

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 ทฤษฎี ได้แก่ ทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของข้อมูลทางด้านการแพทย์ ทฤษฎีหลักการเบื้องต้นของเตียงกายภาพบำบัด ทฤษฎีหลักการเบื้องต้นของการออกแบบโครงสร้าง ทฤษฎีหลักการเบื้องต้นของการออกแบบขนาดของมอเตอร์รวมถึงการออกแบบสกรูกำลัง (Power screw) และทฤษฎีหลักการเบื้องต้นของระบบควบคุม มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลทางด้านการแพทย์

2.1.1 การจัดทำเพื่อระบายเสมหะ (Postural drainage หรือ Bronchial drainage)

การจัดทำเพื่อช่วยระบายเสมหะ เป็นวิธีการทางกายภาพบำบัดที่ช่วยระบายเสมหะออกจากปอดโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกทำให้เสมหะที่คั่งค้างในปอดส่วนเล็กๆ ไหลมาสู่หลอดคอได้ง่ายขึ้น ดังนั้นผู้ที่จะทำกายภาพบำบัดต้องมีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์และพยาธิสภาพของปอดมีลักษณะอย่างไรและแบ่งส่วนย่อยอะไรบ้าง แต่ละส่วนอยู่ตำแหน่งใด และที่สำคัญที่สุดคือ แขนงปอดบริเวณนั้นมีทิศทางอย่างไร เพื่อให้การจัดทำระบายเสมหะมีประสิทธิภาพที่สุด

การจัดทำเพื่อช่วยระบายเสมหะ ทำได้โดยต้องจัดทำให้ส่วนของปอดที่มีเสมหะอยู่ในแนวตั้งมากที่สุด เพื่อให้แรงโน้มถ่วงของโลกช่วยให้เสมหะที่คั่งค้างอยู่ในปอดส่วนเล็กๆ ไหลมาสู่หลอดลมที่มีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้แรงไอสามารถขับเอาเสมหะออกมาได้

2.1.2 ประโยชน์ของการจัดทำเพื่อระบายเสมหะ

- 1) กำจัดเสมหะที่คั่งค้าง
- 2) เพิ่มปริมาณของการกำจัดเสมหะออกให้มากขึ้น
- 3) เพิ่มประสิทธิภาพของการกำจัดเสมหะที่เหนียว
- 4) ลดสิ่งกีดขวางในระบบทางเดินหายใจ
- 5) ลดงานในการหายใจ เพิ่มระดับออกซิเจนในเลือด
- 6) ลดอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนของระบบทางเดินหายใจภายหลังการผ่าตัด
- 7) ลดระยะเวลาที่ผู้ป่วยต้องอยู่ในโรงพยาบาล

2.1.3 การประเมินการรักษา

- 1) คุณภาพถ่ายรังสีของปอด ว่าแสดงลักษณะดีขึ้นหรือไม่
- 2) เมื่อจะให้การรักษาครั้งต่อไป ผู้ป่วยพอใจที่จะรับการรักษาหรือไม่
- 3) เปรียบเทียบผลการรักษากับผู้ให้การรักษาคนอื่น ๆ เพื่อช่วยพิจารณา

2.1.4 ตารางแสดงท่าที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัด

ท่าที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดกรณีที่ใช้ได้ทั้งของเด็กและผู้ใหญ่ แสดงดังตารางที่ 2-1 และท่าที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดแบบประยุกต์ใช้ในกรณีที่ไม่สามารถจัดทำได้ตามแขนงปอดที่มีปัญหา เพราะสภาพของผู้ป่วยไม่เหมาะสม เช่น หลังผ่าตัดศัลยกรรมใหม่ๆ หรือสัญญาณชีพจรไม่คงที่ แสดงดังตารางที่ 2-2

ตาราง 2-1 แสดงท่าที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดกรณีที่ใช้ได้ทั้งของเด็กและผู้ใหญ่

(ที่มา : Ellen A, Hillegazz H, Steven Sadowsky and W.B. Sander Company. “Essential of Cardiopulmonary Physical Therapy”)

LOBE	SEGMENT	POSTURAL DRAINAGE	SEGMENT	LOBE
RUL	APICAL	กึ่งนั่ง	APICAL	LUL
	ANTERIOR	นอนหงายราบ	ANTERIOR	
	POSTERIOR	นอนตะแคงกึ่งคว่ำทับซ้าย นอนตะแคงกึ่งคว่ำทับขวาศีรษะสูง	POSTERIOR	
RML	MEDIAL	นอนตะแคงกึ่งหงายทับขวาศีรษะต่ำ 30°	SUPERIOR	LLL
LATERAL	นอนตะแคงกึ่งหงายทับซ้ายศีรษะต่ำ 30°	INFERIOR		
RLL	APICAL	นอนคว่ำราบ	APICAL	
	ANTERIOR	นอนหงายศีรษะต่ำ 45 องศา	ANTERIOR	
	POSTERIOR	นอนคว่ำศีรษะต่ำ 45 องศา	POSTERIOR	
	MEDIAL	นอนตะแคงทับขวาศีรษะต่ำ 45 องศา	LATERAL	
	LATERAL	นอนตะแคงทับซ้ายศีรษะต่ำ 45 องศา		

ตารางที่ 2-2 แสดงท่าที่ใช้ในการทำกายภาพบำบัดแบบประยุกต์

(ที่มา : Ellen A, Hillegazz H, Steven Sadowsky and W.B. Sander Company. “Essential of Cardiopulmonary Physical Therapy”)

LOBE	SEGMENT	ท่าระบายเสมหะ	ท่าระบายเสมหะแบบประยุกต์
RLL	ANTERIOR POSTERIOS	นอนหงายศีรษะต่ำ 45 องศา นอนคว่ำศีรษะต่ำ 45 องศา	นอนหงายศีรษะต่ำ 15 องศา นอนคว่ำศีรษะต่ำ 15 องศา

2.1.5 การประเมินผลภายหลังการรักษา

- 1) การฟังเสียงหายใจว่าดีขึ้นหรือไม่
- 2) การสัมผัสด้วยมือเพื่อสังเกตการเคลื่อนไหวของทรวงอกทั้งสองข้างว่าเท่ากันหรือไม่
- 3) คุณปริมาณและลักษณะของเสมหะว่าเป็นอย่างไร
- 4) ผู้ป่วยมีความรู้สึกต่อการรักษาที่ได้รับอย่างไรบ้าง หายใจสะดวกขึ้นหรือไม่ อาการไอเป็นอย่างไรบ้าง มีอาการปวดบริเวณใดหรือไม่ เป็นต้น

2.1.6 การประเมินการรักษา

- 1) ถ่ายภาพรังสีของปอด ว่าแสดงลักษณะดีขึ้นหรือไม่
- 2) เมื่อจะให้การรักษาครั้งต่อไป ผู้ป่วยพอใจที่จะรับการรักษาหรือไม่
- 3) เปรียบเทียบผลการรักษากับผู้ให้การรักษาคณะอื่น ๆ เพื่อช่วยพิจารณาปัญหาของผู้ป่วย

2.2 คุณลักษณะของเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table)

ดังที่ได้กล่าวในตอนต้นเตียงกายภาพบำบัดจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงมาก ดังนั้นจึงเกิดงานวิจัยขึ้น โดยมีแนวคิดที่จะพัฒนาและสร้างเตียงกายภาพบำบัดให้ปลอดภัยและแม่นยำขึ้น โดยสามารถระบุมุมมีความผิดพลาดไม่เกิน 1 องศาและมีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายขึ้น โดยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้ฟังก์ชันเลือกทำได้ 30 ฟังก์ชัน (รายละเอียดของแต่ละฟังก์ชันแสดงดังภาคผนวก จ) สามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมแต่ละส่วนเพื่อความเหมาะสมกับคนไข้แต่ละคนได้ รูปแบบของเตียงกายภาพบำบัด แสดงดังภาพประกอบ 2-1



ภาพประกอบ 2-1 รูปแบบเตียงกายภาพบำบัด
(ที่มา : <http://nexternal.com>)

2.2.1 ขอบเขตการเคลื่อนที่ของเตียงกายภาพบำบัด

- 1) ส่วนหัว (Head-section) มีขอบเขตของมุมอยู่ระหว่าง 30 ถึง -30 องศา
- 2) ส่วนกลาง (Middle-section) มีขอบเขตของมุมอยู่ระหว่าง 0 ถึง -30 องศา
- 3) ส่วนท้าย (Lower-section) มีขอบเขตของมุมอยู่ระหว่าง 60 ถึง -35 องศา

2.2.2 แนวทางการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างของเตียง

- 1) สามารถปรับระดับสูง – ต่ำของเตียงได้
- 2) สามารถปรับมุมทั้ง 3 ส่วน (Section) ของเตียงได้
- 3) มีลิมิตสวิทช์ (Limit switch) เพื่อป้องกันการเคลื่อนในแต่ละส่วนเกินขอบเขต
- 4) มีปั๊มหยุดฉุกเฉินเมื่อมีเหตุการณ์ไม่ปกติเกิดขึ้น
- 5) ทางด้านข้างของทั้ง 3 ส่วนจะมีโครงเหล็กกันตกทางด้านข้างของเตียง
- 6) เพิ่มสายรัดตัวติดตั้งอยู่บริเวณตรงกลางของแต่ละส่วน (Section)
- 7) ใช้คอมพิวเตอร์ในการสั่งการทำให้ง่ายต่อการใช้งาน

2.3 ทฤษฎีการออกแบบโครงสร้างของเตียงกายภาพบำบัด

2.3.1. ทฤษฎีและหลักการคำนวณเรื่องเสาสูง (Columns or Struts)

เป็นการคำนวณหาแรงที่มีขนาดมากที่สุดที่เสาสามารถรองรับได้โดยที่ไม่งอ (Buckling) โดยทฤษฎีที่ใช้จำเป็นต้องมีชิ้นงานที่ตรง แรงกดต้องกระทำในแนวแกน และเป็นวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด สูตรของออยเลอร์ที่ใช้ในการคำนวณ แสดงดังสมการที่ (2-1)

$$F = \frac{\pi^2 EI}{S^2 \times \sigma} \quad (2-1)$$

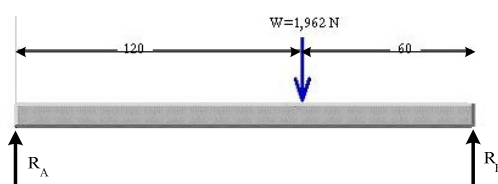
โดย F = แรงกดที่ยอมรับได้
 E = Modulus of elasticity
 I = โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of inertia)
 σ = ค่าเพื่อความปลอดภัย (safety factor)
 S = ค่าโค้งที่ยอมรับได้
 L = ความยาว
 s^* = ขึ้นอยู่กับลักษณะการรับแรง
 $S = s^*L$

2.3.2. ทฤษฎีและหลักการคำนวณเรื่องความเค้นดัดในคาน (Bending Stresses in Beam)

เมื่อคานอยู่ภายใต้แรงที่มีพื้นที่หน้าตัดหนึ่งๆ จะมีโมเมนต์ดัด (Bending moment) และแรงเฉือน (Shearing force) ซึ่งทำให้เกิดความเค้นในคาน ดังนั้นการออกแบบคานต้องออกแบบให้คานสามารถทนต่อความเค้นดังกล่าวได้และต้องมีระยะการโก่ง (Deflection) ที่สามารถยอมรับได้ด้วย หลักการคำนวณมีขั้นตอนที่ยู่ยากซับซ้อนจึงได้อธิบายด้วยตัวอย่างดังต่อไปนี้

1) ตัวอย่างการออกแบบหน้าตัดคานและการเลือกชนิดของเหล็ก

กำหนดให้คานมีความยาว 180 เมตร มีแรงกดจากน้ำหนักของผู้บำบัดหนักรวมกับน้ำหนักของโครงสร้างทั้งหมดและชุดขับเคลื่อนมีน้ำหนักเป็น 1,962 นิวตันกระทำต่อคาน ห่างจากจุด A 120 เมตร แสดงดังภาพประกอบ 2-2 วิธีการออกแบบคานรับน้ำหนัก



ภาพประกอบ 2-2 Free body diagram ของคาน

หาแรงปฏิกิริยาที่จุด A (R_A) และแรงปฏิกิริยาที่จุด B (R_B) ได้ดังนี้
พิจารณาโมเมนต์รอบจุด A จะได้

$$1,962 \times 120 = 180 \times R_B$$

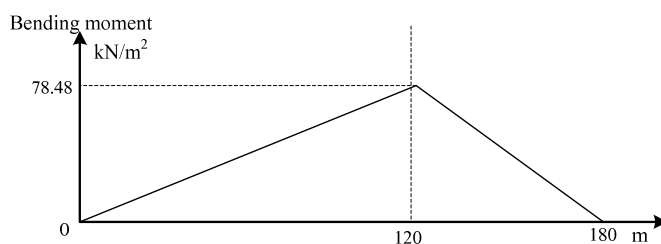
$$R_B = 1,308 \text{ N}$$

พิจารณาผลการรวมแรงในแนวตั้ง เป็นศูนย์ จะได้

$$R_a + R_b = 1,962$$

$$R_a = 654 \text{ N}$$

สามารถเขียน Bending Moment Diagram ได้ แสดงดังภาพประกอบ 2-3



ภาพประกอบ 2-3 Bending Moment Diagram

ค่าโมเมนต์คดมากที่สุด (M_{\max}) = $654 \times 120 = 78,480 \text{ N/m}^2$

พิจารณาจากสูตร

$$\sigma = \frac{MY}{I} \quad (2-2)$$

โดยที่ σ คือ ค่าความเค้น (Stresses) ที่เกิดขึ้น

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อย

M คือ โมเมนต์คด (Bending moment)

Y คือ ระยะจาก Neutral axis ไปยังระดับที่ต้องการหาความเค้น

จากการออกแบบหน้าตัดคานเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านกว้าง b และสูง h

จะได้โมเมนต์ความเฉื่อย (I)

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

มีระยะ

$$Y = \frac{h}{2}$$

แทนค่า I และ Y ในสมการ (2-2) จะได้

$$\sigma = \frac{6M}{bh^2}$$

จากนั้นนำ σ คูณกับค่าเพื่อความปลอดภัย (Safety factor) ที่ต้องการจะได้ค่า σ_{\max} (Max stress) แล้วนำไปเทียบกับค่า Yield strength จากตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร เพื่อเลือกวัสดุที่นำมาใช้

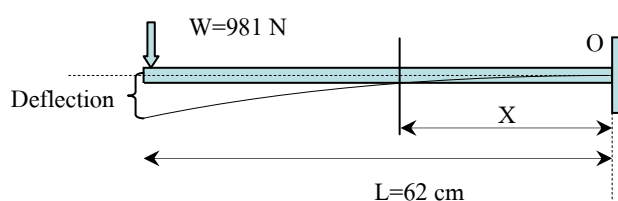
เช่น ถ้า $\sigma = 90 \text{ MN/m}^2$ ต้องการค่าเพื่อความปลอดภัย (Safety factor) เท่ากับ 3 จะได้

$$\sigma_{\max} (\text{Max stress}) = 90 \times 3 = 270 \text{ MN/m}^2$$

เมื่อเปิดตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกรเลือกเหล็ก St 50 พบว่า Yield strength σ_{s50} มีค่า 300 MN/m^2 ดังนั้นสามารถเลือกใช้เหล็ก St 50 ได้ จากนั้นต้องคำนวณหาค่าระยะโก่ง (Deflection) ของคาน เพื่อพิจารณาว่าอยู่ในระยะที่ยอมรับได้หรือไม่

2) ตัวอย่างการพิจารณาเรื่องระยะโก่งของคาน (Deflection of Beam)

กำหนดให้ขนาดของคาน ตำแหน่งของแรง และแรงที่กดลงบนคาน แสดงดังภาพประกอบ 2-4 วิธีการคำนวณหาระยะโก่งสูงสุดของคาน (Deflection of Beam) และตำแหน่งที่มีระยะการโก่งมากที่สุด



ภาพประกอบ 2-4 Free body diagram

พิจารณาค่าความเค้น (σ) ที่ระยะห่างจากจุด O มีค่าเป็น x แสดงดังภาพประกอบ 2-4

จะได้

$$\sigma = \frac{EId^2y}{dx^2} = -W(L-x) \quad (2-3)$$

อินทิเกรต (2-3) ทั้งสองข้าง จะได้

$$\frac{EIdy}{dx} = (wLx) - w \frac{x^2}{2} + A \quad (2-4)$$

ที่ระยะ $X = 0$ จะได้ค่าความชัน (Slope) = 0 แทนค่าในสมการ (2-4) จะได้ $A = 0$
อินทิเกรตสมการ(2-4) เมื่อ $A=0$ จะได้

$$EIy = \frac{wlx^2}{2} - w\frac{x^3}{6} + B \quad (2-5)$$

เมื่อระยะ $X = 0$ จะได้ระยะโก่ง ($y = 0$) แทนค่าลงในสมการ (2-5) จะได้ $B = 0$
จากสมการ (2-5) จะได้

$$EIy = \frac{wlx^2}{2} - w\frac{x^3}{6} \quad (2-6)$$

จากภาพประกอบ 2-4 ค่า Slope_{max} และ Deflection_{max} เกิดที่ระยะ $x = L$

นั่นคือ

$$Deflection_{max} = \frac{wl^3}{3EI} \quad (2-7)$$

สำหรับการหาระยะโก่งสูงสุด (Deflection_{max}) จะหาได้จากการแทนค่าตัวแปรในสมการ (2-7) ซึ่งค่า E และ I ขึ้นอยู่กับรูปแบบและวัสดุที่ใช้ เมื่อได้ Deflection_{max} จากนั้นพิจารณาว่าระยะโก่งว่ายอมรับได้หรือไม่

2.4 ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนที่นิยมใช้ในปัจจุบันประกอบด้วย 3 ระบบได้แก่ ระบบนิวเมติก ระบบไฮดรอลิกและระบบมอเตอร์ ซึ่งแต่ละระบบเหมาะสมกับงานในแต่ละประเภท เช่นระบบนิวเมติกใช้กับงานที่มีลักษณะเคลื่อนที่รวดเร็วมีการเคลื่อนที่ขีดสุดกระบอก อุปกรณ์มีความปลอดภัย หากใช้งานเกินกำลัง ส่วนระบบไฮดรอลิกเป็นระบบที่มีการตอบสนองที่ค่อนข้างช้าแต่มีกำลังขยับมากที่สุด แต่ไม่เหมาะกับห้องที่ต้องการควบคุมความสะอาด (Clean room) และระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เป็นระบบที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลทำให้สะอาด หากระบบต้องการแรงขยับมากขึ้นก็สามารถติดตั้งชุดเฟืองทดเพิ่มทำให้สะดวกรวดเร็ว และมีความแม่นยำในการควบคุมผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติข้อดี – ข้อเสียของระบบขับเคลื่อนทั้ง 3 แบบ แสดงดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 เปรียบเทียบคุณสมบัติข้อดี – ข้อเสียของระบบขับเคลื่อนทั้ง 3 แบบ

ระบบไฮดรอลิก	มอเตอร์	นิวเมติก
<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - เหมาะกับหุ่นยนต์ขนาดใหญ่ - มีความแม่นยำสูง ให้ผลตอบสนองที่แม่นยำและดีกว่า - มีอัตราทดน้ำหนักสูง - สามารถคงตำแหน่งเดิมไว้ได้ - สามารถทำงานในช่วงความเร็วที่กว้าง <p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - อาจมีน้ำมันรั่ว ไม่เหมาะกับ Clean room - มีอุปกรณ์ในระบบมาก เช่นอ่างเก็บน้ำมัน ปั๊ม มอเตอร์ ท่อ วาล์ว ฯลฯ - มีแรงบิดสูง ความดันสูง ทำให้มีแรงเฉื่อยเมื่อเคลื่อนที่ - ราคาแพง 	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - เหมาะกับหุ่นยนต์ทุกขนาด - เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูง - มีความยืดหยุ่นสูงกว่าไฮดรอลิก - มีเฟืองทดเพื่อลดภาระของมอเตอร์ - ไฟฟ้าไม่มีการรั่วเหมือนน้ำมันเหมาะกับ Clean room - ใช้งานได้ดี บำรุงรักษาน้อย - ราคาค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไฮดรอลิกและนิวเมติก <p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - หากใช้เกียร์ทด อาจเกิดปัญหาเรื่องราคา น้ำหนักที่มากขึ้น - มอเตอร์ต้องการอุปกรณ์ในการหยุดเมื่อไม่มีแรงขับ - ไม่เหมาะกับสภาวะที่มีน้ำขัง 	<p>ข้อดี</p> <ul style="list-style-type: none"> - ราคาไม่แพงเมื่อเทียบกับไฮดรอลิก - ไม่มีประกายไฟ - สามารถระบายลมที่ปล่อยสู่บรรยากาศได้เลย - ความดันต่ำเมื่อเทียบกับไฮดรอลิก - เหมาะกับงาน เปิด-ปิด และจับวาง - ระบบมีความยืดหยุ่น <p>ข้อเสีย</p> <ul style="list-style-type: none"> - ระบบมีเสียงดัง - มีอุปกรณ์ในระบบมาก เช่น คอมเพรสเซอร์ ตัวกรอง วาล์ว ฯลฯ - ยากต่อการควบคุมเชิงเส้น - อัตราส่วนน้ำหนักต่อกำลังต่ำ - ไม่สามารถคงตำแหน่งเดิมได้หากกระบอกสูบเคลื่อนที่ไม่สุด

2.4.1. ทฤษฎีและหลักการออกแบบมอเตอร์และออกแบบสกรูกำลัง (Power screw)

การออกแบบกำลังของมอเตอร์นั้นพิจารณาจากแรงบิดสูงสุด ($Torque_{max}$) ที่กระทำต่อมอเตอร์เพื่อนำมาคำนวณหา กำลังของมอเตอร์ โดยใช้สูตรดังสมการ (2-8)

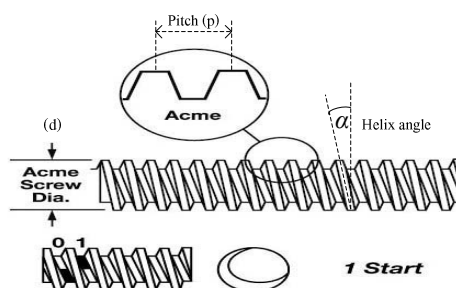
$$P = T_{max} \times \omega \quad (2-8)$$

ในกรณีที่ระบบต้องมีการขับเคลื่อนผ่านสกรูกำลัง (Power screw) นั้นจำเป็นต้องหาแรงบิดสูงสุด ($Torque_{max}$) เพื่อให้ได้แรงยกตามต้องการ ในการหาแรงบิดสูงสุด ($Torque_{max}$) สามารถหาได้จากสมการ (2-9) และรายละเอียดของตัวแปร ดังแสดงดังภาพประกอบ 2-5

$$T = \frac{Fd_m}{2} \frac{f_s + \cos \phi \tan \alpha}{\cos \phi f_s \tan \alpha} + r_{mc} f_c F \quad (2-9)$$

โดย

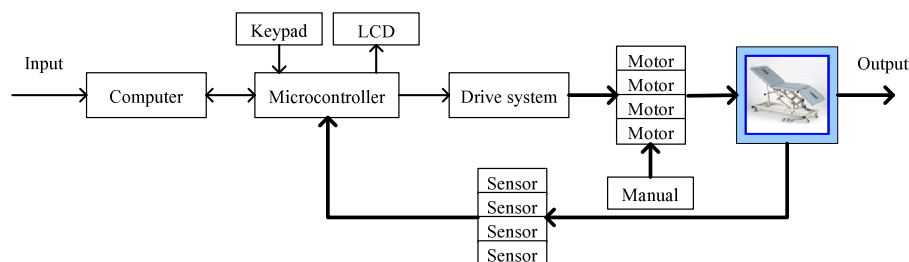
- F = แรงที่สกรูกำลัง (Power screw) ต้องขับได้
- dm = เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูกำลัง (Power screw) 25.5 มิลลิเมตร
- fs = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าเกลียวและเป็นเกลียว 0.5
- ϕ = มุมเกลียว 14.5°
- α = มุม helix (3.57°)
- rnc = รัศมีของ bearing 15 มิลลิเมตร
- fc = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวหน้าของ bearing และแป้นเกลียว (0.5)



ภาพประกอบ 2-5 ลักษณะสกรูกำลังแบบเกลียว Acme

2.5 ระบบควบคุม

ระบบควบคุมเชิงกายภาพนำขับประกอบด้วย สัญญาณ (Input) คือค่าที่รับมาจากผู้ใช้ (User) โดยผ่านคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อ (Interface) กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller board) ทำหน้าที่ประมวลผลเพื่อควบคุมตำแหน่งของเตียง นอกจากนี้สามารถควบคุมเตียงได้อีกวิธี คือการควบคุมผ่านคีย์แพด (Keypad) และแสดงผลผ่านจอ LCD โดยไม่ต้องควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ เมื่อทำการประมวลผลเสร็จก็จะส่งสัญญาณไปยังระบบขับเคลื่อน (Drive system) ให้ขับเคลื่อนเพื่อให้ตำแหน่งของเตียงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการและมีตัวตรวจรู้ (Sensor) ตรวจจับค่ามุมส่งกลับมาเพื่อประมวลผลในรอบต่อไปจนกว่าตำแหน่งของมุมเตียงกายภาพนำขับเท่ากับมุมที่ต้องการ รายละเอียดของส่วนประกอบ แสดงดังภาพประกอบ 2-6



ภาพประกอบ 2-6 Block diagram ระบบควบคุมเตียงกายภาพบำบัด (EPDT)

2.5.1. ส่วนประกอบระบบควบคุมเตียงกายภาพบำบัด

1) ระบบ Input โดยผ่านคอมพิวเตอร์ หรือคีย์แพท (Keypad) และแสดงผลด้วย LCD

การรับค่า (Input) เป็นส่วนที่รับค่าจากผู้ใช้โดยตรง ด้วยวิธีสั่งการผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW เหตุผลที่เลือกใช้โปรแกรม LabVIEW เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถทำความเข้าใจเพื่อจะนำไปใช้งานได้สะดวกและรวดเร็ว สามารถเขียนภาคแสดงผลหรือส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ได้สวยงาม และที่สำคัญสามารถใช้ LabVIEW เขียนโปรแกรมติดต่อ I/O ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (RS 232) และยังสามารถรับการติดต่อผ่าน Net DDE ได้นั้นก็สามารถควบคุมระยะไกลได้ โดยผ่านระบบเครือข่าย Internet ทำให้ความสะดวกมากยิ่งขึ้น แต่หากระบบคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำงานได้จะใช้ระบบควบคุมผ่านคีย์แพท (Keypad) และแสดงผลผ่านจอ LCD เพื่อให้สามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง

2) ไมโครคอนโทรลเลอร์

เลือกใช้ ET-ARM7 STAMP LPC2119 ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล ARM7TDMI-S Core เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ 16/32บิต ขนาด 64 ขา แบบใช้พลังงานต่ำและเลือกใช้ MCU เบอร์ LPC2119 ของ Philips โดยการออกแบบโครงสร้างของบอร์ดเน้นเรื่องการจัดวางบอร์ดให้มีขนาดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยได้นำ MCU มาจัดวางจรร่วมกับอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นและจัดขาออกมาให้ใช้งานภายนอก ซึ่งการจัดเรียงขาสัญญาณจะทำการจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบเพื่อให้สามารถต่อใช้งานได้โดยสะดวก ตัวบอร์ดใช้ไฟ +3.3 โวลต์ สามารถรองรับ I/O ที่เป็นสัญญาณ 5 โวลต์ได้ ตัวบอร์ดมีชุดเชื่อมต่อ (Connector) UART0 (RS-232) จำนวน 1 พอร์ต (Port) สำหรับทำการ Download Hex File หรือใช้งานในการสื่อสารพอร์ตอนุกรม (RS-232)

3) ระบบขับเคลื่อน

การควบคุมเชิงกายภาพบังคับเลือกใช้ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าเนื่องจากห้องที่ต้องนำไปใช้งานจริงนั้นเป็นห้องที่ต้องควบคุมความสะอาด (Clean room) เพราะกรณีของระบบขับเคลื่อนไฮดรอลิกนั้นในระยะยาวอาจจะมีน้ำมันที่ใช้ในระบบไฮดรอลิครั่วซึมออกมา หรือในระบบขับเคลื่อนนิวเมติกก็ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีเสียงรบกวนผู้ปฏิบัติงานที่ระบบมีการยืดหดกระบอก ดังนั้นระบบมอเตอร์เป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด หากต้องการเพิ่มกำลังในการขับเคลื่อนสามารถเพิ่มเกียร์ทด และขับเคลื่อนผ่านสกรูกำลัง (Power screw) ก็จะทำให้แรงในการยกเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าไฮดรอลิกและนิวเมติก

4) ตัวตรวจรู้ (Sensor)

การเลือกตัวตรวจรู้ (Sensor) มีหลายแบบ เช่น การใช้เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) หรือเลือกใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ซึ่งมีความเหมาะสมกับงานที่ต่างกัน โดยการใช้เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) นั้นเหมาะสมกับงานที่มีความละเอียดในการควบคุมสูง และมีการใช้งานที่ยุ่ยากกว่า ดังนั้นเลือกใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) แบบ wire wound ทำหน้าที่ในการวัดมุมเนื่องจากงานไม่ต้องการความละเอียดสูงมาก และในขณะเดียวกันโพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) แบบ wire wound ก็ให้ความเป็นเชิงเส้น ความละเอียดที่เหมาะสมกับงาน และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย

2.5.2. ระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller)

ฟัซซี่ลอจิกเป็นตรรกศาสตร์รูปแบบใหม่ที่เกิดขึ้นในอเมริกา เดิมเป็นเพียงทฤษฎีใหม่เพียงทฤษฎีหนึ่งในคณิตศาสตร์ถูกพัฒนาโดย Loft A.Zedeh โดยมีความคิดที่ว่าปกติแล้วในคำตอบของคนเรามักจะมีทางเลือก 2 ทาง 0 หรือ 1 ถูกหรือผิด ขาวหรือดำ สูงหรือต่ำ เป็นต้น บางครั้งเป็นการตอบที่ชัดเจนเกินไป ดังนั้นฟัซซี่ลอจิกจะเปิดโอกาสให้คำตอบสามารถคลุมเครือได้นั้นคือตอบว่าอาจจะถูก อาจจะผิด หรือไม่ใช่สีขาวไม่ใช่สีดำแต่เป็นสีเทา เป็นต้น

Loft A.Zedeh ให้ข้อสังเกตว่า “ระบบควบคุมที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ค่าความต้องการที่แน่นอนอนั้นแทบจะไม่จำเป็น” ฟัซซี่ลอจิกจะยอมเสียความถูกต้องบางอย่างเพื่อความถูกต้องโดยรวมของระบบ ฟัซซี่ลอจิกได้ถูกนำไปใช้ในระบบที่มีความซับซ้อนมากซึ่งยากแก่การจำลองระบบทางคณิตศาสตร์หรืออาจจะสร้างไม่ได้เลย ระบบที่มีความไม่เป็นเชิงเส้น ระบบที่มี Input และ Output หลายตัว

ขั้นตอนการควบคุมด้วยฟuzzyลอจิก มีดังนี้

- 1) ทำให้คลุมเครือ (Fuzzification) จะทำการแปลงค่า Input เป็นค่าตรรกะแบบฟuzzy ลอจิกผ่านทางฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของแต่ละฟuzzyเซต แต่ Input บางค่าอาจจะ เป็นสมาชิกของหลายๆ ฟuzzyเซตได้
- 2) ใช้การควบคุมแบบฟuzzy (Fuzzy logic controller) ทำการประมวลผลกฎการควบคุม และหาผลรวมที่ได้จากกฎแต่ละข้อ
- 3) ทำให้หายคลุมเครือ (Defuzzification) เป็นการหา Output ที่แท้จริงเป็นคริปเซต โดยการนำผลที่ได้จากกฎพื้นฐานฟuzzyมาหาค่าเซนทรอยด์หรือกรรมวิธีการหาค่า ศูนย์กลาง

แนวทางการพัฒนากฎการควบคุมแบบฟuzzyลอจิก

- 1) สร้างกฎการควบคุมขึ้นจากประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบ IF...THEN เช่น If temperature is hot And humidity is high Then output is high
- 2) ถ้าการควบคุมล้มเหลวให้ทำการปรับกฎการควบคุม และ-หรือ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะมีผลต่อการควบคุมน้อยกว่าบริเวณพื้นที่ที่ซ้อนทับกัน
- 3) ดำเนินการแบบข้อ 2 แบบวนซ้ำ
- 4) อาจทำการสร้างกฎการควบคุมขึ้นจากการสังเกตข้อมูลที่วัดได้ แล้วดำเนินการตาม ข้อ 2-3 เรียกวิธีการนี้ว่า Training rule

ลักษณะเด่นของการควบคุมแบบฟuzzy

- 1) ไม่ใช่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการควบคุม
- 2) สามารถพัฒนาให้การควบคุมคล้ายพฤติกรรมมนุษย์ได้
- 3) ไม่ใช่พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยากในการคำนวณ
- 4) สามารถเข้าถึงปัญหาได้เร็ว ทำให้ควบคุมได้ทันเวลา
- 5) สามารถสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้อย่างถูกต้องโดยใช้กฎการควบคุมเพียงไม่กี่ข้อ
- 6) สามารถคำนวณค่าของแต่ละ Input – Output ไว้ล่วงหน้าได้