บทที่ 1
บทนำ

1 - 1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ระบบการบำรุงรักษาโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ชนิดดังนี้

1) การบำรุงรักษาแบบซ่อมแซม (Break Down Maintenance)

เป็นการบำรุงรักษาโดยเข้าไปซ่อมแซมเมื่อเครื่องจักรมีความเสียหายเกิดขึ้นแล้ว เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับเครื่องจักรราคาแพง และความเสียหายอาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ เช่น หม้อไอน้ำ(Boiler)ระเบิด แต่วิธีนี้ยังคงเหมาะสำหรับเครื่องจักรที่มีความสำคัญต่อการผลิตน้อย ชิ้นส่วนราคาไม่แพง ไม่คุ้มค่าที่จะนำวิธีการบำรุงรักษาแบบอื่นมาใช้

2) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

เป็นการบำรุงรักษาโดยการเข้าดำเนินการซ่อมแซม เปลี่ยนชิ้นส่วน หรือ ทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักรตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดเวลา คือ ระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร หรือ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ วิธีการนี้ให้ผลดีเมื่อระยะเวลาในการบำรุงรักษามีความเหมาะสม คือ ไม่น้อยเกินไปจนทำให้เกิดการเปลี่ยนชิ้นส่วนโดยไม่จำเป็น แต่ต้องไม่มากเกินไปจนเครื่องจักรเกิดความเสียหายขึ้นก่อน ซึ่งต้องมีการใช้ข้อมูลทางสถิติของเครื่องจักรนั้นๆประกอบด้วย

3) การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ (Predictive Maintenance)

เป็นการบำรุงรักษาตามสภาพที่เป็นจริงอาศัยการประเมินสภาวะที่เป็นจริงของเครื่องจักรโดยใช้อุปกรณ์และวิธีการเฉพาะ ตรวจวัดค่าที่มีความสำคัญต่อการระบุสภาพของเครื่องจักร เช่น อุณหภูมิ ความดัน ระดับการสั่นสะเทือน และ ระดับความเข้มของภาพถ่ายรังสี เป็นต้น ซึ่งค่าดังกล่าวช่วยแปลความหมายไปสู่สภาพที่เป็นจริงของเครื่องจักรนั้นๆได้ การดำเนินการตรวจสอบสภาพสามารถทำได้ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงานอยู่ ทำให้เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง เช่น โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรมเคมี และ โรงกลั่นน้ำมัน

4) การบำรุงรักษาแบบพัฒนา (Proactive Maintenance)

เป็นนวัตกรรมใหม่ของการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆเพื่อช่วยป้องกันความเสียหายที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นได้จากการใช้งานและช่วยยืดอายุของเครื่อง

จักร ขั้นตอนแรกเริ่มจากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่อาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นและพยายามลดสาเหตุของปัญหาเหล่านี้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งเครื่องจักร ตัวอย่างเช่น ความไม่สมดุล(Unbalance) และการไม่ได้แนวแกน(Misalignment) เป็นปัญหาของเครื่องจักรโดยทั่วไปมีผลโดยตรงต่อการรับภาระของแบริ่ง วิธีการบำรุงรักษาแบบพัฒนาแทนที่จะเปลี่ยนแบริ่งตามกำหนดเวลาหรือวัดสัญญาณการสั่นสะเทือนของแบริ่งแต่เพียงอย่างเดียว จะมุ่งเน้นที่วิธีการลดความไม่สมดุลและการไม่ได้แนวแกนของเครื่องจักรโดยการตรวจวัดระดับความไม่สมดุลและการไม่ได้แนวแกนตั้งแต่เริ่มติดตั้งและตรวจวัดเป็นประจำสม่ำเสมอโดยใช้เทคนิคการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ที่เหมาะสม วิธีการบำรุงรักษาแบบพัฒนานั้นลงทุนค่อนข้างสูงเพราะนอกจากจะต้องใช้การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงร่วมด้วยแล้ว ยังต้องมีการวิเคราะห์วิจัยถึงสาเหตุหลักของปัญหาที่เกิดขึ้น ในการที่จะนำวิธีการนี้มาใช้จึงควรมีการประเมินความคุ้มในการลงทุนก่อน ดังนั้นจึงควรที่จะใช้วิธีการนี้กับการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่เป็นเครื่องจักรหลักในการผลิตเท่านั้น

เทคโนโลยีทางด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลที่พัฒนาขึ้นอย่างมากในปัจจุบันทำให้ภาคอุตสาหกรรมได้นำระบบบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์(Predictive Maintenance) มาเป็นระบบจัดการการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลเพิ่มมากขึ้น ข้อดีของการบำรุงรักษาด้วยวิธีนี้ คือ สามารถตรวจสภาพได้โดยที่เครื่องจักรไม่จำเป็นต้องหยุดการทำงาน สามารถหาสาเหตุของความเสียหายนั้นได้ และสามารถวางแผนล่วงหน้าในการหยุดเครื่องเพื่อซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วน ซึ่งช่วยลดความสูญเสียจากการหยุดเครื่องกะทันหันและลดค่าใช้จ่ายจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลา โดยที่ชิ้นส่วนนั้นยังคงอยู่ในสภาพใช้งานได้ดี

หลักการของการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ คือ การวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรโดยใช้ทรานสดิวเซอร์(Transducer) หรือตัวตรวจรู้(Sensor) ที่เหมาะสมวัดค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการทราบซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ระดับการสั่นสะเทือน แรงดันไฟฟ้าของคลื่นสะท้อน กระแสไฟฟ้าไหลวน(Eddy Current) เป็นต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างพารามิเตอร์นั้นกับสภาวะของเครื่องจักร จากการเปรียบเทียบค่าและรูปแบบของพารามิเตอร์ทำให้สามารถประเมินสภาพหรืออายุใช้งานของชิ้นส่วนหรือของเครื่องจักรได้

การวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน(Vibration Analysis)เป็นวิธีการหลักวิธีหนึ่งของ

ระบบบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกลุ่มเครื่องจักรกลหมุน(Rotating Machinery) เนื่องจากเครื่องจักรหมุนจะมีการทำงานในลักษณะเป็นคาบ(Pereodic) ซึ่งให้สัญญาณในรูปแบบเฉพาะตัวของแต่ละชิ้นส่วนที่มีความเร็วรอบต่างกัน ทำให้สะดวกต่อการวิเคราะห์หาสาเหตุของความบกพร่องได้ สัญญาณการสั่นสะเทือนมีหลายรูปแบบ เช่น สัญญาณโดเมนเวลา(Time Domain Signal) สเปกตรัม(Spectrum) และ เซปส์ตรัม (Cepstrum)

เฟือง(Gear) เป็นกลไกพื้นฐานที่สำคัญของเครื่องจักรกลหมุนเกือบทุกชนิด และเป็นส่วนที่มีโอกาสเสียหายได้ก่อนชิ้นส่วนอื่นๆ การบำรุงรักษาเฟืองจึงเป็นส่วนหนึ่งในการบำรุงรักษาเครื่องจักรกล วิธีการบำรุงรักษาเฟืองนั้นขึ้นอยู่กับความสำคัญของเฟืองที่มีต่อระบบ

ตัวอย่างเฟืองที่มีความสำคัญต่อระบบและต้องการการบำรุงรักษาเป็นพิเศษ

- เฟืองขับเครื่องจักรที่ทำงานตลอดเวลา
- เฟืองขับเคลื่อนที่ต้องการความแม่นยำของระยะทางเคลื่อนที่
- เฟืองขับเครื่องจักรที่มีผลต่อชีวิตได้เมื่อทำงานผิดพลาด เช่น เครื่องบิน และ เฮลิคอปเตอร์

ปัจจุบันได้มีการนำวิธีการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนมาใช้วิเคราะห์สภาพของชุดเฟือง(Gearbox) มากขึ้น ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อสามารถตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ล่วงหน้า เนื่องจากเฟืองแต่ละตัวในชุดเฟืองจะหมุนด้วยความเร็วรอบต่างกัน ซึ่งจะให้รูปแบบสัญญาณต่างกัน ทำให้สามารถทราบตำแหน่งเฟืองที่เกิดความเสียหายได้

ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเฟืองมีหลายรูปแบบ ปัจจัยหลักของความเสียหายของเฟืองคือสภาพการใช้งาน ความเสียหายที่พบได้บ่อยในการใช้งานทั่วไปเช่น การสึกหรอ ติดตั้งเฟืองเยื้องศูนย์(Eccentricity) เฟืองไม่ได้แนวแกนกับเพลา(Misalignment) รอยแตกร้าว(Crack) และรอยครูดบริเวณผิวสัมผัส(Scratching) เป็นต้น โดยธรรมชาติแล้วระดับการสั่นสะเทือนจะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความเสียหายที่เกิดขึ้น และชัดเจนเมื่อระดับความเสียหายรุนแรงจนกระทั่งไม่สามารถทำงานต่อไปได้

จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีความเป็นไปได้ที่สัญญาณการสั่นสะเทือนจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งรูปแบบและขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณเมื่อระดับความเสียหายเพิ่มมากขึ้น จึงเห็น

ควรที่จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนที่วัดได้จากเฟืองที่ระดับความเสียหายต่างๆกัน โดยได้เลือกชนิดของความเสียหายคือการสึกหรอเนื่องจากเป็นรูปแบบความเสียหายพื้นฐานของเฟือง และเพื่อให้เห็นความชัดเจนของสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนไปตามระดับสึกหรอต่างๆ ในการทดลองจึงใช้ชุดเฟืองแบบเฟืองสองตัวขบกัน(Single Stage Gearbox) เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการใช้สัญญาณการสั่นสะเทือนวิเคราะห์สภาพของชุดเฟืองต่อไป

1 – 2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

1) การศึกษาการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองด้วยสเปกตรัมและเซปส์ตรัม (A Study of Vibration Analysis of Gear-Trains by Spectrum and Cepstrum) [1]

รูปแบบการทดลอง ศึกษาลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองตรง โดย แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สัญญาณจำลองการสั่นสะเทือนของชุดเฟือง (Simulated Signal)การทดลองชุดเฟืองที่ปัญหาการสึกหรอและชุดเฟืองที่มีปัญหาการเยื้องศูนย์ โดยสัญญาณที่ใช้วิเคราะห์ คือ สเปกตรัม และ เซปส์ตรัม

สัญญาณจำลอง ศึกษาโดยการสร้างสัญญาณจำลองจากสมการจำลองการสั่นสะเทือนของเฟือง รวมทั้งผลของระดับมอดูเลชันทางแอมพลิจูดและความถี่ ผลของเฟสและสัญญาณรบกวน

การทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ ใช้เฟืองขับทำจากทองเหลืองจำนวนฟัน 26 ฟัน เฟืองตามทำจากเหล็กจำนวนฟัน 38 ฟัน ระดับภาระ 353 วัตต์[1] โดยการปรับแรงตึงของผ้าเบรกที่ให้แรงเสียดทานแก่เพลาเฟืองตาม เฟืองใช้เวลาในการขับภาระทั้งสิ้นประมาณ 2247 นาที วัดสัญญาณการสั่นสะเทือนเป็นระยะๆตามเวลา โดยถือว่าเวลาที่ผ่านไปนั้นทำให้เกิดระดับการสึกหรอที่มากขึ้น ดังนั้นการวัดสัญญาณที่ระยะเวลาที่ผ่านไปจึงเป็นการวัดสัญญาณที่เฟืองขับมีระดับการสึกหรอมากขึ้นตามลำดับ ในการทดลองไม่ใช้สารหล่อลื่น

การทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาเยื้องศูนย์ ชุดทดลองเหมือนกันกับการทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ แต่เฟืองขับนั้นทำจากเหล็กและถูกออกแบบให้มีบุชเพื่อประกอบเข้ากับเพลาขับและเฟืองขับเพื่อปรับระดับการเยื้องศูนย์ซึ่งมีทั้งหมด 4 ระดับ ระยะเยื้องศูนย์มีขนาดตั้งแต่ 0.15 – 1.57 มม.

---

[1] ประมาณจากกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์ขับ 1.8 แอมแปร์ และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.89

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

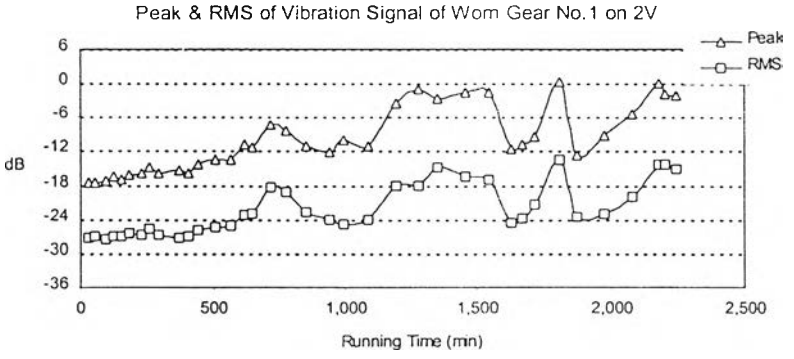
จุดประสงค์ ศึกษาและเปรียบเทียบการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองด้วยสเปกตรัม และ เซปส์ตรัม

ผลการทดลอง

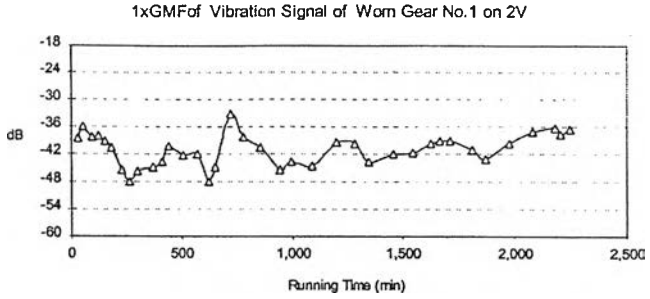
<u>ผลจากสัญญาณจำลอง</u> ระดับมอดูเลชันทางแอมพลิจูดที่เพิ่มขึ้นของเฟืองขับทำให้แกมนิจูดที่ความเร็วรอบเฟืองขับเพิ่มมากขึ้น ส่วนแกมนิจูดที่ความเร็วรอบเฟืองตามมีขนาดลดลง ค่าสเปกตรัมที่ความถี่ GMF มีขนาดไม่เปลี่ยนแปลง แถบความถี่ข้างของเฟืองขับมีขนาดสูงขึ้น

<u>ผลการทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการสึกหรอ</u> ผลของสัญญาณโดเมนเวลา ค่า Peak และ Rms มีขนาดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทำงานของเฟืองดังแสดงในรูปที่ 1-1 ผลของสเปกตรัมค่าแอมพลิจูดของสัญญาณ GMF สังเกตไม่พบการเปลี่ยนแปลงมากนักดังแสดงในรูปที่ 1-2 ส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณ SBP และ SBG มีค่าสั่นขึ้นลงอยู่ในช่วงค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดในช่วงนาทีที่ 618 – 777 ตามรูปที่ 1-3 และ 1-4 ตามลำดับ ผลของเซปส์ตรัมค่าแกมนิจูดของสัญญาณ 1/P มีขนาดสูงขึ้นตามระดับสึกหรอและมีค่าต่างจากแกมนิจูดของสัญญาณ 1/G มากขึ้นตามระยะเวลาทำงานของเฟืองดังแสดงในรูปที่ 1-5 ระดับสึกหรอที่เกิดขึ้นสูงสุดจากการทดลองคือ 40 % เมื่อเทียบกับโพรไฟล์เต็ม

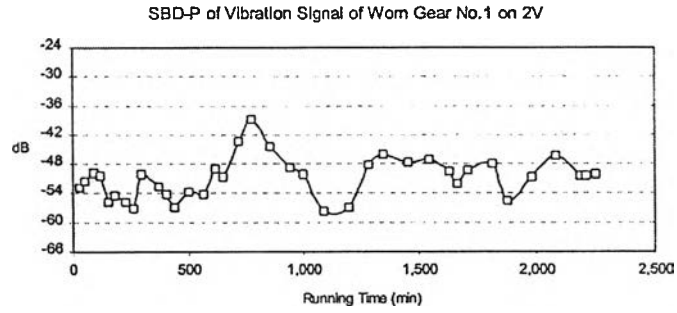
<u>ผลการทดลองชุดเฟืองที่มีปัญหาการเยื้องศูนย์</u> ผลของสัญญาณโดเมนเวลา ค่า Peak และ Rms มีขนาดเพิ่มขึ้นตามระยะเยื้องศูนย์ถึง 0.6 มม. แล้วค่าจึงลดลง ผลของสเปกตรัมค่าแอมพลิจูดของสัญญาณ GMF ตั้งแต่ฮาร์มอนิกที่ 1 – 3 มีลักษณะคล้ายผลของสัญญาณโดเมนเวลา คือค่าสัญญาณเพิ่มขึ้นถึงระยะเยื้องศูนย์ค่าหนึ่งแล้วลดลง ส่วนแอมพลิจูดของสัญญาณ SBP และ SBG มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเยื้องศูนย์ ผลของเซปส์ตรัมค่าแกมนิจูดของสัญญาณ 1/P มีขนาดสูงขึ้นตามระยะเยื้องศูนย์ ส่วนค่าสัญญาณ 1/G สังเกตไม่พบการเปลี่ยนแปลง



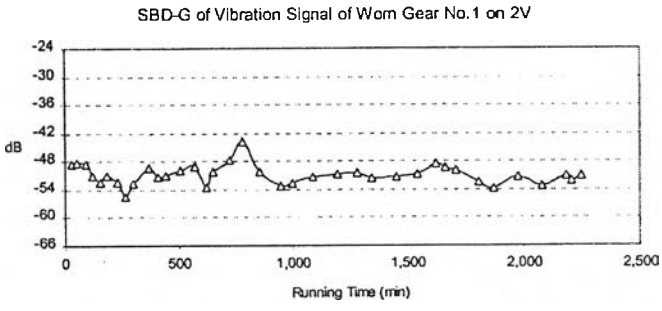
รูปที่ 1-1 ค่าสัญญาณ Peak และ Rms กับระยะเวลาการทำงานของชุดเฟือง วัดสัญญาณที่แบริ่งเฟืองขับทิศแนวดิ่ง



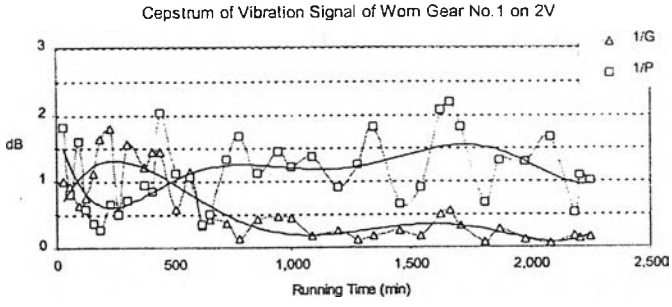
รูปที่ 1-2 ค่าสัญญาณสเปกตรัม GMF กับระยะเวลาการทำงานของชุดเฟือง วัดสัญญาณที่แบริ่งเฟืองขับ ทิศแนวดิ่ง



รูปที่ 1-3 ค่าสัญญาณสเปกตรัม SBP กับระยะเวลาการทำงานของชุดเฟือง วัดสัญญาณที่แบริ่งเฟืองขับ ทิศแนวดิ่ง



รูปที่ 1-4 ค่าสัญญาณสเปกตรัม SBG กับระยะเวลาการทำงานของชุดเฟือง วัดสัญญาณที่แบริ่งเฟืองขับ ทิศแนวดิ่ง



รูปที่ 1-5 ค่าสัญญาณเซปส์ตรัม 1/P และ 1/G กับระยะเวลาการทำงานของชุดเฟือง วัดสัญญาณที่แบริ่งเฟือง ขับ ทิศแนวดิ่ง

สรุปผลการทดลอง

- รูปแบบความบกพร่องของชุดเฟืองต่างกันให้รูปแบบของสัญญาณแตกต่างกัน
- การมอดูเลชันทำให้เกิดชุดแถบความถี่ข้างในสัญญาณสเปกตรัมซึ่งเป็นพารามิเตอร์บ่งชี้ความบกพร่องของชุดเฟือง
- สัญญาณสเปกตรัม และ เซปส์ตรัม มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับชุดเฟืองเมื่อระดับความบกพร่องของชุดเฟืองเพิ่มมากขึ้น

2) Use of Vibration Measurements to Detect Local Tooth Defects in Gears [7]

รูปแบบการทดลอง เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความบกพร่องของเฟืองด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือน 3 รูปแบบ คือ 1. สัญญาณที่มีมอดูเลชัน(Modulated Signal) ซึ่งได้แก่ สัญญาณโดเมนเวลาเฉลี่ยแบบเข้าจังหวะ(Time Domain Synchronus Averaging) และ สเปกตรัม 2. สัญญาณเวฟเลท(Wavelets) และ 3. เคอร์โทซิส(Kurtosis)ของสัญญาณโดเมนเวลา เฟืองที่ใช้ในการทดลองคือเฟืองตรงเฮลิคัล(Helical Spur Gear)ที่มีความบกพร่องแบบเฉพาะที่ โดยความบกพร่องมีสองแบบ แบบ A เป็นการแตกร้าว (Fracture)จากจุดพิตช์ไปถึงโคนฟันด้านหลัง แบบ B เป็นการแตกร้าวจากโคนฟันด้านหน้าไปถึงโคนฟันด้านหลัง โดยแบบ B จะรุนแรงกว่าแบบ Aเมื่อเปรียบเทียบกับเฟืองที่ยังไม่สึกหรอและไม่มีรอยแตกร้าว

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของสัญญาณทั้งสามรูปแบบในการวิเคราะห์สภาพของชุดเฟือง

ผลการทดลอง สัญญาณทั้งหมดสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้โดยเฉพาะที่ความถี่ GMF มีขนาดแอมพลิจูดเพิ่มขึ้นมากกว่าเฟืองที่ไม่มีความบกพร่อง โดยแอมพลิจูดของสัญญาณของความบกพร่องแบบ B มีขนาดสูงกว่าสัญญาณจากความบกพร่องแบบ A เนื่องจากเป็นความบกพร่องที่รุนแรงกว่า ค่าเคอร์โทซิสมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเช่นกัน

สรุปผลการทดลอง

- ไม่มีเทคนิคการวิเคราะห์แบบใดที่สามารถวิเคราะห์สภาพเฟืองได้แม่นยำ การวิเคราะห์สภาพของชุดเฟืองยังมีความจำเป็นต้องใช้หลายๆวิธีการร่วมกันในการวิเคราะห์
- เทคนิคดีมอดูเลชัน เหมาะสำหรับตรวจสอบการเยื้องศูนย์หรือเพลาไม่ได้แนวแกน ซึ่งเป็นการตรวจสอบในช่วงความถี่ต่ำ
- เวฟเลท เป็นวิธีที่ค่อนข้างซับซ้อนทั้งทางคณิตศาสตร์และการตีความของสัญญาณ แต่มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์สภาพเฟืองเพราะสามารถระบุตำแหน่งที่เสียหายของชุดเฟืองได้

- เคอร์โทซิส เป็นการคำนวณทางสถิติที่ไม่มีความซับซ้อนใดๆ สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวิเคราะห์ได้ แต่ความไว (Sensitivity) อาจไม่พอในการระบุระดับความบกพร่องของเฟือง

3) Gear Fault Monitoring : Comparison of Vibration Analysis Techniques [9]

รูปแบบการทดลอง เป็นการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ความบกพร่องของเฟืองตรงด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนในรูปแบบต่างๆ คือ สเปกตรัม เซปส์ตรัม แอมพลิจูดและเฟสดีมอดูเลชัน(Amplitude and Phase Demodulation) เวฟเลท(Wavelets) และ ไซโคลสเตชันนารี(Cyclostationary) ในการวิเคราะห์รอยแตกร้าวของเฟืองโดยแบ่งระดับของรอยแตกร้าวตามระดับความลึกของรอยแตกร้าว

จุดประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการวิเคราะห์สภาพเฟืองของสัญญาณแต่ละชนิด โดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวาง คือ การวิเคราะห์สเปกตรัมและเซปส์ตรัม เปรียบเทียบกับ วิธีการใหม่ๆเช่น เวฟเลท และ ไซโคลสเตชันนารี

ผลการทดลอง เซปส์ตรัมสามารถตรวจสอบรอยแตกร้าวได้แต่มีความไวต่อการเติบโตของรอยแตกน้อย(Insensitive to Crack Evolution) ในขณะที่ SCD มีความไวต่อการเติบโตของรอยแตกร้าวมากกว่า ส่วนการวิเคราะห์เวฟเลทสามารถระบุตำแหน่งของการเกิดรอยแตกร้าวได้ การวิเคราะห์เวฟเลทเหมาะสำหรับวิเคราะห์ความเสียหายแบบเฉพาะที่(Localised Damage)

สรุปผลการทดลอง

- เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ตรวจสอบรอยแตกร้าวของเฟือง คือ การใช้หลายๆวิธีประกอบกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความหนาแน่นสเปกตรัม(Spectrum Correlation Density) ร่วมกับการวิเคราะห์เวฟเลท(Wavelet Analysis)ของสัญญาณโดเมนเวลาแบบเฉลี่ยเข้าจังหวะ(Time Domain Synchronus Averaging) เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบรอยแตกร้าวของชุดเฟือง

4) Cepstrum Analysis Predicts Gearbox Failure [3]

รูปแบบการทดลอง วิเคราะห์สภาพของชุดเฟืองตรงโดยใช้สัญญาณสเปกตรัม เซปส์ตรัม อะคูสติกอีมิสชัน(Acoustic Emission) และ การวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยชุดเฟืองทำงานจนเกิดความเสียหาย(Run to Failure) ฟันเฟืองขับหักไป3ฟันเนื่องจากความล้า รวมระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ 497 ชั่วโมง เฟืองทำงานในลักษณะรับภาระเกินพิกัด (Overload) ตลอดการทดลอง

จุดประสงค์ เปรียบเทียบความสามารถของเซปส์ตรัมในการวิเคราะห์สภาพชุดเฟืองกับวิธีอื่นๆ

ได้แก่ สเปกตรัม อะคูสติกอีมิสชัน(Acoustic Emission) และ การวิเคราะห์เชิงสถิติ

ผลการทดลอง การวิเคราะห์เซปส์ตรัมสามารถระบุแนวโน้มความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ 13 ชั่วโมงล่วงหน้า ส่วนการวิเคราะห์สเปกตรัมสามารถบอกความเสียหายได้ 4 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์อะคูสติก อีมิสชัน และ ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงค่ามากนักจึงไม่น่าจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้

สรุปผลการทดลอง

- ถ้าในการทำงานตามสภาวะปกติ(Normal Load)แล้วการวิเคราะห์เซปส์ตรัมน่าจะใช้ระบุความเสียหายของชุดเฟืองได้ล่วงหน้าหลายวัน

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนมากเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิกการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนแบบต่างๆในการวิเคราะห์สภาพชุดเฟือง ซึ่งความเสียหายของเฟืองส่วนใหญ่เป็นแบบแตกร้าว(Crack) และรับภาระเกินพิกัดจนฟันเฟืองหัก แต่ยังไม่พบงานวิจัยการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองโดยมีความเสียหายคือเฟืองสึกหรอ เนื่องจากการสึกหรอของเฟืองเป็นความเสียหายแบบค่อยเป็นค่อยไปและอาจไม่สามารถสังเกตได้ด้วยสัญญาณการสั่นสะเทือนเมื่อความสึกหรอเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการสึกหรอเป็นความผิดปกติพื้นฐานของชุดเฟืองที่เกิดขึ้นได้เสมอแม้ในสภาพการใช้งานปกติ และบางครั้งไม่สามารถยอมรับได้สำหรับชุดเฟืองที่ต้องการความแม่นยำของความเร็วหรือระยะทางในการเคลื่อนที่ นอกจากนี้การสึกหรอมากถึงระดับหนึ่งอาจเป็นสาเหตุนำไปสู่ความเสียหายแบบอื่นๆได้ ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเห็นควรที่จะศึกษา " ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง " เพื่อเป็นกรณีศึกษาอีกหนึ่งกรณีร่วมกันกับกรณีศึกษาความเสียหายของเฟืองแบบอื่นๆ และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์สภาพชุดเฟืองต่อไป

1 - 3 <u>สมมติฐานการทดลอง</u>

เทคนิคการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์รูปแบบความเสียหายแต่ละแบบแตกต่างกันไป ซึ่งความเสียหายทั้งแบบแตกร้าวและฟันเฟืองหักก็จะให้รูปแบบสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการทดลองในวิทยานิพนธ์นี้จึงตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า " สัญญาณการสั่นสะเทือนมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อระดับการสึกหรอของเฟืองเพิ่มขึ้น " เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง

1 – 4 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1) เพื่อวิเคราะห์รูปแบบและค่าพารามิเตอร์จากสัญญาณการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นที่ระดับการสึกหรอต่างๆของเฟือง เปรียบเทียบผลของภาระ(Load) และ ผลของความเร็วรอบ

2) เพื่อเป็นพื้นฐานของการใช้สัญญาณการสั่นสะเทือนมาทำนายระดับการสึกหรอของชุดเฟืองต่อไป

1 – 5 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนของเฟือง

2) ทดลอง ตรวจวัด และ วิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนจากชุดเฟืองซึ่งมีการสึกหรอที่ระดับต่างๆ เปรียบเทียบผลที่ได้จากสัญญาณแต่ละชนิด ผลของภาระ และ ผลของความเร็วรอบเฟืองขับ

3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญญาณการสั่นสะเทือนและระดับการสึกหรอของเฟือง

1 – 6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการสั่นสะเทือน

2) ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนที่ได้จากชุดเฟือง

3) ศึกษารูปแบบการสึกหรอต่างๆของเฟืองที่เป็นไปได้

4) ศึกษาความสามารถและข้อจำกัดของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ

- วิธีวัดสัญญาณการสั่นสะเทือน
- การเก็บบันทึกข้อมูลสัญญาณการสั่นสะเทือน

5) เลือกรูปแบบสึกหรอของเฟืองที่เหมาะสม และสร้างเฟืองให้มีรูปแบบการสึกหรอที่ระดับต่างๆ

6) ทดลองเก็บข้อมูลสัญญาณการสั่นสะเทือนของชุดเฟืองที่ยังไม่มีการสึกหรอและเฟืองที่ระดับการสึกหรอต่างๆ

7) เปรียบเทียบผลจากสัญญาณแต่ละชนิด รวมทั้งเปรียบเทียบผลของความเร็วรอบเฟือง และ ภาระ

8) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการสึกหรอของเฟืองและสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ได้จากการทดลอง

9) อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1 – 7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้รูปแบบของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามระดับการสึกหรอที่มีความชัดเจนของสัญญาณในแต่ละระดับ สามารถเป็นตัวบ่งชี้ระดับการสึกหรอของเฟืองเบื้องต้นได้

2) ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นร่วมกับการวิเคราะห์สภาพชุดเฟืองที่มีความเสียหายแบบอื่นๆเพื่อวิจัยความเป็นไปได้ในการใช้สัญญาณการสั่นสะเทือนวิเคราะห์สภาพชุดเฟืองที่มีความเสียหายแบบต่างๆต่อไป

3) เป็นแนวทางในการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือนเพื่อนำมาใช้ตรวจสอบสภาพการทำงานของเฟืองในระบบการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์