เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์ โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ

The Machine to Heating Bearings in the Motor Shaft Based on Induction and Temperature Control Theory

สัมฤทธิ์ ทิมา[1*] ชวลิต ชิดทอง [2] และกนกภรณ์ ไชยธงรัตน์[2]

Samrit Thima [1*] , Chowarit Chitthong [2] , Khanokporn Chaithongrat [2]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง(Quasi Experimental Research) มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อสร้างเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์ โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์ โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น หลังจากนั้นใช้แบบประเมินประสิทธิภาพเพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและใช้แบบสอบถามเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของตัวเครื่องใน 3 ด้าน คือ ด้านโครงสร้าง ด้านการใช้งาน และด้านพาณิชย์

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์ โดยทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ สามารถควบคุมอุณหภูมิตั้งแต่ 0 - 110 องศาเซลเซียส โดยการให้ความร้อนตลับลูกปืนโดยการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้า ตลับลูกปืน มี 3 ขนาดคือ ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร มีอัตราขยาย 0.25 มิลลิเมตร มีอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ค่าเฉลี่ย 0.243 มิลลิเมตร ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร มีอัตราขยาย 0.29 มิลลิเมตร มีอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ค่าเฉลี่ย 0.283 มิลลิเมตร และ ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร มีอัตราขยาย 0.31 มิลลิเมตร มีอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ค่าเฉลี่ย 0.323 มิลลิเมตร ซึ่งให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ทุกขนาด และมีความพึงพอใจในด้านโครงสร้างอยู่ในระดับ ค่าเฉลี่ย 4.33 ด้านการใช้งานอยู่ในระดับ ค่าเฉลี่ย 4.40 ด้านพาณิชย์อยู่ในระดับ ค่าเฉลี่ย 4.33 รวมเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน คือ 4.35 อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน , ทฤษฎีการเหนี่ยวนำ , ทฤษฎีการควบคุมอุณหภูมิ

[1] อาจารย์ , สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000.

[1] Lecture, Education Technical of Electrical Power ,Faculty of Education Technical, Rajamangala University of technology Isan khonkaen campus, khonkaen, 40000, Thailand.

[2] อาจารย์ , สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพขอนแก่น ตำบลชนบท อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น 40180.

[2] Teacher, Division of Electrical Power , Khonkaen Vocational College , Tumbon Chonabod , Ampher Chonabod, khonkaen,40000, Thailand.

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): plewtawan@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this quasi experimental research was to investigate the machine to heating bearings in the motor shaft based on induction and temperature control theory. The research tool for this research was the machine to heating bearings in the motor shaft , evaluate performance for assessing performance of the machine. Moreover , there was three sets of quality assessment form that structure, usability and commercial.

Then , the results of this research found the machine can control temperature between 0 – 110 ° C , which heating bearings by electric induction 3 size is 29.51 millimeter diameter bearings has Gain 0.25 millimeter and average Gain/Temperature is 0.24 millimeter, the 34.47 millimeter diameter bearings has Gain 0.29 millimeter and average Gain/Temperature is 0.28 millimeter and the 39.51 millimeter diameter bearings has Gain 0.31 millimeter and average Gain/Temperature is 0.32 millimeter, the heating temperature of 110 ° C, all sizes. The machine to heating bearings in the motor shaft based on induction and temperature control theory has got an average efficiency for the side of structure in 4.33 , for the side of usability has got an average efficiency in 4.40 and the side of commercial has got an average efficiency in 4.33. The total average efficiency is 4.35 which on good level.

Keywords: Bearings , Induction and Temperature Control Theory

บทนำ

ประเทศไทยสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2506-2509) โดยมีอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมสาขาแรกของประเทศที่ได้รับการสนับสนุน เนื่องจากความได้เปรียบของประเทศไทยจากการมีวัตถุดิบอุดมสมบูรณ์ การใช้เทคโนโลยีที่ไม่สูงนักในการผลิต และความเชื่อมโยงกับภาคการเกษตรซึ่งเป็นวิถีชีวิตของคนส่วนใหญ่ในประเทศ ต่อมาเมื่อประเทศไทยมีการพัฒนาทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง และมีการลงทุนจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น การให้ความสำคัญต่ออุตสาหกรรมหนัก หรืออุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรและเทคโนโลยีที่ทันสมัยได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างชัดเจนและเติบโตอย่างรวดเร็ว ด้วยความเชื่อที่ว่าการผลิตอุตสาหกรรมหนัก มีมูลค่าหรือราคาสินค้าสูง จึงน่าจะก่อให้เกิดประโยชน์กับประชาชนในประเทศสูงกว่าอุตสาหกรรมพื้นฐานอื่นๆ

อุปกรณ์ที่เป็นเสมือนกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรม คือ มอเตอร์ไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายเช่น พัดลมอุตสาหกรรม เครื่องเป่า ปั๊ม เครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน และดิสก์ไดร์ฟ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) เช่น จากแบตเตอรี่ ยานยนต์หรือวงจรเรียงกระแส หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) เช่น จากไฟบ้าน อินเวอร์เตอร์ หรือ เครื่องปั่นไฟ มอเตอร์ขนาดเล็กอาจจะพบในนาฬิกาไฟฟ้า มอเตอร์ทั่วไปที่มีขนาดและคุณลักษณะมาตรฐานสูงจะให้พลังงานกลที่สะดวกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดใช้สำหรับการใช้งานลากจูงเรือ และ การบีบอัดท่อส่งน้ำมันและปั๊มสูบจัดเก็บน้ำมันซึ่งมีกำลัง

ถึง 100 เมกะวัตต์ มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจำแนกตามประเภทของแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้า ตามโครงสร้างภายใน ตามการใช้งานหรือตามการเคลื่อนไหวของเอาต์พุต และอื่น ๆ

ปัจจุบันได้มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอีกมากมาย ประจวบกับเทคโนโลยีใหม่ก็ได้นำมาใช้ควบคุมกลไก ชิ้นส่วนของเครื่องจักรให้ทำงานเคลื่อนไหวตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการศึกษาคุณสมบัติ หน้าที่และการนำไปใช้งาน รวมทั้งขั้นตอนการถอดประกอบมอเตอร์ที่ถูกต้อง (มานพ และคณะ, 2540) มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล สำหรับในประเทศไทยมอเตอร์เป็นตัวจักรสำคัญที่ขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจของไทยให้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องด้วยร้อยละ 80 พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอยู่ที่มอเตอร์ไฟฟ้า ดังนั้นความสูญเสียส่วนใหญ่ในภาคอุตสาหกรรมจึงขึ้นอยู่กับมอเตอร์ และประสิทธิภาพของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในมอเตอร์ (บุญมี, 2550) อีกทั้งมอเตอร์ยังมีความสำคัญทางด้านการศึกษา โดยปกติแล้วมอเตอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านกำลังต่อไป แต่ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปพลังงานจะมีค่าความสูญเสียพลังงานต่างๆ อันเกิดจากโครงสร้างทางไฟฟ้าและทางกล ซึ่งความสูญเสียทางกลที่เกิดขึ้นเช่น ความสูญเสียเกิดจากความเสียดทานตลับลูกปืนของมอเตอร์ (สำเร็จ,2550) การสูญเสียทางกลประกอบด้วยการเสียดทานที่ลูกปืน และความเสียดทานเนื่องจากลมที่มากระทำกับอาร์เมเจอร์ที่หมุนไป การสูญเสียประมาณร้อยละ 10–20 ของ Full Load Losses เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน มีเฉพาะอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เพราะราคาเครื่องค่อนข้างสูง ทำให้อุตสาหกรรมขนาดเล็กใช้วิธีการขยายตลับลูกปืน โดยการนำค้อนมาตอกบนขอบตลับลูกปืนซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสม ทำให้ตลับลูกปืนเกิดความเสียหาย และการทำงานของมอเตอร์มีทิศทางการหมุนไม่สมดุลหรือการขับโหลดไม่ได้เต็มที่ ส่งผลกระทบให้มอเตอร์ชำรุดเสียหาย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญ และสนใจที่จะสร้างเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิเพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมการผลิตมอเตอร์ขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยเน้นสร้างเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

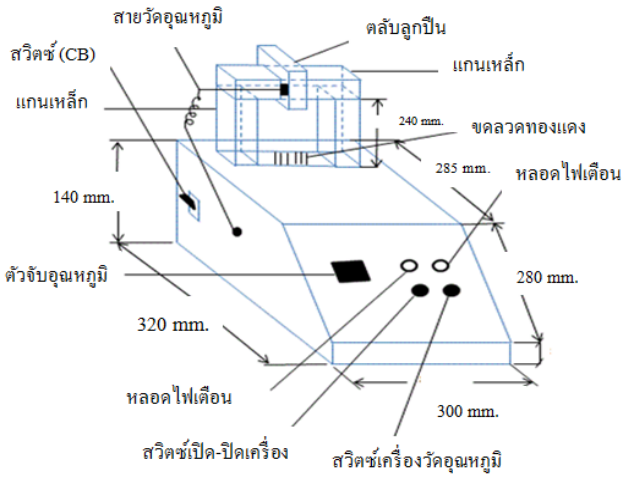
1. เพื่อสร้างเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ
2. เพื่อหาคุณภาพเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ

สมมติฐานการวิจัย

1. เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิมีผลการประเมินด้านคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านโครงสร้าง



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ

2. ขอบเขตด้านคุณลักษณะเฉพาะด้านเทคนิค

2.1 ควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 – 110 องศาเซลเซียส

2.2 ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 3 แอมแปร์

2.3 ให้ความร้อนตลับลูกปืนขนาดเล็ก ตั้งแต่เบอร์ 6006 – 6008

2.4 ให้ความร้อนตลับลูกปืนขนาดกลาง ตั้งแต่เบอร์ 6209 – 6215

2.5 ให้ความร้อนตลับลูกปืนขนาดใหญ่ ตั้งแต่เบอร์ 6316 – 6320

2.6 ให้ความร้อนตลับลูกปืน 1 ลูก ใช้ระยะเวลา 5 นาที

3. ขอบเขตด้านหลักการทำงานและการนำไปใช้งาน

3.1 นำตลับลูกปืนเข้าไปประกอบในแกนเหล็กด้านบนของเครื่องให้ความร้อนตลับลูกปืน

3.2 นำสายเทอร์โมคัปเปิ้ลไปจับที่ขอบด้านบนของตลับลูกปืน

3.3 เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ เครื่องจะเริ่มทำงานโดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า

3.4 เมื่อเครื่องเริ่มทำงานประมาณ 4-5 นาที และมีอุณหภูมิ 110 องศา ก็จะตัดระบบออก

3.5 ปลดเซอร์กิตเบรกเกอร์ออกจากวงจร

3.6 สวมถุงมือหนังเพื่อที่จะจับตลับลูกปืนไปประกอบใช้งานในแกนเพลามอเตอร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.1 ตลับลูกปืนทั่วไป

1.2 ความเหนี่ยวนำ

1.3 การให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำ

1.4 แม่เหล็ก

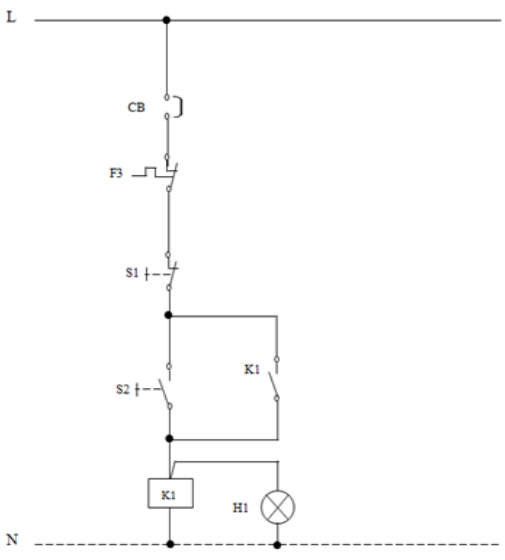
1.5 แมกเนติกคอนแทคเตอร์

1.6 เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิระบบดิจิตอล

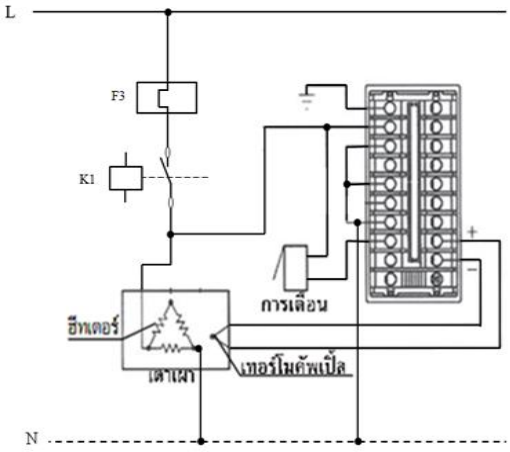
1.7 เทอร์โมคัปเปิ้ล

1.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์และออกแบบเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน



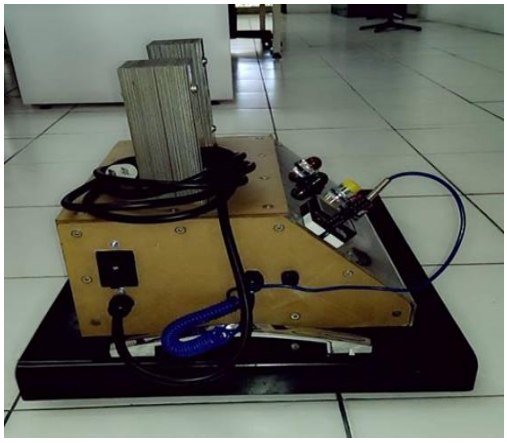
ภาพที่ 2 การออกแบบวงจรควบคุมของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน



ภาพที่ 3 การออกแบบวงจรกำลังของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน

3. สร้างเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน

ภาพที่ 4 ภาพด้านหน้าของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน



ภาพที่ 5 ภาพด้านข้างของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน

4. ทดสอบการทำงาน / ปรับปรุงแก้ไข

การทดสอบเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยใช้ทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ จะทดสอบด้วยเหล็กเพลาจำนวน 3 ขนาด และขนาดของตลับลูกปืนจำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร ขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร โดยตลับลูกปืนในแต่ละขนาดจะทดสอบจำนวน 10 ครั้งแต่ละครั้งจะให้ความร้อนเท่ากันทุกครั้ง นั่นคือ 110 องศาเซลเซียส

5. ประเมินคุณภาพของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืน จะใช้เกณฑ์การแปลความหมาย ดังต่อไปนี้

ระดับ 4.50 – 5.00	หมายถึง ดีมาก
ระดับ 3.50 – 4.49	หมายถึง ดี
ระดับ 2.50 – 3.49	หมายถึง พอใช้ได้
ระดับ 1.50 – 2.49	หมายถึง ควรปรับปรุง
ระดับ 1.00 – 1.49	หมายถึง ใช้ไม่ได้

6. เก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล จากผลการประเมินคุณภาพของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน

ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการทดสอบเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนที่ทดสอบด้วยเหล็กเพลาจำนวน 3 ขนาด และขนาดของตลับลูกปืนจำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร ขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร โดยตลับลูกปืนในแต่ละขนาดจะทดสอบ 10 ครั้งแต่ละครั้งจะให้ความ

ร้อนเท่ากันทุกครั้ง นั่นคือ 110 องศาเซลเซียส โดย อุณหภูมิโดยอัตโนมัติ เสนอดังข้อมูลในตารางต่อไปนี้ เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิจะทำหน้าที่ตรวจจับ

ตารางที่ 1 การหาค่าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและอัตราการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร			
เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
		รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
0	28	29.51	0
30	40	29.54	0.03
60	52	29.56	0.05
90	62	29.58	0.07
120	70	29.60	0.09
150	79	29.63	0.12
180	89	29.66	0.15
210	96	29.69	0.18
240	100	29.72	0.21
270	105	29.74	0.23
300	110	29.76	0.25

ตารางที่ 2 การหาค่าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและอัตราการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร			
เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
		รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
0	28	34.47	0
30	44	34.50	0.03
60	51	34.54	0.07
90	60	34.57	0.10
120	66	34.60	0.13
150	73	34.63	0.16
180	81	34.67	0.20
210	88	34.69	0.22
240	95	34.71	0.24
270	100	34.73	0.26
300	105	34.74	0.27

330	110	34.76	0.29

ตารางที่ 3 การหาค่าอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิและอัตราการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร			
เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
		รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
0	28	39.51	0
30	44	39.55	0.04
60	53	39.60	0.09
90	62	39.65	0.14
120	71	39.70	0.19
150	81	39.74	0.23
180	91	39.78	0.27
210	100	39.80	0.29
240	110	39.82	0.31

ตารางที่ 4 การหาค่าอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ในการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร				
จำนวน (ครั้ง)	เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
			รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
1	300	110	29.76	0.25
2	300	110	29.74	0.23
3	300	110	29.75	0.24
4	300	110	29.78	0.27
5	300	110	29.74	0.23
6	300	110	29.72	0.21
7	300	110	29.77	0.26
8	300	110	29.78	0.27
9	300	110	29.75	0.24
10	300	110	29.74	0.23
				$\bar{X}$ = 0.24

ตารางที่ 5 การหาค่าอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ในการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร				
จำนวน (ครั้ง)	เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
			รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
1	330	110	34.76	0.29
2	330	110	34.78	0.31
3	330	110	34.77	0.30
4	330	110	34.74	0.27
5	330	110	34.72	0.25
6	330	110	34.77	0.30
7	330	110	34.74	0.27
8	330	110	34.75	0.28
9	330	110	34.77	0.30
10	330	110	34.73	0.26
				$\overline{X}$ = 0.28

ตารางที่ 6 การหาค่าอัตราขยายเฉลี่ย / อุณหภูมิ ในการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง

ตลับลูกปืนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร				
จำนวน (ครั้ง)	เวลาในการให้ความร้อน (วินาที)	อัตราของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราการขยาย	
			รัศมี (มิลลิเมตร)	ผลต่าง (มิลลิเมตร)
1	240	110	39.82	0.31
2	240	110	39.80	0.29
3	240	110	39.83	0.32
4	240	110	39.82	0.31
5	240	110	39.84	0.33
6	240	110	39.83	0.32
7	240	110	39.85	0.34
8	240	110	39.83	0.32
9	240	110	39.85	0.34
10	240	110	39.86	0.35

				$\bar{X}$ = 0.32

จากการทดสอบทั้งหมดกับตลับลูกปืนจำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร 34.47 มิลลิเมตร และ 39.51 มิลลิเมตร พบว่ารัศมีของตลับลูกปืนที่มีรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยจะมีอัตราการขยายน้อยและรัศมีของตลับลูกปืนที่มีรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากจะมีอัตราการขยายมาก

การประเมินคุณภาพของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนโดยผู้เชี่ยวชาญ ดำเนินการโดยเก็บรวบรวมข้อมูล จากผลการประเมินคุณภาพของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง

ข้อที่	ด้านโครงสร้าง	$\bar{X}$	S.D.	แปลความหมาย
1.	การออกแบบโครงสร้างการวางอุปกรณ์ได้เหมาะสม	4.0	0	ดี
2.	การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรงและทนทาน	5	0	ดีมาก
3.	ขนาดของตัวอักษรแสดงสถานะอุณหภูมิได้เหมาะสม	4.0	0	ดี
	รวม	4.33	0	ดี

ตารางที่ 8 ผลการประเมินคุณภาพด้านการนำไปใช้งาน

ข้อที่	ด้านการใช้งาน	$\bar{X}$	S.D.	แปลความหมาย
1.	ระยะเวลาต่ออัตราการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลาง	4.0	0	ดี
2.	อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ	4.0	0	ดี
3.	ตำแหน่งวางอุปกรณ์สวิตซ์ควบคุม	4.66	0.57	ดีมาก
4.	สามารถใช้ความร้อนในแกนเพลามอเตอร์ได้ 110°c	4.66	0.57	ดีมาก
5.	เสียงเตือนขณะหยุดการทำงาน	4.0	0	ดี
6.	ความสะดวกในการใช้งาน	4.66	0.57	ดีมาก
7.	ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.57	ดี
8.	มีความเหมาะสมกับระดับผู้ใช้งาน	4.33	0.57	ดี
9.	ความชัดเจนของจอแสดงผล	4.66	0.57	ดีมาก
10.	ความเหมาะสมสำหรับใช้ในการเรียนการสอน	4.66	0.57	ดีมาก
	รวม	4.40	0.39	ดี

ตารางที่ 9 ผลการประเมินคุณภาพด้านพาณิชย์

ข้อที่	ด้านพาณิชย์	$\bar{X}$	S.D.	แปลความหมาย
1.	อัตราการสิ้นเปลืองกระแสขณะทำงาน	4.0	0	ดี
2.	ความเหมาะสมของราคาต้นทุน	4.33	0.57	ดี
3.	ขนาดและความสะดวกในการเคลื่อนย้าย	4.66	0.57	ดีมาก

	รวม	4.33	0.38	ดี

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านโครงสร้างของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น อยู่ในระดับดี ที่คะแนนเฉลี่ย 4.33 โดยหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุด คือ การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรงและทนทาน ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านการใช้งานของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ อยู่ในระดับดี ที่คะแนนเฉลี่ย 4.40 โดยหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ตำแหน่งวางอุปกรณ์สวิทซ์ควบคุม ความสะดวกในการใช้งาน ความชัดเจนของจอแสดงผล ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านพาณิชย์ของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ อยู่ในระดับดี ที่คะแนนเฉลี่ย 4.33 โดยหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุดคือ ขนาดและความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ได้ระดับคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

ดังนั้นคุณภาพโดยรวมของเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญพบว่า ในแต่ละด้านมีค่าไม่ต่ำกว่า 3.50 หรือมีคุณภาพอยู่ในระดับดี เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าจากการทดสอบเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยทฤษฎีการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิกับตลับลูกปืนจำนวน 3 ขนาด คือ ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร ขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร พบว่ารัศมีของตลับลูกปืนที่มีรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยจะมีอัตราการขยายน้อยและรัศมีของตลับลูกปืนที่มีรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากจะมีอัตราการขยายมากตามขนาดของรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางตลับลูกปืนแต่ละขนาด

ผลด้านการประเมินผลคุณภาพ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นในด้านต่างๆ เกี่ยวกับเครื่องทำความร้อนตลับลูกปืนในเพลามอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำและควบคุมอุณหภูมิ มีคุณภาพในด้านโครงสร้างที่ระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.33 คุณภาพในด้านการใช้งานที่ระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.40 คุณภาพในด้านพาณิชย์ที่ระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.33 รวมเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน คือ 4.35 อยู่ในระดับดีเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

อภิปรายผล

จากการทดสอบของตลับลูกปืนในแต่ละขนาด จะเห็นว่าขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 29.51 มิลลิเมตร จะมีอัตราการขยายน้อยกว่าขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 34.47 มิลลิเมตร และขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 39.51 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้นขนาดของตลับลูกปืนขนาดรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยจะขยายน้อยกว่าตลับลูกปืนขนาดรัศมีเส้นผ่านศูนย์กลางมาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต

ขอนแก่น ที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ในการดำเนินการวิจัย รวมถึงเป็นสถานที่ทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ไชยชาญ หินเกิด . 2550. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ**. บริษัทพัฒนาวิชาการ จำกัด, กรุงเทพมหานคร.

ธวัช เกิดชื่น . 2546. **เครื่องกลไฟฟ้า 1**. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

บุญมี บุญยะผลานันท์.2550. **การควบคุมมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า**. ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,กรุงเทพมหานคร.

มานพ ต้นตระบัณฑิตย์. 2540.**ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล**. บริษัทประชาชน, กรุงเทพมหานคร.

วัชระ ภูดอนม่วง. วัชรากร แสนสุข. 2550. เครื่องทำน้ำวนควบคุมอุณหภูมิ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น.

สัมพันธ์ หาญชเล. 2536. **เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง**. รามาการพิมพ์ , กรุงเทพมหานคร.