

การสอบเทียบวาล์วชนิดพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิกด้วยวิธีเครือข่ายใยสมอง Calibration of Hydraulic Proportional Valve using Neural Network

ทวีศักดิ์ ปิยะพัฒน์¹

อนุรัตน์ พิณโสภณ²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

² Email: kpunnat@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การสึกหรอและการรั่วเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียความแม่นยำในการควบคุมของระบบไฮดรอลิก ความสัมพันธ์ของอัตราการไหล (หรือความเร็วกระบอกสูบ) และค่าแรงดันไฟฟ้าของวาล์วไฮดรอลิกชนิดพรอพอร์ชันนัลมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น ความสัมพันธ์นี้มีการเปลี่ยนแปลงตามการสึกหรอและการรั่ว การวิจัยนี้ได้นำเสนอการสอบเทียบวาล์วไฮดรอลิกชนิดพรอพอร์ชันนัลโดยใช้เครือข่ายใยสมองชนิดซีแมค (Cerebellar model articulation controller) ในการเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การสอบเทียบวาล์วด้วยเครือข่ายใยสมองชนิดซีแมคนั้นให้ผลตอบสนองที่ดีตั้งแต่การเรียนรู้เพียงไม่กี่รอบ และให้ผลดียิ่งขึ้นหลังจากการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น ซีแมคสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าของระบบไฮดรอลิกที่มีการจำลองการรั่วได้อย่างรวดเร็วด้วยการเรียนรู้เพียง 6 รอบ

Abstract

Wears and leaks are the main reasons for the loss of control accuracy in hydraulic systems. The relationship of the flow-rate (or cylinder speed) and the input voltage of a hydraulic proportional valve is nonlinear, and changes with wears and leaks. This research presents the calibration of hydraulic proportional valve using neural network. Cerebellar model articulation controller (CMAC) was used to learn such relationship. The experimental results proved that CMAC yielded a good value calibration even after being trained for a few cycles, and yielded a better result after more training. Moreover, CMAC could calibrate a leaked valve, and gave a good result after only six cycles of training.

คำสำคัญ: เครือข่ายใยสมอง ซีแมค วาล์วชนิดพรอพอร์ชันนัล การสอบเทียบวาล์ว

Keywords: Neural network, CMAC, Proportional valve, Valve Calibration

1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมการใช้งานระบบไฮดรอลิกเป็นไปอย่างกว้างขวางเนื่องจากข้อดีของระบบไฮดรอลิกคือ ความทนทานในการใช้งานหนัก เป็นระยะเวลาต่อเนื่องโดยปราศจากความเสียหาย ความสะดวกในการถ่ายทอดกำลังโดยสายไฮดรอลิก การเคลื่อนที่ของไฮดรอลิกมีความแข็งแรงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่น อัตราส่วนระหว่างขนาดต่อกำลังที่ได้มีขนาดเล็กกว่าระบบอื่น และระบบไฮดรอลิกมีประสิทธิภาพในการระบายความร้อนได้ดีกว่าระบบอื่น คือสามารถระบายความร้อนออกจากระบบโดยน้ำมันไฮดรอลิกเอง การใช้งานระบบไฮดรอลิกที่ต้องการควบคุมความเร็วการทำงานจำเป็นต้องใช้วาล์วควบคุมประเภทพรอพอร์ชันนัล หลังจากการใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง จะเกิดการทรุดโทรมขึ้นกับอุปกรณ์ไฮดรอลิกเช่นอาจเกิดการสึกหรอของก้านวาล์ว เสื่อวาล์ว หรือเกิดความล้าขึ้นกับสปริงในวาล์ว รวมทั้งวาล์วอาจจะมีการรั่วซึม มอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วรอบที่ลดลงเนื่องจากความเสียดทานที่เพิ่มขึ้น ซีลที่เพลาปั๊มเกิดการสึกหรอและรั่วและสิ่งสกปรกที่อุดตันของตัวกรองน้ำมันที่ทอดูด จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและอัตราการไหลของวาล์วของระบบเปลี่ยนไปทำให้สูญเสียความแม่นยำในการควบคุม

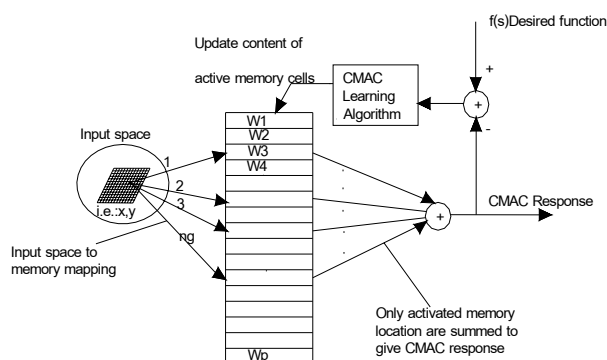
การวิจัยที่ผ่านมาในอดีตของระบบไฮดรอลิกได้มีงานเกี่ยวกับการสอบเทียบวาล์ว หรือการปรับปรุงความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟฟ้าป้อนเข้า และอัตราการไหลของวาล์วอยู่หลายงานวิจัยไม่ว่าจะเป็นการสอบเทียบวาล์ว โดยใช้เครือข่ายใยสมองชนิด Nodal link perceptron network (NLPN) [1] หรือชนิด Fuzzy logic [2] การสอบเทียบวาล์วด้วยสองวิธีข้างต้นให้ผลที่ดี แต่เครือข่ายใยสมองชนิด (NLPN) ใช้เวลาในการสอบเทียบวาล์วค่อนข้างนาน และการสอบเทียบวาล์วด้วย Fuzzy logic นั้นกระทำได้ยากเนื่องจากต้องใช้ความชำนาญในการกำหนดเงื่อนไขและกฎการควบคุม Fuzzy การสอบเทียบวาล์วโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสม (Optimum design) [3] ให้ผลการสอบเทียบที่ดีแต่การสอบเทียบวาล์วด้วยวิธีนี้ ต้องทำการวัดการเคลื่อนที่ของวาล์วด้วย LVDT (Linear Variable Differential Transformers) การสอบเทียบด้วยวิธีนี้จึงอาจจะกระทำได้ยากในการประยุกต์ใช้งานจริง การวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการสอบเทียบวาล์วด้วยวิธีเครือข่ายใยสมองชนิดซีแมคความสามารถของซีแมคได้รับการพิสูจน์จากหลายงานวิจัยก่อนหน้านี้ว่า

สามารถที่จะเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วกว่าเครือข่ายสมองชนิดอื่นๆ และยังใช้เนื้อที่ของหน่วยความจำไม่มากด้วย [4, 5] ในการวิจัยนี้ซีแมคจะถูกใช้ในการสอบเทียบวาล์วชนิดพอร์ซันัลควบคุมทิศทางในกรณีปกติและกรณีที่มีการจำลองการรั่ว

2. CMAC Neural Network

เครือข่ายไซมอม (Neural network) เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาเพื่อเลียนแบบกลวิธีการประมวลผลของเซลล์ประสาทในสมอง เพื่อนำมาใช้ในการจัดการกับปัญหาที่ไม่ต้องการขบวนการนิยามที่เด่นชัดเหมือนกับปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั่วไป ในทางตรงกันข้ามการแก้ปัญหาจะใช้วิธีการเรียนรู้และรวบรวมข้อมูลของตัวอย่างปัญหา รวมทั้งคำตอบของปัญหานั้นๆ ไว้ในฐานะข้อมูลของระบบ และระบบจะพยายามปรับปรุงความรู้ภายในเพื่อให้สามารถหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับตัวอย่างที่ได้เคยเรียนรู้

ในการวิจัยนี้ได้ใช้เครือข่ายไซมอมชนิดซีแมค [6] ที่มีจุดเด่นคือการเรียนรู้เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและประหยัดหน่วยความจำ เหตุผลคือซีแมคจะมีการเรียนรู้เฉพาะเซลล์ที่ถูกกระตุ้นและตำแหน่งของข้อมูลป้อนเข้าที่ใกล้เคียงกันจะมีหน่วยความจำที่ใช้ร่วมกัน การทำงานของซีแมคสามารถอธิบายได้โดยย่อด้วยแผนภาพ (รูปที่ 1.) และขั้นตอนการทำงานข้างล่าง



รูปที่ 1. แผนภาพแสดงการทำงานของเครือข่ายไซมอมชนิดซีแมค

1. สุ่ม (sample) ข้อมูลป้อนเข้าซีแมคซึ่งอาจจะประกอบด้วยคำสั่งการทำงานและข้อมูลป้อนกลับซึ่งแสดงการทำงานของระบบ

2. คำนวณหาตำแหน่งของหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นตามแต่ละข้อมูลป้อนเข้าที่รับเข้ามา จำนวนหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นทั้งหมดเรียกว่า generalization size หรือ ng ข้อมูลที่รับเข้ามาที่มีลักษณะคล้ายกันจะกระตุ้นหน่วยความจำที่ใกล้เคียงกัน และอาจมีการใช้หน่วยความจำร่วมกันด้วยวิธีนี้ทำให้ขนาดของหน่วยความจำทั้งหมดที่ใช้มีขนาดไม่มาก และทำให้การเรียนรู้ของซีแมคเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

3. คำนวณผลตอบสนองที่ได้จากซีแมคโดยรวมข้อมูลของหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นทั้งหมด

4. ปรับปรุงหน่วยความจำ โดยจะปรับปรุงหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น

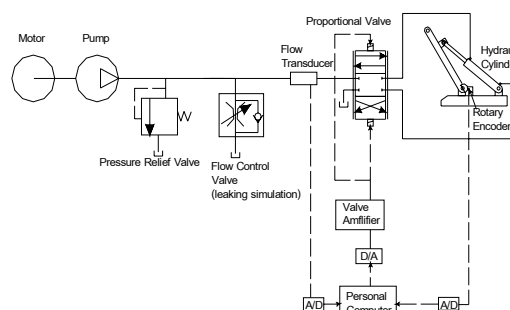
5. การเรียนรู้จะมีการทำซ้ำจนกระทั่งอยู่ในเกณฑ์ของความแม่นยำ

3. ผลการทดลอง

รูปของชุดทดลองที่ใช้ในการวิจัยแสดงได้ในรูปที่ 2. รูปที่ 3. แสดงแผนภาพการทำงานของชุดทดลอง อัตราการไหลของน้ำมันจากปั๊มไปยังกระบอกสูบสามารถวัดได้จากอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ความเร็วกระบอกสูบหรือความเร็วเชิงมุมของแขนกลสามารถวัดได้จาก Rotary Encoder ที่ติดตั้งที่ฐานของแขนกล การจำลองการรั่วของวาล์วควบคุมทิศทางชนิดพอร์ซันัลสามารถกระทำได้จากการปิดเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลทิศทางเดียว (Flow control valve) โดยจะเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหล เมื่อต้องการจำลองการรั่วของวาล์วควบคุมทิศทาง



รูปที่ 2. ภาพการประกอบชุดอุปกรณ์ของโครงการ

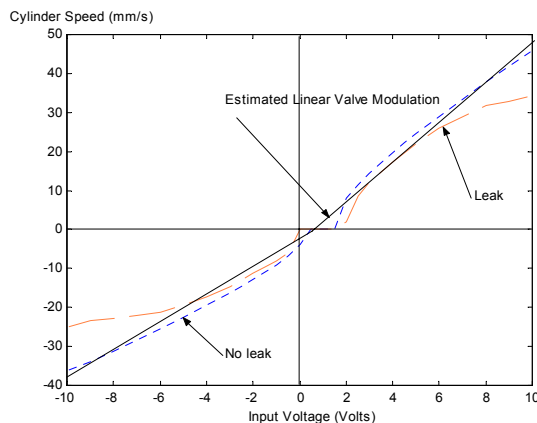


รูปที่ 3. แผนภาพแสดงการทำงานของชุดทดลอง

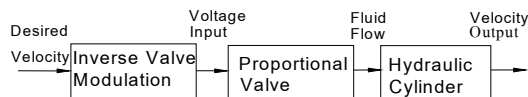
รูปที่ 4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและความเร็วของกระบอกสูบหรือที่เรียกว่า Valve Modulation การทดลองหาความสัมพันธ์นี้โดยปรับแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วที่ละค่าจาก -10V. ถึง +10V. และทำการวัดอัตราการไหลซึ่งจะคำนวณเป็นความเร็วกระบอกสูบ ที่แต่ละค่าของแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์ว ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์ว และความเร็วกระบอกสูบในกรณีปกติที่ไม่ได้จำลองการรั่วที่ได้จากการทดลองแสดงดังเส้นจุดของรูปที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วและความเร็วกระบอกสูบในกรณีที่มีการจำลองการรั่วแสดงดังเส้นประของรูปที่ 4. ในการประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปความสัมพันธ์ดังกล่าวจะถูก

ประมาณให้เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นเพื่อให้ง่ายในโปรแกรมการควบคุม ความสัมพันธ์เชิงเส้นดังกล่าวแสดงดังเส้นทึบในรูปที่ 4.

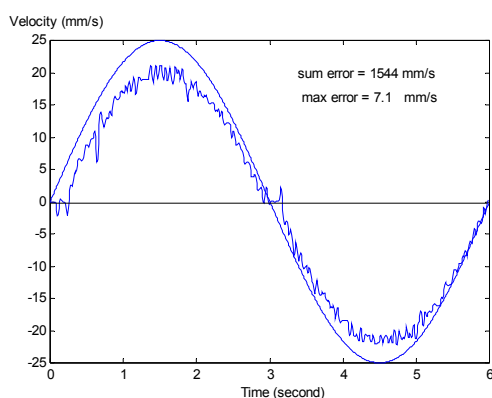
รูปที่ 5. แสดงแผนภาพการควบคุมระบบเปิดของระบบไฮดรอลิก คำสั่งความเร็วสั่งงานจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกสูบและแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าซึ่งเป็นส่วนกลับของความสัมพันธ์ที่แสดงในรูปที่ 4. ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกสูบและแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าจึงมักถูกเรียกว่า Inverse valve modulation สัญญาณที่ออกจาก Inverse valve modulation เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าสู่วาล์ว



รูปที่ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและความเร็วกระบอกสูบที่ได้จากการทดลอง และการประมาณด้วยสมการเชิงเส้น



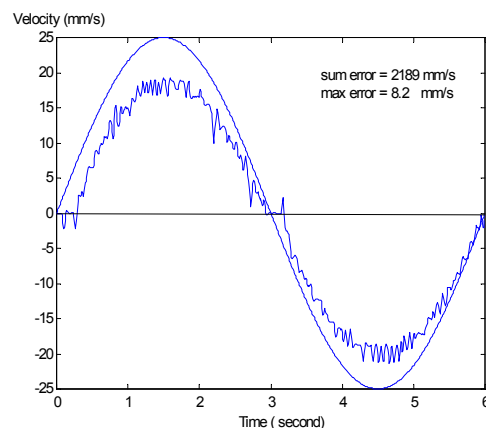
รูปที่ 5. แผนภาพแสดงการควบคุมในระบบเปิดของระบบไฮดรอลิก



รูปที่ 6. ผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ Inverse Valve Modulation เชิงเส้นในระบบเปิดกรณีปกติ

ผลการทดลองทั้งหมดที่แสดงในบทความนี้ ได้จากการทดลองควบคุมแบบระบบเปิด (รูป 5) การทดลองเบื้องต้นได้ใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเร็วกระบอกสูบและแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าสำหรับการ

คำนวณ Inverse Valve Modulation (รูป 5) ความเร็วสั่งงานเป็นสัญญาณ Harmonic มีค่าสูงสุด 25 mm/s ความถี่ 1/6 Hz. รูปที่ 6. แสดงผลตอบสนองของความเร็วของระบบเปิดจากการใช้ Inverse Valve Modulation เชิงเส้นในกรณีปกติ มีผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนคือ 1544 mm/s และค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือ 7.1 mm/s รูปที่ 7. แสดงผลตอบสนองความเร็วของระบบเปิดจากการใช้ Inverse Valve Modulation เชิงเส้นในกรณีที่มีการจำลองการรั่วในระบบโดยการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหล ผลการทดลองผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นเป็น 2189 mm/s และค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดคือ 8.2 mm/s



รูปที่ 7. ผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ Inverse Valve Modulation เชิงเส้นในระบบเปิดกรณีที่มีการจำลองการรั่ว

การทดลองที่ได้จากการใช้ Inverse Valve Modulation เชิงเส้นจะถูกเปรียบเทียบกับการใช้ Inverse Valve Modulation ที่ได้จากการเรียนรู้ความสัมพันธ์ดังกล่าวด้วยซีแมค การเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า และความเร็วของกระบอกสูบของซีแมคเป็นไปตามรูปที่ 1 และมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลป้อนเข้าสำหรับการฝึกซีแมคมีเพียงข้อมูลเดียวคือ ค่าความเร็วสั่งงาน ความเร็วสั่งงานจะถูกสุ่มที่ความถี่ 100 Hz สัญญาณความเร็วสั่งงานจะเป็นสัญญาณ Harmonic ที่มีความเร็วสูงสุด 40 mm/s ความถี่ 1/6 Hz ดังนั้นในหนึ่งรอบสัญญาณสั่งงานจะมีการสุ่มความเร็วสำหรับการฝึก 600 ครั้ง

2. หาค่าตำแหน่งของหน่วยความจำแต่ละการสุ่มข้อมูลป้อนเข้าโดย Mapping Function จำนวนหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นในแต่ละ ครั้ง (ng) เท่ากับ 5 ตำแหน่ง และจำนวนหน่วยความจำทั้งหมดที่ใช้เท่ากับ 33 ตำแหน่ง ซึ่งในการสร้างตารางซีแมค ในโปรแกรมควบคุมได้กำหนดให้ใช้ตัวแปรชนิด Long Integer ในการสร้างตาราง ดังนั้นเนื้อที่ทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างตารางของซีแมคมีค่าเท่ากับ 132 ไบต์ และการหาค่าตำแหน่งหน่วยความจำกระทำโดยสมการที่ (1)

$$Id = \frac{Vd - Vd \max}{Vd \max - Vd \min} n_v \quad (1)$$

โดยที่ V_d ความเร็วสั่งงานที่ถูกส่ง V_{dmax} และ V_{dmin} คือค่าความเร็วกระบอกสูบสูงสุดและต่ำสุด n_v คือจำนวนหน่วยความจำ และ I_d คือตำแหน่งหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้นด้วย V_d

3. ผลตอบสนองจากซีแมคคือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ควบคุมวาล์วและมีค่าเท่ากับผลรวมของหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้น

$$U_{cmac}(k) = \sum_{i=1}^{ng} W_i(k) \quad (2)$$

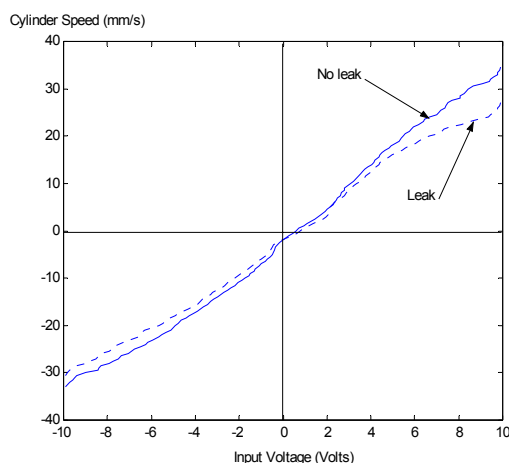
โดยที่ $U_{cmac}(k)$ คือผลตอบสนองจากซีแมคและ $W_i(k)$ คือข้อมูลของหน่วยความจำที่ถูกกระตุ้น

4. ปรับปรุงข้อมูลในหน่วยความจำด้วย สมการการเรียนรู้ของค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วระหว่างความเร็วสั่งงานและความเร็วกระบอกสูบทำงานขณะเวลาสุ่มข้อมูลครั้งนั้น

$$W_i(k) = W_i(k) + (\delta \times \text{error}) \quad (3)$$

โดยทำการปรับปรุงตำแหน่งข้อมูลจาก $i=1$ จนถึง $i=5$ (ng) δ คือค่าอัตราการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 0.1 และ error คือค่าคลาดเคลื่อนของความเร็วกระบอกสูบระหว่างความเร็วสั่งงานและความเร็วกระบอกสูบที่วัดได้จาก Rotary Encoder ขณะเวลาสุ่มข้อมูลครั้งนั้น

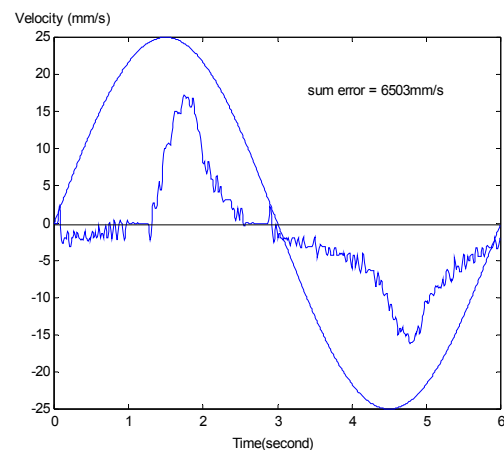
รูปที่ 8. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกระบอกสูบและแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วจากการเรียนรู้ด้วยซีแมค โดยเส้นทึบแสดง CMAC Valve Modulation จากการเรียนรู้ระบบไฮดรอลิกที่ไม่มีการจำลองการรั่วโดยฝึกซีแมคด้วยความเร็วสั่งงานทั้งหมดสิบรอบสัญญาณเส้นจุดคือ CMAC Valve Modulation จากการเรียนรู้ระบบไฮดรอลิกที่มีการจำลองการรั่วด้วยวาล์วควบคุมอัตราการไหล โดยจะฝึกซีแมคจากตารางที่ได้รับการฝึกในกรณีที่ไม่มีการจำลองการรั่วและฝึกเพิ่มขึ้นอีกหกรอบสัญญาณสั่งงาน



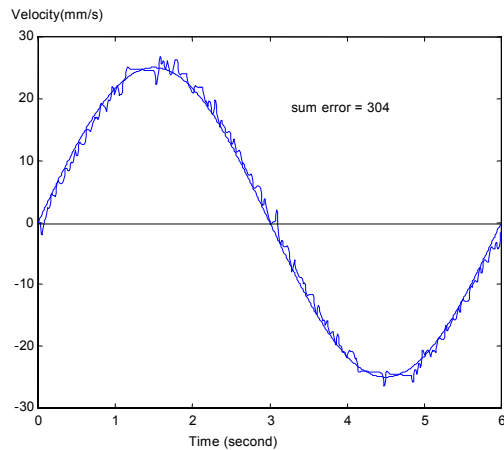
รูปที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและความเร็วกระบอกสูบที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยเครือข่ายสมอชดเชยซีแมค

การหาผลตอบสนองของความเร็วจากการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าและความเร็วกระบอกสูบที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยเครือข่ายสมอชดเชยซีแมค กระทำในระบบเปิดที่มีความเร็วสั่งงานเป็นสัญญาณ Harmonic มีค่าความเร็วสูงสุด 25 mm/s ความถี่ 1/6 Hz. แสดงในรูป 9. ถึง รูป 12. รูปที่ 9. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation จากการเรียนรู้สัญญาณความเร็วสั่งงานรอบแรกของระบบไฮดรอลิกที่ไม่มีการจำลองการรั่ว ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6503 mm/s รูปที่ 10. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation หลังจากการเรียนรู้สัญญาณความเร็วสั่งงานรอบสิบของระบบไฮดรอลิกที่ไม่มีการจำลองการรั่ว ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 304 mm/s

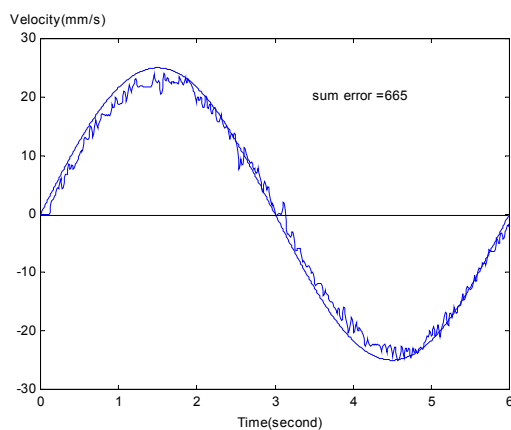
รูปที่ 11. แสดงผลตอบสนองความเร็วในระบบที่มีการจำลองการรั่วด้วยวาล์วควบคุมอัตราการไหล โดยใช้ CMAC Valve Modulation จากการเรียนรู้สัญญาณความเร็วสั่งงานรอบสิบของระบบไฮดรอลิกในกรณีที่ไม่มีจำลองการรั่ว ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 665 mm/s รูปที่ 12. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation จากตารางที่ได้รับการฝึกในกรณีที่ไม่มีจำลองการรั่วและฝึกเพิ่มขึ้นอีกหกรอบสัญญาณสั่งงาน ในระบบที่มีการจำลองการรั่วด้วย วาล์วควบคุมอัตราการไหล ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 330 mm/s จากผลการทดลองซีแมคสามรอบเรียนรู้และสอบเทียบวาล์วแล้วให้ผลตอบสนองที่ดีได้ภายในการฝึกสิบรอบสัญญาณ (รูป10) และถ้าระบบมีการรั่วเกิดขึ้น ซีแมคก็สามารถสอบเทียบวาล์วโดยปรับปรุงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของกระบอกสูบไฮดรอลิกและแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วเดิมได้จากการฝึกเพิ่มอีกหกรอบสัญญาณ (รูป12)



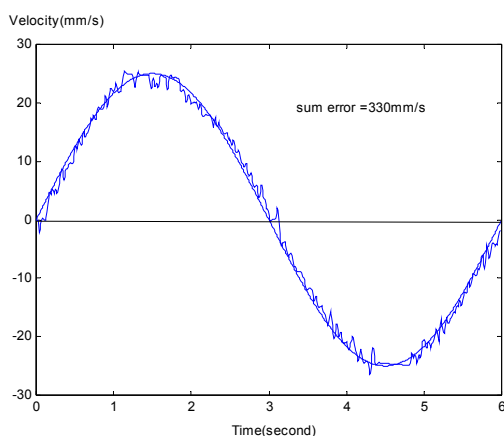
รูปที่ 9. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation ที่การเรียนรู้สัญญาณรอบที่หนึ่ง ในระบบเปิดกรณีปกติ



รูปที่ 10. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation ที่มีการเรียนรู้สัญญาณรอบที่สิบ ในระบบเปิดกรณีปกติ



รูปที่ 11. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation ที่มีการเรียนรู้สัญญาณรอบที่สิบในระบบเปิดกรณีที่มีการจำลองการรั่ว



รูปที่ 12. แสดงผลตอบสนองความเร็วที่ได้จากการใช้ CMAC Valve Modulation ที่มีการเรียนรู้สัญญาณเพิ่มรอบที่หกของการเรียนรู้เดิมในกรณีที่ไม่มีการจำลองการรั่ว ในระบบเปิด

4.สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการนำเสนอการสอบเทียบวาล์วด้วยการใช้เครือข่ายสมองชนิดซีแมคหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วและความเร็วกระบอกสูบอยู่ในรูปแบบตารางหน่วยความจำที่สะดวกในการปรับปรุงข้อมูลและสามารถใช้กับข้อมูลป้อนเข้าหลายตัวแปรได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าวาล์วและความเร็วกระบอกสูบแบบเชิงเส้น ซีแมคให้ผลตอบสนองที่ดีกว่ามากโดยเฉพาะที่การเรียนรู้สัญญาณรอบที่สิบ และความสามารถในการปรับปรุงความสัมพันธ์ หลังการจำลองการรั่วของระบบไฮดรอลิกอาศัยเพียงหกรอบ การเรียนรู้สัญญาณ สำหรับงานสอบเทียบวาล์วในอุตสาหกรรมสามารถนำซีแมคไปประยุกต์ใช้งานจริงสำหรับการสอบเทียบวาล์วในงานอุตสาหกรรม การสอบเทียบอาจจะทำได้โดยการกำหนดงานสอบเทียบใช้ในระบบงานบำรุงรักษา (Preventive Maintenance) ให้ทำการสอบเทียบวาล์วหลังจากทุกๆช่วงชั่วโมงการทำงานที่กำหนด และจากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ทำให้มั่นใจว่าซีแมคจะสามารถสอบเทียบวาล์วได้ภายในไม่กี่รอบคำสั่งทำงาน

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Sadegh , “A Multilayer Nodel Link Perceptron Network with Least Squares Training Algorithm”. Int. J. Control, 1998 Vol. 70, No 3,385404.
- [2] Barbara Nicocaus and Harro Kiendl, “Evolutionary Optimization of Industrial Hydraulic Valve with the help of a Fuzzy Performance-Index”, 10th Conference on Fuzzy Systems, December 2-5, 2001 Melbourne, Australia.
- [3] Greg Schoenau, Rich Burton and Alireza Ansarian, “Parameter estimation in a solenoid proportional valve using OLS and MLH techniques”, 5th International Conference on Fluid Power Transmission and Control (ICFP 2001) April 3 to April 5, 2001, Han, Zhou, China.
- [4] G.Larsen, S.Ku and S.Cetinkunt, “Low Speed Motion Experiments on a Single Point Diamond Turning Maching using CMAC Learning Control Algorithm”, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Vol. 119, pp.775-781 April 05, 1995.
- [5] W.Thomas Miller, H. Glanz and L.Gordon Kraft, “Application of a General Learning Algorithm to the Control of Robotic Manipulators”, The International Journal of Robotics Research, 1987.
- [6] J.S.ALBUS “A new approach to manipulator control:The cerebellar model articulation control(CMAC)”, Transaction of ASME, Vol. 97, pp. 220-227, 1975..