

การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนจากความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็ก หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

VIBRATION ANALYSIS FROM FLUX DENSITY OF DISTRIBUTION TRANSFORMER CORE

สมศักดิ์ สิริโปรภานนท์*

*Somsak Siriporananon**

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Southeast Asia University.

**Corresponding author, e-mail: somsaks@sau.ac.th*

Received: 3 February 2023; **Revised:** 7 September 2023; **Accepted:** 25 September 2023

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนจากความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 30 kVA 1 Ph 50 Hz 22000-480/240 V โดยทำการวัดค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับแกนเหล็ก เพื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก ผลการทดลองเมื่อจำนวนขดลวดรอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าลดลงจะทำให้ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้น ทำให้แกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้ามีการสั่นที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงพบว่าค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่มีค่า 1.55 เทสลา ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ค่าอยู่ในระหว่าง 0.67 – 0.79 มิลลิเมตรต่อวินาที และจากผลการทดลองจะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์แนวโน้มความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อเกิดการสั่นสะเทือน และเป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบหม้อแปลงให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

คำสำคัญ: หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่าย; ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก; การสั่นสะเทือน

Abstract

This research paper presents the analyses of vibration from flux density generated from distribution transformer core 30 kVA 1 Ph 50 Hz 22000-480/240 V. The vibration on the transformer core was measured and compared with the flux density. The result shows that lowering the number of windings turn increases the flux density and vibrations. When comparing the flux density and the vibration of the transformer core, it was found that the flux density value 1.55 Tesla, causing the vibration from 0.67 to 0.79 mm/s. In conclusion, this result can be used as a guideline for analyzing potential damage to transformers due to vibration and as a reference for the design of a last longer transformer.

Keywords: Distribution Transformer; Flux Density; Vibration

บทนำ

ในปัจจุบันมีการใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้า เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรต่าง ๆ เพิ่มขึ้นในการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้บางครั้งก็มีเสียงรบกวนออกมาในขณะทำงาน ซึ่งเสียงมาจากการการสั่นสะเทือนของวัตถุ [1] โดยหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีการใช้งานอย่างมากในระบบจำหน่ายพลังงาน มักพบปัญหาเสียงรบกวน [2] และบางครั้งทำให้เกิดการเสียหายได้ นักวิจัยได้จำลองแบบความถี่เรโซแนนซ์ของแกนเหล็กหม้อแปลงเพื่อหลีกเลี่ยงเสียงสะท้อน และลดเสียงรบกวนของหม้อแปลง [3] ลักษณะสัญญาณรบกวนของหม้อแปลงโดยใช้หลักการจำลอง FE ที่ได้รับการปรับปรุง รวมถึงการจำลองทางแม่เหล็กไฟฟ้า [4] การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนและสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นของแกนเหล็กหม้อแปลงด้วยแบบจำลอง FE สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับใช้วิเคราะห์ขนาดและการกระจายของเสียง เพื่อเป็นแนวทางการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นต่อไป [5] การวิเคราะห์สัญญาณรบกวนจากการสั่นสะเทือนทางแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดและแกนเหล็กของหม้อแปลงด้วยแบบจำลอง FE เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสั่นสะเทือนกับค่าเสียงรบกวนที่เกิดขึ้น ผลการสั่นสะเทือนมีขนาดสูงความถี่ 100 Hz และ 200 Hz ใช้เป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์เสียงที่ความถี่ดังกล่าว [6] จากงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กกับการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กในหม้อแปลงไฟฟ้า โดยเฉพาะค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่ยอมรับได้ในการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้า [7] ที่ทำให้เกิดค่าการสั่นสะเทือนขึ้น ซึ่งหากค่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้จะทำให้ขดลวดและอุปกรณ์ต่าง ๆ เกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งจะส่งผลให้ขดลวดและอุปกรณ์ต่าง ๆ หลวมคลอนเสียหายจนอาจทำให้เกิดการลัดวงจรภายในตัวหม้อแปลงได้

บทความนี้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กกับการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กในหม้อแปลงไฟฟ้า โดยค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากการป้อนสัญญาณไซน์ให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นภายในหม้อแปลงไฟฟ้า และจากการศึกษาการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก เพื่อหาค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ทำให้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ควรเกิน 1.55 เทสลา ซึ่งเป็นไปตามหลักการออกแบบเหล็กที่ใช้ในการทำแกนหม้อแปลงไฟฟ้า [7] ที่ยอมรับได้ เพื่อเป็นการวิเคราะห์แนวโน้มการสั่นสะเทือนที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับหม้อแปลงไฟฟ้าได้ และเป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบหม้อแปลงให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

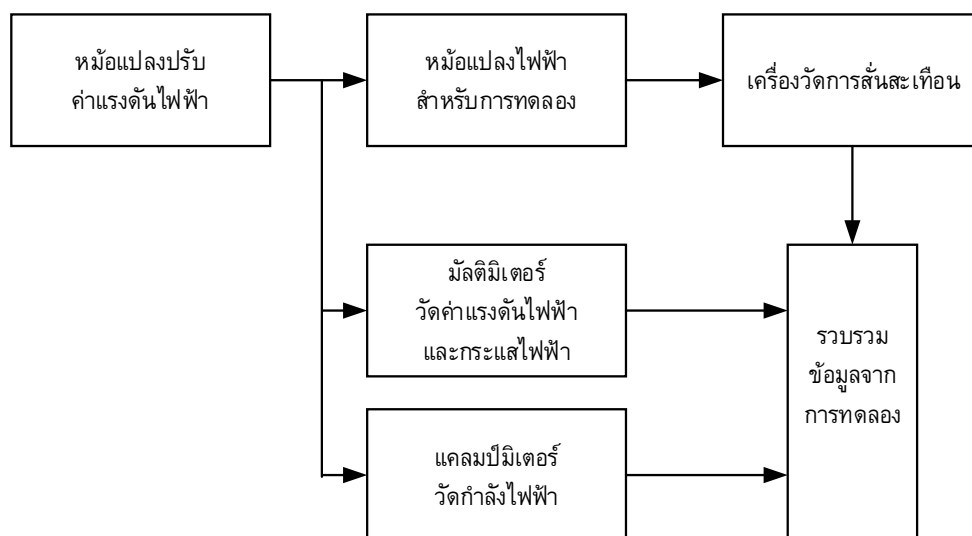
1. เพื่อวิเคราะห์การสั่นสะเทือนจากความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กกับการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบและขั้นตอนการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้ได้นำแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 30 kVA 1 Ph 50 Hz 22000-480/240 V แกนเหล็กที่ได้ออกแบบไว้เป็นเหล็กซิลิกอนชนิด M 4 ความหนา 0.27 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชุด ทำการทดสอบโดยการ

ป้อนแรงดันสัญญาณไซน์ขนาด 240 V จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงต่ำที่พิกัดใช้งานในสภาวะไม่มีโหลด แล้วทำการวัดค่าทางไฟฟ้า ได้แก่ ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากระแสไฟฟ้า วัดด้วยมัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ FLUKE รุ่น 116 และค่ากำลังไฟฟ้า วัดด้วยแคลมป์มิเตอร์ ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น HARMONIC & POWER METER F27 และการวัดค่าการสั่นสะเทือน ด้วยเครื่องมือวัด Spectrum Analysis ยี่ห้อ ADASH รุ่น A440-VA4 Pro โดยผ่านตัวจับการสั่นสะเทือน ในการวัดแต่ละครั้งจะลดจำนวนรอบของขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าด้านแรงต่ำ ครั้งละหนึ่งรอบ เพื่อนำจำนวนรอบของขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดสอบมาทำการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กที่เปลี่ยนไปในแต่ละครั้ง แสดงในภาพที่ 1 เพื่อหาค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดที่ทำให้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าไม่เกิน 1.55 เทสลา ซึ่งเป็นไปตามหลักการออกแบบเหล็กที่ใช้ในการทำแกนหม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีความซาบซึมได้สูง โดยแกนเหล็กจะต้องมีความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กไม่เกิน 1.55 เทสลา [7]



ภาพที่ 1 กระบวนการดำเนินการวิจัย

การกำหนดคุณสมบัติของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ

หม้อแปลงไฟฟ้า [8] ที่ใช้ในการทดสอบมีคุณสมบัติตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของหม้อแปลง

รายละเอียดหม้อแปลง	
Capacity	30 kVA
Frequency	50 Hz
Phase	1
Polarity	Subtractive
Type	ONAN
High volt	22,000 V
Low volt	480/240 V

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของหม้อแปลง (ต่อ)

รายละเอียดหม้อแปลง	
No load loss	120 W
Load loss	430 W
Total loss	550 W
Short circuit impedance	2.0 %
Average winding temp. (Max.)	55 °C
Top-oil temp. rise (Max.)	50 °C
Core area	107.52 cm ²

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าทางไฟฟ้าและค่าสเปกตรัมที่วัดได้ในแต่ละครั้งของการลดจำนวนขดลวดมาทำการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางไฟฟ้าและจำนวนรอบของขดลวด โดยความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก หาได้จากการคำนวณ จากสมการที่ 1

$$B_m = \frac{V}{4.44fNA_{core}} \quad (1)$$

โดย

B_m คือ ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วย เทสลา (T)

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วย (V)

f คือ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้า กำหนดให้เป็น 50 Hz

N คือ จำนวนรอบของขดลวด

A_{core} คือ พื้นที่หน้าตัดของวงจรแม่เหล็ก (m²) กำหนดให้เป็น 107.52×10^{-4} m²

ผลการวิจัย

จากการทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าและความถี่การสั่นสะเทือนแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 30 kVA 1 Phase 50 Hz 22000-480/240V ทั้ง 3 ชุด มีผลดังนี้

ผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า

1) ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1

ตารางที่ 2 ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1

รอบ	Flux (T)	V	A	W
52	1.88	230	6.17	134.8
53	1.85	230	5.47	127.2
54	1.82	230	4.93	120.7
55	1.79	230	4.40	112.7

ตารางที่ 2 ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1 (ต่อ)

รอบ	Flux (T)	V	A	W
56	1.76	230	3.92	107.2
57	1.70	230	3.55	100.9
58	1.66	230	3.27	96.7
59	1.64	230	2.99	92.4
60	1.61	230	2.74	88.8
61	1.58	230	2.52	85.3
62	1.56	230	2.29	81.4
63	1.53	230	2.13	78.3
64	1.51	230	1.94	75.5
65	1.48	230	1.77	72.3
66	1.46	230	1.62	69.9
67	1.44	230	1.51	67.4

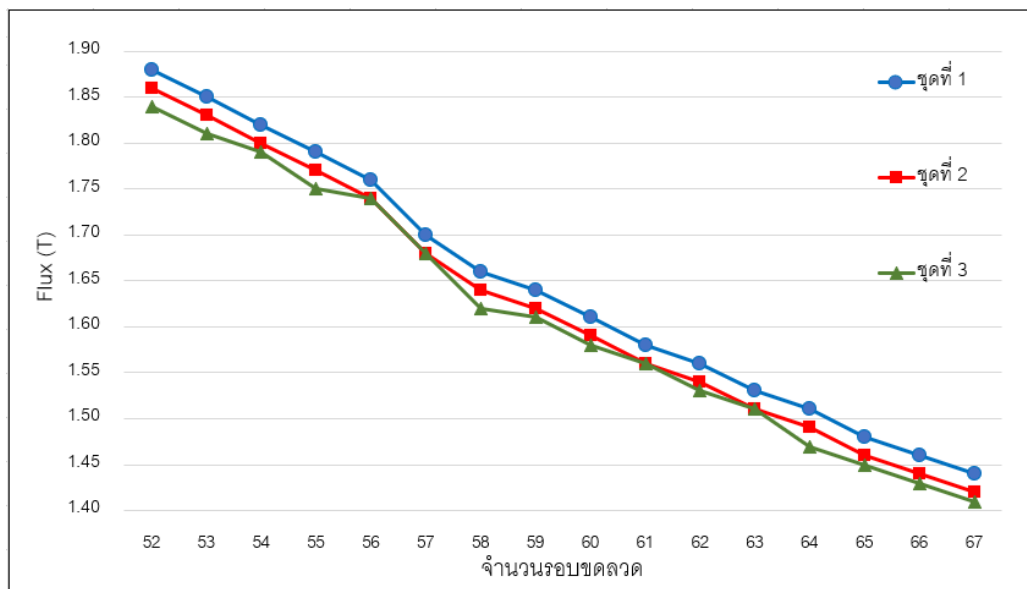
2) ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2**ตารางที่ 3** ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2

รอบ	Flux (T)	V	A	W
52	1.86	230	6.15	134.8
53	1.83	230	5.45	127.2
54	1.80	230	4.82	119.0
55	1.77	230	4.32	111.0
56	1.74	230	3.90	105.0
57	1.68	230	3.53	99.0
58	1.64	230	3.25	94.5
59	1.62	230	2.97	90.2
60	1.59	230	2.72	86.6
61	1.56	230	2.50	83.1
62	1.54	230	2.27	79.2
63	1.51	230	2.11	76.1
64	1.49	230	1.92	73.3
65	1.46	230	1.75	70.1
66	1.44	230	1.6	67.7
67	1.42	230	1.49	65.2

3) ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3

ตารางที่ 4 ผลทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3

รอบ	Flux (T)	V	A	กำลังสูญเสีย(W)
52	1.84	230	6.19	133.8
53	1.81	230	5.47	127.1
54	1.79	230	4.93	121.1
55	1.75	230	4.41	111.4
56	1.74	230	3.81	104.2
57	1.68	230	3.52	102.2
58	1.62	230	3.29	95.6
59	1.61	230	3.1	90.3
60	1.58	230	2.77	85.4
61	1.56	230	2.49	81.8
62	1.53	230	2.25	78.1
63	1.51	230	2.1	74.2
64	1.47	230	1.87	71.5
65	1.45	230	1.73	69.1
66	1.43	230	1.61	66.2
67	1.41	230	1.5	64.3



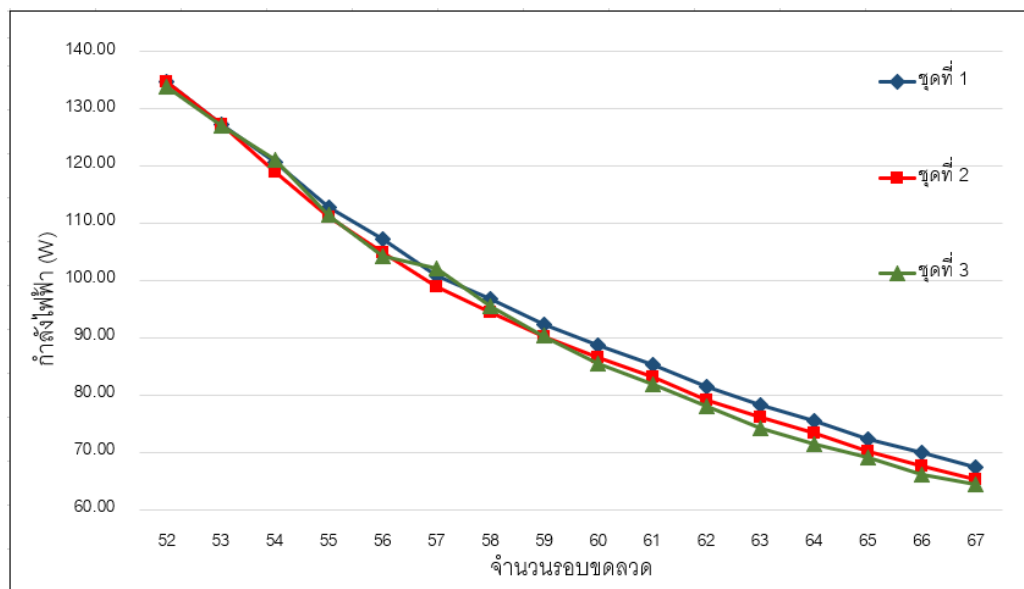
ภาพที่ 2 จำนวนรอบขดลวดกับค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก
ของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 3 ชุด

จากผลทดลองสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กกับจำนวนรอบของขดลวด ทั้ง 3 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 2 และสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้ากับจำนวนรอบของขดลวด ทั้ง 3 ชุด ดังแสดงในภาพที่ 3

ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า

จากการทดสอบค่าการสั่นสะเทือนที่มีค่าสูงจะเกิดขึ้นที่ความถี่ 100 Hz , 200 Hz , 300 Hz และ 400 Hz เท่านั้น

1) ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1 แสดงตารางที่ 5 และสามารถแสดงความสัมพันธ์จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1 แสดงในภาพที่ 4



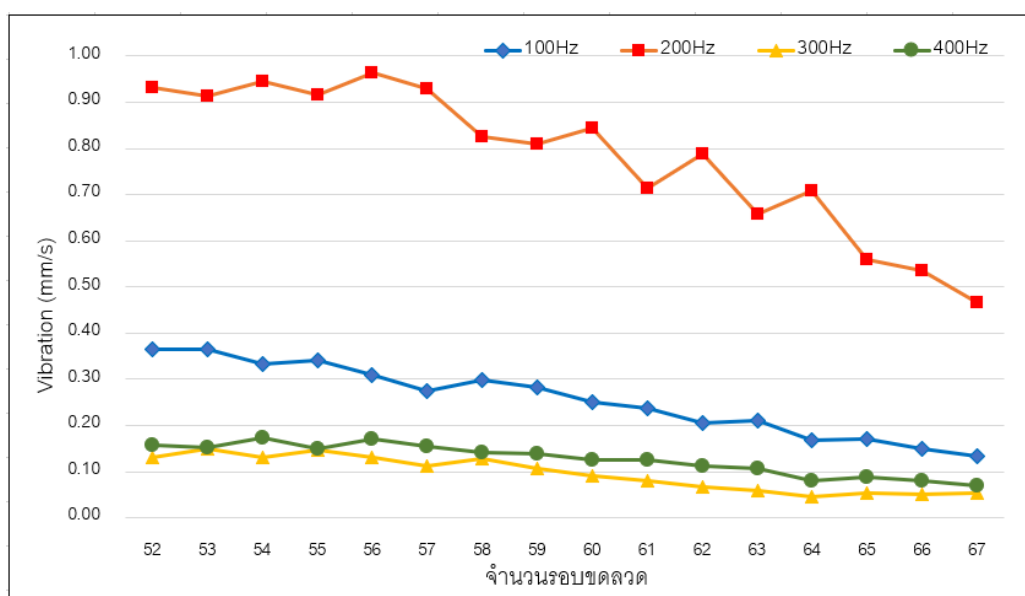
ภาพที่ 3 จำนวนรอบขดลวดกับค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 3 ชุด

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1

รอบ	Vibrations			
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz
52	0.364	0.932	0.132	0.157
53	0.364	0.914	0.150	0.151
54	0.333	0.946	0.130	0.172
55	0.341	0.917	0.147	0.151
56	0.310	0.965	0.130	0.170
57	0.273	0.929	0.112	0.155
58	0.297	0.825	0.128	0.142
59	0.282	0.809	0.107	0.139
60	0.249	0.844	0.091	0.125

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1 (ต่อ)

รอบ	Vibrations			
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz
61	0.238	0.715	0.079	0.127
62	0.206	0.787	0.066	0.112
63	0.210	0.658	0.060	0.107
64	0.168	0.709	0.047	0.081
65	0.171	0.559	0.053	0.088
66	0.148	0.534	0.051	0.079
67	0.135	0.466	0.055	0.071



ภาพที่ 4 จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 1

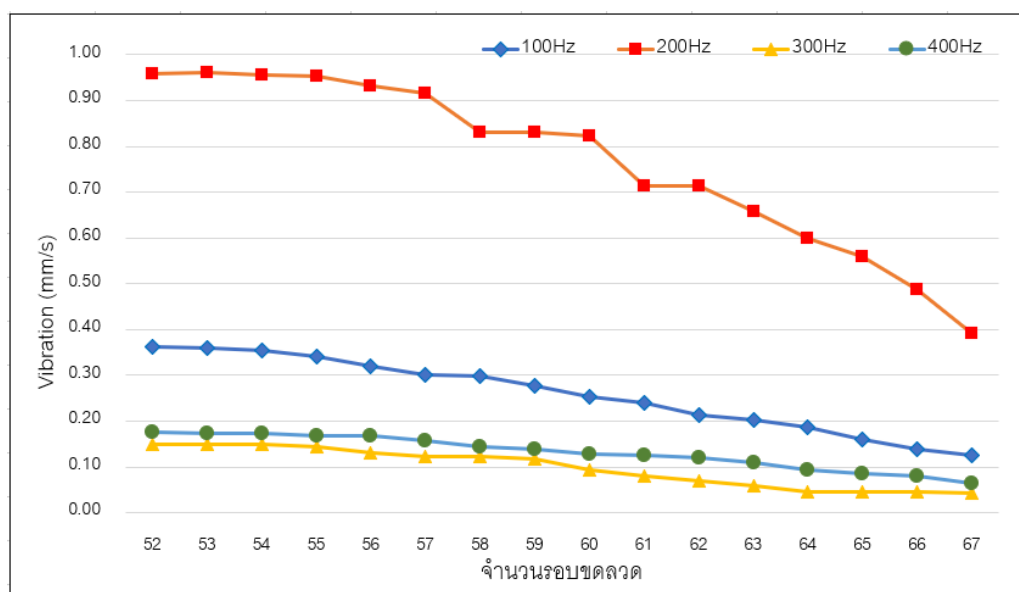
2) ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2 แสดงตารางที่ 6 และสามารถแสดงความสัมพันธ์จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2 แสดงในภาพที่ 5

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2

รอบ	Vibrations			
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz
52	0.362	0.959	0.149	0.175
53	0.359	0.962	0.150	0.172
54	0.354	0.956	0.150	0.172

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2 (ต่อ)

รอบ	Vibrations			
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz
55	0.341	0.954	0.145	0.168
56	0.320	0.931	0.132	0.167
57	0.302	0.915	0.122	0.156
58	0.297	0.831	0.123	0.145
59	0.278	0.830	0.117	0.139
60	0.252	0.824	0.092	0.128
61	0.239	0.715	0.081	0.127
62	0.213	0.712	0.069	0.120
63	0.204	0.658	0.059	0.110
64	0.188	0.599	0.047	0.095
65	0.161	0.559	0.046	0.085
66	0.138	0.488	0.044	0.079
67	0.125	0.392	0.042	0.064

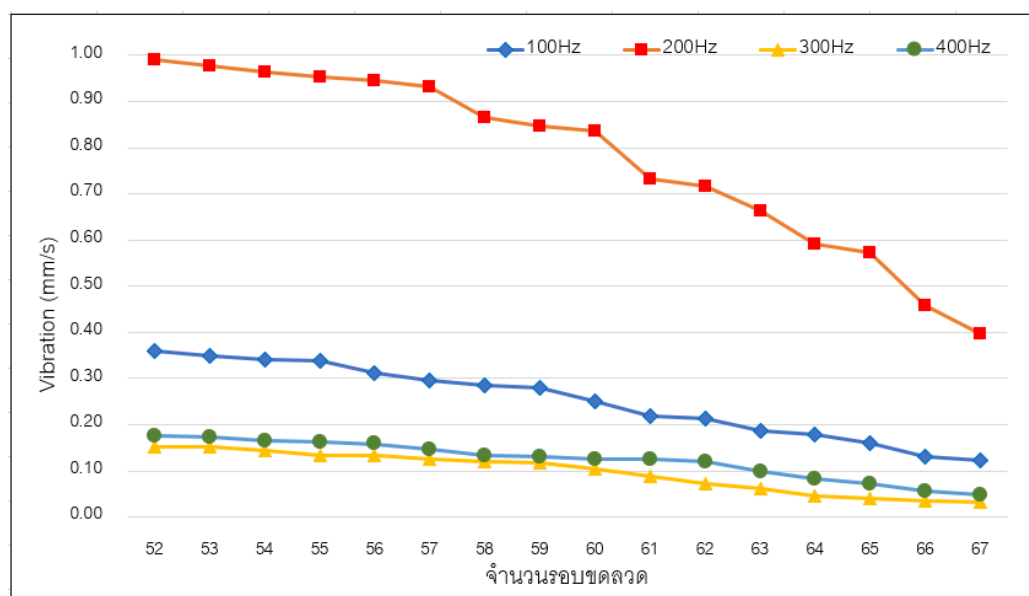


ภาพที่ 5 จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 2

3) ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3 แสดงตารางที่ 7 และสามารถแสดงความสัมพันธ์จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3 แสดงในภาพที่ 6

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3

รอบ	Vibrations			
	100 Hz	200 Hz	300 Hz	400 Hz
52	0.359	0.990	0.151	0.176
53	0.350	0.978	0.151	0.174
54	0.340	0.963	0.145	0.165
55	0.338	0.953	0.134	0.163
56	0.311	0.945	0.133	0.159
57	0.297	0.933	0.126	0.148
58	0.286	0.866	0.121	0.134
59	0.279	0.846	0.119	0.130
60	0.250	0.835	0.104	0.126
61	0.219	0.733	0.089	0.126
62	0.212	0.715	0.072	0.119
63	0.187	0.663	0.062	0.099
64	0.178	0.591	0.046	0.083
65	0.160	0.574	0.040	0.074
66	0.132	0.457	0.036	0.057
67	0.123	0.398	0.032	0.049



ภาพที่ 6 จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงไฟฟ้า ชุดที่ 3

จากการทดลองที่ความถี่ 200 Hz มีค่าการสั่นสะเทือนมากที่สุด มีผลกระทบกับหม้อแปลงไฟฟ้ามากที่สุด และความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 200 Hz กับจำนวนรอบของขดลวดสามารถแสดงดังภาพที่ 7

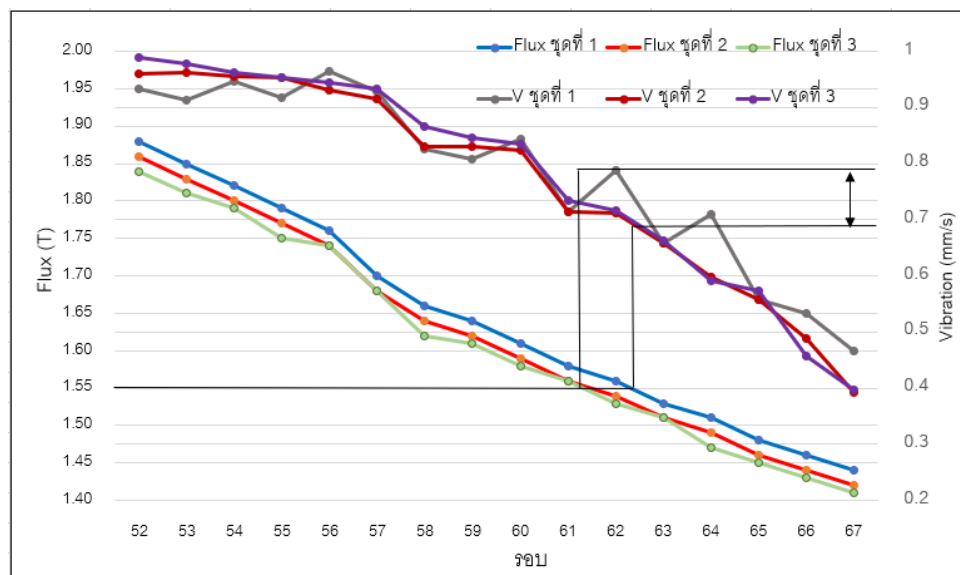


ภาพที่ 7 จำนวนรอบขดลวดกับการสั่นสะเทือนของหม้อแปลงที่ความถี่ 200 Hz ทั้ง 3 จุด

ผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า

จากการออกแบบเหล็กที่ใช้ในการทำแกนหม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีความซาบซึมได้สูง โดยแกนเหล็กจะต้องมีความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กไม่เกิน 1.55 เทสลา และผลการทดสอบการวัดความถี่ของการสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าทั้ง 3 จุด ที่ความถี่ 200 Hz ทั้ง 3 จุด แสดงดังภาพที่

8



ภาพที่ 8 การวัดค่าการสั่นสะเทือนเปรียบเทียบกับความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าที่ความถี่ 200 Hz ทั้ง 3 จุด

จากภาพที่ 8 ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กที่มีค่า 1.55 เทสลา ทำให้เกิดค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.67-0.79 mm/s

สรุปและอภิปรายผล

การทดลองการวัดค่าการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า พบว่าค่าการสั่นสะเทือนสูงสุดเกิดขึ้นที่ความถี่ 200 Hz เมื่อทำการทดลองโดยเริ่มต้นจากจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าที่ 67 รอบ ทั้ง 3 ชุด ผลการทดลองค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กอยู่ในช่วง 1.41 - 1.44 เทสลา ทำให้เกิดค่าการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 200 Hz อยู่ในช่วง 0.392 - 0.466 มิลลิเมตรต่อวินาที และเมื่อทำการทดลองจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าที่ 52 รอบ ทั้ง 3 ชุด ให้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กอยู่ในช่วง 1.84 - 1.88 เทสลา ทำให้เกิดค่าการสั่นสะเทือนที่ความถี่ 200 Hz อยู่ในช่วง 0.932 - 0.990 มิลลิเมตรต่อวินาที จากการทดลองเมื่อลดจำนวนรอบของขดลวดหม้อแปลงไฟฟ้าให้น้อยลงจะทำให้ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าเพิ่มมากขึ้น และค่าการสั่นสะเทือนที่ได้จากการทดลองก็เพิ่มขึ้นเช่นกันแสดงในภาพที่ 8 ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดการสั่นเพิ่มมากขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กกับการสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้า จากการทดลองพบว่า มีค่าแปรตามกัน ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กสูงขึ้น การสั่นสะเทือนของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าก็จะสูงตามไปด้วย จากหลักการออกแบบแกนเหล็กที่ใช้ในการผลิตหม้อแปลงไฟฟ้า [7] ค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กของแกนเหล็กหม้อแปลงไฟฟ้าไม่เกิน 1.55 เทสลา หากพิจารณาค่าความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็กที่มีค่า 1.55 เทสลา จะทำให้เกิดค่าการสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 0.67-0.79 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อพิจารณาการสั่นสะเทือนที่ได้จากการทดลองค่าการสั่นสะเทือนที่เหมาะสมไม่ควรเกินกว่า 0.67 มิลลิเมตรต่อวินาที หากค่าการสั่นสะเทือนเกินจากค่าที่กำหนดอาจส่งผลกระทบต่อขดลวด แกนเหล็ก และอุปกรณ์ต่าง ๆ ของหม้อแปลง หากการออกแบบนำค่าการสั่นสะเทือนนี้มาพิจารณาจะทำให้ลดค่าความสูญเสียและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Munjal, M. L. (2013). *Noise and vibration control*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- [2] Zawieska, W. M. (2007). A power transformer as a source of noise. *Int. J. Occup. Saf. Ergon*, 13(4), 381-389.
- [3] Masti, R. S., Desmet, W., and Heylen, W. (2004). On the influence of core laminations upon power transformer noise. *Proceedings of the International Conference on Noise and Vibration Engineering* (pp. 3851-3861). Leuven, Belgium.
- [4] Yuhong, C., and Lizhong, W. (2013). Finite element aided algorithms of transformer noise. *Transformer*, 50(6), 5-9. (in Chinese).
- [5] Lihua, Z., and Qingxin, Y. (2013). Research on vibration and noise of power transformer cores including magnetostriction effects. *Trans. Chin. Electrotech. Soc*, 28(4), 1-7.
- [6] Jingzhu, H., Dichen, L., Qingfen, L., Yang, Y., and Shanshan, L. (2016). Electromagnetic vibration noise analysis of transformer windings and core. *IET Electric Power Applications*, 10(4), 251-257.
- [7] Suechoey, B. (2021). *The design and implement of distribution transformer* (5th ed). Bangkok, Southeast Asia University.
- [8] Suechoey, B., and Siriporananon, S. (2023). Power losses analysis in a three-phase distribution transformer in normal load and over load condition using artificial neural networks technique. *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)*, 15(29), 1-12.