟฟ้าและควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเปลี่ยนจุดต่อแยก (tap) ของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต้เพื่อจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตให้มีค่าอยู่ที่ 220 โวลต์

2. ทฤษฎีและหลักการ

ในการรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่นั้น สิ่งหนึ่งที่สำคัญมากที่สุดคือระบบควบคุม ดังนั้นวงจรควบคุมจึงเปรียบเสมือนหัวใจในการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งในการควบคุมที่มีประสิทธิภาพจะใช้ระบบควบคุมของวงจรถูกเป็นแบบลูปปิด (Close-loop feedback control system)

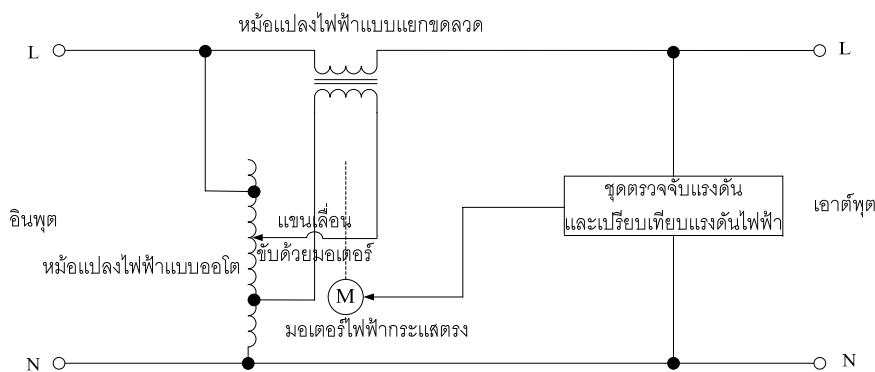


รูปที่ 1 Block diagram of Close-loop feedback control system

จากบล็อกไดอะแกรมแรงดันไฟฟ้าทางเอาต์พุตเราสามารถกำหนดได้ตามความต้องการ (Set point Voltage) ถ้าสมมุติในระบบแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากแรงดันที่กำหนดไว้ตอนเริ่มแรก ระบบก็จะนำสัญญาณค่าความผิดพลาด (Error signal) โดยการตรวจจับของวงจรถววจับ และป้อนสัญญาณค่าความผิดพลาดกลับไปยังทางด้านอินพุตเพื่อให้ระบบควบคุมปรับเปลี่ยนแรงดันทางด้านเอาต์พุตให้เป็นที่ไปตามแรงดันที่เราที่กำหนดไว้ ซึ่งนั่นหมายถึงระบบจะควบคุมแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ แม้ว่าแรงดันทางด้านอินพุตจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ตาม

3. วิธีการออกแบบและสร้าง

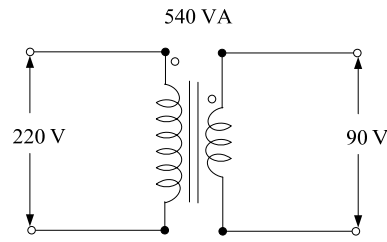
สำหรับระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าของชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันคงที่ 220 โวลต์ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้าของชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้าที่พิกัดแรงดันคงที่

3.1 การออกแบบหม้อแปลงแบบแยกขดลวด

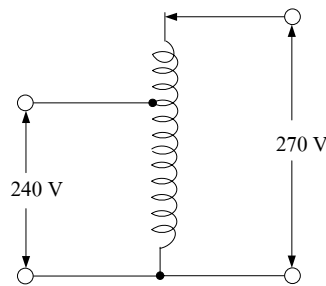
ในที่นี้ต้องการนำหม้อแปลงแบบแยกขดลวดมาต่อเป็นหม้อแปลงแบบออโตได้ที่ทำให้พิกัดกำลังไฟฟ้านั้นเอาต์พุตไม่เกิน 1.3 kVA ในขณะที่ใช้หม้อแปลงแบบแยกขดลวดธรรมดา[1] จะมีขนาดเพียง 540 VA ดังนั้นจึงใช้หม้อแปลงที่มีวงจรดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรหม้อแปลงแบบแยกขดลวด

3.1 การออกแบบหม้อแปลงแบบออโต้

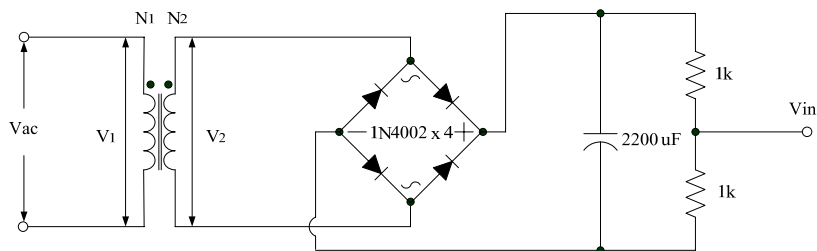
การออกแบบหม้อแปลงแบบออโต้ จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ คือ แรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลงในช่วง 180-240 V ส่วนแรงดันเอาต์พุตรักษาระดับให้คงที่ 220 V และกระแสที่จ่ายออกจะต้องไม่น้อยกว่ากระแสด้านขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงแบบแยกขดลวด



รูปที่ 4 วงจรของหม้อแปลงแบบออโต้

3.2 การออกแบบวงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟฟ้า

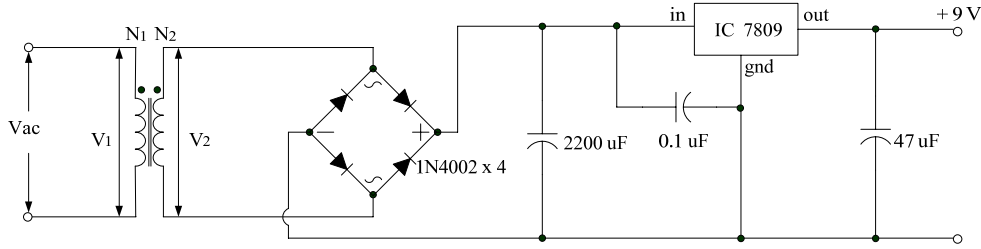
การตรวจวัดระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะใช้หม้อแปลงในการลดแรงดันลงมาแล้วทำการแบ่งไฟฟ้าโดยใช้วงจร Divider แล้วก็นำเอาแรงดัน Output ที่ได้เป็น V_{in} ของวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งแต่ละระดับแรงดัน (180-240 V) ที่ถูกลดลงมาจะเป็นไปตามอัตราส่วนของหม้อแปลง



รูปที่ 5 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

3.3 การออกแบบวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า

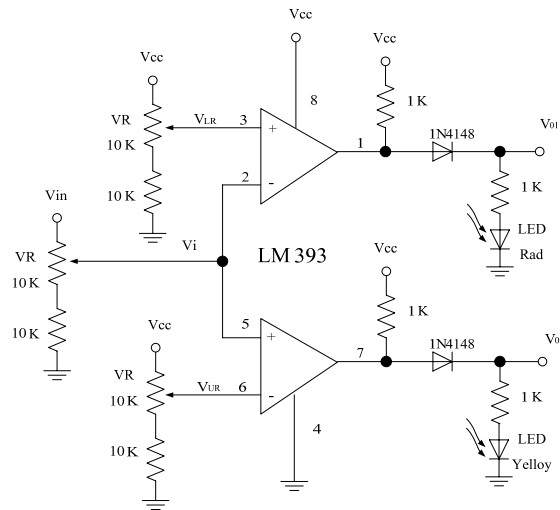
เป็นวงจรสร้างแรงดันไฟฟ้าดีซีคงที่ เพื่อใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับ IC ในวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะต่อวงจรตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า

3.4 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

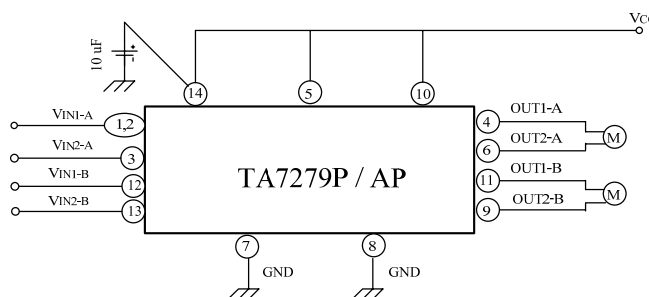
เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าของแรงดัน input ที่เข้ามาในวงจรโดยจะมีแรงดันอ้างอิงที่ใช้ในการเปรียบเทียบอยู่เพราะสามารถปรับตั้งได้ตามต้องการ ซึ่งในการเปรียบเทียบแรงดันจะใช้วงจร Windows comparators [2]



รูปที่ 7 วงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า

3.5 การออกแบบควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับการควบคุมทิศทางของการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงจะหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาขึ้นอยู่กับสัญญาณที่ได้จากวงจรการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า และส่งสัญญาณไปกับวงจร H-Bridge สำหรับวงจร H-Bridge ในที่นี้จะใช้ IC เบอร์ TA7279P ซึ่งเป็น IC ที่สร้างขึ้นสำหรับควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยเฉพาะมีความแม่นยำสูง และราคาถูก

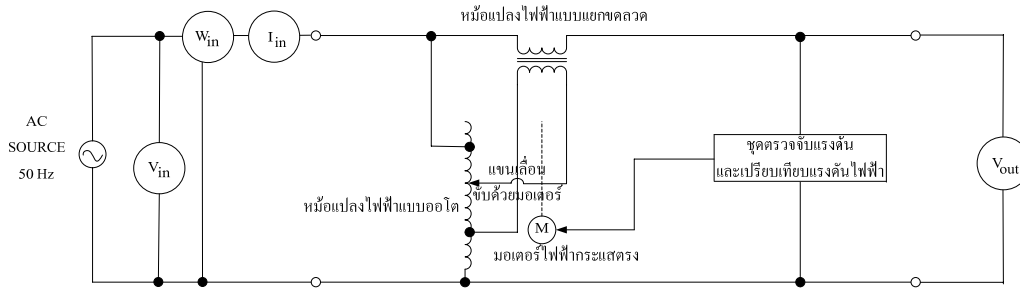


รูปที่ 8 การต่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 การทดสอบควบคุมแรงดันไฟฟ้าในสถานะไม่มีโหลด (No load test)

เป็นการทดสอบเพื่อดูระดับแรงดันเอาต์พุตเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุตในสถานะไม่จ่ายโหลด



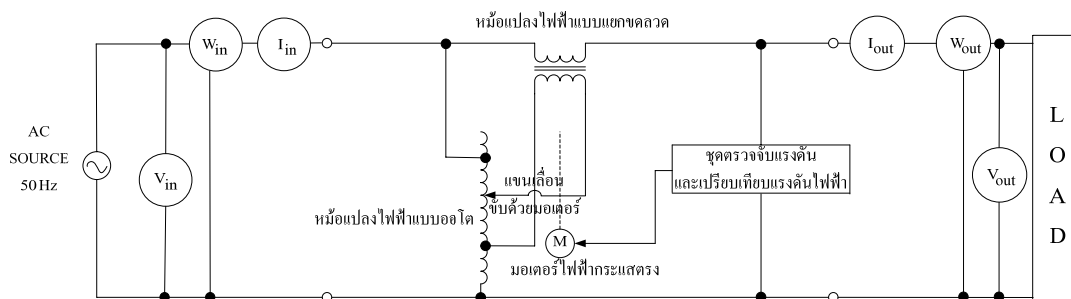
รูปที่ 9 วงจรทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สถานะไม่มีโหลด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สถานะไม่มีโหลด

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	PF_{in}	V_{out} (V)
180	0.12	12	0.75	220
190	0.12	12	0.75	222
200	0.13	12	0.75	219
210	0.18	12	0.75	220
220	0.32	14	0.75	218
230	0.63	16	0.75	220
240	0.75	17	0.75	222

4.2 การทดสอบควบคุมแรงดันไฟฟ้าในสถานะมีโหลด (On load test)

เป็นการทดสอบเพื่อดูระดับแรงดันเอาต์พุตเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุตและการสูญเสียในตัวชุดควบคุมในสถานะจ่ายโหลด



รูปที่ 10 วงจรทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สถานะมีโหลด

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สภาวะมีโหลดเป็นโหลดความต้านทาน (2 แอมป์)

V _{in} (V)	I _{in} (A)	P _{in} (W)	PF _{in}	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{out} (W)	PF _{out}
180	2.41	450	0.96	220	2	440	0.99
190	2.35	450	0.95	221	2	442	0.99
200	2.24	450	0.94	219	2	440	0.99
210	2.18	455	0.93	220	2	440	0.99
220	2.11	455	0.92	220	2	442	0.99
230	2.11	450	0.90	219	2	440	0.99
240	2.11	455	0.90	220	2	442	0.99

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเครื่องควบคุมแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ 1 เฟส สภาวะมีโหลดความต้านทาน (6 แอมป์)

V _{in} (V)	I _{in} (A)	P _{in} (W)	PF _{in}	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{out} (W)	PF _{out}
180	7.52	1380	0.96	220	6	1350	0.99
190	7.33	1360	0.95	219	6	1345	0.99
200	7.24	1370	0.94	220	6	1345	0.99
210	7.02	1375	0.93	221	6	1350	0.99
220	6.81	1380	0.92	220	6	1350	0.99
230	6.73	1380	0.91	222	6	1350	0.99
240	6.52	1382	0.90	221	6	1350	0.99

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สภาวะมีโหลด 60 W 8 หลอด

V _{in} (V)	I _{in} (A)	P _{in} (W)	PF _{in}	V _{out} (V)	I _{out} (A)	P _{out} (W)	PF _{out}
180	2.51	460	0.98	220	2.10	450	1
190	2.45	460	0.96	219	2.10	452	1
200	2.34	460	0.94	219	2.10	450	1
210	2.28	465	0.93	220	2.10	450	1
220	2.18	465	0.92	221	2.10	452	1
230	2.15	460	0.91	221	2.10	450	1
240	2.11	465	0.90	221	2.10	452	1

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สภาวะมีโหลด 10 uF

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	PF_{in}	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (W)	PF_{out}
180	0.8	73	0.60	221	0.70	50	0.40
190	0.75	74	0.65	220	0.70	50	0.40
200	0.72	72	0.67	220	0.70	50	0.40
210	0.70	73	0.64	220	0.70	50	0.40
220	0.73	75	0.62	219	0.70	50	0.40
230	0.75	75	0.62	220	0.70	50	0.40
240	0.70	76	0.61	221	0.70	50	0.40

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบ สภาวะมีโหลด 4 H

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	PF_{in}	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (W)	PF_{out}
180	1.54	145	0.70	222	1.50	130	0.40
190	1.53	147	0.74	220	1.50	130	0.40
200	1.52	145	0.76	221	1.50	130	0.40
210	1.51	143	0.75	220	1.50	130	0.40
220	1.51	145	0.73	220	1.50	130	0.40
230	1.52	145	0.72	221	1.50	130	0.40
240	1.52	143	0.71	221	1.50	130	0.40

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า สภาวะมีโหลด 60 W , 10 uF , 4 H

V_{in} (V)	I_{in} (A)	P_{in} (W)	PF_{in}	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (W)	PF_{out}
180	3.54	645	0.94	221	3.12	630	0.93
190	3.53	647	0.95	220	3.12	630	0.93
200	3.52	645	0.95	222	3.12	630	0.93
210	3.51	643	0.93	220	3.12	630	0.93
220	3.51	645	0.93	220	3.12	630	0.93
230	3.52	645	0.92	221	3.12	630	0.93
240	3.52	643	0.92	219	3.12	630	0.93

5. สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองควบคุมแรงดันไฟฟ้าจะเห็นว่าชุดควบคุมการจ่ายโหลดทางไฟฟ้า จะมีอุปกรณ์ที่คอยตรวจจับแรงดันไฟฟ้า ด้านออกตลอดเวลาหากแรงดันไฟฟ้าด้านออกผิดไปจากค่าที่ตั้งไว้ ก็จะส่งสัญญาณไปยังมอเตอร์ให้ทำงานขับเคลื่อนแกนสัมผัส จนแรงดันไฟฟ้าด้านออกได้ขนาดตามต้องการ ซึ่งการที่แกนสัมผัสเคลื่อนไปนั้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าด้านออกเปลี่ยนตามไปด้วย จึงเป็นการปรับแรงดันไฟฟ้าได้ดี และมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าน้อย แต่การใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนแกนสัมผัสนั้น จะทำให้การปรับแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างช้า จึงไม่เหมาะสมที่จะนำเครื่องคุมค่าแรงดันไฟฟ้าชนิดนี้มาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการความรวดเร็ว ในการปรับแรงดันไฟฟ้า เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้แล้วเครื่องคุมค่าแรงดันไฟฟ้าชนิดนี้ จะมีประสิทธิภาพสูง คือ มีความสูญเสียทางไฟฟ้าน้อยมาก เนื่องจากความต้านทานภายในค่อนข้างต่ำนั่นเอง โดยสัญญาณแรงดันไฟฟ้าด้านอินพุตที่ได้ใกล้เคียง รูปคลื่นไซน์ ซึ่งในการใช้ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าจะต้องพิจารณาความเหมาะสมในการเลือกนำมาใช้งานด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณโชคดี คู่มกัษรินทร์ และคุณภูวดล มารยา ที่ช่วยค้นหาข้อมูลในการเขียนบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศุภชัย สุรินทร์วงศ์, 2543. “หม้อแปลงระบบไฟ 1 เฟส และ 3 เฟส”, ครั้งที่1, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] ผศ.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์, “ออปแอมป์ และการประมวลผลสัญญาณอนาล็อก”, กรุงเทพฯ : ว.เพื่อรสกุล, 2545.