บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ความเสียดทานที่เกิดขึ้นในเครื่องจักรกลเป็นอุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบอัตโนมัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบที่ต้องการความแม่นยำสูงทั้งในการควบคุมตำแหน่งของแขนหุ่นยนต์ เครื่องมือกลในระบบระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติก

คุณลักษณะของความเสียดทานมีการศึกษาอย่างแพร่หลายในวิชา Tribology ซึ่งเป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยการเสียดสีและผิวสัมผัส ความเสียดทานยังเป็นต้นเหตุสำคัญของปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนหลายๆ อย่าง (Brian and Pierre, 1993) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วสัมพัทธ์ต่ำมากๆ และในช่วงที่มีการกลับทิศทางของความเร็ว(Pierre and Eric, 1993) ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นจากแรงเสียดทานเช่น Coulomb and viscous friction, stribeck effect, memory effect pre-sliding displacement, hysteresis loop, stick-slip motion และ varying break-away force (Canudas al et.,1995) เหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ขาดเสถียรภาพ และลดประสิทธิภาพในระบบควบคุม ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับวิศวกรควบคุมที่จะต้องเข้าใจถึงคุณลักษณะของความเสียดทานเพื่อนำไปสู่การลดผลของความเสียดทาน และการนำคุณสมบัติของความเสียดทานไปใช้

ในวิทยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงความเสียดทานที่เกิดจากการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างสองผิวสัมผัส (Sliding Friction) ทำให้เกิดความเร็วสัมพัทธ์ต่อกัน ซึ่งเกิดขึ้นในเครื่องจักรกลหลายๆชนิดเช่น ในการขบกันระหว่างฟันเกียร์ ความเสียดทานที่เกิดขึ้นในแบริ่งแบบร่องลื่น หรือความเสียดทานที่เกิดจากลากวัตถุบนพื้นผิวที่มีความหยาบ

ความเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบทางกลทั่วไปเป็นปรากฏการณ์ไม่เชิงเส้นที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายปัจจัยเช่น ขนาดของภาระ (load) ที่กระทำต่อวัตถุและพื้นผิวเสียดทาน ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างพื้นผิวเสียดทาน ชนิดของสารหล่อลื่นระหว่างพื้นผิวเสียดทาน รวมไปถึงอุณหภูมิของสารหล่อลื่น

ระบบควบคุมโดยทั่วไปจะพิจารณาความเสียดทานเพียงส่วนที่มีลักษณะเป็นเชิงเส้นเช่น Coulomb Friction และ Viscous Friction ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการละเลยคุณสมบัติหรือปรากฏการณ์หลายๆอย่างของความเสียดทาน เป็นเหตุให้การควบคุมระบบที่ต้องการความ

แม่นยำสูง มีผลการควบคุมไม่ได้ดังที่ต้องการ หรืออาจทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบระบบควบคุม และอาจเป็นเหตุให้สูญเสียประสิทธิภาพบางส่วนในระบบควบคุมด้วย

ดังนั้นการลดผลของแรงเสียดทานที่มีต่อระบบจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบทางกลได้ให้มีประสิทธิภาพ ถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ดังที่นักวิจัยหลายๆ ท่านได้นำเสนอวิธีต่างๆ เช่น การเพิ่มอัตราขยายของตัวควบคุมแบบ PD เพื่อลดผลของ stick-slip motion (Pierre and Eric, 1993; Pierre, 1994) การใช้ Extended Kalman-Bucy filtering เพื่อหาค่าแรงเสียดทานในเวลาจริง และทำการชดเชยแรงเสียดทาน (Laura and Jennifer, 1998) การใช้ State-Space เพื่อประมาณค่าแรงเสียดทานในเวลาจริง (วัชระ เลิศพิริยะสุวัฒน์ และ รัชทิน จันทร์เจริญ, 2001) รวมไปถึงการป้อนสัญญาณ Dither เข้าสู่ระบบเพื่อลดผลกระทบบางส่วนที่เกิดจากความเสียดทานสถิตย์ (Susan and Haruhiko, 1995; รัชทิน จันทร์เจริญ และคณะ,2002) และการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแรงเสียดทานมาประมาณค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการชดเชยแก่ระบบ ดังที่นักวิจัยหลายๆ ท่านได้นำเสนอแบบจำลองความเสียดทานไว้มากมายเช่น State Variable friction model (Pierre and Eric, 1993) Dahl's model Bliman-Sorine model Lugre model (Karl, 1999) Seven Parameter model (Brian and Pierre, 1993) Time Delay model Coulomb Viscous friction(Pierre, 1994) เป็นต้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเสียดทานเป็นจุดมุ่งหมายหนึ่งที่จะทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับพฤติกรรม ปรากฏการณ์ของแรงเสียดทาน และยังทำให้สามารถทำนายความเป็นไปต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นจากแรงเสียดทานได้ โดยความรู้ความเข้าใจในสิ่งเหล่านี้จะนำมาซึ่งความสามารถในการสร้างระบบควบคุมที่แม่นยำยิ่งขึ้น

ในการที่จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ของความเสียดทานที่ซับซ้อนและแม่นยำได้นั้น จำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความเสียดทาน และทำความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดจากความเสียดทาน ซึ่งจะกล่าวต่อไป และเนื่องจากระบบทางกลทั่วไปจะแสดงปรากฏการณ์ของแรงเสียดทานเพียงบางส่วน ดังนั้นจึงไม่มีแบบจำลองแบบใดที่สามารถแสดงผลของแรงเสียดทานได้อย่างถูกต้องในทุกระบบ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการหาคุณลักษณะของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบจักรกลทั่วๆ ไป ที่มีเพียงข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากระบบคือ ข้อมูลตำแหน่งจากตัวอ่านตำแหน่งเชิงมุม (Encoder) และหาค่าโมเมนความเฉื่อยของระบบไปพร้อมๆ กับการหาค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบ และทำการศึกษาผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อพฤติกรรมของแรงเสียดทานในระบบทางกลโดยพิจารณาจากความสามารถในการลดค่าความผิดพลาดสุดท้ายที่เกิดขึ้นใน

ระบบควบคุมแบบปิด และศึกษาผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อพฤติกรรมของแรงเสียดทานจากระบบควบคุมแบบเปิด

ขั้นตอนในการคำนวณ จะต้องประกอบด้วยข้อมูลของความเร็วและความเร่งที่แม่นยำซึ่งได้จากการหาค่าอนุพันธ์ของข้อมูลของตำแหน่ง และเนื่องจากกรรมวิธีเชิงตัวเลขทั่วๆ ไปในการหาค่าอนุพันธ์จะมีคุณสมบัติในการขยายสัญญาณรบกวน ดังนั้นจึงได้นำเสนอกรรมวิธีเชิงตัวเลขที่สามารถลดผลของสัญญาณรบกวนที่มีต่อระบบได้ และจากวิธีที่นำเสนอนี้จะสามารถหาค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นจริงในระบบได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาถึงการหาค่าแรงเสียดทานในระบบทางกล
2. เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของแรงเสียดทาน และหาค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบหุ่นยนต์ CRS Robotics
3. เพื่อศึกษาแบบจำลองความเสียดทานที่สามารถแสดงผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อความเสียดทานได้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความเสียดทานแบบ Dahl's Model Lugre Model Coulomb Model State Variable Model และ The seven parameter Model เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและปรากฏการณ์ต่างๆ ที่แต่ละแบบจำลองสามารถแสดงผลได้
2. ศึกษาถึงรูปแบบของความเสียดทานที่เกิดขึ้นในแขนกล CRS Robotics
3. ศึกษาผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อระบบทั้งในการควบคุมแบบปิดและการควบคุมแบบเปิด
4. ศึกษาแบบจำลองความเสียดทานที่สามารถแสดงผลของสัญญาณความถี่สูง เพื่อให้ทราบถึงรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงเสียดทาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำวิธีการที่นำเสนอไปดัดแปลงใช้ในระบบจักรกลทั่วๆ ไปเพื่อประมาณค่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นจริงได้
2. ทราบถึงผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อระบบควบคุมได้
3. สามารถพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่แสดงผลของสัญญาณความถี่สูงและนำไปใช้ในการชดเชยแรงเสียดทานในระบบควบคุม

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาและรวบรวมผลการวิจัยเกี่ยวกับแบบจำลองความเสียดทาน ปรากฏการณ์ที่เกิดจากความเสียดทาน และความสามารถในการจำลองปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดจากความเสียดทานของแต่ละแบบจำลอง
2. ติดตั้งชุดทดลองระบบหุ่นยนต์ CRS Robotics โดยใช้ Matlab®-Simulink® xPC target ในการทำระบบควบคุม เก็บข้อมูล และประมวลผล
3. ทดสอบเพื่อหาพฤติกรรมของความเสียดทานที่เกิดขึ้นในชุดทดลอง และเปรียบเทียบกับแบบจำลองความเสียดทานที่มีอยู่
4. นำแบบจำลองของความเสียดทานที่เหมาะสมมาใช้ในการจำลองพฤติกรรมของความเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบหุ่นยนต์ CRS Robotics
5. ทดลองเพิ่มสัญญาณความถี่สูงรวมเข้ากับสัญญาณคำสั่ง เพื่อศึกษาผลของสัญญาณความถี่สูงที่มีต่อระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.6 ตารางการดำเนินงาน

ตารางที่1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลา (เดือน)					
	1-6	7-12	13-18	19-24	25-30	31-36
ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
กำหนดแนวทางในการแก้ปัญหา						
ออกแบบและพัฒนาชุดควบคุมที่ใช้ในการ ทดลอง						
พัฒนาแนวคิดและวิธีการในการแก้ปัญหา						
ทดสอบ วิเคราะห์และรวบรวมผล						
จัดทำวิทยานิพนธ์						

1.7 **สิ่งริเริ่มในงานวิจัย**

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วยงานวิจัยสามส่วนหลัก ประกอบด้วย ส่วนแรกคือ การศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความเสียดทานชนิดต่างๆ เป็นงานส่วนที่รวบรวมมาจากเอกสารรายงานการประชุมวิชาการต่างๆ ส่วนที่สองเป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจริงในระบบหุ่นยนต์ CRS Robotics รวมไปถึงการนำแบบจำลองความเสียดทานที่มีอยู่มาอธิบายถึงพฤติกรรมของความเสียดทานที่เกิดขึ้น และการหาค่าตัวแปรต่างๆในแบบจำลองความเสียดทานไปพร้อมๆ กับการหาค่าโมเมนความเฉื่อยของหุ่นยนต์ สำหรับส่วนที่สามเป็นการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองความเสียดทานที่สามารถแสดงผลของสัญญาณความถี่สูงที่ใส่เพิ่มเข้าสู่ระบบเพื่อลดผลของความเสียดทานที่ความเร็วต่ำ

สิ่งริเริ่มสำหรับงานวิจัยนี้ เริ่มในส่วนที่สอง เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของความเสียดทานในหุ่นยนต์ CRS Robotics ซึ่งจะต้องหาค่าแรงเสียดทานจากข้อมูลตำแหน่งที่วัดจาก Encoder และข้อมูลสัญญาณคำสั่ง

เนื่องจากการใช้กรรมวิธีเชิงตัวเลขในการหาค่าอนุพันธ์ของข้อมูลตำแหน่งนั้น มีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นมาก เพราะกรรมวิธีเชิงตัวเลขในการหาค่าอนุพันธ์มีคุณสมบัติในการขยายผลของสัญญาณรบกวน ทำให้ค่าความผิดพลาดที่ได้จากการหาอนุพันธ์มีค่าสูงขึ้นตาม

การหาค่าแรงเสียดทานให้ได้ผลอย่างแม่นยำ ต้องได้มีข้อมูลพื้นฐานที่แม่นยำเพียงพอ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการหาค่าอนุพันธ์ที่สามารถลดผลของสัญญาณรบกวนได้อย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัดเจน รวมไปถึงการหาค่าตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองความเสียดทานที่ต้องคำนวณไปพร้อมๆ กับค่าโมเมนความเฉื่อยของหุ่นยนต์ ซึ่งงานส่วนนี้ได้นำเสนอใน Third Asian Conference on Industrial Automation and Robotics ในเรื่อง “Determination of stick-slip friction characteristic in conjunction with a plant parameter”

สำหรับงานในส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแรงเสียดทานที่สามารถแสดงถึงค่าแรงเสียดทานของระบบได้อย่างถูกต้อง เมื่อมีสัญญาณความถี่สูงรวมกับสัญญาณคำสั่ง โดยการใส่สัญญาณความถี่สูงเข้าสู่ระบบนี้ มีจุดประสงค์หลักเพื่อลดผลของแรงเสียดทานที่มีต่อระบบที่ความเร็วต่ำ และเมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของความเร็ว ซึ่งเป็นที่มาของปรากฏการณ์ Stick-Slip motion

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย