

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ผลการสร้างและการทดสอบการใช้งานระบบต่าง ๆ ของรถไฟฟ้า ปรากฏดังนี้

1. พิกัดต่าง ๆ และลักษณะการขับเคลื่อนของตัวรถ โดยมีความเร็วตัวรถสูงสุด 4.32 กิโลเมตรต่อชั่วโมง กระแสสูงสุดขณะเริ่มต้น 8.0 แอมแปร์ กระแสสูงสุด 2.0 แอมแปร์ ผลต่างความเร็วของล้อในการเลี้ยวสูงสุด 67 rpm และพิกัดในการหมุนตัวในที่แคบ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1 ตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3 ตามลำดับ
2. พิกัดระยะการเบรค โดยมีระยะทางน้อยที่สุดที่ใช้ในการเบรคจนหยุดนิ่ง 3 cm และเวลาที่ใช้ในการเบรคน้อยที่สุด 0.5 วินาที รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.3
3. พิกัดและการทดสอบการใช้งานของแบตเตอรี่ รถคนพิการไฟฟ้าใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ลูก ใช้ในระบบขับเคลื่อน และแบตเตอรี่ 12 โวลต์อีก 2 ลูก ใช้ในระบบพัฒนาระบายความร้อน และแปลงไฟเป็น 5 โวลต์เพื่อเลี้ยงวงจรควบคุมและวงจรส่วนต่าง ๆ โดยกระแสสูงสุดที่แบตเตอรี่จ่ายได้ 12 แอมแปร์ชั่วโมง แบตเตอรี่ระบบขับเคลื่อนใช้งานได้นานประมาณ 2 ชั่วโมงต่อการชาร์ต 1 ครั้ง 5 ชั่วโมงต่อแบตเตอรี่ 1 ลูก
4. เมื่อรับสัญญาณอินพุตเข้าจะได้ค่าลอจิกสัญญาณควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครเวออร์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.4
5. ในการควบคุมการขับเคลื่อนตัวรถสามารถทำได้โดยการควบคุม Duty Cycle เป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม แสดงในกราฟที่ 4.1 และในกราฟที่ 4.2
6. ลักษณะการควบคุมปุ่มหมุนควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ และพิกัดเลขฐาน 16 ของย่านการเคลื่อนที่ของตัวรถ รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.3
7. ประสิทธิภาพของตัวรถคนพิการไฟฟ้า มีประสิทธิภาพทางกลประมาณ 60 % ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าประมาณ 70 % และประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ 12 แอมแปร์-ชั่วโมงสามารถจ่ายพลังงานได้ประมาณ 2.0 ชั่วโมง รายละเอียดแสดงในหัวข้อ 4.4

ตารางที่ 4.1 พิกัดต่าง ๆ ของตัวรถ

ลักษณะการขับ เคลื่อน	Duty Cycle %	ความเร็วรอบ rpm	ความเร็วตัวรถ km/hr	Istart Amp	I _{เฉลี่ย} Amp
เดินหน้า	60	50	2.4	4.0	1.6
เดินหน้า	85	70	3.36	6.0	1.8
เดินหน้า	100	90	4.32	8.0	2.0
ถอยหลัง	70	65	3.12	5.5	1.7

จากผลการทดลองตารางที่ 4.1 ถ้า Duty Cycle มาก ความเร็วตัวรถจะมีค่ามาก กระแสช่วงเริ่มต้นและกระแสเฉลี่ยจะมีค่ามากตามไปด้วย ความเร็วตัวรถคำนวณจาก $(rpm * L * 60) / 1000$ หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งล้อที่ใช้มีเส้นรอบวงล้อ (L) 80 cm

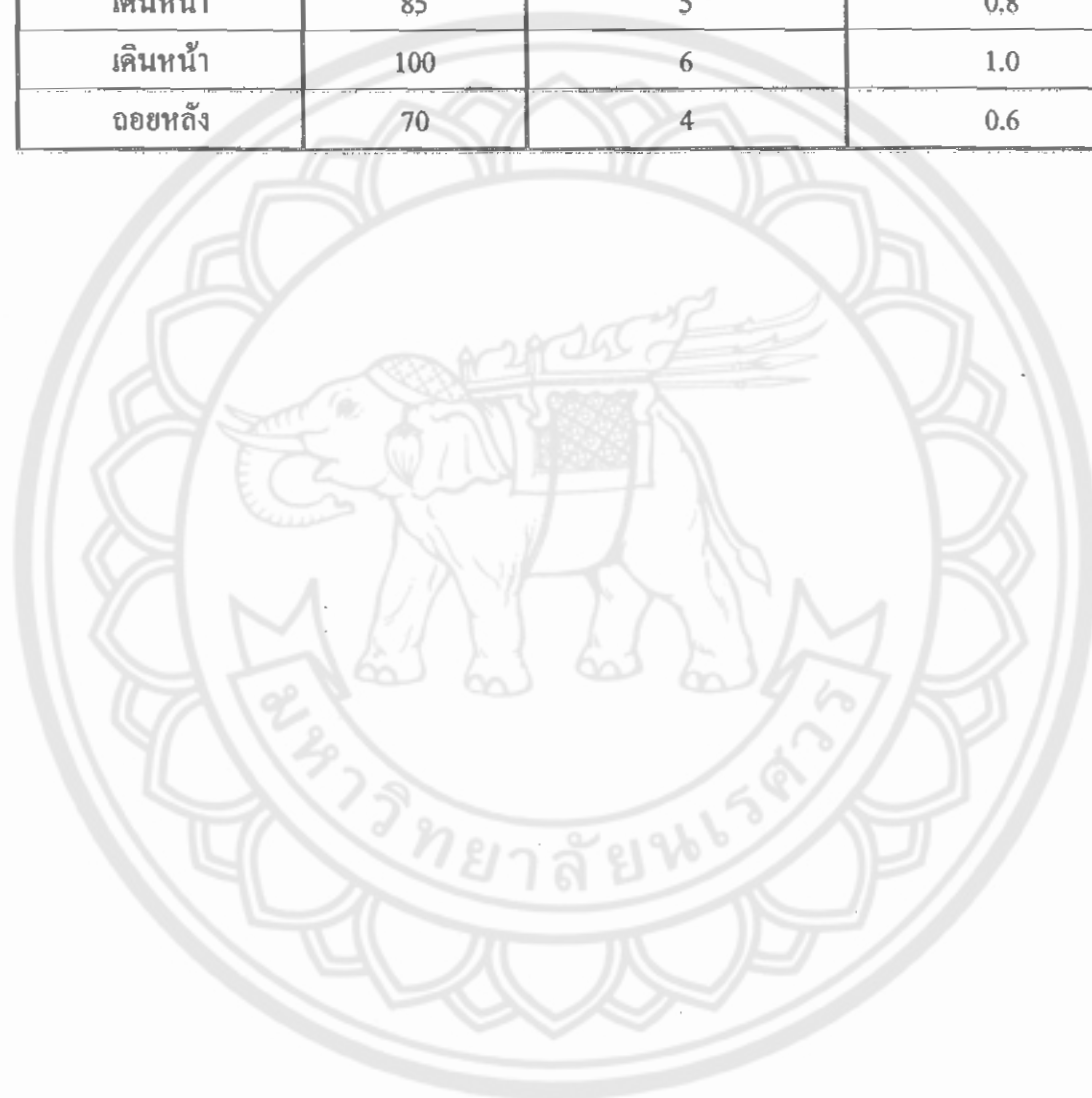
ตารางที่ 4.2 พิกัดต่าง ๆ ของตัวรถในการเลี้ยว

ลักษณะการขับ เคลื่อน	การเลี้ยวซ้าย L		การเลี้ยวขวา R		ผลต่าง Duty Cycle	ผลต่างความเร็วล้อ rpm
	Duty 1	Duty 2	Duty 1	Duty 2		
เดินหน้า 1, L1, R1	15	55	55	15	45	39
เดินหน้า 1, L1, R1	15	65	65	15	55	50
เดินหน้า 1, L1, R1	15	75	75	15	65	58
ถอยหลัง, L1, R1	15	65	65	15	55	51
เดินหน้า 1, L2, R2	25	80	80	25	55	51
เดินหน้า 1, L2, R2	25	90	90	25	65	59
เดินหน้า 1, L2, R2	25	100	100	25	75	67
ถอยหลัง, L2, R2	25	90	90	25	65	58

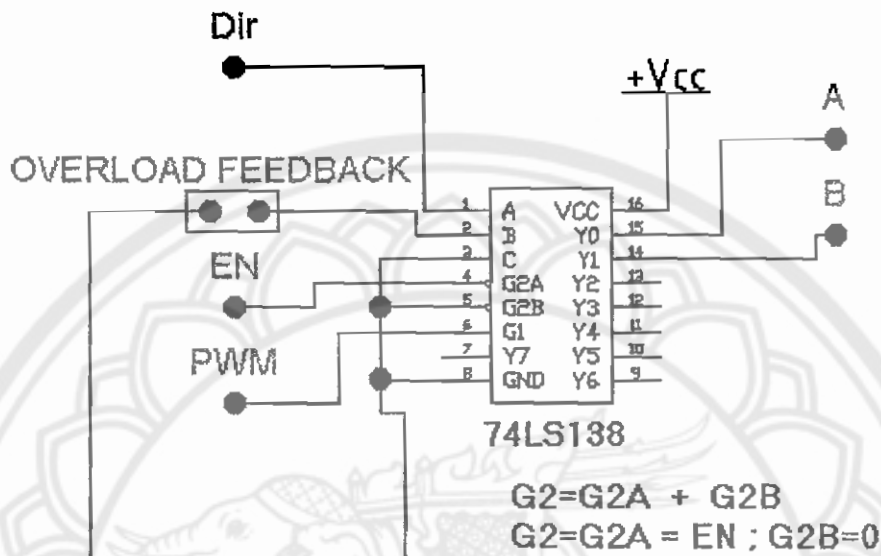
ผลการทดลองในตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงถึงพิกัดของตัวรถในการเลี้ยว ความแรงของการเลี้ยวขึ้นกับผลต่างของค่า Duty Cycle ซึ่งส่งผลเป็นค่าผลต่างความเร็วของล้อที่ได้มาจากการวัดได้จากการหมุนล้อโดยตรง

ตารางที่ 4.3 พิกัดระยะการเบรค

ลักษณะการขับเคลื่อน	Duty cycle %	ระยะทางที่ใช้เบรค Cm	เวลาที่ใช้เบรค วินาที
เดินหน้า	60	3	0.5
เดินหน้า	85	5	0.8
เดินหน้า	100	6	1.0
ถอยหลัง	70	4	0.6



4.1 ผลการทดลองค่าลอจิกของสัญญาณควบคุมการทำงานของบอร์ดไมโครเวฟ

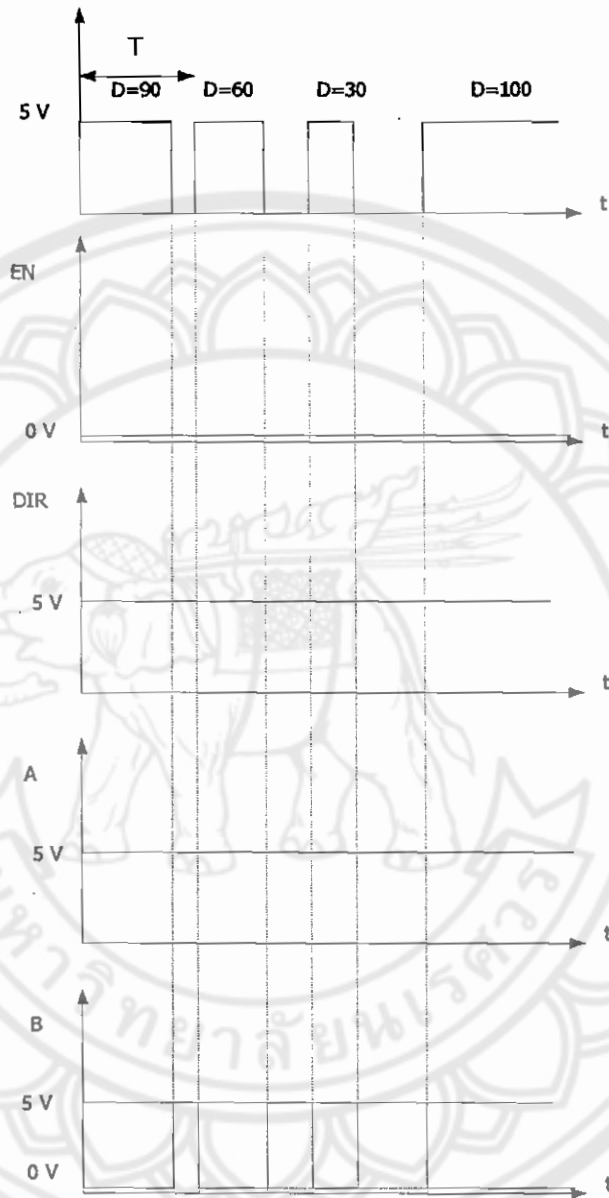


รูปที่ 4.1 การรับสัญญาณอินพุตของบอร์ดไมโครเวฟ

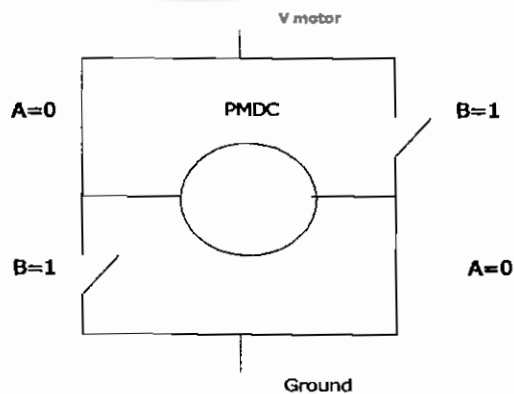
PWM	EN	DIR			A	B	
G1	G2	C	B	A	Y0	Y1	Y2 ถึง Y7 ไม่ได้
1	0	0	0	0	0	1	
1	0	0	0	1	1	0	
1	0	0	1	0	1	1	
1	0	0	1	1	1	1	
X	1	x	x	x	1	1	
0	X	x	x	x	1	1	

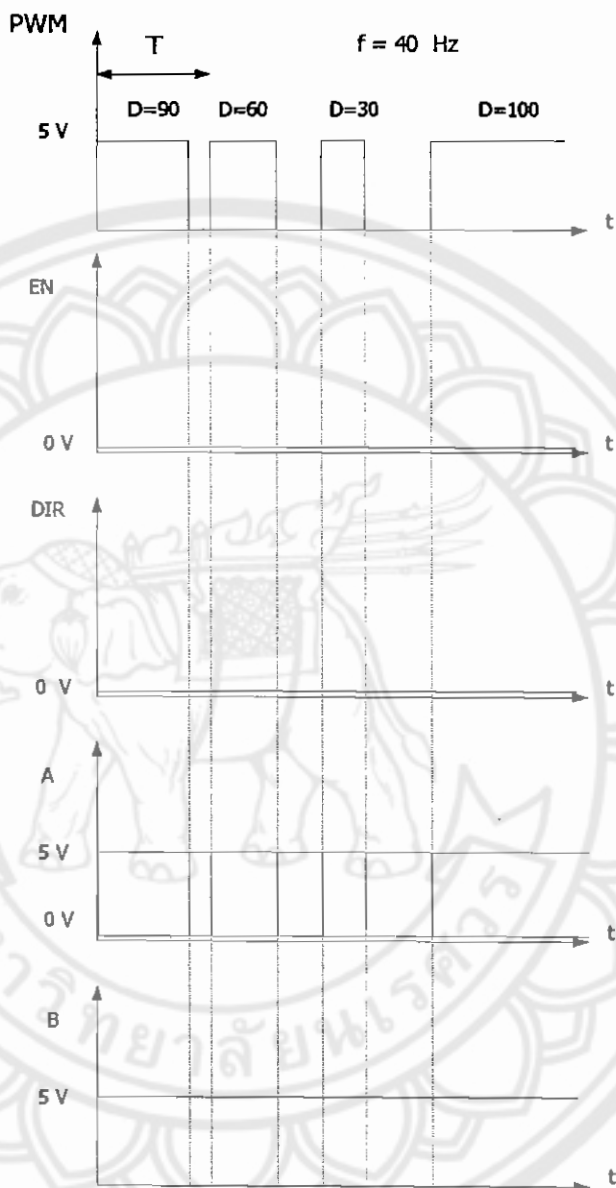
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองลอจิกสัญญาณควบคุมของบอร์ดไมโครเวฟ

4.2 ผลการทดลองกราฟของแรงดันที่ Duty Cycle ต่าง ๆ

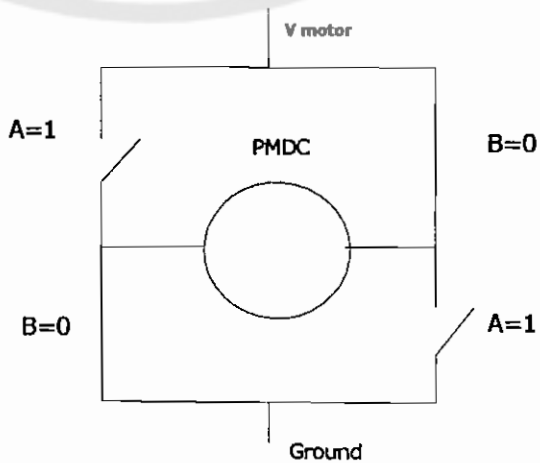


กราฟที่ 4.1 ผลการทดลองค่าแรงดัน ณ Duty Cycle ต่าง ๆ ที่ MOSFET A ทำงาน

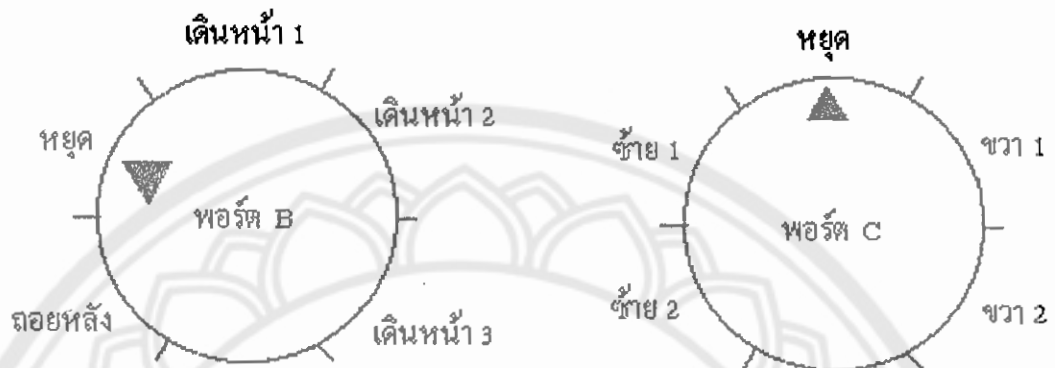




กราฟที่ 4.2 ผลการทดลองค่าแรงดัน ณ Duty Cycle ต่าง ๆ ที่ MOSFET B ทำงาน



4.3 ลักษณะการควบคุมปุ่มหมุนควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ



รูปที่ 4.2 ปุ่มหมุนการควบคุมตัวรถ

ตารางที่ 4.5 ลักษณะการควบคุมปุ่มหมุนควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวรถ ได้ผลออกมาเป็นย่านเลข

ฐาน 16

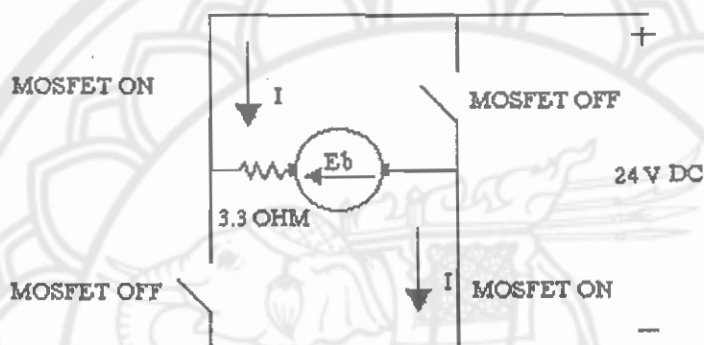
กรณี	ลักษณะการขับเคลื่อนในทิศทางต่างๆ ที่กำหนดโดย (A/D)	ค่ารหัสดิจิตอลในฐานสิบหกที่ติดต่อกับ 8255	
		พอร์ต B	พอร์ต C
1	หยุดพอร์ต B + หยุดพอร์ต C	0x48 ถึง 0x6F	0x28 ถึง 0x47
2	เดินหน้า 1 + หยุดพอร์ต C	0x30 ถึง 0x47	0x28 ถึง 0x47
3	เดินหน้า 2 + หยุดพอร์ต C	0x10 ถึง 0x2F	0x28 ถึง 0x47
4	เดินหน้า 3 + หยุดพอร์ต C	0x00 ถึง 0x0F	0x28 ถึง 0x47
5	ถอยหลัง + หยุดพอร์ต C	0x70 ถึง 0x80	0x28 ถึง 0x47
6	หยุดพอร์ต B + ซ้าย 1	0x48 ถึง 0x6F	0x10 ถึง 0x27
7	เดินหน้า 1 + ซ้าย 1	0x30 ถึง 0x47	0x10 ถึง 0x27
8	เดินหน้า 2 + ซ้าย 1	0x10 ถึง 0x2F	0x10 ถึง 0x27
9	เดินหน้า 3 + ซ้าย 1	0x00 ถึง 0x0F	0x10 ถึง 0x27
10	ถอยหลัง + ซ้าย 1	0x70 ถึง 0x80	0x10 ถึง 0x27
11	หยุดพอร์ต B + ขวา 1	0x48 ถึง 0x6F	0x48 ถึง 0x6F

กรณี	ลักษณะการขับเคลื่อนในทิศทางต่างๆ ที่กำหนดโดย (A/D)	ค่ารหัสดิจิทัลในฐานสิบหกที่ติดต่อกับ 8255	
		พอร์ต B	พอร์ต C
12	เดินหน้า 1 + ขวา 1	0x30 ถึง 0x47	0x48 ถึง 0x6F
13	เดินหน้า 2 + ขวา 1	0x10 ถึง 0x2F	0x48 ถึง 0x6F
14	เดินหน้า 3 + ขวา 1	0x00 ถึง 0x0F	0x48 ถึง 0x6F
15	ถอยหลัง + ขวา 1	0x70 ถึง 0x80	0x48 ถึง 0x6F
16	หยุดพอร์ต B + ซ้าย 2	0x48 ถึง 0x6F	0x00 ถึง 0x0F
17	เดินหน้า 1 + ซ้าย 2	0x30 ถึง 0x47	0x00 ถึง 0x0F
18	เดินหน้า 2 + ซ้าย 2	0x10 ถึง 0x2F	0x00 ถึง 0x0F
19	เดินหน้า 3 + ซ้าย 2	0x00 ถึง 0x0F	0x00 ถึง 0x0F
20	ถอยหลัง + ซ้าย 2	0x70 ถึง 0x80	0x00 ถึง 0x0F
21	หยุดพอร์ต B + ขวา 2	0x48 ถึง 0x6F	0x70 ถึง 0x80
22	เดินหน้า 1 + ขวา 2	0x30 ถึง 0x47	0x70 ถึง 0x80
23	เดินหน้า 2 + ขวา 2	0x10 ถึง 0x2F	0x70 ถึง 0x80
24	เดินหน้า 3 + ขวา 2	0x00 ถึง 0x0F	0x70 ถึง 0x80
25	ถอยหลัง + ขวา 2	0x70 ถึง 0x80	0x70 ถึง 0x80

4.4 ประสิทธิภาพทางกลและทางไฟฟ้าของตัวรถคนพิการไฟฟ้า

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (PMDC Motor) ขนาด 24 V. เมื่อไร้โหลดกินกระแส 0.25 แอมแปร์ และขดลวดอาร์เมเจอร์มีความต้านทาน 3.3Ω เมื่อมีโหลดกินกระแสเฉลี่ย 2 แอมแปร์ที่ Duty Cycle 100%

ให้ความต้านทาน DS ของมอเตอร์เมื่อ ON = 0Ω



รูปที่ 4.3 การทำงานของวงจรขับมอเตอร์

สถานะไร้โหลด

$$E_b = 24 - (0.25 \times 3.3) = 23.175 \text{ V.}$$

กำลังอินพุตมอเตอร์

$$I \cdot V = 24 \times 0.25 = 6 \text{ W.}$$

การสูญเสียในอาร์เมเจอร์ เมื่อไร้โหลด

$$I^2 R = 0.25 \times 0.25 \times 3.3 = 0.20625 \text{ W.}$$

การสูญเสียที่มีค่าคงที่

$$W_c = 6 - 0.20625 = 5.793 \text{ W.}$$

สมมุติว่าการสูญเสียคงที่ทุกสถานะ โหลด

สถานะขับโหลด

$$E_b = 24 - (2 \times 3.3) = 17.4 \text{ V.}$$

กำลังกลที่เกิดในอาร์เมเจอร์

$$E_b \cdot I = 17.4 \times 2 = 34.8 \text{ W.}$$

กำลังอินพุตมอเตอร์

$$I \cdot V = 24 \times 2 = 48 \text{ W.}$$

การสูญเสียในอาร์เมเจอร์ เมื่อมีโหลด

$$I^2 R = 2 \times 2 \times 3.3 = 13.2 \text{ W.}$$

การสูญเสียทั้งหมด

$$\text{Total Loss} = 13.2 + 5.793 = 18.993 \text{ W.}$$

เมื่อไม่เกิดการสูญเสียที่ความต้านทาน DS ของมอเตอร์ และ การสูญเสียที่แกนเหล็กและ
ความเสียด

$$\text{กำลังเอาต์พุตของมอเตอร์} = 48 - 18.993 = 29.0062 \text{ W.}$$

ประสิทธิภาพ

$$\begin{aligned} \therefore \text{ประสิทธิภาพของมอเตอร์ } \eta &= \frac{\text{กำลังเอาต์พุตของมอเตอร์}}{\text{กำลังอินพุตมอเตอร์}} \\ &= 29.0062 \text{ W} / 48 \text{ W} \\ &= 0.60429 \text{ หรือ } 60.429 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า } \eta &= \frac{\text{กำลังกลที่เกิดในอาร์มเจอร์}}{\text{กำลังอินพุตมอเตอร์}} \\ &= 34.8 \text{ W} / 48 \text{ W} \\ &= 0.725 \text{ หรือ } 72.50 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ } \eta &= \frac{(\text{แอมแปร์-ชั่วโมงของแบตเตอรี่}) * 60 \%}{(\text{กระแสเริ่มต้น} * 20 \% + \text{กระแสเฉลี่ย})} \\ &= [12 \text{ A.hr} / (8.0 * 0.2 + 2.0)] * 0.6 \\ &= 2.0 \text{ ชั่วโมง} \end{aligned}$$

หมายเหตุ จากประสิทธิภาพของแบตเตอรี่

- ใช้แบตเตอรี่ 12 แอมแปร์-ชั่วโมง อนุกรมกัน 2 ลูก เพื่อให้ได้แรงดัน 24 โวลท์
- ค่า 20% คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ตัวคูณกระแสของการเริ่มออกตัวในการใช้งาน 1 ชั่วโมง
- ค่ากระแสขณะเริ่มเดิน 8.0 แอมแปร์
- ค่ากระแสเฉลี่ย 2.0 แอมแปร์
- ค่า 60 % คือ ประสิทธิภาพทางกลของมอเตอร์เมื่อเกิดการสูญเสียทางกลไป 40 %