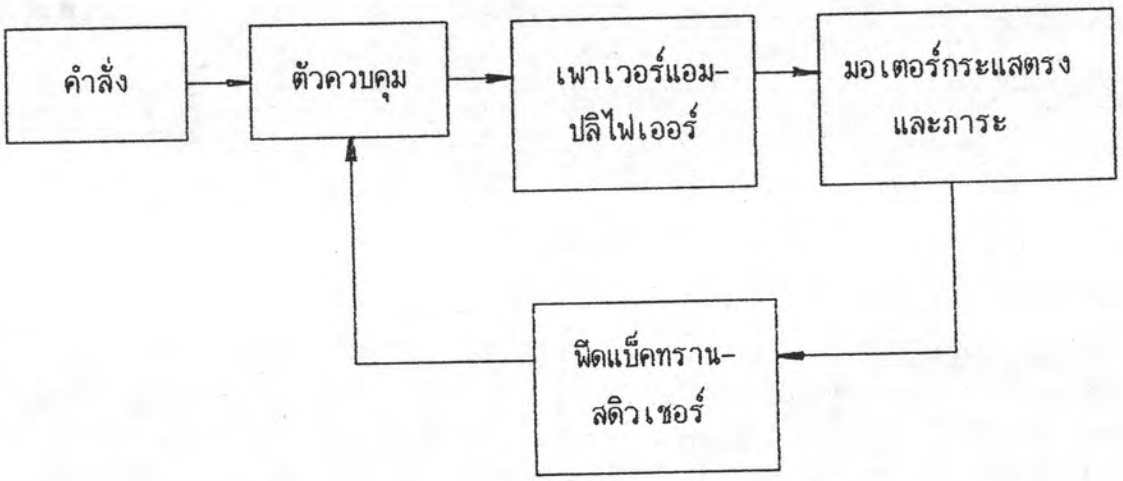
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ระบบการควบคุมมอเตอร์และส่วนประกอบของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก

2.1 พื้นฐานของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

ระบบควบคุมอัตโนมัติในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้าหรือระบบไฮโดรลิค เป็นอุปกรณ์ในการขับเคลื่อน(actuator) และในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมระบบจักรกลอัตโนมัติในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์กระแสตรงนับว่าเป็นตัวขับเคลื่อนที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมขนาดเบา โดยใช้ระบบควบคุมแบบปิดลูป(closeloop control) รูปที่ 2.1 แสดงถึงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ



รูปที่ 2.1 บล็อคไดอะแกรมของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบพื้นฐาน

2.1.1 ตัวควบคุม เป็นตัวควบคุมสัญญาณที่ใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงและภาระ (load) แบ่งเป็น 2 แบบ คือ ตัวควบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณอนาลอค เราเรียกว่าตัวควบคุมแบบอนาลอค(analog controller) และตัวควบคุมที่ให้สัญญาณควบคุมเป็นสัญญาณดิจิตอล เราเรียกว่าตัวควบคุมแบบดิจิตอล(digital controller) สำหรับโครงการวิทยานิพนธ์นี้ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นตัวควบคุมแบบดิจิตอลเป็นตัวควบคุมระบบ

2.1.2 เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ เป็นส่วนประกอบของระบบที่อยู่ระหว่างตัวควบคุมกับมอเตอร์กระแสตรงและภาระ มีหน้าที่ปรับปรุงและขยายสัญญาณที่ได้จากตัวควบคุมให้เหมาะสมก่อนที่จะป้อนให้มอเตอร์กระแสตรง เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์แบ่งเป็น 2 แบบคือ ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์(linear power amplifier) ซึ่งนิยมใช้กับมอเตอร์ที่ใช้พลังงานต่ำ เนื่องจากราคาถูกแต่มีการสูญเสียพลังงาน(power losses)สูง จึงไม่เหมาะที่จะใช้กับมอเตอร์ที่ใช้พลังงานสูง ส่วนอีกแบบคือพัลซ์วิดท์โมดูเลชั่นแอมปลิไฟเออร์(pulse width modulation amplifier) ซึ่งนิยมใช้กับมอเตอร์ที่ใช้พลังงานสูงเนื่องจากมีพลังงานสูญเสียต่ำ แต่มีราคาแพงกว่าแบบแรก สำหรับโครงการนี้จะใช้ลิเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์

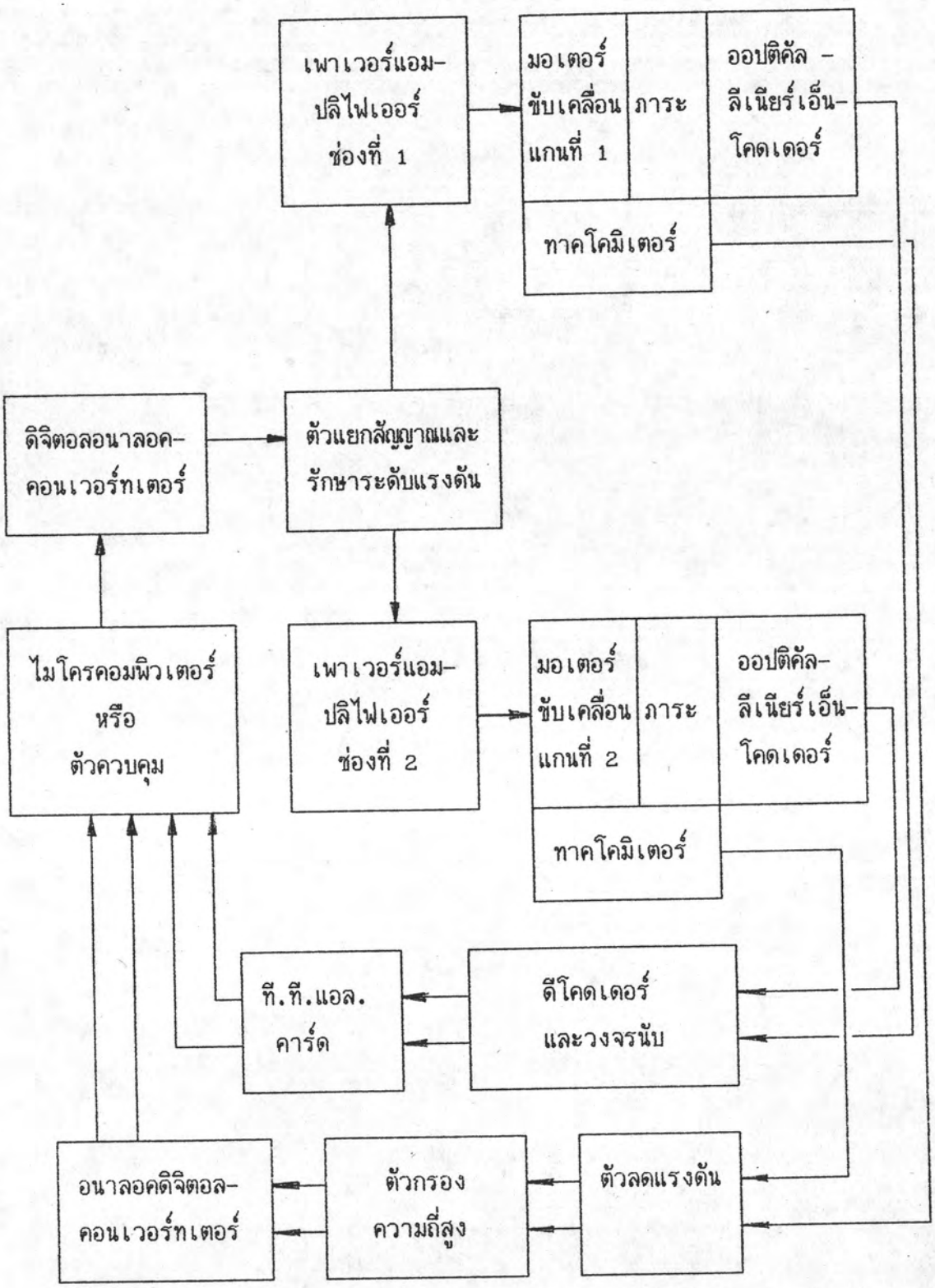
2.1.3 ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์ เป็นส่วนประกอบของระบบที่รับรู้สัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ฟีดแบ็คทรานสดิวเซอร์แบ่งเป็น 2 แบบคือ อนาลอคทรานสดิวเซอร์ ซึ่งให้สัญญาณป้อนกลับเป็นสัญญาณอนาลอค เช่น ทาคโคมิเตอร์ (tachometer) โปเทนชิโอมิเตอร์(potentiometer) เป็นต้น ส่วนอีกแบบคือ ดิจิตอลทรานสดิวเซอร์ ซึ่งให้สัญญาณป้อนกลับเป็นสัญญาณดิจิตอล เช่น ออปติคัลเอ็นโคดเดอร์(optical encoder) สำหรับโครงการนี้ใช้ฟีดแบคทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 แบบ

2.1.4 มอเตอร์กระแสตรงและภาระ เป็นส่วนที่ถูกควบคุมหรือส่วนที่ออกแรงทำงาน ซึ่งในโครงการนี้ใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรที่มีคุณสมบัติการทำงานสูง (DC servomoter) มีอาร์มาเจอร์อินดัคแต้นซ์และแรงเฉื่อยของมอเตอร์ต่ำ

2.2 ส่วนประกอบของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก

โต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลองเป็นแท่นโต๊ะที่มีการเคลื่อนที่ในระนาบ 2 ทิศทางที่ตั้งฉากกันโดยใช้มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรเป็นตัวขับเคลื่อน ใช้ระบบล้อสายพานที่ใช้ลลิงเป็นระบบส่งกำลัง มีอุปกรณ์วัดตำแหน่งและความเร็วติดตั้งเพื่อป้อนกลับไปให้ตัวควบคุม

จากรูปที่ 2.2 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็กที่ใช้ในการทดลอง การทำงานของระบบจะถูกควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์ การควบคุมจะเริ่มต้นจากการอ่านค่าตำแหน่งและความเร็วของแต่ละแกน การวัดตำแหน่งจะใช้ออปติคัลลีเนียร์เอ็นโคดเดอร์ (optical linear encoder)ที่ติดอยู่กับระบบแต่ละแกน โดยตัวออปติคัลลีเนียร์เอ็นโคดเดอร์จะให้สัญญาณผ่านวงจรดีโคดเดอร์และวงจรนับให้สัญญาณตำแหน่งเป็นไบนารี่โคด(binary code) ส่งผ่านเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่าน ที.ที.แอล. คาร์ด ส่วนการวัดความเร็วใช้ทาคโคมิเตอร์ซึ่งติดอยู่กับตัวมอเตอร์ สัญญาณที่ได้จากทาคโคมิเตอร์เป็นแรงดันที่แปรตามความเร็วของมอเตอร์ สัญญาณแรงดันนี้จะถูกส่งผ่านตัวลดแรงดัน(decreaser voltage) และตัวกรองความถี่สูง (lowpass fillter) เพื่อปรับแรงดันให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 9 โวลท์ แล้วส่งผ่านเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านดิจิตอลอนาลอคคอนเวอร์ทเตอร์



รูปที่ 2.2 บล็อคไดอะแกรมของโต๊ะตัดแผ่นเหล็ก

หลังจากอ่านค่าตำแหน่งและความเร็ว ตัวควบคุมจะนำค่าที่อ่านได้ไปเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงจุดแรกที่คำนวณเก็บไว้(รายละเอียดการคำนวณจะกล่าวถึงในหัวข้อ 5.1) เพื่อทำการคำนวณค่าสัญญาณควบคุมที่จะส่งไปควบคุมมอเตอร์ของแต่ละแกน แล้วทำการส่งสัญญาณควบคุมผ่านดิจิตอลอนาลอคคอนเวอร์ทเตอร์ไปยังตัวแยกสัญญาณและรักษาระดับแรงดัน (Sample & Hold) ซึ่งตัวแยกสัญญาณจะทำหน้าที่เลือกช่องสัญญาณเอาท์พุทช่องใดช่องหนึ่งให้มีค่าแรงดันเท่ากับสัญญาณอินพุทแล้วทำการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ไว้ จนกว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุทและมีการเลือกช่องสัญญาณใหม่ จากตัวแยกสัญญาณและรักษาระดับแรงดันสัญญาณจะถูกส่งไปขยายสัญญาณโดยใช้แอมปลิไฟเออร์เพื่อส่งต่อไปขับมอเตอร์ จากมอเตอร์จะส่งกำลังผ่านเฟืองทดเพื่อลดความเร็วแล้วส่งกำลังผ่านระบบล้อสายพานที่ใช้สลิง จากนั้นก็จะมีการอ่านค่าตำแหน่งและความเร็วมาเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิงจุดต่อไป แล้วดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้นจนครบจุดอ้างอิงที่ได้ทำการคำนวณไว้

2.3 รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

2.3.1 คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท (IBM Compatable) ทำงานที่ความถี่สัญญาณนาฬิกา 4.77 เมกกะเฮิร์ท ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์(math Co-processor)

2.3.2 ดิจิตอลอนาลอคคาร์ด ในคาร์ดจะประกอบด้วย

2.3.2.1 ดิจิตอลอนาลอคคอนเวอร์ทเตอร์ เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล 12 บิท เป็นสัญญาณอนาลอคที่มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง -9 ถึง 9 โวลท์ มีความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณดิจิตอลและสัญญาณอนาลอค ตามสมการที่ 2.1 และมีจำนวนช่องสัญญาณ 1 ช่อง

$$V_{out} = 0.004736 \cdot D_{out} - 9.12898 \qquad (2.1)$$

กำหนดให้

V_{out} = สัญญาณเอาท์พุท มีหน่วยเป็นโวลท์

D_{out} = ข้อมูลสัญญาณดิจิตอลที่ต้องการส่งออก

2.3.2.2 อนาลอคดิจิตอลคอนเวอร์ทเตอร์ เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนสัญญาณอนาลอคที่มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 9 โวลท์ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล 12 บิท มีจำนวนทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ มีความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอนาลอคและสัญญาณดิจิตอล ตามสมการที่ 2.2

$$D_{in} = 456.83 \cdot V_{in} - 0.523 \quad (2.2)$$

กำหนดให้

D_{in} = ข้อมูลสัญญาณดิจิตอลที่อ่านได้

V_{in} = ค่าแรงดันอินพุท มีหน่วยเป็นโวลท์

2.3.3 ที.ที.แอล. คาร์ด เป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณดิจิตอลมีจำนวน 8 ช่องสัญญาณ แต่ละช่องสัญญาณใช้รับสำหรับส่งข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิท

2.3.4 ตัวแยกสัญญาณและรักษาระดับแรงดัน เป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณอินพุท 1 ช่อง ให้เป็นสัญญาณเอาท์พุท 2 ช่อง มีสภาวะการทำงาน 2 สภาวะคือ สภาวะเลือกช่องสัญญาณเป็นการเลือกให้สัญญาณเอาท์พุทช่องใดช่องหนึ่งมีค่าแรงดันตามสัญญาณอินพุท ส่วนอีกสภาวะหนึ่งคือรักษาระดับแรงดันเอาท์พุทให้คงที่ไม่เปลี่ยนตามสัญญาณอินพุท การเลือกสภาวะใช้สัญญาณลอจิคเป็นตัวควบคุม

2.3.5 ลีเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟเออร์ เป็นอุปกรณ์ขยายแรงดันและกระแสเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ ลีเนียร์เพาเวอร์แอมปลิไฟที่ใช้ในการทดลองสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าจาก -36 ถึง 36 โวลท์ จ่ายกระแสได้ 5 แอมป์ มีจำนวน 2 ช่องสัญญาณ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุท เป็นไปตามสมการที่ 2.3 และ 2.4

$$V_{out1} = 3.9827 \cdot V_{in1} + 0.03115 \quad (2.3)$$

$$V_{out2} = 3.9762 \cdot V_{in2} + 0.04298 \quad (2.4)$$

กำหนดให้

V_{out1} = แรงดันเอาท์พุทของช่องที่ 1

V_{out2} = แรงดันเอาท์พุทของช่องที่ 2

V_{in1} = แรงดันอินพุทของช่องที่ 1

V_{in2} = แรงดันอินพุทของช่องที่ 2

2.3.6 โต๊ะตัดแผ่นเหล็ก เป็นโต๊ะระนาบที่มีการเคลื่อนที่ 2 แนวตั้งฉากกัน ใช้ตลับลูกปืนเป็นลูกล้อในการเคลื่อนที่ โครงสร้างทำด้วยอลูมิเนียม ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นตัวขับเคลื่อนส่งกำลังผ่านชุดเฟืองทดและระบบล้อสายพานที่ใช้สลิง แต่ละแกนสามารถเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 950 มิลลิเมตร

2.3.7 <u>ออปติคัลลีเนียร์เอ็นโคดเดอร์</u> เป็นอุปกรณ์วัดตำแหน่งโดยใช้หลักการของแสงตัดผ่านช่องให้สัญญาณ ที.ที.แอล. รูปสี่เหลี่ยม 2 ช่องซึ่งมีเฟสต่างกัน 90 องศา และจากสัญญาณทั้ง 2 ช่อง เราสามารถนำไปใช้บอกตำแหน่งโดยผ่านวงจรดีโคดเดอร์และวงจรนับ สำหรับตัวออปติคัลลีเนียร์เอ็นโคดเดอร์ที่ใช้ในโครงการนี้มีความยาว 1050 มิลลิเมตร มีค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

2.3.8 <u>ดีโคดเดอร์และวงจรนับ</u> เป็นอุปกรณ์ถอดระหัสสัญญาณจากออปติคัลลีเนียร์เอ็นโคดเดอร์ให้เป็นสัญญาณบอกตำแหน่ง ตัวดีโคดเดอร์และวงจรนับจะให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 17 บิท และส่งผ่านเข้าไปยังคอมพิวเตอร์โดยใช้ ที.ที.แอล. คาร์ด

2.3.9 <u>ทาคโคมิเตอร์</u> เป็นอุปกรณ์วัดความเร็วมีลักษณะการทำงานคล้ายเยนเนอเรเตอร์ ค่าแรงดันที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วตามสมการ 2.5 สำหรับค่าแรงดันที่ได้จากทาคโคมิเตอร์จะอยู่ในช่วง -80 ถึง 80 โวลท์

$$V_{tac} = 14.2 \cdot Vel \qquad (2.5)$$

กำหนดให้

V_{tac} = ค่าแรงดันที่ได้จากทาคโคมิเตอร์ มีหน่วยเป็นโวลท์

Vel = ความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น 1000 รอบต่อนาที

2.3.10 <u>ตัวลดแรงดัน</u> เป็นอุปกรณ์ลดแรงดันที่ได้จากทาคโคมิเตอร์ซึ่งมีช่วงแรงดันสูงให้ลดต่ำลงมาอยู่ในช่วงแรงดัน 0 ถึง 9 โวลท์ เพื่อให้เหมาะสมกับแรงดันอินพุทของอนาลอคดิจิตอลคอนเวอร์ทเตอร์ ตัวลดแรงดันที่ใช้มี 2 ช่องสัญญาณ มีความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทและแรงดันเอาท์พุท ตามสมการ 2.6 และ 2.7

$$V_{out1} = -0.03512 \cdot V_{tac1} + 4.432958 \qquad (2.6)$$

$$V_{out2} = -0.04716 \cdot V_{tac2} + 4.463377 \qquad (2.7)$$

กำหนดให้

V_{out1} = ค่าแรงดันเอาท์พุทของช่องที่ 1

V_{out2} = ค่าแรงดันเอาท์พุทของช่องที่ 2

V_{tac1} = ค่าแรงดันจากทาคโคมิเตอร์ตัวที่ 1

V_{tac2} = ค่าแรงดันจากทาคโคมิเตอร์ตัวที่ 2

2.3.11 <u>ตัวกรองความถี่สูง</u> เป็นอุปกรณ์กรองสัญญาณความถี่สูงใช้ตัดสัญญาณรบกวนในระบบต่ออยู่ระหว่างตัวลดแรงดันและอนาลอคดิจิตอลคอนเวอร์ทเตอร์ ในการใช้งานจะตั้งความถี่ในการตัดไว้ที่ 100 เฮิร์ท

2.3.12 <u>มอเตอร์กระแสตรง</u> เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนระบบ ที่ตัวมอเตอร์จะติดตั้งชุดเฟืองทดที่มีอัตราทด 1:100 เพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ และที่ด้านท้ายของตัวมอเตอร์จะติดตั้งทาคโคมิเตอร์ สำหรับข้อมูลของมอเตอร์ที่ใช้แสดงไว้ในภาคผนวก ข.