บทที่ 1

บทนำ

1-1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

เครื่องจักรที่ใช้ในอาคารและในอุตสาหกรรมจะมีแรงไม่สมดุลที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องจักรทำให้เกิดการสั่นสะเทือนและมีแรงส่งผ่านไปยังพื้นในลักษณะเป็นแรงกระทำกลับไป กลับมาทำให้พื้นของโรงงานหรือตัวอาคารมีอายุการใช้งานสั้นลงจากแรงสั่นสะเทือนนี้ จึงต้องมีการกันการสั่นสะเทือน (Vibration Isolation) ซึ่งเป็นการปฏิบัติที่ทำกันมานานแล้วในการติดตั้งเครื่องจักร โดยส่วนใหญ่จะมีฐานรองรับ ซึ่งจะมีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน (Isolator) ไว้ด้วย เพื่อลดขนาดของแรงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ส่งไปยังพื้น เป็นการลดความเสียหายที่พื้นอาจได้รับจากเครื่องจักร

ในปัจจุบัน ในอาคารหรือในอุตสาหกรรมมีการใช้งานเครื่องจักรบางประเภทไม่เต็มที่ตลอดทั้งวัน เช่น ปั๊มน้ำ เครื่องเป่าลมเย็น ทำให้ภาระในการทำงานของเครื่องจักรลดลงในบางช่วงเวลา จึงมีการติดตั้งตัวควบคุมเพิ่มเติมสำหรับลดการทำงานของเครื่องจักรโดยมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับภาระ (Load) ที่เครื่องจักรทำงาน เมื่อภาระมีน้อยสามารถเดินเครื่องด้วยความเร็วรอบช้าลงเพื่อลดการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งตัวกันการสั่นสะเทือนที่ติดตั้งไว้นั้นส่วนใหญ่เป็นตัวกันการสั่นสะเทือนที่มีค่าความแข็งสปริง (Spring Stiffness) คงที่ ซึ่งจะทำงานได้มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อความเร็วรอบเครื่องจักรเปลี่ยนไป ทำให้ขนาดของการสั่นสะเทือนและแรงส่งผ่านไปยังพื้นเพิ่มขึ้น ในวิทยานิพนธ์นี้ จะนำตัวดูดซับการสั่นสะเทือน (Vibration absorber) มาใช้ประโยชน์ โดยมีการติดตั้งเพิ่มเติมเข้ากับเครื่องจักรและมีการเปลี่ยนค่าความแข็งสปริงของสปริงที่ตัวดูดซับไปตามความเร็วรอบในการทำงานของเครื่องจักรที่เปลี่ยนไป เพื่อให้ขนาดของแรงที่ส่งผ่านไปยังพื้น (Transmitted Force) มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ตลอดเวลา จะทำให้พื้นได้รับแรงที่ส่งมาจากเครื่องจักรน้อยมาก แม้ว่าเครื่องจักรจะทำงานที่ความเร็วรอบเปลี่ยนไปก็ตาม ช่วยให้สามารถเพิ่มอายุการใช้งานของพื้นอาคารหรือในอุตสาหกรรมได้

1-2 งานวิจัยที่ผ่านมา

ในช่วงแรก ที่มีการนำทฤษฎีการกันการสั่นสะเทือนมาใช้ประโยชน์นั้น การใช้งานอยู่ในลักษณะของการกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ (Passive Vibration Isolation) กล่าวคือ ตัวกันการสั่นสะเทือนนั้นเป็นสปริงและอาจมีตัวหน่วง ซึ่งอาจมีคุณสมบัติที่เป็นเชิงเส้น (Linear) หรือไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ขึ้นกับการวิเคราะห์ระบบโดยไม่มีการควบคุมเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาทฤษฎีการกันการสั่นสะเทือนต่อไป เป็นลักษณะของการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ (Active Vibration Isolation) ซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของระบบ เช่น การปรับเปลี่ยนขนาดการสั่นสะเทือน หรือแรงที่ส่งผ่านไปยังพื้น โดยมีส่วนเพิ่มเติมของตัวกระทำแรง (Force Actuator) อาจเป็นฟังก์ชันของตัวแปรสเตท (State Variable) หลาย ๆ ตัว และมีการควบคุมเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ในรถยนต์ โดยปกติจะมีการติดตั้งสปริงอ่อน (Soft Spring) ซึ่งเป็นส่วนการออกแบบของการกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ แต่ภายหลังมีแนวคิดใหม่ ๆ ในการติดตั้งตัวกระทำแรงซึ่งเป็นส่วนของการควบคุมแอคทีฟ (Active Control) ทำให้การขับขี่เป็นไปอย่างราบเรียบมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้กับเรือ และยานพาหนะอื่น ๆ ในส่วนของการรองรับหรือการแขวนลอย (Suspension) เช่น เครื่องจักรหรือวัตถุบนเรือจะมีการติดตั้งบนแพลทฟอร์ม (Platform) และแพลทฟอร์มจะติดตั้งเข้ากับตัวเรืออีกชั้นหนึ่ง การติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนให้กับเครื่องจักรบนเรือนี้ทำให้มีการยึดติดตัวกันการสั่นสะเทือน 2 ชั้น ต่างกับการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนในอาคารทั่วไป

มีงานวิจัยพัฒนาต่อไปในส่วนของการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ เช่น มีการใช้กับงานควบคุมที่มีการรบกวน (Disturbance) เข้ามาเกี่ยวข้อง, มีการใช้กับงานหลายลำดับขั้นความเสรี (Multi-degree of freedom) เช่น สจ๊วตแพลทฟอร์ม (Stewart platforms) 6 ลำดับขั้นความเสรี [3] , มีการพัฒนามาใช้การควบคุมแบบอะแดปทีฟ (Adaptive control) [4] เป็นต้น

ตัวอย่างของงานวิจัยเกี่ยวกับตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟที่น่าสนใจ ได้แก่

A PERSPECTIVE ON ACTIVE MACHINERY ISOLATION [1]

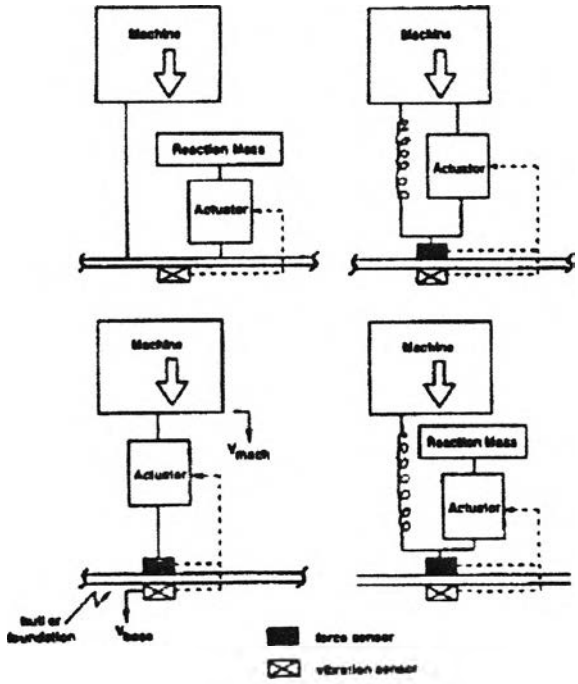
ภาพรวมของการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ ตัวอย่างองค์ประกอบที่ต้องเลือกและพิจารณาสำหรับการติดตั้งระบบการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ

-การส่งผ่านภาระทางสถิตจากเครื่องจักรไปยังพื้น ได้แก่ การส่งผ่านโดยตรง, ผ่านตัวกระทำที่มีการควบคุม (Control Actuator) และผ่านตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ

-ตัวแปรที่ปรับเปลี่ยน ได้แก่ การสั่นสะเทือนของฐานรองรับ (Foundation) และแรงส่งผ่านไปยังพื้น

-มวลที่ตัวกระทำส่งผ่านแรงปฏิกิริยา ได้แก่ เครื่องจักร และก้อนมวลปฏิกิริยา (Reaction Mass)

ภาพตัวอย่างระบบการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟแบบต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 ภาพตัวอย่างระบบการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟแบบต่าง ๆ

องค์ประกอบสำคัญในการพิจารณาออกแบบระบบการกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ

-ประสิทธิภาพในการลดการสั่นสะเทือน หรือแรงส่งผ่านไปยังพื้น

-เสถียรภาพ (Stability) ของระบบในการควบคุมแบบปิด (Closed Loop System)

-ความแม่นยำในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบ

-ความแม่นยำในการวัดค่าพารามิเตอร์ของระบบ

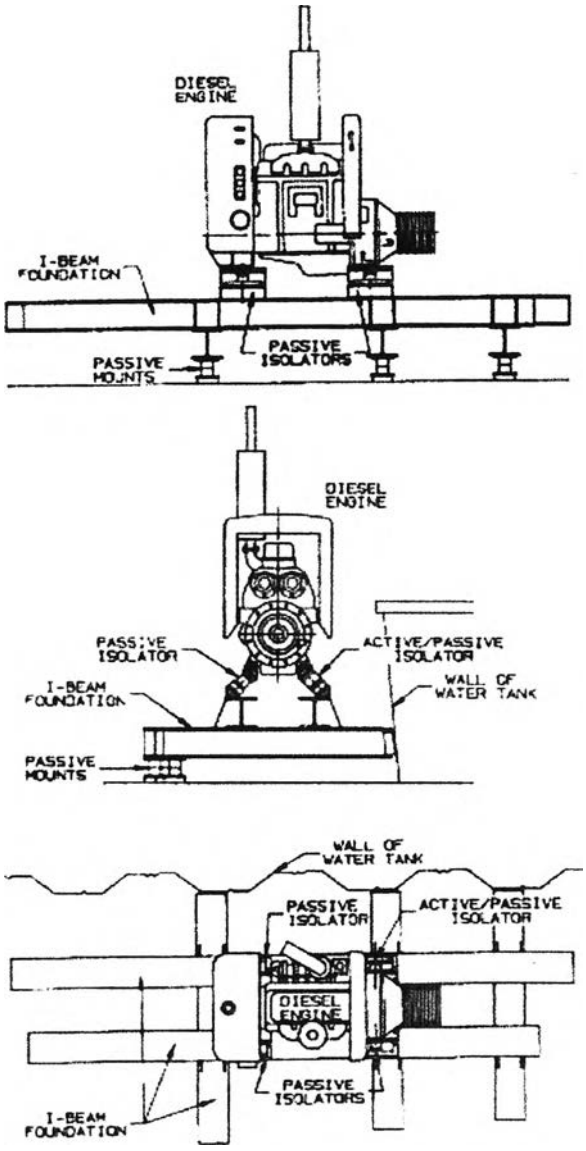
-คุณสมบัติของตัวกระทำที่ควบคุม (Control Actuator) เช่น ขนาด น้ำหนัก จำนวน และตำแหน่ง

-ขนาด จำนวน และตำแหน่งของตัวตรวจรู้ (Sensor)

-ภาพรวมระบบทั้งหมด ได้แก่ ราคา ที่ว่างสำหรับติดตั้งระบบ น้ำหนัก

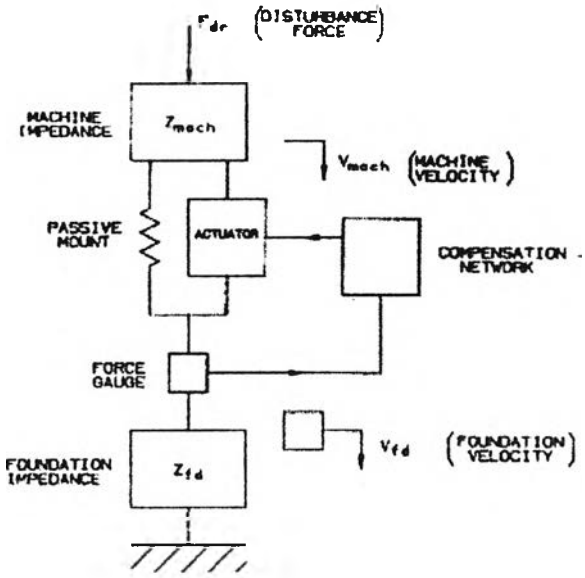
รูปแบบการทดลอง เครื่องจักรที่ใช้ คือ เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel) 2 จังหวะ 4 สูบ น้ำหนัก 1300 ปอนด์ ติดตั้งบนฐานรองรับน้ำหนัก 1700 ปอนด์ โดยมีตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ 3 ตัว และตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟ/แพสซีฟ 1 ตัว ฐานรองรับติดตั้งกับพื้นโดยรองรับด้านหนึ่งด้วยตัวกันการสั่นสะเทือนแบบยาง และอีกด้านหนึ่งยึดแบบแข็งเกร็งกับผนัง 5/8 นิ้วที่ฝังแน่นลงไปในพื้นดังในรูปที่ 1-2 วิเคราะห์ระบบแบบ 1 ลำดับขั้นความเสรี (Single Degree of Freedom)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1-2 ภาพร่างของระบบในงานวิจัย

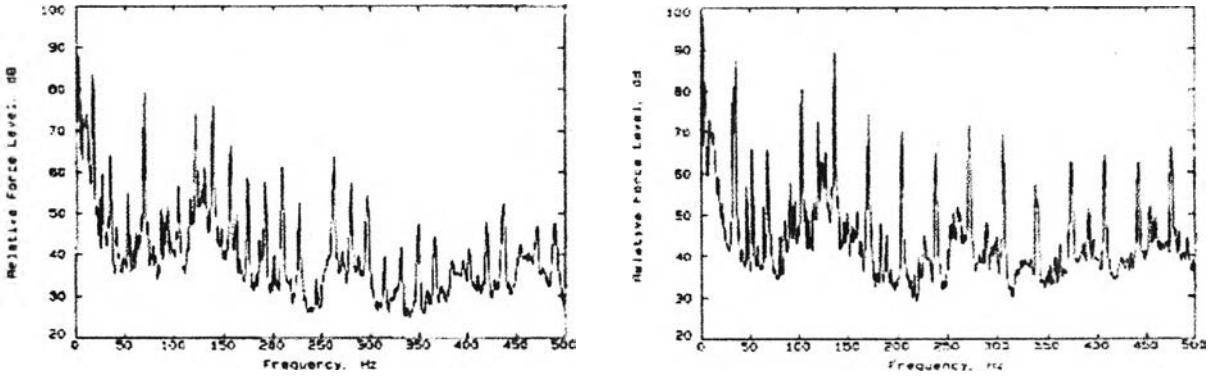
การวัดพารามิเตอร์เพื่อควบคุม วัดจากอิมพีแดนซ์ (Impedance) ซึ่งภายในอิมพีแดนซ์เฮด (Impedance Head) มีตัววัดแรง (Force Gauge) และตัววัดความเร่ง (Accelerometer) ในการทดลองเลือกใช้แรงเป็นพารามิเตอร์ในการควบคุม แผนภาพระบบในการทดลองแสดงในรูปที่ 1-3



รูปที่ 1-3 แผนภาพระบบในการทดลอง

จุดประสงค์ ติดตั้งตัวกระทำแรง และตัวควบคุมเข้ากับตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ 1 ตัว จากทั้งหมด 4 ตัว เพื่อให้ได้การลดลงของแรงส่งผ่านจากเครื่องจักรไปยังฐานรองรับอย่างน้อย 20 dB เป็นช่วงกว้างตลอดช่วงความถี่ต่อเนื่องช่วงหนึ่ง

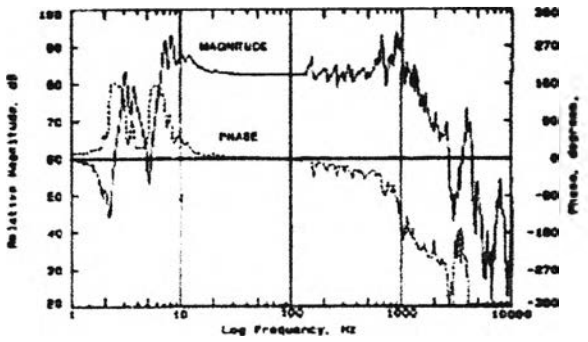
ผลการทดลอง เมื่อตัวกันการสั่นสะเทือนทั้งหมดเป็นแบบแพสซีฟ ทดลองวัดแรงจากเครื่องยนต์ที่ลดลงเมื่อผ่านตัวกันการสั่นสะเทือน 1 ตัวจาก 4 ตัวในช่วง 0 ถึง 500 Hz ได้ดังรูปที่ 1-4 สัญญาณที่เกิดขึ้นเป็นผลจากฮาร์โมนิก (Harmonic) ของอัตราการหมุนของเพลา



Half Speed, No Load Full Speed, No load

รูปที่ 1-4 สัญญาณแรงที่ลดลงเมื่อผ่านตัวกันการสั่นสะเทือน

ก่อนออกแบบตัวชดเชย (Compensator) ทดลองวัดผลตอบสนองทางความถี่ (Frequency Response) ของระบบที่ยังไม่ได้ชดเชยที่ตัวกันการสั่นสะเทือนตัวหนึ่งได้ผลดังรูปที่ 1-5



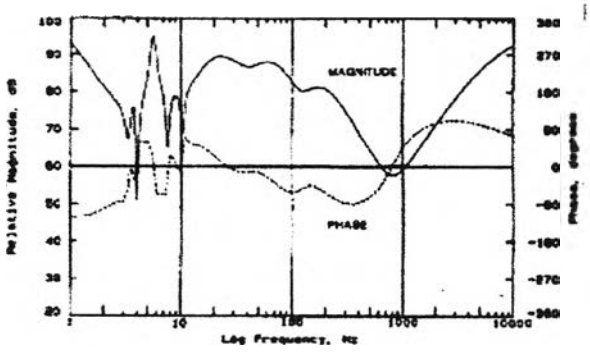
รูปที่ 1-5 ผลตอบสนองทางความถี่ของระบบที่ยังไม่ได้ชดเชย

พิจารณารูปที่ 1-5 สังเกตว่า

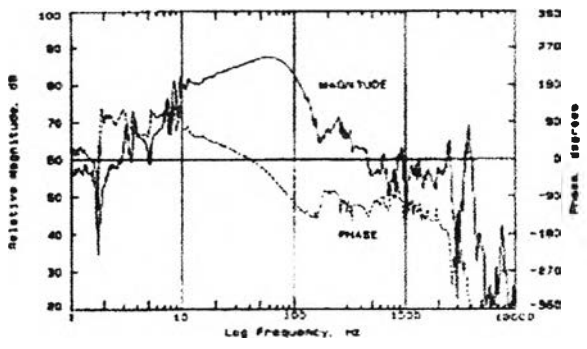
-การสั่นสะเทือนในช่วง 1 ถึง 10 Hz เกิดจากความถี่ธรรมชาติของการเคลื่อนที่ในลักษณะเลื่อนตำแหน่ง (Translation) ในแนวแกนอื่น และการหมุน (Rotation) ของระบบ

-ความถี่ธรรมชาติค่าแรกของการยึดติดตัวกันการสั่นสะเทือนอยู่ที่ 1 kHz และค่าสูงขึ้นมาอยู่ 5 และ 8 kHz

-เส้นกราฟไม่ราบเรียบเกิดจากการสั่นสะเทือนของฐานรองรับ ซึ่งมีผลกับการสั่นสะเทือนของระบบที่ตำแหน่งตัวกันการสั่นสะเทือนด้วย

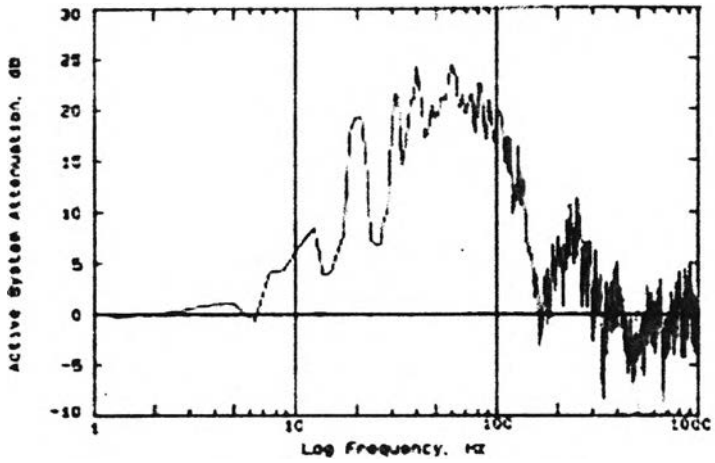


รูปที่ 1-6 ผลตอบสนองของตัวชดเชย



รูปที่ 1-7 ผลตอบสนองของระบบที่มีการชดเชย

เมื่อทำการชดเชยโดย ได้ผลตอบสนองของตัวชดเชยดังรูปที่ 1-6 และผลตอบสนองทางความถี่ของระบบที่มีการชดเชยดังรูปที่ 1-7 ช่วงราบเรียบของกราฟอยู่ในช่วง 10 ถึง 100 Hz และรูปที่ 1-8 แสดงการลดลงที่เป็นช่วงกว้าง (Broadband Reduction) ของอัตราส่วนระหว่างแรงที่ส่งผ่านไปยังฐานรองรับของตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟที่มีการควบคุมแบบปิดต่อตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ เส้นโค้งแสดงให้เห็นการลดลงประมาณ 20 dB ที่เป็นช่วงกว้างบนช่วงความถี่ 20 ถึง 100 Hz



รูปที่ 1-8 อัตราส่วนระหว่างแรงที่ส่งผ่านไปยังฐานรองรับของตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟที่มีการควบคุมแบบปิดต่อตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแพสซีฟ

สรุปผลการทดลอง

การใช้ตัวกันการสั่นสะเทือนแบบแอคทีฟควบคู่กับการควบคุมแบบปิดในงานวิจัย ทำให้การลดลงของแรงสั่นสะเทือนเป็นช่วงกว้างบนช่วงความถี่หนึ่งได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

1-3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

นำตัวดูดซับการสั่นสะเทือนมาใช้ในงานการกันการสั่นสะเทือน เพื่อควบคุมแรงที่ส่งไปยังฐานของเครื่องจักรหรือพื้นให้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับเครื่องจักรที่มีการทำงานแบบหมุนและมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงาน

1-4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ จะควบคุมแรงจากเครื่องจักรที่ส่งไปยังฐานหรือพื้นในการกันการสั่นสะเทือน โดยเครื่องจักรมีการทำงานแบบหมุน และมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงาน โดยมีลักษณะของระบบดังนี้

ในงานวิจัยจะทำการจำลองเครื่องจักรจริงด้วยมอเตอร์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจาก 800 ถึง 1500 รอบต่อนาที และอุปกรณ์จำลองแรงไม่สมดุลเพื่อเป็นการจำลองแรงจากการหมุนของเครื่องจักร ติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนโดยไม่มีการใช้ตัวหน่วงแบบหนืด (Viscous Damper) การศึกษาจะวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรเป็นแบบ 6 ลำดับขั้นความเสรี และติดตั้งส่วนของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเพิ่มเติมเข้าไปในระบบด้านบนของเครื่องจักร เพื่อลดแรงส่งผ่านไปยังพื้นให้มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ โดยวิเคราะห์การสั่นสะเทือนแบบ 1 ลำดับขั้นความเสรี คือ วิเคราะห์การสั่นสะเทือนเฉพาะในแนวตั้ง

ส่วนของตัวดูดซับการสั่นสะเทือนที่เพิ่มเติมเข้าไปในระบบประกอบด้วยมวล และสปริงที่สามารถเปลี่ยนค่าความแข็งสปริงได้ โดยจะทำการศึกษาระหว่างสปริงอากาศ (Air spring) และคาน (Beam) ซึ่งสามารถเลื่อนจุดรองรับได้ และเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งในงานวิจัย ทดลองเพื่อวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบ ทดสอบระบบเพื่อศึกษาถึงผลของอัตราส่วนระหว่างมวล โดยทำการเปลี่ยนมวลของตัวดูดซับหลาย ๆ ค่า และควบคุมระบบเพื่อให้ค่าแรงส่งผ่านไปยังพื้นมีค่าน้อยที่สุด

1-5 ขั้นตอนการทำการศึกษา

1.การศึกษาระบบจริง ถึงลักษณะการทำงาน และการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนในเครื่องจักรจริง เพื่อทำการสร้างระบบจำลองในการทดลองที่มีขนาดเล็กลงจากระบบจริง

2.ทำการศึกษาเบื้องต้น เพื่อเลือกใช้สปริงซึ่งเปลี่ยนค่าความแข็งสปริงได้ โดยเลือกใช้ระหว่างสปริงอากาศและคานซึ่งเลื่อนจุดรองรับได้

3.สร้างระบบจำลองของเครื่องจักรจริง โดยใช้มอเตอร์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงานได้แทนเครื่องจักรจริง ทำการวัดพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น มวล และมิติของมอเตอร์ และติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนเข้ากับระบบ

4.ทดลองและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบแบบ 6 ลำดับขั้นความเสรี เมื่อมอเตอร์เปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงาน

5.เพิ่มส่วนของอิเนอร์เชียบล็อก (Inertia Block) ทดลองและวิเคราะห์ผลของอิเนอร์เชียบล็อกที่มีต่อระบบ

6.ติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเข้ากับระบบ ทดลองและวิเคราะห์ผลของตัวดูดซับการสั่นสะเทือน

7.เปลี่ยนมวลของตัวดูดซับหลาย ๆ ค่า เพื่อดูผลของอัตราส่วนระหว่างมวล แล้วทำการควบคุมระบบ วิเคราะห์ผลการควบคุม และสรุปผล

8.กำหนดระบบจริง โดยกำหนดเครื่องจักรที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบในการทำงาน กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ เช่น มวล มิติของเครื่องจักร ช่วงความเร็วรอบที่ใช้งาน และทำการคำนวณ ประยุกต์จากแบบจำลองมาใช้กับระบบจริง โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบ

1-6 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

1.เมื่อนำผลจากวิทยานิพนธ์ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรจริงที่มีการลดภาระการทำงานในบางช่วงเวลาโดยการลดความเร็วรอบในการทำงาน ทำให้แรงที่ส่งไปยังฐานเครื่องจักรหรือพื้นและขนาดของการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรมีขนาดน้อยมาก นั่นคือ พื้นและฐานรองรับเครื่องจักรมีอายุการใช้งานได้นานขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์กับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน

2.เป็นแนวทางในการศึกษาตัวดูดซับการสั่นสะเทือนที่เปลี่ยนค่าความแข็งสปริงได้โดยใช้สปริงชนิดอื่น เช่น สปริงอากาศ ต่อไป

1-7 ภาพรวมของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ต้องการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเข้ากับเครื่องจักรที่มีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนอยู่ก่อนแล้ว เพื่อลดแรงส่งผ่านไปยังพื้นเมื่อเครื่องจักรมีความเร็วรอบลดลง โดยจำลองเครื่องจักรจริงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสขนาด 2 แรงม้า และจำลองแรงไม่สมดุล (Unbalance Force) โดยติดตั้งจานเจาะรูเยื้องศูนย์เข้ากับเพลามอเตอร์ กำหนดให้มีความเร็วรอบในการทำงานเต็มภาระ (Full Load) ที่ 1500 rpm และเมื่อภาระในการทำงานลดลงจะมีความเร็วรอบในช่วง 800 ถึง 1500 rpm มีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนโดยใช้สปริงโลหะแบบรองรับ ในวิทยานิพนธ์นี้มีภาพรวมในแต่ละบท คือ

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย อยู่ในช่วงบทที่ 2 ถึงบทที่ 4

-บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการกันการสั่นสะเทือน สำหรับเครื่องจักรที่มีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนและไม่มีการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือน โดยวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรในแนวตั้ง 1 ลำดับขั้นความเสรี

-บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับตัวดูดซับการสั่นสะเทือน สำหรับเครื่องจักรที่มีการติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน และมีการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเพิ่มเติม โดยวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรในแนวตั้ง 2 ลำดับขั้นความเสรี

-บทที่ 4 สปริงที่สามารถปรับค่าความแข็งสปริง โดยศึกษาการทำงานและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสปริงที่สามารถปรับค่าความแข็งสปริงได้ 2 ประเภท คือ สปริงอากาศ และคานที่สามารถเลื่อนตำแหน่งรองรับ และเลือกใช้ประเภทหนึ่งในงานวิจัย

การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือน อยู่ในช่วงบทที่ 5 ถึงบทที่ 7

-บทที่ 5 การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบเมื่อติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือน โดยวิเคราะห์ระบบของเครื่องจักรจำลองที่ติดตั้งตัวกันการสั่นสะเทือนในลักษณะ 6 ลำดับขั้นความเสรี (Degrees of Freedom) เพื่อให้การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนใกล้เคียงการสั่นสะเทือนจริงมากกว่าในบทที่ 2 ซึ่งวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในลักษณะ 1 ลำดับขั้นความเสรี และทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีกับการทดลองจริง

-บทที่ 6 การทดลองวิเคราะห์ผลของอิเนอร์เชียบล็อก (Inertia Block) เพื่อเปรียบเทียบผลของการติดตั้งอิเนอร์เชียบล็อกเข้ากับระบบในบทที่ 5

-บทที่ 7 การทดลองวิเคราะห์การสั่นสะเทือนของระบบเมื่อติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนโดยไม่ติดตั้งอิเนอร์เชียบล็อก ใช้ระบบจำลองจากการทดลองในบทที่ 5 และติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนเพิ่มเติมเข้ากับระบบ เพื่อเปรียบเทียบการวิเคราะห์ผลของการติดตั้งตัวดูดซับการสั่นสะเทือนโดยใช้ทฤษฎีวิเคราะห์การสั่นสะเทือนจากบทที่ 3 กับการทดลองจริง และเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนมวลที่ต่างกัน

-บทที่ 8 การควบคุมความแข็งสปริงของตัวดูดซับการสั่นสะเทือน เพื่อสร้างตัวควบคุมและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการควบคุม และทดลองเพื่อดูผลจากตัวควบคุมในการลดการสั่นสะเทือนของระบบ

-บทที่ 9 แสดงการคำนวณออกแบบ ประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรจริง เพื่อแสดงแนวทางในการนำไปใช้กับระบบจริง โดยแสดงการคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวดูดซับการสั่นสะเทือน และภาพแสดงตัวดูดซับการสั่นสะเทือนที่ออกแบบเพื่อติดตั้งกับเครื่องจักรจริง

-บทที่ 10 สรุปผลวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่ได้รับ และข้อเสนอแนะ