

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสั่นสะเทือน คือ ปรากฏการณ์ของการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุภายใต้แรงที่กระทำ ซึ่งอาจเป็นแรงกระทำจากภายในที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบอิสระ (free vibration) โดยต้นด้วยความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) ซึ่งอาจมีความถี่เดียวหรือหลายความถี่ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของระบบ หรือเป็นแรงกระทำจากภายนอกที่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบบังคับ (forced vibration) โดยต้นด้วยความถี่เท่ากับความถี่ของแรงภายนอกที่มากระทำ และถ้าความถี่ที่มากระทำเท่ากับความถี่ธรรมชาติ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ (resonance) นั่นคือขนาดของการสั่นสะเทือนจะถูกขยายขึ้นจนทำให้เกิดความเสียหายแก่ระบบได้ โดยทั่วไปการสั่นสะเทือนมักเป็นสิ่งไม่ต้องการ แต่หลีกเลี่ยงไม่ได้ อย่างดีที่สุดคือพยายามจำกัดขนาดของการสั่นสะเทือนให้อยู่ภายในขอบเขตที่ยอมรับได้ สำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสการสั่นสะเทือนอาจเกิดจากหลายสาเหตุได้แก่ ความไม่สัมพันธ์กันระหว่างจำนวนร่องสเตเตอร์และโรเตอร์ การเยื้องศูนย์กลางของโรเตอร์ทั้งแบบสถิต (static eccentricity) และแบบพลวัต (dynamic eccentricity) และการนำอินเวอร์เตอร์มาใช้ปรับเปลี่ยนค่าความเร็วรอบแล้วส่งผลให้แหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามอเตอร์เป็นรูปคลื่นไซน์ที่บิดเบี้ยว สาเหตุต่างๆเหล่านี้อาจเกิดขึ้นได้จากการออกแบบและการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน ความเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน หรือเกิดจากปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่มากระทำ ซึ่งสาเหตุต่างๆ เหล่านี้ย่อมส่งผลต่อการกระจายตัวที่ไม่สมดุลของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ แล้วส่งผลให้เกิดเสียงและการสั่นสะเทือนขึ้น ทำให้มีการสูญเสียทางกล สมรรถนะในการทำงานและอายุการใช้งานของมอเตอร์ลดลง อีกทั้งประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรที่ควบคุมเครื่องจักรก็จะลดลงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม ณ ปัจจุบันสำหรับประเทศไทย ปัญหาเรื่องเสียงและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในมอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ก็ยังถูกมองข้ามและขาดการเอาใจใส่อย่างจริงจัง

ปัญหาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ส่วนใหญ่ สามารถใช้การอธิบายด้วยสมการอนุพันธ์ (differential equation) หรือสมการอินทิกรัล (integral equation) สมการอนุพันธ์บางรูปแบบอาจหาผลเฉลยแม่นยำตรงได้ยากหรือทำไม่ได้ จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณ ซึ่งวิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณนี้มีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางในอดีตที่ผ่านมาคือ วิธี

ผลต่างสืบเนื่อง (finite difference method) ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายแก่การศึกษาและการทำความเข้าใจ รวมไปถึงความสะดวกในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ส่วนข้อเสียของการใช้วิธีผลต่างสืบเนื่อง มีหลายประการเช่น ความสะดวกในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต และที่สำคัญที่สุดคือ ความยากลำบากในการประยุกต์วิธีการนี้เพื่อใช้กับปัญหาที่มีรูปร่างลักษณะที่ซับซ้อนอย่างเช่น โครงสร้างหรือชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องจักรกลไฟฟ้า สาเหตุของความยากลำบากดังกล่าวมีส่วนก่อให้เกิดวิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณวิธีใหม่ที่เรียกว่า วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method: FEM) ซึ่งวิธีนี้สามารถนำมาใช้กับปัญหาที่มีรูปร่างลักษณะซับซ้อนใดๆ ก็ได้โดยสามารถจำลองรูปร่างลักษณะดั้งเดิมที่แท้จริงได้ใกล้เคียงและเที่ยงตรงกว่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านการสันสะเทือนทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ สำหรับคำนวณค่าสนามแม่เหล็กของมอเตอร์เหนี่ยวนำและการแปลงพลังงานไปอยู่ในรูปทางกล ให้สามารถคำนวณได้อย่างถูกต้อง
- 1.2.3 เพื่อแสวงหาองค์ความรู้ด้านผลกระทบของร่องโรเตอร์เฉียง (skewed slot) ในการวางตัวของแท่งโรเตอร์ในมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีผลต่อการสันสะเทือนทางกลของตัวมอเตอร์ โดยประยุกต์ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1.3.1 มอเตอร์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีการเอียงศูนย์กลางของโรเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นไซน์ที่สมบูรณ์
- 1.3.2 กำหนดให้การวางตัวของขดลวดสเตเตอร์เต็มร่องตลอดทั้งชั้นบนและชั้นล่างของร่องสเตเตอร์เมื่อพิจารณาการพันขดลวดเป็นแบบสองชั้น (double layer winding)
- 1.3.3 ไม่พิจารณาบริเวณตัวนำรูปวงแหวน (end ring) ที่ยึดอยู่ที่ปลายทั้งสองด้านของแท่งตัวนำ (rotor bar)
- 1.3.4 วัสดุที่ใช้ทำมอเตอร์มีคุณสมบัติเป็นไอโซทรอปิก (isotropic) และความเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ใช้ MATLABTM เพื่อพัฒนาโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับวิเคราะห์ปัญหาสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดการสันสะเทือนในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1.4.2 พิจารณามอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 4 ขั้ว ชนิดกรงกระรอก (squirrel cage)

1.4.3 ดำเนินการคำนวณเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านผลของแท่งโรเตอร์เฉียงที่มีผลต่อการสั่นสะเทือนทางกล

1.4.4 วิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนเป็นแบบ 3 มิติ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้โปรแกรมจำลองผลที่เกิดจากการพัฒนาโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ 3 มิติ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงในการออกแบบและวิเคราะห์การสั่นสะเทือนในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

1.5.2 ได้ข้อสรุปอันเป็นผลประโยชน์เกี่ยวกับมุมในการวางตัวของแท่งโรเตอร์ที่ส่งผลต่อการสั่นสะเทือนทางกลของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

1.6 การจัดรูปแบบรายงานการวิจัย

รายงานการวิจัยนี้ประกอบด้วย 6 บท ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งจะกล่าวถึงความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ และเป้าหมายของการวิจัย ตลอดจนขอบเขต และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้

บทที่ 2 มีเนื้อหาว่าด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ และขั้นตอนต่างๆ ในการประยุกต์ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อคำนวณหาค่าสนามแม่เหล็กดังกล่าว

บทที่ 3 มีเนื้อหาว่าด้วย แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการสั่นสะเทือนในมอเตอร์ และขั้นตอนต่างๆ ในการประยุกต์ใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อคำนวณหาค่าการสั่นสะเทือนดังกล่าว

บทที่ 4 อธิบายถึงโปรแกรมจำลองผลสนามแม่เหล็กและการสั่นสะเทือนของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 มิติ โดยกล่าวถึงพารามิเตอร์ที่ประยุกต์ใช้ในการจำลองผล รวมถึงอธิบายโครงสร้างของโปรแกรมจำลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงผลลัพธ์ของการคำนวณค่าสนามแม่เหล็กและขนาดของการสั่นสะเทือนในมอเตอร์ขนาดเล็กจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เมื่อพิจารณารูปร่างของร่องโรเตอร์แบบร่องตรงเทียบกับรูปร่างของร่องโรเตอร์แบบเฉียง พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลทางกายภาพของร่องโรเตอร์แบบเฉียงว่าส่งผลต่อการสั่นสะเทือนในมอเตอร์อย่างไร

บทที่ 6 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ พร้อมงานวิจัยที่จะดำเนินการต่อ