บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ในขณะทำการห้ามล้อ โดยเหยียบคันเหยียบห้ามล้อ และการห้ามล้อนั้นเข้าสู่เงื่อนไข อัตราลื่นไถลเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ (เท่ากับ 15%) ระบบ ABS จะทำงานโดยควบคุมลิ้นเข็มเซอร์โวให้ตัดวงจรไฮดรอลิก และควบคุมตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์สร้างความดัน ผลการตอบสนองความดันที่ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์สร้างขึ้นจะไม่ส่งผลต่อคันเหยียบห้ามล้อ (kickback)

2. การปิด-เปิดของลิ้นเข็มเซอร์โว สามารถทำงานได้อย่างแม่นยำ ไม่มีความคลาดเคลื่อน ในการทำงานลิ้นเข็มจะหมุน 2 รอบ ทั้งปิดและเปิด และมอเตอร์เซอร์โวจะหมุน 10 รอบ โดยมีชุดเกียร์ทด 1:5 ต่ออยู่ที่แกนลิ้นเข็มกับปลายเพลามอเตอร์เซอร์โว ระยะเวลาตอบสนองการทำงานของลิ้นเข็มเซอร์โว จะใช้เวลาไม่เกิน 0.4 วินาที

3. ในการสร้างความดัน ของตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ ผลการตอบสนองชั่วครู่จะกินเวลานานกว่า เมื่อเทียบกับการลดความดัน และช่วงเวลาการตอบสนองชั่วครู่จะนานมากขึ้นเมื่อต้องการสร้างความดันมาก ๆ จากนั้นเมื่อเข้าสู่การตอบสนองช่วงคงตัวจะมีการแกว่งตัวของการตอบสนองความดันเกิดขึ้น ซึ่งการแกว่งตัวนี้เป็นผลมาจากสัญญาณรบกวนภายนอก และความดันไฮดรอลิกในท่อที่กระเพื่อมตามจังหวะการทำงานของลูกสูบเคลื่อนที่ (plunger) ในตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์

4. การปรับค่าความดันเป้าหมาย ค่าเกนตัวควบคุมจะถูกปรับเปลี่ยนเช่นกัน ผลเนื่องจากตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์มีสมการคุณลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น ผลการปรับหาค่าเกนตัวควบคุม จึงได้จัดทำเป็นตารางค่าเกน (gain schedule) เพื่อให้ง่ายต่อการเขียน

โปรแกรมควบคุมดังกล่าว โดยค่าเกน Kp = 100 และค่า Ti เป็นค่า 4 เท่า ของค่า Td ที่ทุกความดัน สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน P กับค่า Td เป็นสมการดังนี้

$$Td = 250 \quad \text{โดยเงื่อนไข} \quad P > 9$$

$$Td = -250P + 2500 \quad \text{โดยเงื่อนไข} \quad 4 < P \leq 9$$

$$Td = -500P + 3500 \quad \text{โดยเงื่อนไข} \quad P \leq 4$$

5. ผลการตอบสนองคงตัวของอัตราลื่นไถล เมื่อระบบ ABS ทำงานยังอยู่ในขอบเขตการควบคุมการลื่นไถลที่ 5 - 20% โดยตั้งค่าอัตราลื่นไถลเป้าหมายไว้ที่ 12.5% จะมีการแกว่งตัวมาก และมีบางเวลาที่การตอบสนอง แกว่งตัวออกนอกขอบเขต เมื่อรับภาระน้ำหนักน้อย ๆ แต่การแกว่งตัวรวมทั้งการแกว่งตัวที่บางเวลาหลุดออกนอกขอบเขตจะลดลงด้วย เมื่อรับภาระน้ำหนักมากขึ้น และผลการตอบสนองคงตัวของความคลาดเคลื่อนอัตราลื่นไถลจะมีขอบเขตที่ ±7.5% สาเหตุที่มีการแกว่งตัวดังกล่าวมาจากการเลือกเอนโคดเดอร์มาเป็นอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วรอบของล้อ มีความละเอียดไม่พอเพียง ถึงแม้ว่าได้เพิ่มขยายสัญญาณเป็น 8.5 เท่าของการหมุนของล้อแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีค่ากระโดดขึ้น-ลง ไม่ราบเรียบ อีกทั้งยังมีความล่าช้าในการสร้างและลดความดัน ในตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ที่ส่งมายังคาลิเปอร์

6. ผลการตอบสนองชั่วครู่ของอัตราลื่นไถลเมื่อระบบ ABS ทำงาน จะมีอัตราลื่นไถลที่ 100% ในช่วงต้น เมื่อทดสอบรับภาระน้ำหนักน้อย และมีอัตราการลื่นไถลที่ไม่ถึง 100% อยู่ในราว 60% ในช่วงต้น เมื่อทดสอบรับภาระน้ำหนักมากถึง 600 กิโลกรัม จากผลที่กล่าวมาข้างต้นมาจากความล่าช้าของอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฮดรอลิก (ลิ้นเข็มเซอร์โว)

7. ผลการตอบสนองอัตราลื่นไถลเมื่อระบบ ABS ทำงานยังอยู่ในขอบเขตอัตราการลื่นไถล 5 - 20% และมีบ้างบางเวลาที่มีอัตราลื่นไถลออกนอกขอบเขต ในการควบคุมนี้ตั้งค่าอัตราลื่นไถลไว้ที่ 12.5% ค่าเกนตัวควบคุมที่ใช้ควบคุมระบบ ABS นี้ คือ ค่า

เกน Kp = 0.175 , Ti = 90,000 ไมโครวินาที และ Td = 22,500 ไมโครวินาที ทดสอบในการรับภาระน้ำหนักที่ 600 , 550 , 500 , 450 , 400 , 350 , และ 300 กิโลกรัม ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ระยะเวลาตอบสนองการทำงานของลิ้นเข็มเซอร์โว ขณะทำการตัดหรือต่อวงจรไฮดรอลิก สิ้นเปลืองราว 0.4 วินาที ผลของช่วงเวลาดังกล่าวส่งผลให้ล้อที่จะทำการควบคุม ให้มีอัตราลื่นไถลเพิ่มขึ้น อาจจะมีการลื่นไถลที่ 100% เมื่อรับภาระน้ำหนักน้อย และมีการลื่นไถลไม่ถึง 100% เมื่อรับภาระน้ำหนักมาก เนื่องจากลิ้นเข็มเซอร์โวมีคุณลักษณะที่จะต้องหมุนปิด-เปิด ถึง 2 รอบ และโมเมนต์แห่งความเฉื่อยที่มาจากอาเมเจอร์ของมอเตอร์เซอร์โวและชุดเกียร์ทดซึ่งทำจากเหล็ก อีกทั้งความฝืดที่แกนของลิ้นเข็มอีกด้วย ข้อเสนอแนะ ควรเลือกอุปกรณ์ตัดต่อไฮดรอลิกให้มีคุณลักษณะการทำงานที่ใช้เวลาตัดหรือต่อประมาณ 0.02 วินาที และต้องไม่รั่วซึมเมื่อเวลาผ่านไปการควบคุมอุปกรณ์ดังกล่าวให้เป็นแบบเปิด-ปิด (on-off control)

2. การตอบสนองช่วงคงตัวของตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ จะเห็นว่ามีการแกว่งตัวในการตอบสนองช่วงคงตัวเกิดขึ้น ข้อเสนอแนะ ลดการแกว่งในช่วงดังกล่าวจะต้องทำการลดสัญญาณรบกวนจากภายนอก โดยติดตั้งชุดกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (low pass filter) ไว้ที่สัญญาณออกของทรานสดิวเซอร์ความดันทั้ง 2 ชุด และการที่ติดตั้งทรานสดิวเซอร์ความดัน ไม่ควรไปต่อคร่อม (trap) ไว้ระหว่างท่อไฮดรอลิกโดยตรง ควรมีชุดกรองสัญญาณความดัน (pressure filter) ต่อไว้ก่อน กล่าวคือ ทรานสดิวเซอร์ความดัน ต่อกับชุดกรองสัญญาณความดัน และมาต่อคร่อมกับท่อไฮดรอลิกของวงจรห้ามล้อ เพื่อให้การแกว่งตัวหรือความดันกระเพื่อม ให้ลดน้อยลงหรือหมดไป

3. จากสมการคุณลักษณะของตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ มีความไม่เป็นเชิงเส้น การควบคุมต้องอาศัยตารางค่าเกน (gain schedule) เข้าช่วย ตัวกระตุ้นแบบโซลินอยด์ที่ออกแบบในงานวิทยานิพนธ์นี้ มีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก โดยใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 360 วัตต์ ความต่างศักย์ ±34 โวลต์ จึงไม่เหมาะสมที่ จะนำมาติดตั้งในรถยนต์ ข้อ

เสนอแนะ ควรออกแบบชุดสร้างความดันเสียใหม่ โดยใช้ปั๊มเยื้องศูนย์ สร้างความดันส่งเข้ามายังวงจรไฮดรอลิกตลอดเวลา เมื่อระบบ ABS ทำงาน และมีลิ้นควบคุมทำหน้าที่เหมือนกับตัวควบคุมแบบปรับความดัน (pressure regulation) คอยควบคุม การปรับความดัน ในวงจรไฮดรอลิกตลอดเวลาที่ระบบ ABS ทำงาน โครงสร้างของลิ้นควบคุมจะมีแกนถูกบากเป็นร่องเอียง ใจกลางแกนมีรูต่อถึงร่องบาก ใช้สำหรับส่งน้ำมันไฮดรอลิกกลับถังพัก และที่ปลอกสวมแกนจะทำเป็นช่องพอร์ท (port) ไว้ ซึ่งจะต่อออกไปถึงวงจรไฮดรอลิกที่ควบคุมการห้ามล้อ ทำการศึกษาถึงคุณลักษณะของร่องบาก ณ. ตำแหน่งต่าง ๆ และใช้มอเตอร์เซอร์โวขับแกนร่องบากให้หมุนที่ตำแหน่งใด ๆ เพื่อควบคุมความดันในวงจรไฮดรอลิก

4. ผลการตอบสนองอัตราการลื่นไถล อยู่ในช่วงการลื่นไถล 5 - 20% นั้นเป็นการทดสอบบนแบบจำลองที่ความเร็วการทดสอบคงที่ และสภาวะถนนแห้งเป็นผิวของลูกกลิ้งเหล็กประมาณขั้นความหยาบละเอียดของผิวลูกกลิ้งเหล็กอยู่ที่ N9 หรือ 6.3 ไมโครเมตร เท่านั้น และถ้าต้องการหาค่าเกนตัวควบคุม ณ.สภาวะอื่น ๆ ก็สามารถหาได้โดยใช้วิธีอัลทิเมท ไซเคิล เมื่อได้ค่าเกนตัวควบคุมทุกสภาวะแล้ว จัดทำเป็นตารางค่าเกน (gain schedule) และใช้ค่าแรงกดในแนวดิ่งกับค่าแรงกดหรือแรงดึงในแนวการเคลื่อนที่ของตัวรถ เป็นพารามิเตอร์ในการเลือกค่าเกนตัวควบคุมจากตารางค่าเกนโดยมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงเพิ่มอีก 2 อย่างคือ 1.อุปกรณ์วัดแรงในแนวดิ่ง ซึ่งจะทำการวัดแรงที่ล้อกระทำกับพื้นถนน ด้วยการวัดระยะการหยุ่นตัวของคอยล์สปริง หรือมุมบิดของทอร์ชั่นบาร์ 2. อุปกรณ์วัดแรงในแนวทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวรถ ซึ่งจะทำการวัดแรงดึงหรือแรงกดของเหล็กค้ำยัน หรือที่ปีกนกบน หรือปีกนกล่าง ก็ได้ ว่ามีปริมาณแรงห้ามล้อมากน้อยเท่าไหร่ที่เกิดจากยางล้อสัมผัสกับพื้นถนน ขณะระบบ ABS ทำงาน