ปีการศึกษา 2538

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลนิวแมติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม

CONTROL THE MOTION OF PNEUMATIC ROBOT ARM WITH COMPUTER

โดย

นาย นพพร งามพรสิน รหัส 35104202

นาย สกนธ์ คล่องบุญจิต รหัส 35104427

นาย สมบูรณ์ สุนิพิท รหัส 35104441

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.จำลอง ปราบแก้ว

อ.กรรณชัย กัลยาศิริ

วัน เดือน ปี 31 ก.ค. 2540

เลขทะเบียน 037006

เลขเรียกหนังสือ T 58099 น1พ ก

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037006

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลนิวแมติก โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม

ผู้จัดทำ

1. นาย นพพร งามพรสิน
2. นาย สกนธ์ คล่องบุญจิต
3. นาย สมบูรณ์ สุนิพิท

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ จำลอง ปราบแก้ว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ กรรณชัย กัลยาศิริ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลนิวแมติก
โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม

นพพร งามพรสิน
สกนธ์ คล่องบุญจิต
สมบูรณ์ สุนิพิท
อ.จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.กรรณรัย กัลยาศิริ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ระบบนิวแมติกเป็นระบบที่เหมาะกับงานประเภทที่ต้องการความรวดเร็วในการทำงาน แต่แรงที่ได้รับจะไม่มากนักและการหยุดค้างในตำแหน่งต่างๆระหว่างการทำงานของกระบอกสูบ จะไม่ได้ตำแหน่งที่เที่ยงตรงแน่นอนมีความผิดพลาดสูง เนื่องจากลมที่ใช้เป็นสารทำงานสามารถอัดตัวและขยายตัวได้ง่าย เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอนและความผิดพลาดที่น้อยพอที่จะยอมรับได้จำเป็นที่จะต้องใช้อุปกรณ์ป้อนสัญญาณกลับเข้ามาช่วยในการทำงาน

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงได้ทำชุดทดลองนิวแมติก เพื่อศึกษาการควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของแขนกล โดยใช้คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ป้อนสัญญาณกลับที่ใช้ในการควบคุมแบบปิด เพื่อทำการทดลองหาความแม่นยำของระยะการเคลื่อนที่ ตลอดจนศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลกระทบต่อการควบคุมระยะการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONTROL THE MOTION OF PNEUMATIC ROBOT ARM WITH COMPUTER

NOPPORN NGAMPORNSIN
SAKON KLONGBOONJIT
SOMBOON SUNIPIT
MR. JUMLONG PRABKAWE ADVISER
MR. KANCHAI KANLAYASIRI ADVISER

ABSTRACT

PNEUMATIC SYSTEM IS USED FOR THE FAST WORKING TYPE BUT OUTPUT FORCE IS NOT SO HIGH AND STOPPING POSITIONS ARE NOT SURE BECAUSE AIR CAN COMPRESS AND EXPAND DURING THE OPER--ATIONS. TO GET CORRECT POSITIONS AND LOWER ERROR, TRANSDU--CERS AND SENSORS WILL BE USED IN THIS SYSTEM.

THUS, WE MAKE PNEUMATIC CIRCUIT TEST SET USED FOR CONTROL--ING THE MOVING DISTANCES OF AIR CYLINDERS WHICH CONTROL THE MOTIONS OF ROBOT ARM. IN THIS TEST, COMPUTER EQUIPPED WITH SENSORS AND TRANSDUCERS IS USED TO SEND FEEDBACK SIGNALS IN CLOSE-LOOP CONTROL TO FIND THE PRECISION OF THE MOTIONS. IN ADDITION, OTHER RELATED PARAMETERS AFFECTING THE MOTIONS OF AIR CYLINDERS ARE ALSO STUDIED FOR APPLYING IN THE FUTURE WORKS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแขนกล 3

2.1 ลักษณะโครงสร้างและการคำนวณหาตำแหน่งของแขนกล

2.2 อุปกรณ์นิวเมติกที่ใช้ขับเคลื่อนและควบคุมแขนกล

2.3 มอเตอร์กระแสตรง

2.4 โซลินอยด์

2.5 การอินเตอร์เฟซ

บทที่ 3 อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการประกอบแขนกลเพื่อใช้ในการทดลอง 33

3.1 หลักการทำงานของแขนกลนิวเมติก

3.2 ขนาดและโครงสร้างของแขนกลนิวเมติก

3.3 วงจรนิวเมติกที่ใช้ควบคุมแขนกล

3.4 หน่วยควบคุมแขนกล

3.4.1 ชนิดของ SENSOR

3.4.2 บอร์ด CP-JR 31

3.4.3 วงจรไดร์ฟและวงจรเปลี่ยนจากอนาลอกเป็นดิจิตอล

3.5 การคำนวณหาตำแหน่งของแขนกลนิวเมติก

บทที่ 4 โปรแกรมควบคุมแขนกลนิวเมติก 64

4.1 แนวคิดของการทำงานของแขนกล

4.2 แนวคิดของการทำงานของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์

4.3 แนวคิดของการทำงานโปรแกรมของ 8031

4.4 โปรแกรมควบคุม

บทที่ 5 การทดลองควบคุมแขนกลด้วยคอมพิวเตอร์ 113

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 121

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

ลิขิตกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

แขนกลในปัจจุบันนิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นการประหยัดแรงงาน และยังสามารถทำงานในลักษณะที่ซ้ำแบบเดิมได้อย่างรวดเร็วโดยระบบแขนกลที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีหลายแบบด้วยกัน ซึ่งแต่ละระบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไปตามแต่ลักษณะที่จะนำไปใช้งาน

นอกจากนี้ในงานอุตสาหกรรมยังได้นำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้มีประโยชน์หลายอย่าง คือ

1.ประหยัดอุปกรณ์ใช้งานลงได้หลายตัว เช่น วาล์วป้อนสัญญาณกลับ
2.ควบคุมขั้นตอนการทำงานและเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานได้ง่าย รวมทั้งสามารถที่จะแก้ไขข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ง่าย
3.ทำให้การควบคุมเป็นไปโดยง่าย เพราะคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว สามารถควบคุมการทำงานของวาล์วและกระบอกสูบและอุปกรณ์อื่นได้หลายตัว
4.สามารถควบคุมการทำงานแบบกำหนดระยะการเคลื่อนที่ได้ คือ ระบบควบคุมแบบมีการป้อนสัญญาณกลับ(close loop control)

ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจมากในการทำการทดลองการบังคับการเคลื่อนที่ของแขนกลโดยใช้ระบบนิวแมติกและใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุม

การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.ด้านอุปกรณ์ (HARDWARE)

1.1 การออกแบบโครงสร้างและลักษณะของแขนกลเพื่อประโยชน์ในการใช้งาน และง่ายต่อการควบคุม

1.2 การควบคุมการทำงานของแขนกล

- ในส่วนของระบบนิวแมติก ใช้วาล์วควบคุมการทำงานของวงจร โดยการควบคุมผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
- SENSOR,TRANSDUCER ต่างๆ เพื่อใช้ควบคุมตำแหน่งที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ด้านโปรแกรม(SOFTWARE)

2.1 ตัวโปรแกรม

- ควบคุมการทำงานของแขนกลผ่านวงจรควบคุม
- รับผลจากตัว sensor & transducer เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการควบคุม
- แสดงผลการทำงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

2.2 รูปแบบของการทำงาน

- การควบคุมจากคีย์บอร์ด(manual control)
- สามารถจดจำตำแหน่งเข้าไว้ในหน่วยความจำได้เพื่อใช้ในการทำงานในรูปแบบที่เป็นการทำงานซ้ำๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแขนกล

2.1 ลักษณะโครงสร้างและการคำนวณตำแหน่งของแขนกล

โครงสร้างของแขนกล

แขนกลจะประกอบไปด้วย

-ส่วนฐาน

ซึ่งจะทำหน้าที่สำคัญ คือ เป็นที่ติดตั้งโครงแขนกล และอุปกรณ์ควบคุมต่างๆของแขนกล และยังมีหน้าที่ในการหมุนเพื่อให้แขนกลหมุนไปเป็นมุมต่างๆตามที่ต้องการ เนื่องจากมีการติดตั้งอุปกรณ์ D.C. motor ไว้ที่ฐานของแขนกลด้วย

-โครงของแขนกล

1 .โครงแขนชิ้นที่1 ซึ่งต่ออยู่กับฐาน จะมี cylinder ติดอยู่เพื่อทำการเปลี่ยนมุม θ_1

2 .โครงแขนชิ้นที่ 2 จะทำมุมกับแนวระดับคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าแขนกลจะขยับไปอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม เนื่องจากมีโครงแขนชิ้นที่4 เป็นตัวช่วยดึงให้อยู่ในลักษณะที่ทำมุมกับแนวระดับคงที่ตลอดเวลา

3 .โครงแขนชิ้นที่3 ต่ออยู่บนโครงแขนชิ้นที่2 และมี cylinder บังคับการเปลี่ยนค่ามุม θ_2ที่เป็นมุมระหว่างโครงแขนชิ้นที่ 2 กับโครงแขนชิ้นที่ 3

4 .โครงแขนชิ้นที่ 4 ต่ออยู่บนฐาน กับโครงแขนชิ้นที่ 2 ทำหน้าที่ดึงให้โครงแขนชิ้นที่ 2 ทำมุมคงที่กับแนวระดับตลอดเวลา

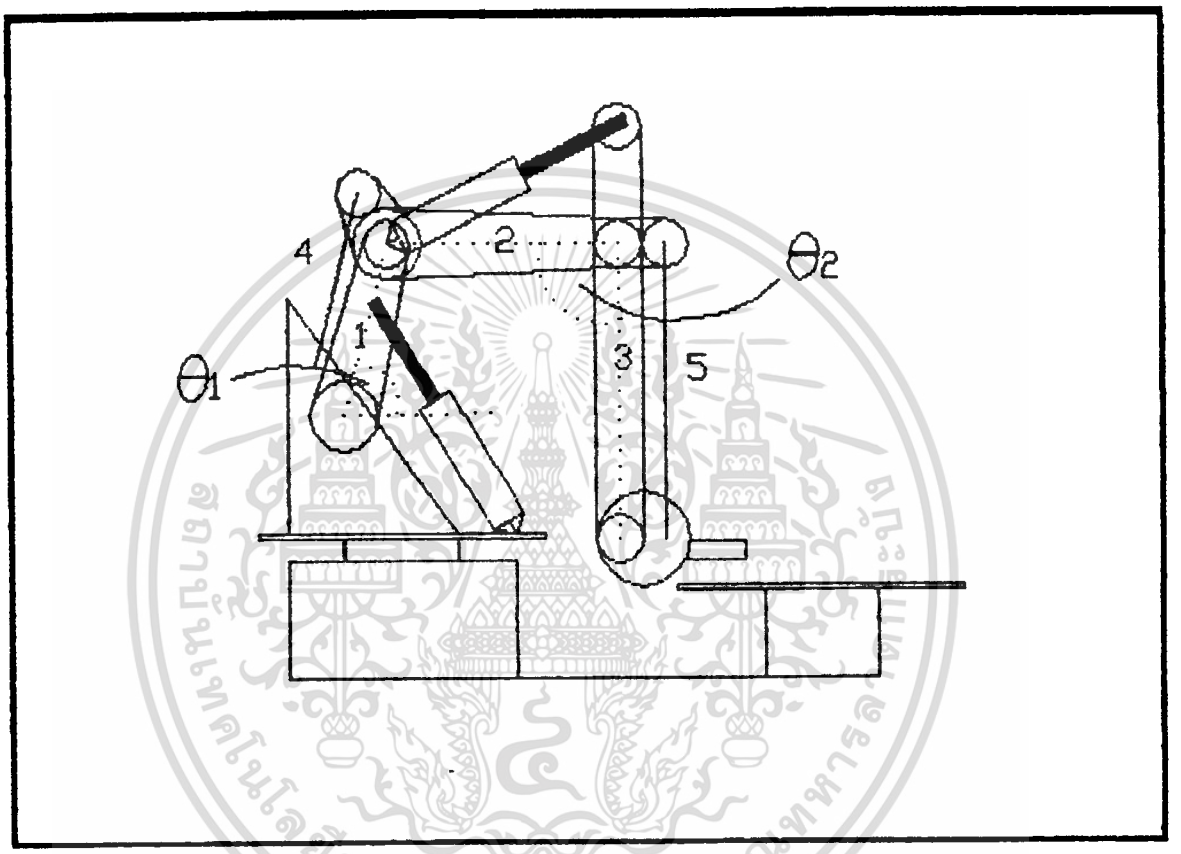
5 .โครงแขนชิ้นที่ 5 ต่ออยู่บนโครงแขนชิ้นที่ 2 ทำหน้าที่คอยดึงให้มือจับอยู่ในลักษณะที่อยู่ในแนวระดับตลอดเวลา เพื่อให้มือจับสิ่งของได้โดยไม่ทำให้สิ่งของเอียงไปมา ขณะที่แขนกลเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งไป

* การติดระบบ SENSOR นั้นจะติดไว้ 3 ตำแหน่ง คือ ที่ฐานหมุนเพื่อไว้ตรวจสอบการหมุนของมอเตอร์ ที่จุดข้อต่อระหว่างฐานกับโครงแขนชิ้นที่ 1 และที่จุดข้อต่อระหว่างโครงแขนชิ้นที่ 2 กับ 3 เพื่อไว้ตรวจสอบมุมที่เปลี่ยนแปลงไป *

-ส่วนของมือจับ

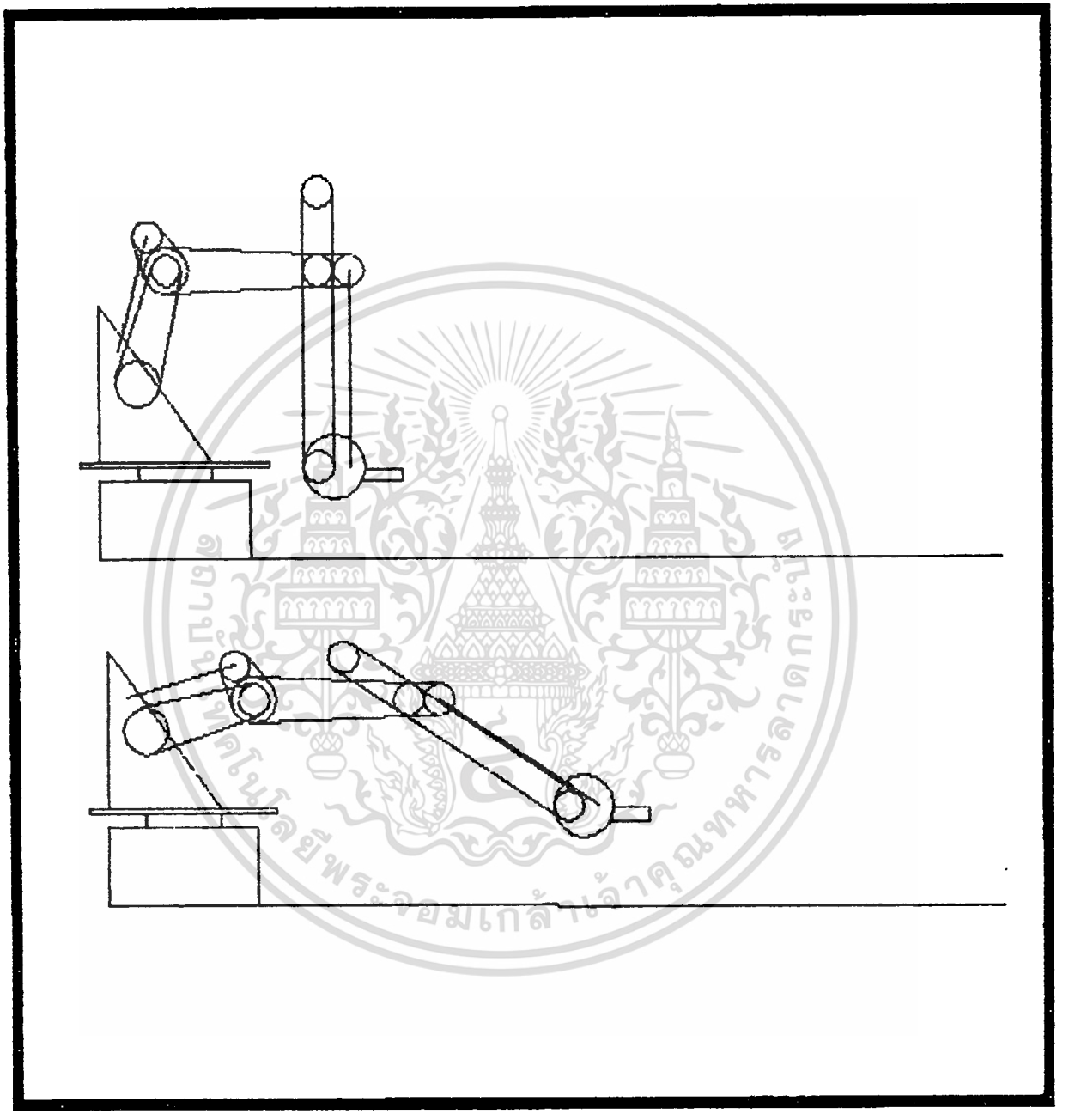
จะต่ออยู่บนโครงแขนชิ้นที่3 จะทำหน้าที่หลักคือ จับและวางสิ่งของที่ต้องการเคลื่อนย้ายไปที่ตำแหน่งต่างๆตามที่ต้องการ ซึ่งมือจับนี้จะมีส่วนประกอบหลักคือ เป็น compact cylinder ที่มีระยะ stroke 3 c.m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แขนกลแบบตายตัวที่ใช้เป็นแบบในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

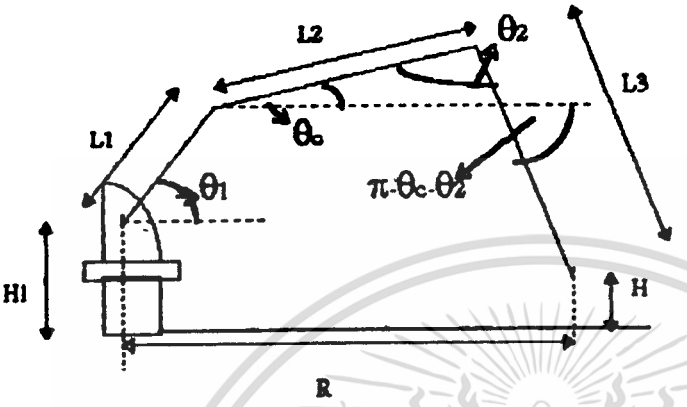


รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลแบบตายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สมการที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้แขนกลไปในตำแหน่งที่ต้องการ</u>

โดยทั่วไปในการควบคุมแขนกลให้เคลื่อนไปในตำแหน่งที่ต้องการนั้น จะต้องมีตำแหน่งอ้างอิงของมุมต่างๆของข้อต่อ เพื่อให้แขนกลไปได้ในตำแหน่งที่ต้องการภายในพื้นที่ทำการ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ลักษณะโครงร่างของแขนกลจะเป็นดังนี้



รูปที่ 2.3 แสดงถึงระยะ ขนาด และมุมต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณสมการควบคุม

R เป็นระยะระหว่างจุดหมุนที่ฐานกับมือจับ

H เป็นระยะความสูงของมือจับจากพื้นโต๊ะ

θ_1 เป็นมุมที่โครงเหล็กท่อนที่ 1 ทำมุมกับแนวระดับ

θ_2 เป็นมุมที่โครงเหล็กท่อนที่ 3 ทำมุมกับโครงเหล็กท่อนที่ 2

θ_o เป็นมุมที่โครงเหล็กท่อนที่ 2 ทำมุมกับแนวระดับมีค่าคงที่

H1 เป็นค่าความสูงของจุดหมุนที่ฐานจากพื้นโต๊ะมีค่าคงที่

ในการควบคุมตำแหน่งมุมของข้อต่อต่างๆให้เหมาะสมกับตำแหน่ง R กับ H นั้น ถ้าใช้สมการทางคณิตศาสตร์จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ สมการ direct kinematic ซึ่งจะเป็นการป้อนค่าของมุมของแต่ละข้อต่อเข้าไป แล้วทำการคำนวณหาระยะ R กับ H ออกมา กับสมการ inverse kinematic ซึ่งจะเป็นการป้อนค่า R กับ H เข้าไปแล้วทำการคำนวณหาค่ามุม θ_1 กับ θ_2 ออกมา

ในการทดลองครั้งนี้จะใช้สมการแบบ inverse kinematic ในการทดลองเนื่องจากว่าสิ่งที่ต้องการคือตำแหน่งมุมของข้อต่อที่สอดคล้องกับระยะตำแหน่งของแขนกลที่ต้องการเคลื่อนที่ไป

สมการที่ใช้คำนวณ

จากรูปโครงร่างแขนกลจะได้

$$L1\cos\theta_1 + L2\cos\theta_o + L3\cos(\pi-\theta_o-\theta_2) = R \quad \text{-------} \ast$$

$$L3\sin(\pi-\theta_o-\theta_2) - L2\sin\theta_o - L1\sin\theta_1 = H1 - H \quad \text{-------} \ast$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก ✸ ; $R = L1\ COS\theta_1 + L2\ COS\theta_o + L3\ COS(\pi-\theta_o)COS\theta_2$

$+ L3\ SIN(\pi-\theta_o)SIN\theta_2$

จาก ✸ ; $H1-H = L3\ SIN(\pi-\theta_o)COS\theta_2 - L3\ COS(\pi-\theta_o)SIN\theta_2 - L2\ SIN\theta_o$

$- L1\ SIN\theta_1$

ให้ $L3\ SIN(\pi-\theta_o) = C1$

$L3\ COS(\pi-\theta_o) = C2$

$R - L2\ COS\theta_o = A$

$H1 - H + L2\ SIN\theta_o = B$

จะได้ว่า

$R = L1\ COS\theta_1 + L2\ COS\theta_o + C2\ COS\theta_2 + C1\ SIN\theta_2$

$L1\ COS\theta_1 = (R - L2\ COS\theta_o) - (C2\ COS\theta_2 + C1\ SIN\theta_2)$

$= A - (C2\ COS\theta_2 + C1\ SIN\theta_2)$ -------✸

$H1 - H = C1\ COS\theta_2 - C2\ SIN\theta_2 - L2\ SIN\theta_o - L1\ SIN\theta_1$

$L1\ SIN\theta_1 = (C1\ COS\theta_2 - C2\ SIN\theta_2) - (H1 - H + L2\ SIN\theta_o)$

$= (C1\ COS\theta_2 - C2\ SIN\theta_2) - B$ -------✸

ยกกำลังสองสมการ ✸ และ ✸ จะได้

$(L1\ COS\theta_1)^2 = A^2 - 2A(C2\ COS\theta_2 + C1\ SIN\theta_2) + (C2\ COS\theta_2)^2$

$+ 2C1C2\ SIN\theta_2\ COS\theta_2 + (C1\ SIN\theta_2)^2$ -------✠

$(L1\ SIN\theta_1)^2 = (C1\ COS\theta_2)^2 - 2C1C2\ SIN\theta_2\ COS\theta_2 + (C2\ SIN\theta_2)^2$

$- 2B(C1\ COS\theta_2 - C2\ SIN\theta_2) + B^2$ -------✠

นำ ✠ + ✠ ;

$L1^2 = (C1^2 + C2^2)COS^2\theta_2 + (C1^2 + C2^2)SIN^2\theta_2 - 2AC2\ COS\theta_2 - 2AC1\ SIN\theta_2$

$- 2BC1\ COS\theta_2 + 2BC2\ SIN\theta_2 + A^2 + B^2$

$= (C1^2 + C2^2) - (2AC2 + 2BC1)COS\theta_2 + (2BC2 - 2AC1)SIN\theta_2 + A^2 + B^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ $L1^2 - A^2 - B^2 - C1^2 - C2^2 = Z1$

$2AC2 + 2BC1 = Z2$

$2BC2 - 2AC1 = Z3$

$Z1 = Z3 \sin\theta_2 - Z2 \cos\theta_2$

$Z1 = Z3 (1 - \cos^2\theta_2)^{1/2} - Z2 \cos\theta_2$

$Z1^2 + 2Z1Z2 \cos\theta_2 + (Z2 \cos\theta_2)^2 = Z3^2 - (Z3 \cos\theta_2)^2$

$(Z2^2 + Z3^2)\cos^2\theta_2 + 2Z1Z2 \cos\theta_2 + (Z1^2 - Z3^2) = 0$

$$\cos\theta_2 = \{ -2Z1Z2 \pm [(4 Z1^2 Z2^2) - 4(Z1^2 - Z3^2)(Z2^2 + Z3^2)]^{1/2} \} / 2(Z2^2 + Z3^2)$$

$Z1 = L1^2 - (R - L2 \cos\theta_o)^2 - (H1 - H + L2 \sin\theta_o)^2 - L3^2$

$Z2 = 2(H1 - H + L2 \sin\theta_o)L3 \sin\theta_o - 2(R - L2 \cos\theta_o)L3 \cos\theta_o$

$Z3 = -2(H1 - H + L2 \sin\theta_o)L3 \cos\theta_o - 2(R - L2 \cos\theta_o)L3 \sin\theta_o$

เมื่อทำการคำนวณหาค่ามุม θ_2 ได้แล้วก็นำค่าที่ได้ไปแทนค่าในสมการ ✱ หรือ ✱ เพื่อหาค่าของมุม θ_1 ออกมา ก็จะได้ค่ามุมที่สอดคล้องกับค่าของระยะ R กับ H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุปกรณ์นิวแมติกที่ใช้ขับเคลื่อนและควบคุมแขนกล

กระบอกสูบ

กระบอกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานลมอัดหรือน้ำมันไฮดรอลิกที่ถูกอัดให้เปลี่ยนเป็นพลังงานกล ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบแนวเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ลูกสูบจะเข้ามามีบทบาทในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้าซึ่งมีความยุ่งยากในการควบคุมและปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นจึงมีการพัฒนาลูกสูบเข้ามาใช้ในงานจนถึงปัจจุบัน

กระบอกสูบแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

1.กระบอกสูบทำงานทางเดียว

2.กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง

3.กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางแบบมีก้านสูบสองข้าง

4.กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางแบบสองคอน

5.กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางแบบมีเบรคก้านสูบ

6.กระบอกสูบชนิดช่วงชักหลายตำแหน่ง

7.กระบอกสูบแบบกระแทก

8.กระบอกสูบแบบก้านสูบอยู่กับที่ลูกสูบเคลื่อนที่

9.กระบอกสูบชนิดพิเศษที่ใช้กับลักษณะเฉพาะ

เนื่องจากในโครงงานครั้งนี้จะใช้กระบอกสูบชนิดทำงานสองทางเท่านั้น ดังนั้นจึงขออธิบายถึงหลักการทำงานของกระบอกสูบชนิดนี้เท่านั้น

กระบอกสูบชนิดทำงานสองทาง ในการทดลองนี้จะใช้ลมอัดดันหัวลูกสูบทั้งคอนเคลื่อนที่ออกและคอนเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่จะต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออก และ เลื่อนเข้ารวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบจึงต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาตให้ใช้งานได้ และนอกจากนี้การที่กระบอกสูบมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่โตเกินไปก็จะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองปริมาณลมอัดมาก ดังนั้นในการใช้งานจึงจะต้องเลือกให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วาล์วควบคุมทิศทางและวาล์วควบคุมอัตราการไหล</u>

ในระบบนิวแมติก และระบบไฮดรอลิกนั้นการที่จะควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ทำงานให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยวาล์วต่างๆ ในการควบคุม ซึ่งชนิดของวาล์วควบคุมสามารถแบ่งได้ดังนี้

วาล์วในระบบนิวแมติก แบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ 6 ประเภท คือ

1. วาล์วควบคุมทิศทางการไหลของลมอัด
2. วาล์วควบคุมอัตราการไหลของลมอัด
3. วาล์วควบคุมความดันลมอัด
4. วาล์วบังคับลมอัดไหลทางเดียว
5. วาล์วเปิดปิดลมอัด
6. วาล์วแบบผสม

วาล์วในระบบไฮดรอลิก แบ่งตามหน้าที่การทำงานได้ 3 ประเภท คือ

1. วาล์วควบคุมทิศทาง
2. วาล์วควบคุมความดัน
3. วาล์วควบคุมอัตราการไหล

ในโครงงานการทดลองครั้งนี้ จะใช้วาล์วเพียง 2 ประเภทเท่านั้น คือ วาล์วควบคุมทิศทาง กับวาล์วควบคุมอัตราการไหล ดังนั้นจึงของกล่าวถึงหน้าที่ของวาล์วเพียง 2 ชนิดนี้เท่านั้น

-วาล์วควบคุมทิศทางการไหล

มีหน้าที่เลือกทิศทางการไหลของลมอัดหรือน้ำมันไฮดรอลิกให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ทั้งนี้เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน เช่น กระบอกสูบ สามารถทำงานได้และเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ถูกต้องได้ โดยใช้หลักการเปิด-ปิด ลมอัด หรือน้ำมันไฮดรอลิกจากรูหนึ่งไปอีกรูหนึ่ง จำนวนรูของวาล์วที่ใช้ควบคุมทิศทางการไหลมีอยู่หลายแบบ เช่น 2,3,4,5 รู ซึ่งจะประกอบด้วยรูสำหรับท่อจ่ายที่ต่อไปบังคับอุปกรณ์ทำงานหรือนำไปใช้งาน และรูสำหรับระบายทิ้ง โดยทั่วไป วาล์วชนิดนี้นิยมที่จะเรียกว่า DIRECTIONAL CONTROL VALVES (D.C.V) ลักษณะโครงสร้างมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบแผ่นปิด-เปิด แบบลูกสูบเลื่อน และแบบแผ่นหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-วาล์วควบคุมอัตราการไหล

วาล์วชนิดนี้ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณการไหลของลมอัด หรือ น้ำมันไฮดรอลิกที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ทำงานของระบบ เช่น กระบอกสูบ ทำให้สามารถควบคุมความเร็วของก้านสูบขณะทำงานได้ โดยการติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลในท่อทางลมหรือน้ำมันไฮดรอลิกที่ต่อเข้าระหว่างกระบอกสูบกับวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ระยะระหว่างวาล์วควบคุมทิศทางไปถึงวาล์วควบคุมอัตราการไหล และจากวาล์วควบคุมการไหลถึงอุปกรณ์ทำงาน ไม่ควรเกิน 1 เมตร

วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ แบบปรับโดยมือหมุน แบบปรับโดยกลไก และแบบวาล์ลดการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มอเตอร์กระแสตรง

หลักการของมอเตอร์กระแสตรง

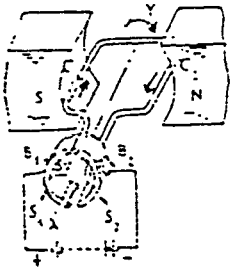
มอเตอร์ คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลและมอเตอร์ซึ่งขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟฟ้าดีซีนี้ เรียกว่า มอเตอร์ดีซี และที่ขับเคลื่อนด้วยกระแสไฟเอซี เรียกว่า มอเตอร์เอซี นอกจากนั้นยังมีมอเตอร์ขนาดเล็กซึ่งอาจขับเคลื่อนได้ทั้งกระแสไฟดีซีหรือเอซี ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ดีซีจะตรงข้ามกับกรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีโดยสิ้นเชิง แต่สำหรับโครงสร้างแล้วจะเหมือนกันทุกประการจึงสามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีมาใช้ทำหน้าที่ของมอเตอร์ดีซีได้

เมื่อป้อนกระแสให้กับมอเตอร์ดีซี ทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะเป็นไปตามกฎมือซ้ายดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 กฎมือซ้าย

การเปลี่ยนกลับไปมาได้ระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์

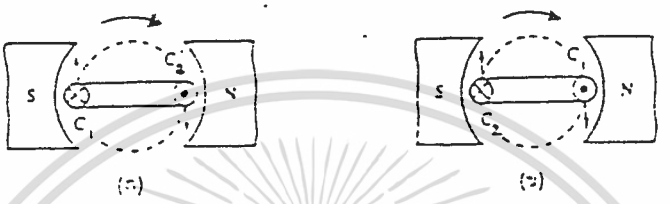
ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทำหน้าที่ของมอเตอร์กระแสตรงได้นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 หลักการของมอเตอร์ดีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 เมื่อทำการปลดโหลดที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ออกแล้วต่อแหล่งจ่ายไฟดีซีเข้าแทนที่ โดยให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับแปรงถ่าน (+)B_1และขั้วลบต่อกับแปรงถ่าน (-)B_2 ขณะนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ กระแสจะไหลจากแหล่งจ่ายผ่านแปรงถ่าน (+)B_1 เข้าขดอาร์มาเจอร์และมาออกที่แปรงถ่าน (-)B_2 เข้าแหล่งจ่ายเป็นการครบวงจร และมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางซึ่งเป็นไปตามกฎมือซ้าย
โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หลักการของมอเตอร์กระแสตรง

จากรูป 2.6 (ก) เมื่อใช้กฎมือซ้ายจะได้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ในทิศตามเข็มนาฬิกา เมื่อขดลวดหมุนจากตำแหน่งเดิมไปเป็นมุม 90 องศา ลวดตัวนำ C_1 จะอยู่ด้านบนสุดโดยที่ซี่คอมมิวเทเตอร์ S_2 ของลวดตัวนำ C_2 จะเริ่มไม่เตะกับแปรงถ่าน B_2 และจากนั้นจะเริ่มเตะกับแปรงถ่าน B_1 ทำให้กระแสเริ่มไหลกลับทิศโดยไหลจากแปรงถ่าน B_1 ผ่านซี่คอมมิวเทเตอร์ S_2 เข้าลวดตัวนำ C_2 และ C_1 มาออกที่ซี่คอมมิวเตอร์ S_1 และแปรงถ่าน B_2 กระแสในลวดตัวนำ C_1 จะมีทิศทางเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ดังรูป 2.6 (ข) จนกระทั่ง C_1 อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำสุด เมื่อเลยตำแหน่งนี้ไปกระแสในลวดตัวนำ C_1 จะไหลกลับทิศอีกโดยมีทิศทางดังรูป 2.6 (ก) และจะคงทิศทางนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่งที่ C_1 อยู่สูงสุด จากรูป 2.6 (ก) และ 2.6 (ข) จะเห็นว่าลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว N จะมีกระแสไหลในทิศพุ่งออก ขณะที่ลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว S มีทิศพุ่งเข้า นั่นคือขณะที่ลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ไปแม้จะอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ตามเนื่องจากทิศทางสัมพัทธ์ระหว่างกระแสและเส้นแรงแม่เหล็กไม่เปลี่ยนแปลงแรงที่กระทำต่อขด-ลวดจะมีทิศทางที่เสริมไปในทิศทางเดียวกันเสมอ

จากที่กล่าวมา แม้ในกรณีที่มีลวดตัวนำมากกว่านี้ ลวดตัวนำเส้นใดก็ตามซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกันจะมีกระแสไหลในทิศทางเดียวกันทั้งหมด จึงทำให้แรงที่กระทำบนลวดตัวนำแต่ละเส้นมีทิศทางที่เสริมไปในแนวเดียวกันให้มีเตอร์หมุนไปได้ ในกรณีที่มีขดลวดจำนวนมากพอสมควร ผลรวมของแรงที่กระทำบนขดลวดแต่ละขดที่เวลาใด ๆ ให้ถือว่ามีค่าคงที่ และสำหรับมอเตอร์ในทางปฏิบัติจะเป็นไปตามนี้เช่นกัน จึงสรุปได้ว่าโครงสร้างของมอเตอร์ดีซีจะเหมือนกับของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ ตัวอย่างอื่นในทำนองเดียวกันนี้ เช่น พัดลมเมื่อหมุนใบพัดจะให้กระแสลม ตรงกันข้ามถ้าให้ลมปะทะตัวใบพัด พัดลมก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมุน ในกรณีที่สามารถเปลี่ยนรูปที่ 2.6 (ก) ให้กลับเป็นรูป (ข) และรูป (ข) ให้กลับเป็นรูป (ก) ได้ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การเปลี่ยนกลับไปมาได้

เมื่อเปรียบเทียบมอเตอร์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเห็นว่าลวดตัวนำของขดลวดซึ่งหมุนเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันและอยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีทิศทางการไหลของกระแสที่กลับกัน ตัวอย่างเช่น เมื่อต่อโหลดที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำของขดลวด กระแสที่เกิดขึ้นพร้อมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่มีอยู่นี้จะทำให้เกิดแรงกระทำบนลวดตัวนำแต่ละเส้นของขดลวดในทิศทางที่ค้านกับทิศทางที่ขดลวดกำลังหมุนอยู่ เมื่อกระแสโหลดหรือกระแสกำเนิดไฟฟ้าอยู่นั้นต้องสูญเสียแรงขับเคลื่อนไปส่วนหนึ่ง ซึ่งถูกนำไปใช้หักล้างกับแรงต้านดังกล่าวเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่มอเตอร์ได้ ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างและชื่อเรียกของแต่ละชิ้นส่วน ตลอดจนวิธีการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีสามารถนำมาใช้ได้กับกรณีของมอเตอร์

ชนิดของมอเตอร์ดีซีแบ่งตามลักษณะการกระตุ้น

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ดีซีตามลักษณะการกระตุ้นจะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีโดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

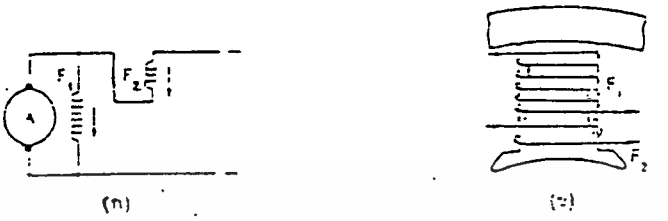
1. มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นแยก
2. มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นตัวเอง
   - มอเตอร์ดีซีแบบชันต์
   - มอเตอร์ดีซีแบบซีรีย์
   - มอเตอร์ดีซีแบบคอมปาวด์

มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นแยกนั้น กระแสที่ป้อนให้ชุดขดลวดสนามและขดอาร์มาเจอร์จะมาจากแหล่งจ่ายไฟดีซีซึ่งแยกชุดกัน ส่วนแบบกระตุ้นตัวเองนั้นจะมาจากแหล่งจ่ายไฟดีซีชุดเดียวกัน กรณีที่ต้องการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ดีซีโดยการปรับระดับแรงดันที่ป้อนให้กับตัวมอเตอร์ จะใช้มอเตอร์ดีซีแบบกระตุ้นแยกเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่โดยทั่วไปจะใช้แบบกระตุ้นตัวเองเป็นส่วนมาก สำหรับลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ดีซีแบบซีรีย์ชันต์และคอมปาวด์นั้น จะเหมือนกันกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีทุกประการ

อนึ่งสำหรับการต่อวงจรภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซีแบบคอมปาวด์นั้นจะมี 2 ลักษณะด้วยกันคือต่อในลักษณะที่ให้แอมแปร์เทอร์จากขดลวดสนามแบบชันต์เสริมหรือหักล้างกันขดลวดสนามแบบซีรีย์มอเตอร์ซึ่งต่อในลักษณะแรกนี้เรียกว่า มอเตอร์คอมปาวด์แบบดิวแฉ-ทีฟ และแบบหลังเรียกว่าแบบดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 (ก) และ (ข) แสดงทิศทางของ MMF จากขดลวดสนามแบบชันต์และขดลวดสนามแบบซีรีย์ของมอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูเลทีฟ ส่วนรูปที่ 2.8(ก) และ (ข) แสดงทิศทางของกรณีดิฟเฟอเรนเชียล



รูปที่ 2.7 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูเลทีฟ

รูปที่ 2.8 มอเตอร์คอมปาวด์แบบดิฟเฟอเรนเชียล

ทฤษฎีของมอเตอร์ดีซี

แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เมื่อมอเตอร์ดีซีหมุน ลวดตัวนำแต่ละเส้นซึ่งมีกระแสไหลผ่านจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาจำนวนหนึ่งในทิศทางของกระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ลองพิจารณาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับดังรูปที่ 2.9

(ก) ทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับของอาร์มาเจอร์ (ข) ทิศทางกระแสของอาร์มาเจอร์

รูปที่ 2.9 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ และการหมุนของขดลวดมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก) ขณะนี้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศพุ่งเข้า และพุ่งออก ตามลำดับ แต่การที่ลวดตัวนำจะยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาได้นั้น จากกฎมือซ้าย กระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะต้องมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ข) เท่านั้น นั่นคือมีทิศทางของกระแสที่ตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าในรูปที่ 2.9 (ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นในรูปที่ 2.9 (ก) สำหรับกรณีมอเตอร์เท่านั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับเกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ในทำนองเดียวกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีซี จึงมีสมการเหมือนกับกรณีหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

- $E_b = P\Phi \cdot n/60 \cdot Z_c/a$ 2.1

จากสมการที่ 2.1 เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับแปรผันโดยตรงกับจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นในกรณีที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน (n=0) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย กำหนดมอเตอร์ดีซีขนาด 4KW 200V ความต้านทานภายในของอาร์มาเจอร์ 0.5 ถ้าป้อนไฟดีซีจากแหล่งจ่ายขนาด 200V ให้กับมอเตอร์ในสภาพที่หยุดหมุน จะเห็นว่ากระแสจะไหลในขดอาร์มาเจอร์ทันทีถึง 400A(200/0.5) แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดอาร์มาเจอร์ แม้ที่ตำแหน่งโหลดเต็มที่จะมีขนาดน้อยกว่านี้มากประมาณ 25A ได้นั้น เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับที่เกิดขึ้นนี้จะพยายามต้านการจ่ายกระแสจากแหล่งจ่ายไฟดีซี

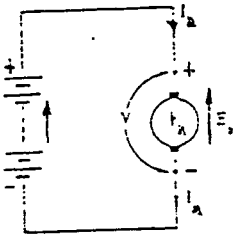
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับและกระแส

เมื่อกำหนดให้ V คือแรงดันจากแหล่งจ่ายไฟดีซีระหว่างคู่แปรงถ่าน

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

r_a คือ ความต้านทานภายในทั้งหมดในวงจรของอาร์มาเจอร์

I_a คือ กระแสอาร์มาเจอร์



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์มาเจอร์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 จะได้ว่า

$$I_a = (V - E_b)/r_a \quad \text{..... 2.2}$$

หรือ $V = E_b + I_a r_a$

$$E_b = V - I_a r_a \quad \text{..... 2.3}$$

กรณีที่มอเตอร์ทำงานที่โหลดเต็มที่แรงดันตกคร่อม $I_a r_a$ จะมีค่าประมาณ 10 % ของ V ขณะที่มอเตอร์หยุดหมุน เนื่องจาก $E_b = 0$ จะได้

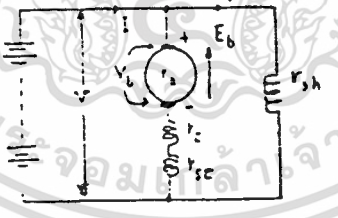
$$I_a = V/r_a \quad \text{..... 2.4}$$

โดยที่ I_a คือ กระแสตอนเริ่มเดินเครื่องมีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)

จากสมการที่ 2.2 และ 2.4 สามารถอธิบายได้ว่า ขณะที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน เมื่อป้อนไฟดีซีจะมีกระแส $I_a = V/r_a$ จำนวนมากไหลในขดอาร์มาเจอร์ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงในทันที ทำให้ E_b มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสในอาร์มาเจอร์จะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าคงที่ในที่สุด

แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้ว

จากรูปที่ 2.10 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าเท่ากัน แต่ในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอินเตอร์โพล หรือกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ แรงดันทั้งสองจะต่างกันเล็กน้อย



รูปที่ 2.11 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้ว

จากรูปที่ 2.11 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบลองชันต์ ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปจะมีลักษณะการต่อเช่นนี้เป็นส่วนมาก ในรูปที่แรงดันระหว่างขั้วจะมีค่ามากกว่าแรงดันระหว่างแปรงถ่านด้วยค่าแรงดันตกคร่อมขดซีรีย์และขดคอมมิวเทต (หรือขดอินเตอร์โพล)

เมื่อกำหนดให้ V_b คือ แรงดันระหว่างแปรงถ่าน

r_{se} คือ ความต้านทานภายในของขดซีรีย์

r_c คือ ความต้านทานภายในของขดคอมมิวเทต

จาก $V = V_b + I_a(r_{se} + r_c)$

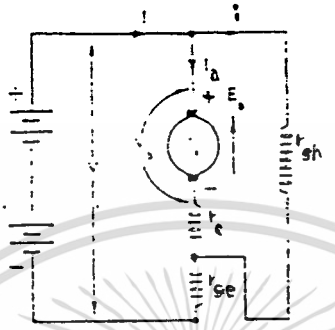
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ $V_b = E_b + I_a r_a$

ดังนั้น $V = E_b + I_a r_a + I_a(r_{se} + r_e)$

$= E_b + I_a(r_a + r_{se} + r_e)$

จะได้ $I_a = (V - E_b)/(r_a + r_{se} + r_e)$



รูปที่ 2.12 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้ว

จากรูปที่ 2.12 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบช็อตชันต์ซึ่งได้ว่า

$V = V_b + I_a r_a + (I_a + i) r_{se}$

$I_a = (V - E_b - i r_{se})/(r_a + r_{se} + r_e)$

เนื่องจากในทางปฏิบัติ r_{se} และ i มีค่าน้อยมาก ir_{se} จึงมีค่าน้อยสามารถตัดทิ้งได้

ดังนั้น $I_a = (V - E_b)/(r_a + r_{se} + r_e)$

นั่นคือไม่ว่ามอเตอร์จะเป็นแบบลองชันต์ หรือ ช็อตชันต์จะมีสมการของ I_a เหมือนกัน

สมการ Output ของอาร์มาเจอร์

จากสมการที่ 2.3 ได้ว่า

$V = E_b + I_a r_a$ (V)

หรือ $E_b = V - I_a r_a$ (V)

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$VI_a = E_b I_a + I_a^2 r_{se}$

หรือ $E_b I_a = VI_a - I_a^2 r_{se}$

โดยที่ VI_a คือ กำลังไฟฟ้าทางด้าน Input ที่ป้อนให้กับอาร์มาเจอร์

$I_a^2 r_{se}$ คือ การสูญเสียจากลวดตัวนำในอาร์มาเจอร์

เมื่อหัก $I_a^2 r_{se}$ ออกจาก VI_a จะเหลือ $E_b I_a$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าส่วนที่เปลี่ยนไปเป็นกำลังกลภายในอาร์มาเจอร์ กำหนดให้เป็น P_{se} ดังนั้นจะได้

$P_{se} = E_b I_a$ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังกล (P_m) บางส่วนจะสูญเสียไปในรูปของการสูญเสียทางกล และการสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่สามารถปรากฏออกมาให้เห็นได้หมด จากสมการที่ 2.1

$$E_a = p/a \cdot n/60 \cdot Z_a \cdot \phi$$

เนื่องจากมอเตอร์ซึ่งสร้างสำเร็จรูป นอกจาก n และ ϕ แล้วค่าอื่น ๆ คือ p/a , Z_a มีค่าคงที่หมดจึงสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$E_a = Kn\phi \quad \text{.....} \quad 2.6$$

โดยที่ $K = p/a \cdot Z_a/60$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$E_aI_a = Kn\phi I_a = P_m \quad \text{.....} \quad 2.7$$

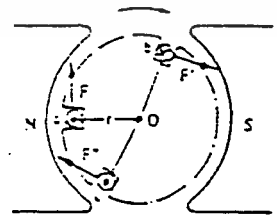
ทอร์ก

รูปที่ 2.13 แสดงแรงที่กระทำบนลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง (o) เป็นระยะ r (หน่วยเป็นเมตร) ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ ที่ตำแหน่งนี้กำหนดให้มีค่า F นิวตัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ F. r ซึ่งจะพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์มาเจอร์ให้หมุนเคลื่อนที่ไป แต่เนื่องจากในแกนเหล็กอาร์มาเจอร์มีสล็อตเป็นจำนวนมาก และแต่ละสล็อตก็มีลวดตัวนำจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำทั้งหมด จะมีโมเมนต์ซึ่งพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรวมโมเมนต์ย่อยทั้งหมดนี้เข้าด้วยกัน จะได้ผลรวมของโมเมนต์ ดังนี้

$$T_a = (F_r + F_{r1} + F_{r2} + \dots)$$

โดยที่ T_a คือ ทอร์กที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น mN

ดังนั้นทอร์กคือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง



รูปที่ 2.13 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์มาเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร 037006

ความสามารถในการปรับกระแสได้เองตามขนาดของโหลด

เมื่อป้อนแรงดัน V คงที่ให้กับมอเตอร์แบบซีรีย์ และให้ทำงานที่โหลดต่ำ ๆ มอเตอร์จะหมุนที่ความเร็วรอบ n ค่าหนึ่ง และจะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟดีซีด้วยค่า I_a ค่าหนึ่ง เนื่องจากกำลังงานที่ด้าน Output ของมอเตอร์ในขณะนี้มีน้อย VI_a จึงมีค่าน้อยด้วย นั่นคือกระแส I_a ที่แหล่งจ่ายไฟดีซีจ่ายออกจะต้องมีค่าต่ำด้วย เมื่อให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดมาก ๆ VI_a จะต้องมีค่ามากขึ้น สำหรับกรณีที่แรงดันของแหล่งจ่ายไฟมีค่าคงที่ I_a จำเป็นต้องมีค่ามากขึ้นด้วย นั่นคือเมื่อโหลดน้อยมอเตอร์จะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟดีซีน้อย และเมื่อโหลดมากจะดึงกระแสมากขึ้นโดยอัตโนมัติ

ความสามารถในการเร่งหรือหน่วงความเร็วรอบ

ลองพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโหลดทอร์กซึ่งเป็นทอร์กที่โหลดต้องการกับมอเตอร์ทอร์กซึ่งเป็นทอร์กที่มอเตอร์จ่ายให้กับโหลด เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นจะยกตัวอย่างมอเตอร์ดีซีแบบชันต์ในการอธิบายการหมุนของมอเตอร์ในขณะที่มีโหลดทางกลนั้น จะเท่ากับการใส่แรงเบรกกระทำต่อแกนของอาร์มาเจอร์เมื่อโหลดทอร์กสูงขึ้น ก็เท่ากับแรงเบรกที่กระทำต่อแกนอาร์มาเจอร์มีค่ามากขึ้น นั่นคือขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนภายใต้โหลดค่าหนึ่งด้วยเสถียรภาพที่ดี ถ้าให้โหลดทอร์กมีค่าสูงขึ้น หรือแรงเบรกที่กระทำมีค่ามากขึ้นจะทำให้เกิดความหน่วงขึ้น ความเร็วรอบ n จะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (แต่ในทางปฏิบัติเนื่องจากอาร์มาเจอร์รีแอกชันทำให้ ϕ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปบ้าง) ดังนั้นถ้าความเร็วรอบน้อยลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (E_b) จะมีค่าต่ำลงแต่เนื่องจาก $I_a = (V - E_b) / r_a$ และทอร์ก $T = K\phi I_a$ มอเตอร์ทอร์กจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเร็วรอบจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งทำให้ทอร์ก T เท่ากับ โหลดพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้

ในทางตรงกันข้ามถ้าโหลดทอร์กมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์ทอร์ก แรงที่หมุนแกนอาร์มาเจอร์จะมากกว่าแรงเบรก ทำให้เกิดความเร่งขึ้นและความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่ามากขึ้น กระแส $I_a = (V - E_b) / r_a$ จะมีค่าน้อยลง ทอร์ก $T = K\phi I_a$ จะมีค่าลดลง ความเร่งจะน้อยลงจนเป็น 0 เมื่อทอร์กจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับโหลดทอร์กพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้ ในการเริ่มเดินมอเตอร์จากสภาพที่หยุดนิ่ง จนกระทั่งหมุนนั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ E_b จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จาก $E_b = 0$ ในช่วงแรกสุดนั้นเนื่องจากมีกระแสสูงมาก ความเร็วรอบจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งโหลดทอร์กเท่ากับมอเตอร์ทอร์กและความเร็วรอบจะคงที่ซึ่งโหลดทอร์กจะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบหรือมีค่าคงที่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป หรือไม่นั้นย่อมขึ้นกับคุณสมบัติของโหลด ตัวอย่างเช่น พัดลมนั้นยิ่งหมุนที่ความเร็วรอบสูงขึ้นโหลดทอร์กหรือทอร์กที่โหลดต้องการจะยิ่งมีค่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่เครื่องกลึงไม่ว่าความเร็วรอบจะเปลี่ยนไปอย่างไรก็ตาม โหลดจะต้องการทอร์กเกือบคงที่โดยตลอด

การเปลี่ยนทิศทางการหมุน

การทำให้เครื่องจักรกลเดินหน้าหรือถอยหลังได้นั้น จำเป็นที่จะต้องสลับเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ สำหรับเครื่องจักรกลในโรงงาน สามารถควบคุมการเดินหน้าถอยหลังได้โดยให้มอเตอร์มีทิศทางการหมุนเดียวกันตลอด แต่ต้องอาศัยเกียร์ช่วยในการเปลี่ยนทิศทางการหมุน ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป แต่ในบางโอกาสการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของเครื่องจักรกลอาจใช้วิธีการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยตรง

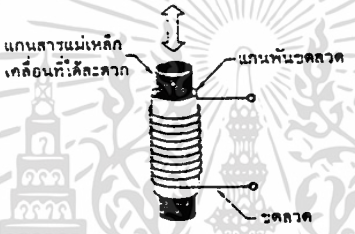
ทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามารถหาได้โดยอาศัยกฎมือซ้าย ดังนั้นไม่ว่าจะเปลี่ยนทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กใหญ่ (นั่นคือทิศทางของกระแสสนาม) หรือทิศทางการไหลของกระแสอาร์มาเจอร์ก็ตามอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ก็สามารถกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ สำหรับมอเตอร์ดีซีแบบซีรีย์หรือชันต์ ถ้ากลับขั้วที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟดีซีแล้ว เนื่องจากทั้งทิศทางของกระแสอาร์มาเจอร์และทิศทางของกระแสสนามจะกลับพร้อมกัน ทิศทางการหมุนจะเหมือนเดิมโดยไม่กลับทิศ ในกรณีที่มีอินเตอร์โพลติดตั้งอยู่นั้น ถ้าต้องการกลับทิศกระแสอาร์มาเจอร์ ก็จำเป็นที่จะต้องกลับทิศกระแสของอินเตอร์โพลไปพร้อมกัน นั่นคือในการกลับทิศนั้นให้ถือว่าขดอินเตอร์โพลและขดอาร์มาเจอร์เป็นขดชุดเดียวกัน จะแยกกลับเพียงขดหนึ่งไม่ได้โดยเด็ดขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โซลินอยด์

รากศัพท์ของคำว่าโซลินอยด์น่าจะมาจากคำว่า "โซเลน(solen) " ซึ่งมีความหมายทางเพทย์คล้ายกับ เฝือกหุ้มอวัยวะที่ได้รับบาดเจ็บ เมื่อมีประดิษฐ์กรรมตัวนี้เกิดขึ้นโครงสร้างของมันก็คือขดลวดพันรอบๆแกนสารแม่เหล็ก ดังรูปที่ 2.14 นั่นเอง ลักษณะก็คล้ายๆกับทรงกระบอก

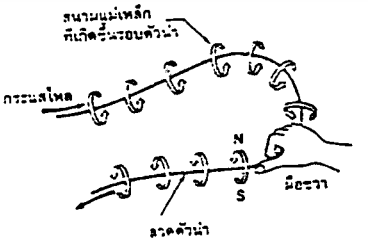
เราใช้โซลินอยด์มาประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเชื่อมโยงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลโดยตรง โดยสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทางขดลวด จะทำให้แกนสารแม่เหล็กของโซลินอยด์เกิดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่นี้เองที่เราสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ขัดกลอนประตูเอาไว้ไปดึงกระเดื่องทำให้กลไกทำงานหรือหยุดทำงาน ฯลฯ โซลินอยด์ที่ใช้กันมีทั้งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง



รูปที่ 2.14 โครงสร้างพื้นฐานของโซลินอยด์

หลักการทำงานของโซลินอยด์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลในลวดตัวนำใดก็ตาม จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆตัวนำนั้น โดยทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กให้ใช้กฎมือขวา(ให้เอามือขวากำรอบเส้นลวด โดยให้นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของกระแสไหล นิ้วที่เหลือทั้งหมดจะแสดงทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วใต้ไปขั้วเหนือ)

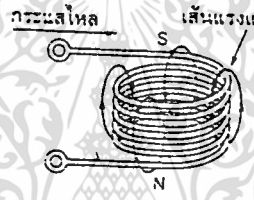


รูปที่ 2.15 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสไหลผ่าน

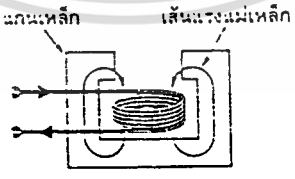
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเอาเส้นลวดลักษณะเดิมเดียวหน่อยมาขดเป็นวงๆหลายๆวง ก็จะเกิดลักษณะของขดลวดขึ้นดังรูปที่ 2.16 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละขดจะอยู่ในทิศทางเดียวกัน และก่อให้เกิดเป็นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กรวม มีทิศเหนือ-ใต้ ดังรูป ซึ่งก็แสดงว่าในขณะนี้ขดลวดนี้ได้ทำหน้าที่เป็นเหมือนแม่เหล็กถาวรแท่งหนึ่ง ซึ่งพร้อมที่จะดูดสารแม่เหล็กทันที แต่เนื่องจากสภาพรอบๆขดลวดเป็นอากาศเส้นแรงแม่เหล็กจึงไม่ชัดเจนมากนัก

เพื่อที่จะไม่ให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นกระจัดกระจายจึงต้องใส่แกนเหล็กอ่อนรูปตัวC เข้ามารอบๆขดลวดดังรูปที่ 2.17 และถ้าเอาแกนกระทุ้ง(plunger) มาใส่เข้าตรงกลางขดลวดในตำแหน่งที่1 แกนกระทุ้งจะถูกดูดให้ลึกเข้ามาจนสนิทในตำแหน่งที่2 ยิ่งระยะทางใกล้มากเท่าไหร่ แรงดึงดูดก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

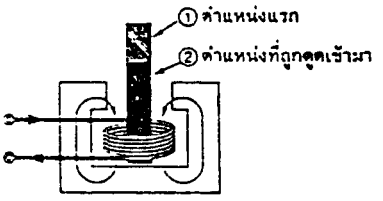


รูปที่ 2.16 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นในขดลวดที่มีกระแสไหล



รูปที่ 2.17 แสดงการเพิ่มเหล็กอ่อนเข้ามาเพื่อเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้ง

มีข้อแตกต่างระหว่างโซลินอยด์กระแสตรงและกระแสสลับ คือ ในโซลินอยด์กระแสตรงกระแสที่ไหลในขดลวดจะค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าแกนกระทุ้งจะอยู่ในตำแหน่งใดก็ตาม แต่ในโซลินอยด์ไฟฟ้ากระแสสลับในขณะที่แกนกระทุ้งอยู่นอกขดลวดจะมีค่าสูงและเมื่อแกนกระทุ้งถูกดูดเข้ามาจนสุดขดลวดกระแสจะลดต่ำลง ลักษณะนี้เองทำให้เราต้องระวังอย่าให้เกิดการติดขัดของแกนกระทุ้งในโซลินอยด์ไฟสลับ เพราะจะทำให้เกิดกระแสมากๆไหลค้างอยู่ทำให้ขดลวดร้อนขึ้นและอาจจะไหม้เสียหายได้

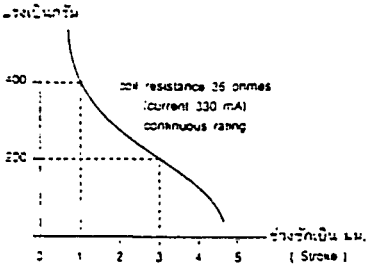
ในโครงสร้างของโซลินอยด์แบบไฟสลับนั้นจะต้องพันขดลวด shade coil หรือแหวน (ring) ซึ่งเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็กเพียงรอบเดียว หรือไม่ก็รอบล้อมวงจรเอาไว้เลย จุดประสงค์ที่พันไว้เพราะในไฟกระแสสลับ กระแสจะลดลงมาเป็นศูนย์สองครั้งทุกๆไซเคิลช่วงที่กระแสเป็นศูนย์นี้เองทำให้แรงดูดแม่เหล็กลดลงและทำให้เกิดเสียงหึ่งๆขึ้นและการดูดก็ไม่เนียน ขดลวดที่เติมเข้าไปจะทำให้วงจรแม่เหล็กเกิดสภาพเป็น 2 เฟส คือแม้ในขณะกระแสเป็น 0 ก็ตามขดลวดแหวนซึ่งมีกระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำกับสนามแม่เหล็ก จะยังคงมีแรงแม่เหล็กมาเสริมการดูดช่วงนี้ได้แต่ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนในขดลวดบ้างเล็กน้อย

ขั้นตอนในการเลือกใช้โซลินอยด์

คำนึงถึงหลักใหญ่ๆดังนี้

1. แรงดันใช้งานไม่ว่าจะเป็นแบบไฟตรงหรือไฟสลับ ถ้าเป็นไฟสลับให้ดูที่ความถี่ที่ใช้งานด้วย
2. ช่วงชักในการใช้งานของโซลินอยด์จะต้องเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไร(เป็นมิลลิเมตร)
3. ขนาดของโหลดว่าจะต้องใช้แรงขนาดเท่าไร(กรัม)
4. ใช้งานต่อเนื่องหรือไม่ หมายถึงเราต้องใส่แรงดันไฟเข้าขดลวดค้างไว้เลยโดยที่ขดลวดไม่ไหม้หรืออาจใส่เป็นจังหวะๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ไฟตรง 12 V. ยี่ห้อโคอิเกะ รุ่น SB-102

ในรูปที่ 2.19 เป็นตัวอย่างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับระยะช่วงชักของโซลินอยด์ จะเห็นว่าช่วงชักไกลๆจะมีแรงน้อยมาก และระยะใกล้เข้ามาก็จะมีแรงมากขึ้นเป็นทวีคูณ ในกรณีนี้โซลินอยด์จะให้แรงดูด 200 กรัมที่ช่วงชัก 3 มม. และจะให้ถึง 400 กรัมที่ช่วงชัก 1 มม.

แนวความคิดในการนำเอาโซลินอยด์มาประยุกต์ใช้

สำหรับโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนัก

* ทำเป็นกลอนล็อกประตู เมื่อมีแรงดึงมาที่ขดลวด โซลินอยด์จะดึงแกนกระทุ้งกลับ เป็นการปลดล็อก
* ชูป้ายโฆษณา ในกรณีนี้ถ้าโซลินอยด์ยังไม่ทำงาน สปริงจะดึงป้ายให้ตั้งฉากกับหน้าต่างป้าย ทำให้เรามองไม่เห็นตัวหนังสือ แต่ถ้าโซลินอยด์ได้รับแรงดันเข้ามา แกนกระทุ้งจะถูกดูดทำให้คานคีดงัดป้ายโฆษณาออกมาให้เราเห็นได้
* ใช้กับกลไกของเล่นที่ทำด้วยอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์

สำหรับโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมาก(เช่นในงานอุตสาหกรรม)

* กลไกอินเตอร์ล็อก ใช้กับเครื่องหยอดเหรียญต่างๆ , เครื่องเล่นทางอิเล็กทรอนิกส์ , กระเดื่องทริปของเซอกิตเบรคเกอร์ ฯลฯ
* ควบคุมลิ้นของไหล พวกลิ้นปิดเปิดทางเดินของลมหรือน้ำมันในระบบนิวแมติกและไฮดรอลิก, ควบคุมลิ้นน้ำทิ้งของเครื่องซักผ้า ฯลฯ
* ช่วยในการนับจำนวนสินค้า โดยวงจรนับจะส่งแรงดันเข้ามาที่โซลินอยด์เป็นช่วงเวลาที่จะได้จำนวนตามต้องการ โซลินอยด์จะดูดและเบนทิศทางของสินค้าไปลงหีบห่อตามจำนวนที่ถูกต้อง
* ระบบเบรค ใช้ควบคุมระบบเบรคในเครื่องจักรกล, เครื่องมือช่างไม้, ลิฟท์, รอก ฯลฯ

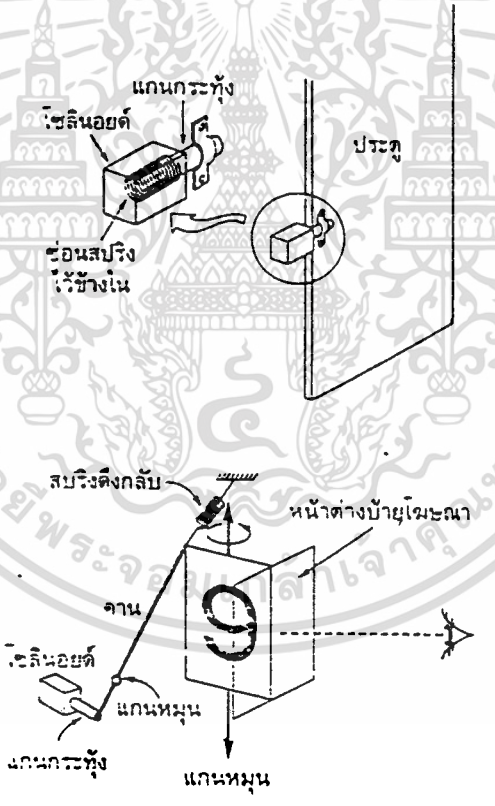
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• ควบคุมการทำงานของคลัตช์ โดยการดึงให้หน้าคลัตช์เข้ามาแตะกันเป็นการถ่ายทอดกำลังผ่านไปได้

• ควบคุมกลไกคานงัดแรง ในเครื่องมือสำนักงาน, เครื่องเล่นอิเล็กทรอนิกส์, เครื่องบันทึกสัญญาณ

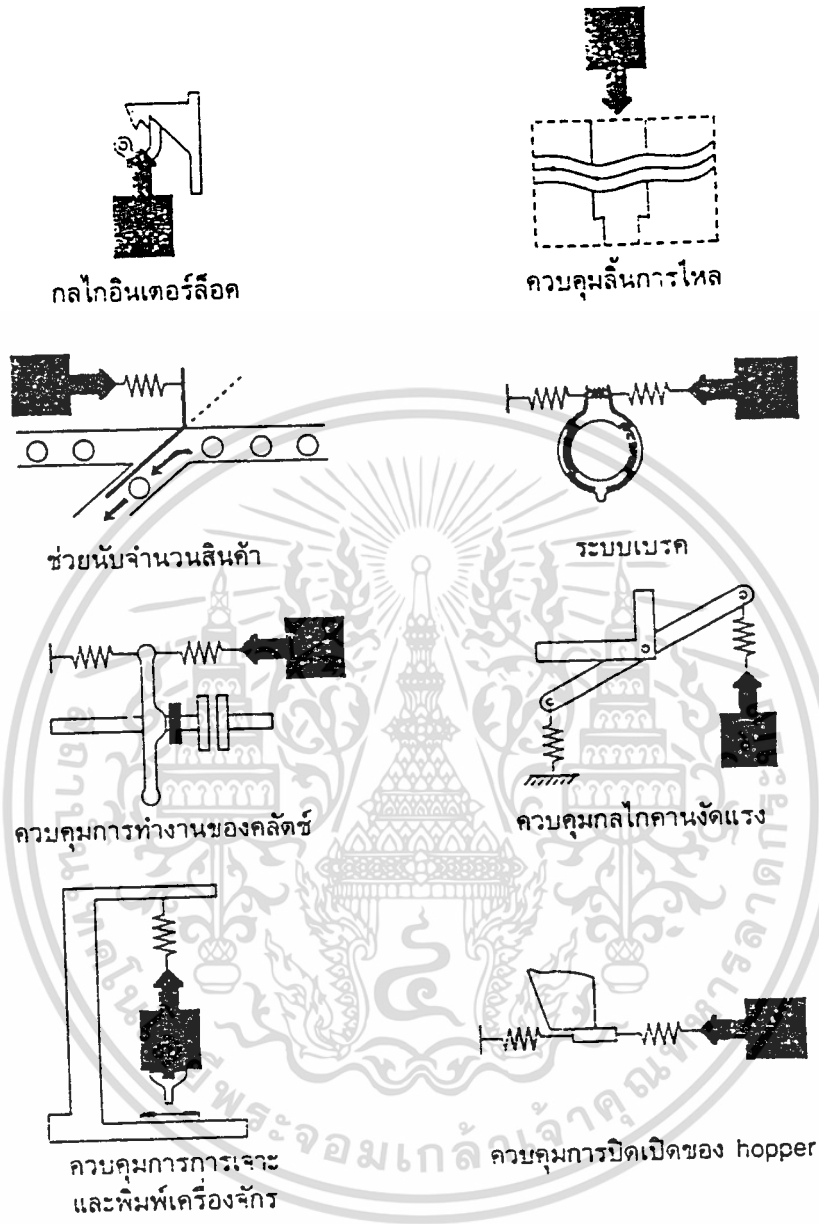
• ควบคุมการเจาะและการพิมพ์ของเครื่องจักร โดยดัดแปลงติดตั้งหัวเจาะและหัวพิมพ์เข้าบนแกนของโซลินอยด์

• ควบคุมการปิดเปิดของฮอปเปอร์ (hopper คล้ายกับปากกรวย มีหน้าที่เป็นทางไหลของวัตถุที่อยู่ในไซโล)



รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่แรงดึงไม่มากนักไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างการนำโซลินอยด์ที่มีแรงดึงมากไปใช้งาน

ข้อระวังในการใช้โซลินอยด์เพื่อให้อายุยืนยาวที่สุด

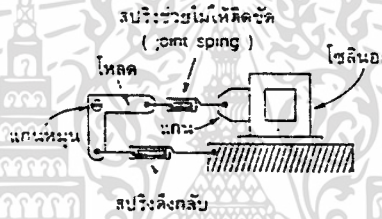
1. ถ้ากำลังใช้โซลินอยด์ไฟสลับจะต้องทำกลไกให้มั่นใจได้ว่า โซลินอยด์จะดูดแกนกระทุ้งเข้ามาหาสุดตัวเต็มที่ ถ้าไม่เช่นนั้นกระแสในโซลินอยด์จะสูงและเกิดความร้อนและขดลวดอาจจะไหม้ได้ การดัดแปลงแก้ไขก็กระทำกันดังรูปที่ 2.22 โดยถ้าเกิดมีการติดขัดด้านไหลดี สปริงเชื่อมต่อ(joint spring) เพิ่มเติมนี้จะยืดตัวให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปสุดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

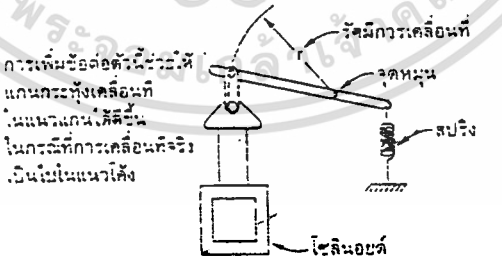
2. ควรระวังให้แนวการเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนเสมอในกรณีที่การเคลื่อนที่จะเป็นส่วนโค้ง ก็อาจเพิ่มเติมข้อต่อเข้ามาดังรูปที่ 2.23 เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของแกนกระทุ้งอยู่ในแนวแกนมากขึ้น

3. พยายามอย่าวางตำแหน่งโซลินอยด์ให้อยู่ใกล้หรือติดกับสารแม่เหล็กเพราะอาจจะมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งรั่วไหลออกไปได้อันจะเป็นเหตุให้แรงดึงดูดลดลงควรแก้ไขโดยการเพิ่มฉนวนแม่เหล็กแทรกเข้าไปด้วย

4. ต้องติดตั้งตัวถังโซลินอยด์ให้แน่นหนา เนื่องจากโซลินอยด์เป็นตัวส่งกำลังทางกล ฉะนั้นเมื่อมีแรงกิริยาออกมา ก็ย่อมต้องมีแรงปฏิกิริยาเกิดขึ้นกับตัวถังของโซลินอยด์ ถ้ายึดไม่แน่นพอในระยะยาวอาจจะเกิดการสั่น การหลุดหรือหลวมได้



รูปที่ 2.22 แสดงการเพิ่มสปริงเชื่อมต่อเพื่อให้แน่นใจว่าโซลินอยด์จะถูกดูดได้เต็มที่กว่า



รูปที่ 2.23 แสดงการใช้ข้อต่อเข้ามาช่วยให้แกนกระทุ้งเคลื่อนที่อยู่ในแนวแกน

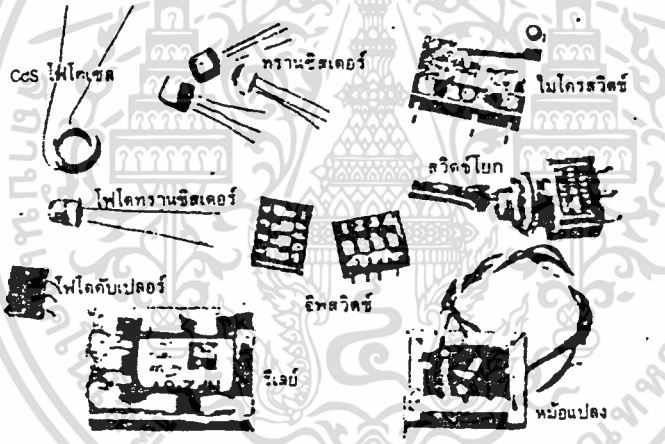
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การอินเตอร์เฟซ

คำว่า อินเตอร์เฟซ (interface) หมายถึง การต่อเชื่อมระหว่างสองสิ่งที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เราใช้คำนี้ในวงจรดิจิตอลเมื่อเราหมายถึงวงจรหรือวิธีการในการต่อเชื่อมวงจรสองชนิดที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันเข้าด้วยกัน การอินเตอร์เฟซยังมีความหมายครอบคลุมไปถึงการอินเตอร์เฟซระหว่างคนกับเครื่อง การอินเตอร์เฟซระหว่างคนกับเครื่องจักรนี้จำเป็นต้องมีวิธีการและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อให้ทั้งคนและเครื่องจักรสามารถส่งข้อมูลถึงกันและทำงานประสานงานกันได้

ยกตัวอย่างเช่น การต่อไอซี TTL เข้ากับไอซี CMOS การต่อเอาต์พุตของไอซีไปควบคุมมอเตอร์ การอ่านสัญญาณอะนาลอก เช่น สัญญาณขนาดความดังของเครื่องขยายเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อป้อนเข้าวงจรดิจิตอล เป็นต้น

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการอินเตอร์เฟซระหว่างอุปกรณ์ในวงจรที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ การอินเตอร์เฟซสวิตช์กับไอซีดิจิตอล และ การอินเตอร์เฟซโดยใช้โฟโตคัปเปลอร์



รูปที่ 2.24 ตัวอย่างอุปกรณ์การอินเตอร์เฟซ

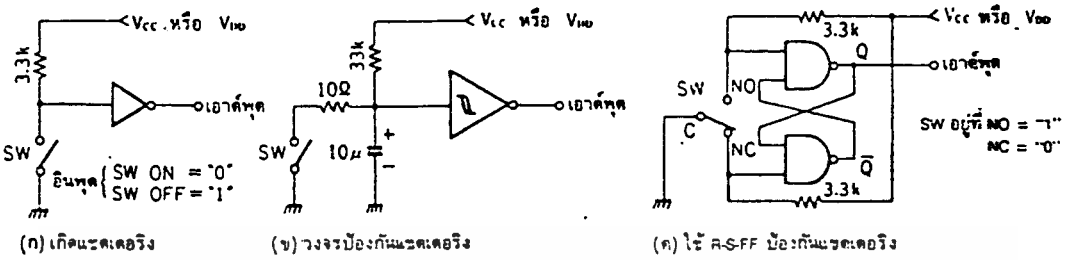
การอินเตอร์เฟซสวิตช์กับไอซีดิจิตอล

เมื่อเราต่อสวิตช์เข้ากับวงจรดิจิตอลเพื่ออาศัยการเปิดปิดสวิตช์เป็นสัญญาณให้กับวงจร เราจะต่อหน้าสัมผัสกับอินพุตของเกต โดยมีตัวต้านทานดึงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.25 (ก) เมื่อสวิตช์เปิดจะได้สัญญาณ "1" เป็นอินพุตของเกต ถ้าสวิตช์ปิดจะเกิดลัดวงจรลงกราวนด์ได้เป็นสัญญาณ "0" ป้อนเข้าเกตเป็นการเปลี่ยนการ "เปิด"และ"ปิด"เป็นสัญญาณ "1" กับ "0" ได้ง่าย ๆ

แต่ในบางครั้งการต่อสวิตช์เข้ากับไอซีแบบวิธีง่าย ๆ แบบนี้จะไม่ได้ผลและจะเกิดปัญหาขึ้นมากมาย เพราะในระหว่างที่เรากดหรือโยกสวิตช์นั้นหน้าสัมผัสของสวิตช์จะไม่แตะหรือแยกจากกันอย่างเด็ดขาด จะมีการเด้งและสั่นของหน้าสัมผัสก่อนการแตะหรือการแยกจากกันเสมอ เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า แชตเตอริง (chattering) การสั่นของหน้าสัมผัสนี้ ไอซีดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถรับรู้ได้เพราะไอซีทำงานเร็วกว่าตาของคนเรามาก ดังนั้นบางครั้งเรากดปุ่มเพียงครั้งเดียวแต่เหมือนมีสัญญาณพัลส์เข้าไปในวงจรมากมาย



(ก) เกิดแรดเดอริง (ข) วงจรป้องกันแรดเดอริง (ค) ใช้ R-S-FF ป้องกันแรดเดอริง

รูปที่ 2.25 การอินเตอร์เฟซสวิตช์กับไอซี

การแก้ปัญหาแรดเดอริงของหน้าสัมผัสนั้นใช้วิธีการตามในรูปที่ 2.25 (ข) และรูปที่ 2.25 (ค) ได้ ในรูปที่ 2.25 (ข) เป็นการต่อตัวเก็บประจุคร่อมหน้าสัมผัส(อาจมีตัวต้านทานเล็ก ๆ อนุกรมกับหน้าสัมผัสไว้ก็ได้)เพื่อให้แรงดันคร่อมหน้าสัมผัสเปลี่ยนแปลงทันทีไม่ได้ เมื่อเปิดสวิตช์ตัวเก็บประจุถูกชาร์จผ่าน 33 กิโลโอห์ม ทำให้แรงดันที่อินพุตของเกตค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แม้จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสก็ไม่มีผลต่อแรงดันมากนัก เมื่อปิดสวิตช์ตัวเก็บประจุจะคายประจุผ่าน 10 โอห์มไปที่สวิตช์ทันที แม้จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสอีกก็ไม่มีผลทำให้แรงดันเปลี่ยนแปลงอีกเช่นเดียวกัน เราสามารถเลือกค่า R (ตัว 33 กิโลโอห์ม) และ C ให้เหมาะสมกับระยะเวลาการสั่นของหน้าสัมผัสได้ R หรือ C ใหญ่จะทำให้ระยะเวลาการแก้แรดเดอริงทำได้นานขึ้น

อย่างไรก็ตาม แรงดันที่อินพุตของเกตจะเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าเพราะผลของตัวเก็บประจุ เราจึงนิยมใช้ไอซีที่เป็นชมิดต์ทริกเกอร์ต่อรับสัญญาณเข้าจากสวิตช์ ชมิดต์ทริกเกอร์จะให้เอาต์พุตที่เปลี่ยนจาก "1" เป็น "0" หรือ "0" เป็น "1" ที่ไวขึ้นมาก เมื่อส่งต่อให้ตัวอื่นจะได้ไม่มีปัญหา

การอินเตอร์เฟซสวิตช์ในรูปที่ 2.25 (ค) เป็นวงจรที่นิยมใช้กับสวิตช์ 3 ขั้ว คือมีขั้วร่วมขั้ว NO และขั้ว NC รูปวงจรดูซับซ้อนและใช้เกตมากหน่อย แต่เป็นวิธีการอินเตอร์เฟซที่ได้ผลดีที่สุด เกต NAND 2 ตัวในวงจรต่อเป็น RS-FF ขั้ว NO ต่อเข้าที่ขั้วเซตและขั้ว NC ต่อเข้าที่ขั้วรีเซตของฟลิปฟลอป

หลักการทำงานที่วงจรสามารถแก้ปัญหาแรดเดอริงมีง่าย ๆ คือ ไม่ว่า RS-FF จะถูกเซตกี่ครั้ง เอาต์พุตจะได้ "1" เหมือนกัน และไม่ว่าจะถูกรีเซตกี่ครั้ง เอาต์พุตก็เป็น "0" เหมือนเดิมเช่นกัน ดังนั้นเมื่อเรากดสวิตช์ หน้าสัมผัสแยกจากขั้ว NC มาขั้ว NO ตรงขั้ว NO จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสกี่ครั้ง เอาต์พุต Q จะเป็น "1" คงที่เสมอ เมื่อเราปล่อยมือจากการกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์ หน้าสัมผัสจะเด้งกลับมาแตะขั้ว NC เช่นเดิม ก่อนแตะแม้จะมีการสั่นของหน้าสัมผัสบ้าง แต่เอาต์พุต Q จะเป็น "0" ทันทีและคงค่าไว้เช่นนั้น

การต่อเอาต์พุตของไอซีไปที่สวิตช์ก็มีปัญหาอยู่บ้างเหมือนกัน เช่น การต่อเอาต์พุตของไอซีหลาย ๆ ตัวไปที่สวิตช์เลือกดังในรูปที่ 2.26 ข้อควรระวัง คือ สวิตช์เลือกที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบคือ แบบแยกก่อนแตะ (break before make) และ แบบแตะก่อนแยก (make before breake)

รูปที่ 2.26 สวิตช์เลือกที่ใช้กับเอาต์พุตของไอซี

สวิตช์เลือกที่เป็นแบบแยกก่อนแตะจะมีใช้กันมาก เมื่อปิดสวิตช์หน้าสัมผัสเคลื่อนที่จะเคลื่อนจากหน้าสัมผัสตรึงที่แตะอยู่ไปสู่หน้าสัมผัสตรึงขั้วถัดไป ในระหว่างเคลื่อนหน้าสัมผัสจะแยกออกก่อนแล้วค่อยไปแตะหน้าสัมผัสขั้วใหม่

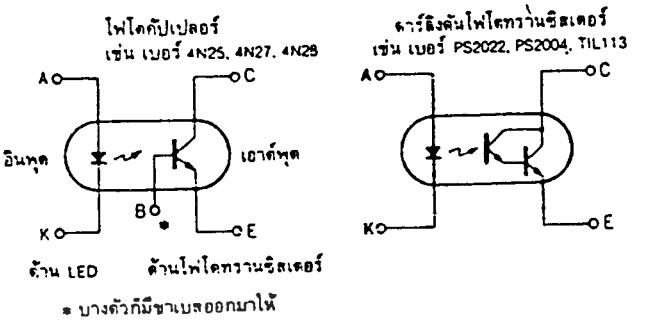
สวิตช์เลือกอีกแบบก็มีใช้กันเหมือนกัน แบบนี้ในระหว่างการเคลื่อนจากหน้าสัมผัสตรึงขั้วหนึ่งไปอีกขั้วหนึ่งนั้น หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ก็ยังแตะกับขั้วใดขั้วหนึ่งอยู่ตลอดเวลา ในบางขณะจะแตะกับหน้าสัมผัสตรึงทั้งสองขั้วก็มีจึงเรียกว่าแตะก่อนแยก แบบนี้ไม่ควรใช้กับเอาต์พุตของไอซีดิจิตอล เพราะในขณะปิดสวิตช์เลือกจะมีช่วงเวลาหนึ่งที่เอาต์พุตของไอซีถูกวงจรกันเองแม้จะเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ แต่ถ้าปิดสวิตช์บ่อย ๆ จะทำให้ไอซีเสียหายได้

การอินเตอร์เฟซโดยใช้โฟโตคัปเปลอร์

โฟโตคัปเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟซกันมาก ภายในโฟโตคัปเปลอร์จะมี LED กับโฟโตทรานซิสเตอร์วางคู่กันอยู่ LED จะอยู่ทางด้านอินพุต ส่วนโฟโตทรานซิสเตอร์จะอยู่ทางด้านเอาต์พุต เมื่อเราจ่ายกระแสเข้าไปที่ LED LED จะเปล่งแสงออกมา แสงนี้เรามองไม่เห็นเพราะอยู่ภายในโฟโตทรานซิสเตอร์เมื่อได้รับแสงนี้จะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวหรือ ON โฟโตคัปเปลอร์ที่มีขายกันในปัจจุบัน มีรูปร่างเหมือนไอซีทั่วไป อยู่ในตัวถังแบบดิพมีทั้งแบบพลาสติกและเซรามิก โฟโตทรานซิสเตอร์ภายในบางครั้งเป็นแบบดาร์ลิงตัน มีอัตราขยายสูงมาก อัตราขยายกระแสของโฟโตคัปเปลอร์คิดจากอัตราส่วนของกระแสอินพุตที่ป้อนให้ LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

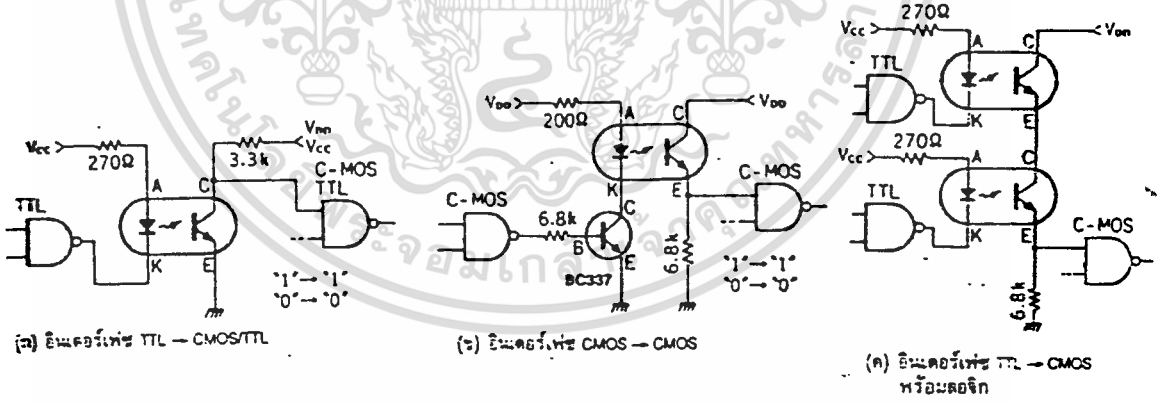
กับกระแสขาออกที่ทรานซิสเตอร์ขับได้ บางครั้งเรานำโฟโตคัปเปลอร์มาใช้เป็นวงจรขยายในวงจรอะนาลอกก็ได้



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของโฟโตคัปเปลอร์

คุณสมบัติที่เด่นที่สุดของโฟโตคัปเปลอร์คือ การที่อินพุตและเอาต์พุตแยกกันทางไฟฟ้าอย่างเด็ดขาดนั่นเอง คุณสมบัติอันนี้ทำให้วงจรที่ต่อเชื่อมกันด้วยโฟโตคัปเปลอร์ไม่ต่อถึงกันทางไฟฟ้า ใช้แหล่งจ่ายไฟแยกกันและมีกราวนด์แยกกันได้ ในวงจรที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและวงจรที่ต้องการกำจัดสัญญาณรบกวนมักจะใช้โฟโตคัปเปลอร์นี้

รูปที่ 2.28 แสดงวิธีการใช้โฟโตคัปเปลอร์เป็นวงจรอินเตอร์เฟซระหว่างสองวงจร อาจใช้เชื่อมต่อระหว่าง TTL กับ CMOS ก็ได้ หรือระหว่าง CMOS หรือ TTL กันเองก็ได้ สังเกตว่าการต่อวงจรทั้งแบบ (ก) และ (ข) ในรูปที่ 2.28 นั้น โฟโตคัปเปลอร์ทำหน้าที่คล้ายบัฟเฟอร์ คือสัญญาณ "1" และ "0" จะถูกส่งถ่ายกันโดยไม่มีการกลับสัญญาณ



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการอินเตอร์เฟซโดยใช้โฟโตคัปเปลอร์

รูปที่ 2.28(ค) เป็นการใช้งานที่พลิกแพลงมาก ใช้โฟโตคัปเปลอร์สองตัวมาต่อเป็นเงื่อนไข AND กัน จะเห็นว่าถ้า LED ทั้งสองสว่างจึงจะทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโตทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวไปที่ตัวต้านทาน 6.8 กิโลโอห์ม ทำให้สัญญาณ "1" เป็นเอาต์พุต ถ้ากรณีอื่นจะได้สัญญาณ "0" เป็นเอาต์พุต เราอาจใช้โฟโตคัปเปลอร์มาประกอบเป็นวงจร AND ,OR, NAND และ NOR ได้โดยใช้วิธีการเช่นนี้ ทำให้ทุ่นเกตเหล่านี้ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การประกอบแขนกลเพื่อใช้ในการทดลอง

3.1 หลักการทำงานของแขนกล

โครงงานนี้จะศึกษาการทำงานของแขนกลซึ่งจะควบคุมการทำงานโดยการควบคุมจะทำเป็น 3 แบบใหญ่คือ

1. การควบคุมโดยตรง (Manual control) จะบังคับแขนกลปรับเปลี่ยนระยะมุมและตำแหน่งโดยบังคับจากคีย์บอร์ดโดยตรง ซึ่งระยะตำแหน่งจะกะได้ด้วยสายตาและจะแสดงกราฟฟิกการบังคับ เมื่อเรากดคีย์บอร์ดตามที่กำหนดไว้ แขนก็จะขยับและจะอ่านค่าตำแหน่งนั้นไปแสดงที่กราฟฟิก การสั่งแขนให้จับหรือปล่อยโดยการกด H สำหรับการจับและ R สำหรับการปล่อย และยกเลิกการทำงานโดยการกด S

2. การควบคุมแบบปิด (Close loop control) เมื่อการส่งสัญญาณ input สั่งให้อุปกรณ์ทำงาน จะมีตัวคอยตรวจจับสัญญาณ output ที่ออกไป แล้วส่งสัญญาณป้อนกลับ (feedback) กลับมายังทาง input เปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งเอาไว้แล้วส่งสัญญาณ input ไปใหม่ ซึ่ง input ใหม่นี้จะแก้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจนกว่าค่าสัญญาณ feedback ที่ส่งมาเปรียบเทียบกับค่า input แล้วเท่ากันหรือเท่ากับค่า error ที่ยอมรับได้

ตัวจับสัญญาณนี้ จะเป็นตัวแปลงสัญญาณทางกายภาพ เช่น ความร้อน , ระยะทาง , ความดัน , ความเร็ว , ความแรง ฯลฯ ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยอาจจะเป็นสัญญาณอะนาลอกหรือดิจิตอลก็ได้ ตัวแปลงสัญญาณนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Transduoer และ Sensor ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้ตัวแปลงสัญญาณแบบระยะทางอย่างเดียว

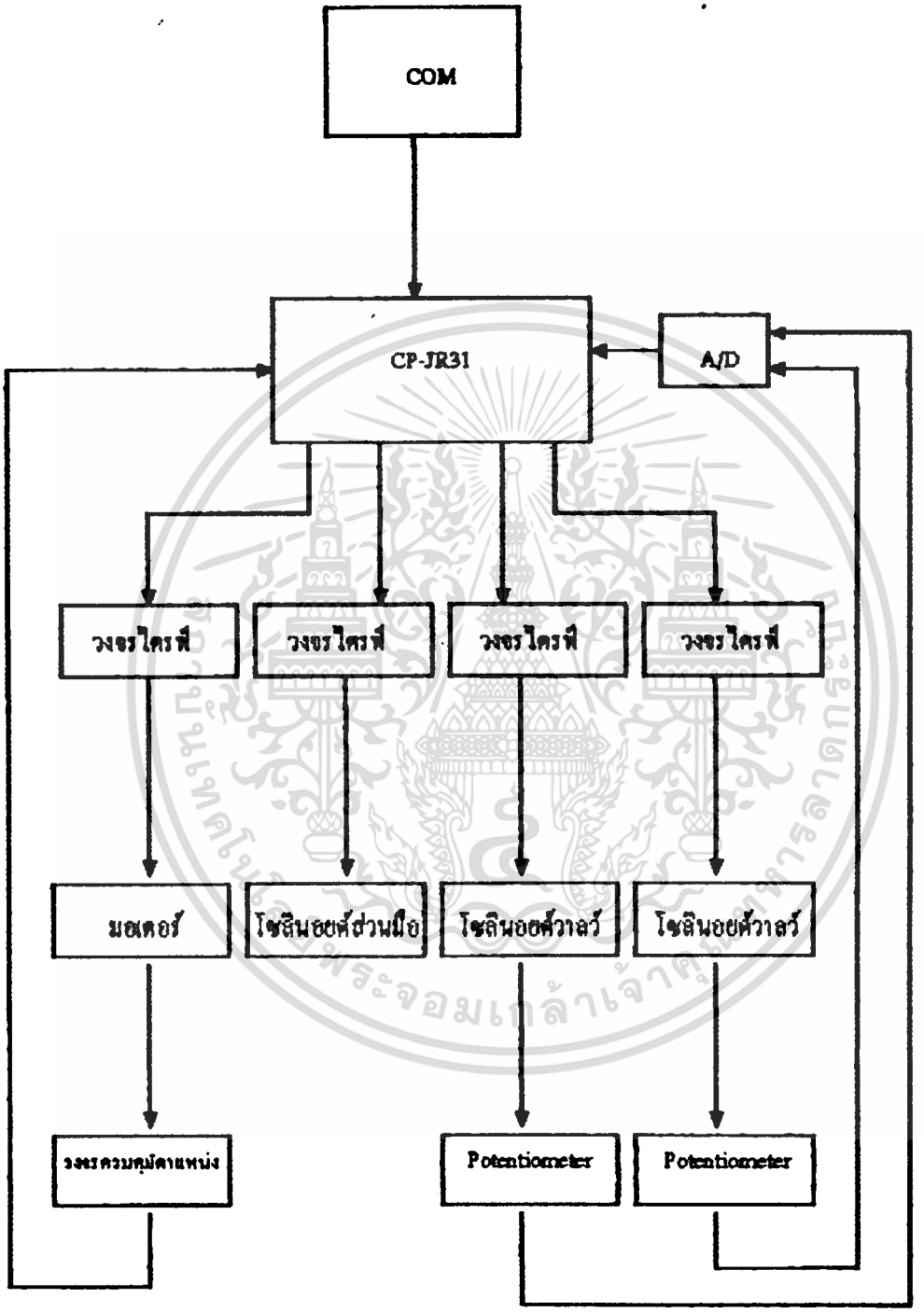
การควบคุมแบบปิดในโครงงานนี้จะแบ่งเป็น 2 ชนิดด้วยกันคือ

2.1 การควบคุมแบบอัตโนมัติ (Auto control) การควบคุมที่เราใส่ตำแหน่งที่เราต้องการลงไป แล้วแขนกลก็จะขยับไปยังตำแหน่งนั้นโดยอัตโนมัติ

2.2 การควบคุมแบบอ่านจากไฟล์ (Read file to control) คือการควบคุมแขนกลโดยการอ่านข้อมูลของตำแหน่งจากไฟล์ข้อมูลที่บันทึกไว้ ซึ่งข้อดีของการควบคุมแบบอ่านจากไฟล์คือสามารถกำหนดตำแหน่งให้มันเคลื่อนที่ได้ที่ละหลายตำแหน่ง ส่วนการทำงานของการควบคุมแบบอ่านจากไฟล์ที่จะทำงานให้แขนกลขยับนั้นจะเหมือนกับการควบคุมแบบอัตโนมัติ

รูปที่ 3.1 แสดงหลักการทำงานอย่างคร่าว ๆ ของการทำของแขนกลโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม หลักการทั้งหมด ซึ่งโปรแกรมควบคุมนั้นจะเขียนด้วยภาษา C แล้วส่งข้อมูลผ่านทาง Serial Port ของคอมพิวเตอร์เข้ามาทางบอร์ด CP-JR 31
ซึ่งบอร์ดประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงหลักการคร่าว ๆ ของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้