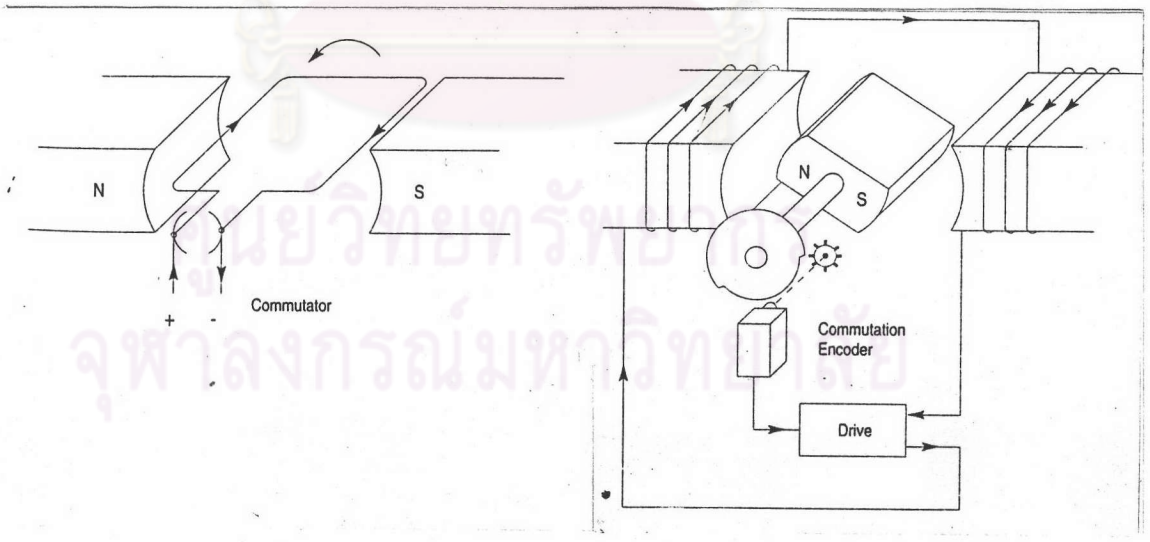
บทที่ 3

ระบบการควบคุมมอเตอร์และส่วนประกอบเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ

3.1 มอเตอร์ ชุดขับมอเตอร์ และชุดควบคุมมอเตอร์

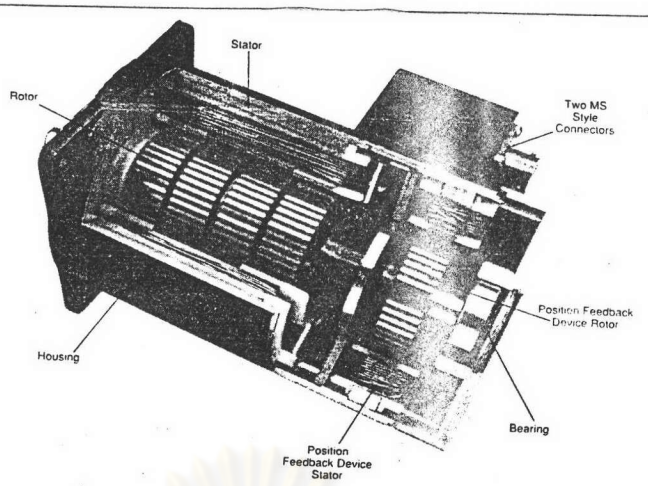
3.1.1 มอเตอร์ มอเตอร์ที่ใช้ขับชุดบอลสกรู(BALL SCREW) เป็นมอเตอร์กระแสสลับ แบบไม่ใช้แปรงถ่าน(AC-BRUSHLESS MOTOR) ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงแบบใช้แปรงถ่าน(DC BRUSH MOTOR) คือกลับเอาขดลวดหมุน(ROTATION COIL) ซึ่งคือโรเตอร์(ROTOR) ของมอเตอร์แบบใช้แปรงถ่าน มาไว้ข้างนอกเป็นสเตเตอร์(STATOR) แทน และกลับเอาแม่เหล็กถาวร(PERMANENT MAGNET)ซึ่งเดิมเคยอยู่ด้านนอก ทำหน้าที่เป็นสเตเตอร์ไปไว้ข้างในเป็นโรเตอร์แทน การทำอย่างนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แปรงถ่านเพื่อส่งกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดหมุนของโรเตอร์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก นอกจากนี้ยังใช้เอ็นโคเดอร์(ENCODER) เป็นตัวบอกตำแหน่งของโรเตอร์ แทนคอมมิวเตเตอร์(COMMUTATOR) เพื่อให้การจ่ายกระแสไปตามคอล์ยต่าง ๆ ของสเตเตอร์สัมพันธ์กับการหมุนของโรเตอร์ ซึ่งทำให้มอเตอร์หมุนครบรอบได้

เนื่องจากมอเตอร์แบบไม่ใช้แปรงถ่านนำเอาขดลวด ซึ่งเป็นส่วนทำให้เกิดความร้อนในมอเตอร์มาไว้ข้างนอก ทำให้มอเตอร์ระบายความร้อนได้ดีกว่ามอเตอร์แบบใช้แปรงถ่าน การระบายความร้อนได้ดีทำให้สามารถทำความเร็วรอบได้สูงกว่า และให้แรงบิดสูงกว่าในมอเตอร์ขนาดเท่ากันกับมอเตอร์แบบไม่ใช้แปรงถ่าน และเนื่องจากไม่มีแปรงถ่านซึ่งมักจะสึกหรอเนื่องจากการเสียดสี ทำให้มอเตอร์แบบไม่ใช้แปรงถ่านไม่ต้องการการบำรุงรักษา(MAINTENANCE FREE MOTOR)



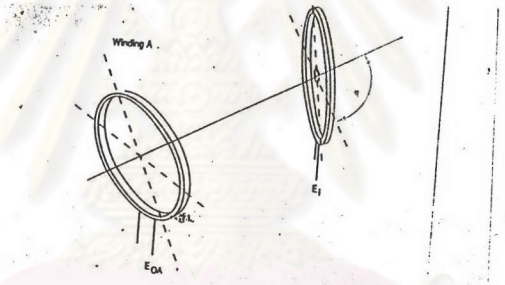
รูปที่ 3.1,3.2 มอเตอร์แบบใช้แปรงถ่าน เปรียบเทียบมอเตอร์แบบไม่ใช้แปรงถ่าน

3.1.2 อุปกรณ์ป้อนกลับ(FEEDBACK DEVICE) ภายในมอเตอร์กระแสสลับแบบไม่ใช้แปรงถ่าน ที่ใช้นี้ใช้อุปกรณ์ป้อนกลับ แบบรีโซลเวอร์(RESOLVER) อยู่ด้านท้ายของมอเตอร์ และใช้แกนหมุนร่วมกับแกนหมุนของชุดโรเตอร์ ทำให้ตัดปัญหาเรื่องข้อต่อ(COUPLING) ออกไปได้ ดังรูปที่ 3.3



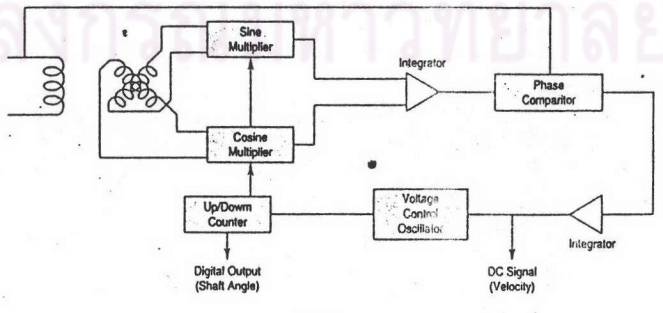
รูปที่ 3.3 ตัวป้อนกลับแบบรีโซลเวอร์ของมอเตอร์ไม่ใช้แปรงถ่าน

หลักการทำงานของรีโซลเวอร์(RESOLVER) คล้ายกับการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(GENERATOR) ขดลวดสองขด A และ B จะถูกวางไว้โดยมีเฟส(PHASE) ต่างกัน 90° แรงดันทางขาออกของขดลวดทั้งสองจะเป็นดังรูปที่ 3.4 ถ้าเราสามารถวัดความสัมพันธ์ของระดับแรงดัน(AMPLITUDE) ของขดลวดทั้งสองได้ เราก็สามารถบอกตำแหน่งใด ๆในการหมุน 1 รอบของโรเตอร์ได้(ONE REVOLUTION ABSOLUTE POSITION FEEDBACK DEVICE)



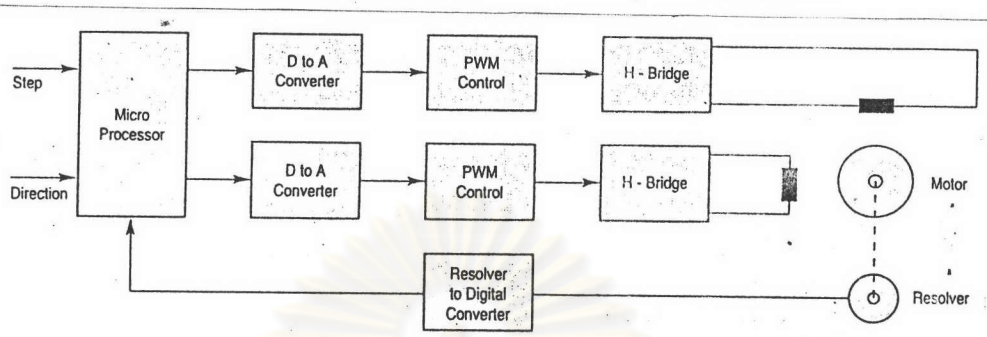
รูปที่ 3.4 หลักการทำงานของรีโซลเวอร์

แรงดันขาออก(OUTPUT) จากทั้งสองเฟสจะถูกแปลงจากสัญญาณอนาลอก(ANALOG) เป็นสัญญาณดิจิตอล(DIGITAL) เพื่อใช้ในระบบควบคุมตำแหน่งแบบดิจิตอล(DIGITAL POSITION SYSTEM) ดังรูปที่ 3.5 ระบบแปลงสัญญาณนี้จะสามารถให้ความละเอียดในการบอกตำแหน่งได้ถึง 65,536 ตำแหน่ง(COUNT) ต่อการหมุน 1 รอบ



รูปที่ 3.5 การแปลงสัญญาณจากรีโซลเวอร์เป็นสัญญาณดิจิตอล

3.1.3 ชุดขับ(DRIVE) และชุดควบคุมมอเตอร์ มอเตอร์กระแสสลับแบบไม่ใช้แปรงถ่านนี้ใช้ชุดขับมอเตอร์แบบ 3-PHASE BIPOLAR 7 KHZ PULSE WIDTH MODULATION(PMW) SINUSODIAL CURRENT CONTROL DRIVE ซึ่งมีแผนภาพการทำงาน คล้ายรูปที่ 3.6 ซึ่งเป็นชุดขับแบบ 2-PHASE

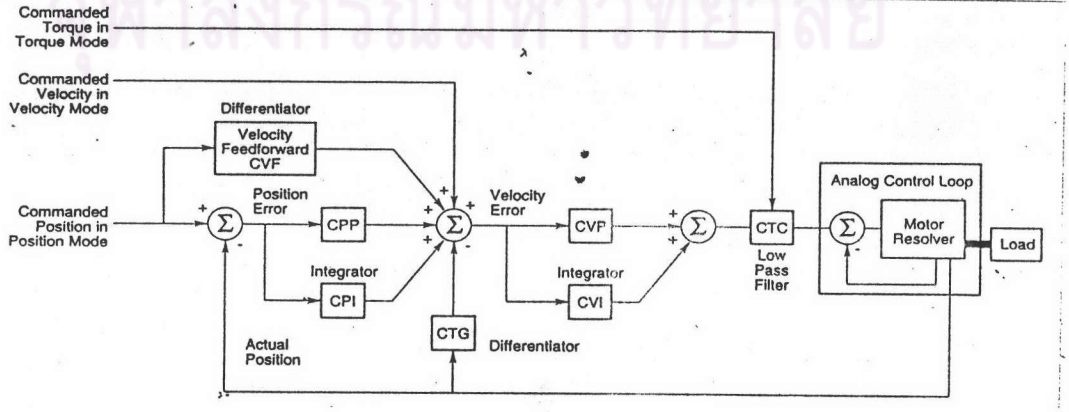


รูปที่ 3.6 ชุดขับมอเตอร์ไม่ใช้แปรงถ่านแบบ 2 เฟส

การควบคุมการทำงานของชุดควบคุมมอเตอร์ จะกระทำโดยโปรแกรมควบคุมที่เก็บไว้ใน หน่วยความจำแบบรอม(Read Only Memory, ROM) โปรแกรมจะทำการจำลองระบบที่ถูกควบคุมให้อยู่ในรูปของสมการจำลองทางคณิตศาสตร์(DYNAMICS MATH MODEL) ทั้งหมด ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิตอล(Digital Signal Processor, DSP) จะทำการประมวลผล โดยเปรียบเทียบสัญญานคำสั่ง(INPUT COMMAND) กับ สัญญานป้อนกลับ (FEEDBACK INPUT) แล้วคำนวณหาระดับสัญญานควบคุม(OUTPUT) ที่เหมาะสมโดยโปรแกรมควบคุมที่เก็บไว้ใน หน่วยความจำแบบรอม ส่งออกไปควบคุมอีกทีหนึ่ง

เนื่องจากทุกอย่างเป็นโปรแกรม(SOFTWARE) ดังนั้นตัวแปรการควบคุม(CONTROL PARAMETER) ซึ่งถูกเก็บแยกไว้ต่างหากในหน่วยความจำแบบแรม(Random Access Memory, RAM) จึงสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างง่ายดายโดยกระทำผ่านทางคอมพิวเตอร์ และพอร์ทอนุกรม RS-232C(SERIAL PORT) การเปลี่ยนแปลงตัวแปรการควบคุมจะทำให้ลักษณะของการควบคุมเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแท้จริงแล้วก็คือการเปลี่ยนค่าตัวแปรที่ใช้ในการ

คำนวณของสมการจำลองทางคณิตศาสตร์นั่นเอง ตัวแปรการควบคุม และแผนภาพการควบคุม(BLOCK DIAGRAM) การควบคุมแบบ พี.ไอ.ดี ที่มีการป้อนไปข้างหน้าของความเร็ว แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 บล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบ พี . ไอ . ดี ที่มีการป้อนไปข้างหน้าของความเร็ว

จากรูปที่ 3.7 ตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่

CPP = POSITION PROPORTIONAL GAIN

CPI = POSITION INTEGRAL GAIN

CVF = VELOCITY FEEDFORWARD GAIN

CTG = DIGITAL TACH GAIN

CFD = POSITION DERIVATIVE GAIN

CVP = VELOCITY PROPORTIONAL GAIN

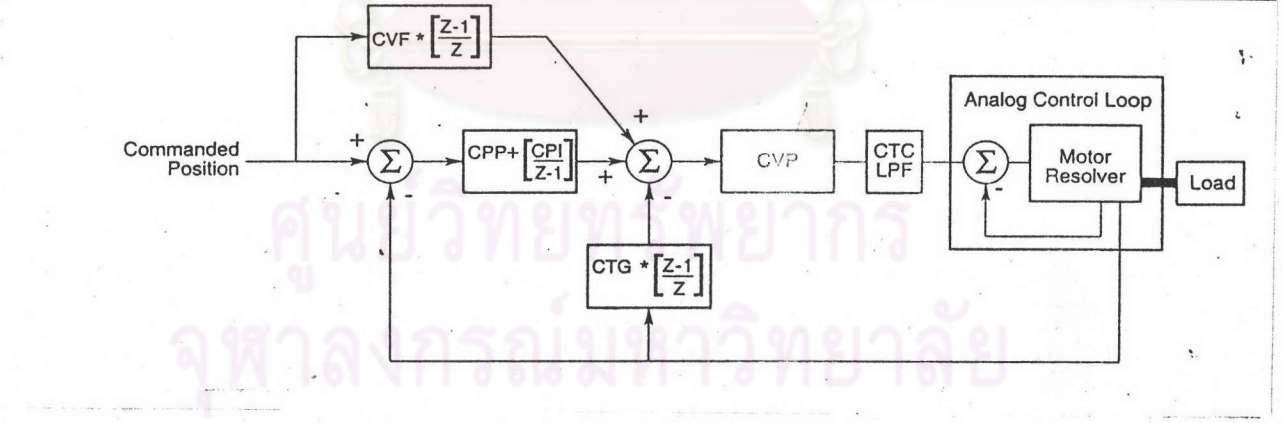
CVI = VELOCITY INTEGRAL GAIN

CTC = FILTER TIME CONSTANT

ชุดขับและควบคุมมอเตอร์นี้ สามารถทำงานควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ 3 แบบคือ

3.1.4 <u>ควบคุมตำแหน่ง(POSITION MODE)</u> ชุดควบคุมจะรับสัญญานคำสั่งตำแหน่ง(INPUT COMMAND POSITION) ในรูปของคลื่นสเตป(DIGITAL STEP PULSE) และสัญญานทิศทาง(DIRECTION SIGNAL) จำนวนสเตป ต่อรอบ สามารถเซ็ทได้จากโปรแกรม ตั้งแต่ 200-65,536 STEP/REV (มาตรฐานคือ 5,000 STEP/REV) นำมาเปรียบเทียบกับสัญญานตำแหน่งจริง(ACTUAL POSITION) ที่ป้อนกลับมาจากรีโซลเวอร์ (RESOLVER)

ค่าความแตกต่าง (ERROR) ที่ได้จะถูกคำนวณโดยสมการจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ พี.ไอ.ดี(PID EQUATION) ได้สัญญานควบคุม ในรูปของกระแสควบคุมมอเตอร์ (MOTOR CURRENT COMMAND) ป้อนเข้าสู่มอเตอร์เพื่อแก้ไขความแตกต่างของตำแหน่ง(POSITION ERROR) ลูป (LOOP) การควบคุมตำแหน่ง 1 สเตป จะกระทำเสร็จสิ้นภายใน 100 μsec รูปที่ 3.8 แสดงแผนภาพการควบคุม ของการควบคุมแบบควบคุมตำแหน่ง

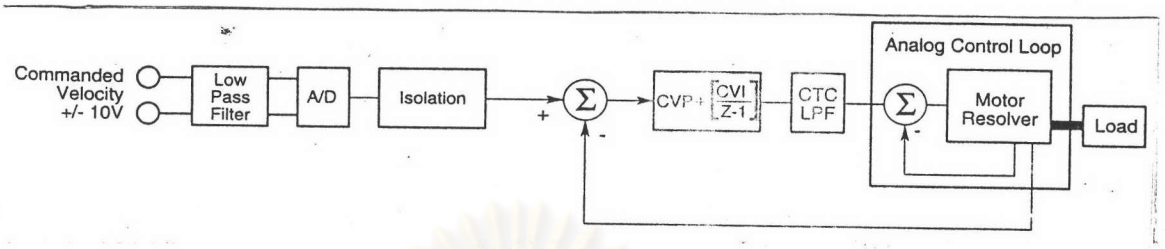


รูปที่ 3.8 โหมดควบคุมตำแหน่ง

3.1.5 <u>ควบคุมความเร็ว(VELOCITY MODE)</u> ชุดควบคุมจะรับสัญญานคำสั่งความเร็ว(INPUT COMMAND VELOCITY) ในรูปของสัญญานอนาล็อก(ANALOG) ±10 V นำมาเปรียบเทียบกับสัญญานความเร็วจริง(ACTUAL VELOCITY) ป้อนกลับมาจากรีโซลเวอร์(RESOLVER) ค่าความแตกต่าง (ERROR) ที่ได้จะถูกคำนวณโดยสมการจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ พีไอ(PI EQUATION)ได้สัญญานควบคุม ในรูปของกระแสควบคุมมอเตอร์ (MOTOR CURRENT COMMAND) ป้อนเข้าสู่มอเตอร์เพื่อแก้ไขความแตกต่างของความเร็ว(VELOCITY ERROR)

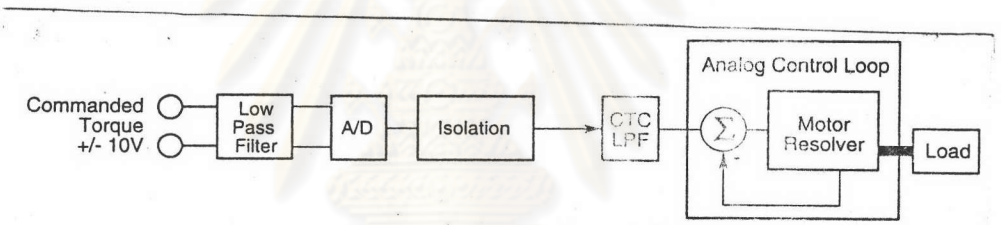
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลูป (LOOP) การควบคุมความเร็วจะกระทำเสร็จสิ้นภายใน 500 μsec รูปที่ 3.9 แสดงแผนภาพการควบคุม ของการควบคุมแบบควบคุมความเร็ว



รูปที่ 3.9 โหมดควบคุมความเร็ว (VELOCITY MODE)

3.1.6 <u>ควบคุมแรงบิด(TORQUE MODE)</u> ชุดควบคุมจะรับสัญญานคำสั่งแรงบิด(INPUT TORQUE COMMAND) ในรูปของสัญญานอนาล็อก(ANALOG) ±10 V แล้วส่งต่อให้ชุดควบคุมแรงบิด(ANALOG TORQUE CONTROL LOOP) ภายในชุดขับมอเตอร์(DRIVE) ซึ่งมีชุดป้อนกลับกระแสอยู่ภายใน ดังแผนภาพการควบคุม ของการควบคุมแบบควบคุมแรงบิด ที่แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โหมดควบคุมแรงบิด

ในงานวิจัยนี้ใช้โหมดในการควบคุมตำแหน่ง ควบคุมตำแหน่งมุมของแกนมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ตามตำแหน่งอ้างอิง ที่ส่งมาจากชุดโปรแกรมควบคุมทางเดิน

3.1.7 <u>ชุดโปรแกรมควบคุมทางเดิน</u> นอกจากชุดขับและควบคุมมอเตอร์แล้ว ยังมีชุดสำหรับเขียนโปรแกรม การเคลื่อนที่ซึ่งประกอบด้วยลำดับของตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่ง(POSITION VELOCITY AND ACCELERATION SEQUENCE)ของการหมุนของมอเตอร์ เมื่อนำลำดับเหล่านี้มาต่อกันก็จะได้โปรแกรมควบคุมทางเดินในแนวเส้นตรงของแต่ละแกน ชุดคำสั่งที่ใช้เขียนโปรแกรม มีลักษณะคล้ายภาษาเบสิค(BASIC) และได้จัดเตรียมมาจากผู้ผลิตเรียบร้อยแล้ว ตัวอย่างคำสั่งเหล่านี้แสดงในรูปที่ 3.11 ชุดคำสั่งเหล่านี้จะถูกแปลโดยโปรแกรม อีกทีหนึ่งแล้วจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของคลื่นสเตป(STEP PULSE TRAIN) และสัญญานทิศทาง (DIRECTION LOGIC) เพื่อป้อนเข้าชุดขับและควบคุมมอเตอร์อีกทีหนึ่ง

Status Request Commands
Models ZX & ZXF

Command	Description
BS	Buffer status report
DPA	Display position actual
DPE	Display position error
DPS	Display position setpoint
DR	Display parameters
FS	Encoder function report
IS	Input status report
OS	Function setup report
PR	Absolute position report
PX	Report encoder position
R	Indexer status report
RA	Limit switch status report
RB	Loop, pause, shutdown, Trigger status report
RG	Go home status report
RS	Sequence execution report
RV	Revision level report
RSE	Report servo errors
SS	Function setup report
TS	Trigger input status
TM	Time of last motion

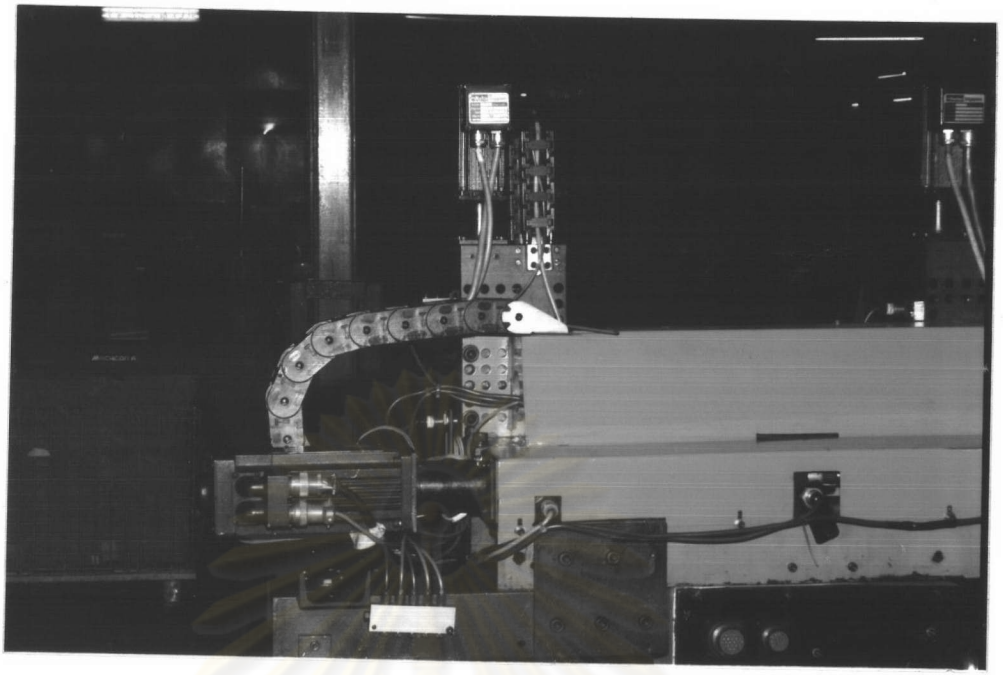
Homing Motion
Models ZX & ZXF

Command	Description
GH	Go home
GHA	Go home acceleration
GHAD	Go home deceleration
GHF	Go home final velocity
GHV	Go home velocity

Motion Commands
Models ZX & ZXF

Command	Description
A	Acceleration
AD	Deceleration
BL	Backlash
D	Distance
DP	Distance point
FP	Following encoder point
G	Go
H	Set direction
HALT	Halt
IV	Immediate velocity
ID	Immediate distance
JA	Jog acceleration
JAD	Jog decleration
JVL	Jog velocity (low)
JVH	Jog velocity (high)
K	Kill
GD	Go predefined move
GDEF	Configure predefined move
LAD	Limit deceleration
LD	Limit disable
MA	Mode alternate
MC	Mode continuous
MN	Mode normal
MPA	Mode position absolute
MPI	Mode position incremental
MPP	Mode position profile
MV	Maximum correction velocity
NG	End position profile
PU	Configure square wave
PUL	Activate square wave
SL	Software limits
SLD	Software limit disable
ST	Shutdown
STOP	Stop
Q0	Exit velocity profiling mode
Q1	Enter velocity profiling mode
REG	Configure registration move
RM	Rate multiplier in velocity streaming mode
S	Stop
Y	Stop loop
V	Velocity
VS	Start/stop velocity

รูปที่ 3.11 ตัวอย่างคำสั่งโปรแกรมชุดควบคุมทางเดินมอเตอร์



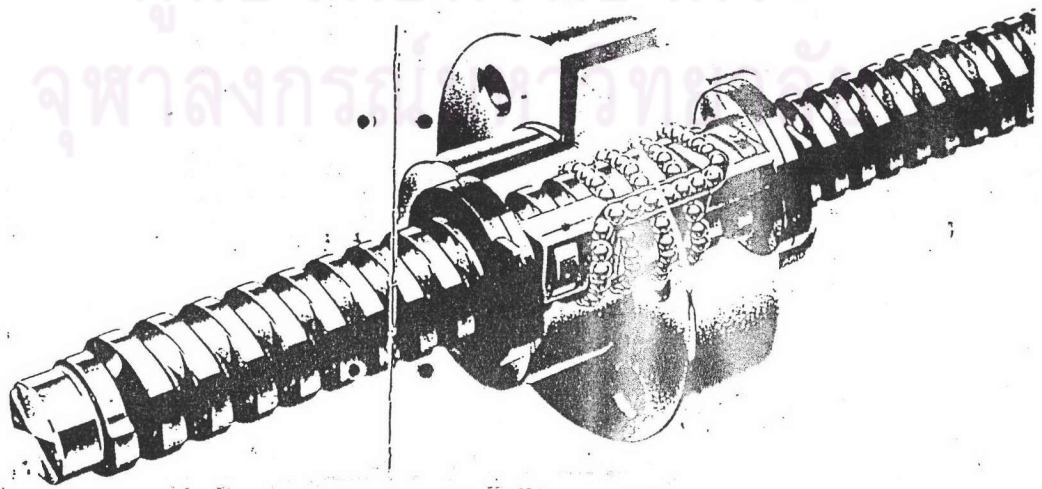
รูปที่ 3.12 มอเตอร์กระแสสลับแบบไม่ใช้แปรงถ่านที่ใช้ในเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ

3.2 อุปกรณ์เคลื่อนที่เชิงเส้น(LINEAR MOTION) เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแนวการเคลื่อนที่จากการหมุนของแกนมอเตอร์ เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้นของภาระที่ใช้ในชุดป้อนชิ้นงานอัติโนมัติ

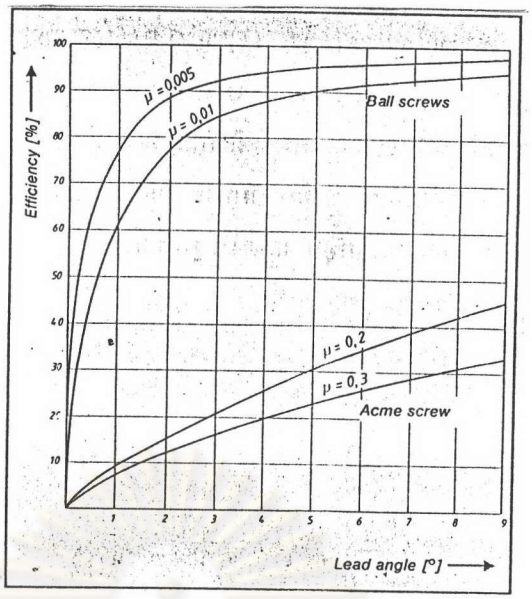
3.2.1 ชุดบอลสกรูและนัต(BALL SCREW AND NUT) ใช้เปลี่ยนทิศทางแรงจากแรงขับในแนวรัศมีให้เป็นแรงดันในแนวเส้นตรง ลักษณะเหมือนสกรูกำลังแต่ประสิทธิภาพการส่งกำลังดีกว่า เพราะบอลสกรูใช้ลูกปืนกลิ้งบนรางเกลียวเพื่อส่งกำลัง ขณะที่สกรูกำลังใช้ผิวสัมผัสระหว่างฟันเกลียว ซึ่งมีแรงเสียดทานระหว่างผิวฟันเกลียว มากกว่าแรงเสียดทานของการกลิ้งของเม็ดลูกปืนบนรางผิวเจียรนัย นอกจากนี้การสึกหรอ อายุการ

ใช้งานและความแม่นยำของบอลสกรู จะมากกว่าสกรูส่งกำลัง ส่วนประกอบ ประสิทธิภาพ และ ค่าต่าง ๆ ในการระบุความแม่นยำของบอลสกรู แสดงในรูปที่ 3.12, 3.13 และ 3.14 ตามลำดับ

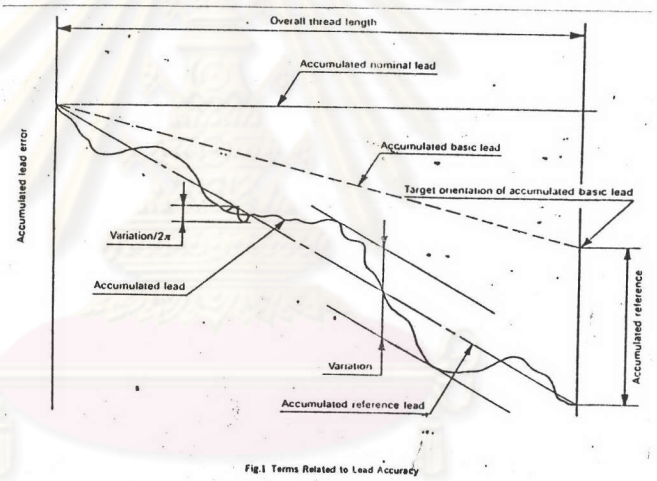
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



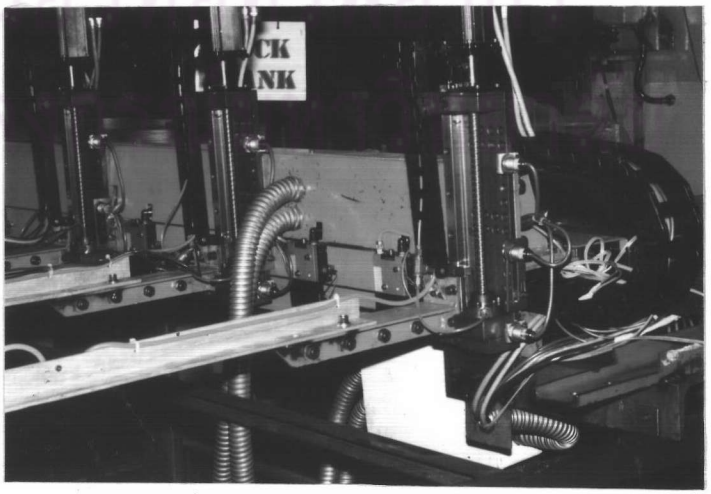
รูปที่ 3.13 ส่วนประกอบของบอลสกรู



รูปที่ 3.14 ประสิทธิภาพของสกรู



รูปที่ 3.15 ค่าพารามิเตอร์ในการระบุค่าความแม่นยำของบอลสกรู



รูปที่ 3.16 บอลสกรูที่ใช้ในเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ

สมการคำนวณแรงบิดที่ต้องใช้หมุนแกนบอลสกรูเพื่อให้เกิดแรงดัน ที่บอลสกรูนัต (Parker Hannifin Corporation, 1992) เป็นดังนี้

$$T = \frac{F}{2\pi pe} \qquad (3.1)$$

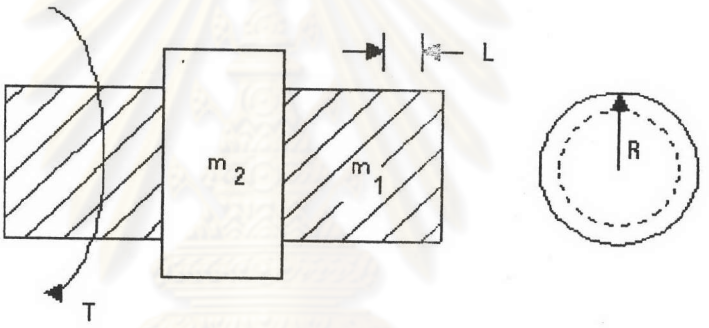
เมื่อ T = แรงบิด (N.m)

F = แรงในแนวแกน (N)

p = ระยะพิชของบอลสกรู (rev / m)

e = ประสิทธิภาพของสกรู

และสมการคำนวณค่าโมเมนต์แรงเฉื่อยรวมของบอลสกรู(William J.Palm, 1986) , (Parker Hannifin Corporation, 1992)



รูปที่ 3.17 การคำนวณแรงบิดและโมเมนต์แรงเฉื่อยของบอลสกรู

$$J_{total} = J_{motor} + J_{lead} + J_{load} \qquad (3.2)$$

$$J_{lead} = m_1 R^2/2 \qquad (3.3)$$

$$J_{load} = m_2 L^2/4\pi^2 \qquad (3.4)$$

โดยที่

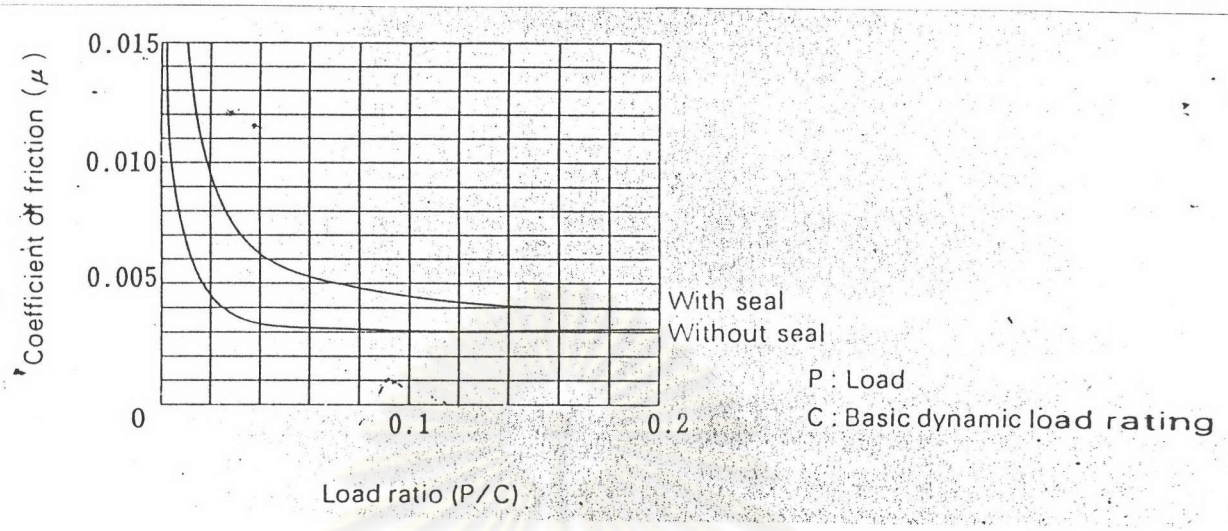
m_1 = มวลของลีดสกรู (Kg.)

m_2 = มวลของภาระ (Kg.)

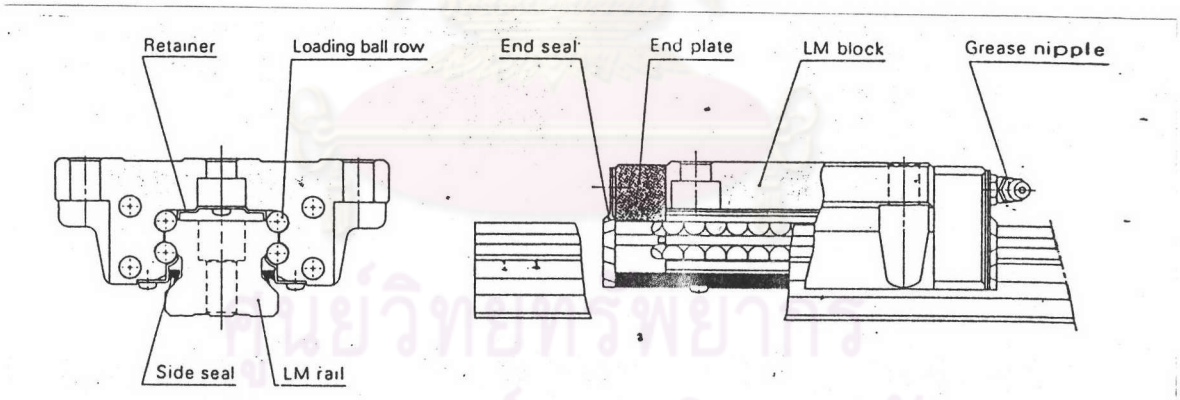
L = ระยะพิชท์ของลีดสกรู (m / rev)

R = รัศมีของลีดสกรู (m)

3.2.2 <u>ชุดรางเลื่อนแบบลูกปืน (LINEAR BALL SLIDER)</u> ใช้นำทิศทาง(GUIDE) รองเลื่อน (SLIDE) และรับน้ำหนักแรงภาระเช่นเดียวกับ ชุดรางเลื่อนแบบผิวสัมผัส(หางเหยี่ยว)ทั่ว ๆ ไป แต่แรงเสียดทานต้านการเคลื่อนที่น้อยกว่า เพราะแรงเสียดทานต้านการเคลื่อนที่ ของชุดรางเลื่อนแบบผิวสัมผัสเป็นแรงเสียดทานของผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับโลหะ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธ์ความเสียดทานประมาณ 0.15 แต่แรงเสียดทานต้านการเคลื่อนที่ของชุดรางเลื่อนแบบลูกปืน เป็นแรงเสียดทานของการกลิ้งของเม็ดลูกปืนบนผิวเจียรนัย ซึ่งสัมประสิทธ์ความเสียดทานของรางเลื่อนแบบลูกปืน แสดงในรูปที่ 3.18



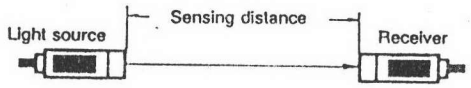
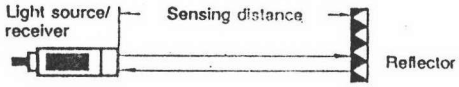
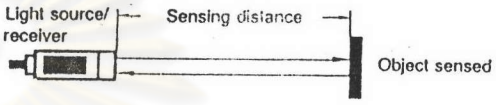
รูปที่ 3.18 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรางเลื่อนแบบลูกปืน



รูปที่ 3.19 ส่วนประกอบของรางเลื่อนแบบลูกปืน

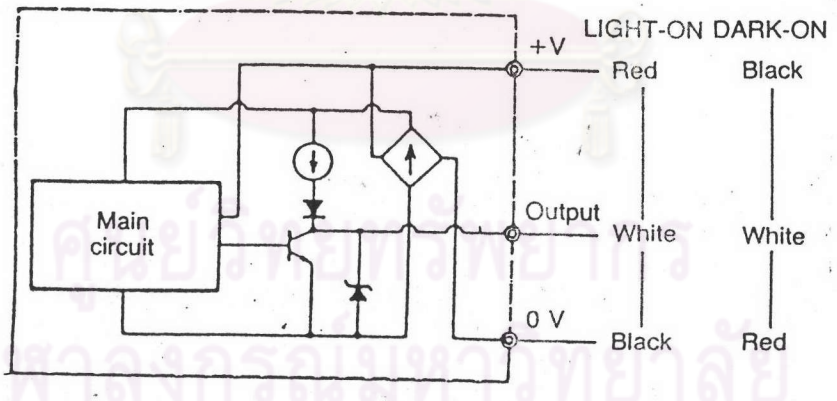
3.3 อุปกรณ์ตรวจจับ(SENSOR) อุปกรณ์ตรวจจับใช้ตรวจจับวัตถุต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่อยู่ในตัวเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติแล้ว ส่งสัญญาณเข้าตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี. เพื่อนำไปประมวลผลและควบคุมลำดับการทำงานของเครื่องอย่างถูกต้อง ซึ่งมีอยู่หลายชนิดแต่ที่ใช้ในโครงการนี้ ได้แก่ โฟโต้อิเล็คทริค (PHOTOELETIRC SWITCH) และ พรอกซิมิตี้สวิทช์(PROXIMITY SWITCHES)

3.3.1 โฟโต้อิเล็ตทริคสวิทช์ เป็นสวิทช์ที่ ปิด-เปิดวงจรสัญญาณขาออก (OUTPUT) โดยใช้ความเข้มของแสงที่เซนเซอร์รับได้เป็นตัวกำหนดสภาวะ ปิด-เปิด แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการรับแสง ดังรูปที่ 3.20

Method	Definition
Separate type	
Retroreflective type	
Diffuse reflective type	

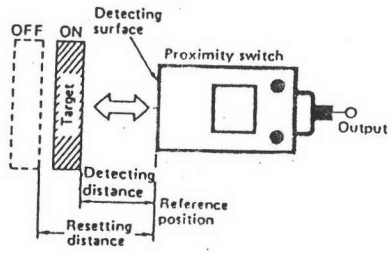
รูปที่ 3.20 โฟโต้อีเล็คทริคสวิทช์ชนิดต่าง ๆ

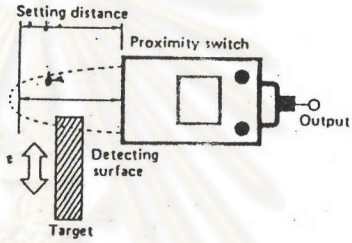
Output Stage Circuit Diagram
E3F-3□4, E3F-R2□4, E3F-DS10□4
-C4 type (NPN output)



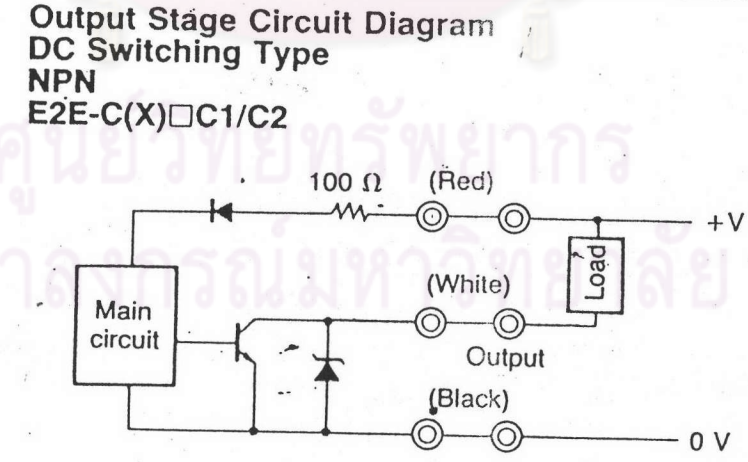
รูปที่ 3.21 วงจรสัญญาณขาออกของโฟโต้อีเล็คทริค สวิทช์

3.3.2 <u>พรอกซิมิตี้สวิทช์</u> เป็นอุปกรณ์ตรวจจับเฉพาะวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น โดยอาศัยการเปลี่ยนเปลงของความเข้มสนามแม่เหล็ก บริเวณหัววัดเป็นตัวกำหนดสภาวะ ปิด-เปิดวงจรของสัญญาณขาออก (OUTPUT) ดังรูปที่ 3.22 และ 3.23





รูปที่ 3.22 การทำงานของพรอกซิมีตี้สวิทช์

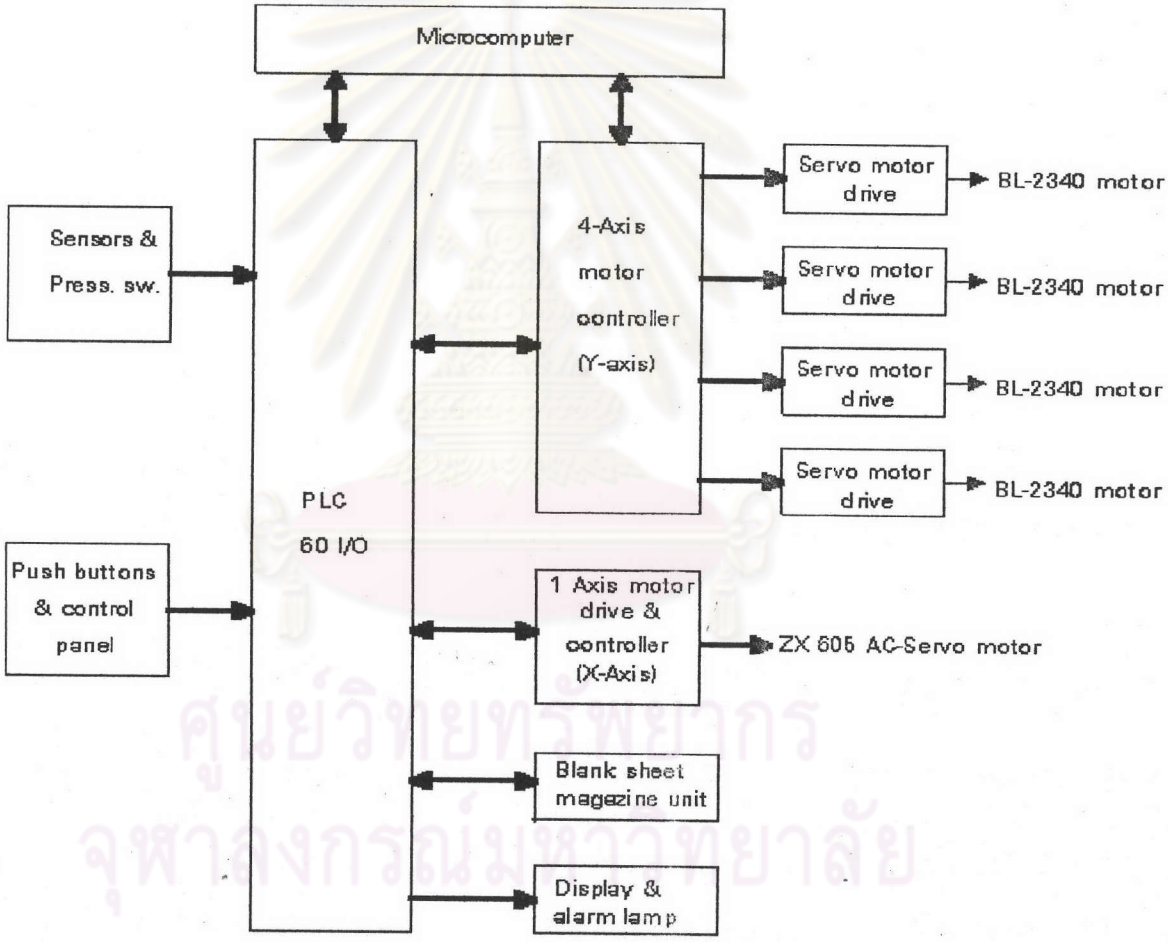


รูปที่ 3.23 วงจรสัญญาณขาออกของพรอกซิมีตี้สวิทช์

3.4 <u>ตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี.(PROGRAMMABLE LOGICAL CONTROLLER)</u> เครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติใช้ ตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี. และโปรแกรมควบคุมทางลอจิก(LOGIC LADDER DIAGRAM) ในการควบคุมลำดับการทำงาน(SEQUENCE) ความสัมพันธ์ และระบบความปลอดภัยของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบ

ขึ้นมาเป็นเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ ให้สามารถทำการป้อนชิ้นงานเข้าและออกเครื่องปั๊มขึ้นรูปได้สำเร็จ และปลอดภัย

การทำงานของ ตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี. จะรับสภาวะสัญญาณทางด้านเข้า(INPUT LOGIC SIGNAL) จากเซ็นเซอร์(SENSOR) และอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะมีอยู่ 2 สภาวะคือ สภาวะเปิด(ON) หรือปิด(OFF) (LOGIC 0 หรือ 1) มาทำการประมวลผลทางตรรกศาสตร์(LOGIC) ตามโปรแกรมลอจิก(LOGIC PROGRAM หรือ LADDER DIAGRAM) ที่เขียนไว้ได้ผลลัพธ์ออกมาปิดหรือเปิด สภาวะทางด้านออก(OUTPUT LOGIC SIGNAL) เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานหรือหยุดทำงาน แผนภาพแสดงสัญญาณขาเข้าและขาออกของ ตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี. แสดงดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แผนภาพแสดงสัญญาณขาเข้า และขาออกของตัวควบคุมแบบ พี. แอล. ซี