

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา

สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจที่มีเสมหะคั่งค้างอยู่ในปอดจำนวนมากและสะสมอยู่ในกลีบปอดส่วนแขนงปอดเล็กๆ เป็นต้องได้รับการทำกายภาพบำบัดเพื่อช่วยระบายเสมหะที่สะสมอยู่ออกไป วิธีการทำกายภาพบำบัดเพื่อระบายเสมหะทำได้โดยจัดผู้ป่วยให้อยู่ในท่าต่างๆ โดยให้แขนงกลีบปอดที่มีเสมหะคั่งค้างอยู่ตั้งในแนวตั้งให้มากที่สุดเพื่อให้เสมหะที่สะสมอยู่ในแขนงปอดส่วนเล็กๆ ไหลมาสู่หลอดลมส่วนต้นที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและทำให้แรงไอสามารถขับเอาเสมหะออกมาได้

อุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการจัดท่าระบายเสมหะคือ เตียงกายภาพบำบัดมี 2 ประเภทคือเตียงกายภาพบำบัดแบบมือหมุน (Postural drainage table) แสดงดังภาพประกอบ 1-1 และเตียงกายภาพบำบัดแบบไฟฟ้า (Electrical postural drainage table) หรือ EPDT ใช้ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่ใช้ยกระดับเตียงเท่านั้น แสดงดังภาพประกอบ 1-2



ภาพประกอบ 1-1 เตียงกายภาพบำบัดแบบมือหมุน

(ที่มา : <http://premiermedical.safeshopper.com>)



ภาพประกอบ 1-2 เตียงกายภาพบำบัดแบบไฟฟ้า
(ที่มา : <http://premiermedical.safeshopper.com>)

จากสภาพปัญหาในปัจจุบันพบว่าโรงพยาบาลส่วนใหญ่ในประเทศไทยขาดแคลนเตียงกายภาพบำบัดประเภท Electric postural drainage table เนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศส่งผลให้มีราคาสูงมาก เช่นขณะนี้โรงพยาบาลสงขลานครินทร์มีเตียงกายภาพบำบัดของบริษัท ADAPTA สามารถปรับมุมได้ 2 ส่วน (Section) คือ ส่วนหัว (Head-section) และส่วนล่าง (Lower-section) ปรับด้วยระบบมือหมุน (Manual) ใช้ระบบไฟฟ้าในการปรับระดับความสูง-ต่ำของเตียง โดยมีมูลค่าประมาณ 200,000 บาททั้งนี้ราคาของเตียงกายภาพบำบัดขึ้นอยู่กับฟังก์ชันการทำงานเพียงด้วยความละเอียดในการแสดงมุมของเตียงกายภาพบำบัดค่อนข้างต่ำ บางตัวไม่มีสเกลบอกตำแหน่งมุม ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ที่จะทำกายภาพบำบัด ส่วนการจัดทำต่างๆ จะใช้ระบบมือหมุน (Manual) ซึ่งหากผู้ป่วยมีน้ำหนักมากจะส่งผลให้การจัดทำเป็นเรื่องที่ยากยิ่งขึ้น

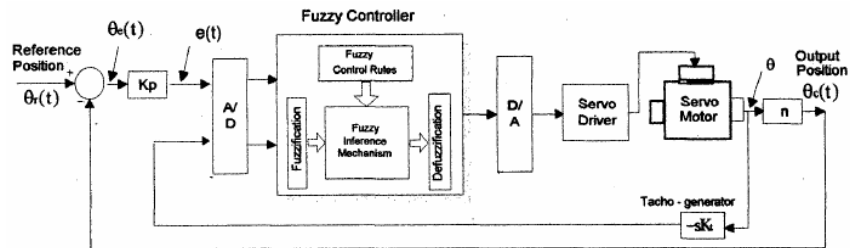
จากปัญหาดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จึงได้ออกแบบและพัฒนาเตียงกายภาพบำบัดที่มีระบบควบคุมตำแหน่งด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อลดการนำเข้าเตียงจากต่างประเทศ เพิ่มความแม่นยำและความปลอดภัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเตียงและส่งผลทำให้ประสิทธิภาพของการทำกายภาพบำบัดสูงขึ้นด้วย

1.2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 M.K.Mishra, A.G.Kothari, D.P.Kotari and Arindam Ghosh. “Development of a fuzzy logic controller for servo systems”. IEEE control magazine 1998. pp.204-207

เอกสารนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบควบคุมตำแหน่งสำหรับเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) หรือ FLC ในสถานะที่มีภาระ (load) และได้ทำการเปรียบเทียบผลการตอบสนองของระบบ FLC กับผลตอบสนองของระบบที่ควบคุมด้วย

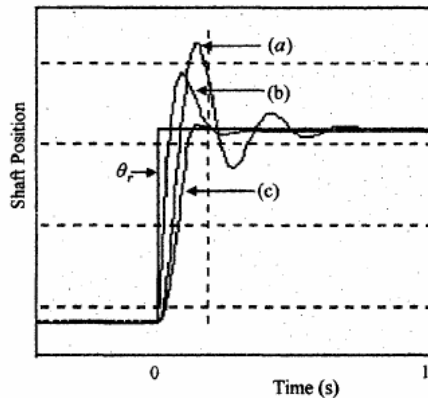
ระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการทำ Simulation และการทดลองจริง โดยโครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) แสดงดังภาพประกอบ 1-3



ภาพประกอบ 1-3 โครงสร้างระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor)

(ที่มา : M.K.Mishra, A.G.Kothari, D.P.Kotari, Arindam Ghosh. “Development of a fuzzy logic controller for servo systems”. IEEE control magazine 1998. pp.204-207)

ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบที่ใช้ระบบควบคุมพีซีซลอจิก (Fuzzy logic controller) กับผลการตอบสนองของระบบควบคุมด้วยพีไอดี (PID controller) ที่มี Proportional gain เป็น 1 ส่วน Integral gain เป็น 0.01 และ Derivative gain เป็น 0.01 ซึ่งผลการทดสอบระบบแสดงดังภาพประกอบ 1-4



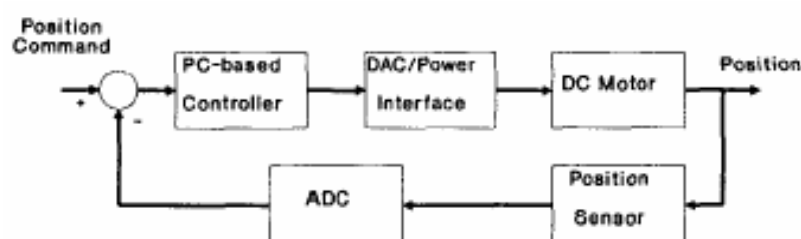
ภาพประกอบ 1-4 ผลตอบสนองของระบบโดย (a) ไม่มีตัวควบคุม, (b) ใช้ระบบควบคุมพีไอดี (c) ใช้ระบบควบคุมพีซีซลอจิก (Fuzzy logic controller)

(ที่มา : M.K.Mishra, A.G.Kothari, D.P.Kotari, Arindam Ghosh. “Development of a fuzzy logic controller for servo systems”. IEEE control magazine 1998. pp.204-207)

จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า การใช้ระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) ทำให้การควบคุมตำแหน่งเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ในสถานะที่มีภาระ (Load) ปรกวนมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอันได้จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในสถานะที่ไม่มีตัวควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ จะมี Overshoot สูงมาก เมื่อใช้ระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) ผลก็คือขึ้นแต่ Settling time น้อยมาก และระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิกที่ให้ผลดีที่สุดคือมี Overshoot น้อยทำให้การเข้าสู่สถานะ Steady state ราบเรียบและเพิ่ม Settling time ทำให้สมรรถนะเซอร์โวมอเตอร์ดีขึ้นด้วย

1.2.2 Paul I-Hai Lin, John Chou. “Comparison on fuzzy logic and PID controls for DC motor”. IEEE control magazine 1994. pp.1930-1935

เอกสารนี้นำเสนอเปรียบเทียบการควบคุมตำแหน่งมอเตอร์กระแสตรงด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) กับระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) ด้วยการ Simulation และการทดสอบกับระบบมอเตอร์กระแสตรงโดยพิจารณาประสิทธิภาพจากจากความแม่นยำ ความละเอียดและ Settling time โดย Block diagram ที่ใช้ในการทดลองแสดงดังภาพประกอบ 1-5

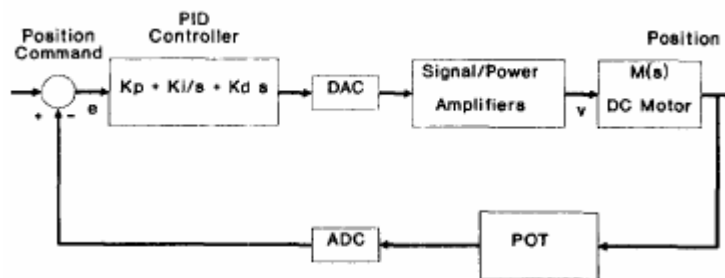


ภาพประกอบ 1-5 Block diagram การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรง
(ที่มา : Paul I-Hai Lin, John Chou. “Comparison on fuzzy logic and PID controls for DC motor”.

IEEE control magazine 1994. pp.1930-1935)

ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง (Permanent magnet DC motor) และใช้ Analog to digital converter ที่มีความละเอียด 8 บิต ใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ (Potentiometer) ในการตรวจวัดตำแหน่งของมุม และใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุมทั้งระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) และระบบควบคุมพีไอดี (PID controller)

ระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) เป็นการควบคุมที่เป็นที่นิยมมากอีกตัวหนึ่งเนื่องจากสามารถควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน โดย Block diagram ในการควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ แสดงดังภาพประกอบ 1-6



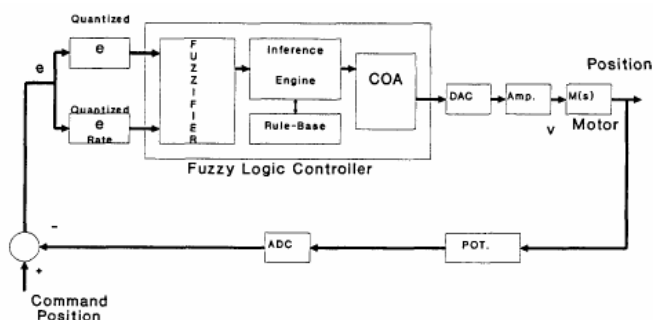
ภาพประกอบ 1-6 Block diagram การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ด้วยระบบควบคุมพีไอดี
(ที่มา : Paul I-Hai Lin, John Chou. “Comparison on fuzzy logic and PID controls for DC motor”.

IEEE control magazine 1994, pp.1930-1935)

การเปลี่ยนแปลงข้อมูลของระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) ขึ้นอยู่กับสมการที่ (1-1) ดังนี้

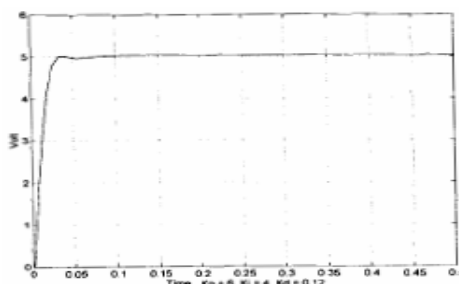
$$v = eK_p + \frac{eK_i}{S} + eK_d S \quad (1-1)$$

ระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) เป็นการควบคุมระบบที่ให้ความสำคัญเป็นธรรมชาติในการควบคุมสูง และมีประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยมเช่นกัน โดยในการทดสอบ การควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์กระแสตรงมีขอบเขตเชิงภาษา (Fuzzy Linguistic) แบ่งได้ 7 ระดับคือ Negative Big (NB) Negative medium (NM) Negative small (NS) Zero (ZE) Positive big (PB) Positive medium (PM) และ Positive small (PS) สำหรับ Block diagram ของระบบควบคุมตำแหน่งด้วยฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) แสดงดังภาพประกอบ 1-7



ภาพประกอบ 1-7 Block diagram ของระบบควบคุมตำแหน่งด้วยฟัซซี่ลอจิก
(ที่มา : Paul I-Hai Lin, John Chou. “Comparison on fuzzy logic and PID controls for DC motor”. IEEE control magazine 1994, pp.1930-1935)

ผลการตอบสนองของระบบควบคุมพีไอดี (PID control) ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือมี Overshoot น้อยสุด และค่า settling time น้อยสุดจะมีค่า Gain ดังนี้ $K_p = 6$, $K_i = 4$, $K_d = 0.12$ ซึ่งผลการตอบสนองของระบบแสดงดังภาพประกอบ 1-8



ภาพประกอบ 1-8 ผลการทำ Simulation ของการเคลื่อนที่มอเตอร์ตั้งแต่ 0 – 180 องศา

(ที่มา : Paul I-Hai Lin, John Chou. “Comparison on fuzzy logic and PID controls for DC motor”. IEEE control magazine 1994, pp.1930-1935)

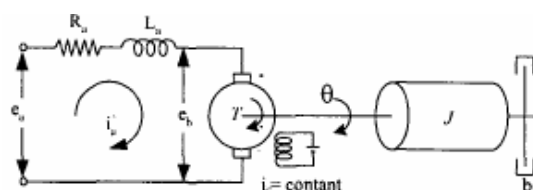
ผลการทดสอบกับระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก สำหรับการหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ระบบมีค่าความผิดพลาด (Error) ค่า Overshoot และค่า Settling time น้อยนั้นใช้วิธีการของการสุ่มเดา (Trial and error) เพื่อให้ได้ค่าที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากที่สุด

จากผลการทำ Simulation และทดสอบกับมอเตอร์กระแสดตรงนั้นพบว่า การควบคุมตำแหน่งด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) นั้นมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการควบคุมตำแหน่งด้วยระบบควบคุมพีไอดี (PID controller) ซึ่งไม่มี Overshoot ในการควบคุม

โดยการเคลื่อนที่ในระหว่าง 0 – 90 องศา นั้นระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ประมาณ 180 มิลลิวินาที และมี Settling time 152 มิลลิวินาที ส่วนในการควบคุมตำแหน่งด้วยระบบควบคุมพีไอดีมี Settling time ประมาณ 198 มิลลิวินาที เมื่อเปรียบเทียบผลการตอบสนองของทั้ง 2 ระบบจะเห็นได้ชัดว่าระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิกมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าและมีเวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่า 30% แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของการควบคุมตำแหน่งด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิกต้องมีความชำนาญระดับหนึ่ง

1.2.3 Nalunat Khongkoom, Attapol Kanchanathep, Suthichai Nopnakeepong, Surasak Tanuthong and Satean Tunyasrirut. "Control of the position DC servo Motor by Fuzzy logic". IEEE control magazine 2000. pp.254-357

เอกสารนี้นำเสนอการควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) โดยมีขอบเขตของมุมตั้งแต่ $-\pi$ ถึง π โดยใช้เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เป็นตัวตรวจจับมุมเพื่อส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล และมี Digital to analog converter แปลงสัญญาณดิจิทัลออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อส่งให้ระบบขับเคลื่อน (Driver) เพื่อขับมอเตอร์ต่อไป และรูปแบบของโมเดลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model of DC servo motor) แสดงดังภาพประกอบ 1-9



ภาพประกอบ 1-9 Schematic diagram ของการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

(ที่มา : Nalunat Khongkoom, Attapol Kanchanathep, Suthichai Nopnakeepong, Surasak Tanuthong, Satean Tunyasrirut. "Control of the position DC servo Motor by Fuzzy logic". IEEE control magazine 2000. pp.254-357)

ทรานเฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer function) ของเซอร์โวมอเตอร์ (Servomotor) ดังสมการ (1-2)

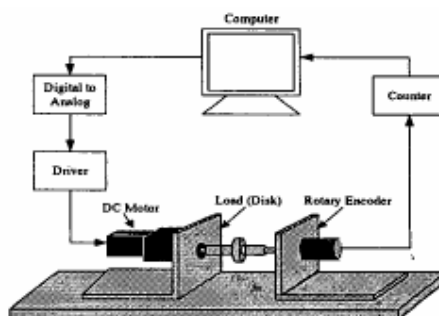
$$\frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{S[L_a J s^2 + (L_a b + R_a J) + R_a b + K K_b]} \quad (1-2)$$

การออกแบบระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) โดยมี θ เป็นมุมในการเคลื่อนที่ $\dot{\theta}$ มุมที่ต้องการ ดังนั้นสามารถเขียนสมการของค่าความคลาดเคลื่อน (Error) และสมการการเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อน (Error change) ได้ดังสมการที่ (1-3) และ (1-4) ตามลำดับ

$$e = \dot{\theta}(k) - \theta(k) \quad (1-3)$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k-1) \quad (1-4)$$

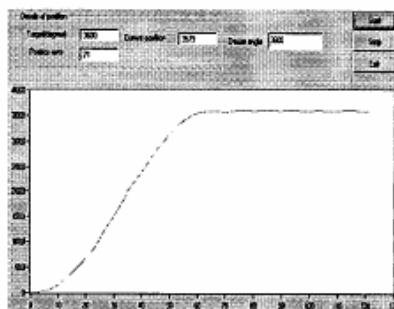
การจัดอุปกรณ์การทดลอง แสดงดังภาพประกอบ 1-10 โดยมีคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลคือ HP-Vectra VE4 6/200 MMX Pentium CPU 200 MHz



ภาพประกอบ 1-10 รูปแบบการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

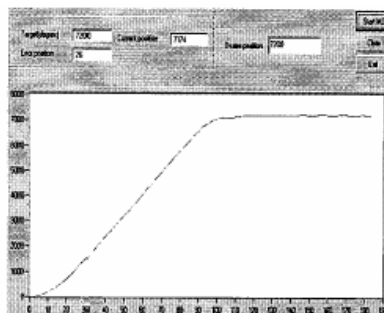
(ที่มา : Nalunat Khongkoom, Attapol Kanchanathep, Suthichai Nopnakeepong, Surasak Tanuthong, Satean Tunyasirirut. "Control of the position DC servo Motor by Fuzzy logic". IEEE control magazine 2000. pp.254-357)

ผลการทดสอบพบว่าระบบมี Overshoot ที่น้อยมาก มี Settling time 36 มิลลิวินาที สำหรับผลตอบสนองของการควบคุมตำแหน่ง ณ $\frac{\pi}{4}$ แสดงดังภาพประกอบ 1-11 และผลตอบสนองของความถี่เชิงมุม แสดงดังภาพประกอบ 1-12



ภาพประกอบ 1-11 ผลตอบสนองของตำแหน่ง ณ ตำแหน่ง $\frac{\pi}{4}$

(ที่มา : Nalunat Khongkoom, Attapol Kanchanathep, Suthichai Nopnakeepong, Surasak Tanuthong, Satean Tunyasirirut. "Control of the position DC servo Motor by Fuzzy logic". IEEE control magazine 2000. pp.254-357)



ภาพประกอบ 1-12 ผลตอบสนองของความเร็วเชิงมุม ณ ตำแหน่ง $\frac{\pi}{4}$

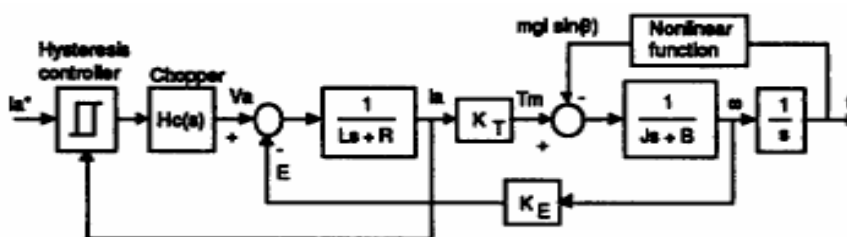
(ที่มา : Nalunat Khongkoom, Attapol Kanchanathep, Suthichai Nopnakeepong, Surasak Tanuthong, Satean Tunyasirut. “Control of the position DC servo Motor by Fuzzy logic”. IEEE control magazine 2000. pp.254-357)

สรุปผลการทดสอบระบบควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) นั้นให้ประสิทธิภาพในการทดลองที่ดีเยี่ยมและดีกว่าการควบคุมแบบพีไอดี (PID controller) ซึ่งยืนยันได้จากผลการทดลอง

1.2.4 Hoang Le Huy, Maher Hamdi. “Control of a direct Drive DC motor by Fuzzy logic”. IEEE control magazine 1993. pp.732-736

เอกสารนี้แนะนำเสนอการควบคุมทิศทางมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนแขนหุ่นยนต์ (Robot arm) แบบชิ้นส่วนเดียว (Single link) ในการพิจารณาประสิทธิภาพของการควบคุมนั้นดูจากผลตอบสนองของระบบโดยวิธีการ Simulation และเปรียบเทียบผลกับการทดลองควบคุมระบบแขนหุ่น (Robot arm) ซึ่งใช้ Microcontroller 68HC11 เป็นตัวประมวลผล มีตัวตรวจจับตำแหน่ง (Position sensor) เป็นตัวตรวจจับมุมแล้วนำสัญญาณเข้า Analog to digital converter ที่มีความละเอียด 12 บิต เมื่อประมวลผลเสร็จจะส่งสัญญาณ (I_d) ผ่าน Digital to Analog converter ก่อนไปขับมอเตอร์ต่อไป

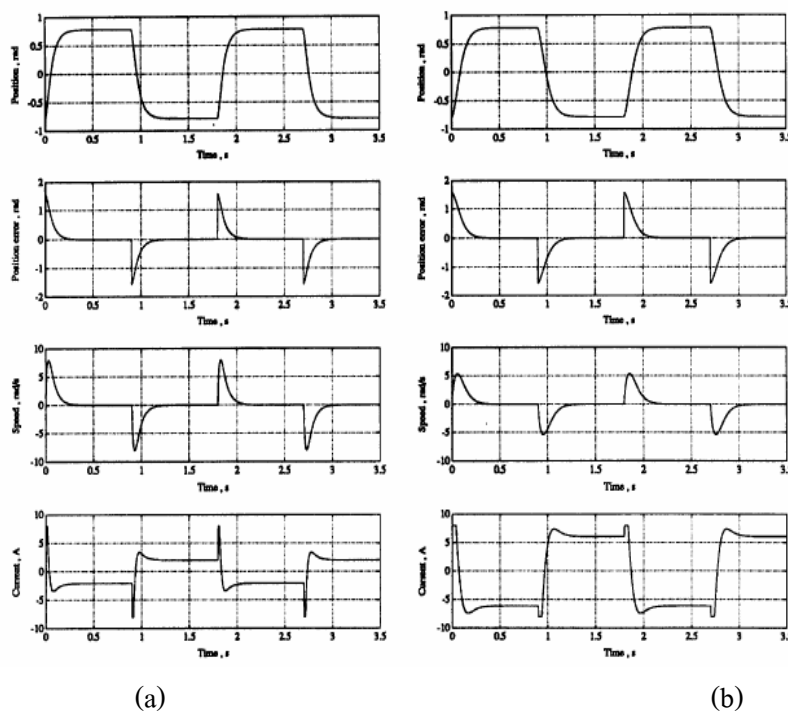
Block diagram ของระบบควบคุมตำแหน่งแขนหุ่นยนต์ (Robot arm) แบบชิ้นส่วนเดียว (Single link) แสดงดังภาพประกอบ 1-13



ภาพประกอบ 1-13 Block diagram ของระบบควบคุมตำแหน่งแขนหุ่นยนต์ (Robot arm)
(ที่มา : Hoang Le Huy, Maher Hamdi. “Control of a direct Drive DC motor by Fuzzy logic”.

IEEE control magazine 1993. pp.732-736)

การทดสอบระบบทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงมวลเป็นขั้นโดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 0.1 กก. และ 0.3 กก. ตามลำดับ ผลการทดสอบด้วยวิธีการ Simulation แสดงดังภาพประกอบ 1-14

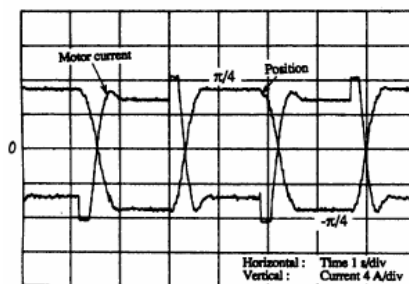


ภาพประกอบ 1-14 ผลตอบสนองของระบบด้วยการ Simulation (a) มวล 0.1 กก. (b) มวล 0.3 กก.

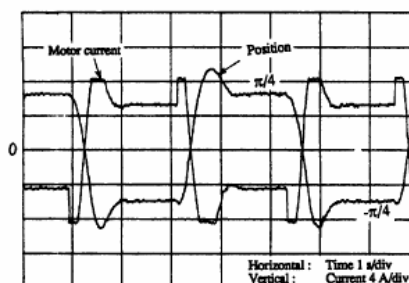
(ที่มา : Hoang Le Huy, Maher Hamdi. “Control of a direct Drive DC motor by Fuzzy logic”.

IEEE control magazine 1993. pp.732-736)

ผลการทดลองกับระบบจริงซึ่งใช้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) กับระบบควบคุมพีดี (PD controller) แสดงดังภาพประกอบ 1-15 เป็นผลตอบสนองของระบบที่ควบคุมด้วยฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) และภาพประกอบ 1-16 เป็นผลการตอบสนองของระบบที่ควบคุมด้วยระบบควบคุมพีดี (PD controller) ที่มวล 0.3 กก.



ภาพประกอบ 1-15 ทดลองกับระบบจริงมวล 0.3 กก. ใช้การควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก
(ที่มา : Hoang Le Huy, Maher Hamdi. “Control of a direct Drive DC motor by Fuzzy logic”.
IEEE control magazine 1993. pp.732-736)

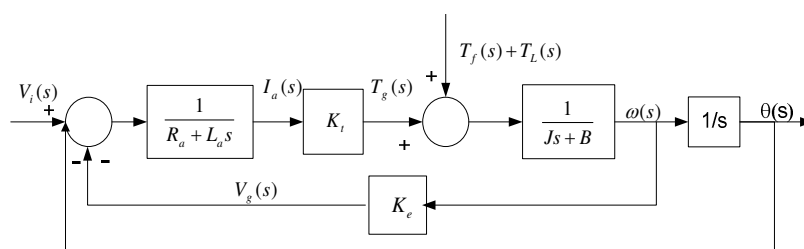


ภาพประกอบ 1-16 ทดลองกับระบบจริงมวล 0.3 กก. ใช้การควบคุมแบบ PD control
(ที่มา : Hoang Le Huy, Maher Hamdi. “Control of a direct Drive DC motor by Fuzzy logic”.
IEEE control magazine 1993. pp.732-736)

สรุปผลการทดลองจากการใช้ระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์ (Robot arm) พบว่าทั้งผลการ Simulation และผลจากการทดลองกับระบบจริงนั้นให้ผลตอบสนองที่ดีไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงมวลเป็น 0.1 หรือ 0.3 กก. และผลการตอบสนองของระบบจะดีกว่าการควบคุมที่ใช้ระบบควบคุมแบบพีดี (PD controller)

1.2.5 Seda Aydemir, Serkan Sezen and H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”. IEEE control magazine 2004. pp.766-771

เอกสารนี้นำเสนอการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรง (DC motor) ด้วยระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) ในการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบจะพิจารณาจากผลการ Simulation ด้วยโปรแกรม MATLAB และเปรียบเทียบผลการตอบสนองด้วยระบบควบคุมพีไอ (PI controller) สำหรับการออกแบบฟัซซี่ลอจิกจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็ว (Speed error) และอัตราการเปลี่ยนแปลงของความคลาดเคลื่อนของความเร็ว (Speed error change)



ภาพประกอบ 1-17 โมเดลของมอเตอร์กระแสตรง (DC motor model)

(ที่มา : Seda Aydemir, Serkan Sezen, H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”.

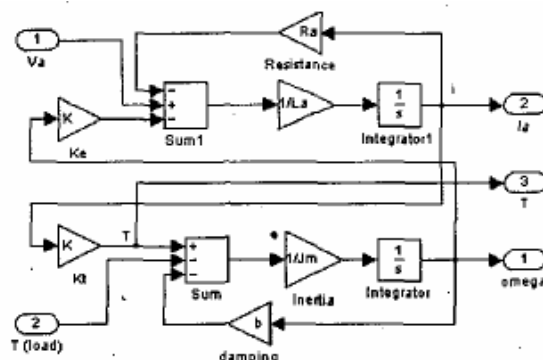
IEEE control magazine 2004. pp.766-771)

จากโมเดลของมอเตอร์กระแสตรง (DC motor model) แสดงดังภาพประกอบ 1-17 สามารถเขียนสมการเขียนสมการทางกล (Mechanical Equation) และสมการทางไฟฟ้า (Electronical Equation) ดังสมการ (1-5) และ (1-6) ตามลำดับ

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} = K_m \phi I_a - b\omega - M_{load} \quad (1-5)$$

$$L_a \frac{dI_a}{dt} = V_a - R_a I_a - K_b \phi \omega \quad (1-6)$$

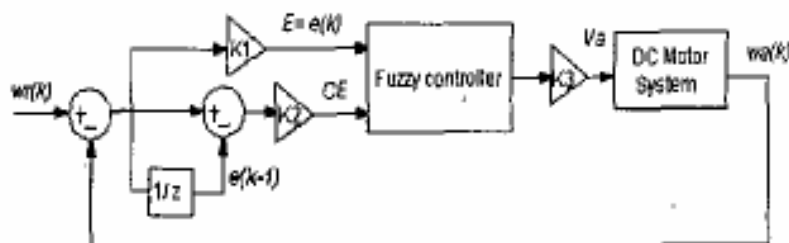
จากสมการ (1-5) และ (1-6) สามารถเขียนโมเดลของมอเตอร์กระแสตรงสำหรับการ Simulate ด้วยโปรแกรม MATLAB แสดงดังภาพประกอบ 1-18



ภาพประกอบ 1-18 โมเดล MATLAB/Simulink ของมอเตอร์กระแสตรง

(ที่มา : Seda Aydemir, Serkan Sezen and H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”. IEEE control magazine 2004. pp.766-771)

กระบวนการการออกแบบฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการทำฟัซซี่ฟิเคชัน (Fuzzification) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกฎของฟัซซี่ลอจิก (Rule base) แต่ก่อนที่จะนำสัญญาณไปขับระบบจริงนั้นต้องทำดีฟัซซี่ฟิเคชัน (Defuzzification) ก่อน สำหรับ Block diagram ของการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง แสดงดังภาพประกอบ 1-19

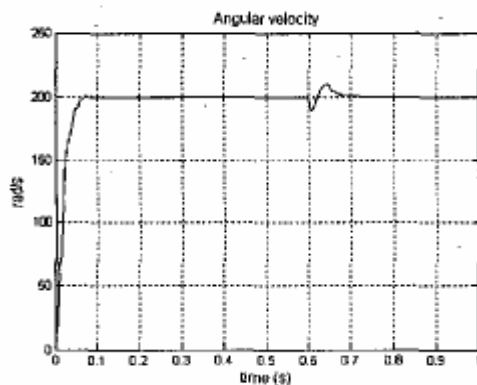


ภาพประกอบ 1-19 Block diagram ของการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

(ที่มา : Seda Aydemir, Serkan Sezen and H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”. IEEE control magazine 2004. pp.766-771)

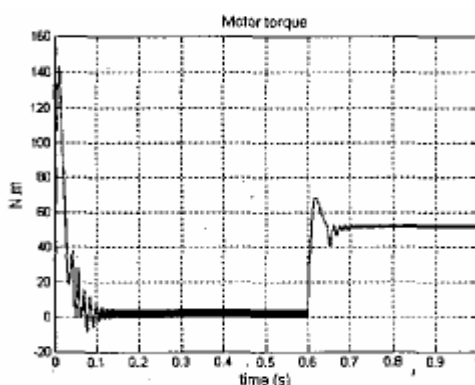
การทำ Simulation ใช้พารามิเตอร์ (Parameters) ได้แก่ Ra 0.5 โอห์ม, La 0.003 เฮนรี Jm 0.0167 Kg.m²/s², K=Ke=Kt 0.8 Nm/A, b 0.0167 Nm.s

ผลการทำ Simulation โดยการเพิ่มภาระ (Load) ให้กับระบบในช่วงเวลาวินาทีที่ 0.6 โดยกราฟแสดงผลการตอบสนองของระบบ แสดงดังภาพประกอบ 1-20 และภาพประกอบ 1-21



ภาพประกอบ 1-20 ผลตอบสนองความเร็วเชิงมุมของระบบ

(ที่มา : Seda Aydemir, Serkan Sezen and H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”. IEEE control magazine 2004. pp.766-771)



ภาพประกอบ 1-21 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแรงบิด (Torque) ของมอเตอร์

(ที่มา : Seda Aydemir, Serkan Sezen and H.Metin Ertunc. “Fuzzy logic speed control of DC motor”. IEEE control magazine 2004. pp.766-771)

สรุปผลการทำ Simulation พบว่า การควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ใช้ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy logic controller) ในการควบคุมระบบจะให้ประสิทธิภาพที่ดีมากเมื่อเทียบกับการควบคุมแบบพีไอ (PI control) ในการทดลองนี้ระบบการตอบสนองในกรณีการควบคุมด้วยพีไอ (PI controller) นั้นให้ผลตอบสนองไม่ดีเท่าที่ควรแต่สามารถทำให้ผลตอบสนองที่ดีขึ้น โดยการเพิ่ม-ลดค่า Gain ของ K_i และ K_p แต่สำหรับการทดลองนี้ไม่ได้ปรับเปลี่ยนค่า เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบที่ใช้ค่าจริงของ Gain ของ K_i และ K_p ที่ออกแบบได้

จากการตรวจสอบเอกสารทั้งหมดพบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนของระบบที่ควบคุมด้วยฟuzzyลอจิก พีไอ (PI Control) หรือ พีไอดี (PID Control) เป็นต้น นั้นพบว่าระบบควบคุมฟuzzyลอจิกมีประสิทธิภาพในการเข้าสู่เป้าหมายที่ดีที่สุด มีการเคลื่อนที่ที่ราบเรียบ และสามารถพัฒนา ระบบให้ดีขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนกฎการควบคุมของฟuzzy ซึ่งยืนยันได้จากผลการทดลองและสรุปผลในแต่ละงานวิจัย

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกระบบฟuzzyลอจิกมาประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมตำแหน่งหลายจุดสำหรับเตียงกายภาพบำบัด โดยพัฒนาให้การเคลื่อนที่ของแต่ละส่วนของเตียงเคลื่อนที่ได้ราบเรียบและเข้าสู่เป้าหมายได้ดีที่สุด อีกทั้งยังพัฒนาให้แต่ละส่วนของเตียงกายภาพบำบัดเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมายโดยใช้เวลาที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดเพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของผู้ป่วยไม่ให้ก้างเกินขอบเขตซึ่งอาจเกิดอันตรายต่อผู้ป่วยได้ ข้อดีของการใช้ระบบควบคุมฟuzzyลอจิก (Fuzzy Logic Controller) กับเตียงกายภาพบำบัด คือสามารถใช้กับระบบที่ซับซ้อน และไม่เป็นเชิงเส้นได้ ไม่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่งยาก สามารถหาความเหมาะสมในการควบคุมระบบได้ สามารถตัดสินใจต่อสถานการณ์ใดๆ โดยอาศัยเพียงคณิตศาสตร์ง่ายๆ เป็นต้น

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.3.1 พัฒนาเตียงกายภาพบำบัด (Electric Postural drainage table) ให้มีประสิทธิภาพในด้านความแม่นยำ ระบบความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน โดยสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันเลือกทำได้ 30 ฟังก์ชัน และสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมแต่ละส่วน (Section) เพื่อความเหมาะสมกับคนไข้แต่ละคนได้

1.3.2 นำความรู้ทางด้านการควบคุมตำแหน่ง (Position control) มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมการปรับเปลี่ยนมุมของเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ได้

1.3.3 นำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ เช่น การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232 Port) และการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยใช้ Dynamic data exchange (DDE) ประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมเตียงกายภาพบำบัดแบบไฟฟ้า (Electric postural drainage table) ที่ออกแบบได้

1.3.4 ลดการนำเข้าเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่มีราคาสูง

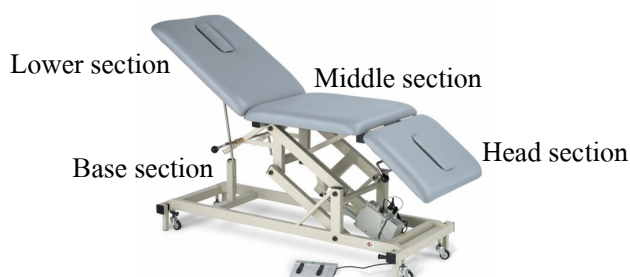
1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมตำแหน่ง (Position control) ที่เหมาะสมสำหรับเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่มีการปรับมุมได้ทั้ง 3 ส่วน (Sections) คือ ส่วนหัว (Head-section), ส่วนกลาง (Middle-section) และส่วนล่าง (Lower-section) รายละเอียดส่วนประกอบเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) แสดงดังภาพประกอบ 1-22

1.4.2 ออกแบบและพัฒนา ระบบควบคุมตำแหน่ง (Position control) ที่เหมาะสมสำหรับเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่สามารถปรับระดับความสูง-ต่ำของเตียงได้

1.4.3 ออกแบบและพัฒนาเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ให้มีความแม่นยำในการระบุมุมผิดพลาดได้ไม่เกิน 1 องศา และมีระบบความปลอดภัยที่ดี

1.4.4 สร้างระบบควบคุมการทำงานของเตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถเรียกใช้ฟังก์ชันเลือกท่าได้ 30 ฟังก์ชัน และสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมแต่ละ Section เพื่อความเหมาะสมกับคนไข้แต่ละคนได้



ภาพประกอบ 1-22 ส่วนประกอบของเตียงกายภาพบำบัด

(ที่มา : <http://nexternal.com>)

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

1.5.1 เลือกต้นแบบของเตียง เลือกระบบต้นกำลัง และเลือกระบบควบคุม

1.5.2 กำหนดโครงสร้างทั้งหมด

1.5.3 ออกแบบมาตรฐานด้วยโปรแกรมออกแบบ 3 มิติ Solid Edge

1.5.4 สั่งประกอบโครงสร้าง

1.5.5 เลือกบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ และตั้งชื่อ

1.5.6 ออกแบบและสร้างระบบเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์

1.5.7 ออกแบบและสร้างตัวตรวจรู้ (Sensor)

- 1.5.8 ออกแบบและสร้างสกรูกำลัง (Power screw)
- 1.5.9 ออกแบบและเลือกซื้อมอเตอร์
- 1.5.10 ออกแบบและสร้างวงจรถับ (Driver)
- 1.5.11 ออกแบบและสร้างวงจรมอเตอร์ไฟฟ้า (Power supply) 12 / 24 โวลต์
- 1.5.12 ประกอบชุดมอเตอร์และชุดสกรูกำลัง (Power screw) เข้ากับตัวโครงสร้างเตียง
- 1.5.13 ออกแบบตัวควบคุมฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic control)
- 1.5.14 เขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (ARM-7)
- 1.5.15 เขียนโปรแกรมสั่งการไมโครคอนโทรลเลอร์ (ARM-7) ด้วยโปรแกรม LabVIEW
- 1.5.16 ทดสอบและแก้ไขระบบ
- 1.5.17 ทำการทดลองระบบ
- 1.5.18 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 เจริญอุตสาหกรรม

- 1) ได้เตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมทำให้มีความสะดวกในการทำงานมากขึ้น
- 2) ได้เตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่มีความแม่นยำในการวัดมุม และมีความปลอดภัย
- 3) ได้เตียงกายภาพบำบัด (Electric postural drainage table) ที่มีฟังก์ชันเลือกทำได้ 30 ฟังก์ชัน และสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของมุมแต่ละส่วน (Section) เพื่อความเหมาะสมกับคนไข้แต่ละคน
- 4) ลดการนำเข้าเตียงกายภาพบำบัดที่มีราคาสูงได้

1.6.2 เจริญการศึกษา

- 1) ทำให้เกิดความรู้ใหม่ที่สามารถออกแบบอุปกรณ์ทางการแพทย์และพัฒนาให้มีความสะดวกในการทำงานมากยิ่งขึ้น
- 2) ทำให้สามารถสร้างนักวิจัยใหม่ได้อย่างมีคุณภาพ
- 3) ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้และทักษะในด้าน การออกแบบโครงสร้าง, การออกแบบระบบขับเคลื่อน, การออกแบบระบบควบคุมโดยการสั่งงานผ่านคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

- 4) ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดทำทางเพื่อระบายเสมหะสำหรับผู้ป่วย
- 5) เป็นจุดเริ่มต้นในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ทางการแพทย์ให้ง่ายต่อการใช้งานและมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

1.6.3 เซึ่งการรักษาพยาบาล

- 1) ใช้ประโยชน์ในการทำกายภาพบำบัดสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรกระบบทางเดินหายใจที่มีเสมหะมาก
- 2) มีความแม่นยำในการระบุนุ่มแต่ละส่วน (Section) ส่งผลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 3) มีระบบความปลอดภัยที่ดี เพื่อป้องกันตัวผู้รับการบำบัดพลัดตกจากเตียง
- 4) ช่วยทำให้นักกายภาพบำบัดทำงานได้ง่ายขึ้น