บทที่4

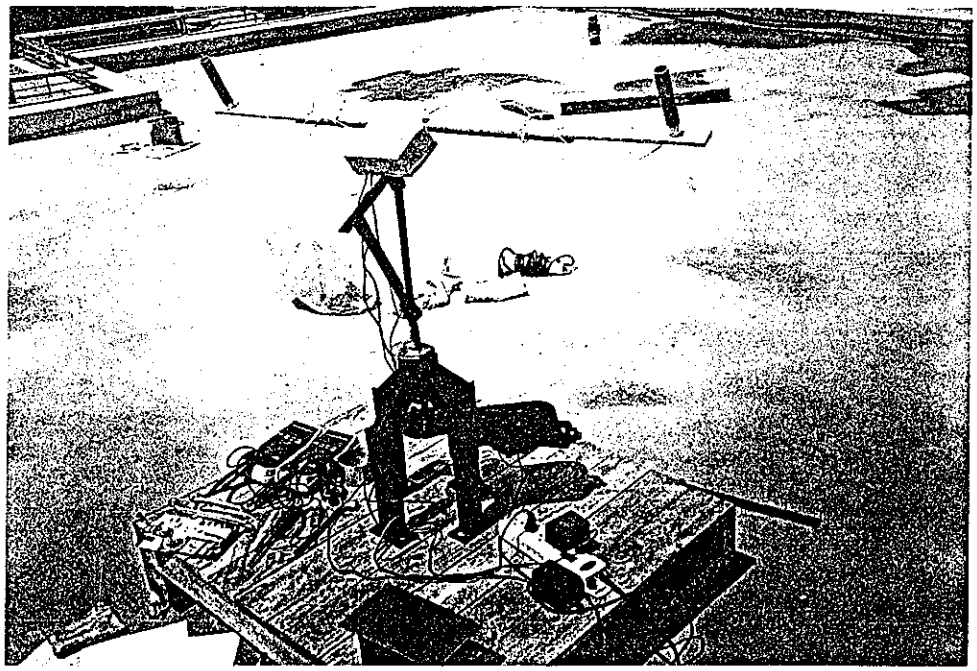
แบบและโครงสร้าง

4.1 แนวความคิดในการออกแบบ

จากความต้องการแบบจำลองของชุดติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ที่สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้มีประสิทธิภาพที่สูงสุด ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถถอดประกอบได้ เคลื่อนย้ายและติดตั้งได้ง่ายและมีน้ำหนักเบา ดังนั้นในการออกแบบแต่ละชิ้นส่วนจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงข้อกำหนดที่กล่าวไว้ข้างต้นซึ่งในการออกแบบจะแยกพิจารณาเป็นแต่ละส่วนดังนี้

4.1.1 ลักษณะของแบบจำลอง

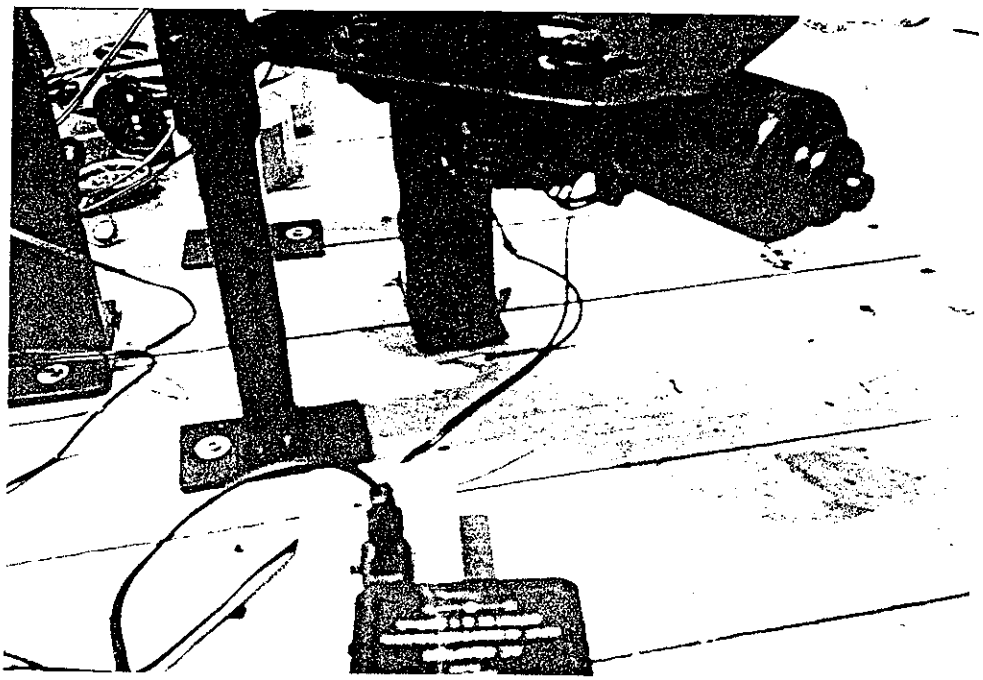
ในส่วนของแบบจำลองหากพิจารณาลักษณะการวางตัวของเพลาจะสามารถแบ่งได้สองลักษณะ คือ เพลาวางในแนวระดับและเพลาวางในแนวดิ่ง การวางเพลาในแนวระดับเมื่อเกิดการเคลื่อนของชุดจำลองแล้วจะเกิดการสั่นหรือแกว่งตัวเนื่องจากน้ำหนักของชุดจำลองเอง ในการเลือกแบบจำลองนี้จึงเลือกใช้แบบการวางเพลาในแนวดิ่ง ซึ่งทำให้ได้การหมุนที่ราบเรียบกว่าการวางเพลาในแนวระดับ



รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างและการติดตั้งแบบจำลองชุดติดตามดวงอาทิตย์

4.1.2 ชุดขับเคลื่อน

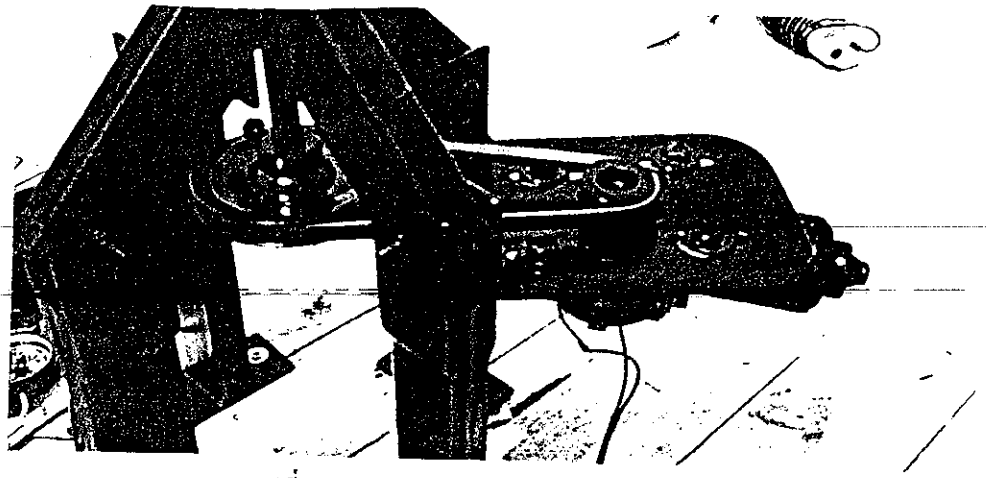
ใช้มอเตอร์กระแสตรง (มอเตอร์ปัดน้ำฝน) ในการเป็นตัวขับเคลื่อน เนื่องจากเป็นมอเตอร์ที่สามารถทำงานได้ในช่วงที่ความเร็วรอบต่ำและทนทานต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีราคาที่ถูกกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์หรือเซอร์โวมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงแต่มีราคาแพงกว่ามาก



รูปที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์กระแสตรงของชุดขับเคลื่อน

4.1.3 ชุดถ่ายทอดกำลัง

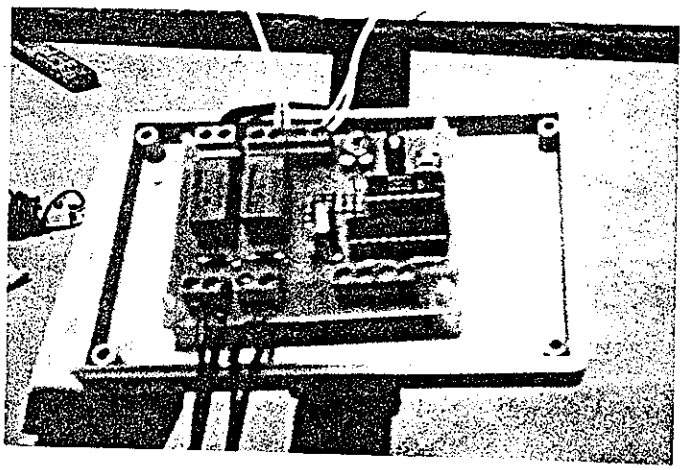
ใช้สายพานในการส่งผ่านกำลังเพราะสายพานสามารถทำงานได้ดีที่ความเร็วรอบต่ำรับแรงกระตุกได้ดี ไม่เกิดเสียงดังขณะใช้งาน การบำรุงรักษาง่ายเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ นอกจากนี้ราคาถูกและสามารถหาได้ง่าย และการทดลองนี้สายพานส่งกำลังจะทำงานในช่วงความเร็วรอบต่ำจึงเกิดปัญหาการไถลน้อย ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการปรับความตึงของสายพาน



รูปที่ 4.3 แสดงชุดถ่ายทอดกำลังแบบสายพาน

4.1.2 <u>ชุดควบคุม</u>

ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการทำงานของระบบโดยมี Micro-Controller เป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ระบบมีลักษณะการทำงานที่ไม่ซับซ้อนมากนักและมีราคาถูก นอกจากนี้ส่วนประกอบของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถหาได้ง่าย เมื่อเกิดการชำรุดเสียหายก็สามารถหาเปลี่ยนได้ง่าย



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะชุดควบคุม

4.2 เหตุผลในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ

4.2.1 <u>แผ่นไม้สำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์</u>

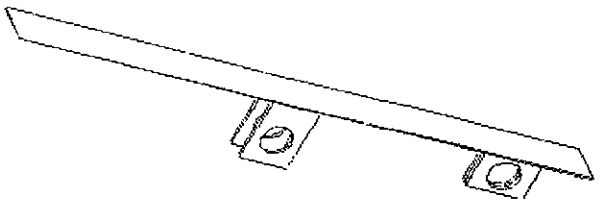
ลักษณะ เป็นแผ่นไม้อัดหนา 5 ม.ม. กว้าง 25 ม.ม. ยาว 1050 ม.ม.

หน้าที่ ติดตั้งเซ็นเซอร์

เหตุผลในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ

เลือกไม้อัดเพราะว่ามีน้ำหนักเบาสามารถหาได้ง่าย และมีราคาถูก

4.2.2 <u>แผงรองที่ติดตั้งเซ็นเซอร์</u>



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะของแผงรองที่ติดตั้งเซ็นเซอร์

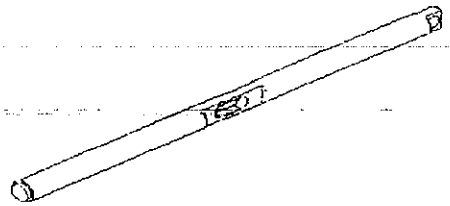
ลักษณะ เป็นแผ่นเหล็กแบนกว้าง 25.42 ม.ม. หนา 3 ม.ม. ยาว 300 ม.ม. มีที่ยึดซึ่งเจาะรูสำหรับใส่สลักเกลียวที่ยึดกับเพลาและ ตัวปรับมุม บริเวณตอนกลางแผ่นและปลายแผ่น

หน้าที่ รองรับแผงที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ เป็นตัวยึดติดกับแผ่นไม้สำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ และ เพลา

เหตุผลในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ

เนื่องจากชิ้นงานที่สร้างขึ้นเป็นเพียงชุดสาธิตดังนั้นวัสดุที่ใช้จึงจำเป็นต้องมีน้ำหนักที่เบา ดังนั้นจึงใช้เหล็กแบนที่หนาไม่มากนัก แต่เหตุผลที่ไม่ใช้ขนาดบางกว่านี้เพราะ เหล็กที่บางๆนั้นทำการเชื่อมยาก และอาจเกิดการบิดงอจากการเชื่อมได้ อีกทั้งยังอาจเกิดการเสียรูปเมื่อต้องรับแรงจากแผ่นไม้ที่ติดเซ็นเซอร์ได้

4.2.3 เพลา



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะของเพลา

ลักษณะ เหล็กกลมตันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ม.ม. ยาว 500 ม.ม. ปลายเพลาด้านบนมีการเจาะรูสำหรับใส่น็อตเพื่อยึดเพลากับแผ่นรองที่ตั้งเซ็นเซอร์ บริเวณกลางเพลามีการเจาะสไลด์เพื่อใช้ยึดกับที่ปรับมุม

หน้าที่ เป็นตัวรับน้ำหนักที่เกิดจากแผงรองที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และแผ่นไม้สำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์ เพื่อส่งผ่านแรงไปยังขา

เหตุผลในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ

เนื่องจากเป็นชุดสาธิตจึงเลือกขนาดเล็กและใช้งานได้ การเจาะสไลด์ที่ตอนกลางเพลา นอกจากจะใช้ใส่น็อตเพื่อยึดติดตัวปรับมุมแล้วการเจาะสไลด์ยังช่วยให้สามารถเลื่อนปรับมุมได้ด้วย

ลักษณะการเสียหาย

อาจเกิดการโก่งงอจากแรงที่มากระทำได้

การคำนวณ

เนื่องจากชุดแบบจำลองเป็นชุดที่มีขนาดเล็กดังนั้นในการออกแบบ แรงที่มากระทำไม่ควรมีค่ามาก เพราะฉะนั้นกำหนดแรงกดสูงสุดที่กดลงบนเพลาเท่ากับ 30 นิวตัน ดังนั้นค่าแรงที่นำมาทำการคำนวณเพื่อตรวจสอบความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นก็คือค่าแรงกดสูงสุดนั่นเอง คือ เท่ากับ 30 นิวตัน

เนื่องจากเพลารับแรงกดตามแนวแกนดังนั้นคิดว่าเพลาเป็นเสาแบบปลายยึดแน่น-อิสระ (CF;Clamped-Free)

กำหนดให้เพลาทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาเนื่องจากสามารถทำการกลึง ไส ได้ง่าย และมีราคาถูก ตามตาราง ข.2 และตาราง ข.16 เหล็ก AISI HR 1040 มีคุณสมบัติดังนี้

$$\sigma_u = 91ksi., \sigma_y = 58ksi., E = 207GPa.$$

จากสูตรการคำนวณการโก่งของเสาของออยเลอร์(Euler)คือ

$$F = \frac{\pi^2 EJ}{NL_e^2} \text{----------(1)}$$

โดยที่ $E = 207GPa.$

$$J = \frac{\pi D^4}{32} m.^4$$

$$N = 3.5$$

$L_e = 2L = 2 \times 0.3 = 0.6m.$ เนื่องจากเป็นเสาแบบปลายยึดแน่น-อิสระ

เมื่อ $F = 30N$

จากสมาการ(1)จะได้

$$30 = \frac{\pi^2 \times 207 \times \frac{\pi D^4}{32}}{3.5 \times 0.6^2}$$

$$D = 3.705 \times 10^{-3} m.$$

$$D = 3.708mm.$$

จะเห็นว่าเมื่อค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลามีค่าน้อยกว่า 3.705 ม.ม. เพลาจะเกิดการโก่งงอเนื่องจากแรงที่มากระทำได้แต่เส้นผ่าศูนย์กลางของเพลาของชุดแบบจำลองที่ใช้มีขนาดถึง 15 ม.ม. เพราะฉะนั้นเพลาจะไม่โก่งงอจากแรงที่มากระทำ

4.2.4 ตัวปรับมุม

รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของตัวปรับมุม

ลักษณะ เหล็กแบน หนา 3 ม.ม. กว้าง 25.42 ม.ม. ยาวโดยรวม 250 ม.ม. เจาะรู ขนาด 5 ม.ม.บริเวณปลายทั้ง 2 ด้าน

หน้าที่ ปรับมุมที่แผงรองที่ติดตั้งเซ็นเซอร์กับมุมดวงอาทิตย์

เหตุผลในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุ

ใช้เหล็กแบนเพราะว่าหาง่าย ราคาถูก

4.2.5 ตลับลูกปืน

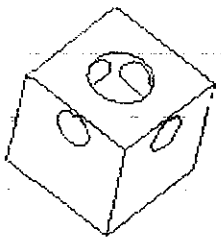
ลักษณะ ใช้โรลลิ่งแบริ่ง ตามขนาดของเพลา คือ ขนาดรูสวม 15 ม.ม.

หน้าที่ ใช้เป็นส่วนรองรับเพลาในการหมุน ทำให้การหมุนของเพลาเรียบ

เหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุ

การที่จะทำให้เพลาหมุนได้เรียบจะต้องใช้ตลับลูกปืน และตลับลูกปืนที่ใช้ก็หาได้ตามท้องตลาด

4.2.6 เหล็กรองรับตลับลูกปืน



รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะของเหล็กรองรับตลับลูกปืน

ลักษณะ เป็นเหล็กสี่เหลี่ยมขนาดหน้าตัด 1×1 นิ้ว ยาว 2 นิ้ว เจาะรูตรงกลางให้เป็นที่สอดเพลาและใส่ตลับลูกปืน โดยด้านข้างก็มีการเจาะรูเพื่อใช้ยึดขา

หน้าที่ เป็นส่วนที่ใช้ยึดขาและเป็นรองรับตลับลูกปืน

เหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุ

ส่วนนี้จะเป็นที่ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างขาและเพลาจึงเลือกให้มีขนาดที่รองรับเพลาและสามารถนำขามาติดตั้งได้

ลักษณะการเสียหาย

อาจเกิดการขาดเนื่องจากแรงกด

การคำนวณ

กำหนดให้เหล็กรองรับตลับลูกปืน ทำจากเหล็กคาร์บอนธรรมดา

จากตาราง ข.2 เหล็ก AISI HR 1020 มีคุณสมบัติดังนี้ $\sigma_u = 65ksi., \sigma_y = 43ksi.$

กำหนดค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2 เนื่องจากแรงที่กระทำเป็นแรงอยู่นิ่ง เพราะฉะนั้นจะได้

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N} = \frac{43 \times 6.895}{2} = 148.24 \frac{N}{mm.^2}$$

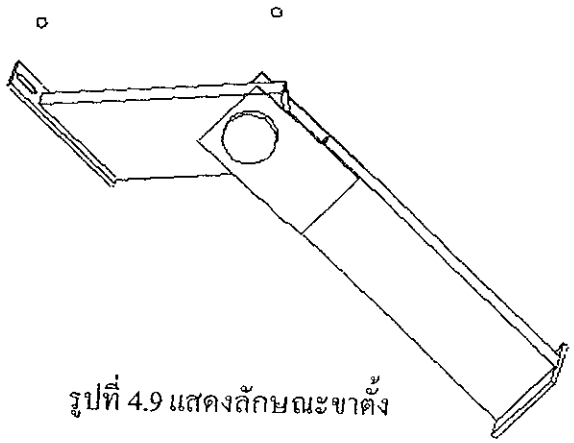
จากสูตรการหาความเสียหายเนื่องจากแรงกดคือ $\sigma_d = \frac{F}{A}$

เมื่อ $F = 30N$

จะได้ $A = \frac{30}{148.24} = 0.2mm^2$

จะเห็นว่าถ้าขนาดของพื้นที่ที่รองรับตลับลูกปืนมีค่าน้อยกว่า 0.2 ม.ม.^{2} เหล็กรองรับตลับลูกปืนจะเสียหายเนื่องจากแรงกดได้ แต่ขนาดของพื้นที่ที่รองรับตลับลูกปืนที่ใช้ จะเห็นว่ามีค่ามากกว่าค่าที่กำหนดมากดังนั้นเหล็กรองรับตลับลูกปืนจะไม่เสียหายเนื่องจากแรงกด

4.2.7 ขาตั้ง



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะขาตั้ง

ลักษณะ ทำจากเหล็กกลวงสี่เหลี่ยม ขนาด 1.5 × 0.5 นิ้ว แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรก เป็นเหล็กตั้งตรงขึ้นมาเพื่อใช้ยึดกับพื้น ส่วนที่สอง เป็นส่วนที่ใช้ทำให้ขาหักทำมุมโดยที่ปลายข้างหนึ่งตัดเฉียง 45 องศา เพื่อใช้ยึดติดกับเหล็กสี่เหลี่ยมที่ติดกับเพลา ทั้งสองส่วนยึดติดกันโดยใช้แผ่นเหล็กประกบติดด้านบนของส่วนแรกแล้วใช้น็อตยึดทั้งสองส่วนติดเข้าด้วยกัน

หน้าที่ เป็นส่วนที่ใช้รองรับน้ำหนักทั้งหมดของโครงสร้าง และเป็นตัวที่ใช้ยึดติดกับพื้น

เหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุ

การออกแบบให้ขาตั้งมีสองส่วนก็เพื่อจะได้ปรับเหล็กส่วนบนให้แนบติดกับเหล็กสี่เหลี่ยมที่เพลา และเพื่อทำให้เกิดความสวยงาม วัสดุที่ใช้ก็สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด

ลักษณะการเสียหาย

อาจเกิดการพังเนื่องจากแรงกดได้ (แรงที่กดลงมาประมาณ 50 นิวตัน)

การคำนวณ

กำหนดวัสดุที่ใช้ทำขาคือเหล็กคาร์บอนธรรมดา AISI HR 1020 โดยจะได้ค่าคุณสมบัติดังนี้ $\sigma_u = 65ksi., \sigma_y = 43ksi.$

กำหนดค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2 เนื่องจากแรงที่กระทำเป็นแรงอยู่นิ่ง เพราะฉะนั้นจะได้

$$\sigma_d = \frac{\sigma_y}{N} = \frac{43 \times 6.895}{2} = 148.24 \frac{N}{mm.^2}$$

จากสูตรการหาความเสียหายเนื่องจากแรงกดคือ $\sigma_d = \frac{F}{A}$

เมื่อ $F = \frac{50}{4} N$

จะได้ $A = \frac{\frac{50}{4}}{148.24} = 0.084 mm^2$

จะเห็นว่าถ้าขนาดพื้นที่หน้าตัดของเหล็กที่ใช้ทำขามีน้อยกว่า 0.084 ม.ม.^{2} ขาจะเสียหายเนื่องจากแรงกดได้ แต่ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเหล็กกล่องที่ใช้ทำขามีค่ามากกว่าที่คำนวณได้มาก ดังนั้นขาจะไม่พังเนื่องจากแรงกด

4.2.8 <u>สลักเกลียว</u>

ลักษณะการเสียหาย

สลักเกลียวอาจขาดเนื่องจากแรงเฉือน

การคำนวณ

กำหนดให้สลักเกลียวที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระบุเท่ากับ 10 ม.ม. และมีชั้นคุณสมบัติ 4.6 จากตาราง 7.3 จะได้ คุณสมบัติของสลักเกลียวเป็นดังนี้

$$\sigma_y = 400 \frac{N}{mm.^2}, \tau_y = 0.6\sigma_y = 0.6 \times 400 = 240 \frac{N}{mm.^2}$$

กำหนดค่าความปลอดภัยเท่ากับ 2 เนื่องจากแรงที่มากระทำเป็นแรงที่อยู่นิ่ง

เพราะฉะนั้น $\tau_d = \frac{240}{2} = 120 \frac{N}{mm.^2}$

จากสูตรความเสียหายเนื่องจากแรงเฉือน $\tau_d = \frac{F}{A}$

จะได้ $A = \frac{F}{\tau_d} = \frac{50}{120} = 0.42 mm^2$

จะเห็นว่าถ้าขนาดของพื้นที่น้อยกว่า 0.42 ม.ม.^{2}จะทำให้สลักเกลียวที่ใช้เกิดการเสียหายเนื่องจากแรงเฉือนได้ แต่ขนาดสลักเกลียวที่ใช้คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระบุเท่ากับ 10 ม.ม. ซึ่งมีพื้นที่รับความเค้นเท่ากับ 48 ม.ม.^{2} ดังนั้นสลักเกลียวจะไม่ขาดเนื่องจากแรงที่กระทำ

4.3 มอเตอร์

4.3.1 กำหนดให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 15 รอบต่อนาที

4.3.2 กำหนดขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางล้อสายพาน ส่วนของล้อขับเท่ากับ 4 ม.ม. เนื่องจากเป็นขนาดที่เล็กที่สุดที่สามารถกระทำได้และการที่ล้อขับมีขนาดเล็กจะช่วยให้ได้อัตราทดที่มาก

4.3.3 กำหนดขนาดล้อสายพานที่ยึดติดกับเพลาเท่ากับ 10 ม.ม. เนื่องจากขีดจำกัดของอัตราทดของการ ส่งกำลังที่ไม่ควรเกิน 5 และขีดจำกัดของช่วงระหว่างขาทั้งสองด้านที่ติดกันเพราะหากล้อสายพานมีขนาดใหญ่กว่านี้จะทำให้สายพานติดกับขาได้

จาก ความเร็วรอบตัวขับ = ความเร็วรอบตัวตาม× อัตราทด

15 รอบต่อนาที = ความเร็วรอบตัวตาม × (10/4)

ความเร็วรอบตัวตาม = 6 รอบต่อนาที

เพราะฉะนั้นความเร็วรอบของเพลา ที่ได้ คือ มีความเร็วรอบ เท่ากับ 6 รอบต่อนาที

การคำนวณหาระยะทางที่สายพานเคลื่อนที่ไป ในเวลา 1 นาที คือ

ระยะทางที่สายพานเคลื่อนที่ = เส้นรอบวงของล้อขับ × ความเร็วของล้อขับ

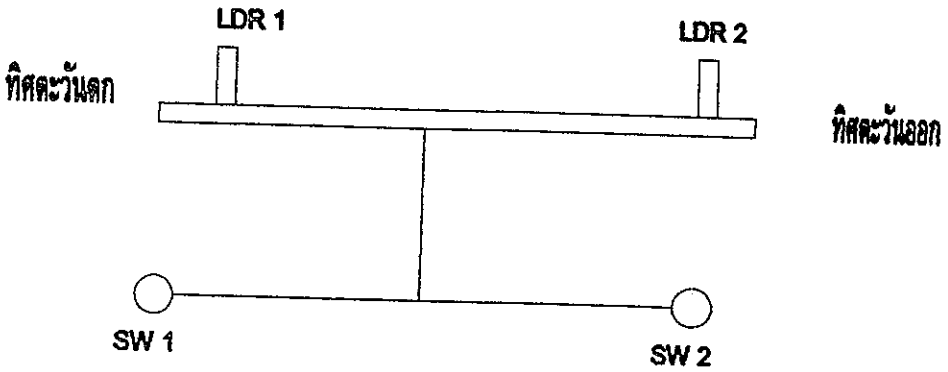
$= 2 \times \pi \times 4 \times 15$

= 377 ม.ม. ต่อ นาที

4.4 ลักษณะการทำงานในส่วนของโครงสร้างของชุดแบบจำลอง

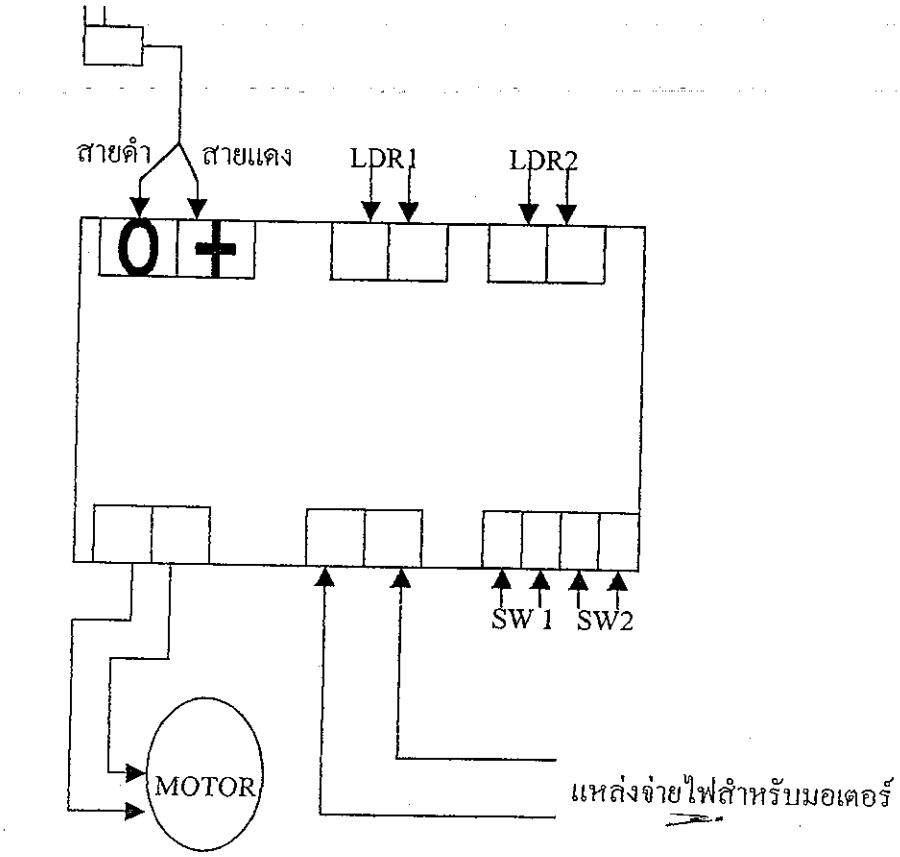
เมื่อมอเตอร์ได้รับสัญญาณจากชุดควบคุมแล้วมอเตอร์จะส่งกำลังผ่านสายพานเพื่อไปหมุนให้เพลาหมุนไปในทิศที่ได้รับคำสั่งมาโดย สามารถหมุนกลับทิศทางได้อย่างอิสระ จนกว่าแผงจะ

อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับมุมของดวงอาทิตย์ (ค่าความต่างศักย์ของ LDR ทั้ง2 ตัว เท่ากัน) และเมื่อชุดจำลองหมุนไปจนถึงมุม 180 องศาคือตำแหน่งที่ติด Limit Switch (SW) 2 อยู่ชุดจำลองจะหยุดนิ่งที่ตำแหน่งนี้ประมาณ 4 ชั่วโมงแล้วจึงหมุนกลับไปที่ตำแหน่งเริ่มต้นใหม่คือที่ตำแหน่ง 0 องศา ซึ่งติด Limit Switch I อยู่รอจนกว่าพระอาทิตย์จะขึ้นอีกครั้งระบบจึงจะเริ่มทำงาน ในการติดตั้ง LDR และ SW นั้นต้องติดตั้งที่ตำแหน่งดังนี้



รูปที่ 4.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง LDR และ SW

และการต่อสายสัญญาณต่างๆเข้ากับชุดควบคุมสามารถต่อได้ดังนี้



รูปที่ 4.11 การต่อสายสัญญาณเข้ากับชุดควบคุม

ในกรณีที่ระบบทำงานไปตรงตามทิศทางที่ต้องการ สามารถแก้ไขได้โดยการสลับขั้วของมอเตอร์จะทำให้ระบบกลับทิศทางในการหมุนได้ตามต้องการ

4.5 ขั้นตอนการติดตั้งชุดจำลอง

ก่อนการทดสอบแบบจำลองชุดติดตามดวงอาทิตย์จะต้องมีการประกอบชุดทดสอบเข้าด้วยกันก่อน ซึ่งมีขั้นตอนการประกอบชุดทดสอบมีดังต่อไปนี้

4.5.1. ประกอบขาทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งมีทั้งหมด 4 ขา

4.5.2. ติดล้อสายพานอันใหญ่เข้ากับเพลา นำเพลาไปอัดกับแบริ่งเข้ากับเหล็กสี่เหลี่ยม

4.5.3. ประกอบส่วนของเพลาเข้ากับขาทั้งสี่ด้าน

4.5.4. ติดตั้งชิ้นส่วนที่ใช้ปรับมุมเข้ากับเพลา จากนั้นจัดระดับให้ตัวรองรับแผงเอียงทำมุมประมาณ 15 องศา

4.5.5. นำมอเตอร์ประกอบเข้ากับฐานที่ใช้รองรับมอเตอร์ที่อยู่ตรงขา จากนั้นนำล้อสายพานอันเล็กติดเข้ากับมอเตอร์ แล้วนำสายพานมาต่อระหว่างล้อสายพานทั้งสองตัว

4.5.6. ใช้แผ่นไม้ติดเข้ากับตัวรองรับแผงเพื่อติดเซ็นเซอร์โดยให้ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์ทั้งสอง ตัวเท่ากับ 1 เมตร

4.5.7. ติดตั้งชุดควบคุมเข้ากับเซ็นเซอร์และมอเตอร์จากนั้นนำชุดจำลองไปทดสอบซึ่งก่อนการ ทดสอบจะต้องมีการจัดระดับของเซ็นเซอร์ให้มีระดับที่เท่ากันก่อนจึงจะทำการทดสอบ