

ผลของมุมการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าที่มีต่อการวัดพลังงานไฟฟ้าของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบ เหนี่ยวนำ ระบบ 1 เฟส

The effect of installation angle on the electrical energy measurement of an induction type single phase kilowatt hour meter

พิชณุกรณ์ พิมพอักษร¹ อาคม แก้วระวัง^{2*} สงวน บุญปัญญารักษ์²

¹สาขาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Pissanukorn Pimaksorn¹ Arkom Kaewrawang^{2*} Sa-Nguan Boonpanyarak²

¹Department of Energy Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002

²Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University,
Khon Kaen, 40002

*Corresponding author Email: arkom.kaewrawang@gmail.com

(Received: March 21, 2021; Accepted: July 12, 2021)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมิเตอร์ไฟฟ้าถูกติดตั้งในลักษณะคว่ำหน้าและเอียงข้างบ่อยครั้ง อาจเป็นสาเหตุความผิดพลาดของมิเตอร์ไฟฟ้า วัดผลประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อหาผลของมุมการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ระบบ 1 เฟส ที่มีต่อการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า งานวิจัยนี้ใช้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่มีขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์ ระบบ 1 เฟส และปรับมุมการติดตั้งในลักษณะคว่ำหน้าและเอียงข้างปรับครั้งละ 5 องศา จาก 0 ถึง 90 องศา โดยป้อนพลังงานไฟฟ้าคงที่แล้ววัดผลการทดลอง พบว่าเมื่อมีการติดตั้งในลักษณะคว่ำหน้าและเอียงข้างมากขึ้น ทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำหมุนช้าขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้ว่าจะมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่ต่างกันแต่พลังงานไฟฟ้ายังเท่าเดิม ผลการทดลองที่ได้ก็จะมีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลกระทบของมุมมองการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะมีมากขึ้นหากมีการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยลง และหากคุณภาพของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำต่ำ ผลกระทบของมุมที่ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดความเป็นธรรมในการซื้อ-ขาย พลังงานไฟฟ้าระหว่างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและผู้ใช้ไฟฟ้า และเป็นข้อมูลสำคัญในการออกนโยบายเพื่อลดค่าสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

คำสำคัญ: มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ มุมการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

ABSTRACT

Nowadays, a kilowatt hour meter is often installed in a tilted manner. It may cause the error of kilowatt hour meter. The objective of this research is to investigate the effect of installation angle

on the electrical energy measurement of the single phase kilowatt hour meter. This research was carried out with an induction type kilowatt hour meter with a rated current of 5(15) A single phase and adjusted the installation angle in the face down and sideways by adjusted 5° increment from 0° to 90° by constant electric energy. The results were found that if installation angle are increase, the turntable of the induction type kilowatt hour meter will be more slowly even though there are different power factor values but the electric energy remains the same. The results obtained were not significantly different. But, the effect of installation angle of the induction type kilowatt hour meter will be more if current and quality of the induction type kilowatt hour meter is low. Therefore, this research will be important information in considering the improvement of the operating process in order to achieve fairness in buying-selling electricity between Provincial Electricity Authority and electricity (PEA) users and it is for policy to reduce the electricity loss of PEA.

Keywords: Induction type kilowatt hour meter, Installation angle of induction type kilowatt hour meter, Error of an induction type kilowatt hour meter.

1. บทนำ

การให้บริการและจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) [1] จะวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายผ่านมิเตอร์ไฟฟ้า [2] เมื่อมิเตอร์ไฟฟ้าทำการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เที่ยงตรง ทำให้เกิดหน่วยสูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นตามค่าความคลาดเคลื่อน (% error) ของมิเตอร์ไฟฟ้า ก่อให้เกิดการสูญเสียรายได้ เมื่อรวมกันทั้งประเทศ ทำให้เกิดการสูญเสียรายได้เป็นจำนวนมหาศาล โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมรับได้อยู่ระหว่างร้อยละ -2.5 ถึงร้อยละ +2.5 [3] แต่สภาพการใช้งานมิเตอร์ไฟฟ้าจริงนั้น ถูกติดตั้งในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ และมีหลายปัจจัยที่ทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เที่ยงตรง เช่น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ [4] อีกทั้งความผิดเพี้ยนของกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า (harmonics) ที่มาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้านผู้ใช้ไฟฟ้า [5], [6] หรือแม้กระทั่งแรงของสนามแม่เหล็กจากภายนอกก็ส่งผลกระทบต่อมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้ทำงานคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน [7] และบางครั้งภายหลังจากการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าไปแล้วนั้น มีปัจจัยทางกายภาพต่างๆ ที่เป็นสาเหตุให้มิเตอร์ไฟฟ้า

แบบเหนี่ยวนำมีการติดตั้งที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด [8], [9] กล่าวคืออาจอยู่ในลักษณะที่คว่ำหน้าหรือเอียงข้าง ซึ่งมีเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่ติดตั้งอยู่ในลักษณะคว่ำหน้าหรือเอียงข้างเป็นลักษณะการติดตั้งทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำได้

ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และหาผลกระทบของมุมเอียงในการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำต่อการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการหาปัจจัยของความคลาดเคลื่อนในการวัดพลังงานไฟฟ้าของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ เมื่อพบความสัมพันธ์ระหว่างมุมมองในการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำและเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยก็สำคัญจะเป็นประโยชน์ในการตระหนักถึงความสำคัญในการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำและเป็นแนวทางการปฏิบัติงาน รวมทั้งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการร่างนโยบายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อให้เกิดความเป็นธรรมในการซื้อ-ขาย พลังงานไฟฟ้า ระหว่างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและผู้ใช้ไฟฟ้า

2. หลักการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ คือเครื่องมือที่ใช้ในวัดกำลังไฟฟ้าทั้งหมดที่ส่งหรือใช้ไปในเวลาหนึ่ง ใช้ได้สำหรับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เท่านั้น ดังสมการที่ 1

$$W = \int_0^t v(t)i(t) dt \quad (1)$$

โดย $v(t)$ คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์

$i(t)$ คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์

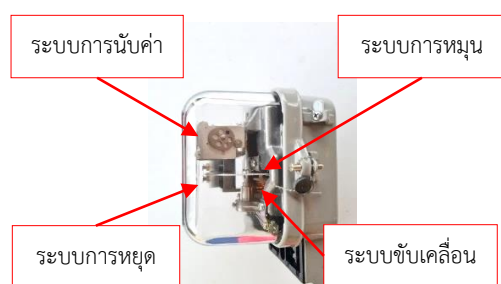
t คือ เวลา หน่วยเป็น วินาที

W คือ พลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น จูลหรือวัตต์วินาที แต่ในเชิงพาณิชย์พลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ชั่วโมง

โครงสร้างของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญคือ ระบบขับเคลื่อน (driving system) ระบบการหมุน (moving system) ระบบการหยุด (braking system) และระบบการนับค่า (registering system) ดังรูปที่ 1



(ก) ลักษณะด้านหน้าของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ



(ข) ลักษณะด้านข้างของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ
รูปที่ 1 ลักษณะของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

โดยมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีหลักการทำงาน คืองานอะลูมิเนียมที่หมุนเกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแรงดันและขดลวดกระแส สร้างสนามแม่เหล็กให้งานอะลูมิเนียมที่อยู่ระหว่างขดลวดทั้งสองนี้ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดขึ้นกับงานอะลูมิเนียม ทำให้เกิดแรงผลักให้งานอะลูมิเนียมหมุน และขับเฟืองชุดตัวเลขแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า

3. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 เตรียมอุปกรณ์ในการวิจัย

3.1.1 มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ระบบ 1 เฟส ชั้น 2

3.1.2 แท่นทดลองที่สามารถปรับองศาการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำได้ โดยสามารถปรับมุมการติดตั้งในลักษณะคว่ำหน้าได้ไม่น้อยกว่า 90 องศา และสามารถปรับมุมการติดตั้งในลักษณะเอียงข้างได้ไม่น้อยกว่า 90 องศา เพื่อใช้จำลองสภาวะการติดตั้งในลักษณะมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 0 – 90 องศา ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แท่นทดลองที่สามารถปรับองศาการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำได้
และเอียงข้าง (α) ได้

3.1.3 โหลดไฟฟ้าเทียม ใช้หลอดไฟฟ้าชนิดเผาไส้ 200 วัตต์ จำนวน 2 หลอด 100 วัตต์ จำนวน 1 หลอด

และ 60 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 2.6 แอมแปร์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 0.978 ใช้หลอดไฟฟ้าชนิดเผาไส้ 200 วัตต์ จำนวน 5 หลอด และ 100 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 5 แอมแปร์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 0.991 ใช้หลอดไฟฟ้าชนิดเผาไส้ 200 วัตต์ จำนวน 8 หลอด 60 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 7.6 แอมแปร์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 0.996 ใช้ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ 18 วัตต์ จำนวน 12 ชุด หลอดเผาไส้ 100 วัตต์ จำนวน 1 หลอด 60 วัตต์ จำนวน 1 หลอด LED 12 วัตต์ จำนวน 2 หลอด 15 วัตต์ จำนวน 1 หลอด จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าประมาณ 4.4 แอมแปร์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าเป็น 0.578

3.1.4 เครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ โดยรับแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า 154 โวลต์ ถึง 264 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าด้านออก 220 โวลต์ ± 1 เปอร์เซ็นต์

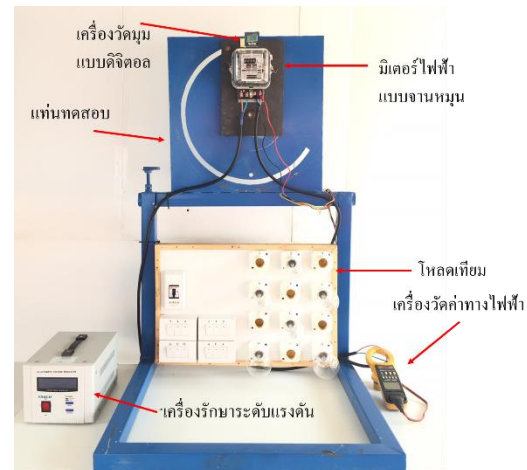
3.1.5 เครื่องวัดองศาแบบดิจิทัล

3.1.6 เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า Clamp-On Power Meter ที่ความถี่ 45 – 66 เฮิร์ต ค่าความเที่ยงตรงของการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า คือ $\pm 1.0 \% \text{rdg.} \pm 3 \text{ dgt.}$ และค่าความเที่ยงตรงของการวัดค่ากระแสไฟฟ้า คือ $\pm 1.3 \% \text{rdg.} \pm 3 \text{ dgt.}$ ความเที่ยงตรงของการวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power factor) คือ $\pm 3^\circ \pm 2 \text{ dgt}$

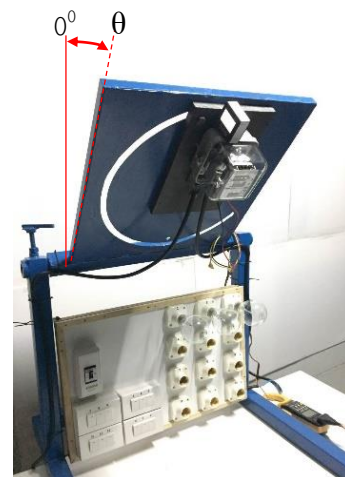
3.1.7 เครื่องจับเวลาและเครื่องนับรอบ

3.2 วิธีการทำวิจัย

ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์ เข้ากับแท่นทดลองโดยติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งมุมคว่ำหน้า (θ) 0 องศา มุมเอียงข้าง (α) 0 องศา ต่อแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านเครื่องรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ 220 โวลต์ จากนั้นต่อโหลดเทียมเข้ากับมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำฝั่งขาออก โดยใช้เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าวัดค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า โดยลักษณะการจัดเตรียมอุปกรณ์และการติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3



(ก) ส่วนประกอบในการเตรียมการทดลอง



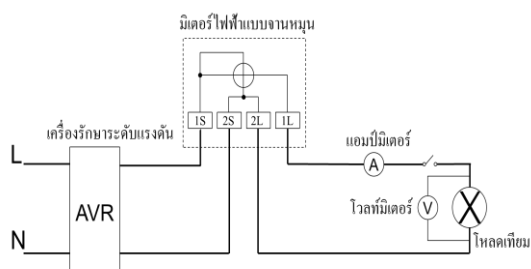
(ข) ลักษณะมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทำมุมคว่ำหน้า (θ)



(ค) ลักษณะมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทำมุมเอียงข้าง (α)

รูปที่ 3 ลักษณะของการจัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

จากนั้นทำการทดลองและเก็บค่าทางไฟฟ้าไปคำนวณเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องมือวัดต่อไป โดยมีการต่อวงจรทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ไดอะแกรมการต่อวงจรไฟฟ้าของงานวิจัย

แล้วทำการทดลองโดยจ่ายไฟฟ้าทางด้านแหล่งจ่ายผ่านมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำไปยังโหลดการใช้ไฟฟ้าที่ตั้งค่าไว้แล้ว จากนั้นทำการนับรอบการหมุนของจานหมุนในมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ โดยที่จานหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะมีแถบสีดำเพื่อใช้ในการนับรอบเมื่อแถบสีดำของจานหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำหมุนกลับมาตำแหน่งเดิมคือการครบรอบ 1 รอบ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้จำนวนรอบในการทดลอง 150 รอบ ซึ่งเป็นจำนวนรอบที่ทำการทดลองในสภาวะการติดตั้งมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 0 องศา แล้วเกิดค่าความผิดพลาดจากผู้ทดลองน้อยที่สุดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำกับค่าความผิดพลาดจากผู้วิจัยในสภาวะการติดตั้งมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 0 องศา

จำนวนรอบ การหมุน (รอบ)	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 1	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 2	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 3	เฉลี่ยเวลา (วินาที)	E _{หมุน} (Wh)	E _{วัด} (Wh)	%error
25	68.60	68.97	68.19	68.59	20.83	20.77	0.31
50	138.02	137.85	137.90	137.92	41.67	41.76	0.23
100	274.03	274.76	274.73	274.51	83.33	83.12	0.25
150	412.95	412.31	411.75	412.34	125.00	124.86	0.11
200	550.64	549.61	548.75	549.67	166.67	166.44	0.13
250	687.90	686.81	685.84	686.85	208.33	207.98	0.17
300	825.08	824.02	822.58	823.89	250.00	249.48	0.21
350	962.41	960.71	959.88	961.00	291.67	291.00	0.23
400	1099.95	1097.15	1096.85	1097.98	333.33	332.48	0.26
450	1237.08	1234.17	1233.90	1235.05	375.00	373.98	0.27
500	1374.24	1372.00	1371.03	1372.42	416.67	415.58	0.26
550	1511.44	1508.65	1508.08	1509.39	458.33	457.05	0.28
600	1648.73	1645.27	1645.15	1646.38	500.00	498.53	0.29
650	1785.76	1782.13	1782.43	1783.44	541.67	540.04	0.30
700	1922.71	1919.41	1919.72	1920.61	583.33	581.57	0.30
750	2059.82	2056.82	2056.94	2057.86	625.00	623.13	0.30
800	2196.57	2193.80	2194.03	2194.80	666.67	664.60	0.31
850	2334.04	2330.67	2331.26	2331.99	708.33	706.14	0.31

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำกับค่าความผิดพลาดจากผู้ทดลองในสถานะการติดตั้งมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 0 องศา (ต่อ)

จำนวนรอบ การหมุน (รอบ)	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 1	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 2	เวลา (วินาที) ครั้งที่ 3	เฉลี่ยเวลา (วินาที)	$E_{\text{หมุน}}$ (Wh)	$E_{\text{วัด}}$ (Wh)	%error
900	2472.10	2467.55	2468.12	2469.26	750.00	747.70	0.31
950	2609.63	2604.68	2604.78	2606.36	791.67	789.22	0.31
1000	2746.73	2741.75	2741.77	2743.42	833.33	830.72	0.31
1050	2883.92	2879.23	2878.77	2880.64	875.00	872.27	0.31
1100	3021.64	3017.08	3015.91	3018.21	916.67	913.93	0.30
1150	3159.63	3154.84	3152.72	3155.73	958.33	955.57	0.29
1200	3296.95	3291.74	3289.77	3292.82	1000.00	997.08	0.29

หมายเหตุ : ตัวพิมพ์หนาในตาราง คือ จำนวนรอบที่ใช้ทดลอง ที่ทำให้ได้ค่า %error น้อยที่สุด

จากนั้นบันทึกเวลาที่ได้จากการจับเวลาการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ จำนวน 150 รอบ และทำการทดลองซ้ำ 3 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลา แล้วทำการคำนวณและเปรียบเทียบระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องมือวัดตามสมการที่ (2) และค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำตามสมการที่ (3) เพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการติดตั้ง ตามสมการที่ (4) ซึ่งเป็นวิธีเดียวกันกับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคใช้หาความคลาดเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ [10] โดยทำการทดลองดังกล่าวข้างต้นแต่ปรับตำแหน่งการติดตั้งมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) จากมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 0 องศา ไปจนถึง มุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) 90 องศา เพื่อหาผลกระทบของมุมการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำต่อการวัดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งหากพิจารณาเงื่อนไขการทดลองทางไฟฟ้า ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ต้องอยู่ระหว่างร้อยละ -2.0 ถึงร้อยละ +2.0 ตามข้อกำหนดของ มอก. 2336-2552 [11] ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบคือ

1. ทำการทดลองโดยคงที่กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.991 โดยปรับมุมองศาการคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่

ละ 5 องศา โดยเริ่มจาก 0 – 90 องศา เพื่อดูแนวโน้มผลกระทบของมุมองศาการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำอย่างละเอียด

2. ทำการทดลองโดยใช้กระแสไฟฟ้า 2.6 และ 7.6 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ตามขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น โดยปรับมุมองศาการคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่ละ 15 องศา โดยเริ่มจาก 0 – 90 องศา เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของมุมองศาการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ที่เกิดจากผลของกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป

3. ทำการทดลองโดยให้พลังงานไฟฟ้าคงที่ ประมาณ 125 วัตต์ชั่วโมง แต่ปรับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่าแตกต่างกัน คือ 0.991 และ 0.578 โดยปรับมุมองศาการคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่ละ 15 องศา โดยเริ่มจาก 0 – 90 องศา เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของมุมองศาการติดตั้งของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ที่เกิดจากผลของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไป

4. ทำการทดลองโดยคงที่กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.991 โดยปรับมุมองศาการคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่ละ 15 องศา โดยเริ่มจาก 0 – 90 องศา แต่ใช้ผลิตภัณฑ์ที่

มีเครื่องหมายการค้า (ยี่ห้อ) ที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของมุมมองการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ที่เกิดจากคุณภาพของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำของแต่ละผลิตภัณฑ์

3.3 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

สมการที่ใช้คำนวณในงานวิจัย มีดังนี้

$$W_{\text{วัด}} = \frac{V \times I \times \cos\theta \times t}{3,600} \quad (2)$$

โดย $W_{\text{วัด}}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องมือวัด หน่วยเป็น วัตต์ชั่วโมง

V คือ แรงดันไฟฟ้า หน่วยเป็น โวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้า หน่วยเป็น แอมแปร์

$\cos\theta$ คือ ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

t คือ เวลา หน่วยเป็น วินาที

$$W_{\text{ทฤษฎี}} = \frac{N \times 1,000}{n} \quad (3)$$

โดย $W_{\text{ทฤษฎี}}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบจานหมุน หน่วยเป็น วัตต์ชั่วโมง

N คือ จำนวนรอบในการหมุนของจานหมุนของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น รอบ

n คือ จำนวนรอบต่อหนึ่งหน่วยการใช้ไฟฟ้า เป็นค่าคงที่ หน่วยเป็น รอบต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

$$\%error = \left| \left(\frac{W_{\text{ทฤษฎี}}}{W_{\text{วัด}}} - 1 \right) \right| \times 100 \quad (4)$$

โดย %error คือ ความคลาดเคลื่อนของการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ หน่วยเป็น ร้อยละ

$W_{\text{ทฤษฎี}}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ หน่วยเป็น วัตต์ชั่วโมง

$W_{\text{วัด}}$ คือ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องมือวัด หน่วยเป็น วัตต์ชั่วโมง

4. ผลและอภิปรายผลการวิจัย

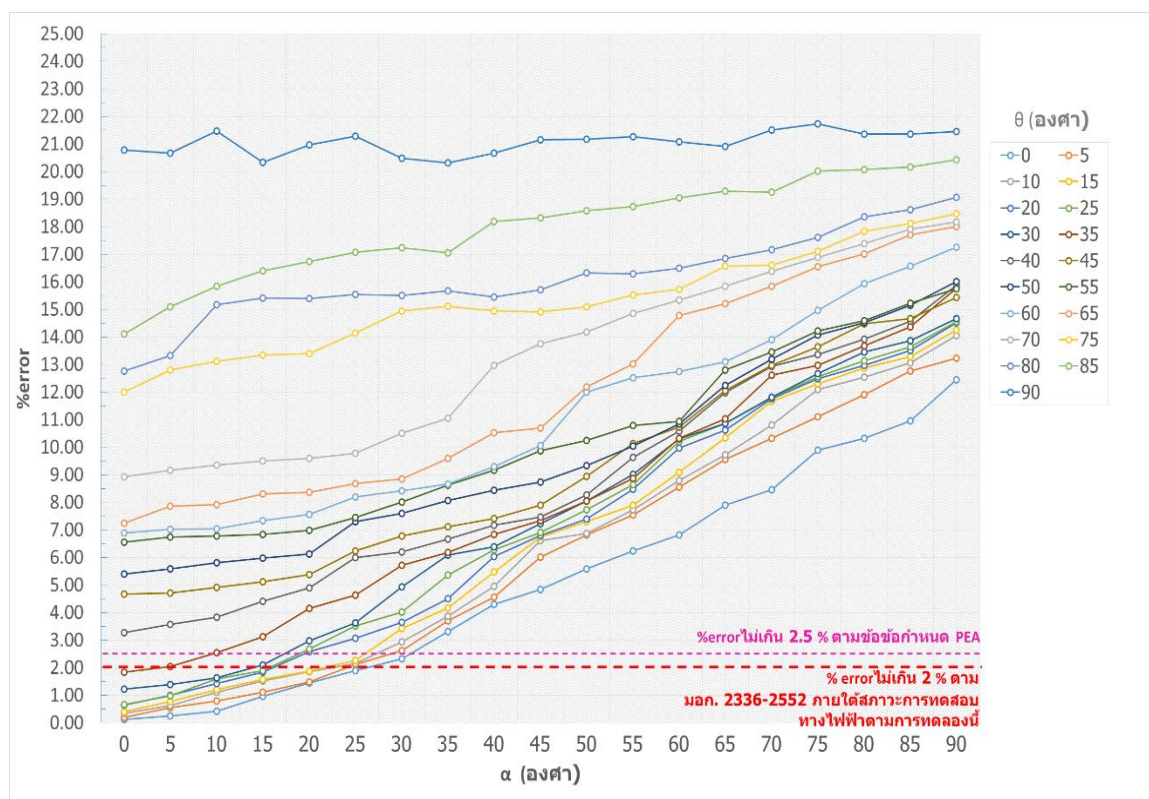
จากการทดลองการทำงานของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์ ตามการทดลองรูปแบบที่ 1 พบว่าหากมุมติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำคว่ำหน้าด้วยมุมคงที่ (θ คงที่) และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทำงานคลาดเคลื่อนมากขึ้น ในทำนองเดียวกัน หากมุมติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเอียงข้างด้วยมุมคงที่ (α คงที่) และปรับมุมคว่ำหน้า (θ) ให้เพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำทำงานคลาดเคลื่อนมากขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 5

กล่าวคือเมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 0 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 30 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 5 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 25 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 10 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 25 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 15 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 25 องศาเป็นต้นไป



รูปที่ 5 ความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่เพิ่มขึ้น ตามมุมติดตั้งคว่ำหน้า (θ) – มุมเอียงข้าง (α) ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 20 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 20 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 25 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 20 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 30 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทาง

ไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 15 องศาเป็นต้นไป

เมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) คงที่ที่ 35 องศา และปรับมุมเอียงข้าง (α) ให้เพิ่มมากขึ้นจาก 0 องศา ถึง 90 องศา ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ที่มุมเอียงข้าง (α) 5 องศาเป็นต้นไป

และเมื่อติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำให้มุมคว่ำหน้า (θ) ตั้งแต่ 35 องศาเป็นต้นไป ภายใต้สภาวะทดลองค่าทางไฟฟ้าคงที่ มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะทำงานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิน มาตรฐานที่กำหนด ทุกมุมองศาการเอียงข้าง (α) ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่า %error ของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเมื่อติดตั้งในมุมคว่ำหน้า (θ) 0 - 90 องศา และมุมเอียงข้าง (α) 0 - 40 องศา ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991

มุม		α (องศา)								
		0	5	10	15	20	25	30	35	40
θ (องศา)	0	0.12	0.26	0.42	0.96	1.44	1.89	2.32	3.31	4.29
	5	0.19	0.55	0.79	1.11	1.47	2.12	2.62	3.70	4.55
	10	0.34	0.63	1.11	1.52	1.86	2.15	2.93	3.86	4.94
	15	0.41	0.77	1.20	1.58	1.87	2.27	3.42	4.16	5.47
	20	0.64	1.00	1.43	1.84	2.58	3.06	3.65	4.49	6.03
	25	0.67	1.06	1.60	1.89	2.67	3.52	4.02	5.36	6.27
	30	1.21	1.39	1.64	2.09	2.97	3.63	4.93	6.09	6.39
	35	1.83	2.04	2.54	3.12	4.14	4.63	5.71	6.18	6.84
	40	3.27	3.57	3.83	4.42	4.90	5.99	6.20	6.66	7.17
	45	4.67	4.70	4.91	5.11	5.38	6.24	6.77	7.11	7.42
	50	5.40	5.58	5.81	5.97	6.13	7.30	7.59	8.06	8.43
	55	6.55	6.74	6.78	6.83	6.98	7.44	8.01	8.62	9.17
	60	6.89	7.02	7.03	7.33	7.56	8.20	8.42	8.66	9.30
	65	7.24	7.87	7.91	8.31	8.36	8.69	8.84	9.59	10.52
	70	8.92	9.16	9.35	9.49	9.59	9.78	10.51	11.04	12.97
	75	11.99	12.81	13.12	13.34	13.39	14.14	14.95	15.12	14.95
	80	12.76	13.32	15.16	15.42	15.39	15.55	15.50	15.68	15.45
	85	14.11	15.10	15.84	16.39	16.74	17.06	17.23	17.04	18.19
	90	20.78	20.66	21.47	20.33	20.97	21.29	20.48	20.31	20.67

หมายเหตุ : 1. ตัวพิมพ์สีน้ำเงินในตารางบ่งบอกถึงค่า %error ที่เกินร้อยละ 2 ภายใต้สภาวะการทดสอบแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991 ตามข้อกำหนดของ มอก. 2336-2552 [11]

2. ตัวพิมพ์หนาในตารางบ่งบอกถึงค่า %error ที่ไม่เกินร้อยละ 2 ภายใต้สภาวะการทดสอบแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991 ตามข้อกำหนดของ มอก. 2336-2552 [11]

ตารางที่ 3 ค่า %error ของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเมื่อติดตั้งในมุมคว่ำหน้า (θ) 0 - 90 องศา และมุมเอียงข้าง (α) 45 - 90 องศา ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991

มุม	α (องศา)									
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
θ (องศา)	0	4.83	5.59	6.23	6.82	7.90	8.45	9.89	10.31	12.44
	5	6.02	6.82	7.54	8.55	9.55	10.32	11.10	11.91	13.22

ตารางที่ 3 ค่า %error ของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำเมื่อติดตั้งในมุมคว่ำหน้า (θ) 0 - 90 องศา และมุมเอียงข้าง (α) 45 - 90 องศา ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991 (ต่อ)

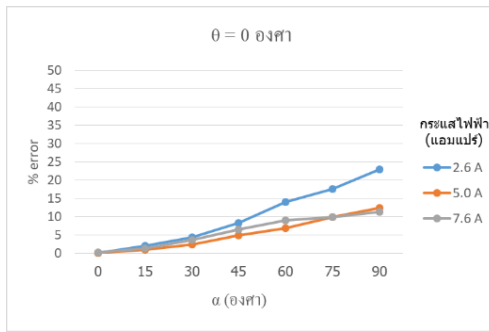
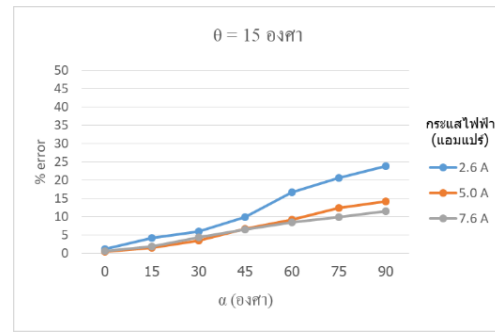
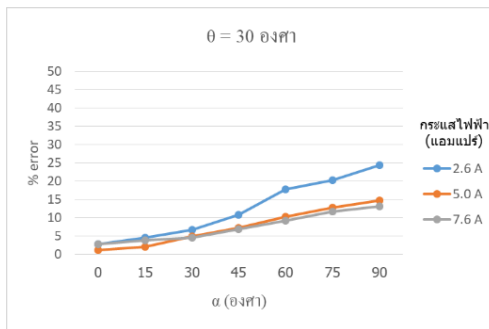
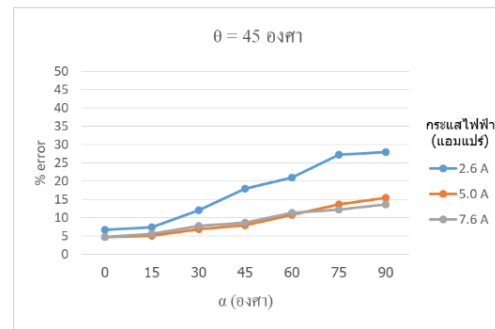
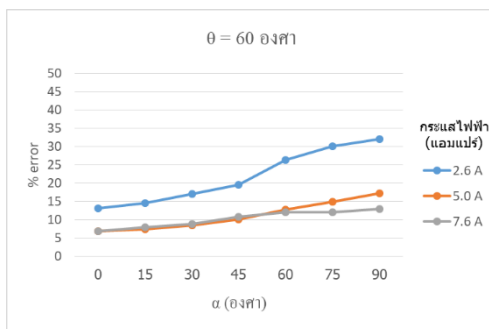
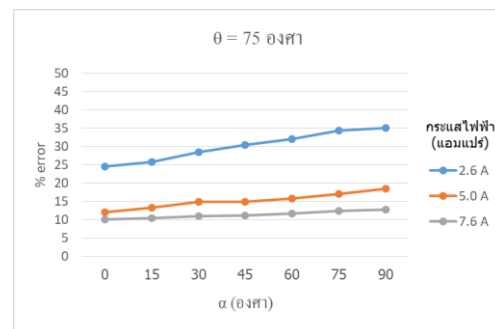
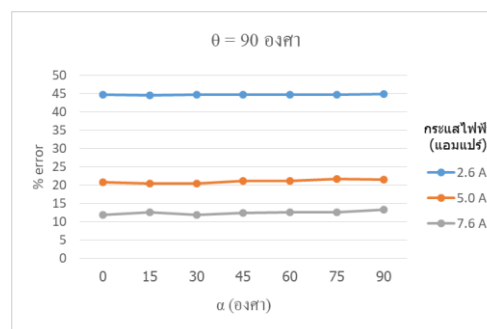
มุม		α (องศา)									
		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
θ (องศา)	10	6.61	6.86	7.73	8.79	9.72	10.80	12.09	12.54	13.07	14.06
	15	6.75	7.30	7.90	9.10	10.34	11.67	12.30	12.87	13.28	14.25
	20	6.79	7.39	8.47	9.97	10.62	11.75	12.49	12.96	13.51	14.52
	25	6.91	7.73	8.64	10.21	10.85	11.79	12.55	13.13	13.64	14.55
	30	7.23	8.04	9.02	10.30	10.86	11.81	12.67	13.46	13.86	14.66
	35	7.34	8.04	8.86	10.32	11.03	12.61	12.96	13.68	14.36	15.77
	40	7.47	8.27	9.64	10.58	11.98	12.94	13.35	13.92	14.58	15.87
	45	7.90	8.94	10.13	10.74	12.05	12.97	13.64	14.48	14.67	15.42
	50	8.73	9.33	10.03	10.84	12.24	13.19	14.08	14.52	15.14	16.00
	55	9.87	10.25	10.79	10.93	12.80	13.45	14.22	14.59	15.23	15.55
	60	10.06	12.00	12.52	12.74	13.10	13.89	14.95	15.93	16.57	17.26
	65	10.69	12.19	13.02	14.77	15.21	15.83	16.55	17.01	17.70	18.00
	70	13.75	14.19	14.84	15.34	15.83	16.37	16.88	17.38	17.91	18.17
	75	14.90	15.08	15.52	15.72	16.56	16.61	17.11	17.82	18.12	18.46
	80	15.71	16.32	16.29	16.49	16.84	17.17	17.62	18.36	18.61	19.07
	85	18.32	18.57	18.73	19.05	19.29	19.25	20.02	20.07	20.17	20.42
	90	21.15	21.18	21.26	21.07	20.90	21.50	21.73	21.36	21.35	21.44

หมายเหตุ : 1. ตัวพิมพ์สีน้ำเงินในตารางบ่งบอกถึงค่า %error ที่เกินร้อยละ 2 ภายใต้สภาวะการทดลองแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991 ตามข้อกำหนดของ มอก. 2336-2552 [11]

เมื่อทำการทดลองตามรูปแบบที่ 2 โดยใช้กระแสไฟฟ้าที่ทดลองแตกต่างกัน คือ 2.6, 5 และ 7.6 แอมแปร์ จะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังสมการที่ 2 ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าทดลองที่ 2.6 แอมแปร์ (ต่ำกว่าค่ากระแสไฟฟ้าพิกัดของมิเตอร์ไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์) ค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่ค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่ากระแสไฟฟ้าทดลองที่ 5 และ

7.6 แอมแปร์ เมื่อมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) เพิ่มขึ้น และเมื่อทดลองที่กระแสไฟฟ้า 7.6 แอมแปร์ (เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างค่ากระแสพิกัดมิเตอร์ไฟฟ้า 5(15) แอมแปร์) ค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่มีแนวโน้มที่ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่ากระแสไฟฟ้าทดลองที่ 2.6 และ 5 แอมแปร์ เมื่อมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 6

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 เดือน พฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2564

(ก) คว่ำหน้า (θ) 0 องศา(ข) คว่ำหน้า (θ) 15 องศา(ค) คว่ำหน้า (θ) 30 องศา(ง) คว่ำหน้า (θ) 45 องศา(จ) คว่ำหน้า (θ) 60 องศา(ฉ) คว่ำหน้า (θ) 75 องศา(ช) คว่ำหน้า (θ) 90 องศา

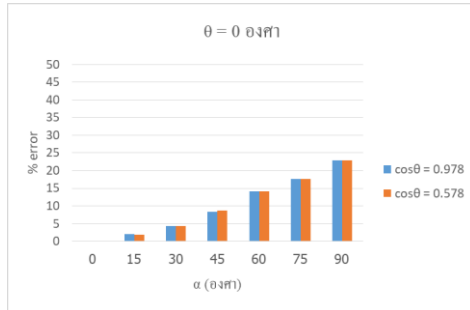
รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของมิเตอร์ไฟฟ้า เมื่อทดลองที่กระแสไฟฟ้าต่างกัน

เมื่อทำการทดลองตามรูปแบบที่ 3 โดยกำหนดให้ค่าพลังงานไฟฟ้าคงที่ที่ 125 วัตต์ชั่วโมง แต่ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ($\cos\phi$) ต่างกัน คือ 0.991 และ 0.578 แล้ว

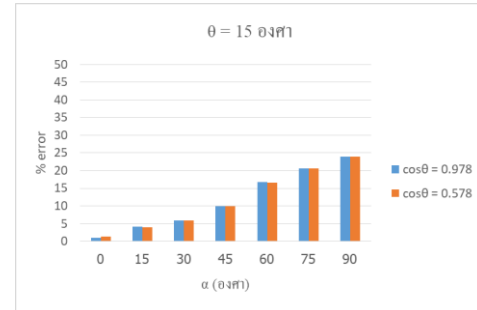
ทำการปรับตั้งมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) เพิ่มขึ้น พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีแนวโน้ม

สูงขึ้นตามมุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ในแต่ละ

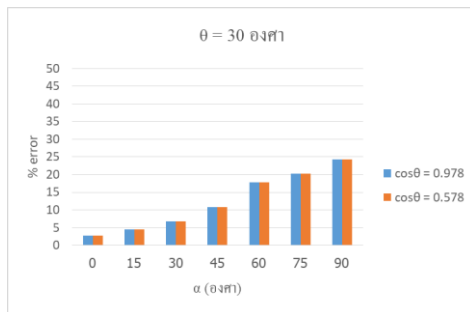
ละมุมทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 7



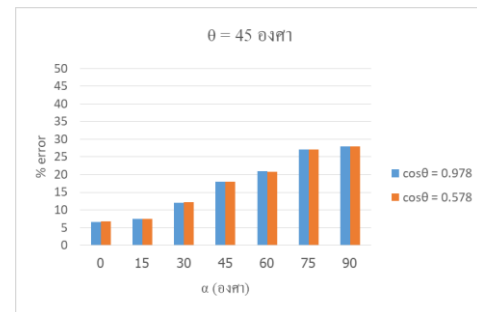
(ก) คว่ำหน้า (θ) 0 องศา



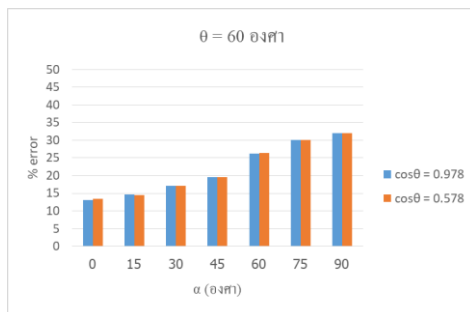
(ข) คว่ำหน้า (θ) 15 องศา



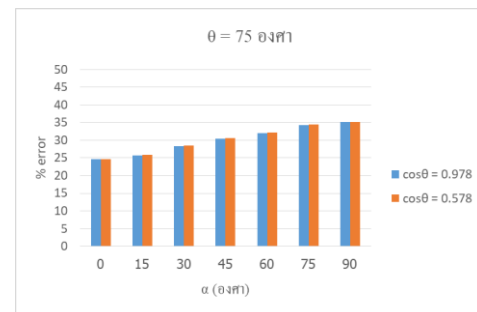
(ค) คว่ำหน้า (θ) 30 องศา



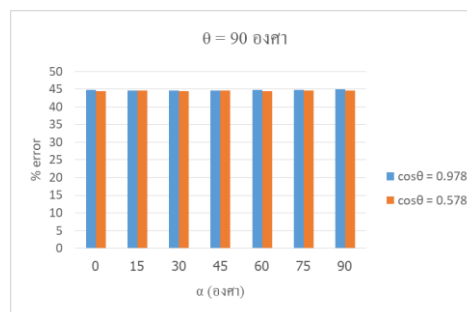
(ง) คว่ำหน้า (θ) 45 องศา



(จ) คว่ำหน้า (θ) 60 องศา



(ฉ) คว่ำหน้า (θ) 75 องศา



(ช) คว่ำหน้า (θ) 90 องศา

รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อน เมื่อพลังงานไฟฟ้าคงที่ แต่ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่างกัน

เมื่อทำการทดลองกับมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำตาม
รูปแบบที่ 4 ในสภาวะคงที่ทางไฟฟ้า คือ กระแสไฟฟ้า 5

แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และค่าตัวประกอบ
กำลังทางไฟฟ้า 0.991 แต่เครื่องหมายการค้า (ยี่ห้อ)

แตกต่างกัน ซึ่งได้ทดลองกับ 3 ยี่ห้อ ซึ่งผลทดลองพบว่า ความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ เมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนในการ มุมทดลองคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) เพิ่มขึ้น ดังวัดพลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ กล่าวคือ ตารางที่ 4 ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงจะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า

ตารางที่ 4 ค่า %error ของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อติดตั้งในมุมคว่ำหน้า (θ) และมุมเอียงข้าง (α) ที่แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ ตัวประกอบกำลัง 0.991

θ (องศา)	เครื่องหมายการค้า (ยี่ห้อ)	α (องศา)						
		0	15	30	45	60	75	90
0	ผลิตภัณฑ์ A	0.12	0.96	2.32	4.83	6.82	9.89	12.44
	ผลิตภัณฑ์ B	0.65	2.88	4.70	9.16	16.68	22.13	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	0.54	0.06	3.14	7.31	12.34	16.35	18.12
15	ผลิตภัณฑ์ A	0.41	1.58	3.42	6.75	9.10	12.30	14.25
	ผลิตภัณฑ์ B	1.94	3.51	5.30	14.67	19.32	29.88	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	0.68	0.58	3.28	7.89	12.39	17.29	18.00
30	ผลิตภัณฑ์ A	1.21	2.09	4.93	7.23	10.30	12.67	14.66
	ผลิตภัณฑ์ B	3.34	4.60	8.85	15.94	22.04	30.01	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	0.03	1.68	3.34	8.14	13.20	17.35	18.29
45	ผลิตภัณฑ์ A	4.67	5.11	6.77	7.90	10.74	13.64	15.42
	ผลิตภัณฑ์ B	4.75	6.31	12.49	20.93	27.70	29.88	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	0.58	2.04	6.06	9.49	13.54	17.92	18.34
60	ผลิตภัณฑ์ A	6.89	7.33	8.42	10.06	12.74	14.95	17.26
	ผลิตภัณฑ์ B	10.24	11.63	13.88	16.29	19.52	21.97	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน
75	ผลิตภัณฑ์ A	11.99	13.34	14.95	14.90	15.72	17.11	18.46
	ผลิตภัณฑ์ B	18.84	18.82	21.94	22.38	21.74	ไม่หมุน	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน
90	ผลิตภัณฑ์ A	20.78	20.33	20.48	21.15	21.07	21.73	21.44
	ผลิตภัณฑ์ B	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน
	ผลิตภัณฑ์ C	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน	ไม่หมุน

หมายเหตุ : ผลิตภัณฑ์ A ได้รับเครื่องหมาย มอก. และมีราคาที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ B และ C
ผลิตภัณฑ์ B ได้รับเครื่องหมาย มอก. ที่ราคาถูกกว่าผลิตภัณฑ์ A
ผลิตภัณฑ์ C ไม่ได้รับเครื่องหมาย มอก. และมีราคาถูกใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ B

ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยการติดตั้งมิเตอร์ชนิดจานหมุนเพื่อความเหมาะสม [12] โดยพบว่ามุมเอียงของการติดตั้งเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าส่งผลให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 15(45) แอมแปร์ และ 30(100) แอมแปร์ มีความคลาดเคลื่อนในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามองศาการเอียงที่มากขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้นของจุดหมุนเนื่องจากแรงโน้มถ่วงตามมุมมองการติดตั้งที่มากขึ้น [13] หรืออาจเป็นผลมาจากลักษณะโครงสร้างกายภาพภายในมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำที่มีลักษณะเป็นฟันเฟือง ขั้วต่อกันไปเรื่อยๆ จากฟันเฟืองของจานหมุนไปยังฟันเฟืองที่ใช้ขับเคลื่อนการอ่านหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำในลักษณะที่มีมุมคว่ำหน้าหรือเอียงข้าง อาจทำให้มุมกดของฟันเฟืองเปลี่ยนแปลงไป การขบกันของฟันเฟืองไม่อยู่ในตำแหน่งที่ควรจะเป็นตามมุมมองที่เปลี่ยนไป ทำให้เกิดกำลังความสูญเสียจากการไหลของฟันเฟือง [13, 14] ทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำอ่านค่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าคลาดเคลื่อนไปจากปกติตามผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น

5. สรุป

ผลการทดลองนี้สรุปได้ว่าหากการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำอยู่ในลักษณะที่มีการคว่ำหน้าหรือเอียงข้าง จะส่งผลให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 5(15) แอมแปร์ ระบบ 1 เฟส วัดค่าพลังงานไฟฟ้าคลาดเคลื่อนไปจากปกติ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะมีค่ามากขึ้นตามองศาของมุมคว่ำหน้าหรือมุมเอียงข้างที่มากขึ้น ซึ่งกล่าวได้ว่าจะทำให้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำหมุนช้ามากขึ้นนั่นเอง และพบว่าถ้ามีการบิดพลังงานไฟฟ้าที่คงที่ให้กับมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ถึงแม้ว่าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจะไม่เท่ากัน ก็จะไม่ส่งผลมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีค่าคลาดเคลื่อนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ผลกระทบของมุมมองการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจะมากขึ้นเมื่อมีการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยลง

และหากใช้มิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำคุณภาพต่ำ ผลกระทบของมุมมองการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำก็จะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองในครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่าในการติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 5(15) แอมแปร์ ระบบ 1 เฟส ควรจะมีมุมมองการติดตั้งมุมคว่ำหน้าและมุมเอียงข้างน้อยกว่า 15 องศา

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และมหาวิทยาลัยขอนแก่น บิดา มารดาของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย สถานที่ อุปกรณ์และทุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Enterprise Planning Division. (2021 Mar) . Provincial Electricity Authority – PEA [Online]. Available: <https://www.pea.co.th>
- [2] Provincial Electricity Authority, Regulation on method of watthour meter, 2019.
- [3] Provincial Electricity Authority, *Manual of watthour meter verification*, PEA NE1, 2018.
- [4] A. Kradkram, " Factors affecting the amount of the power meter damage: A case study of the Provincial Electricity Authority, Bang Pa-in District," M. S. thesis, Dept. M. B. A. , Rajamangala Univ. of Technology Thanyaburi, Thailand, 2017.
- [5] A. A. Hossam-Eldin and R. M. Hasan, "Study of the effect of harmonics on measurments of the energy meters," in *2006 Eleventh International Middle East Power Systems Conference*, El-Minia, Egypt, 2006, pp. 547-550.
- [6] A. Haas, J. Niitsoo, P. Taklaja and I. Palu, " Analysis of electricity meters under

- distorted load conditions," in *2012 Electric Power Quality and Supply Reliability*, Tartu, Estonia, 2012, pp. 1-4.
- [7] H. D. Stryczewska, R. Goleman, M. Pietras and T. Giżewski, "Evaluation of the damages in three-phase watt-hour induction meters after external high magnetic field exposition," in *2017 International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection with Seminar Applications of Superconductors (ELMECO & AoS)*, Naleczow, Poland, 2017, pp. 1-4.
- [8] Provincial Electricity Authority, Standard of PEA for 3-5 A 1-Ø 220 V Meter installation on 8 m concrete pole, Assembly No. 0524, 1983.
- [9] Provincial Electricity Authority, Standard of PEA for 3-15 A 1-Ø 220 V Meter installation on 8 m concrete pole (Cu service entrance cable), Assembly No. 0524 A, 1998.
- [10] Provincial Electricity Authority, Watthour meter regulation and defensive measure infraction of electricity consumption, 2016.
- [11] TIS 2336- 2552, Electricity metering equipment (ac) - particular requirements - electromechanical meters for active energy (class 0.5 , 1 and 2), 2009.
- [12] P. Rodkumneud, P. Srimee, W. Puppor and K. Hongsombut, "Installation of a turntable type meter for proper use," *Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University*, vol. 5, no. 1, pp. 1-7, June 2020.
- [13] C. Ratanasumawong, P. Asawapichayachot, S. Phongsupasamit, H. Houjoh and S. Matsumura, "Estimation of sliding loss in a parallel-axis gear pair," *Journal of advanced mechanical design system and manufacturing*, vol. 6, No. 1, pp. 88-103, 2012.
- [14] P. Asawapichayachot, "Improvement of a mathematical model and experiment for estimation of sliding loss in helical gear transmission," M.S. thesis, Dept. Mach. Eng., Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 2011.