

การควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Speed Control of A Single Phase Induction Motor using Microcontroller

ไวยพจน์ สุภวรสติธร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถ.เพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 02-457-0068 ต่อ 5122

E-mail: vyapotes.sup@siam.edu, wipavan.nar@siam.edu

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์โดยใช้วิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีความถี่ตามต้องการ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ PWM และทำการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ ความถี่ที่ต้องการนี้นำไปควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้จากคีย์แพด โดยมีจอแอลซีดีทำหน้าที่แสดงค่าความเร็วรอบที่ต้องการ ซึ่งชุดควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์โดยการปรับความถี่ที่นำเสนอได้ถูกสร้างขึ้นและทำการทดสอบ ผลการทดสอบพบว่ามีความผิดพลาดความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่เกิน $\pm 1.2\%$

คำสำคัญ: อินดักชันมอเตอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ความเร็วรอบ, ความถี่

Abstract

This paper presents a variable speed control of an induction motor using voltage/frequency method. The microcontroller is used to generate PWM (pulse width modulation) waveform and to measure speed of the motor. The desired frequency to control speed according is selected from the keypad. The LCD is displayed by the setting speed. The proposed machine is constructed and tested. Its performance is demonstrated to have an error of the speed not greater than $\pm 1.2\%$.

Keywords: induction motor, microcontroller, speed, frequency

1. บทนำ

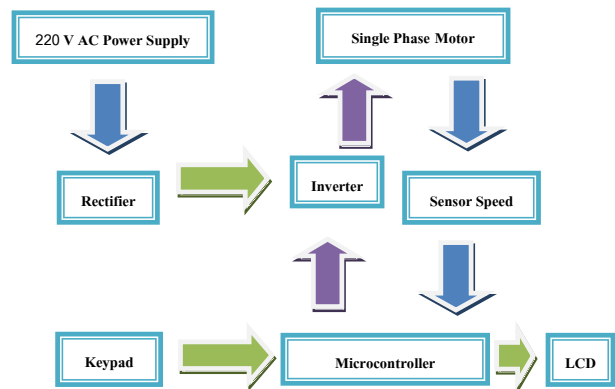
ในปัจจุบันอินเวอร์เตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว และมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในทางอุตสาหกรรม เพื่อใช้ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ซึ่งความเร็วรอบของมอเตอร์ มีความสัมพันธ์กับสมการความเร็วรอบ Synchronous speed, $n = (120 \cdot f) / p$ ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าความเร็วรอบ จะสามารถเปลี่ยนได้ที่ความถี่ (f) หรือจำนวนขั้วแม่เหล็ก

(p) ที่มี 4 ขั้ว แต่โดยทั่วไปจะเปลี่ยนที่ค่าความถี่ เพราะการเปลี่ยนที่จำนวนขั้วแม่เหล็กเป็นเรื่องที่ยาก และใช้ต้นทุนสูง ส่วนใหญ่อินเวอร์เตอร์ทั่วไปจะมีการปรับความถี่โดยใช้มือในการปรับค่า ซึ่งจะไม่สามารถระบุความเร็วรอบได้ และไม่มีการแสดงค่าความเร็วรอบให้ทราบ ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบอินดักชันมอเตอร์โดยการปรับความถี่ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อที่จะสามารถกำหนดความเร็วรอบ และแสดงค่าความเร็วรอบปัจจุบันได้ พร้อมกับควบคุมความเร็วรอบให้มีค่าคงที่ตามที่กำหนด โดยมีขอบเขตการทำงานดังนี้

- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุม
- ป้อนค่าอินพุตทางคีย์แพดและแสดงผลทางจอแอลซีดี
- แหล่งจ่ายเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V
- เลือกรวมความเร็วรอบมอเตอร์ได้ตั้งแต่ 900 rpm - 2,100 rpm โดยการปรับค่าความถี่ตั้งแต่ 30 Hz-70 Hz
- ใช้อินดักชันมอเตอร์ขนาด 1/4 HP

2. การออกแบบและสร้าง

การออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์โดยการปรับความถี่ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีบล็อกไดอะแกรมรวมแสดงดังรูปที่ 1 และมีโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 2

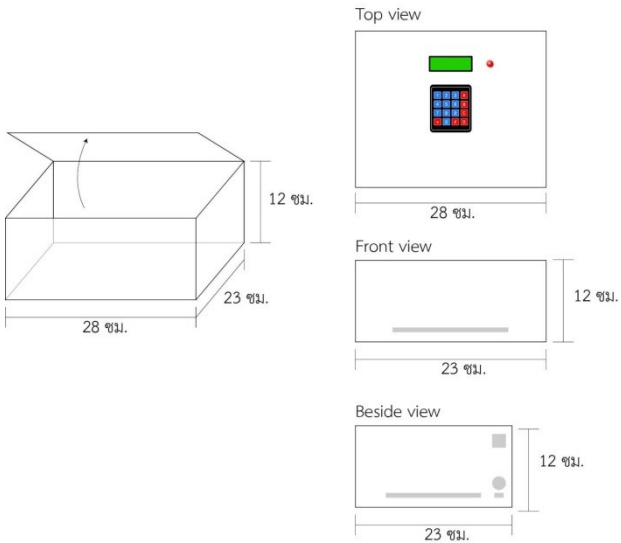


รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมรวมที่นำเสนอ

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

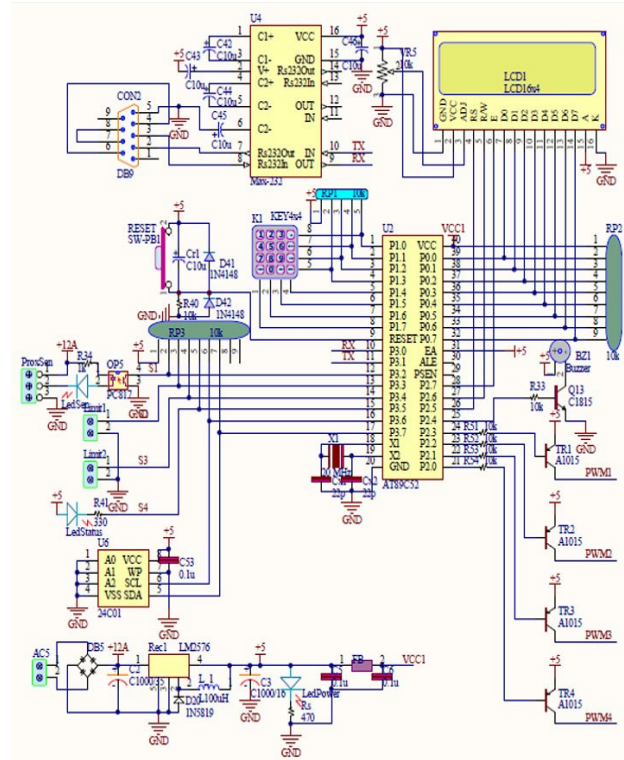
8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand



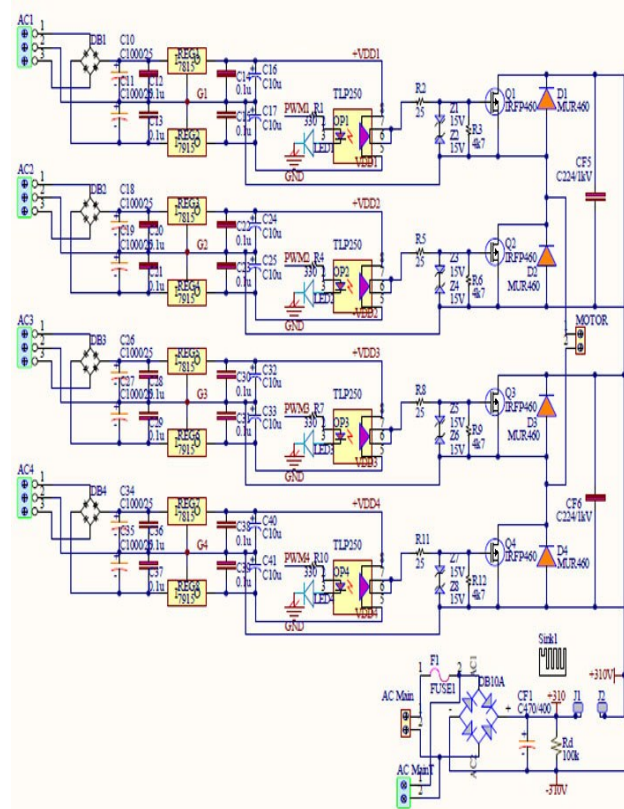
รูปที่ 2 โครงสร้างที่นำเสนอ

หลักการทำงานของชุดควบคุมที่นำเสนอเป็นดังนี้ ในการเขียนโปรแกรมเลือกใช้ภาษาแอสเซมบลี แล้วบันทึกลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไปควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ให้ได้จำนวนรอบที่ต้องการ ซึ่งสามารถเลือกความเร็วรอบได้ในช่วง 900 rpm – 2100 rpm จากการกดคีย์แป้น (Keypad 1 = 900 rpm แต่ละคีย์ที่เพิ่มขึ้น 1 จะเพิ่มความเร็วรอบครั้งละ 150 rpm จนถึง keypad 9 = 2100 rpm) โดยจอแอลซีดีแสดงการเลือกความเร็วรอบจากคีย์แป้น เมื่อเลือกความเร็วรอบที่ต้องการผ่านการกดคีย์แป้นแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมลำดับการทำงานของมอเตอร์กำลังในวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้มาจากวงจรเรียงกระแสให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าความถี่ตามที่โปรแกรมไว้และป้อนให้กับมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการ

วงจรรวมของชุดควบคุมที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ โดยที่รูปที่ 3 คือวงจรการต่อเชื่อมกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์แป้นและจอแอลซีดี ส่วนในรูปที่ 4 เป็นวงจรการต่อวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจากรูปที่ 4 นี้ความถี่จะส่งมาที่ขา PWM และมายังไอซีเบอร์ TLP250 ซึ่งมีแรงดันไฟเลี้ยงวงจรมีค่าเป็น ± 15 V กรณีที่หลอดแอลอีดีสว่าง จะทำให้ไอซี TLP250 ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสัญญาณออกไปเข้าสู่มอเตอร์กำลังโดยใช้หลักการหน่วงเวลา ซึ่ง PWM1, PWM2 และ PWM3, PWM4 จะทำงานพร้อมกันไม่ได้ เพราะถ้าทำงานพร้อมกันกระแสไหลลงกราวด์ ทำให้เกิดการลัดวงจรและวงจรเสียหายได้ จึงเขียนโปรแกรมให้ PWM1 ทำงานพร้อมกับ PWM4 และ PWM2 ทำงานพร้อมกับ PWM3 โดยหน่วงเวลาสลับกันทำงานเพื่อให้ได้ความถี่ตามต้องการ



รูปที่ 3 วงจรการต่อชุดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์



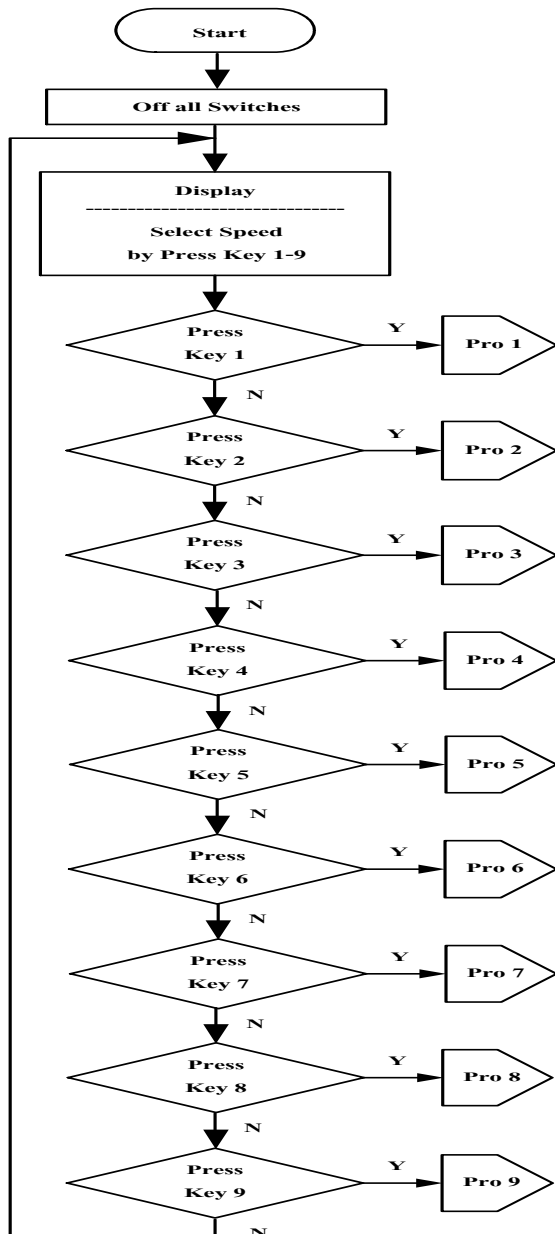
รูปที่ 4 วงจรการต่ออินเวอร์เตอร์

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand

การออกแบบและสร้างชุดควบคุมความเร็วของอินดักชันมอเตอร์ โดยการปรับความถี่ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ มีแผนผังการทำงาน (Flow Chart) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนผังการทำงานที่นำเสนอ

โปรแกรมทั้งหมดประกอบด้วย โปรแกรมย่อย 9 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมย่อยที่ 1 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 1 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 30 Hz และความเร็วยรอบ 900 rpm โปรแกรมย่อยที่ 2 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 2 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 35 Hz และความเร็วยรอบ 1,050 rpm โปรแกรมย่อยที่ 3 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 3 เพื่อกำหนดให้

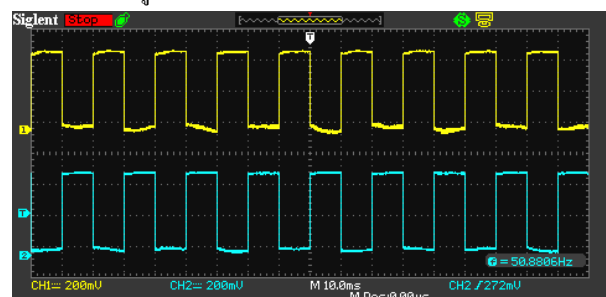
ความถี่มีค่าเป็น 40 Hz และความเร็วยรอบ 1,200 rpm โปรแกรมย่อยที่ 4 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 4 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 45 Hz และความเร็วยรอบ 1,350 rpm โปรแกรมย่อยที่ 5 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 5 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 50 Hz และความเร็วยรอบ 1,500 rpm โปรแกรมย่อยที่ 6 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 6 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 55 Hz และความเร็วยรอบ 1,650 rpm โปรแกรมย่อยที่ 7 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 7 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 60 Hz และความเร็วยรอบ 1,800 rpm โปรแกรมย่อยที่ 8 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 8 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 65 Hz และความเร็วยรอบ 1,950 rpm และ โปรแกรมย่อยที่ 9 เป็นการกดคีย์แพ็คที่ 9 เพื่อกำหนดให้ความถี่มีค่าเป็น 70 Hz และความเร็วยรอบ 2,100 rpm

3. การทดลองและผล

ได้ทำการทดสอบการทำงานของชุดควบคุมที่นำเสนอ โดยทำการทดลองใช้งานอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อเริ่มจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดเป็น 220 V ให้กับวงจร ซึ่งหน้าจอแอลซีดีจะแสดงข้อความว่า “Select Speed by Press Key 1-9” เมื่อกดเลือกค่าความเร็วยรอบทางคีย์แพ็คเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้ค่าเวลาคงที่แล้วจะทำการเปลี่ยนค่าเวลาช่วงเปิด-ปิดของวงจร ที่สัมพันธ์กับความถี่ตามโปรแกรมที่เขียนกำกับเลขคีย์แพ็คไว้ วงจรจะไม่หยุดทำงานจนกว่าจะกดปุ่ม Reset สามารถคำนวณค่าความถี่ได้จากสูตรความเร็วยรอบตามสมการที่อ้างไว้ในบทนำ โดยค่าความถี่ความเร็วยรอบ และการกดคีย์แพ็ค มีความสัมพันธ์กันดังตารางที่ 1 เมื่อเลือกค่าความเร็วยรอบตามต้องการแล้วบันทึกผลการทดลองเป็นไปในกรณีไม่มีโหลดได้ตามตารางที่ 2 และรูปตัวอย่างผลการทดลองเมื่อเลือกกดคีย์ 5 ได้สัญญาณ PWM1 และ PWM2, สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตแสดงดังรูปที่ 6-8 ตามลำดับ



รูปที่ 6 หน้าจอแอลซีดีขณะกดเลือกคีย์ 5

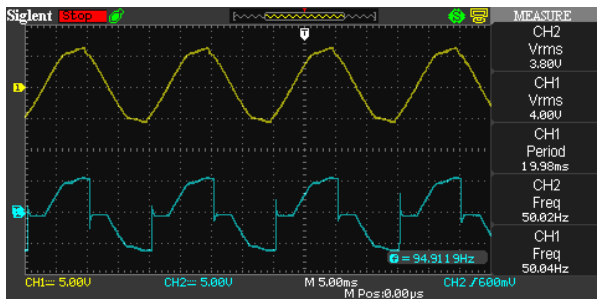


รูปที่ 7 สัญญาณของ PWM1 และ PWM2 ขณะกดเลือกคีย์ 5

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8

8th ECTI-CARD 2016, Hua Hin, Thailand



รูปที่ 8 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตขณะกดเลือกคีย์ 5

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของค่าความถี่ ความเร็วรอบ และการกดคีย์แป้น

การกดคีย์แป้น	ความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	คาบเวลา (ms)	หน่วงเวลา (ms)
1	30	900	33.333	16.667
2	35	1050	28.571	14.286
3	40	1200	25.000	12.500
4	45	1350	22.222	11.111
5	50	1500	20.000	10.000
6	55	1650	18.182	9.091
7	60	1800	16.667	8.333
8	65	1950	15.385	7.693
9	70	2100	14.286	7.143

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด

คีย์ที่กด	ความเร็วรอบที่ต้องการ (rpm)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	Error (%)
1	900	890	1.111
2	1050	1045	0.476
3	1200	1195	0.417
4	1350	1340	0.741
5	1500	1495	0.333
6	1650	1640	0.606
7	1800	1790	0.556
8	1950	1937	0.667
9	2100	2090	0.476

3. สรุป

ชุดควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์โดยการปรับความถี่ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่นำเสนอนี้ พบว่าการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นนี้ เมื่อทำการทดลองใช้งานจริงได้ผลเป็นไปหลักการ นั่นคือเมื่อเลือกความเร็วรอบของมอเตอร์โดยการกดคีย์แป้น แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการกำเนิดสัญญาณ PWM ตามความถี่ที่ต้องการ โดยการเขียนโปรแกรม และส่งกระแสไฟฟ้าไปยังชุดวงจรอินเวอร์เตอร์ เพื่อที่จะนำไปขับมอเตอร์ต่อไป ตัวอย่างเช่น ถ้ากดคีย์ 3 (1200 rpm) มอเตอร์จะหมุนประมาณ 1195 rpm ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเล็กน้อยเกิดขึ้น เมื่อพิจารณาโดยรวมจะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 1.2\%$ วงจรจะไม่หยุดทำงานและไม่สามารถเลือกความเร็วรอบอื่น ๆ ได้จนกว่าจะมีการกดปุ่ม Reset จึงสรุปได้ว่าอินเวอร์เตอร์ที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามวัตถุประสงค์และสามารถนำไปใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน และเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาต่อไปในอนาคต โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้ คือทำการออกแบบรูปสัญญาณ PWM ให้เป็นคลื่นรูปไซน์ เพิ่มจำนวนความเร็วรอบให้สูงขึ้น และตั้งค่าความเร็วรอบได้จากการกดคีย์แป้นโดยตรงโดยไม่มีการกำหนดค่าไว้

เอกสารอ้างอิง

- [1] V. Subrahmanyam, "Electric drives," McGraw-Hill, 2005.
- [2] P.S. Chaudhari, P. M. Patil, S.S. Patil, P.P. Kulkarni and R.M. Holmukhe, "Comparison of performance characteristic of squirrel cage induction motor by three phase sinusoidal and PWM inverter supply using MATLAB digital simulation," Third international conference on emerging trends in engineering and technology, 2010.
- [3] <http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Irfp460>.
- [4] <http://www.alldatasheet.com/At89c52>.



ดร. ไวยพจน์ สุภบรรเสถียร
สำเร็จการศึกษา: คอ.ม. (เทคโนโลยีไฟฟ้า),
คอ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) พ.ศ. 2537, 2531
ตามลำดับ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบัน: เป็นอาจารย์
ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัย
สยาม งานวิจัย: การประยุกต์ใช้งาน
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบควบคุม