

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC ADVERTISEMENT PLACARD



นาย พรมศักดิ์ โลตฤทธิ
นาย สนทยา ประทุมผา
นาย อุทัย เสนานนท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...61783
วัน,เดือน,ปี 21 ก.ค. 2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ
AUTOMATIC ADVERTISEMENT PLACARD

โดย

นาย พรมศักดิ์ โลตฤทธิ
นาย สนทยา ประทุมผา
นาย อุทัย เสนานนท์



อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. ทวี เทศเจริญ
อ. ดำริห์ จันทร์แสงสุก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

AUTOMATIC ADVERTISEMENT PLACARD

ผู้จัดทำ

นายพรหมศักดิ์ โลดอุทุธิ์ รหัสประจำตัว 45015465

นายสนทยา ประทุมผา รหัสประจำตัว 45015480

นายอุทัย เสนานนท์ รหัสประจำตัว 45015493



ดร. ทวี เทศเจริญ

(รศ. ทวี เทศเจริญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

นาย พรหมศักดิ์ โลศฤทธิ 45015465
 นาย สนทยา ประทุมผา 45015480
 นาย อุทัย เสนานนท์ 45015493
 รศ. ทวี เทศเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา
 อ. คำรห์ จันทร์แสงสุข อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

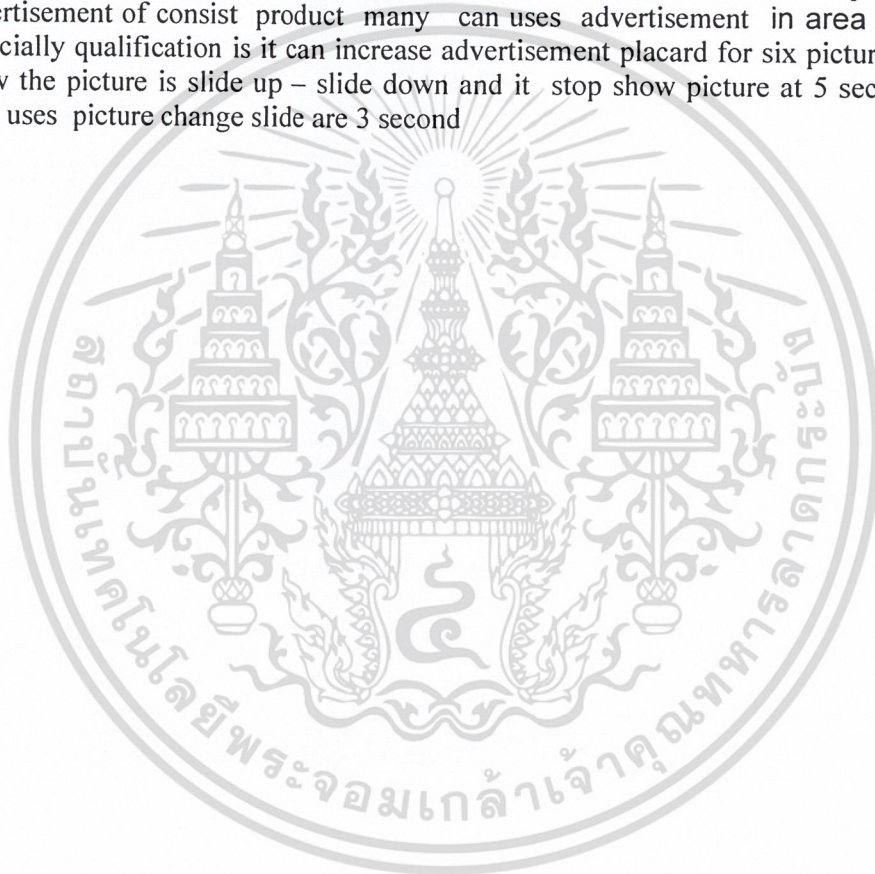
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอวิธีการออกแบบกลไกการทำงาน วงจรควบคุมการทำงานและสร้างเครื่องต้นแบบของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ เพื่อต้องการเพิ่มจำนวนภาพโฆษณาของสินค้าหรือสื่อโฆษณาที่มีส่วนประกอบจำนวนมากให้สามารถใช้โฆษณาได้ในพื้นที่ ที่มีขอบเขตจำกัด ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบ ของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติที่มีลักษณะของการเลื่อนอัตโนมัติเป็นแบบเลื่อนขึ้นเลื่อนลง ขนาดของภาพที่ใช้แสดงมีความกว้าง 1 เมตร สูง 1 เมตร หุคแสดงภาพเป็นเวลา 5 วินาที ใช้เวลาในการเลื่อนเปลี่ยนภาพ 3 วินาทีโดยให้มีจำนวนภาพโฆษณาตั้งแต่ 6 ภาพขึ้นไป

AUTOMATIC ADVERTISEMENT PLACARD

Promsak lotoolit
Sontaya pratumpa
Uthai senanon
Assoc.Prof. Thavee Teschareon Advisor

Abstract

This thesis is concerned with the design and builds machinery and circuit diagram an. Automatic Advertisement Placard and increase Advertisement Placard of product or advertisement of consist product many can uses advertisement in area limit An especially qualification is it can increase advertisement placard for six pictures up. It show the picture is slide up – slide down and it stop show picture at 5 second and time uses picture change slide are 3 second



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จได้ก็คือ อาจารย์ ทวี เทศเจริญ และอาจารย์ คำรึห์ จันทรแสงสุก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมาซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณมณฑา ช่างเทคนิคประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำงานทุกด้านที่คณะผู้วิจัยคิดขัดหรือไม่สามารถทำเองได้รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกคนที่คอยให้กำลังใจเสมอมา

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมาในทุกๆ ด้าน อันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

พรหมศักดิ์ โลดอุทุทธ์
สนทนา ประทุมผา
อุทัย เสนานนท์

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
ตารางสัญลักษณ์	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและการคำนวณ	2
2.1 รีเลย์และคอนแทกเตอร์	2
2.2 รีเลย์ตั้งเวลา	4
2.3 หลอดสัญญาณ	6
2.4 สวิตช์ไม่กด	6
2.5 สายไฟสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์	6
2.6 อุปกรณ์ปลดวงจร	7
2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการลัดวงจร	7
2.8 อุปกรณ์ป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์	8
2.9 อุปกรณ์ตรวจจับ	8
2.10 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์	11
2.11 คาปาซิเตอร์	12
2.12 กำลังและประสิทธิภาพ ของมอเตอร์เฟสเดียว	13
2.13 ชุดเฟืองหนอน	14
2.14 คัปปลิง	16
2.15 โรตลิ่งเบริง	17
2.16 โซ่	17
2.17 เมรก	18
2.18 การออกแบบเพลลา	19
2.19 การออกแบบขนาดของมอเตอร์	21
2.20 การคำนวณชุดเฟืองหนอน	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21 การคำนวณหาขนาดโซ่	24
2.22 การหาแรงบิดที่ใช้และขนาดของเพลลา	26
2.23 การคำนวณหาขนาดของเพลลา	28
2.24 การคำนวณอายุการใช้งานของแบร์ริง	30
บทที่ 3 ลักษณะของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	32
3.1 ลักษณะทั่วไปของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	32
3.2 ลักษณะการทำงานของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	37
3.3 ลักษณะของชุดควบคุมการทำงานของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	38
บทที่ 4 สรุปผลการดำเนินโครงการงาน	41
ภาคผนวก	43
บรรณานุกรม	



สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและรูปภาคตัดจริงของรีเลย์	2
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์และรีเลย์ช่วย	3
รูปที่ 2.3 แสดงรีเลย์ตั้งเวลา	5
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลารีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟเลี้ยงตลอดเวลา	5
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลารีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟเลี้ยงชั่วขณะ	5
รูปที่ 2.6 แสดงสวิตช์แบบปุ่มกด	6
รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการลัดวงจร	7
รูปที่ 2.8 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ แบบแยกตัวรับและตั้งส่ง	8
รูปที่ 2.9 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ แบบใช้แผ่นสะท้อนแสง	9
รูปที่ 2.10 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์แบบใช้ชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสง	9
รูปที่ 2.11 แสดงการต่อใช้งานเซนเซอร์แบบ PNP	10
รูปที่ 2.12 แสดงการต่อใช้งานเซนเซอร์แบบ NPN	10
รูปที่ 2.13 แสดง เซนเซอร์แบบปกติไม่ทำงานกับแบบปกติทำงานในตัวเดียวกัน	10
รูปที่ 2.14 แสดงเซนเซอร์แบบที่ใช้กับไฟ	11
รูปที่ 2.15 แสดงมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์	12
รูปที่ 2.16 แสดงคาปาซิเตอร์ ชนิด อิเล็กโทรไลติก	12
รูปที่ 2.17 แสดงคาปาซิเตอร์ ชนิดบรรจุน้ำมัน	13
รูปที่ 2.18 แสดงคัปปลิงแบบอ่อนตัว	17
รูปที่ 2.19 แสดงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน	24
รูปที่ 2.20 แสดง เฟืองโซ่ และ ชุดเบรคบนเพลลา	26
รูปที่ 2.21 แสดงแรงต่างๆ ที่กระทำบนเพลลา	26
รูปที่ 2.22 แสดงแรงต่างๆที่กระทำบนระนาบ y-z	27
รูปที่ 2.23 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณแรงเฉือนในเพลลาบนระนาบ y-z	27
รูปที่ 2.24 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณโมเมนต์คดในเพลลาบนระนาบ y-z	27
รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเพลลาม้วนเก็บผ้า	32
รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของส่วนปรับความตึงของผ้า	33
รูปที่ 3.3 แสดงภาพส่วนประกอบด้านหน้าของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	33
รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบด้านข้างของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	34
รูปที่ 3.5 แสดงชุดควบคุมการทำงาน	34
รูปที่ 3.6 แสดงชุดส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์	35
รูปที่ 3.7 แสดงชุดเฟืองทดความเร็วรอบ	35
รูปที่ 3.8 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับสัญญาณของภาพโฆษณา	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงคาปาซิเตอร์ที่ใช้สตาร์ทมอเตอร์	36
รูปที่ 3.10 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 1	31
รูปที่ 3.11 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 2	37
รูปที่ 3.12 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 3	38
รูปที่ 3.13 แสดงเซนเซอร์ แบบแยกตัวรับและตั้งส่งที่ใช้กับป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ	39
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมการทำงาน	39
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกำลังงาน(มอเตอร์)ตั้งแต่เริ่มสตาร์ท	41
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิดที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อน ขณะสตาร์ท	41



ตารางสัญลักษณ์

N_s คือ ความเร็วเชิงโคจรของมอเตอร์ไฟฟ้า

f คือ ความถี่ของกระแสไฟฟ้า

N_{slip} คือ ความเร็ว สลิป

N_r คือ ความเร็วโรเตอร์

P คือ กำลังไฟฟ้า

V คือ แรงดัน ไฟฟ้า

I คือ กระแสไฟฟ้า

η_m คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์

P_i คือ ด้านอินพุตของมอเตอร์

P_o คือ กำลังด้านเอาต์พุตของมอเตอร์

η_w คือ ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน

d_w คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของเกิลียวตัวหนอน

λ_w คือ มุมหลิศของเกิลียวตัวหนอน

Φ_n คือ มุมกคณอมัลของเกิลียวตัวหนอน

m_w คือ อัตราทดของเกิลียวตัวหนอน

c คือ ระยะระหว่างศูนย์กลาง ของชุดเฟืองหนอน

T คือ โมเมนต์บิด

L คือ ความยาว

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่

ω คือ ความเร็วเชิงมุม

G คือ โมดูลัสเฉือน

hp คือ กำลังเป็นแรงม้า

n คือ ความเร็วรอบของเพล

σ_{eq} คือ ความเค้นดึงสมมูล

T_{eq} คือ ความเค้นเฉือนสมมูล

σ_m คือ ความเค้นดึงเฉลี่ย

σ_y คือ ความเค้นดึงคราก

σ_s คือ ความเค้นดึงส่วนเปลี่ยน

σ_n คือค่าความต้านทานแรงทนทาน

σ_u คือ ความเค้นดึง อัลติเมต

T_m คือ ความเค้นเฉือนเฉลี่ย

T_y คือ ความเค้นเฉือนคราก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_a	คือ ความเค้นเฉือน ส่วนเปลี่ยน
k_f	คือ ค่าตัวประกอบความหนาแน่นจริง
k_{fs}	คือ ค่าตัวประกอบความหนาแน่น
k_a	คือ ค่าตัวประกอบของผิว
k_b	คือ ค่าตัวประกอบของขนาด
F_a	คือแรงกระทำกับแบร็งก์ในแนวแกน
F_R	คือแรงกระทำกับแบร็งก์ในแนวรัศมี
P	คือแรงสมมูล
T_m	คือ โมเมนต์บิดเฉลี่ย
T_a	คือ โมเมนต์บิดส่วนเปลี่ยน
M_m	คือ โมเมนต์ดัดเฉลี่ย
M_a	คือ โมเมนต์ดัดส่วนเปลี่ยน
W	คือ น้ำหนัก
y	คือ ระยะโก่ง
n_c	คือ ความเร็ววิกฤต



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันสื่อทางด้านโฆษณามีบทบาทต่อผู้บริโภคเป็นอย่างมากทำให้มีการแข่งขันด้านโฆษณาสูง ไม่ว่าจะเป็นสื่อทางโทรทัศน์ วิทยุ แผ่นปลิว แผ่นพับและป้ายโฆษณาที่ติดตามสถานที่ต่างๆ โดยเฉพาะ แผ่นปลิว แผ่นพับและป้ายโฆษณาที่ติดตามสถานที่ต่าง ๆ นั้นเมื่อเวลาผ่านไป หรือไม่มีความต้องการแล้ว สิ่งเหล่านี้จะไม่เกิดประโยชน์และกลายเป็นขยะในที่สุด นอกจากนี้แล้วยังมีสินค้าหรือสื่อโฆษณาที่มี ส่วนประกอบจำนวนมากๆ ที่ต้องการพื้นที่ในการโฆษณาเป็นจำนวนมากแต่มีพื้นที่จำกัดทำให้เป็นปัญหา ต่อการโฆษณาสินค้า เช่น การโฆษณา สินค้าประเภทรถยนต์มีส่วนประกอบคือ เครื่องยนต์ ระบบส่ง กำลัง ระบบบังคับเลี้ยว เป็นต้น หรือบริษัท ห้างหุ้นส่วน ที่มีสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หลายชนิดสามารถใช้พื้นที่ที่มีอยู่โฆษณาสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด

ดังนั้นจึงได้สร้างป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติเพื่อเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับการ โฆษณาโดยให้ความจุ 6 ภาพ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มจำนวนของภาพโฆษณาให้มากขึ้นกว่านี้ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาและออกแบบกลไกการทำงาน
2. เพื่อศึกษาและออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน
3. สร้างเครื่องต้นแบบของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถทำการออกแบบกลไกการทำงาน ออกแบบวงจรควบคุมการทำงาน และสร้างเครื่องต้นแบบของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติได้
2. ทดสอบการทำงานของ ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติให้สามารถใช้เวลาที่หยุดแสดงภาพ เวลาที่ใช้ในการเลื่อน เปลี่ยนภาพและจังหวะการทำงาน ได้ตามที่ได้กำหนดไว้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและค้นคว้าข้อมูล การออกแบบกลไกการทำงานและวงจรควบคุมการทำงาน
2. ทำการออกแบบกลไกการทำงานและวงจรควบคุมการทำงานเบื้องต้นและปรับปรุง
3. ออกแบบรายละเอียดและสร้างเครื่องต้นแบบของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ
4. ทดสอบการทำงาน เก็บรายละเอียด และแก้ไขปรับปรุง

บทที่ 2

ทฤษฎีและการคำนวณ

2.1 รีเลย์และคอนแทคเตอร์

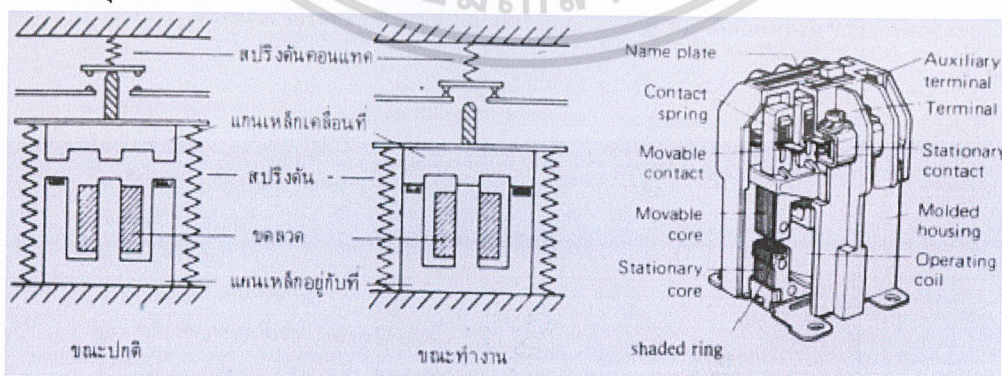
รีเลย์ (Relay) หมายถึงสวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยให้เกิดการตัดต่อวงจรควบคุม เช่น คอลย์ของคอนแทคเตอร์รีเลย์ตัวอื่นๆ โซลินอยด์ (Solenoids) แต่ก็ใช้เป็นตัวตัดต่อวงจรกำลังขนาดเล็กบ้างเหมือนกัน เช่น วงจรหลอดสัญญาณ หููดสัญญาณ หรือมอเตอร์ขนาดเล็ก เป็นต้น

คอนแทคเตอร์ (Contactor) หมายถึงสวิตช์ที่ทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กช่วยให้เกิดการตัดต่อในวงจรกำลังที่ใช้กระแสค่อนข้างสูงประมาณ 30-300 แอมแปร์ คอนแทคเตอร์มีส่วนประกอบและโครงสร้างเหมือนกับรีเลย์ แต่มีขนาดใหญ่กว่า และอาจมีอุปกรณ์ช่วยดับการอาร์คที่คอนแทคเพิ่มขึ้น

2.1.1 โครงสร้างและการทำงานของรีเลย์และคอนแทคเตอร์

รีเลย์และคอนแทคเตอร์จะมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกัน กล่าวคือ จะมีแกนเหล็กรูปตัว E อัดซ้อนกันเป็นแท่งอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งถูกยึดติดอยู่กับที่ ที่ขากลางของแกนเหล็กชุดนี้จะมีขดลวดซึ่งพันอยู่บนบอบป็นสวมอยู่ ขดลวดชุดนี้จะเป็นตัวสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา ส่วนที่ขาตัว E อีก 2 ข้าง จะมีลวดทองแดงเส้นใหญ่ต่อลัดวงจรไว้เป็นรูปวงแหวนและฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเพื่อช่วยลดการสั่นของแกนอันเนื่องมาจากกระแสสลับ เรียกว่า Shaded ring สำหรับแกนเหล็กอีกชุดหนึ่งจะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ โดยมีตัวคอนแทคยึดติดอยู่ แกนเหล็กทั้ง 2 ชุดนี้ ทำมาจากเหล็กแผ่นบางๆ ที่ผลิตเคลือบด้วยฉนวน

ในสภาวะปกติ (off) แกนเหล็กทั้ง 2 ชุดนี้ จะถูกดันให้ห่างออกจากกันด้วยสปริงที่ขาทั้ง 2 ข้างของแกน ทำให้ตัวคอนแทคบางตัวต้องจรของจุดสัมผัสให้ถึงกัน เราเรียกคอนแทคชุดนี้ว่า “คอนแทคปกติปิด” ในขณะเดียวกัน ก็มีคอนแทคบางตัวที่ไม่ได้ต่อกับจุดสัมผัส เราเรียกคอนแทคชุดนี้ว่า “คอนแทคปกติเปิด” ขดลวดที่ขากลางของแกนเหล็กจะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมา เมื่อมันได้รับพลังงานไฟฟ้า แรงจากอำนาจแม่เหล็กจะชนะแรงสปริงดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้ (on) คอนแทคทั้ง 2 ชุด จะเปลี่ยนสภาวะการทำงาน คือ คอนแทคปกติปิด จะเปิดวงจรของจุดสัมผัสออก และคอนแทคแบบปกติเปิดจะต้องจรของจุดสัมผัส คอนแทคทั้ง 2 ชุดนี้ จะกลับไปอยู่ในสภาวะเดิมอีกครั้งเมื่อหยุดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับขดลวด



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและรูปภาคตัดจริงของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปกติคอนแทกแบบปกติปิดจะใช้ตัด-ต่อวงจรควบคุมเท่านั้น ส่วนคอนแทกแบบปกติเปิดบางชุดจะทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรควบคุม และบางชุดจะทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรกำลัง เราเรียกคอนแทกที่ทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรควบคุมว่า คอนแทกช่วย (Auxiliary contact) และเรียกคอนแทกที่ทำหน้าที่ตัด-ต่อวงจรกำลังว่า คอนแทกเมน (Main contact)

คอนแทกเมนของคอนแทกเตอร์ จะมีขนาดใหญ่กว่าคอนแทกช่วย แต่สำหรับรีเลย์ คอนแทกตัวที่ทำหน้าที่คอนแทกเมนจะมีขนาดพอกับคอนแทกช่วย เนื่องจากจ่ายกระแสให้กับภาระ ขนาดเล็กเท่านั้น

2.1.2 ชนิดและขนาดของคอนแทกเตอร์ไฟฟ้า

คอนแทกเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะของโหลด และการใช้งาน คือ AC 1 AC 2 AC 3 และ AC 4

AC1: เป็นคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโหลดที่เป็นความต้านทาน หรือในวงจรที่มีค่าอินดักทีฟน้อยๆ

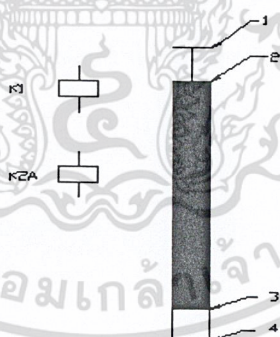
AC2: เป็นคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับโหลดที่เป็นสลิงปรัง มอเตอร์

AC3: เป็นคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้สตาร์ทและหยุดโหลดที่เป็นมอเตอร์กระแสรวม

AC2: เป็นคอนแทกเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้สตาร์ท-หยุดมอเตอร์วงจร Jogging และกลับทางหมุนของมอเตอร์แบบโรเตอร์กระแสรวม

ขนาดของคอนแทกเตอร์นิยมเรียกเป็น Size 0, Size 1, Size 2... เป็นต้น Size ซึ่งตามด้วยตัวเลขที่มีค่ามากกว่าจะแสดงถึงขนาดคอนแทกเตอร์ที่ใหญ่กว่า

2.1.3 สัญลักษณ์แสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์และรีเลย์ช่วย



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของคอนแทกเตอร์และรีเลย์ช่วย

1. ชิดหนา สัน แสดงถึงไฟเริ่มเข้าคอยล์ของคอนแทกเตอร์ หรือรีเลย์ช่วย หลังจาก ที่มีกระแสไฟไหล ผ่านคอยล์แล้ว จะทำให้คอนแทกเตอร์ทำงาน ระยะห่างระหว่าง 1 ถึง 2 แสดงถึงระยะเวลาการเปลี่ยนตำแหน่งของคอนแทกจากปกติเปิดเป็นปิดหรือจากปิดเป็นเปิด การเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ใช้ขนาดเท่ากัน

2. ชีตแสดงคอนแทกเปลี่ยนสถานะเสร็จแล้ว ช่วงระบายค่าทั้งหมดแสดงถึงขณะนี้คอนแทกเตอร์ยังคงมีไฟเลี้ยงคอยอยู่
3. ชีตที่ไฟหมดไปจากคอยล์ของคอนแทกเตอร์ หรือรีเลย์
4. เมื่อไฟหมดไปจากคอยล์ของคอนแทกเตอร์ คอนแทกจะยังคงทำงานอยู่อีกเป็นระยะเวลาสั้นๆ เนื่องจาก เส้นแรงแม่เหล็ก ตกค้าง และจะเริ่มกลับสู่สภาวะเดิมเมื่อถึงขีดหมายเลข 4 ระยะห่างระหว่าง 3 ถึง 4 เขียนโดยประมาณเท่ากับระยะห่างระหว่าง 1 ถึง 2

2.1.4 ข้อดีของการใช้รีเลย์และคอนแทกเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตช์กำลังอื่นๆ

1. ให้ความปลอดภัยสำหรับผู้ควบคุม อันตรายจากการตัดต่อของวงจรกำลังซึ่งมีกระแสไฟฟ้าไหลค่อนข้างสูง เช่น การสาร์ทมอเตอร์ตัวใหญ่ และจะทำให้เกิดการอาร์คที่หน้าคอนแทกขณะเริ่มสาร์ท ทั้งนี้เพราะสามารถใช้กระแส หรือแรงเคลื่อนต่ำๆ ไปควบคุมควบคุมคอยล์ของคอนแทกเตอร์ ทำให้เกิดการตัดต่อในวงจรกำลัง แทนการสลับสวิตช์กำลังด้วยมือโดยตรง นอกจากนี้ยังสามารถย้ายจุดควบคุมไปอยู่ในที่ๆปลอดภัยและห่างจากวงจรกำลังได้
2. ให้ความสะดวกในการควบคุม เพราะสามารถใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ในการควบคุมวงจรต่างๆ เช่น วงจรลิฟท์ ซึ่งจะสามารถควบคุมให้หยุดได้เองเมื่อลิฟท์วิ่งถึงชั้นที่ต้องการ
3. ประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ (Manual control) ในบางกรณีการะ ที่ต้องการควบคุมจำเป็นต้องอยู่ห่างจากแหล่งจ่ายไฟ และจุดควบคุมด้วยมือ สายของวงจรกำลังจะต้องเดินจากแหล่งจ่ายไฟไปยังจุดควบคุมจากนั้นจึงเดินไปยังภาระ แต่เมื่อใช้การควบคุมด้วยคอนแทกเตอร์ จะช่วยให้ประหยัด เพราะสายของวงจรกำลังสามารถเดินจากแหล่งจ่ายไฟไปยังภาระได้โดยตรง ส่วนสายที่เดินไปยังจุดควบคุมจะเป็นสายของวงจรควบคุม ซึ่งมีขนาดเล็ก

2.2 รีเลย์ตั้งเวลา (Timer relay)

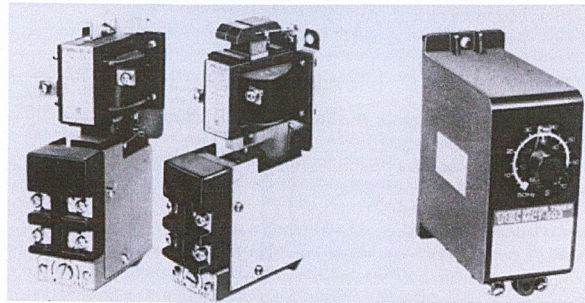
เป็นรีเลย์ที่สามารถตั้งเวลาการทำงานของคอนแทกได้มีหลายชนิด แบ่งตามชนิดการทำงานของคอนแทกมี 2 แบบ คือ

1. หน่วงเวลาหลังจากเอาไฟเข้า

เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลย์ตั้งเวลาคอนแทกจะอยู่ในตำแหน่งเดิมก่อนเมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้แล้วคอนแทกจึงเปลี่ยนไปที่สภาวะตรงข้าม และจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟให้กับรีเลย์

2. หน่วงเวลาหลังจากเอาไฟออก

เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลย์ตั้งเวลาคอนแทกจะเปลี่ยนสภาวะทันที หลังจากที่ได้ไฟออกจากขดลวดแล้ว และถึงเวลาที่ตั้งไว้คอนแทกจึงจะกลับมาอยู่สภาวะเดิมรีเลย์ตั้งเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์และแบบใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนไม่สามารถทำงานแบบนี้ได้

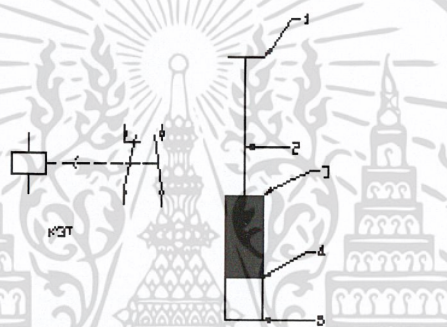


Pneumatic time relay Motor driven relay

รูปที่ 2.3 แสดงรีเลย์ตั้งเวลา

2.2.1 สัญลักษณ์เขียนแสดงการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลา

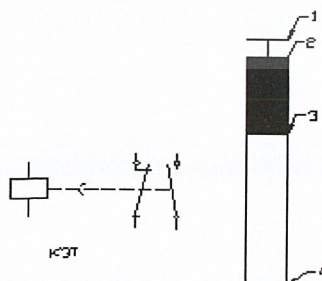
1. รีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟฟ้าเลี้ยงตลอดเวลา (ตั้งเวลาหลังจากจ่ายไฟเข้า)



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลารีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟฟ้าเลี้ยงตลอดเวลา

1. ชีตหนา สั้น แสดงการเริ่มมีไฟจ่ายให้รีเลย์
2. แทนช่วงตั้งเวลาของคอนแทค จะชียาวกว่าของคอนแทคเตอร์
3. จุดที่คอนแทคเปลี่ยนสภาวะ
4. เมื่อตัดไฟออก
5. คอนแทค กลับสู่สภาวะเดิม

2. รีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟฟ้าเลี้ยงชั่วขณะ (ตั้งเวลาหลังจากตัดไฟออก)



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของรีเลย์ตั้งเวลารีเลย์ตั้งเวลาแบบใช้ไฟฟ้าเลี้ยงชั่วขณะ

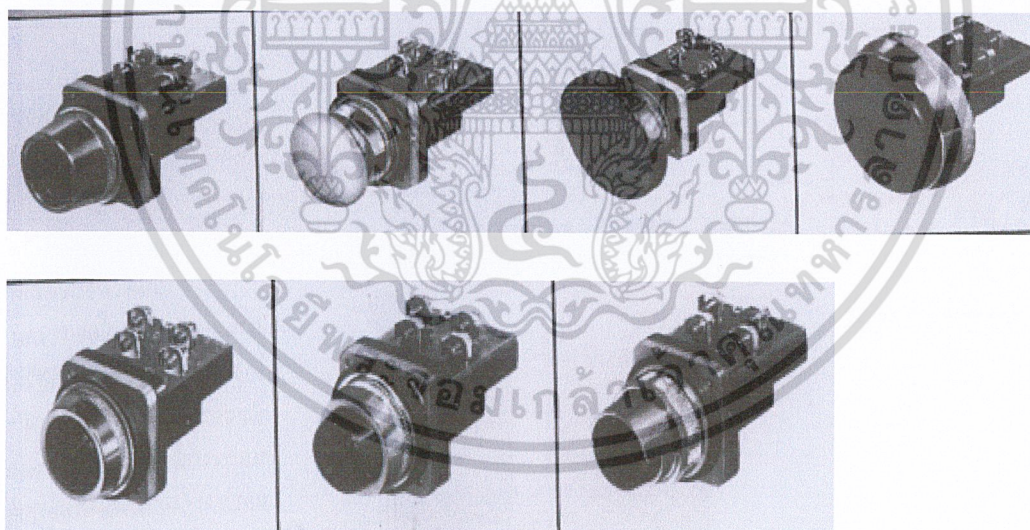
- 1.เริ่มมีไฟจ่ายให้รีเลย์ตั้งเวลา
- 2.คอนแทกเปลี่ยนสภาวะ
- 3.ตัดไฟจ่ายให้รีเลย์ออกขณะนี้เริ่มนับเวลาการทำงานของคอนแทก ตามที่ตั้งไว้
- 4.คอนแทก กลับสู่สภาวะเดิม

2.3 หลอดสัญญาณ (Signal lamp, Pilot lamp)

เป็นหลอดไฟที่ใช้แสดงสถานะในการทำงานมีหลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลงเล็ก สำหรับจ่ายไฟให้หลอดที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดและเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนส์ การต่อหลอดสัญญาณจะไม่ต่อขนานกับขดลวดของรีเลย์ เนื่องจากขดลวดของรีเลย์จะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าสูงขณะ ON-OFF ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานสั้นลง และในกรณีที่ขดลวดของรีเลย์ขาด อาจทำให้การตรวจพบล่าช้า เนื่องจากไปวัดความต้านทานของหลอดไฟเข้า

2.4 สวิตช์ปุ่มกด (Push button switch)

โดยทั่วไปตัวสวิตช์จะมีคอนแทกปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทกในตัวเดียวกัน แต่สามารถนำคอนแทกมาต่อเพิ่มได้ตามต้องการ ตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ กระแสของคอนแทก จำนวนและชนิดของคอนแทก แรงดันใช้งาน ขนาดและรูปแบบที่ต้องการใช้



รูปที่ 2.6 แสดงสวิตช์แบบปุ่มกด

2.5 สายไฟสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์

สายไฟที่ใช้สำหรับต่อเข้ากับมอเตอร์นั้น จะต้องมีความทนกระแสไม่ต่ำกว่า 125% หรือ 1.25 เท่าของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์ แต่ทั้งนี้ต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร

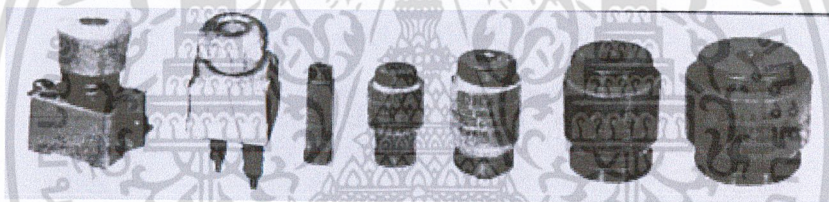
พิกัดกระแสมอเตอร์ (Rated Current) หมายถึง ปริมาณกระแสของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่พิกัดโหลด แรงดันและความถี่ ตามกำหนด ซึ่งค่าที่ได้นี้สามารถนำไปใช้ในการหาขนาดของตัวนำหรือสายไฟ สวิตช์ อุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร พิกัดกระแสของมอเตอร์นี้สามารถสังเกตบนแผ่นป้ายที่ตัวมอเตอร์

2.6 อุปกรณ์ปลดวงจร

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัดต่อไฟจากแหล่งจ่ายภายนอกกับส่วนที่จะส่งไปยังมอเตอร์ ซึ่งโดยมากจะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) นอกจากนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังถือว่าเป็นอุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ที่คอยตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดการใช้กระแสไฟมากกว่าปกติซึ่งในกรณีที่นำมาใช้ในวงจรควบคุมมอเตอร์จะมีค่าไม่เกิน 115 % หรือ 1.15 เท่า ของพิกัดกระแสโหลดเต็มที่ของมอเตอร์

เมื่อ AF (Amp. Frame) คือขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และ AT (Amp. Trip) คือขนาดของกระแสที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ทำงาน หรือกระแสพิกัดต่อเนื่อง ซึ่งค่าของ AF จะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าของ AT เสมอ และ ในการนำมาใช้งานจะ พิจารณาที่ค่า AT เป็นหลัก

2.7 อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการลัดวงจร



รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันการลัดวงจร

ฟิวส์ที่ใช้ในวงจรควบคุมและวงจรกำลัง จะเป็นฟิวส์แรงดันต่ำที่เรียกว่า ปลั๊กฟิวส์ ซึ่งมีขนาดและรูปร่างหลายแบบ ฟิวส์ดังกล่าวเป็นแบบ HRC ฟิวส์ (High Rupture Capacity Fuse) ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษ คือ สามารถตัดกระแสลัดวงจรจำนวนมากๆ ได้อย่างปลอดภัย

ขนาดของฟิวส์จะต้องมีคุณสมบัติทนกระแสในช่วงสตาร์ทได้ (Time Current Characteristics) โดยมีค่าอัตรากระแสสูงเป็น 3 เท่าของกระแสของมอเตอร์ ขณะรับโหลดเต็มที่เมื่อมอเตอร์นั้นเป็นมอเตอร์กระแสสลับเฟสเดียว หรือสามเฟสที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก หรือเป็นซิงโครนัสมอเตอร์ และมีค่าอัตรากระแสสูงเป็น 1.5 เท่าของกระแสของมอเตอร์ขณะรับโหลดเต็มที่เมื่อมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวดหรือมอเตอร์กระแสตรง

ปัจจุบันฟิวส์แบบนี้ไม่ค่อยนิยมมาใช้ในการวงจรกำลังมากนัก โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเข้ามาแทนที่เนื่องจากกรณีที่มีการลัดวงจรได้ฟิวส์ของปลั๊กฟิวส์จะขาดต้องเปลี่ยนใหม่ แต่ในวงจรควบคุมที่กระแสไม่มากนักก็ยังคงนิยมใช้กันอยู่

2.8 อุปกรณ์ป้องกันการใช้งานเกินกำลังของมอเตอร์

กรณีที่ต่อสายไฟจากคอนแทคเตอร์โดยตรง หากมอเตอร์มีการทำงานเกินกำลังหรือมอเตอร์ใช้กระแสไฟมากกว่าปกติ อาจทำให้มอเตอร์ไหม้ได้ จึงมีการนำเอาโอเวอร์โวลต์รีเลย์มาต่อไว้ก่อนจ่ายไฟเข้ามอเตอร์ โดยทั่วๆ ไปแล้ว โอเวอร์โวลต์รีเลย์นิยมทำเป็นแบบ ไบเมทอล (Thermal Overload Relay) ซึ่งใช้กระแสที่ไหลผ่านเป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง การตัดวงจรอาศัยการงอตัวของไบเมทอลขณะร้อนเนื่องจากการเสียดสีมากเกินไป และจะกลับมามีตัววงจรอีกครั้งเมื่อไบเมทอลเย็นตัวลง

โอเวอร์โวลต์รีเลย์มีอยู่ 2 แบบ คือ เมื่อวงจรไปแล้วจะกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม เมื่อเย็นตัวลง กับแบบมีรีเซ็ต คือ เมื่อตัดวงจรไปแล้ว คอนแทคเตอร์จะถูกล็อกเอาไว้ ถ้าต้องการให้ทำงานอีกครั้ง ทำได้โดยกดปุ่มรีเซ็ตให้คอนแทคกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม

โดยทั่วไปโอเวอร์โวลต์รีเลย์จะมีย่านให้ปรับกระแส เช่น 7...11 , 11...15, 30...45 เป็นต้น ซึ่งการปรับสามารถกระทำได้โดยการหมุนที่ปุ่มปรับกระแสโดยให้ขนาดกระแสที่ต้องการอยู่ตรงกับจุดเทียบ ซึ่งกระแสนี้ว่านี้ ก็คือ กระแสปกติของมอเตอร์

2.9 อุปกรณ์ตรวจจับ (SENSOR)

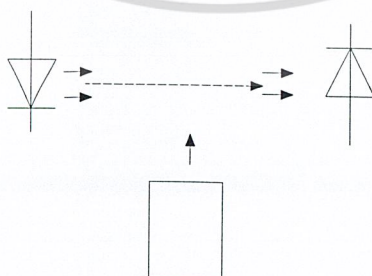
อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานในงานอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกระบวนการทำงานที่เป็นแบบอัตโนมัติ นั่นคือ จะใช้ทำหน้าที่ในการตรวจจับ หรือรับสัญญาณจากกระบวนการทำงาน หรืออุปกรณ์ทำงาน ซึ่งเป็นค่าทางฟิสิกส์หรือกายภาพต่างๆ ความร้อน แสง สี เสียง การเคลื่อนที่ระยะทาง เป็นต้น แล้วเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นให้อยู่ในรูปที่อุปกรณ์ควบคุมสามารถตอบสนองได้

2.9.1 ออปติกเซนเซอร์ (OPTOC SENSOR)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะใช้แสงในการตรวจจับชิ้นงาน ซึ่งส่วนใหญ่ใหญ่จะใช้แสงอินฟราเรดและแสงสีแดงโดยในที่นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มด้วยกันคือ

1. แบบแยกตัวรับและตัวส่ง (THROUGH BEAM SENSOR)

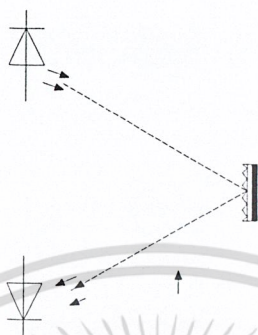
ออปติกเซนเซอร์ประเภทนี้จะแยกตัวรับและตัวส่งอยู่คนละตำแหน่งกัน แต่จะต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน บางครั้งอาจเรียก เซนเซอร์ประเภทนี้ว่าเป็นแบบทางเดียว (ONE-WAY LIGHT BARRIER) ระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะไกลกว่าประเภทอื่นๆ



รูปที่ 2.8 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ แบบแยกตัวรับและตัวส่ง

2. แบบใช้แผ่นสะท้อนแสง (RETRO-REFLECTIVE SENSOR)

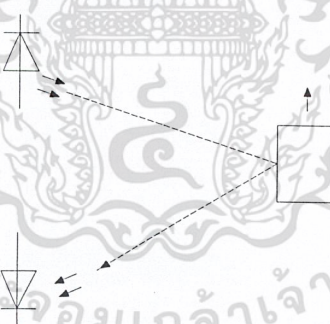
ออปติกเซนเซอร์ประเภทนี้ตัวรับและตัวส่งสัญญาณส่วนใหญ่แล้วจะรวมอยู่ในชุดเดียวกัน โดยจะใช้งานร่วมกับแผ่นสะท้อนแสง ระยะทางที่ใช้การตรวจจับของเซนเซอร์ชนิดนี้จะน้อยกว่าแบบแรก



รูปที่ 2.9 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ แบบใช้แผ่นสะท้อนแสง

3. แบบใช้ชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสง (DIFFUSE SENSOR)

ออปติกเซนเซอร์ประเภทนี้โดยส่วนใหญ่แล้วตัวรับและตัวส่งสัญญาณรวมอยู่ในชุดเดียวกัน แล้วใช้พื้นผิวของตัวชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสงกลับ ดังนั้นระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะน้อยกว่าทั้งสองแบบแรกที่กำลังกล่าวมา

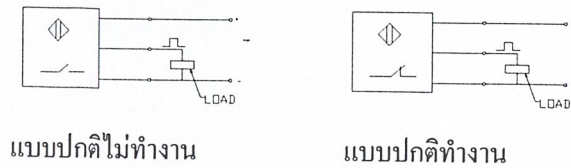


รูปที่ 2.10 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์แบบใช้ชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสง

2.9.2 เซนเซอร์กับการต่อใช้งาน

การต่อเซนเซอร์เข้ากับอุปกรณ์ภายนอกหรือโหลดต่างๆ เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หลอดไฟ ฯลฯ นั้น ต้องคำนึงถึงแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้จากตัวจากตัวเซนเซอร์ ว่าเพียงพอที่ทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นทำงานได้หรือไม่ นอกจากนี้ลักษณะของโหลดบางประเภท อาจต้องการไฟบวกลบที่แตกต่างกัน จึงทำให้เซนเซอร์ทั้ง 3 ประเภทที่กำลังกล่าวมาในข้างต้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกันตามการต่อใช้งาน คือ

1. เซนเซอร์แบบ PNP



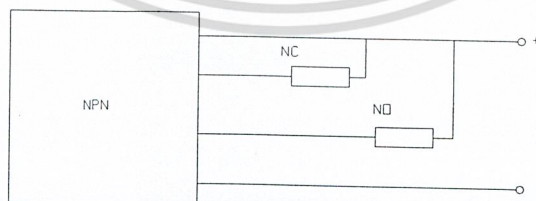
รูปที่ 2.11 แสดงการต่อใช้งานเซนเซอร์แบบ PNP

2. เซนเซอร์แบบ NPN



รูปที่ 2.12 แสดงการต่อใช้งานเซนเซอร์แบบ NPN

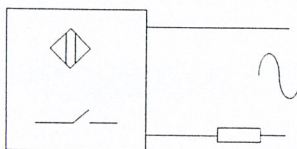
จากรูปจะเห็นว่าทั้งเซนเซอร์แบบ PNP และ NPN ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 กลุ่ม ด้วยกันคือ แบบปกติไม่ทำงานกับแบบปกติทำงานซึ่งนอกจากนี้แล้วเซนเซอร์บางรุ่น หรือบางประเภทอาจจะรวมทั้งสองแบบเข้าไว้ในตัวเดียวกัน หรืออาจเป็นแบบเดียวกันแต่สามารถต่อโหลดได้ 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 2.13 แสดง เซนเซอร์แบบปกติไม่ทำงานกับแบบปกติทำงานในตัวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซนเซอร์ที่ใช้กับไฟกระสลับ



รูปที่ 2.14 แสดงเซนเซอร์แบบที่ใช้กับไฟ

2.10 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor Motor)

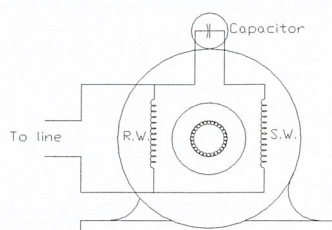
มอเตอร์คาปาซิเตอร์ เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำหนึ่งเฟส มีสนามแม่เหล็กซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเช่นเดียวกับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส แต่แทนที่จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนเหมือนกับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ก็เพียงแต่สลับกับทิศทาง (เปลี่ยนจากขั้วเหนือเป็นขั้วใต้) ตามการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟสลับเท่านั้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวโรเตอร์จึงไม่สามารถเริ่มหมุนได้ คือ จะมีแรงบิดเริ่มหมุนเท่ากับศูนย์ แต่ถ้าหากโรเตอร์ถูกทำให้เริ่มหมุนไปได้ด้วยวิธีใดก็ตามในทิศทางใดทิศทางหนึ่งแล้วก็จะสร้างสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นได้เอง ทำให้เกิดแรงบิดหมุนต่อเนื่องโดยมีอัตราเร่งเกิดขึ้นกับมอเตอร์จนกระทั่งมีความเร็วเต็มพิกัด

ดังนั้นหลักสำคัญในการสร้างมอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส ก็คือต้องทำให้โรเตอร์เริ่มหมุนได้ด้วยตัวเองแรงเริ่มต้นของมอเตอร์จะได้จากการเพิ่มขดลวด เข้าไปอีกชุดหนึ่งที่สเตเตอร์ เรียกว่าขดลวดสตาร์ท ขดลวดชนิดนี้ จะมีความต้านทานสูงกว่าขดลวดที่มีอยู่ก่อน ซึ่งเรียกว่าขดลวดรัน จุดประสงค์ที่ทำให้ขดลวดสตาร์ทที่มีความต้านทานที่สูงกว่าก็เพื่อให้เกิดการต่างเฟสกับขดลวดรัน และมีการนำเอาคาปาซิเตอร์ มาต่อร่วมเข้ากับขดลวดของมอเตอร์ ในกรณีที่ต่อคาปาซิเตอร์ขนาดที่เหมาะสม อนุกรมกับขดลวดเริ่มต้นหมุน จะทำให้กระแสสตาร์ทมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่สายเกือบ 90 องศา ทำให้ได้มอเตอร์ที่มีแรงบิดเริ่มต้นสูง

นอกจากนี้ มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟสแบบคาปาซิเตอร์ ยังแบ่งเป็น 3 แบบคือ

1. มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ สตาร์ท
2. มอเตอร์แบบเปอร์มาเนนท์-สปลิต คาปาซิเตอร์
3. มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์แบบสองค่า

ในที่นี้ขอกล่าวเฉพาะมอเตอร์ แบบเปอร์มาเนนท์-สปลิตคาปาซิเตอร์ มอเตอร์แบบนี้ทั้งคาปาซิเตอร์และขดลวดสตาร์ทต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลาทั้งในขณะเริ่มหมุนและขณะหมุนขับโหลด วงจรของมอเตอร์แบบนี้แสดงไว้ในรูป



รูปที่ 2.15 แสดงมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์

2.11 คาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์ ที่ใช้กับมอเตอร์ แบบเหนี่ยวนำมี 2 ชนิด ด้วยกัน คือ

1. ชนิด อิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Capacitor)
2. ชนิด บรรจุน้ำมัน (Oil Filled Capacitor)

2.11.1 คาปาซิเตอร์ ชนิด อิเล็กโทรไลติก

ผลิตขึ้นโดยใช้ แผ่น อลูมิเนียมบางๆ สองแผ่น ขึ้นกลางด้วยวัสดุฉนวนซึ่งทำจากผ้าก๊อซชุบด้วยสารละลายเคมี ที่เรียกว่า อิเล็กโทรไลต์จนอิ่มตัว ซึ่ง อิเล็กโทรไลต์จะทำให้เกิดไข ขึ้นมาขึ้นกลางระหว่างแผ่นอลูมิเนียมทั้งสอง ซึ่งไขที่เกิดขึ้นจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า แล้วจึงม้วนเป็นรูปทรงกระบอกแล้วบรรจุลงในกล่องอลูมิเนียม หรือกล่องพลาสติก และมีขั้วไฟฟ้าต่อไว้ ด้านบนพร้อมทั้งมีรู สำหรับระบายก๊าซ

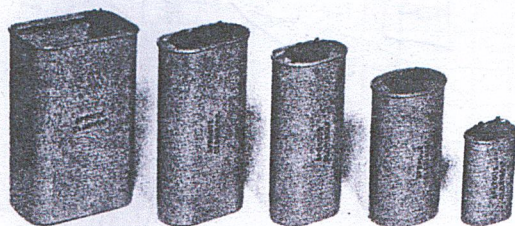


รูปที่ 2.16 แสดงคาปาซิเตอร์ ชนิด อิเล็กโทรไลติก

คุณสมบัติของคาปาซิเตอร์แบบนี้คือมีค่าความจุสูง ต่อใช้งานได้ในช่วงระยะเวลานั้นๆ เท่านั้น ถ้าต่อทิ้งไว้นานจะเกิดการเสียหายได้ จึงเหมาะสำหรับมอเตอร์แบบ คาปาซิเตอร์สตาร์ท

2.11.2 คาปาซิเตอร์ ชนิดบรรจุน้ำมัน

คาปาซิเตอร์แบบนี้ ฉนวนขึ้นกลางระหว่างอลูมิเนียมทำด้วยกระดาษแผ่นบางๆ อาบด้วยน้ำมัน ฉนวนแล้วม้วนเป็นรูปทรงกระบอกหรือพันเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วบรรจุลงในกล่องอลูมิเนียมหรือพลาสติก คุณสมบัติ ของคาปาซิเตอร์ ชนิดบรรจุน้ำมันคือมีค่าความจุต่ำและสามารถต่อใช้งานในวงจรได้เป็นเวลานานๆ จึงเหมาะสำหรับมอเตอร์ แบบเปอร์มานันท์-สปลิต คาปาซิเตอร์



รูปที่ 2.17 แสดงคาปาซิเตอร์ ชนิดบรรจุน้ำมัน

ส่วนมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ 2 ค่า ใช้ทั้งคาปาซิเตอร์แบบ อิเล็กโทรไลติกและคาปาซิเตอร์แบบบรรจุน้ำมัน คือ คาปาซิเตอร์ แบบ อิเล็กโทรไลติก ทำหน้าที่เป็น คาปาซิเตอร์สตาร์ท และ คาปาซิเตอร์แบบบรรจุน้ำมัน ทำหน้าที่เป็นคาปาซิเตอร์รัน

2.11.3 ข้อดีและข้อเสียของมอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส

มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟส มีข้อดี คือ

1. มีความเร็วคงที่
2. สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟ ตามบ้านได้
3. ในขนาดแรงม้าที่เท่ากัน จะมีขนาดเล็กกว่า มอเตอร์กระแสตรง และมีราคาถูกกว่า
4. การบำรุงรักษาทำได้สะดวก

มอเตอร์เหนี่ยวนำหนึ่งเฟสมีข้อเสียคือ

1. ต้องการการตรวจสอบจอร์สตาร์ทเป็นพิเศษ
2. มอเตอร์กินกระแสขณะสตาร์ทสูง ดังนั้นจะไม่มี มอเตอร์ขนาดใหญ่ในท้องตลาด
3. ประสิทธิภาพด้อยกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ 3 เฟส

2.12 กำลังและประสิทธิภาพ ของมอเตอร์เฟสเดียว

2.12.1 ความเร็วซิงโครนัส

ความเร็วซิงโครนัสของมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นความเร็วทางทฤษฎี สามารถหาได้จากสูตร

$$N_s = 120f/p \quad (2.1)$$

เมื่อ f คือ ความถี่ของกระแสไฟฟ้า

p คือ จำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

2.12.2 ความเร็วสลลิป (Slip Speed; N_{slip})

แม้ว่าโรเตอร์ของมอเตอร์ จะหมุนไปในทิศทางเดียวกับสนามแม่เหล็กหมุนของ สเตเตอร์ แต่ไม่ได้หมุนด้วยความเร็วซิงโครนัส ความแตกต่างระหว่างความเร็วซิงโครนัสกับความเร็วโรเตอร์ เรียกว่า ความเร็ว สลลิป

$$N_{slip} = N_s - N_r \quad (2.2)$$

เมื่อ N_s คือ ความเร็วซิงโครนัส

N_r คือ ความเร็วโรเตอร์

สามารถหาได้จาก สมการ

$$P = VI \cos\theta \quad (2.3)$$

เมื่อ P คือกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์

V คือแรงดัน ไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์

$\cos\theta$ คือ มุมระหว่างกระแสและแรงดันมีหน่วย องศา ค่า $\cos\theta$ บางครั้งเรียกว่า ค่า Factor หรือ ค่า P.F

2.12.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์

สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta_m = (P_o / P_i) \times 100 \quad (2.4)$$

เมื่อ η_m = ประสิทธิภาพของมอเตอร์

P_i = ด้านอินพุต

P_o = กำลังด้านเอาต์พุต

2.13 ชุดเฟืองหนอน

ชุดเฟืองหนอน (Worm gear set) ใช้สำหรับส่งกำลังระหว่างเพลาที่ไม่ขนานกันและไม่ติดกัน ซึ่งต้องการให้มีอัตราทดสูง ชุดเฟืองหนอนประกอบด้วยเกียร์ตัวหนอน (worm gear) โดยปกติแล้วมักจะใช้ชุดเฟืองหนอนส่งกำลังระหว่างเพลาที่ทำมุมกัน 90°

แม้ว่าจะสามารถใช้เฟืองเฉียงส่งกำลังในลักษณะเดียวกันนี้ได้ แต่ก็ไม่สามารถจะส่งกำลังได้มากเท่ากับชุดเฟืองหนอน นอกจากนี้ชุดเฟืองหนอนยังสามารถทำงานด้วยอัตราทดสูงถึง 300 โดยที่ใช้การทดเพียงครั้งเดียว แต่ถ้าใช้เฟืองเฉียงจะเกิดปัญหาขึ้นในทางปฏิบัติ เช่นจะต้องใช้เฟืองที่มีจำนวนฟัน 10 ฟันขับเฟืองที่มีฟัน 3000 ฟัน เป็นต้น การทำงานของชุดเฟืองหนอนจะเรียกว่า เฟืองเฉียง แต่ข้อเสียของชุดเฟืองหนอนก็คือ ประสิทธิภาพของการส่งกำลังจะต่ำและมีความร้อนเกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสี (Sliding) ระหว่างฟันมากกว่า ทำให้ต้องคำนึงถึงเรื่องการระบายความร้อนที่เหมาะสมด้วย

2.13.1 พิตช์มาตรฐาน

เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานของชุดเฟืองหนอน และเพื่อความสะดวกในการคำนวณ จึงให้ ถือ พิตช์ ($p_a = p$) เป็น mm ต่อไปนี้เป็นหลักในการเลือกชุดเฟืองหนอนคือ :

6	8	10	13	16	19
25	32	38	44	50	

2.13.2 ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน

เนื่องจากเกลียวตัวหนอนมีลักษณะ เช่นเดียวกับสกรูส่งกำลัง ดังนั้นผู้อ่านอาจพิจารณาได้ว่าสมการของประสิทธิภาพเป็นสมการเดียวกับของสกรูส่งกำลังคือ

$$\eta_w = \frac{\cos \Phi_n - f \tan \lambda_w}{\cos \Phi_n + f \cot \lambda_w} \quad (2.5)$$

จะเห็นว่าประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอนจะแปรผันตามมุมหัดของเกลียวตัวหนอน

2.13.3 ขนาดเกลียวตัวหนอน

โดยทั่วไปแล้วเกลียวตัวหนอนจะมีความแข็งแรงมากกว่าเฟืองหนอนเสมอ ดังนั้นการกำหนดสัดส่วนของเกลียวตัวหนอนจึงขึ้นอยู่กับความชำนาญในการออกแบบเพื่อให้ชุดเฟืองหนอนมีขนาดที่เหมาะสม ซึ่งหมายถึงการกำหนดมุมหัด ระยะระหว่างศูนย์กลาง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวตัวหนอน ในที่นี้จะพูดถึงเฉพาะกรณีที่เพลาทำมุมกัน 90 องศา ซึ่งมีใช้งานกันอยู่ทั่วไป เนื่องจากยังไม่มีขนาดมาตรฐาน ดังนั้นการกำหนดสัดส่วนต่างๆ จึงต้องอาศัยข้อมูลจากการใช้งานที่ได้ผลดีมาแล้ว

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของเกลียวตัวหนอนควรเลือกให้มีค่าระหว่าง

$$0.50 c^{0.875} \leq d_w \leq 0.88 c^{0.875} \quad \text{mm} \quad (2.6)$$

สมาคมผู้ผลิตเฟืองแนะนำให้ขนาดที่จะส่งกำลังได้ดีคือ

$$d_w = 0.68 c^{0.875} \quad \text{mm} \quad (2.7)$$

สมการอีกสมการหนึ่งที่จะใช้ประกอบในการเลือกขนาดได้ ซึ่งจะดูรายละเอียดได้จากเอกสารอ่านประกอบหมายเลข 1 คือ

$$c = \frac{L}{2\pi} (\cot \lambda_w + m_w) \quad (2.8)$$

สัดส่วนอื่นๆ ที่แนะนำให้ใช้จะดูได้จากภาคผนวกตาราง 11

ค่ามุมหัดของเกลียวแต่ละเกลียวบนเกลียวตัวหนอน ควรจะมีค่าประมาณ 6 องศา ดังนั้นถ้าต้องการเกลียวตัวหนอนที่มีมุมหัด 30 องศา ก็จะต้องใช้เกลียวที่มี 5 ปาก เป็นต้น แต่ถ้ามีจำนวนปากน้อย มุมหัดของแต่ละเกลียวก็ควรจะเพิ่มขึ้น เพื่อที่จะให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสม

ในการออกแบบอาจจะต้องกำหนดจำนวนปากขึ้นมาก่อนมุมหัดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ออกแบบ จากชุดเฟืองหนอนที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป พบว่าจำนวนปากที่พบเหมาะของเกลียวตัว

หนอนขึ้นอยู่กับอัตราทด ซึ่งจะดูค่าที่เคยมีใช้กันอยู่ได้จากภาคผนวกตาราง 12 แต่ก็ไม่มีกฎการใช้ที่แน่นอนเป็นมาตรฐาน

2.14 คัปปลิง

การต่อเพลาเข้าด้วยกันทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ได้ก็คือการใช้ คัปปลิง (Coupling) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุที่ว่าเพลาที่ใช้งานมีขนาดยาวมาก จึงต้องต่อกันโดยใช้คัปปลิงหรืออาจใช้ต่อจากเพลาของเครื่องต้นกำลังมาจับชิ้นส่วนอื่นก็ได้

คัปปลิงที่ใช้กับเครื่องจักรมีความมุ่งประสงค์หลายประการ เช่น

ก) ใช้ต่อเพลาของอุปกรณ์ที่ผลิตแยกกัน เช่น เพลาของมอเตอร์กับเครื่องสูบ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถถอดออกซ่อมแซมได้

ข) ช่วยให้เพลาเกิดการเอียงศูนย์กลางกันได้บ้างหรือทำให้เกิดภาวะอ่อนตัว (Flexible) ทางกล

ค) ช่วยลดการส่งแรงกระตุกจากเพลาอันหนึ่งไปยังอีกอันหนึ่ง

ง) ช่วยป้องกันการเกิด การเกินภาระ (Over load)

จ) ช่วยลดการสั่นสะเทือน

จากความมุ่งประสงค์ดังกล่าว จึงแบ่ง คัปปลิงออกได้เป็น

1. คัปปลิงแบบแข็งเกร็ง (Rigid coupling) ใช้กับรอยต่อของเพลาที่มีระยะห่างระหว่างปลายเพลาคงที่และศูนย์กลางของเพลาทั้งสองต้องตรงกัน และอยู่ในแนวเดียวกัน

2. คัปปลิงแบบอ่อนตัว (Flexible coupling) มีความยืดหยุ่นได้เล็กน้อยใช้ต่อเพลาที่เอียงศูนย์กลางกันได้ และยังช่วยลดการสั่นสะเทือนได้ด้วย

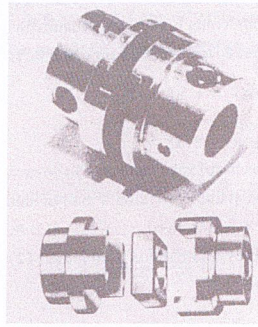
3. คัปปลิงนิรภัย (Safety coupling) ใช้ป้องกันการรอยต่อจากการเกินภาระหรือเมื่อมีโมเมนต์บิดสูงเกินไป จะทำงานได้ด้วยตัวเองโดยการเบรค หรือวิธีกรอย่างอื่น

4. คัปปลิงแบบสลลิป (Slip coupling) จะหมุนได้เมื่อความเร็วรอบพอๆ กัน แต่ถ้าตัวจับมีความเร็วลดลง คัปปลิงจะทำให้เกิดการหลวมตัวขึ้น

2.14.1 คัปปลิงแบบอ่อนตัว

คัปปลิงแบบอ่อนตัว (flexible coupling) ใช้ต่อเพลาที่เอียงแนวกันในลักษณะต่าง ๆ และช่วยลดผลจากการกระตุกและการกระแทกจากแรงภายนอกที่ส่งผ่านเพลา คัปปลิงแบบอ่อนตัวแบ่งออกอย่างกว้าง ๆ ได้ เป็นสองประเภทคือ คัปปลิงที่อ่อนตัวทางด้านคินมาติก (kinematics flexibility) โดยใช้ชิ้นส่วนแข็ง และ คัปปลิงที่ใช้ชิ้นส่วนยืดหยุ่น (resilient parts)

คัปปลิงแบบอ่อนตัวที่ใช้ชิ้นส่วนแข็ง ออกแบบไว้สำหรับใช้กับเพลาที่เอียงแนวโดยเฉพาะและไม่บังคับทิศทางในการเอียงแนว คัปปลิงชนิดนี้ส่งโมเมนต์บิดได้โดยไม่มี Angular play (นั่นคือไม่มีการอ่อนตัวทางด้านมุมบิด) มากเกินกว่าที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดไว้ นอกจากนั้นคัปปลิงประเภทนี้ยังใช้รับแรงกระตุกและแรงกระแทกได้ด้วย คัปปลิงแบบอ่อนตัวประเภทนี้มีลักษณะต่าง ๆ ดังรูป



รูปที่ 2.18 แสดงคัปปลิงแบบอ่อนตัว

2.15 โรลลิงเบียร์

โรลลิงเบียร์ (rolling bearings) หมายถึงเบียร์ชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของเบียร์ที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (sliding contact) เนื่องจากเบียร์ชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมาก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่ยอมรับกันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่า แอนติฟริกชันเบียร์ (antifriction bearing) หรือดัลลูปป็น ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนเหล็กกล้าสองวงที่แยกออกจากกันด้วยลูกกลิ้งทรงกลม ลูกกลิ้งเหล่านี้รับแรงมาจากวงแหวนวงหนึ่งแล้วส่งแรงนี้ผ่านไปยังวงแหวนอีกวงหนึ่ง โดยการกลิ้งไปบนวงแหวน

2.15.1 ชนิดของเบียร์

โดยทั่วไปแล้วโรลลิงเบียร์จะแบ่งออกได้เป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ บอลเบียร์ซึ่งมีลูกกลิ้ง (rolling -element) เป็นรูปทรงกลม และโรลเลอร์เบียร์ (roller bearing) ซึ่งมีลูกกลิ้งเป็นรูปทรงกระบอกตรง (straight roller) หรือเป็นรูปทรงกระบอกเรียว (tapered roller) ก็ได้ โดยปกติแล้วเบียร์เหล่านี้จะรับแรงในแนวรัศมี และแรงรุนได้ ยกเว้นโรลเลอร์เบียร์แบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้น

บอลเบียร์ชนิดมีลูกกลิ้งหนึ่งแถวร่องลึก (single-row deep-groove) เป็นเบียร์ชนิดที่มีการใช้งานมากที่สุด ประกอบด้วยร่องลึกเป็นทางกลิ้งสำหรับลูกกลิ้งทรงกลม สามารถรับแรงได้ในแนวรัศมีและในแนวแกน (แรงรุน) อัตราส่วนของแรงในแนวแกนต่อแรงในแนวรัศมีที่รับได้ประมาณ 0.70 สามารถรับการเอียงแนวของเพลลาได้ประมาณ $\pm 0^{\circ} 15'$ เมื่อต้องการเพิ่มความสามารถในการรับแรงในแนวรัศมีขึ้นไปอีก ก็อาจทำได้โดยการเพิ่มจำนวนลูกกลิ้งที่บรรจุในรางมากขึ้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องตัดผิวหน้าวงแหวนด้านหนึ่งให้มีช่องสำหรับใส่ลูกกลิ้ง (filling- notch) เพิ่มขึ้น ทำให้เบียร์สามารถรับแรงในแนวรัศมีเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 ถึง 40 % แต่ความสามารถในการรับแรงในแนวแกนจะลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่สำหรับรับแรงในแนวนั้นลดลงนั่นเอง

2.16 โซ่

การขับด้วยโซ่มีใช้อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (Sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลลาขับและเพลลาตาม อัตรา

ของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และการขับเคลื่อนโซ่จะไม่มีผลกระทบเกิดขึ้นระหว่างโซ่กับเฟืองโซ่

เนื่องจากการขับเคลื่อนโซ่มีความไวไวได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้มาก เช่น ในการส่งกำลังในเรือ เครื่องยนต์ เครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องมือกล เครื่องทอผ้าและเครื่องจักรกลงานไม้ เครื่องพิมพ์ และในการขนส่งและขนถ่ายวัสดุ

การขับเคลื่อนโซ่มีข้อดีอยู่ระหว่างการขับเคลื่อนสายพานและการขับเคลื่อนเฟือง ทางด้านราคาสมรรถนะในการส่งกำลังและการบำรุงรักษา โซ่สามารถขับเคลื่อนได้ในระยะทางไกลกว่าสายพาน และขับเคลื่อนพร้อมกันหลาย ๆ เฟือง ซึ่งมีทิศทางหมุนตามกันหรือสวนทางกันก็ได้

ข้อดีของการขับเคลื่อนโซ่

1. ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
2. ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพาน ทำให้อายุใช้งานของเบร้งที่รองรับเฟืองเพิ่มมากขึ้น
3. ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนกับสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
4. มีขนาดกะทัดรัดกว่าสายพาน เมื่อใช้งานที่อัตราทดเท่ากัน เฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่ากัน ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน

5. ติดตั้งง่ายกว่าสายพาน เพราะเพียงแค่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วสอดสลักเข้าไปเท่านั้น

6. ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับเคลื่อนโซ่

1. มีเสียงดัง
2. เนื่องจากความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
3. ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เฟืองจะต้องขนานกัน
4. ส่งกำลังแบบครอสไดรว์ไม่ได้
5. มีราคาการขับเคลื่อนสายพาน
6. ต้องมีการหล่อลื่น

2.17 เบรค

เบรคเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยการควบคุมพลังงานจลน์โดยทั่วไปแล้วจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่ช้าลงหรือหยุดการเคลื่อนที่ เช่นเบรคสำหรับรถยนต์ บันจัน เป็นต้น ถึงแม้ว่าข้อสำคัญข้อหนึ่งในการเลือกเบรคก็คือ คลัตช์ก็คือ ความสามารถในการรับและระบายความร้อนออกจากเบรคทั้งนี้เพราะเบรคใช้ในการต่อชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่เข้ากับชิ้นส่วนที่หยุดอยู่ความสามารถในการรับแรงบิด (Torque capacity) ซึ่งเหมือนกับคลัตช์ แต่ข้อคิดที่สำคัญอื่น ๆ ซึ่งแตกต่างไปจากกับที่เพื่อให้ดูดซึมพลังงานจลน์ และปริมาณความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีอาจจะมีค่ามากก็ได้

2.18 การออกแบบเพลลา

2.18.1 ความแข็งแรงทางด้านการบิด

ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่มีพื้นที่หน้าตัดกลมอยู่ภายใต้โมเมนต์บิด (Torque) จะบิดไปเป็นมุมเท่ากับ

$$(2.9) \quad \theta = \frac{TL}{GJ}$$

โดยที่ T คือโมเมนต์บิด

L คือความยาว

J คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของพื้นที่ (polar area moment of inertia)

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \text{ สำหรับท่อนกลมตัน}$$

$$J = \frac{\pi(d^4 - d_i^4)}{32} \text{ สำหรับท่อนกลวง}$$

d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

d_i คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

ความเค้นเฉือนที่เกิดจากการบิดจะมีค่าสูงสุดที่ผิวหน้าของท่อนกลมนี้ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

สมการ

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (2.10)$$

โดยที่ r คือรัศมีนอกของท่อนกลม

ในสมการที่จะใช้สมการที่ (2.10) มักจะจำเป็นที่จะต้องหาค่าโมเมนต์บิดให้ได้เสียก่อน สำหรับเครื่องจักรกลที่ส่งกำลังมาตามเพลลา จะคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดได้จาก

$$W_p = T\omega = 2\pi nT \quad (2.11)$$

โดยที่ W_p คือกำลังงานเป็น W

T คือโมเมนต์บิดเป็น Nm

ω คือความเร็วเชิงมุมเป็น rad/s

n คือความเร็วรอบเป็น rev/s

สำหรับในระบบหน่วยอังกฤษซึ่งยังมีใช้กันอยู่จะบอกกำลังเป็นแรงม้า และคำนวณโมเมนต์บิดได้จาก

$$hp = \frac{Tn}{63000} \quad (2.12)$$

โดยที่ T คือโมเมนต์บิดเป็น in-lb

n คือความเร็วรอบเป็น rev / min

2.18.2 การออกแบบเพลลาภายใต้แรงเปลี่ยนแปลง

การออกแบบเพลลาโดยคิดถึงแรงที่เปลี่ยนแปลงขนาดเป็น วัฏจักร ก็สามารถกระทำได้ตามวิธีการออกแบบสำหรับความล้าคือ

$$\frac{1}{N} = \left[(T_{eq}/T_n)^2 + (\sigma_{eq}/\sigma_n)^2 \right]^{1/2} \quad (2.13)$$

แทนค่า σ_{eq} และ T_{eq} จากคำจำกัดความการออกแบบสำหรับความล้าลงในสมการข้างบนนี้ จะได้ว่า

$$\frac{1}{N} = \left[\left[(\sigma_m/\sigma_y) + k_r (\sigma_a/\sigma_n) \right]^2 + \left[(T_m/T_y) + k_{rs} (T_a/T_n) \right]^2 \right]^{1/2} \quad (2.14)$$

ในกรณีที่ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด $T = T_y/N = \sigma_y/2N$ ฉะนั้นคูณด้วย T_y ในสมการ (2.14) จะได้สมการสำหรับการออกแบบอีกรูปหนึ่งคือ

$$\frac{1}{N} = \left[\frac{1}{4} \left[\sigma_m + k_r (\sigma_y \sigma_a / \sigma_n) \right]^2 + \left[T_m + k_{rs} (T_y T_a / T_n) \right]^2 \right]^{1/2} \quad (2.15)$$

ถ้าไม่มีแรงดึงหรือกด F กระทำต่อเพลลาตรง จะได้

$$\sigma_m = 32M_m / (\pi d^3 (1-k^4)) \quad , \quad \sigma_n = 32M_a / (\pi d^3 (1-k^4)) \quad (2.16)$$

$$T_m = 16T_m / (\pi d^3 (1-k^4)) \quad , \quad T_n = 16T_a / (\pi d^3 (1-k^4)) \quad (2.17)$$

แทนค่าสมการที่ (2.16) และสมการที่ (2.17) ลงในสมการที่ (2.15) แล้วจัดรูปใหม่จะได้

$$T = 16 / (\pi d^3 (1-k^4)) \left\{ \left[M_m + k_r (\sigma_y / \sigma_n) M_a \right]^2 + \left[T_m + k_{rs} (T_y / T_n) T_a \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (2.18)$$

สมการที่ (2.18) นี้ก็เป็นสมการสำหรับใช้ออกแบบเพลลาภายใต้แรงเปลี่ยนแปลงในอีกรูปแบบหนึ่ง โดยอาศัยทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

ถ้าหากว่ามีความต้องการใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตะสีดรัลซึ่ง

$$T = \frac{T_n}{N} = 0.577 \sigma_y / N = \sigma_y / N\sqrt{3}$$

ก็สามารถที่จะหารูปสมการทำงานองเดียวกันกับสมการที่ (2.18) ได้โดยเริ่มแทนค่าลงในสมการที่ (2.14) แล้วรวมพจน์ในทำงานองเดียวกัน ซึ่งจะได้ว่า

$$T = 16 / (\pi d^3 (1-k^4)) \left\{ 3/4 [M_m + k_r (\sigma_y / \sigma_n) M_a]^2 + [T_m + k_{rs} (T_y / T_n) T_a]^2 \right\}^{1/2} \quad (2.19)$$

ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ในการออกแบบได้ อย่างไรก็ตามการที่จะถือทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด หรือทฤษฎีความเค้นเฉือนออกตตะฮิดรัลเป็นหลักในการออกแบบ ก็อาจใช้สมการที่ (2.14) เพียงสมการเดียวได้ โดยที่จะต้องเลือกค่า T_y และ T_n ให้ถูกต้องกับทฤษฎีเท่านั้น

2.19 การออกแบบขนาดของมอเตอร์

จากการทดสอบ

$$\begin{aligned} \text{แรงที่กระทำกับเพลลา} &= \text{แรงที่เอาชนะความเสียดทานของเบรค แบร์ริง และ เฟืองทด} \\ &= 147.15 \text{ นิวตัน} \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$\therefore \text{แรงที่กระทำกับเพลลา} = 147.15 \text{ นิวตัน}$$

กำหนดให้เพลลาที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร

$$\begin{aligned} \text{แรงบิด} &= \text{แรงที่กระทำกับเพลลา} \times \text{รัศมีของเพลลา} \\ &= 147.15 \times 0.045 \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$\therefore \text{แรงบิด} = 6.62175 \text{ นิวตัน-เมตร}$$

มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่สูงเกินไป ฉะนั้นต้องทำการลดรอบของมอเตอร์ลง โดยเลือกใช้อัตราทดเป็น 20.8 : 1 เพราะฉะนั้นจะได้

$$\begin{aligned} \therefore \text{ความเร็วรอบที่ใช้} &= \frac{1450}{20.8} = 69.7 \\ \text{ความเร็วรอบที่ใช้} &= 69.7 \text{ รอบต่อนาที} \end{aligned}$$

$$\text{กำลัง (POWER)} = 2\pi \times \text{แรงบิด} \times (\text{ความเร็วรอบที่ใช้} / 60) \quad (2.22)$$

$$\text{แทนค่า} \quad \text{กำลัง} = 2\pi \times 6.62175 \times (69.7 / 60)$$

$$\therefore \text{กำลัง} = 48.33 \text{ วัตต์}$$

เราจึงเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 60 วัตต์ ชนิด 1 เฟส และจะได้ตัวประกอบความปลอดภัยเป็น 1.24

2.20 การคำนวณชุดเฟืองหนอน

โดยใช้ชุดเฟืองหนอนส่วนกำลัง 60 วัตต์ จากมอเตอร์ 1450 รอบต่อนาที ไปยังเฟืองโซ่ 145 รอบต่อนาที โดยเลือกให้มีมุมคอนมัล 20 องศา และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (f) = 0.025

$$\text{อัตราทด} \quad m_\omega = \frac{1450}{145} = 10 \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลียวตัวหนอนแต่ละเกลียวมีมุมเกลียวประมาณ 7 องศา เลือกใช้จำนวนปาก $N_w = 3$ ปาก
ดังนั้น

$$\begin{aligned} N_g &= N_w m_\omega \\ &= 3 \times 10 = 30 \text{ ฟัน} \end{aligned} \quad (2.24)$$

เกลียว $L = 3 p$ มิลลิเมตร (2.25)

เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของเพืองหนอน

$$d_g = \frac{N_g P}{\pi} = \frac{30 p}{\pi} = 9.55 p \quad (2.26)$$

ความเร็วพิทช์

$$\begin{aligned} V &= \pi d_g n_g = \pi \frac{9.55 p (145/60)}{1000} \\ &= 0.073 p \text{ เมตรต่อวินาที} \end{aligned} \quad (2.27)$$

แรงที่ส่งผ่าน

$$F_t = \frac{W_p}{V} = \frac{60}{0.073 p} = \frac{822}{p} \text{ นิวตัน} \quad (2.28)$$

แรงพลวัต

$$\begin{aligned} F_d &= \left(\frac{6+v}{6} \right) F_t = \left(\frac{6+0.073 p}{6} \right) \frac{822}{p} \\ &= \left(\frac{822}{p} \right) + 10 \text{ นิวตัน} \end{aligned} \quad (2.29)$$

เลือกขนาด $d_w = 25 \text{ mm}$ ดังนั้นมุมเกลียว เลือก $P = 10$

$$\tan \lambda_w = L / \pi (d_w) = \frac{3(10)}{\pi(25)}$$

$$\lambda_w = 21^\circ$$

ซึ่งอยู่ในระหว่างค่าที่แนะนำไว้ในภาคผนวกตาราง 11

ดังนั้น

$$d_g = 9.55(10) = 95.5 \text{ มิลลิเมตร}$$

แรงพลวัต

$$F_d = (822 / 10) + 10 = 92.2 \text{ นิวตัน}$$

และ

$$p_n = p \cos \lambda_w = 10 \cos 21^\circ = 9.3358 \text{ มิลลิเมตร} \quad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ

$$F_b = \sigma b p n = \sigma b (0.125)(9.3358) \quad (2.31)$$

$$= 1.16125 \sigma b \quad \text{นิวตัน}$$

ให้ $F_b = F_d$ และ $b = 16$ มิลลิเมตร ($b/p = 1.6$) จะได้ $\sigma = 49.71$ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จากตารางภาคผนวก เลือกวัสดุของเฟืองหนอนเป็นเหล็กหล่อ ASTM 25 ซึ่งมีค่าความเค้นใช้งาน $\sigma = 55$ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

และ

$$F_b = 55 (16) (0.125) (9.3358) = 1026.938 \quad \text{นิวตัน}$$

ต่อไปตรวจสอบความทนต่อการสึกหรอ เลือกเกสรวัวหนอนเป็นเหล็กกล้าชุบแข็ง HB มากกว่า 500 จากตารางภาคผนวกตาราง 13 $K_w = 0.862$

จากสมการ

$$\begin{aligned} F_w &= d_g b K_w \\ &= 95.5 (16) (0.862) \\ &= 1317.136 \quad \text{นิวตัน} \end{aligned} \quad (2.32)$$

จะเห็นว่า $F_w > F_b > F_d$ แสดงว่าขนาดของชุดเฟืองทดที่เลือกใช้ มีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอเพียงพอ

เฟลาทำมุมกัน 90°

$$c = \frac{25 + 99.5}{2} = 60.25 \quad \text{มิลลิเมตร}$$

จะได้ว่า $d_w = 0.692 c^{0.875}$ ซึ่งเป็นค่าที่แนะนำไว้ในสมการ (2.6)

การระบายความร้อน จากสมการ (2.5) ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน

$$\eta_w = \frac{\cos 20 - 0.025 \tan 21}{\cos 20 + 0.025 \cot 21} = 0.925$$

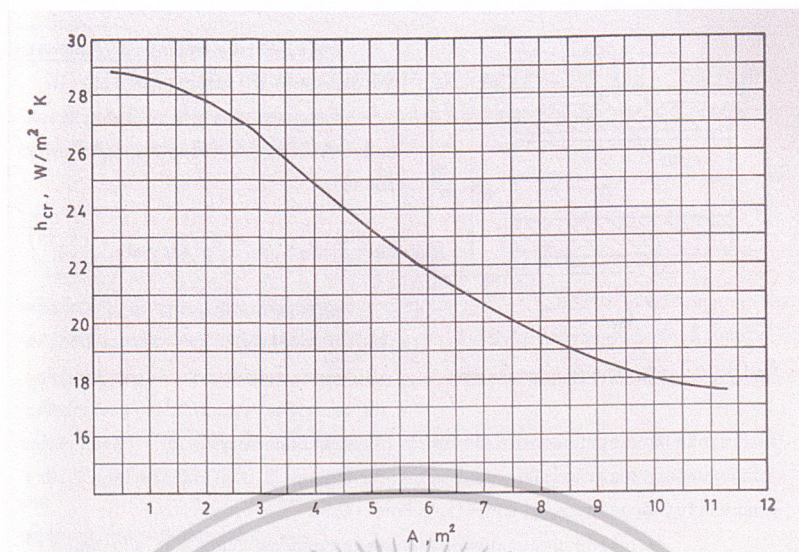
ดังนั้นกำลังงานที่สูญเสียไปเป็นความร้อนจากสมการ $Q = (1 - \eta_w) W_{pi}$

$$Q = (1 - 0.925) (60) = 4.5 \quad \text{วัตต์} \quad (2.33)$$

จากสมการ ($A = 113.5 c^{1.7}$) พื้นที่ระบายความร้อนของกล่องเฟืองคือ

$$\begin{aligned} A &= 113.5 c^{1.7} = 113.5 (60.25)^{1.7} \\ &= 120482 \quad \text{ตารางมิลลิเมตร} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

จากรูป $h_{cr} = 28.8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

และให้อุณหภูมิภายในห้องที่ใช้งานประมาณ 28°C และอนุญาตให้น้ำมันหล่อลื่นมีอุณหภูมิสูงได้ถึง 60°C จะทำให้ความสามารถระบายความร้อนได้

$$Q_c = h_{cr} A \Delta t \quad (2.34)$$

$$= 28.8 (0.1205) (60 - 28) = 111.05 \text{ วัตต์}$$

ซึ่งสามารถระบายความร้อนได้เพียงพอ

2.21 การคำนวณหาขนาดโซ่

โดยต้องการให้ขับเคลื่อนมีความเร็วรอบ $n_2 = 70$ รอบต่อนาที ด้วยมอเตอร์พร้อมชุดเฟืองทด (ชุดเฟืองหนอน) ขนาด 60 วัตต์ ความเร็วรอบ $n_1 = 145$ รอบต่อนาที โดยใช้โซ่โรลเลอร์ ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ประมาณ 120 มิลลิเมตร

เลือกจำนวนฟันบนพินเนียน $z = 12$ ฟัน

เพลลาที่ใช้หมุนผ้าโฆษณา จัดอยู่ในลักษณะการใช้งานกลุ่มที่ 1 จากภาคผนวกตาราง 4 จะได้ $N_s = 1.59$

$$\text{อัตราทด } m_o = n_1/n_2 = 145/70 = 2.08$$

$$\text{จำนวนฟันบนเฟืองโซ่ } Z = 12(2.08) = 25 \text{ ฟัน}$$

เลือกใช้เฟืองโซ่ที่มีจำนวนฟัน $Z = 25$ ฟัน

กำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$P = W_p \cdot N_s = 60 (1.59) = 95.4 \text{ วัตต์} \quad (2.35)$$

เลือกใช้โซ่หนึ่งชั้น ที่มีระยะพิตช์ 12.70 มิลลิเมตร ซึ่งให้ชื่อเป็นมาตรฐานว่า โซ่โรลเลอร์ ISO / R606 08B-1 ซึ่งมีแรงแตกหัก 17.85 กิโลนิวตัน

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

$$\text{ความเร็วโซ่ } v = pzn = 0.0127 (12) (145/60) = 0.3683 \text{ เมตรต่อวินาที} \quad (2.36)$$

จากสมการแรงในแนวเส้นสัมผัส

$$F_t = W_p / v = 60 / 0.3683 = 163 \text{ นิวตัน} \quad (2.37)$$

จากสมการแรงหนีศูนย์กลางในแนวของข้อต่อโซ่

$$F_{ct} = (w/g)v^2 \quad (2.38)$$

จากภาคผนวกตาราง 2 $w/g = 0.68$ กิโลนิวตันต่อเมตร

$$\text{ดังนั้น } F_{ct} = 0.68 (0.3683)^2 = 0.0922 \text{ นิวตัน}$$

$$\text{แรงดึงในโซ่ } F = F_t + F_{ct} = 163.1 \text{ นิวตัน} \quad (2.39)$$

จากสมการค่าความปลอดภัย

$$N_b = F_b / F = 17.85 / 0.1631 = 109.442 \quad (2.40)$$

จากสมการการหาจำนวนข้อโซ่

$$x = (2c/p) + ((Z+z)/(2)) + ((Z-z)/(2\pi))^2 (p/c) \quad (2.41)$$

ใช้ c = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางประมาณ 120 มิลลิเมตร

$$\begin{aligned} x &= (2(120)/12.70) + ((25+12)/(2)) + ((25-12)/(2\pi))^2 (12.70/130) \\ &= 37.85 \text{ ข้อ} \end{aligned}$$

เลือกใช้ $x = 38$ ข้อ

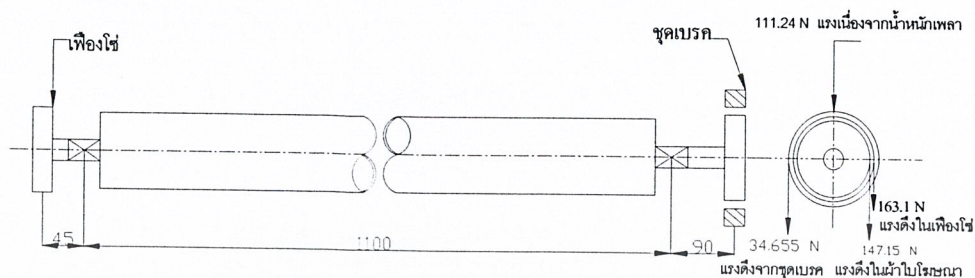
ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่แท้จริงคำนวณได้จากสมการ

$$c = \frac{P/4 (x - \frac{Z+z}{2} + [\frac{(x - \frac{Z+z}{2})^2 - 2(\frac{Z-z}{\pi})^2]^{1/2}}{2}} \quad (2.42)$$

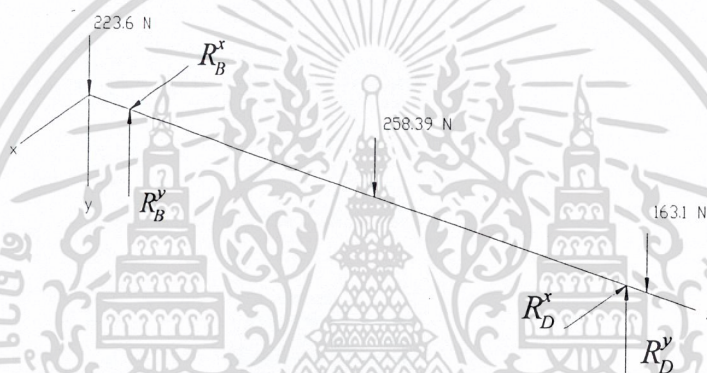
$$\begin{aligned} c &= (12.70/4) \left(\frac{136 - 25 + 2}{2} + \{38 - ((25+12)/(2))\}^2 - 2\{(25-12)/(\pi)\}^2 \right)^{1/2} \\ &= 120.97 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นเลือกใช้โซ่โรลเลอร์ ISO / R606 08B-1 จำนวน 38 ข้อ

2.22 การหาแรงบิดที่ใช้และขนาดของเพล



รูปที่ 2.20 แสดง เพื่องโซ่ และ ชุดเบรคบนเพล



รูปที่ 2.21 แสดงแรงต่างๆ ที่กระทำบนเพล

Take Moment ที่จุด B ในระนาบ y-z

$$R_D^y \times 1100 = (163.1 \times 1145) + (258.39 \times 550) - (223.6 \times 90)$$

$$R_D^y = 280.67 \text{ นิวตัน}$$

$$\Sigma F_y = 0 ;$$

$$R_B^y = 223.6 + 258.39 + 163.1 - 280.67$$

$$R_B^y = 364.42 \text{ นิวตัน}$$

Take Moment ที่จุด B ในระนาบ x-z

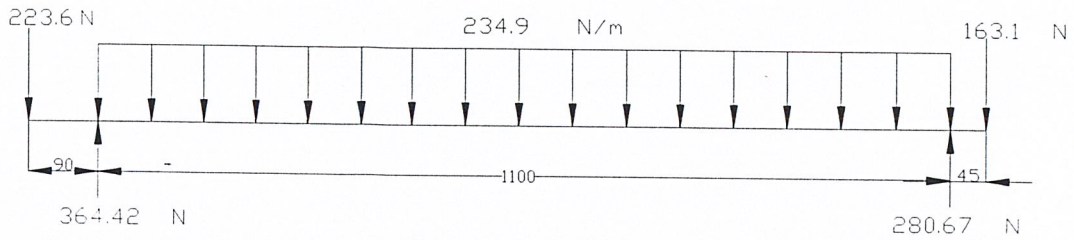
$$R_D^x = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 ;$$

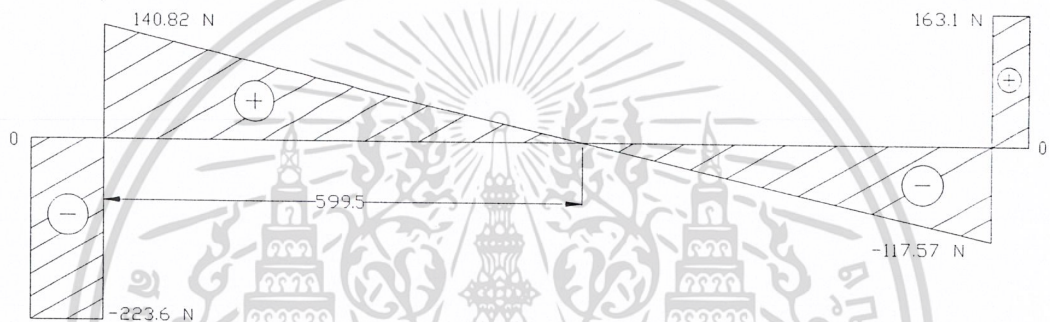
$$R_B^x = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่กระทำบนเพลานในระนาบ y-z



รูปที่ 2.22 แสดงแรงต่างๆที่กระทำบนระนาบ y-z



รูปที่ 2.23 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณแรงเฉือนในเพลานระนาบ y-z



รูปที่ 2.24 แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณโมเมนต์คัตในเพลานระนาบ y-z

น้ำหนักของเพลาน = $11.34 \times 9.81 = 111.24$ นิวตัน จากแรงปฏิกิริยาที่ B และ D ใน

แนวดิ่ง

$$R_D^y = 280.67 \text{ นิวตัน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_B^y = 364.42 \text{ นิวตัน}$$

จากรูปที่ 2.23 และ 2.24 จากค่าข้างบน

แรงเฉือนมีค่าคงที่จาก A ถึง B และ จาก D ถึง E แรงเฉือนเป็นเส้นตรงมี slope จาก B ถึง D โมเมนต์คัต เป็นเส้นตรงมี Slope จาก A ถึง B และจาก D ถึง E โมเมนต์คัต เป็นเส้นโค้งจาก B ถึง D

ดังนั้น ค่าแรงเฉือนสูงสุดค่าบวก = +163.1 นิวตัน ที่ D

ค่าแรงเฉือนสูงสุดค่าลบ = - 223.6 นิวตัน ที่ A

ค่าโมเมนต์คัตสูงสุดค่าลบ = - 20124 นิวตัน-มิลลิเมตร ที่ B

ค่าโมเมนต์คัตสูงสุดค่าบวกเกิดขึ้นในช่วง B ถึง D ตำแหน่งหาได้จากที่จุด แรงเฉือนมีค่า = 0

$$140.82 - 0.2349x = 0 ; x = 599.5 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าโมเมนต์คัตสูงสุดค่าบวก} &= (140.82 \times 599.5) - (0.2349 \times 599.5^2) / (2) \\ &= 42208 \text{ นิวตัน-มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

และค่าโมเมนต์บิดที่เพื่องโซ่เป็นตัวขับ เพื่องโซ่มีรัศมี 52.5 มิลลิเมตร และแรงดึงในโซ่ 163.1 นิวตัน

$$\text{ค่าโมเมนต์บิด} = 163.1 \times 52.5 = 8562.75 \text{ นิวตัน-มิลลิเมตร}$$

2.23 การคำนวณหาขนาดของเพลลา

จากการคำนวณในหัวข้อที่ (2.22) ได้แรงบิดที่กระทำบนเพลลาแต่ละอันเป็น 8562.75 นิวตัน-มิลลิเมตร และจากการคำนวณในหัวข้อที่ (2.22) ได้โมเมนต์คัตสูงสุดเป็น 42210 นิวตัน-มิลลิเมตร เนื่องจากความเค้นคัต

$$\sigma_{MAX} = -\sigma_{MIN} \quad (2.43)$$

$$\therefore \sigma_M = \frac{\sigma_{MAX} + \sigma_{MIN}}{2} = 0 \quad (2.44)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{MAX} - \sigma_{MIN}}{2} = \sigma_{MAX} \quad (2.45)$$

$$\sigma_a = 32M_a / \pi d^3 (1-K^4) ; (\text{ใช้ค่า } K = 0.92 \text{ สำหรับเพลลากลาง}) \quad (2.46)$$

แทนค่า

$$\sigma_a = 32 (42210) / \pi d^3 (1-0.92^4)$$

ได้

$$\sigma_a = 1515925 / d^3 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

เนื่องจากโมเมนต์บิดมีค่าคงที่ ทำให้ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากันตลอดรอบผิวของเพลลา ดังนั้นจะได้ว่า $\tau_a = 0$

$$\tau_m = 16 T_m / \pi d^3 (1-K^4) \quad (2.47)$$

แทนค่าได้

$$\tau_m = 153768 / d^3$$

และค่า $K_f = 1.6$ เลือกใช้เหล็ก เหนียว st 35 จะได้ค่าเฉลี่ยของความเค้น

$$\sigma_u = (340+440)/2$$

ได้

$$\sigma_u = 390 \quad \text{นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

$$\sigma_y = 235 \quad \text{นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

$$\sigma'_n = 0.4 \sigma_u \quad (\text{สำหรับเหล็กกล้าหล่อ และเหล็กหล่อ}) \quad (2.48)$$

ได้

$$\sigma'_n = 156 \quad \text{นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

ตัวประกอบของผิว $K_a = 0.7$ และสมมติให้เพลามีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร ได้ตัวประกอบขนาด $K_b = 0.75$ เพราะฉะนั้นจะได้

$$\sigma_n = K_a K_b \sigma'_n \quad (2.49)$$

แทนค่า

$$\sigma_n = 0.7 \times 0.75 \times 156$$

ได้

$$\sigma_n = 81.9 \quad \text{นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

เลือกใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดจะได้ว่า

$$\tau_y = 0.5 \times \sigma_y \quad (2.50)$$

แทนค่า

$$\tau_y = 0.5 \times 235$$

ได้

$$\tau_y = 117.5 \quad \text{นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

ให้ $\sigma_M = \tau_a = 0$ และเลือกใช้ค่าความปลอดภัย $N = 2$

$$\frac{I}{N} = (\{ K_f \sigma_a / \sigma_n \}^2 + \{ \tau_m / \tau_y \}^2)^{1/2} \quad (2.51)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า $\frac{1}{2} = \{((1.6 \times 1515925) / (81.9d^3))^2 + (153768 / 117.5d^3)^2\}^{1/2}$

$$\frac{1}{2} = (1/d^3)(877056542.1 + 1712601.02)^{1/2}$$

$\therefore d = 39$ มิลลิเมตร

เลือกใช้เพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร

และ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน = $dK = 45 \times 0.92 = 41.4$ มิลลิเมตร

แต่เมื่อคิดระยะโก่งของเพลาลแล้วเพลานี้ยังมีระยะโก่งที่มากอยู่ ดังนั้นจึงเลือกขนาดของเพลานี้ใหม่เพื่อความเหมาะสมในที่นี้เลือกเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร และ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน = $dK = 90 \times 0.92$

$$= 82.8 \text{ มิลลิเมตร}$$

2.24 การคำนวณอายุการใช้งานของแบร้ง

กำหนดให้เป็นแบร้ง แบบขวงแหวนในหมุน มีแรงในแนวแกนเป็น 5% ของความสามารถในการรับภาระศักย์ได้

$$F_a = 0.05 C_o \quad (2.52)$$

เลือกใช้แบร้ง แบบ single - Row Deep Groove อนุกรมมิติ 02 ขนาดรูสวม 25 มิลลิเมตร ได้ $C_o = 6.94$ กิโลนิวตัน, $C = 10.77$ กิโลนิวตัน เพราะฉะนั้นจะได้

$$F_a = 0.05 \times 6.94$$

ได้ $F_a = 0.347$ กิโลนิวตัน

$$F_R = 0.3642$$

ได้ $F_R = 0.3642$ กิโลนิวตัน

$$iF_a / C_o = 0.05 \quad (2.53)$$

$$F_a / VF_R = 0.9527 \quad (2.54)$$

จากตารางได้ค่า e อยู่ระหว่าง 0.22 กับ 0.26 ได้ $F_a / VF_a > e$ และ $x = 0.56$, $y = 1.77$

$$P = xVF_R + yF_a \quad (2.55)$$

แทนค่า $P = (0.56 \times 1 \times 0.3642) + (1.77 \times 0.347)$

ได้ $P = 0.8181$ กิโลนิวตัน

$$P = VF_R \quad (2.56)$$

แทนค่า $P = 1 \times 0.3642$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้

$$P = 0.3642 \text{ กิโลนิวตัน}$$

หาอายุการใช้งานของเบร้งได้จาก

$$L_{10} = (60L_R n_R / 60n_D) (C_{10} / P)^a \quad (2.57)$$

$$= (10^6 / (60 \times 69.7)) (10.77 / 0.8181)^3$$

$$= 545561.737 \text{ ชั่วโมง}$$

หรือ

$$L_{10} = (C_{10} / P)^a \quad (2.58)$$

$$= (10.77 / 0.8181)^3$$

$$L_{10} = 2281.54 \text{ ล้านรอบ}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

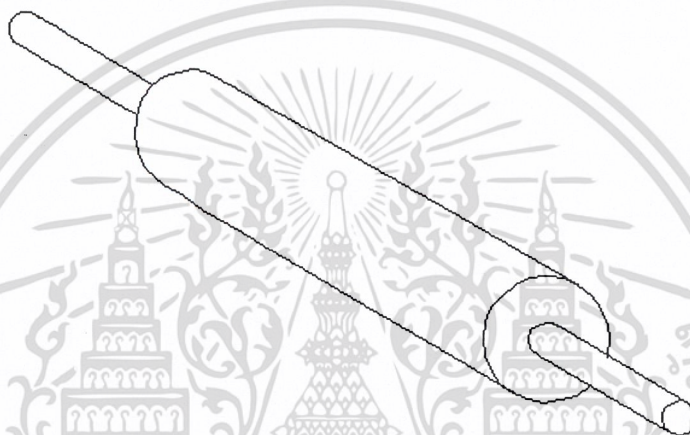
ลักษณะของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

3.1 ลักษณะทั่วไปของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

ลักษณะของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ขึ้นในปฏิญาณพนธ์ฉบับนี้มี ส่วนประกอบต่างๆดังนี้

3.1.1 ส่วนม้วนเก็บผ้า

เป็นส่วนประกอบที่อยู่ภายในป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติมีลักษณะเป็นเพลยาว 2 อันติดอยู่ ด้านบนและด้านล่างใช้สำหรับม้วนเก็บผ้าดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเพลม้วนเก็บผ้า

โดยเพลทั้ง 2 อันที่ปลายเพลจะรองรับด้วยเบร้ง การหมุนของเพลจะได้รับกำลังมาจากเฟืองที่ติดไว้ ปลายเพล

3.1.2 ส่วนส่งกำลัง

ส่วนส่งกำลังเป็นส่วนที่รับกำลังจากมอเตอร์แล้วส่งกำลังไปยังส่วนม้วนเก็บผ้า ส่วนส่งกำลัง ของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัตินี้ใช้เกียร์ทดที่มีอัตราทด 20 ต่อ 1

3.1.3 ส่วนดันกำลัง

มอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสแบบคาปาซิเตอร์ขนาด 60 วัตต์ ความถี่ 50 Hz ความเร็วรอบ 1450 รอบต่อนาที แรงดัน 220 โวลต์ พิกัดกระแส 0.9 แอมแปร์

3.1.2 ส่วนปรับความตึงของผ้า

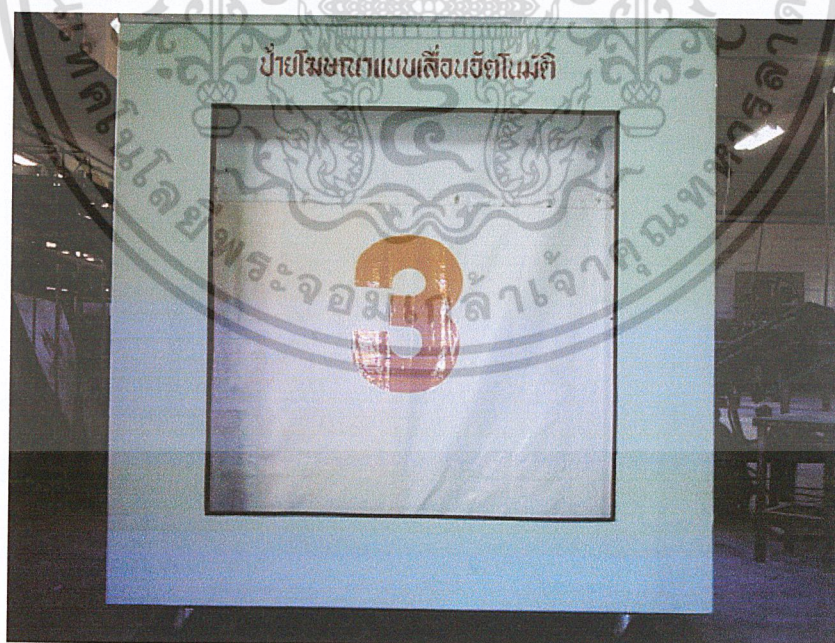
ส่วนปรับความตึงของผ้าเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับให้ภาพโฆษณามีความตึงตลอดเวลาสำหรับลักษณะของ ส่วนปรับความตึงของผ้า ของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ใช้เบรคแบบแผ่นคาอยู่บน คมซึ่งการปรับความตึงทำได้โดยการดึงผ้าเบรคให้กระชับแน่นกับคม



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของส่วนปรับความตึงของผ้า

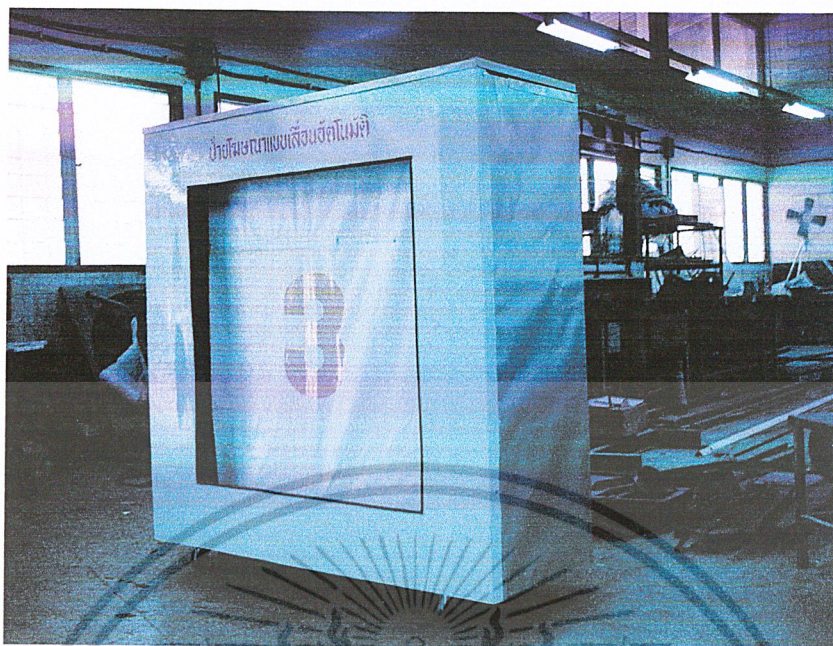
3.1.5 ส่วนโครงสร้าง

ลักษณะโครงสร้างของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติจะประกอบด้วยแผ่นยึดเพลาด้านข้าง 2 แผ่นขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร เพลาม้วนเก็บผ้าอยู่ด้านบนและด้านล่างอย่างละอัน ประกับเบร็กรองรับเพล

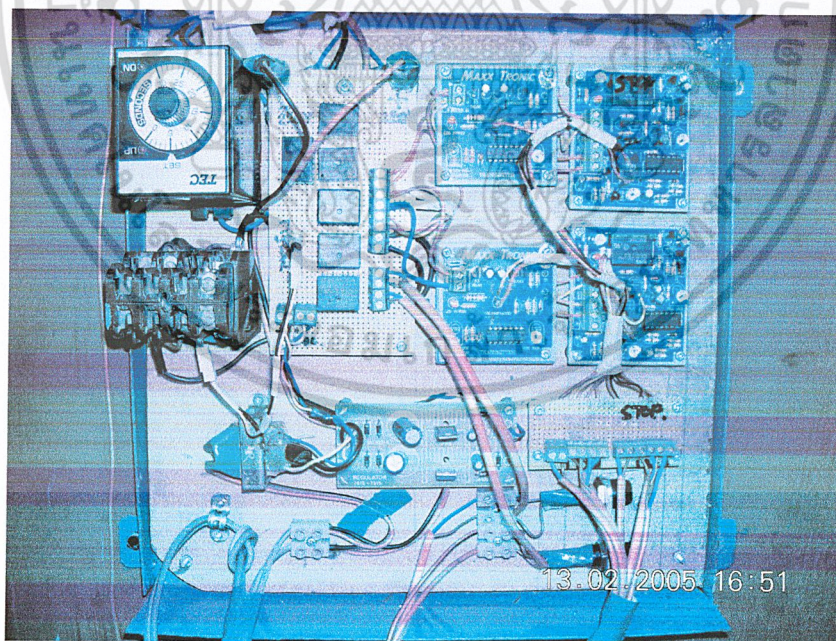


รูปที่ 3.3 แสดงภาพส่วนประกอบด้านหน้าของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

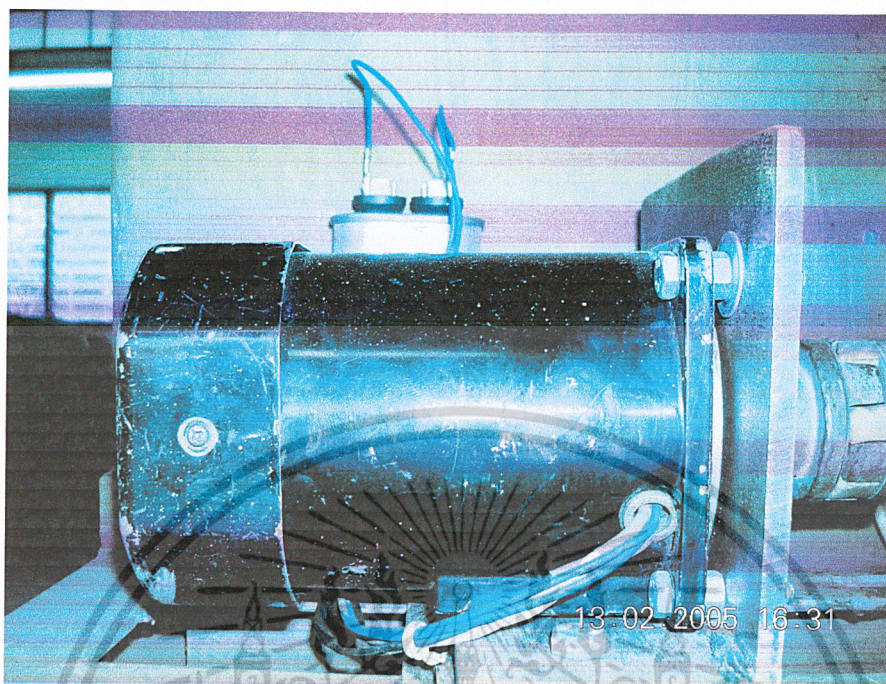


รูปที่ 3.4 แสดงภาพส่วนประกอบด้านข้างของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

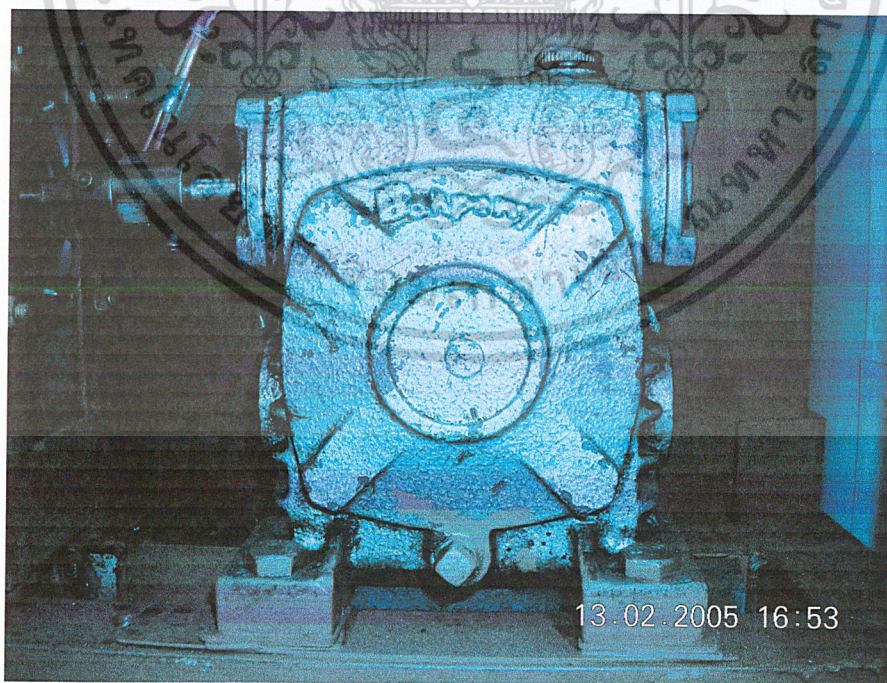


รูปที่ 3.5 แสดงชุดควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

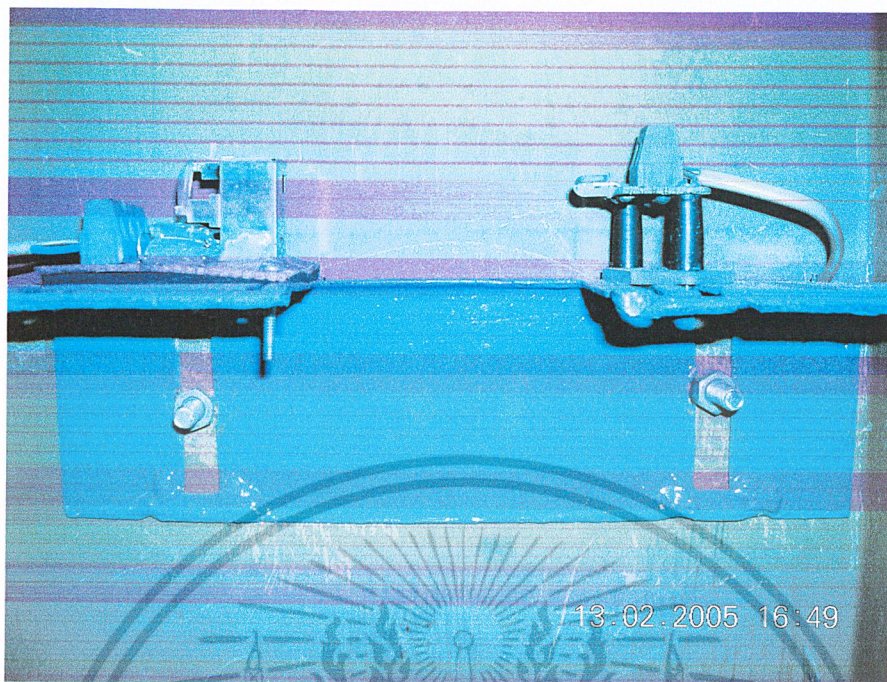


รูปที่ 3.6 แสดงชุดส่งกำลัง โดยใช้มอเตอร์



รูปที่ 3.7 แสดงชุดเพื่องลดความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับสัญญาณของภาพโฆษณา

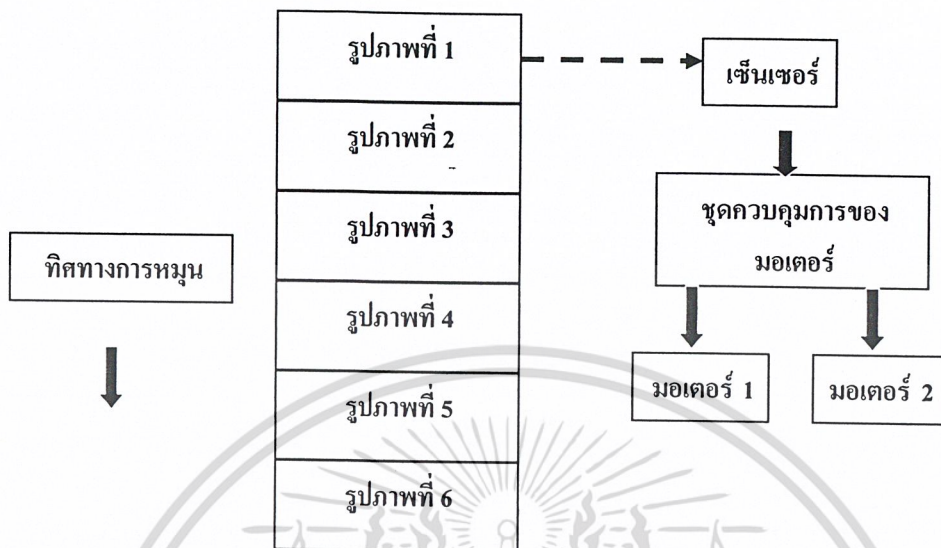


รูปที่ 3.9 แสดงคาปาซิเตอร์ที่ใช้สตาร์ทมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลักษณะการทำงานของปายโมฆณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

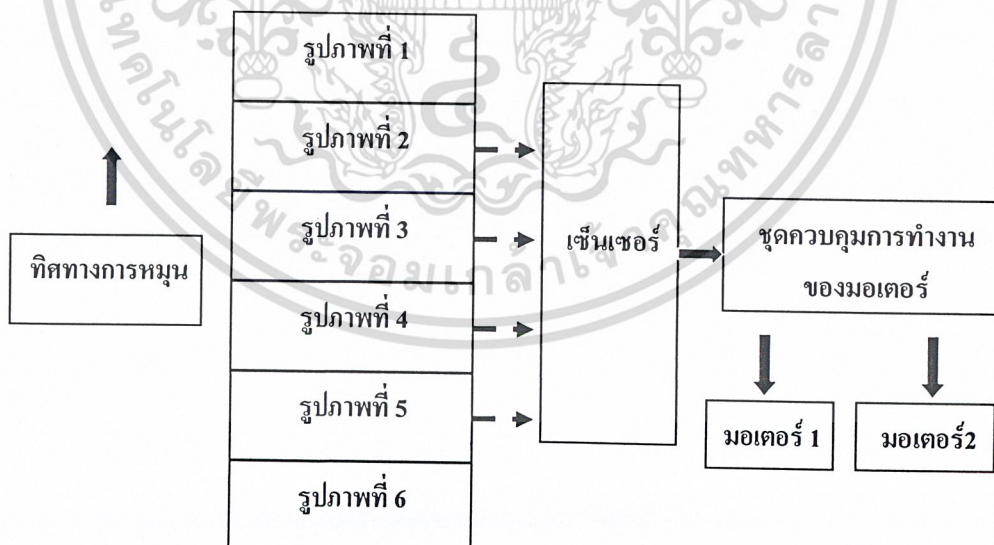
3.2.1 การทำงานของจังหวะที่ 1



รูปที่ 3.10 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 1

เมื่อหมุนภาพลงมาถึงภาพที่ 1 เซ็นเซอร์จะได้รับสัญญาณจากรูปภาพที่ 1 ส่งสัญญาณมาที่ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จะทำหน้าที่สั่งให้มอเตอร์ 2 หยุดทำงาน และสั่งให้มอเตอร์ 1 ทำงานเพื่อเลื่อนภาพขึ้นไป ในขณะเดียวกันชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะทำการหน่วงให้มอเตอร์ 1 หยุดหมุนเพื่อแสดงรูปภาพตามเวลาที่ได้กำหนดไว้

3.2.2 การทำงานของจังหวะที่ 2

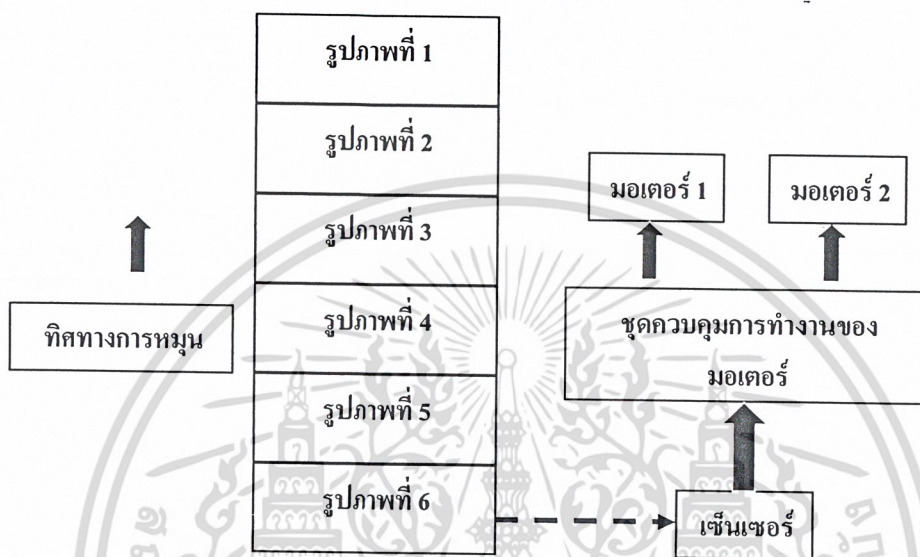


รูปที่ 3.11 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 2

เมื่อรูปภาพเลื่อนขึ้นไปเซ็นเซอร์จะได้รับสัญญาณจากรูปภาพที่ 2 เซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณมาที่ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์จากนั้นชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ก็จะหมุนให้มอเตอร์หยุดหมุนเพื่อแสดงรูปภาพตามเวลาที่ได้กำหนดไว้

จากนั้นเลื่อนไปรูปภาพที่ 3 ลำดับการทำงานจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนถึงภาพที่ 6

3.2.3 การทำงานของจังหวะที่ 3



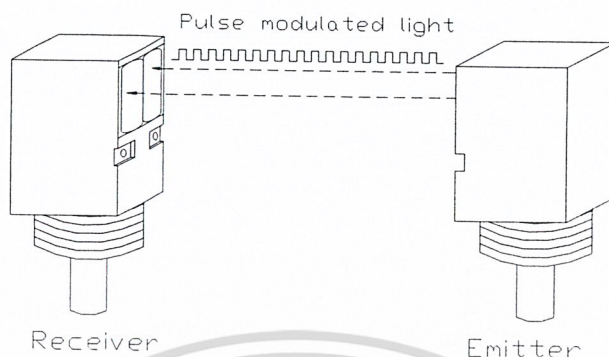
รูปที่ 3.12 แสดงการทำงานของจังหวะที่ 3

เมื่อเซ็นเซอร์ได้รับสัญญาณจากรูปภาพที่ 6 ชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะตัดการทำงานของมอเตอร์ 1 และสั่งให้มอเตอร์ 2 ทำงาน ในขณะเดียวกันชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะทำการหมุนให้มอเตอร์ 2 หยุดหมุนเพื่อแสดงรูปภาพตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ จากนั้นจะสั่งให้มอเตอร์ 2 หมุนเลื่อนรูปภาพลงมาเพื่อแสดงรูปภาพที่ 5, 4, 3, 2, 1 ตามลำดับ จากนั้นเริ่มทำงานตามจังหวะการทำงานที่ 1 อีกครั้ง

3.3 ลักษณะของชุดควบคุมการทำงานของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

3.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับ

ป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัตินี้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซ็นเซอร์แบบแยกตัวรับและจัดส่ง เซ็นเซอร์ประเภทนี้จะแยกตัวรับและตัวส่งอยู่คนละตำแหน่งกัน แต่จะอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน ทำหน้าที่ในการตรวจจับภาพโฆษณาแต่ละภาพแล้วส่งสัญญาณไปยังรีเลย์หรือรีเลย์ตั้งเวลาในลำดับต่อไป

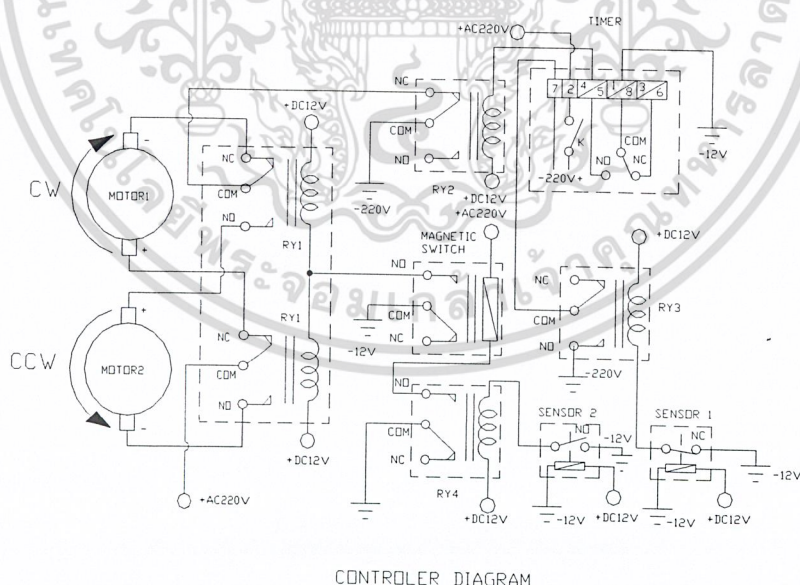


รูปที่ 3.13 แสดงเซนเซอร์ แบบแยกตัวรับและตัวส่งที่ใช้กับป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

3.3.2 รีเลย์ตั้งเวลา

รีเลย์ตั้งเวลาที่ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติใช้รีเลย์ตั้งเวลาที่ใช้ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 Hz ตั้งเวลาได้ 0 ถึง 30 วินาที

3.3.3 วงจรควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปิดสวิตช์เริ่มต้นทำงาน จะมีไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ครอบวงจรในขดลวดรีเลย์ตั้งเวลา จะทำให้ขั้ว NO ของรีเลย์ตั้งเวลาถูกต่อมีไฟไปเลี้ยงขดลวดรีเลย์ 2 ทำให้ขดลวดรีเลย์ 2 ครอบวงจรและหน้าสัมผัส NO ของ รีเลย์ 2 ต่อซึ่งจะเป็นการตัดวงจรกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ที่ไปเลี้ยงมอเตอร์ จึงทำให้มอเตอร์หยุดหมุน มอเตอร์จะหยุดหมุนเป็นเวลา 5 วินาที ตามเวลาที่ได้ตั้งไว้ในรีเลย์ตั้งเวลาในตำแหน่งนี้เป็นการทำงานของมอเตอร์ 1

เมื่อมอเตอร์ 1 หยุดหมุนครบตามเวลาที่ตั้งไว้ในรีเลย์ตั้งเวลา จากนั้นหน้าสัมผัส NC ของ รีเลย์ตั้งเวลา กลับมาต่อตามปกติ และทำให้มีกระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ที่ไปเลี้ยงมอเตอร์ 1 ครอบวงจรอีกครั้ง ทำให้มอเตอร์ 1 ทำงาน และ มอเตอร์ 1 จะทำงานเป็น วัฏจักรอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ตามการรับสัญญาณมาจากเซนเซอร์ 1 อันเนื่องมาจากแทบสัญญาณที่ติดอยู่กับผ้าโฆษณา

เมื่อถึงภาพสุดท้ายเซนเซอร์ 2 จะได้รับสัญญาณ ทำให้หน้าสัมผัส NC ของเซนเซอร์ 2 ต่อ มีผลทำให้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ในขดลวดรีเลย์ 4 ครอบวงจร และหน้าสัมผัส NO ของรีเลย์ 4 จะต่อ เป็นผลทำให้กระแสไฟฟ้าสลับ 220 โวลต์ ที่ไปเลี้ยง ขดลวดของสวิตช์แม่เหล็ก (ซึ่งเป็นแบบ กดติด - กดดับ)

เมื่อสวิตช์แม่เหล็กถูกกดให้อยู่ในตำแหน่งหน้าสัมผัส NC และหน้าสัมผัส จะถูกล็อกให้อยู่ในตำแหน่งหน้าสัมผัส NC จนกว่าขดลวดของสวิตช์แม่เหล็กจะได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ 2 ให้ทำงานอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นการปลดล็อกให้น้ำสัมผัสอยู่ในตำแหน่ง NO ซึ่งในขณะที่น้ำสัมผัสอยู่ในตำแหน่ง NC มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าสลับ 12 โวลต์ที่เข้าไปเลี้ยงขดลวดรีเลย์ 1 ครอบวงจร ทำให้ขั้ว NO ของรีเลย์ 1 ต่อ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนการทำงานของมอเตอร์ โดยมอเตอร์ 2 ทำงาน

ระบบจะทำงานเป็น วัฏจักรอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ตามการได้รับสัญญาณจากเซนเซอร์ 1 และเซนเซอร์ 2 ที่ติดอยู่กับผ้าโฆษณา

บทที่ 4

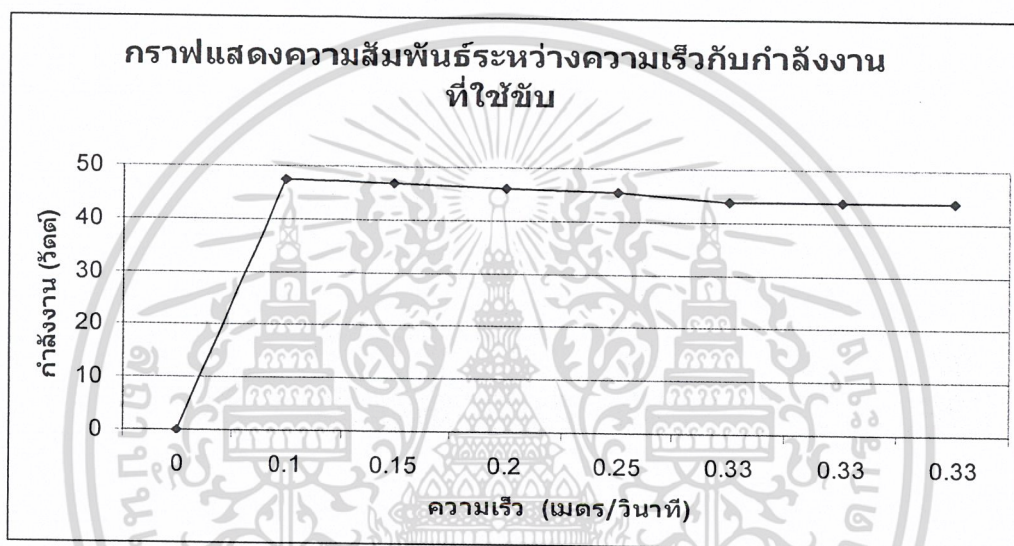
สรุปผลการดำเนินโครงการ

ผลการดำเนินโครงการ

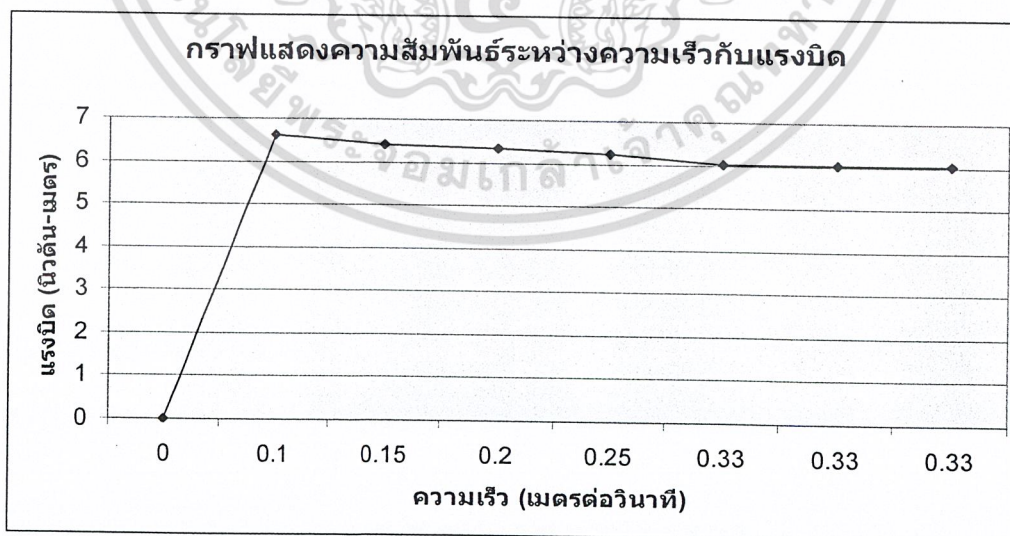
การดำเนินโครงการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดคือ

1. สร้างเครื่องต้นแบบของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติตามที่ได้ออกแบบไว้
2. ออกแบบและสร้างกลไกการทำงานและวงจรควบคุมการทำงานของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ
3. ปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามที่ได้กำหนดไว้

ผลการทดลองการทำงานของปั๊มโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับกำลังงาน(มอเตอร์)ตั้งแต่เริ่มสตาร์ท



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับแรงบิดที่ใช้มอเตอร์ขับ ขณะสตาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่หยุดแสดงภาพ 5 วินาที

เวลาที่ใช้ในการเลื่อน เปลี่ยนภาพ 3 วินาที

แนวทางในการพัฒนา

1. ปรับปรุงการส่งถ่ายกำลังไปยังเพลา โดยให้ลดจำนวนการส่งถ่ายกำลัง เพื่อความนิ่มนวลของการเลื่อน
เปลี่ยนภาพ
2. ปรับปรุงรูปร่างและขนาดของปายให้มีขนาดเล็กกว่านี้
3. เลือกวัสดุที่เบาและแข็งแรงมาทำโครงสร้าง
4. ใช้ตัวตรวจจับสัญญาณที่มีความแม่นยำและสะดวกในการติดตั้ง





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของป้ายโฆษณาแบบเลื่อนอัตโนมัติ

ลักษณะ	ป้ายโฆษณาแบบตั้งพื้น
ลักษณะการทำงาน	เลื่อนภาพขึ้น-ลง
มิติ	1.5*0.5*1.5 (สูง* กว้าง * ยาว , เมตร)
โครงสร้าง	เหล็กเหนียว
ต้นกำลัง	มอเตอร์กระแสสลับ

รายละเอียดอุปกรณ์

มอเตอร์	Induction motor
รุ่น	5 IK 60 RA – 2C
	Max output 60 w 200 V 50/60 H _z 0.9 A
	200 V 50/60 H _z 0.9 A 5 μ F 4 P
	5 μ F 4 P
	Thermally Hotected
กาปาซิเตอร์	
รุ่น	97F 5706
	6 μ F 370 VAC
	+06-06% 50/60 H _z
	Protected P912
	A10000AFC 519504
	Deflektrol VI
	6X6E4B
รีเลย์ตั้งเวลา	
ผู้ผลิต	Tokyo electric co., LTD
	Type ER-2 B
	Volts 200- 220 V 50/60 H _z
	Instant Delay
	1A 220 AC p.f– 1/ 3A – 220V AC pf=1

กระปุกเกียร์

ผู้ผลิต	Bohpony
รุ่น	A-15
อัตราทด	10:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์

ผู้ผลิต

Maxx Tronic

รุ่น

MX 011

ชนิด

ตัวรับตัวส่ง

Power supply for transmitter = 12 Vdc/ 200 mA

Power supply for receiver = 12 Vdc has signal = 15-50 mA

Delay time 1- 10 second

Detecting distance 10- 30 ft



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 1 โซ่โรลเลอร์ตามมาตรฐาน ISO/ R 606 – 1976 (E)

ขนาดเป็น mm

โซ่ ISO	พิตช์ P	d ₁ max	b ₁ min	d ₂ max	b ₃ min	แรงแตกหัก kN		
						หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น
05 B	8.00	5.00	3.00	2.31	4.90	4.51	7.85	11.18
06 B	9.525	6.35	5.72	3.28	8.66	8.93	16.97	24.92
08 A	12.70	7.95	7.95	3.96	11.31	13.83	27.66	41.50
08 B	12.70	8.51	7.75	4.45	11.43	17.85	31.20	44.54
10 A	15.875	10.16	9.53	5.08	13.97	21.78	43.56	65.33
10 B	15.875	10.16	9.65	5.08	13.41	22.27	44.54	66.81
12 A	19.05	11.91	12.70	5.94	17.88	31.20	62.39	93.59
12 B	19.05	12.07	11.68	5.72	15.75	28.94	57.88	86.82
16 A	25.40	15.88	15.88	7.92	22.74	55.62	111.25	166.87
16 B	25.40	15.88	17.02	8.28	25.58	42.28	84.56	126.84
20 A	31.75	19.05	19.05	9.53	27.59	86.82	173.64	260.46
20 B	31.75	19.05	19.56	10.19	29.14	64.55	129.10	193.65
24 A	38.10	22.23	25.40	11.10	35.59	124.59	249.17	373.76
24 B	38.10	25.40	25.40	14.63	38.05	97.90	195.81	293.71
28 A	44.45	25.40	25.40	12.70	37.32	169.12	338.25	507.37
28 B	44.45	27.94	30.99	15.90	46.71	129.10	258.20	387.30
32 A	50.80	28.58	31.75	14.27	45.34	222.49	444.98	667.47
32 B	50.80	29.21	30.99	17.81	45.70	169.12	338.25	507.37
40 A	63.50	39.68	38.10	19.84	55.02	347.08	694.16	1041.23
40 B	63.50	39.37	38.10	22.89	55.88	262.61	525.23	787.84
48 A	76.20	47.63	47.63	23.80	67.95	500.60	1001.21	1501.81
48 B	76.20	48.26	45.72	29.24	70.69	400.54	800.99	1201.43
56 B	88.90	53.98	53.34	34.32	81.46	542.89	1085.77	-
64 B	101.60	63.50	6.96	39.40	92.15	712.01	1423.92	-
72 B	114.30	72.39	68.58	44.48	103.94	898.89	1797.78	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2 มวลของโซ่โรลเลอร์ต่อความยาว

โซ่ ISO	มวลของโซ่, kg /m			โซ่ ISO	มวลของโซ่, kg /m			
	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น		หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	สี่ชั้น
06 B	0.39	0.74	1.10	06 A	0.33	0.65	0.98	
08 B	0.68	1.34	1.99	08 A	0.61	1.22	1.83	2.44
10 B	0.85	1.70	2.55	10 A	0.98	1.96	2.95	3.93
12 B	1.16	2.31	3.45	12 A	1.59	3.05	4.54	6.10
16 B	2.71	5.42	8.13	16 A	2.50	5.00	7.50	10.00
20 B	3.70	7.40	11.10	20 A	3.68	7.35	11.03	14.70
24 B	6.70	13.75	20.75	24 A	5.54	11.07	16.61	22.14
28 B	8.25	16.80	25.40	28 A	7.52	15.00	22.60	30.10
32 B	9.22	18.45	27.67	32 A	9.67	19.34	29.02	38.69
40 B	15.48	31.55	47.62	40 A	15.48	30.95	46.43	61.90
48 B	24.71	50.00	75.45	48 A				
56 B	33.20	67.60		56 A				
64 B	44.64	89.29		64 A				
72 B	59.50			72 A				

ตาราง 3 ตัวประกอบการกระแทก C_s

อุปกรณ์ที่ต้องการขับ	อุปกรณ์ขับ		
	มอเตอร์ไฟฟ้า	เครื่องยนต์หลายสูบ	เครื่องยนต์หนึ่งสูบ
เกือบจะไม่มีการกระแทก เครื่องกำเนิดไฟฟ้า, อุปกรณ์ลำเลียงของเบา, อุปกรณ์ช่วยขับของเครื่องมือกล	1.00	1.25	1.50
มีการกระแทกปานกลาง ปั้นจั่น, อุปกรณ์ลำเลียงหนัก, อุปกรณ์ขับเครื่องมือกล	1.25	1.50	1.75
มีการกระแทกรุนแรง เครื่องรีดโลหะ, เครื่องอัด, เครื่องตัด, เครื่องสูบลูกสูบ, รถขุด	1.75	2.00	2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4 ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำสม่ำเสมอ

โซโรลเดอร์แบบ B				โซโรลเดอร์แบบ A			
จำนวน พื้นบน พินีน	อุปกรณ์จับ*			จำนวน พื้นบน พินีน	อุปกรณ์จับ**		
	สม่ำเสมอ	กระดูก ปลานก กลาง	กระดูก มาก		ประเภท I	ประเภท II	ประเภท III
ใช้กับแผนภูมิรูป 11.18				ใช้กับแผนภูมิรูป 11.19			
11	1.72	2.16	2.59	11	1.41	1.41	1.69
12	1.59	1.98	2.38	12	1.28	1.28	1.54
13	1.47	1.84	2.21	13	1.19	1.19	1.43
14	1.35	1.69	2.03	14	1.10	1.10	1.32
15	1.27	1.58	1.90	15	1.00	1.00	1.20
16	1.19	1.49	1.79	16	0.93	0.93	1.11
17	1.12	1.40	1.69	17	0.86	0.86	1.03
18	1.05	1.32	1.58	18	0.81	0.81	0.98
19	1.00	1.25	1.50	ใช้กับแผนภูมิรูป 11.20			
20	0.95	1.19	1.43	19	1.00	1.00	1.20
21	0.91	1.14	1.36	20	0.93	0.93	1.12
22	0.86	1.08	1.29	21	0.88	0.88	1.06
23	0.83	1.03	1.24	22	0.84	0.84	1.01
24	0.79	0.99	1.19	23	0.80	0.80	0.96
25	0.76	0.95	1.14	24	0.75	0.78	0.93
				25	0.75	0.75	0.90

*

สม่ำเสมอ : มอเตอร์ไฟฟ้า

กระดูกปลานกกลาง : เครื่องยนต์หลายสูบ

กระดูกมาก : เครื่องยนต์หนึ่งสูบ

**

ประเภท I : เครื่องยนต์ต่อผ่านไฮดรอลิกคัปปลิง

ประเภท II : มอเตอร์ไฟฟ้าหรือกังหัน

ประเภท III : เครื่องยนต์ผ่านอุปกรณ์ทางกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5 มิติมาตรฐานและแรงประเมนของโรลลิ่งเบร้ง (C_0 , C เป็น kN)

รูสวน d mm	O.D dia. D mm	อนุกรมมิติ 02										
		ความ หนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearing		Angular contact Small Angle Ball Bearing		Angular contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing	
			C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C	C_0	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19						
5	16	5	-	-	0.94	1.85						
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85						
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51						
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51						
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49						
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.2
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.0	77.87	87.66	101.4	139.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6 ตัวประกอบ X และ Y สำหรับบอลและโรลเลอร์เบริง

Contact Angle α , deg	iF_a^1/c_o	single-Row Bearing ²		Double – Row Bearing ³				e
		$F_a/VF_r > e$		$F_a/VF_r \leq e$		$F_a/VF_r > e$		
		X	Y	X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing ⁴								
	0.014		2.30				2.30	0.19
	0.028		1.99				1.99	0.22
	0.056		1.71				1.71	0.26
	0.084		1.55				1.55	0.28
	0.110	0.56	1.45	1.0	0	0.56	1.45	0.30
	0.170		1.31				1.31	0.34
	0.280		1.15				1.15	0.38
	0.420		1.04				1.04	0.42
	0.560		1.00				1.00	0.44
Angular- Contact groove ball bearing ⁴								
5	0.014		Use X,Y and e values applicable to single row deep groove bearings		2.78		3.74	0.23
	0.028			2.40		3.23	0.26	
	0.056			2.07		2.78	0.30	
	0.085			1.87		2.52	0.34	
	0.11	0.56		1.0	1.75	0.78	2.36	0.36
	0.17				1.58		2.13	0.40
	0.28				1.39		1.87	0.45
	0.42				1.26		1.69	0.50
	0.56				1.21		1.63	0.52
10	0.014		1.88		2.18		3.06	0.29
	0.029		1.71		1.98		2.78	0.32
	0.057		1.52		1.76		2.47	0.36
	0.086		1.41		1.63		2.29	0.38
	0.11	0.46	1.34	1.0	1.55	0.75	2.18	0.40
	0.17		1.23		1.42		2.00	0.44
	0.29		1.10		1.27		1.79	0.49
	0.43		1.01		1.17		1.64	0.54
	0.57		1.00		1.16		1.63	0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 7 ตัวประกอบของการกระแทก

ชนิดของแรง	N_s		
	บอลเบริง	โรลเลอร์เบริง	ตัวอย่าง
แรงเรียบสม่ำเสมอ	1.0	1.0	มอเตอร์ไฟฟ้า
แรงกระแทกเล็กน้อย	1.5	1.0	เครื่องอัดอากาศ
แรงกระแทกอย่างหนัก	2.0-3.0	1.3-2.0	เครื่องตัดโลหะ ปั้นจั่น เครื่องบดแร่ เครื่องเขย่า

ตาราง 8 ตัวประกอบของเฟือง

คุณภาพของเฟือง	N_s
เฟืองที่ตัดฟันอย่างคมมาก	1.05-1.10
เฟืองที่ใช้ทั่วไป	1.10-1.30

ตาราง 9 ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ความเสียหาย

ชนิดของเบริง	ขณะเริ่มทำงาน		ขณะทำงาน	
	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน	ในแนวรัศมี	ในแนวแกน
บอลเบริง	0.0025	0.0060	0.0015	0.0040
cylindrical roller bearing	0.0030	0.1200	0.0018	0.0080
spherical roller bearing	0.0020	-	0.0011	-

ตาราง 10 ค่าตัวประกอบความถี่ที่ใช้ในการออกแบบเพลลา

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลลาอยู่นิ่ง:		
แรงกระตุ้นสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุ้น	1.5-2.0	1.5-2.0
เพลลาหมุน:		
แรงกระตุ้นสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุ้นอย่างเบา ๆ	1.5-2.0	1.5-2.0
แรงกระตุ้นอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 11 ขนาดของเกลียวตัวหนอนที่แนะนำให้ใช้

มุมเกล็ด, λ_w องศา	มุมคนอมัต, ϕ_n องศา	แอคเคนคัม mm	ดีเคนคัม mm
0-15	14½	0.3683 p _a	0.3683 p _a
15-30	20	0.3683 p _a	0.3683 p _a
30-35	25	0.2865 p _a	0.3314 p _a
35-40	25	0.2546 p _a	0.2947 p _a
40-45	30	0.2228 p _a	0.2578 p _a

ตาราง 12 จำนวนปากของเกลียวที่เหมาะสมกับอัตราทด

m_w	จำนวนปาก	m_w	จำนวนปาก
≥ 20	≥ 1	6-12	≥ 4
12-36	≥ 2	4-10	≥ 6
8-12	≥ 3		

ตาราง 13 ค่าคงที่ k_w , N/mm²

วัสดุ		มุมคนอมัต, องศา			
เกลียวตัวหนอน	เฟืองหนอน	14½	20	25	30
เหล็กกล้า HB ≥ 500	chilled bronze	0.620	0.862	1.034	1.241
เหล็กกล้า HB ≥ 500	บรอนซ์	0.414	0.552	0.689	0.827
เหล็กกล้า HB ≈ 250	บรอนซ์	0.248	0.345	0.141	0.496
เหล็กกล้า HB ≥ 500	เหล็กหล่อสีเทา	0.372	0.517	0.620	0.745
เหล็กหล่อแบบ high-test	เหล็กหล่อสีเทา	0.620	0.862	1.034	1.241
เหล็กหล่อแบบ high-test	เหล็กหล่อแบบ high-test	0.931	1.275	1.551	1.862

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ (ดร.).การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1,ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ,2545.
- [2] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ (ดร.).การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2, ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ,2545.
- [3] วิทยา ประสงค์พันธุ์.การควบคุมมอเตอร์ด้วยคอนแทกเตอร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- [4] พรจิต ประทุมสุวรรณ.พื้นฐานหุ่นยนต์และเครื่องจักรกลอัตโนมัติ, เรือนแก้วการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- [5] บรรเลง ศรีนิล (รศ.). ตารางงานโลหะ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- [6] ชนะ กสิการ.ความแข็งแรงของวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ
- [7] สงคราม ชาติวิวัฒนาการ.ห้ามล้อรถยนต์, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, นครราชสีมา.
- [8] R.C. Hibbeler. Mechanic of Materials Fourth Edition, Prentice Hall, New Jersey, United States of America.

