สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดสอบ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง
SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR TEST

T049886

โดย

นาย กิตติ ขจรประสิทธิ์

นางสาว เกศเกล้า เผ่าบัณฑร

นาย ชุมพล ธวัชเกียรติศักดิ์

นาย ธีระวัฒน์ สนิทม่วง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 4986
วัน,เดือน,ปี 2 มิ.ย. 2547
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2545

การทดสอบ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง
SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR TEST

โดย

นาย กิตติ ขจรประสิทธิ์

นางสาว เกศเกล้า เผ่าบัณฑร

นาย ชุมพล ธวัชเกียรติศักดิ์

นาย ธีระวัฒน์ สนิทม่วง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. พิชิต ลำยอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR TEST

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติ ขจรประสิทธิ์
2. นางสาว เกศเกล้า เผ่าบัณฑร
3. นาย ชุมพล ธวัชเกียรติศักดิ์
4. นาย ธีระวัฒน์ สนิทม่วง

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. พิชิต ลำยอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

นาย กิตติ ขจรประสิทธิ์
นางสาว เกศเกล้า เผ่าบัณฑร
นาย ชุมพล ธวัชเกียรติศักดิ์
นาย ธีระวัฒน์ สนิทม่วง
ผศ. พิชิต ลำยอง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ประกอบไปด้วยทฤษฎีหลักการทำงานพื้นฐาน การทดสอบเพื่อหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การทดสอบขณะไม่มีภาระและมีภาระของเครื่องกำเนิด และการควบคุมแรงดันโดยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุตามขนาดภาระของระบบ จากการทดสอบทั้งหมดทำให้เห็นลักษณะของการสร้าง (build-up) แรงดัน ผลกระทบของภาระที่มีต่อเครื่องกำเนิด แนวโน้มของประสิทธิภาพ และการเลือกใช้ค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละพิกัดกำลังโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพสูงสุด ตลอดจนประเมินถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมภายในประเทศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR TEST

Kitti Kajonprasit
Kesklao Powbunthorn
Chumpon Tavatkiatisak
Thirawat Sanitmuang
Ast.Prof. Phichit Lumyong Advisor

ABSTRACT

This proposes of this paper is to present a Self-Excited Induction Generator. This substance consist of basic concepts, equivalent circuit, no load test, on load test and control voltage by altering capacitor follow variety of load. The experiment results show about voltage build up, effect of load, trend of efficiency and alternative in selecting suitable capacity for any power rated of generators by considering from highest efficiency through the evaluate appropriate use for generate electricity from wind energy henceforth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ก็คือ ผศ. พิชิต ลำยอง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งทางกลุ่มโครงงานต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านภายในศูนย์บริการ และพัฒนาวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้ความช่วยเหลือและการยืมของสำหรับทำโครงงานด้วยดีมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดต้องขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโททั้ง 3 ท่านที่คอยให้คำปรึกษาที่ดีเสมอในการทำโครงงาน ท่านแรก คือ นายวรชาติ แซ่ก๊ก ที่คอยช่วยแนะนำในทุกๆเรื่องของโครงงานซึ่งทางกลุ่มโครงงานขอให้สำเร็จจากการศึกษาต่อระดับปริญญาเอกในต่างประเทศโดยเร็ว นายพันรบ ชินบุตร ที่มีโครงงานเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเหมือนกัน ซึ่งคอยให้กำลังใจ และคำปรึกษาดีๆเสมอ ตลอดจนช่วยทำแท่นทดสอบจนสำเร็จ และนายเปี่ยมภูมิ สฤกพฤกษ์ ที่คอยแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน แม้กระทั่งคอยเปิดปิดห้องโครงงานไม่ว่าจะค่ำมืดเพียงใดก็ตาม

กลุ่มโครงงานการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
แบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง	4
2.1 โครงสร้างของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Machine)	4
2.2 ประเภทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	7
2.3 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Generator)	9
2.4 การไหลของกำลังไฟฟ้าจริง (real power) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	11
2.5 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	12
2.6 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited Induction Generator)	14
2.7 ความสมมูลระหว่างการต่อแบบสตาร์ และแบบเดลตา (equivalent Y- and Δ- connection)	17
บทที่ 3 การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	19
3.1 การทดสอบตรึงโรเตอร์ (Block Rotor Test)	19
3.2 การทดสอบขณะไม่มีภาระ (No Load Test)	21
3.3 ผลการทดลองเพื่อหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	22
3.4 ผลการทดลองเพื่อหาความสูญเสียของแกนเหล็ก และความสูญเสียทางกล ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะที่ไม่มีภาระ (NO LOAD TEST FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR)	25
4.1 การหาค่าตัวเก็บประจุเริ่มต้นในการทดสอบกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง	25
4.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะไม่มีภาระ	26
4.3 ผลการทดลอง	29
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	89
บทที่ 5 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระทางไฟฟ้า (ON LOAD TEST FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR)	91
5.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะที่มีภาระ	91
5.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ	92
5.3 ขั้นตอนการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ	95
5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	102
บทที่ 6 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ	103
6.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ	103
6.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ	104
6.3 ขั้นตอนการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ	105
6.4 ผลการทดลอง	106
6.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง	126
บทที่ 7 สรุป และวิจารณ์	127
ภาคผนวก	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงถึงขดลวดที่พันอยู่ที่ตัวอยู่กับที่	5
รูปที่ 2.2 แสดงตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่ฝังตัวนำตามความยาวของตัวหมุน	5
รูปที่ 2.3 แสดงตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่ฝังตัวนำในลักษณะเฉียง	6
รูปที่ 2.4 แสดงตัวหมุนแบบพันรอบตัวหมุน	7
รูปที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อกับระบบเครือข่าย	7
รูปที่ 2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบแหล่งจ่ายกระตุ้นแยก	8
รูปที่ 2.7 กราฟแสดงคุณลักษณะ แรงบิดกับความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	10
รูปที่ 2.8 แสดงรูปไดอะแกรมการไหลของกำลังในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	11
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง	14
รูป 2.10 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง	14
รูปที่ 2.11 แสดงจุดสมดุลที่ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ	16
รูปที่ 2.12 แสดงการต่อแบบเดลตา Δ และสตาร์ Y	18
รูปที่ 3.1 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟสของการทดสอบตรึงโรเตอร์	19
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบขณะไม่มีภาระ	21
รูปที่ 3.3 แสดงค่าของความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกล ณ ความถี่ต่างๆของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 1 แรงม้า	24
รูปที่ 3.4 แสดงค่าของความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกล ณ ความถี่ต่างๆของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 3 แรงม้า	24
รูปที่ 4.1 แสดงแท่นทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง	27
รูปที่ 4.2 แสดงวงจรการทดลองเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะไม่มีภาระต่อแบบสตาร์	27
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรการทดลองเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะไม่มีภาระต่อแบบเดลตา	28
รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า	53
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า	53
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า	54
รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า 55

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า 55

รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า 56

รูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า 56

รูปที่ 4.12 แสดงกราฟผลของฮีสเทอรีซีส (hysteresis) ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า 57

รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 84

รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 84

รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 85

รูปที่ 4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 85

รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 86

รูปที่ 4.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 86

รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้น ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 87

รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลง ขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 87

รูปที่ 4.21 แสดงกราฟผลของฮีสเทอรีซีส (hysteresis) ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า 88

รูปที่ 5.1 วงจรสมมูลขณะที่มีภาระแบบความต้านทานอย่างเดียว 91

รูปที่ 5.2 วงจรสมมูลขณะที่มีภาระแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำ 92

รูปที่ 5.3 แสดงการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะที่มีภาระ 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะมีภาระแบบความต้านทาน 93

รูปที่ 5.5 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะมีภาระแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำ 94

รูปที่ 6.1 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะมีภาระ 103

รูปที่ 6.2 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ 104

รูปที่ 6.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1258 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 109

รูปที่ 6.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1352 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 109

รูปที่ 6.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1517 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 110

รูปที่ 6.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1628 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 110

รูปที่ 6.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1258 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 111

รูปที่ 6.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1352 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 111

รูปที่ 6.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1517 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 112

รูปที่ 6.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1628 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า 112

รูปที่ 6.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1267 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 121

รูปที่ 6.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1353 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1493 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 122

รูปที่ 6.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1645 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 122

รูปที่ 6.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1778 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 123

รูปที่ 6.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1267 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 123

รูปที่ 6.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1353 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 124

รูปที่ 6.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1493 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 124

รูปที่ 6.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1645 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 125

รูปที่ 6.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1778 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่าง X_1 กับ X_2' ตามชนิดของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแต่ละชนิด 20

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าตัวแปรของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 1 แรงม้า 22

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าตัวแปรของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 3 แรงม้า 22

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น 29

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ปรับความเร็วช่วงขาลง 37

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตาปรับความเร็วช่วงขาขึ้น 46

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตาปรับความเร็วช่วงขาลง 49

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น 57

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ปรับความเร็วช่วงขาลง 65

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตาปรับความเร็วช่วงขาขึ้น 75

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตาปรับความเร็วช่วงขาลง 79

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการต่อภาระชนิดความต้านทาน (pure resistive load) 96

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองการต่อภาระชนิดความต้านทานและเหนี่ยวนำ (resistive and inductive load) 100

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำพิกัด 1 แรงม้า 106

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำพิกัด 3 แรงม้า 113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Machine) ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในสภาวะการทำงานเป็นมอเตอร์ ขณะเดียวกันพบว่าที่สภาวะเครื่องกำเนิดก็สามารถทำงานได้เช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะพบได้ในโรงจักรขนาดเล็ก เช่น สถานีพลังงานทดแทน แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ที่ใช้พลังงานลมในการกำเนิดไฟฟ้า

ข้อดีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Generator) มีดังนี้

1. มีความแข็งแรง ทนทาน
2. ต้องการการบำรุงรักษาต่ำ
3. มีระบบการทำงานที่ไม่ซับซ้อน
4. มีโครงสร้างที่มีน้ำหนักต่อหน่วยผลิตต่ำ
5. ไม่ต้องการการซิงโครไนซ์ (Synchronize) เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous Generator)
6. เมื่อเทียบราคาติดตั้งต่อหน่วยผลิตกับระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆ แล้วจะมีราคาต่ำกว่า

แต่สิ่งหนึ่งที่ถือว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อเทียบกับการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสก็คือ ไม่สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าจินตภาพ (Reactive Power) ได้ โดยปกติแล้วเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะแสดงพฤติกรรมการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) ให้กับระบบ แต่ในทางตรงกันข้ามกลับมีความต้องการกำลังไฟฟ้าจินตภาพจากระบบ หรืออาจจะกล่าวได้ว่า "เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้แสดงพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และในขณะเดียวกันก็แสดงพฤติกรรมเป็น ภาระแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) ด้วยเช่นกัน"

ดังนั้นในระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ดีแล้วควรจะมีระบบเสริมที่ใช้ในการควบคุมกำลังไฟฟ้าจินตภาพ ซึ่งอาจจะใช้ตัวเก็บประจุ (capacitor) ในลักษณะปรับค่าได้โดยจะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามภาระที่ต่ออยู่กับระบบ

ในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited Induction Generator) นั้น เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำประเภทหนึ่งที่มีการคิดค้นขึ้นมานานแล้ว แต่กลับไม่มีการนำมาใช้งานจริงเลย ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีการศึกษารูปแบบพฤติกรรมต่างๆ ข้อดีข้อเสีย และสภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องกำเนิดประเภทนี้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกลุ่มของผู้จัดทำได้เล็งเห็นข้อดีข้อหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำประเภทนี้ กล่าวคือ มีระบบของการทำงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน โดยไม่จำเป็นต้องสร้างแหล่งจ่ายเพื่อใช้ในส่วนกระตุ้น (exciting part) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน (rotating magnetic field) เพียงแค่ใช้ตัวเก็บประจุต่อเข้าไปที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเท่านั้น จึงมีความสนใจที่จะศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองชนิดนี้อย่างจริงจังต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษารูปแบบถึงพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่มีภาระ และไม่มีภาระทางไฟฟ้า

1.2.2 พิจารณาหาผลเหตุผลเพื่อสนับสนุนทางทฤษฎี ผลกระทบ และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

1.2.3 นำเสนอถึงความเหมาะสมของการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองที่จะมีต่อไปในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานงานนี้ได้จะพยายามเน้นไปในทางทฤษฎี โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงต่างๆที่มีทั้งหมดเพื่อหาแนวทางในการทดลอง จากนั้นจึงเริ่มทำการออกแบบการทดลองจากการสร้างแท่นทดสอบเพื่อให้เหมาะสมกับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จะทดสอบ ต่อมาจึงทำการคำนวณหาขนาดของตัวเก็บประจุที่จะใช้ในการทดสอบ แล้วทำการเชื่อมต่อระบบเข้ากับเครื่องมือวัด หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบโดยบันทึกผลการทดลองทั้งหมดอย่างละเอียดที่สุด

สุดท้ายจึงนำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์หาแนวโน้มของตัวแปรต่างๆ โดยเฉพาะประสิทธิภาพ และหาจุดทำงานที่เหมาะสมที่สุดโดยจะพิจารณาจากประสิทธิภาพสูงสุด พร้อมทั้งนำมาประเมินถึงความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง

ในส่วนของการควบคุมตัวเก็บประจุให้เปลี่ยนแปลงไปตามภาระ (vary capacitance follow load)โดยใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) นั้น สำหรับโครงงานนี้จะยังไม่ขอกล่าวถึง ซึ่งในส่วนของกลุ่มผู้จัดทำแล้วหวังไว้ว่าคงจะมีผู้ที่สนใจเข้ามาจัดทำให้สำเร็จ เพื่อให้โครงงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองนี้มีความสมบูรณ์แบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สิ่งหนึ่งที่กลุ่มของผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งเมื่อโครงงานนี้สำเร็จลงก็คือ การที่ได้เห็นคนทั่วไปเริ่มรู้จัก และเห็นถึงประโยชน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง อีกทั้งมีการพัฒนาให้สามารถใช้งานได้จริง จนกระทั่งเป็นทางเลือกหนึ่งของเครื่องกำเนิดที่มีการใช้อย่างแพร่หลายต่อไปในอนาคต

1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบขึ้นโดยมีเนื้อหาสาระทั้งหมด 6 บท ดังนี้

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และที่จะนำมาใช้ทั้งหมดในโครงงานนี้

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงการหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกลที่เปลี่ยนแปลงไปตามความถี่และความเร็วรอบของเครื่องจักรตามลำดับ พร้อมทั้งแสดงกราฟค่าความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกลนั้นตามความถี่ทางไฟฟ้า

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะไม่มีภาระ ซึ่งจะได้เห็นลักษณะของการสร้างแรงดัน (build-up) ของเครื่องกำเนิด ตลอดจนสิ่งที่เป็นผลกระทบในการสร้างแรงดันดังกล่าว

บทที่ 5 เป็นการกล่าวถึงการทดสอบเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่มีภาระ โดยเป็นการแสดงผลกระทบของภาระที่มีต่อระบบ และเปรียบเทียบผลระหว่างภาระที่เป็นชนิดความต้านทาน (resistive load) และ ชนิดเหนี่ยวนำ (inductive load)

บทที่ 6 เป็นการกล่าวถึงการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ โดยเป็นการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาแรงดันตกอันเนื่องมาจากภาระ และจะเห็นถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิด

บทที่ 7 เป็นการสรุป และวิจารณ์โครงงานนี้ โดยจะมีการนำเสนอแนวทางการพัฒนาโครงงานนี้ต่อไป

ในส่วนของภาคผนวกทางกลุ่มของผู้จัดทำได้แสดงรูปของป้ายชื่อ (Name Plate) ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดสอบในโครงงานนี้ เพื่อให้ได้เห็นภาพของทดสอบจริงของกลุ่มผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

วิกฤตการณ์พลังงาน และสิ่งแวดล้อมได้นำพาให้มนุษย์พยายามค้นหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อมาทดแทนแหล่งพลังงานหลักในปัจจุบัน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งแหล่งพลังงานเหล่านี้ล้วนแต่เป็นมลพิษทั้งสิ้น แหล่งพลังงานใหม่นอกจากจะคำนึงถึงการให้พลังงานออกมามากพอแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความคุ้มค่ากับการลงทุน และที่สำคัญจะต้องไม่สร้างมลพิษออกมาสู่สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ในส่วนของโครงงานนี้ได้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษารายละเอียดลักษณะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited Induction Generator) ตลอดจนทั้งข้อดีข้อเสีย และนำมาประเมินผลถึงความเหมาะสมของการเป็นแหล่งพลังงานใหม่ (Renewable Energy Source) ต่อไป

เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หรือ Induction Machine สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

ก) แบบที่มีตัวหมุนคล้ายกรงกระรอก (squirrel cage rotor) ซึ่งเป็นแบบที่ไม่ต้องการวงแหวน (slip ring) ติดอยู่ที่ตัวหมุน หรือเรียกว่า "non-slip ring machines"

ข) แบบที่มีตัวหมุนมีขดลวดพันอยู่รอบๆ (wound rotor) การพันที่ตัวหมุนนี้อาจเป็น 2 เฟส หรือ 3 เฟส ก็ได้ โดยที่ขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวหมุนนี้ จะต้องมีจำนวนขั้วเท่ากับที่มีอยู่บนตัวอยู่กับที่ (stator) แบบนี้ต้องใช้วงแหวนติดไว้ที่บนตัวหมุน เพื่อนำปลายของขดลวดที่พันอยู่บนตัวหมุนนั้นต่อออกมายังวงจรภายนอก หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า "slip ring machines"

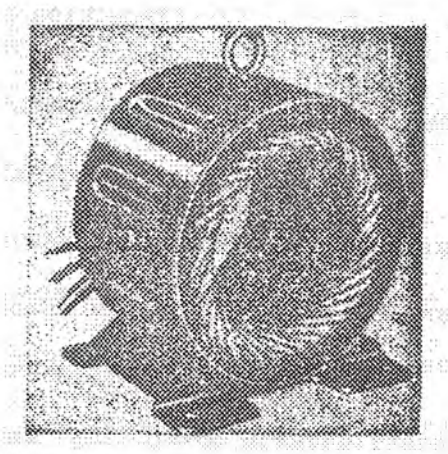
ทั้งสองแบบนี้ต่างก็มีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน ส่วนที่แตกต่างกันก็เพียงแต่โครงสร้างของส่วนที่สอง (secondary element) ซึ่งก็คือตัวหมุนหรือ rotor นั่นเอง สำหรับส่วนที่อยู่กับที่คือ stator element นั้นมีโครงสร้างเช่นเดียวกับเครื่องจักรไฟฟ้าแบบซิงโครนัส และนับเป็นส่วนที่หนึ่งของเครื่อง (primary element)

2.1 โครงสร้างของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Machine)

เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำตัวหนึ่งๆนั้น ต่างก็ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 2 ส่วนคือ

1.) ตัวอยู่กับที่ (stator) จะมีขดลวดพันอยู่ในช่อง (slot) ภายในของตัวอยู่กับที่โดยรอบ การพันนี้อาจเป็นแบบเฟสเดียวหรือหลายเฟสก็ได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ 3 เฟส การพันแบบ 3 เฟสนี้จะต้องมีจำนวนขั้วแม่เหล็กที่จะเกิดขึ้นภายในตามที่ต้องการ รูปที่ 2.1 แสดงถึงขดลวดที่พันอยู่ที่ตัวอยู่กับที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงถึงขดลวดที่พันอยู่ที่ตัวอยู่กับที่

2.) ตัวหมุน (rotor) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

(ก.) แบบกรงกระรอก (squirrel cage) แบบนี้ประกอบด้วยตัวนำที่ฝังภายในตัวหมุนไปรอบๆตามผิวทรงกระบอกกลม โดยที่ตัวนำทั้งชุดต่างก็ถูกลัดวงจรที่ปลายทั้งสองด้านของตัวหมุนด้วยตัวนำที่เป็นรูปวงแหวน ซึ่งอาจจะเป็นทองแดงหรือทองเหลืองก็ได้ จำนวนขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวหมุนนี้ จะมีจำนวนขั้วเท่ากับจำนวนขั้วที่เกิดขึ้นที่ตัวอยู่กับที่เสมอ ดังรูปที่ 2.2 ตัวหมุนแบบนี้จะมีราคาถูก และแข็งแรง แต่มีแรงบิดเริ่มแรก (starting torque) ต่ำตัวหมุนแบบนี้ส่วนใหญ่แล้วจะมีตัวนำที่ฝังลงไปในช่องที่เฉียง (skew slot) กับแกน ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งช่วยทำให้มอเตอร์วิ่งได้เรียบขึ้น โดยลดแมกเนติคฮัม (magnetic hum)

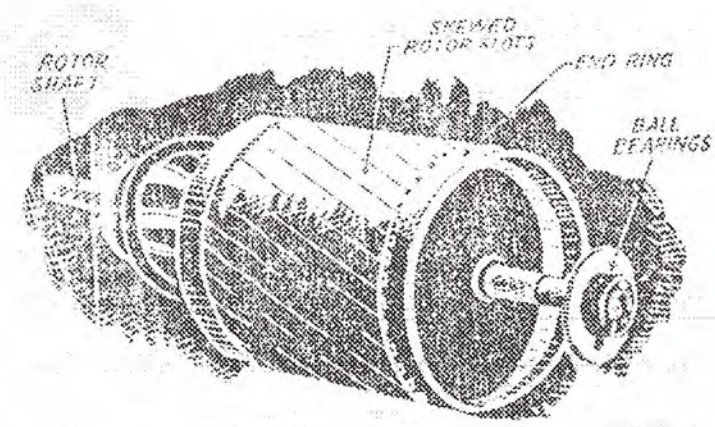
(a) (b)

(a) แสดงขดลวดตัวหมุนกรงกระรอกที่ยังไม่ได้ใส่แกนเหล็กเข้าไป

(b) แสดงตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่สมบูรณ์แบบแล้ว

รูปที่ 2.2 แสดงตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่ฝังตัวนำตามความยาวของตัวหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงตัวหมุนแบบกรงกระรอกที่ฝังตัวนำในลักษณะเฉียง

ตัวหมุนแบบกรงกระรอก ไม่ว่าจะเป็นแบบที่ฝังตัวนำลงไปในแกนเหล็กแผ่นอาบน้ำยารูปทรงกระบอกแบบตรงๆตามความยาวของตัวหมุน และแบบที่ฝังในลักษณะเฉียงนี้ จะใช้ตัวนำที่เป็นแท่งหนา ซึ่งไม่ใช่เส้นลวดเหมือนแบบตัวหมุนชนิดที่ใช้พันด้วยขดลวด (wound rotor) ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ตัวนำดังกล่าวนั้น นอกจากจะเป็นแบบทองแดงหรืออลูมิเนียม ก็อาจเป็นโลหะผสมอื่นๆก็ได้ ตัวนำในแต่ละแท่งนั้นจะถูกฝังลงไปในแต่ละร่องของแกนเหล็กที่ตัวหมุน

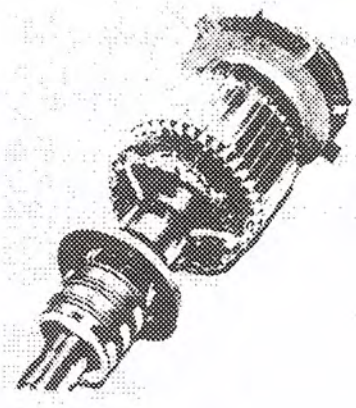
ข้อที่ควรสังเกตจากตัวหมุนแบบกรงกระรอกนี้คือ ตัวนำของตัวหมุนทุกๆตัวจะโดนลัดวงจรไว้ในตัวเองอย่างถาวร ดังนั้นจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะนำความต้านทานภายนอกมาต่อเพิ่มเข้าไปเหมือนกับแบบตัวหมุนชนิดใช้พันด้วยขดลวด เพื่อใช้ในการช่วยทำให้มอเตอร์เริ่มหมุน

โดยปกติแล้วตัวนำส่วนใหญ่มักจะฝังลงไปเฉียงเล็กน้อยกับแกนของตัวหมุนแล้วทำการลัดวงจรด้วยการเชื่อมหัวท้ายด้วยวงแหวน สิ่งนี้ย่อมทำให้เกิดข้อดี 2 ประการ คือ

- ช่วยให้มอเตอร์วิ่งได้เรียบ และเงียบ โดยการลดผลของแมกเนติคฮัม
- ช่วยให้เกิดการลดแนวโน้มของการจับยึดระหว่างฟันที่เป็นแกนเหล็กของตัวหมุนกับตัวอยู่กับที่ ในกรณีที่เกิดแรงดูดของขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนฟันแกนเหล็กของตัวหมุนและตัวอยู่กับที่

(ข.) แบบใช้ขดลวดพันรอบตัวหมุน (wound rotor) การพันขดลวดบนตัวหมุนนี้ มีลักษณะการพันเหมือนกับการพันในส่วนของตัวอยู่กับที่ โดยจะต้องพันให้มีจำนวนขั้วแม่เหล็กบนตัวหมุนเท่ากับจำนวนขั้วที่มีอยู่บนตัวอยู่กับที่ และจะมีวงแหวน 3 หรือ 4 วง ที่ใช้ต่อตัวนำไปยังวงจรภายนอก เพื่อลัดวงจรหรือต่อกับความต้านทาน เพื่อใช้ในการเดินเครื่องอีกด้วย ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

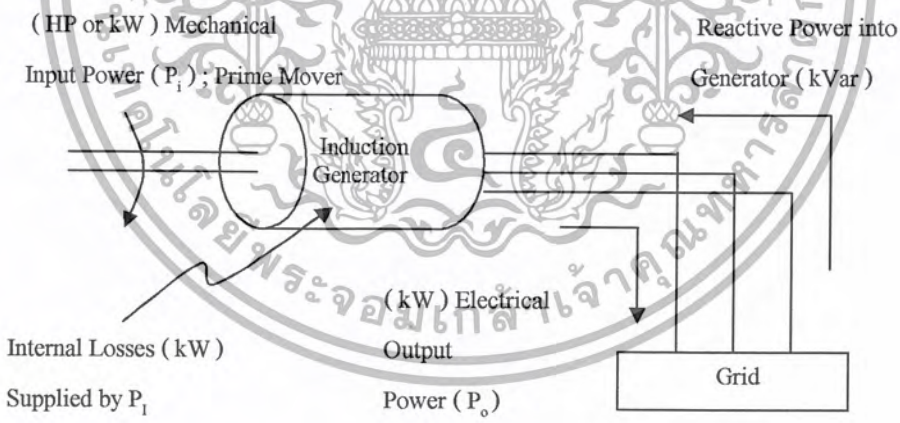


รูปที่ 2.4 แสดงตัวหมุนแบบพันรอบตัวหมุน

2.2 ประเภทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

สามารถแบ่งประเภทของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามลักษณะการเชื่อมต่อ ได้ดังนี้

2..2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อกับระบบเครือข่าย (Grid-Connected Induction Generator)



รูปที่ 2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อกับระบบเครือข่าย

หลักการทำงาน เมื่อต่อเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเข้าไปกับระบบเครือข่าย (Grid) โดยตรง ซึ่งยังไม่มีตัวต้นกำลัง (Prime Mover) นั้น ขณะนี้มันจึงแสดงพฤติกรรมเป็นมอเตอร์ และรับกำลังงานมาจากระบบเครือข่าย โดยหมุนด้วยความเร็วส่วนหมุน (rotor speed) ที่ต่ำกว่าความเร็วซิงโครนัส (synchronous speed) เนื่องจากสลิป (slip) แต่เมื่อเราให้ตัวต้นกำลังไปที่ส่วนหมุน ในทิศทางความเร็วเดิมจนความเร็วส่วนหมุนมากกว่าความเร็วซิงโครนัส และในขณะนี้เองทิศทางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าจะไหลกลับสู่ระบบเครือข่าย ซึ่งเป็นสภาพที่เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเริ่มแสดงพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิด

เมื่อแสดงพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีข้อจำกัดคือ ถึงแม้ว่าจะจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์) ให้กับระบบเครือข่ายก็ตาม แต่จะไม่สามารถสร้าง กำลังไฟฟ้าจินตภาพ (กิโลวาร์) ขึ้นมาได้ ในทางตรงกันข้ามกลับมีความต้องการกำลังไฟฟ้าจินตภาพจากระบบเครือข่ายอีกด้วย ทั้งนี้เพื่อต้องการนำไปสร้างสนามแม่เหล็ก (Electromagnetic Field) ที่ส่วนกระตุ้น (Exciting) สำหรับแรงดันและความถี่จะขึ้นอยู่กับระบบเครือข่ายที่มันต่ออยู่แต่จะไม่ขึ้นกับความเร็วของส่วนหมุนเลย

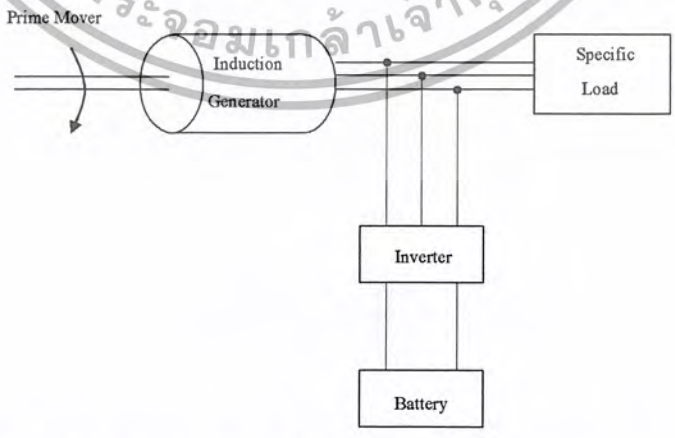
ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อกับระบบเครือข่ายข้อดีที่สำคัญคือเป็นระบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน และไม่ต้องการตัวต้นกำลังที่มีความเร็วคงที่ แต่ต้องการตัวต้นกำลังที่มีความเร็วมากกว่าความเร็วซิงโครนัสเท่านั้น จึงพบกันอย่างแพร่หลายในระบบพลังงานไฟฟ้าที่ได้มาจากพลังงานลม (Wind Energy Conversion System ; WECS) ซึ่งในส่วนของประเทศไทยนั้นระบบนี้ได้นำมาใช้ที่สถานีพลังงานทดแทน แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต

2.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่แยกจากระบบเครือข่าย (Isolated Induction Generator)

เป็นลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่แยกจากระบบเครือข่ายแต่จะทำงานเพียงลำพัง และจ่ายภาระเฉพาะ (Specific Load) ค่าหนึ่งเท่านั้น แบ่งเป็น 2 ประเภท

2.2.2.1) แบบแหล่งจ่ายกระตุ้นแยก (Separate-Excited Induction Generator)

แบบนี้จะสร้างแหล่งจ่าย (Source) ขึ้นมาเพื่อนำไปสร้างสนามแม่เหล็กหมุนซึ่งอาจจะใช้แบตเตอรี่ (Battery) แล้วใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เพื่อแปลงพลังงานของแบตเตอรี่ที่เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Directive Current ;DC) มาเป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternative Current ;AC)



รูปที่ 2.6 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบแหล่งจ่ายกระตุ้นแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน จะคล้ายกับระบบที่ต่อเข้ากับระบบเครือข่ายโดยตรง (Grid-Connected Induction Generator) กล่าวคือ เริ่มต้นจะจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสที่ได้จากอินเวอร์เตอร์เข้าไปยังเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน(Rotating Magnetic Field) โดยที่ในขณะนี้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะแสดงพฤติกรรมเป็นมอเตอร์ และรับกำลังไฟฟ้ามาจากอินเวอร์เตอร์ หลังจากนั้นจะจ่ายตัวต้นกำลังทางกลเข้าไปยังเพลาของเครื่องจักร จนความเร็วของส่วนหมุนมากกว่าความเร็วซิงโครนัสซึ่งเป็นความเร็วที่ได้จากสนามแม่เหล็กหมุน และในขั้นตอนนี้เองกำลังไฟฟ้าจะกลับทิศทางโดยไหลกลับไปยังแหล่งจ่ายซึ่งเป็นพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดนั่นเอง

เราสามารถที่จะควบคุมแรงดันและความถี่ที่ใช้งาน ได้จากการควบคุมแรงดันและความถี่ของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งต้องมีการควบคุมให้เหมาะสมกับความเร็วของส่วนหมุน (Rotor Speed) ตลอดจนภาระ (Load) ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เพื่อให้ได้แรงดันและความถี่ที่คงที่และเหมาะสมกับระบบที่เราใช้งาน

สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกอย่างหนึ่งก็คือ แหล่งจ่ายกระแสกระตุ้นเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งในที่นี้ก็คือแบตเตอรี่ ต้องมีขนาดเพียงพอกับการกระตุ้นสร้างสนามแม่เหล็กของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และภาระทางไฟฟ้า โดยจะต้องมีขนาดพิกัดมากขึ้นถ้าภาระทางไฟฟ้าของระบบนั้นเป็นแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load)

2.2.2.2) แบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited Induction Generator)

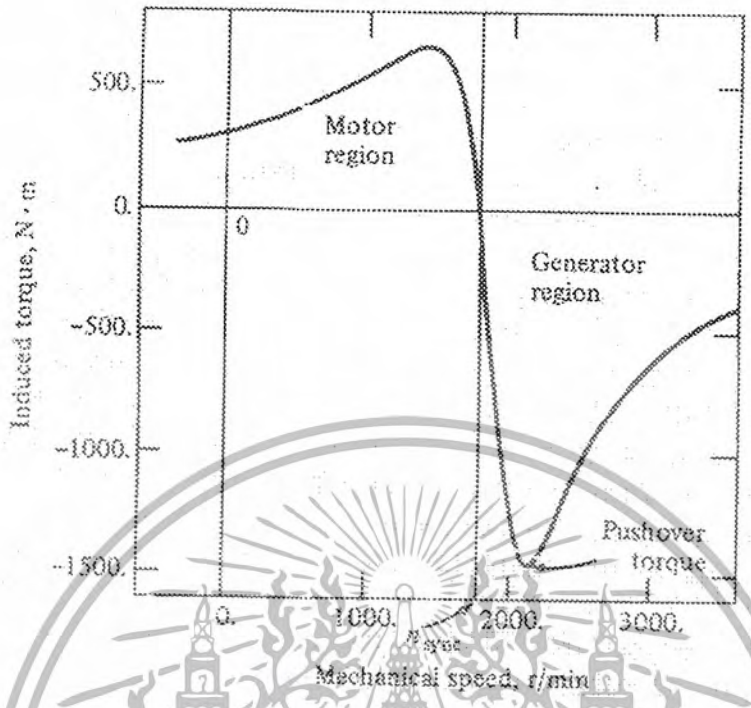
เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้รับกระแสกระตุ้น (Exciting Current) จากตัวเก็บประจุ (capacitor) ในกรณีเช่นนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับจากภายนอก และในส่วนของโครงงานได้ศึกษาระบบนี้อย่างจริงจัง ซึ่งจะกล่าวถึงอย่างละเอียดต่อไป

2.3 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Generator)

เมื่อเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานในสภาวะเป็นมอเตอร์ จะมีการดึงกระแส 2 ส่วน จากแหล่งจ่ายไฟ ได้แก่ ส่วนแรกจะใช้ในการกระตุ้น เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน และส่วนที่สอง จะใช้ในการสร้างกำลังจริง กำลังงานเอาท์พุตทางกล และความสูญเสียภายใน ถ้าโหลดถูกตัดออกไป มอเตอร์ก็จะยังคงดึงกระแสส่วนที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กเท่าเดิม กระแสที่ใช้สร้างกำลังจริงจะมีค่าน้อยมากเนื่องจากจะถูกใช้ไปในส่วนของความสูญเสียภายในเท่านั้น

ถ้าต้องการให้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานในสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต้องมีการจ่ายกำลังงานทางกลเข้าไปที่เพลาของโรเตอร์ จนกระทั่งความเร็วของโรเตอร์มีค่ามากกว่าความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน (synchronous speed) เมื่อเกิดสภาวะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้วจะได้เส้นกราฟแสดงคุณลักษณะของแรงบิดกับความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงคุณลักษณะ แรงบิดกับความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

และเมื่อเกิดสภาวะที่เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเป็นเครื่องกำเนิดจะมีพฤติกรรมดังนี้

1. ความเร็วที่ส่วนหมุน (rotor speed; N_r) จะมีค่ามากกว่า ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน (synchronous speed; N_s)

2. สมการ $S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$ ซึ่งเป็นสมการที่ใช้หาค่าของ สลิป (slip) จากข้อ 1 ทำให้เราได้ว่าจะมีค่าเป็นลบ ดังนั้นในส่วนของสมการและวงจรเสมือนที่ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำก็สามารถนำมาใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้เช่นกัน เพียงแต่เปลี่ยนสลิปให้มีค่าเป็นลบเท่านั้น

3. การที่สลิปมีค่าเป็นลบ จะทำให้ทิศทางของกระแสที่เดิมไหลเข้าตัวของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสภาวะมอเตอร์ เปลี่ยนเป็นไหลออกในสภาวะที่เป็นเครื่องกำเนิด นั่นหมายถึงขณะนี้พลังงานไฟฟ้าได้ไหลกลับไปยังแหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

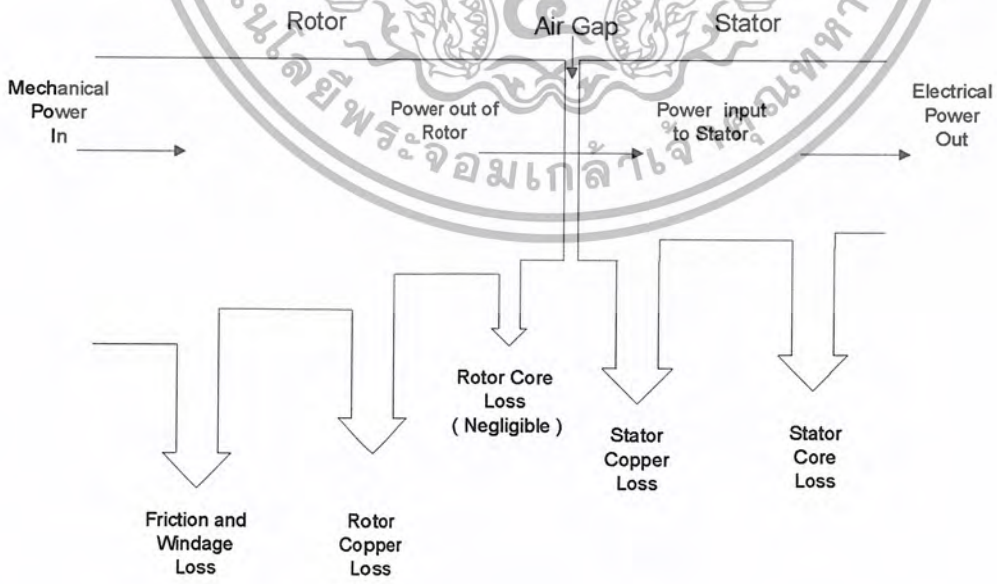
4. ความสูญเสียทางไฟฟ้าภายในเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขณะนี้จะถูกจ่ายด้วยตัวต้นกำลังที่หมุนเพลาโรเตอร์

5. เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำถึงแม้ว่าจะแสดงพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิด แต่ก็ยังคงดึงกระแสกระตุ้นอย่างต่อเนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน หรือเปรียบเสมือนว่าขณะนี้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (real power) กลับไปยังแหล่งจ่าย แต่ก็ยังรับกำลังไฟฟ้าจินตภาพ (reactive power) จากระบบแหล่งจ่ายอยู่เช่นเดิม และถ้าไม่มีแหล่งจ่ายกระแสกระตุ้นจากภายนอกแล้วเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะไม่สามารถแสดงพฤติกรรมเป็นเครื่องกำเนิดได้เลย

6. ความถี่ของแรงดันที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะขึ้นอยู่กับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งก็จะเป็นความถี่เดียวกันกับไฟที่ป้อนเข้า

2.4 การไหลของกำลังไฟฟ้าจริง (real power) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในการไหลของกำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.8 ซึ่งเราพบว่าการไหลของกำลังงานจะคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพียงแต่มีลักษณะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามเท่านั้น



รูปที่ 2.8 แสดงรูปไดอะแกรมการไหลของกำลังในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ประสิทธิภาพสามารถหาได้จากวิธีการเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอื่นๆ ค่ากำลังงานกลอินพุต จะได้มาจากค่ารวมของ ความสูญเสียทางไฟฟ้า ความสูญเสียทางกล และค่ากำลังไฟฟ้าเอาท์พุต ซึ่งทั้งหมดสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ค่าความสูญเสียทางไฟฟ้า

ก. ความสูญเสียทางไฟฟ้าของขดลวดที่สเตเตอร์ (stator copper loss; $P_{cu,s}$)

$$P_{cu,s} = I^2{}_s R_s \tag{2.1}$$

; R_s เป็นความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

I_s เป็นกระแสที่ไหลในขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

ข. ความสูญเสียทางไฟฟ้าของขดลวดที่โรเตอร์ (rotor copper loss; $P_{cu,r}$)

$$P_{cu,r} = SP_r \tag{2.2}$$

$$P_r = P_o + P_c + P_{cu,s} \tag{2.3}$$

; S เป็นค่าของสลิป

P_r เป็นกำลังงานที่ออกจากโรเตอร์

P_o เป็นกำลังไฟฟ้าเอาท์พุต

P_c เป็นความสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็กที่สเตเตอร์

ค. ความสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็กที่สเตเตอร์ (stator core loss; P_c)

P_c สามารถหาได้จากการทดสอบขณะไม่มีภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความสูญเสียทางกล

ความสูญเสียทางกล (mechanical loss; P_M) เป็นผลรวมของความสูญเสียเนื่องจากความฝืดและลมที่พัดเพื่อระบายความร้อน (friction and windage loss)

3. ค่ากำลังงานไฟฟ้าเอาท์พุต

ค่ากำลังงานไฟฟ้าเอาท์พุต (electrical output power; P_o) เป็นกำลังงานที่ได้ออกมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

$$P_o = V_L I_L \cos\emptyset \tag{2.4}$$

; V_L เป็นแรงดันที่โหลดต่อเฟส

I_L เป็นกระแสที่โหลดต่อเฟส

$\cos\emptyset$ เป็นตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้าของโหลด

4. ค่ากำลังงานกลอินพุต

ค่ากำลังงานกลอินพุต (mechanical input power; P_i) ในที่นี้ก็คือกำลังงานที่ตัวต้นกำลัง (prime mover) ขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั่นเอง

$$P_i = P_o + P_{cu,s} + P_{cu,r} + P_c + P_M \tag{2.5}$$

ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพจะได้ว่า

$$\%Efficiency = \frac{P_o}{P_i} \times 100 \tag{2.6}$$

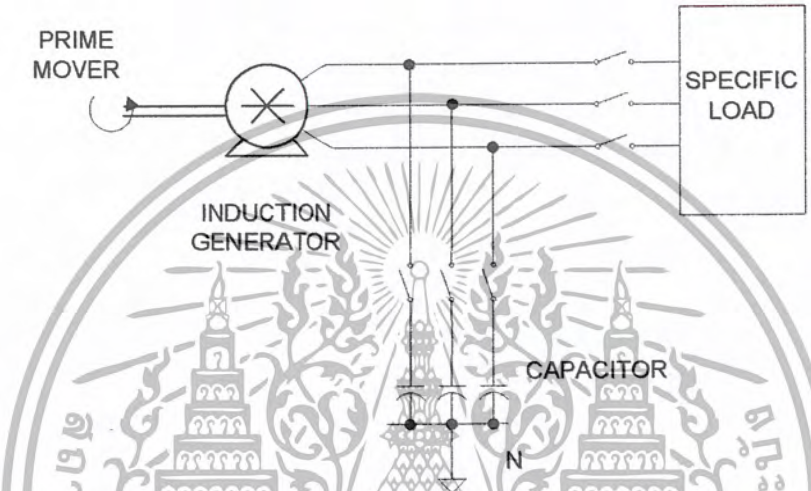
โดยที่ $P_o = P_i - losses$

$$losses = P_{cu,s} + P_{cu,r} + P_c + P_M$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

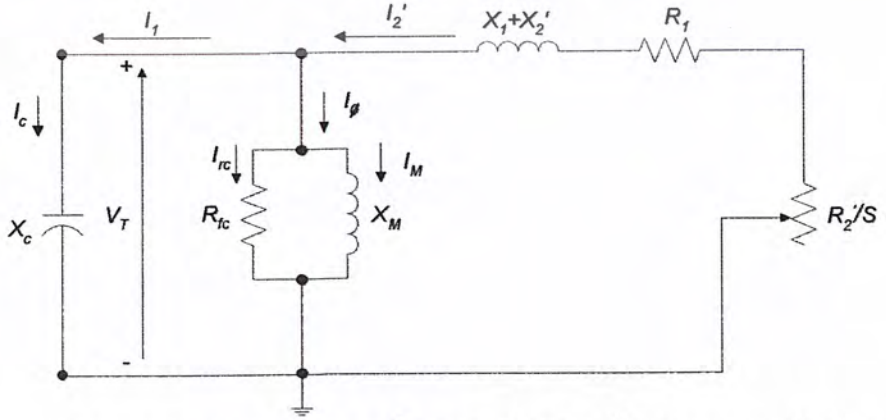
2.6 หลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-Excited Induction Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองจะทำการกระตุ้นตัวเองด้วยกำลังไฟฟ้าจินตภาพที่ได้จากตัวเก็บประจุ (capacitor) ที่ต่ออยู่ที่ขั้ว โดยมีหลักการคล้ายกับการเรโซแนนซ์ (resonance) ซึ่งส่วนประกอบของระบบได้แสดงไว้ในรูป 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

หลักการทำงาน จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-excited direct current generator) ซึ่งจะอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของเครื่องจักร คือ การมีความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง (residual flux density) อยู่ภายในวงจรแม่เหล็กของเครื่องจักร สามารถอธิบายได้จากรูป 2.10



รูป 2.10 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏการณ์ในการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ เกิดจากเมื่อเราให้ตัวต้นกำลังไปที่เพลาของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง (residual flux) ที่อยู่ภายในวงจรแม่เหล็กของส่วนหมุน วิ่งตัดผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ (armature) ของส่วนที่อยู่กับที่ และจะเกิดแรงดันเริ่มต้นค่าหนึ่งที่ขั้วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced voltage หรือ electromotive force ;emf)

ขณะเดียวกัน แรงดันเริ่มต้นนี้จะไปตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุทำให้เกิดกระแสเนื่องจากตัวเก็บประจุ (I_c) กระแสนี้เองจึงเป็นส่วนที่เพิ่มกระแสในการสร้างสนามแม่เหล็ก (I_M) ของส่วนกระตุ้นให้กับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทำให้มีแรงดัน (V_T) เพิ่มขึ้น และกระแสเนื่องจากตัวเก็บประจุก็จะเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่ตกคร่อมซึ่งก็จะไปมีผลทำให้กระแสที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้น แรงดันจึงเพิ่มขึ้นอีก ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องไปจนกระทั่งถึง จุดสมดุล หรือเรียกว่า Build-up point และจะไม่มีการสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำอีกต่อไป

ในส่วนของความเร็วซิงโครนัสนั้น จะมีค่าต่ำกว่าความเร็วรอบของส่วนหมุน ทำให้สลิป (slip) ที่ได้มีค่าเป็นลบ ดังนั้นกระแส I_2' จึงมีทิศทางไหลออกจากเครื่องจักรดังรูปที่ 2.10 ซึ่งเป็นพฤติกรรมของการเป็นเครื่องกำเนิดนั่นเอง และถ้าพิจารณาในส่วนของความถี่ทางไฟฟ้าของระบบพบว่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วรอบของส่วนหมุนด้วย

จุดสมดุล หรือ Build-up point จะขึ้นอยู่กับตัวแปรดังต่อไปนี้

1.) ค่าของตัวเก็บประจุ (capacitor) ที่ใช้งาน

2.) ความเร็วของส่วนหมุน (Rotor Speed) ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับ ความเร็วซิงโครนัส (Synchronous Speed) และความถี่ทางไฟฟ้า สามารถพิจารณาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$N_s = \frac{120f}{P} \tag{2.7}$$

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \tag{2.8}$$

; N_s เป็น ความเร็วซิงโครนัส (rpm)

N_r เป็น ความเร็วรอบของส่วนหมุน (rpm)

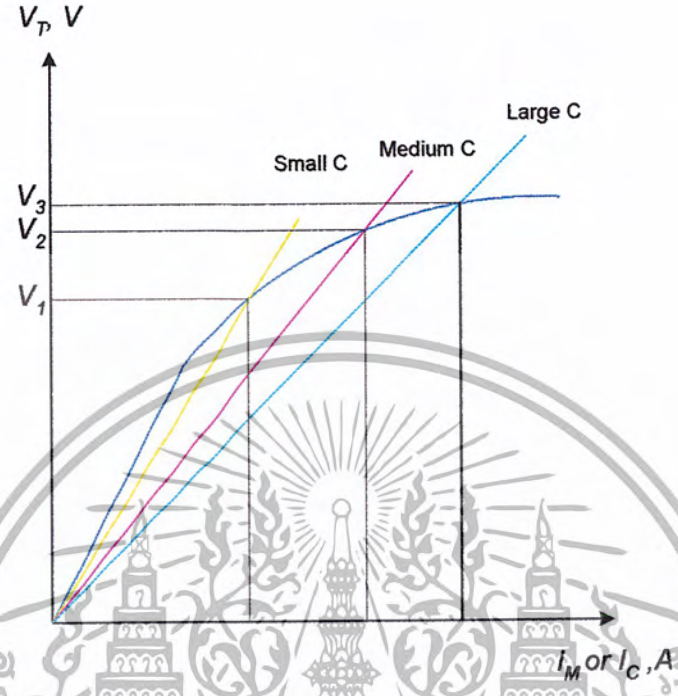
f เป็น ความถี่ทางไฟฟ้า (Hz)

P เป็นจำนวนขั้วแม่เหล็ก (pole)

S เป็น สลิป (p.u.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเราจะหาสมการที่ใช้งาน เพื่อหาค่าตัวเก็บประจุเริ่มต้นขณะที่ไม่มีภาระ (no load) โดยพิจารณาได้จากรูป 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงจุดสมดุลที่ตัวเก็บประจุค่าต่างๆ

จากรูปที่ 2.11 จะได้ว่า

เส้นกราฟ — เป็นความสัมพันธ์ของ V_T (terminal voltage) กับ I_M (magnetizing current) ซึ่งเป็นลักษณะของความสัมพันธ์ของ B (magnetic flux density) กับ H (magnetic flux intensity) ซึ่งกราฟจะมีลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น

เส้นกราฟ ---, ---, --- เป็นความสัมพันธ์ของสมการ $V_T = I_c X_c$ โดยตัวเก็บประจุมีค่าน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ ซึ่งกราฟจะมีลักษณะที่เป็นเส้นตรง

ให้จุดตัดของกราฟเป็น Build-up Point , ω เป็นความเร็วเชิงมุม ($\omega = 2\pi f$) จะได้ว่า

$$V_T = I_M X_M = I_C X_C \tag{2.9}$$

$$; X_M = \omega L = 2\pi f L$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ดังนั้น

$$\frac{V_T}{2\pi fL} = 2\pi fCV_T \tag{2.10}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} \tag{2.11}$$

; I_M เป็นกระแสสร้างสนามแม่เหล็ก

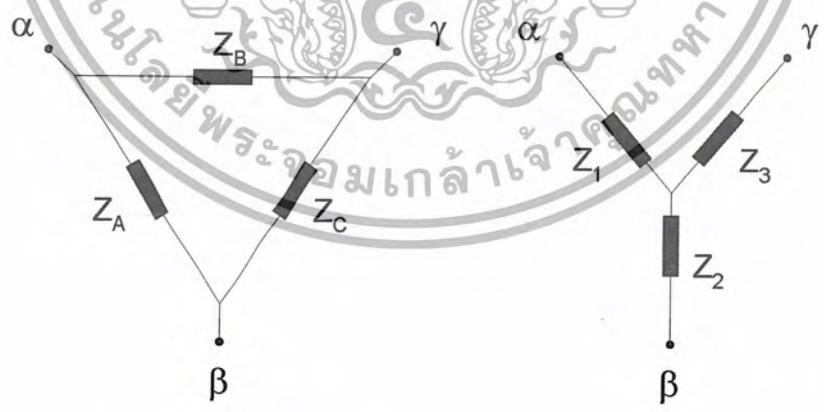
I_C เป็นกระแสเนื่องจากตัวเก็บประจุ

C เป็นค่าของตัวเก็บประจุ

L เป็นค่าของความเหนี่ยวนำในส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก

2.7 ความสมมูลระหว่างการต่อแบบสตาร์ และแบบเดลตา (equivalent Y- and Δ-connection)

ในการศึกษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองครั้งนี้ได้พิจารณาถึงความแตกต่างของการต่อตัวเก็บประจุเข้าที่ขั้วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลักษณะของการต่อแบบสตาร์ และเดลตา



(a) การต่อแบบเดลตา (b) การต่อแบบสตาร์

รูปที่ 2.12 แสดงการต่อแบบเดลตา Δ และสตาร์ Y

รูปที่ 2.12 แสดงการต่ออิมแดนซ์ (impedance) สามค่าในรูปลักษณ์แบบสตาร์ และแบบเดลตา ให้ขั้วของการต่อทั้งสองแบบถูกกำกับไว้ด้วยฉลากที่ตรงกันเป็นคู่ๆ คือ α, β, และ γ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
49885

Z_1 จะเป็นค่าอิมพิแดนซ์ที่ต่อกับขั้วต่อ α ในการต่อแบบสตาร์ ในขณะที่ Z_C จะเป็นค่าอิมพิแดนซ์ที่อยู่ตรงข้ามขั้วต่อ α ในการต่อแบบเดลตา เป็นต้น เมื่อมองเข้าไประหว่างขั้วต่อสองขั้ว การต่อทั้งสองแบบจะสมมูลกัน ถ้าอิมพิแดนซ์ ทางเข้า ทางออก และถ่ายโอนมีค่าเท่ากัน ทำให้ได้เกณฑ์สำหรับการสมมูลกันเป็นดังนี้

การแปลงจากสตาร์ เป็น เดลตา **การแปลงจากเดลตา เป็น สตาร์**

$$Z_A = \frac{Z_1Z_2 + Z_1Z_3 + Z_2Z_3}{Z_3} \qquad Z_1 = \frac{Z_AZ_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

$$Z_B = \frac{Z_1Z_2 + Z_1Z_3 + Z_2Z_3}{Z_2} \qquad Z_2 = \frac{Z_AZ_C}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

$$Z_C = \frac{Z_1Z_2 + Z_1Z_3 + Z_2Z_3}{Z_1} \qquad Z_3 = \frac{Z_CZ_B}{Z_A + Z_B + Z_C}$$

ควรจะสังเกตว่า ถ้าค่าอิมพิแดนซ์ทั้งสามของการต่อแบบหนึ่งมีค่าเท่ากัน การต่อที่สมมูลกันในอีกแบบหนึ่งจะให้ค่าอิมพิแดนซ์เท่ากันทั้งสามค่าด้วยโดยที่

$$\frac{Z_\Delta}{Z_Y} = 3 \qquad (2.12)$$

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวมาทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นพื้นฐานของการศึกษาในโครงงานนี้ และในส่วนของบทอื่นๆจะได้กล่าวถึงการทดลอง เพื่อหาข้อสรุปทางทฤษฎีและผลของตัวแปรต่างๆ ตลอดจนลักษณะการนำไปใช้งานที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

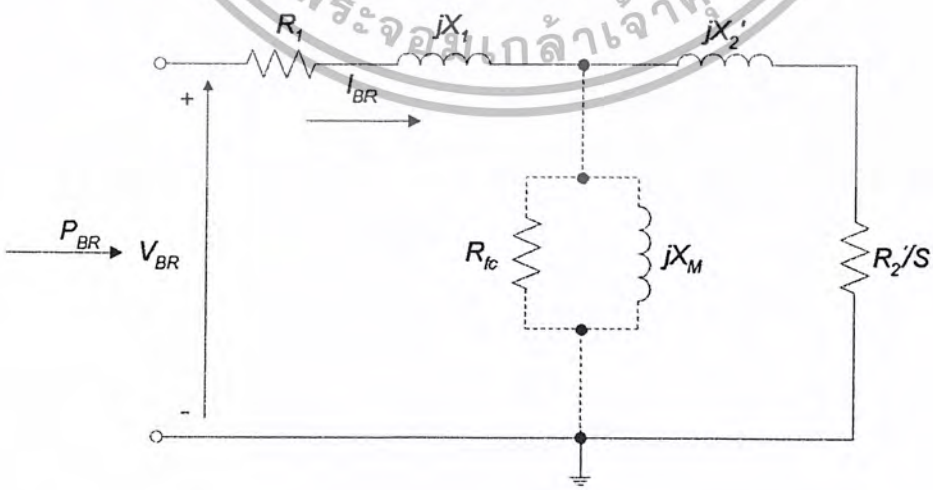
บทที่ 3
การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

การหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในโครงงานนี้จะอ้างอิงตามมาตรฐาน IEEE โดยทำการทดสอบ 3 ส่วน คือการใช้วิธีโวลต์แอมป์, การทดสอบตรึงโรเตอร์ และการทดสอบขณะไม่มีภาระ

3.1 การทดสอบตรึงโรเตอร์ (Block Rotor Test)

การทำการทดสอบโดยการตรึงโรเตอร์ เพื่อหาค่า X_1 และ X_2' และเมื่อนำข้อมูลที่ได้รวมกับข้อมูลจากการทดสอบโดยวิธีโวลต์แอมป์ หาความต้านทานที่สเตเตอร์ จะสามารถหาค่าความต้านทานที่โรเตอร์ (R_2')ได้ การทดสอบจะเริ่มจากการยึดโรเตอร์เอาไว้ไม่ให้หมุน ดังนั้นขณะนี้ค่าของสลิป (S) จึงมีค่าเท่ากับหนึ่ง และทำการวัดค่า กระแส และแรงดันในสาย ตลอดจนกำลังงานทางไฟฟ้าที่ไหลเข้าทางด้านสเตเตอร์ ในโครงงานนี้เราใช้การต่อแบบสตาร์ ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นค่าต่อเฟส ในการทดสอบจะปรับแรงดันอินพุตให้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนได้กระแสเท่ากับที่กระแสพิกัด จากนั้นจึงทำการบันทึกผลการทดสอบ

ขณะนี้กระแสกระตุ้นเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กจะถูกพิจารณาว่ามีค่าน้อยมาก ทั้งนี้เพราะแรงดันจะมีค่าต่ำมาก ดังนั้นวงจรสมมูลในการทดสอบตรึงโรเตอร์จะแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 โดยในส่วนที่เป็นเส้นประจะไม่ถูกนำมาพิจารณา



รูปที่ 3.1 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟสของการทดสอบตรึงโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเราสามารถหาค่าต่างๆต่อเฟสได้ดังนี้

$$R_1 + R_2^{'} = R_{BR} \tag{3.1}$$

$$Z_{BR} = \frac{V_{BR}}{I_{BR}} \tag{3.2}$$

$$R_{BR} = \frac{P_{BR}}{I^2_{BR}} \tag{3.3}$$

เราทราบค่า R_1 จากการทดลองหาค่าความต้านทานทางด้านสเตเตอร์ เพราะฉะนั้นสามารถหาค่า $R_2^{'}$ ได้จาก

$$R_2^{'} = R_{BR} - R_1 \tag{3.4}$$

$$Z_{BR} = \sqrt{R^2_{BR} + X^2_{BR}} \tag{3.5}$$

$$X_{BR} = \sqrt{Z^2_{BR} - R^2_{BR}} \tag{3.6}$$

เมื่อ $X_{BR} = X_1 + X_2^{'}$ (3.7)

ถ้าเราทราบ **NEMA design letter** ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ก็จะสามารถแยกค่า X_1 และ $X_2^{'}$ ได้ โดยดูจากตารางที่ 3. 1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าอัตราส่วนระหว่าง X_1 กับ $X_2^{'}$ ตามชนิดของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแต่ละชนิด

Type of IMC	A,D	B	C	Wound Rotor
X_1	$0.5X_{BR}$	$0.4X_{BR}$	$0.3X_{BR}$	$0.5X_{BR}$
$X_2^{'}$	$0.5X_{BR}$	$0.6X_{BR}$	$0.7X_{BR}$	$0.5X_{BR}$

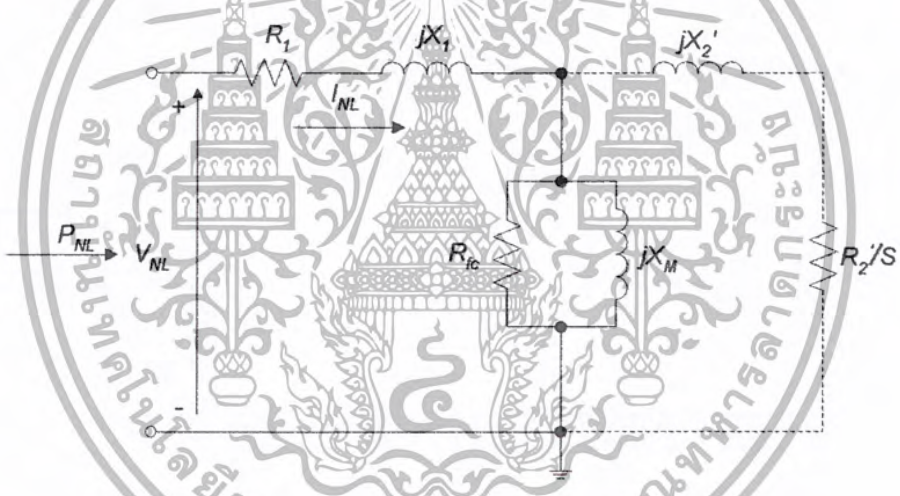
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดสอบขณะไม่มีภาระ (No Load Test)

การทดสอบขณะไม่มีภาระ เพื่อหาค่า X_M และค่าองค์ประกอบของแกนเหล็ก และค่าความสูญเสียทางกลอันเนื่องมาจากความฝืด และลมที่ใช้ในการระบายความร้อน (Friction and Windage Losses)

ในส่วนการทดสอบจะทำการบันทึกค่าเช่นเดียวกับการทดสอบตรึงโรเตอร์ เพียงแต่ปล่อยให้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำหมุนโดยอิสระที่พิกัดแรงดัน และพิกัดความถี่

ที่สภาวะไม่มีภาระนี้ความเร็วของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะข้าใกล้ความเร็วซิงโครนัส ค่าสลิปจึงมีค่าเกือบเป็นศูนย์เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านในส่วนของ R_2'/S มีค่าน้อยมาก ด้วยเหตุผลนี้ในส่วนของเส้นประจึงไม่ต้องนำมาพิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรสมมูล 1 เฟส ของการทดสอบขณะไม่มีภาระ

จากรูปที่ 3.2 เราสามารถคำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

$$S_{NL} = V_{NL} I_{NL} \tag{3.8}$$

$$S_{NL} = \sqrt{P^2{}_{NL} + Q^2{}_{NL}} \tag{3.9}$$

$$Q_{NL} = \sqrt{S^2{}_{NL} - P^2{}_{NL}} \tag{3.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาค่า X_{NL} ได้โดย

$$X_{NL} = \frac{Q_{NL}}{I^2_{NL}} \tag{3.11}$$

เมื่อ $X_{NL} = X_1 + X_M$ (3.12)

เมื่อแทนค่า X_1 ที่ได้จากการทดสอบการตรึงโรเตอร์ เราก็จะสามารถหาค่า X_M ได้

3.3 ผลการทดลองเพื่อหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในโครงงานนี้ได้ทำการทดลองหาวงจรสมมูลของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 1 แรงม้า และ 3 แรงม้า และจากการทดลองทั้งหมดได้แสดงค่าตัวแปรต่างๆ ในวงจรสมมูลไว้ในตารางที่ 3.2 และ 3.3 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าตัวแปรของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 1 แรงม้า

$R_1(\Omega)$	$X_1(\Omega)$	$R_2'(\Omega)$	$X_2'(\Omega)$	$R_{fC}(\Omega)$	$X_M(\Omega)$
8.71	8.83	9.66	8.83	1064.8	216.6

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าตัวแปรของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 3 แรงม้า

$R_1(\Omega)$	$X_1(\Omega)$	$R_2'(\Omega)$	$X_2'(\Omega)$	$R_{fC}(\Omega)$	$X_M(\Omega)$
3.12	4.45	2.63	4.45	625	81.1

3.4 ผลการทดลองเพื่อหาความสูญเสียของแกนเหล็ก และความสูญเสียทางกล ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ในวงจรสมมูลของโครงงานนี้ได้ให้ R_{fC} เป็นตัวแทนของความสูญเสียของแกนเหล็ก และความสูญเสียทางกล และสำหรับการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองในโครงงานนี้จำเป็นต้องทดสอบที่ค่าความถี่ทางไฟฟ้า และความเร็วรอบของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำในหลายๆย่าน ดังนั้นค่าของ R_{fC} จึงเปลี่ยนไปในแต่ละสภาวะด้วย การทดลองเพื่อหาความสูญเสียของแกนเหล็ก และความสูญเสียทางกลที่ย่านความถี่ต่างๆจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสูญเสียของแกนเหล็กประกอบด้วยความสูญเสียเนื่องจากฮีสเทอรีซีส (Hysteresis loss) และความสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy current loss) จะแปรผันตามความถี่ได้แสดงไว้ในสมการที่ 3.13 3.14 และ 3.15

$$P_C = K_h f B_{\max}{}^{x} + K_e f^2 B_{\max}{}^{2} \tag{3.13}$$

$$P_h = K_h f B_{\max}{}^{x} \tag{3.14}$$

$$P_e = K_e f^2 B_{\max}{}^{2} \tag{3.15}$$

; P_c เป็นความสูญเสียของแกนเหล็ก (watt)

P_h เป็นความสูญเสียเนื่องจากฮีสเทอรีซีส (watt)

P_e เป็นความสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (watt)

K_h เป็นค่าคงที่ของฮีสเทอรีซีสขึ้นอยู่กับเนื้อสารของแกนเหล็ก

K_e เป็นค่าคงที่ของกระแสไหลวนขึ้นอยู่กับเนื้อสารของแกนเหล็ก

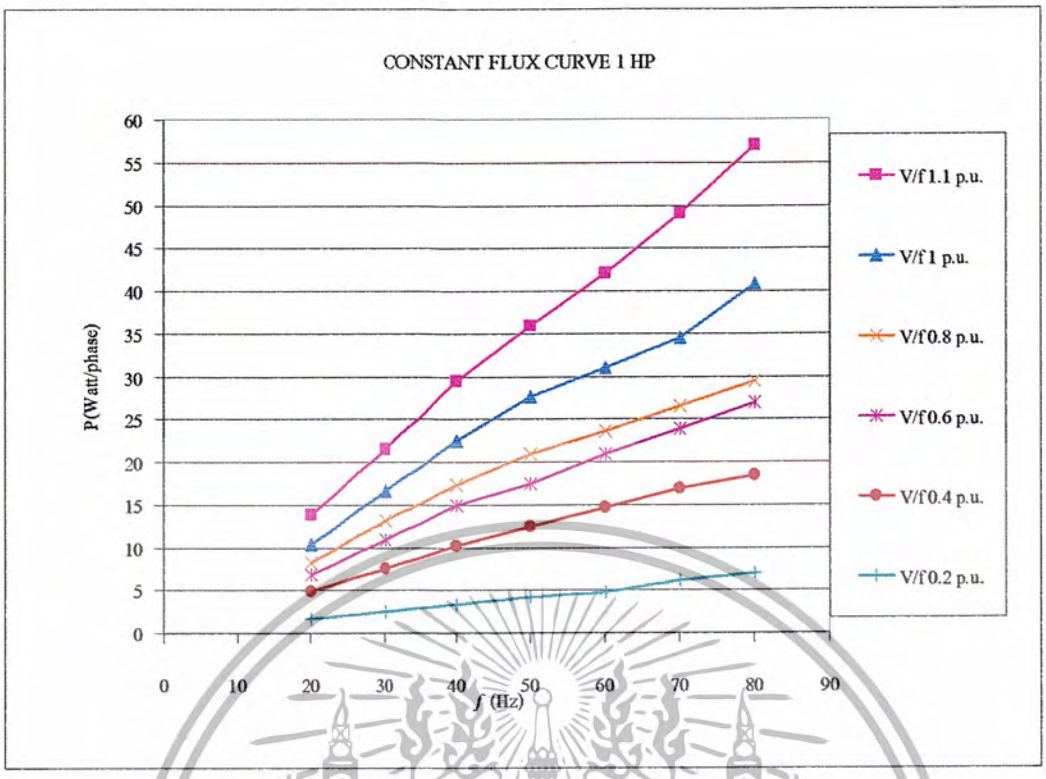
B_{max} เป็นค่าสูงสุดของความหนาแน่นสนามแม่เหล็ก (T)

f เป็นค่าความถี่ทางไฟฟ้า (Hz)

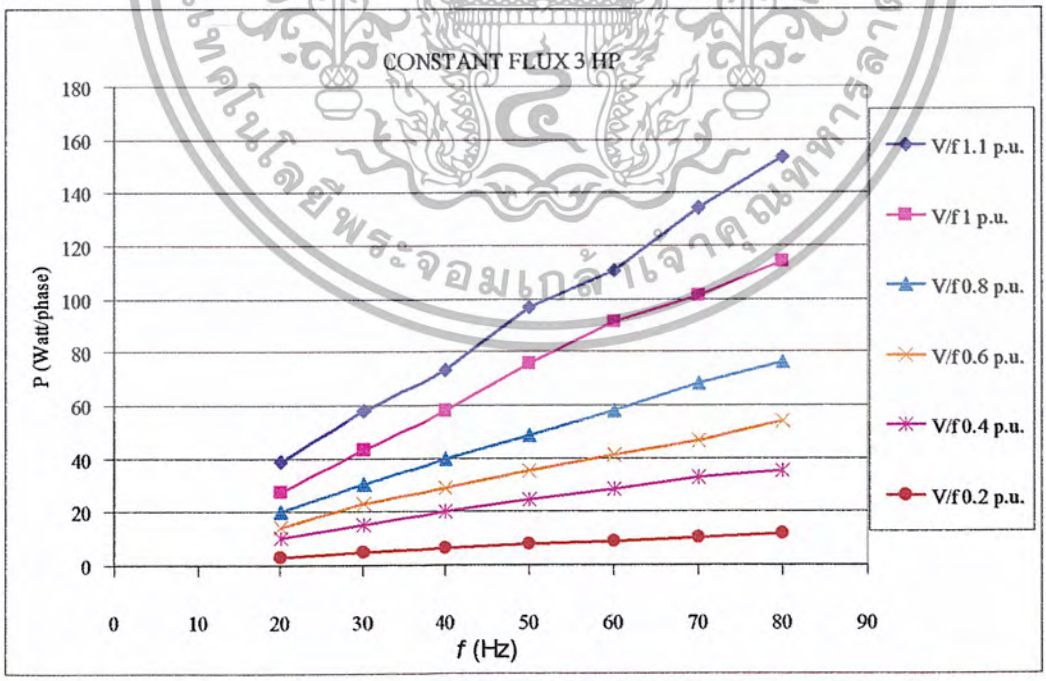
และความสูญเสียทางกลจะแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 และ 3.4 โดยที่ 1 p. u. แสดงถึง V= 220 V, f= 50 Hz, V/f = 4.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงค่าของความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกล ณ ความถี่ต่างๆของเครื่องจักร ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 1 แรงม้า



รูปที่ 3.4 แสดงค่าของความสูญเสียของแกนเหล็กและทางกล ณ ความถี่ต่างๆของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่ไม่มีภาระ
(NO LOAD TEST FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR)

ในการทดสอบขณะไม่มีภาระนั้นมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษารูปแบบในการสร้าง หรือ Build-up แรงดัน และกระแสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2. เพื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆของระบบ คือ ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้ากับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด, กระแสไฟฟ้ากับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิด, และแรงดันกับกระแสไฟฟ้า นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงผลของฮิสเทอรีซีส (hysteresis) ที่มีต่อเครื่องกำเนิดอีกด้วย

3. เพื่อพิจารณาถึงความแตกต่างของการใช้ตัวเก็บประจุในลักษณะของการต่อแบบสตาร์และเดลตา

4. เพื่อหาจุดที่เหมาะสมในการใช้ค่าของตัวเก็บประจุที่ต่อเข้าไปกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

4.1 การหาค่าตัวเก็บประจุเริ่มต้นในการทดสอบกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

จากสมการ 2.11 และค่าตัวแปรของวงจรสมมูลในตารางที่ 3.2 และ 3.3 จะได้ค่าตัวเก็บประจุเริ่มต้นในการทดสอบดังนี้

สำหรับ 1 แรงม้า

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

แทนค่า $f = 50Hz$, $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{216.6}{2\pi(50)} = 0.689H$

$$C = 14.7 \times 10^{-6} F$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ 3 แรงม้า

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L}$$

แทนค่า $f = 50Hz$, $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{81.1}{2\pi(50)} = 0.258H$

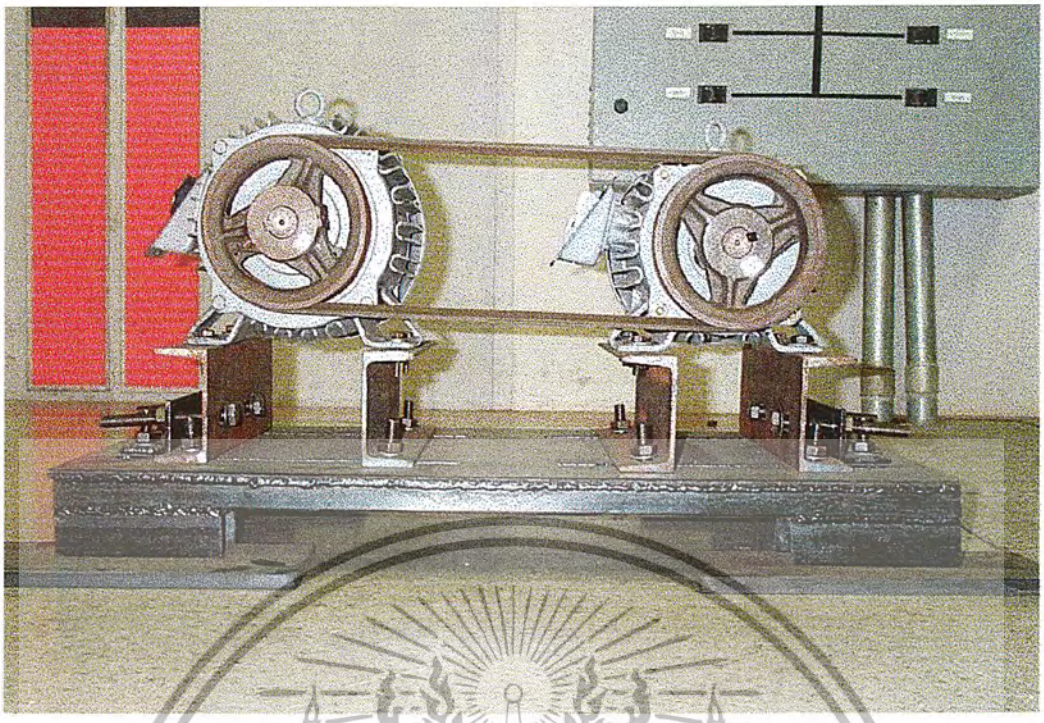
$$C = 39.27 \times 10^{-6} F$$

ดังนั้นในโครงงานนี้จึงเลือกใช้ตัวเก็บประจุเริ่มต้นขนาด 15 μF และ 40 μF สำหรับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 1 แรงม้า และ 3 แรงม้า ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าตัวเก็บประจุที่จะมีการสร้าง (build-up) แรงดันที่ 220 โวลต์ ณ ความเร็วรอบประมาณ 1500 รอบต่อนาที หรือจะได้ความถี่ทางไฟฟ้าที่ 50 เฮิร์ทซ เมื่อต่อแบบสตาร์

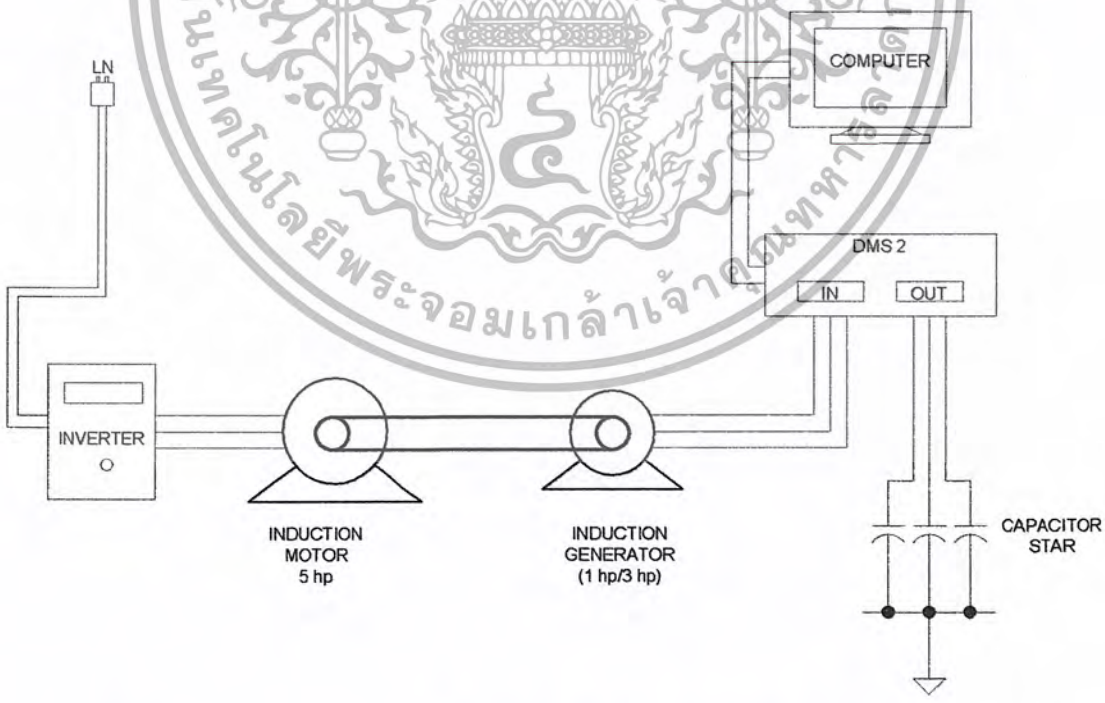
4.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะไม่มีภาระ

ในการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะไม่มีภาระทางไฟฟ้านั้นแสดงไว้ในรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 โดยเครื่อง ดีเอ็มเอส 2 (**DMS 2**) เป็นเครื่องวัดที่สามารถแสดงผลผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งจะแสดงปริมาณแรงดัน, กระแส, ความถี่, กำลัง และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (power factor) ทางไฟฟ้าที่ออกมาจากระบบ ทั้งนี้จำเป็นต้องมีแทคโคมิเตอร์ (Tacho Meter) เพื่อวัดความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

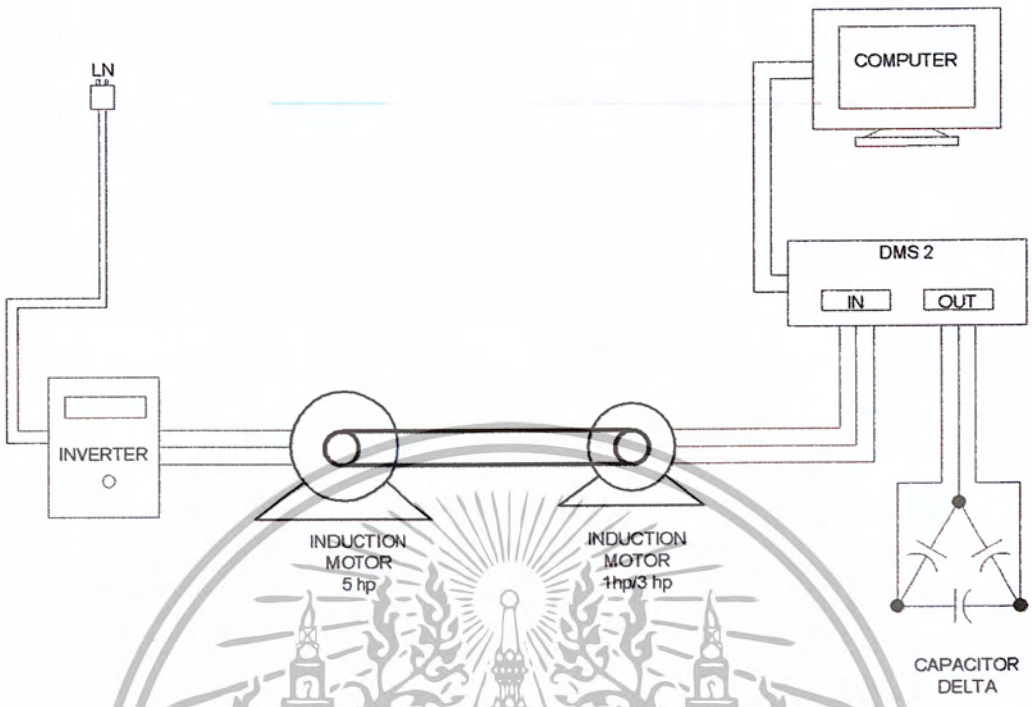


รูปที่ 4.1 แสดงแท่นทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรการทดลองเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะไม่มีภาระต่อแบบสตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงวงจรการทดลองเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขณะไม่มีภาระต่อแบบเดลตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น

C 12.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1082	3	0	0	0	-
1401	6	0	0	0	-
1498	8	0	0	0	0
1613	12	0	52	1560	-0.03397
1648	15	0	54.1	1623	-0.0154
1688	248	1	56.1	1683	-0.00297
1725	262	1.1	57.4	1722	-0.00174
1774	280	1.2	58.9	1767	-0.00396
1828	299	1.3	60.9	1827	-0.00055

C 15 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1140	3	0	0	0	-
1414	6	0	0	0	-
1484	8	0	0	0	0
1490	15	0	49.5	1485	-0.00337
1538	228	1	51.2	1536	-0.0013
1565	240	1.1	52	1560	-0.00321
1618	259	1.2	53.6	1608	-0.00622
1644	267	1.3	54.5	1635	-0.0055
1677	279	1.4	55.7	1671	-0.00359
1724	294	1.5	57.3	1719	-0.00291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 17.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
972	3	0	0	0	-
1253	6	0	0	0	-
1296	8	0	0	0	0
1351	10	0	45	1350	-0.00074
1396	14	0	45.5	1365	-0.02271
1422	208	1	47.2	1416	-0.00424
1458	222	1.1	48.4	1452	-0.00413
1520	244	1.2	50.4	1512	-0.00529
1548	253	1.3	51.4	1542	-0.00389
1567	260	1.4	52	1560	-0.00449
1603	272	1.5	53.2	1596	-0.00439
1663	292	1.6	55.2	1656	-0.00423

C 20 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
920	3	0	0	0	-
1156	6	0	0	0	-
1226	8	0	0	0	0
1276	11	0	42	1260	-0.0127
1290	13	0	42.2	1266	-0.01896
1301	14	0	42.4	1272	-0.0228
1329	196	1	44.1	1323	-0.00454
1368	211	1.1	45.4	1362	-0.00441
1416	228	1.2	47	1410	-0.00426
1446	238	1.3	47.9	1437	-0.00626
1459	243	1.4	48.4	1452	-0.00482
1488	253	1.5	49.3	1479	-0.00609
1528	265	1.6	50.6	1518	-0.00659

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 22.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
892	3	0	0	0	-
1112	6	0	0	0	-
1174	8	0	0	0	0
1202	10	0	40	1200	-0.00167
1212	11	0	40.1	1203	-0.00748
1231	13	0	40.3	1209	-0.0182
1280	193	1	42.3	1269	-0.00867
1296	200	1.1	43	1290	-0.00465
1327	211	1.2	44	1320	-0.0053
1373	227	1.3	45.5	1365	-0.00586
1395	234	1.4	46.2	1386	-0.00649
1415	241	1.5	47	1410	-0.00355
1448	251	1.6	48	1440	-0.00556
1477	261	1.7	49	1470	-0.00476
1516	273	1.8	50.1	1503	-0.00865

C 25 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
954	3	0	0	0	-
1129	6	0	0	0	-
1165	8	0	0	0	0
1193	11	0	39.7	1191	-0.00168
1205	181	1	39.9	1197	-0.00668
1231	191	1.1	40.8	1224	-0.00572
1257	201	1.2	41.6	1248	-0.00721
1282	209	1.3	42.6	1278	-0.00313
1305	217	1.4	43.3	1299	-0.00462
1331	226	1.5	44	1320	-0.00833

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 25 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1382	242	1.6	45.7	1371	-0.00802
1397	247	1.7	46.2	1386	-0.00794
1425	256	1.8	47.1	1413	-0.00849
1461	267	1.9	48.4	1452	-0.0062
1486	275	2	49.3	1479	-0.00473

C 27.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
838	3	0	0	0	-
1014	6	0	0	0	-
1067	8	0	0	0	0
1100	10	0	36.4	1092	-0.00733
1110	11	0	36.5	1095	-0.0137
1170	181	1.1	38.8	1164	-0.00515
1198	191	1.2	39.7	1191	-0.00588
1226	200	1.3	40.6	1218	-0.00657
1260	212	1.4	41.6	1248	-0.00962
1281	219	1.5	42.4	1272	-0.00708
1300	225	1.6	42.9	1287	-0.0101
1330	235	1.7	44	1320	-0.00758
1371	248	1.8	45.2	1356	-0.01106
1383	251	1.9	45.7	1371	-0.00875
1422	263	2	47	1410	-0.00851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 30 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
812	3	0	0	0	-
962	6	0	0	0	-
1024	8	0	0	0	0
1051	10	0	35	1050	-0.00095
1060	11	0	35.1	1053	-0.00665
1118	173	1.1	37	1110	-0.00721
1140	180	1.2	37.7	1131	-0.00796
1177	194	1.3	38.9	1167	-0.00857
1185	197	1.4	39.2	1176	-0.00765
1217	207	1.5	40.2	1206	-0.00912
1248	217	1.6	41.3	1239	-0.00726
1274	225	1.7	42.1	1263	-0.00871
1297	233	1.8	42.8	1284	-0.01012
1326	243	1.9	43.8	1314	-0.00913
1345	248	2	44.3	1329	-0.01204
1370	256	2.1	45.1	1353	-0.01256
1389	262	2.2	45.7	1371	-0.01313

C 32.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
800	3	0	0	0	-
957	6	0	0	0	-
1000	8	0	0	0	0
1032	11	0	34.3	1029	-0.00292
1080	167	1.1	35.7	1071	-0.0084
1115	179	1.2	36.8	1104	-0.00996
1135	186	1.3	37.4	1122	-0.01159
1156	194	1.4	38.2	1146	-0.00873

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 32.5 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1187	204	1.5	39.3	1179	-0.00679
1208	210	1.6	40	1200	-0.00667
1227	217	1.7	40.5	1215	-0.00988
1260	227	1.8	41.6	1248	-0.00962
1280	234	1.9	42.3	1269	-0.00867
1305	241	2	43	1290	-0.01163
1325	248	2.1	43.8	1314	-0.00837
1350	256	2.2	44.5	1335	-0.01124

C 35 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
800	3.4	0	0	0	-
930	6	0	0	0	-
957	8	0	0	0	0
982	10	0	32.1	963	-0.01973
1040	160	1.1	34.4	1032	-0.00775
1060	168	1.2	35	1050	-0.00952
1080	176	1.3	35.7	1071	-0.0084
1114	187	1.4	36.8	1104	-0.00906
1138	195	1.5	37.6	1128	-0.00887
1148	198	1.6	37.9	1137	-0.00967
1175	208	1.7	38.8	1164	-0.00945
1200	216	1.8	39.7	1191	-0.00756
1237	227	1.9	40.9	1227	-0.00815
1256	233	2	41.4	1242	-0.01127
1267	237	2.1	41.8	1254	-0.01037
1290	243	2.2	42.5	1275	-0.01176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 37.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
763	3	0	0	0	-
888	6	0	0	0	-
944	9	0	0	0	0
963	11	0	32	960	-0.00313
1025	162	1.2	33.9	1017	-0.00787
1046	170	1.3	34.6	1038	-0.00771
1072	178	1.4	35.4	1062	-0.00942
1098	187	1.5	36.3	1089	-0.00826
1135	199	1.6	37.3	1119	-0.0143
1153	205	1.7	38	1140	-0.0114
1173	211	1.8	38.5	1155	-0.01558
1195	219	1.9	39.4	1182	-0.011
1210	223	2	39.9	1197	-0.01086
1245	233	2.1	41	1230	-0.0122
1265	240	2.2	41.6	1248	-0.01362

C 40 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
720	4	0	0	0	-
873	6	0	0	0	-
946	11	0	0	0	0
1001	157	1.2	33.1	993	-0.00806
1032	167	1.3	34	1020	-0.01176
1053	175	1.4	34.8	1044	-0.00862
1073	182	1.5	35.4	1062	-0.01036
1110	194	1.6	36.6	1098	-0.01093
1120	197	1.7	37	1110	-0.00901
1160	209	1.8	38.2	1146	-0.01222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

C 40 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1181	216	1.9	38.9	1167	-0.012
1200	222	2	39.5	1185	-0.01266
1217	227	2.1	40	1200	-0.01417
1245	237	2.2	40.9	1227	-0.01467

C 42.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(perphase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
725	3	0	0	0	-
840	6	0	0	0	-
884	8	0	0	0	0
900	10	0	29.9	897	-0.00334
930	140	1	30.5	915	-0.01639
952	148	1.1	31.4	942	-0.01062
972	155	1.2	32.1	963	-0.00935
984	160	1.3	32.5	975	-0.00923
1004	166	1.4	33.1	993	-0.01108
1037	177	1.5	34.1	1023	-0.01369
1049	181	1.6	34.6	1038	-0.0106
1068	188	1.7	35.3	1059	-0.0085
1100	198	1.8	36.3	1089	-0.0101
1125	206	1.9	37	1110	-0.01351
1134	209	2	37.2	1116	-0.01613
1156	215	2.1	37.8	1134	-0.0194
1178	223	2.2	38.7	1161	-0.01464

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ ปรับความเร็วช่วงขาลง

C 12.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1355	4.53	0	0	0	-
1516	6.6	0	0	0	-
1548	151	0.5	51.5	1545	-0.00194
1563	173	0.6	51.8	1554	-0.00579
1608	208	0.7	53.4	1602	-0.00375
1629	219	0.8	54.2	1626	-0.00185
1663	236	0.9	55.2	1656	-0.00423
1708	255	1	56.8	1704	-0.00235
1756	274	1.1	58.5	1755	-0.00057
1791	287	1.2	59.5	1785	-0.00336

C 15 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1213	3.83	0	0	0	-
1385	5.63	0	0	0	-
1397	133	0.5	46.4	1392	-0.00359
1424	167	0.6	47.3	1419	-0.00352
1440	179	0.7	47.8	1434	-0.00418
1467	194	0.8	48.7	1461	-0.00411
1501	213	0.9	49.8	1494	-0.00469
1546	232	1	51.5	1545	-0.00065
1568	240	1.1	52.1	1563	-0.0032
1614	257	1.2	53.6	1608	-0.00373
1658	272	1.3	55.1	1653	-0.00302
1701	287	1.4	56.6	1698	-0.00177

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 17.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1137	2.37	0	0	0	-
1292	5.31	0	0	0	-
1310	131	0.5	43.5	1305	-0.00383
1324	149	0.6	44	1320	-0.00303
1344	165	0.7	44.6	1338	-0.00448
1370	181	0.8	45.6	1368	-0.00146
1412	201	0.9	47	1410	-0.00142
1440	214	1	47.8	1434	-0.00418
1462	223	1.1	48.5	1455	-0.00481
1497	236	1.2	49.7	1491	-0.00402
1544	252	1.3	51.3	1539	-0.00325
1575	263	1.4	52.3	1569	-0.00382
1618	277	1.5	53.6	1608	-0.00622

C 20 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1091	3.3	0	0	0	-
1192	4.93	0	0	0	-
1212	116	0.5	40.3	1209	-0.00248
1224	131	0.6	40.6	1218	-0.00493
1250	154	0.7	41.4	1242	-0.00644
1285	175	0.8	42.7	1281	-0.00312
1297	181	0.9	43	1290	-0.00543
1346	203	1	44.8	1344	-0.00149
1379	215	1.1	45.7	1371	-0.00584
1403	223	1.2	46.5	1395	-0.00573
1425	231	1.3	47.2	1416	-0.00636
1460	243	1.4	48.4	1452	-0.00551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 20 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1495	255	1.5	49.5	1485	-0.00673
1535	268	1.6	51	1530	-0.00327

C 22.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1022	2.84	0	0	0	-
1135	5.1	0	0	0	-
1156	116	0.5	38.4	1152	-0.00347
1172	133	0.6	38.8	1164	-0.00687
1198	153	0.7	39.7	1191	-0.00588
1208	159	0.8	40	1200	-0.00667
1236	174	0.9	41	1230	-0.00488
1277	191	1	42.3	1269	-0.0063
1301	200	1.1	43.1	1293	-0.00619
1335	213	1.2	44.2	1326	-0.00679
1364	223	1.3	45.2	1356	-0.0059
1396	234	1.4	46.4	1392	-0.00287
1426	244	1.5	47.3	1419	-0.00493
1451	252	1.6	48	1440	-0.00764
1486	263	1.7	49.3	1479	-0.00473

C 25 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
998	3.77	0	0	0	-
1055	4.75	0	0	0	-
1094	112	0.5	36.2	1086	-0.00737
1109	128	0.6	36.8	1104	-0.00453
1124	141	0.7	37.2	1116	-0.00717

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 25 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1140	150	0.8	37.8	1134	-0.00529
1178	169	0.9	39.1	1173	-0.00426
1202	179	1	39.8	1194	-0.0067
1235	192	1.1	41	1230	-0.00407
1256	200	1.2	41.7	1251	-0.004
1280	208	1.3	42.5	1275	-0.00392
1314	220	1.4	43.5	1305	-0.0069
1342	229	1.5	44.3	1329	-0.00978
1376	240	1.6	45.6	1368	-0.00585
1410	251	1.7	46.6	1398	-0.00858
1435	259	1.8	47.4	1422	-0.00914
1448	263	1.9	47.9	1437	-0.00765

C 27.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
939	2.95	0	0	0	-
1010	4.36	0	0	0	-
1039	97	0.5	34.4	1032	-0.00678
1055	119	0.6	35	1050	-0.00476
1069	131	0.7	35.4	1062	-0.00659
1101	150	0.8	36.4	1092	-0.00824
1115	157	0.9	36.8	1104	-0.00996
1150	172	1	38.1	1143	-0.00612
1164	178	1.1	38.5	1155	-0.00779
1212	195	1.2	40.1	1203	-0.00748
1228	200	1.3	40.7	1221	-0.00573
1249	208	1.4	41.4	1242	-0.00564
1284	220	1.5	42.4	1272	-0.00943

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 27.5 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_s (rpm)	S
1319	232	1.6	43.6	1308	-0.00841
1335	237	1.7	44.2	1326	-0.00679
1358	244	1.8	45	1350	-0.00593
1382	251	1.9	45.7	1371	-0.00802

C 30 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_s (rpm)	S
898	2.55	0	0	0	-
973	4.27	0	0	0	-
995	100	0.5	32.9	987	-0.00811
1003	110	0.6	33.2	996	-0.00703
1014	121	0.7	33.7	1011	-0.00297
1042	138	0.8	34.5	1035	-0.00676
1068	151	0.9	35.2	1056	-0.01136
1087	159	1	35.9	1077	-0.00929
1114	170	1.1	36.8	1104	-0.00906
1137	179	1.2	37.6	1128	-0.00798
1168	190	1.3	38.6	1158	-0.00864
1202	201	1.4	39.7	1191	-0.00924
1220	207	1.5	40.3	1209	-0.0091
1249	217	1.6	41.3	1239	-0.00807
1280	227	1.7	42.2	1266	-0.01106
1300	234	1.8	43	1290	-0.00775
1331	244	1.9	43.9	1317	-0.01063
1355	251	2	44.5	1335	-0.01498
1378	259	2.1	45.4	1362	-0.01175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 32.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
882	2.33	0	0	0	-
953	4	0	0	0	-
960	94	0.5	31.7	951	-0.00946
969	106	0.6	32.1	963	-0.00623
989	123	0.7	32.7	981	-0.00815
999	129	0.8	33.1	993	-0.00604
1058	157	1	35	1050	-0.00762
1070	163	1.1	35.5	1065	-0.00469
1098	172	1.2	36.3	1089	-0.00826
1132	185	1.3	37.4	1122	-0.00891
1153	192	1.4	38.1	1143	-0.00875
1190	204	1.5	39.4	1182	-0.00677
1198	207	1.6	39.5	1185	-0.01097
1223	214	1.7	40.3	1209	-0.01158
1247	223	1.8	41.3	1239	-0.00646
1284	234	1.9	42.2	1266	-0.01422
1307	242	2	43	1290	-0.01318
1332	250	2.1	43.9	1317	-0.01139

C 35 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
785	2.5	0	0	0	-
907	4.14	0	0	0	-
925	92	0.5	30.5	915	-0.01093
938	107	0.6	31.1	933	-0.00536
955	121	0.7	31.5	945	-0.01058
964	126	0.8	31.8	954	-0.01048
979	135	0.9	32.4	972	-0.0072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 35 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1016	152	1	33.6	1008	-0.00794
1043	161	1.1	34.4	1032	-0.01066
1066	170	1.2	35.2	1056	-0.00947
1078	174	1.3	35.6	1068	-0.00936
1118	187	1.4	36.9	1107	-0.00994
1137	195	1.5	37.7	1131	-0.00531
1165	204	1.6	38.5	1155	-0.00866
1188	211	1.7	39.2	1176	-0.0102
1213	219	1.8	40	1200	-0.01083
1225	223	1.9	40.4	1212	-0.01073
1252	232	2	41.4	1242	-0.00805
1265	236	2.1	41.7	1251	-0.01119

C 37.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
854	2.2	0	0	0	-
890	3	0	0	0	-
903	98	0.6	30	900	-0.00333
925	116	0.7	30.6	918	-0.00763
934	122	0.8	30.9	927	-0.00755
957	134	0.9	31.5	945	-0.0127
985	146	1	32.5	975	-0.01026
1010	156	1.1	33.4	1002	-0.00798
1035	165	1.2	34.2	1026	-0.00877
1060	174	1.3	35	1050	-0.00952
1077	179	1.4	35.6	1068	-0.00843
1100	187	1.5	36.3	1089	-0.0101
1117	193	1.6	36.8	1104	-0.01178

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 37.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1145	202	1.7	37.7	1131	-0.01238
1171	210	1.8	38.5	1155	-0.01385
1192	217	1.9	39.3	1179	-0.01103
1215	225	2	40	1200	-0.0125
1235	230	2.1	40.6	1218	-0.01396

C 40 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
807	3	0	0	0	-
871	4	0	0	0	-
890	97	0.6	29.5	885	-0.00565
900	106	0.7	29.7	891	-0.0101
931	126	0.8	30.8	924	-0.00758
949	135	0.9	31.4	942	-0.00743
974	145	1	32.1	963	-0.01142
984	150	1.1	32.5	975	-0.00923
1001	157	1.2	33.1	993	-0.00806
1043	171	1.3	34.4	1032	-0.01066
1061	177	1.4	35	1050	-0.01048
1082	184	1.5	35.7	1071	-0.01027
1107	192	1.6	36.5	1095	-0.01096
1125	198	1.7	37	1110	-0.01351
1140	204	1.8	37.7	1131	-0.00796
1180	216	1.9	38.8	1164	-0.01375
1200	222	2	39.5	1185	-0.01266
1221	229	2.1	40.2	1206	-0.01244

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

C 42.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
745	1.98	0	0	0	-
822	3.74	0	0	0	-
835	77	0.5	27.6	828	-0.00845
850	97	0.6	28.1	843	-0.0083
860	104	0.7	28.5	855	-0.00585
885	118	0.8	29.2	876	-0.01027
890	122	0.9	29.4	882	-0.00907
921	136	1	30.4	912	-0.00987
950	146	1.1	31.2	936	-0.01496
966	153	1.2	31.9	957	-0.0094
985	159	1.3	32.4	972	-0.01337
1018	171	1.4	33.5	1005	-0.01294
1030	174	1.5	33.9	1017	-0.01278
1055	183	1.6	34.8	1044	-0.01054
1074	188	1.7	35.3	1059	-0.01416
1105	199	1.8	36.4	1092	-0.0119
1122	205	1.9	37	1110	-0.01081
1130	208	2	37.2	1116	-0.01254
1160	217	2.1	38.1	1143	-0.01487

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตา ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น

C 5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
933	3	0	0	0	-
1099	4	0	0	0	-
1220	5	0	0	0	-
1289	6	0	0	0	-
1376	7	0	45	1350	-0.01926
1395	8	0	45.2	1356	-0.02876
1435	9	0	45.4	1362	-0.0536
1473	12	0	49	1470	-0.00204
1487	13	0	49.2	1476	-0.00745
1548	228	1	51.4	1542	-0.00389
1578	241	1.1	52.4	1572	-0.00382
1616	255	1.2	53.8	1614	-0.00124

C 7.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
902	4	0	0	0	-
1048	5	0	0	0	-
1135	6	0	0	0	-
1165	8	0	0	0	0
1210	10	0	40.2	1206	-0.00332
1244	14	0	41.4	1242	-0.00161
1276	195	1.1	42.3	1269	-0.00552
1297	202	1.1	42.9	1287	-0.00777
1311	207	1.2	43.5	1305	-0.0046
1333	215	1.3	44.1	1323	-0.00756
1350	221	1.3	44.8	1344	-0.00446
1374	229	1.4	45.6	1368	-0.00439

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

C 7.5 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1402	238	1.5	46.4	1392	-0.00718
1427	246	1.6	47.3	1419	-0.00564

C 10 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
804	2	0	0	0	-
1017	7	0	0	0	-
1048	9	0	0	0	0
1060	10	0	35.3	1059	-0.00094
1073	12	0	35.6	1068	-0.00468
1082	13	0	36	1080	-0.00185
1110	168	1	36.8	1104	-0.00543
1133	176	1.1	37.5	1125	-0.00711
1167	190	1.2	38.6	1158	-0.00777
1199	200	1.4	39.7	1191	-0.00672
1226	208	1.5	40.6	1218	-0.00657
1247	215	1.6	41	1230	-0.01382
1260	220	1.6	41.8	1254	-0.00478
1277	225	1.7	42.2	1266	-0.00869
1300	233	1.8	43	1290	-0.00775
1321	239	1.8	43.7	1311	-0.00763
1333	243	1.9	44	1320	-0.00985
1351	249	2	44.8	1344	-0.00521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

C 12.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
507	3	0	0	0	-
778	4	0	0	0	-
852	5	0	0	0	-
890	6	0	0	0	-
929	8	0	0	0	0
962	11	0	32	960	-0.00208
981	144	1	32.4	972	-0.00926
1000	152	1.1	33.1	993	-0.00705
1028	163	1.2	34	1020	-0.00784
1084	182	1.4	35.8	1074	-0.00931
1114	192	1.5	36.8	1104	-0.00906
1173	211	1.8	38.7	1161	-0.01034
1204	220	1.9	39.7	1191	-0.01092
1229	228	2	40.6	1218	-0.00903
1241	232	2.1	40.9	1227	-0.01141
1263	239	2.2	41.6	1248	-0.01202

C 15 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
331	2	0	0	0	-
596	3	0	0	0	-
720	4	0	0	0	-
766	5	0	0	0	-
848	7	0	0	0	0
876	9	0	29.1	873	-0.00344
907	137	1.1	29.9	897	-0.01115
954	155	1.3	31.5	945	-0.00952
984	164	1.4	32.4	972	-0.01235

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

C 15 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1011	174	1.5	33.3	999	-0.01201
1039	183	1.7	34.3	1029	-0.00972
1048	186	1.7	34.5	1035	-0.01256
1084	197	1.9	35.7	1071	-0.01214
1115	207	2.1	36.6	1098	-0.01548
1143	216	2.2	37.5	1125	-0.01600
1157	220	2.3	37.9	1137	-0.01759

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตา ปรับความเร็วช่วงขาลง

C 5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1212	3	0	0	0	-
1344	4	0	0	0	-
1399	5	0	0	0	-
1421	150	0.6	47.3	1419	-0.00141
1438	168	0.7	47.8	1434	-0.00279
1455	180	0.7	48.4	1452	-0.00207
1485	200	0.8	48.3	1449	-0.02484
1508	211	0.9	50	1500	-0.00533
1546	228	1	51.4	1542	-0.00259
1570	237	1.1	52.3	1569	-0.00064
1613	253	1.2	53.5	1605	-0.00498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

C 7.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
851	2	0	0	0	-
989	3	0	0	0	-
1126	5	0	0	0	-
1139	96	0.4	37.7	1131	-0.00707
1140	103	0.4	37.8	1134	-0.00529
1146	115	0.5	38	1140	-0.00526
1173	142	0.7	38.8	1164	-0.00773
1190	154	0.8	39.4	1182	-0.00677
1213	167	0.9	40.2	1206	-0.00580
1228	173	0.9	40.7	1221	-0.00573
1259	187	1	41.8	1254	-0.00399
1277	194	1.1	42.3	1269	-0.00630
1296	201	1.1	43	1290	-0.00465
1309	206	1.2	43.5	1305	-0.00307
1346	220	1.3	44.6	1338	-0.00598
1363	225	1.3	45.2	1356	-0.00516
1393	235	1.4	46.1	1383	-0.00723

C 10 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
879	3	0	0	0	-
984	4	0	0	0	-
1000	96	0.5	33.1	993	-0.00705
1002	100	0.5	33.3	999	-0.00300
1009	107	0.6	33.4	1002	-0.00699
1021	120	0.6	33.9	1017	-0.00393
1036	131	0.7	34.4	1032	-0.00388

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

C 10 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1059	145	0.8	35.1	1053	-0.00570
1074	152	0.9	35.6	1068	-0.00562
1099	162	1	36.3	1089	-0.00918
1115	168	1	36.7	1101	-0.01272
1141	178	1.1	37.8	1134	-0.00617
1172	190	1.3	38.7	1161	-0.00947
1202	200	1.4	39.7	1191	-0.00924
1235	211	1.5	40.9	1227	-0.00652
1264	221	1.6	41.7	1251	-0.01039
1293	230	1.8	43.7	1311	0.01373
1321	239	1.8	43.7	1311	-0.00763

C 12.5 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
621	2	0	0	0	-
874	4	0	0	0	-
894	80	0.4	29.6	888	-0.00676
905	98	0.6	30	900	-0.00556
926	115	0.7	30.6	918	-0.00871
937	121	0.8	31	930	-0.00753
954	131	0.9	31.5	945	-0.00952
985	145	1	32.5	975	-0.01026
1015	157	1.1	33.5	1005	-0.00995
1045	168	1.2	34.6	1038	-0.00674
1065	175	1.3	35	1050	-0.01429
1087	182	1.4	35.9	1077	-0.00929
1110	190	1.5	36.6	1098	-0.01093

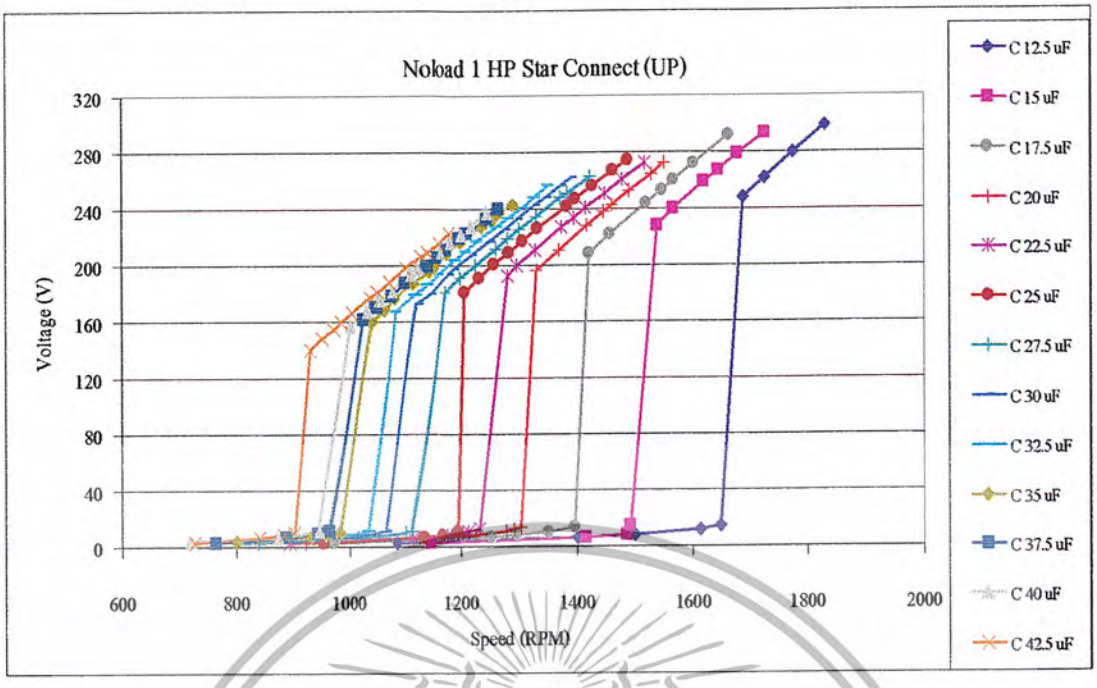
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

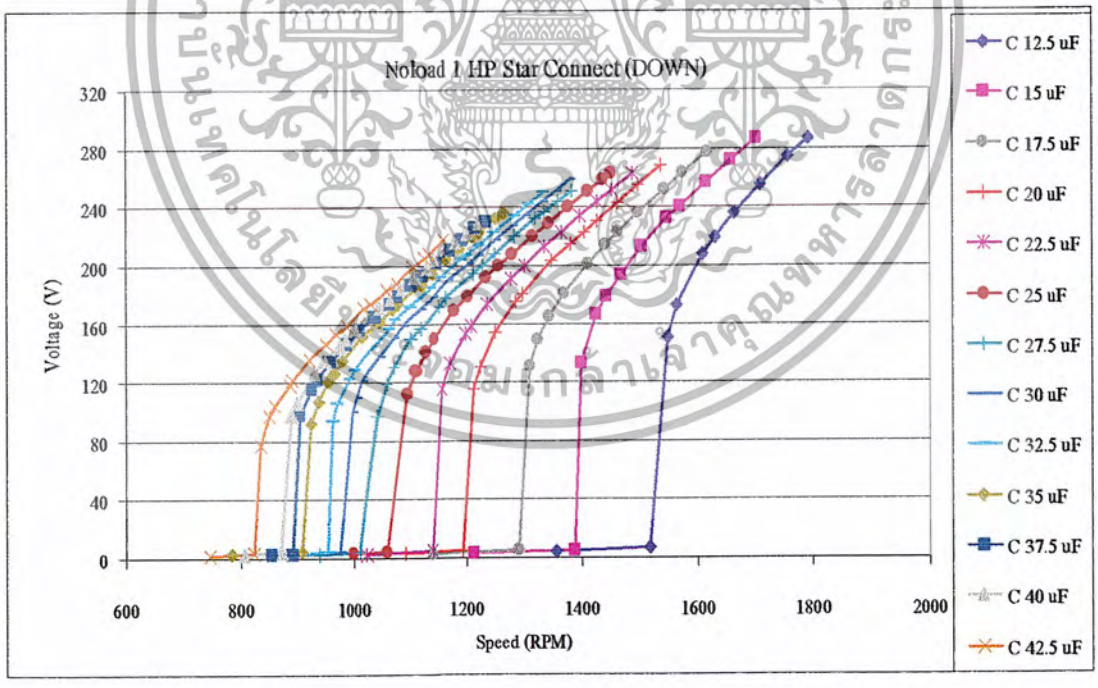
C 12.5 uF (ต่อ)					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
1141	200	1.6	37.7	1131	-0.00884
1157	205	1.7	38.2	1146	-0.00960
1185	215	1.8	39.1	1173	-0.01023
1214	224	2	40	1200	-0.01167
1237	232	2.1	40.9	1227	-0.00815
1270	242	2.2	41.8	1254	-0.01276

C 15 uF					
N_r (rpm)	$V_{T(per\ phase)}$	$I_{T(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
720	3	0	0	0	-
800	4	0	0	0	-
824	92	0.6	27.2	816	-0.00980
834	100	0.7	27.5	825	-0.01091
846	109	0.8	28	840	-0.00714
872	122	0.9	28.8	864	-0.00926
888	130	1	29.4	882	-0.00680
910	139	1.1	30	900	-0.01111
935	147	1.2	30.8	924	-0.01190
958	155	1.3	31.5	945	-0.01376
981	163	1.4	32.3	969	-0.01238
994	168	1.5	32.8	984	-0.01016
1025	179	1.6	33.9	1017	-0.00787
1040	183	1.7	34.2	1026	-0.01365
1092	200	1.9	35.9	1077	-0.01393
1159	222	2.3	38.1	1143	-0.01400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

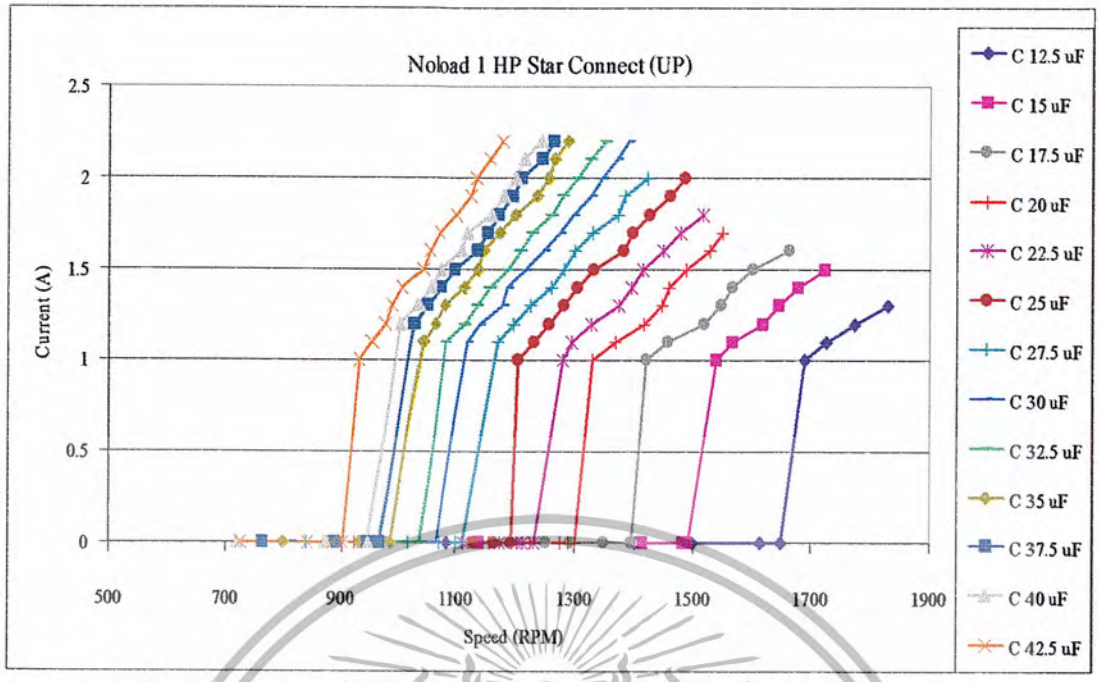


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

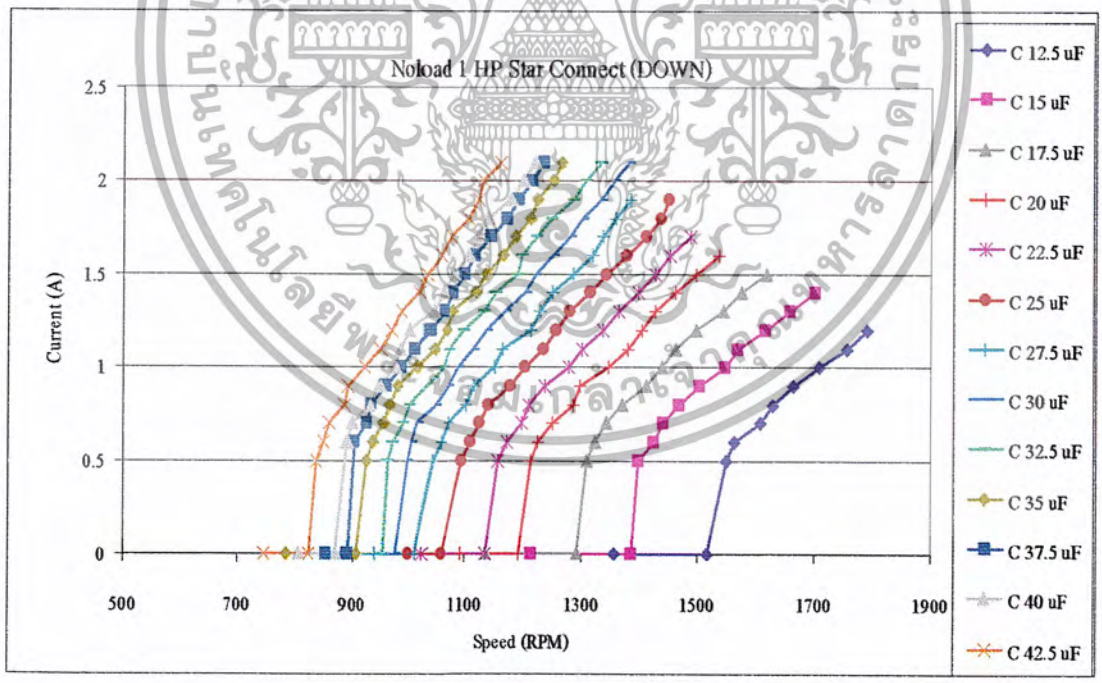


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

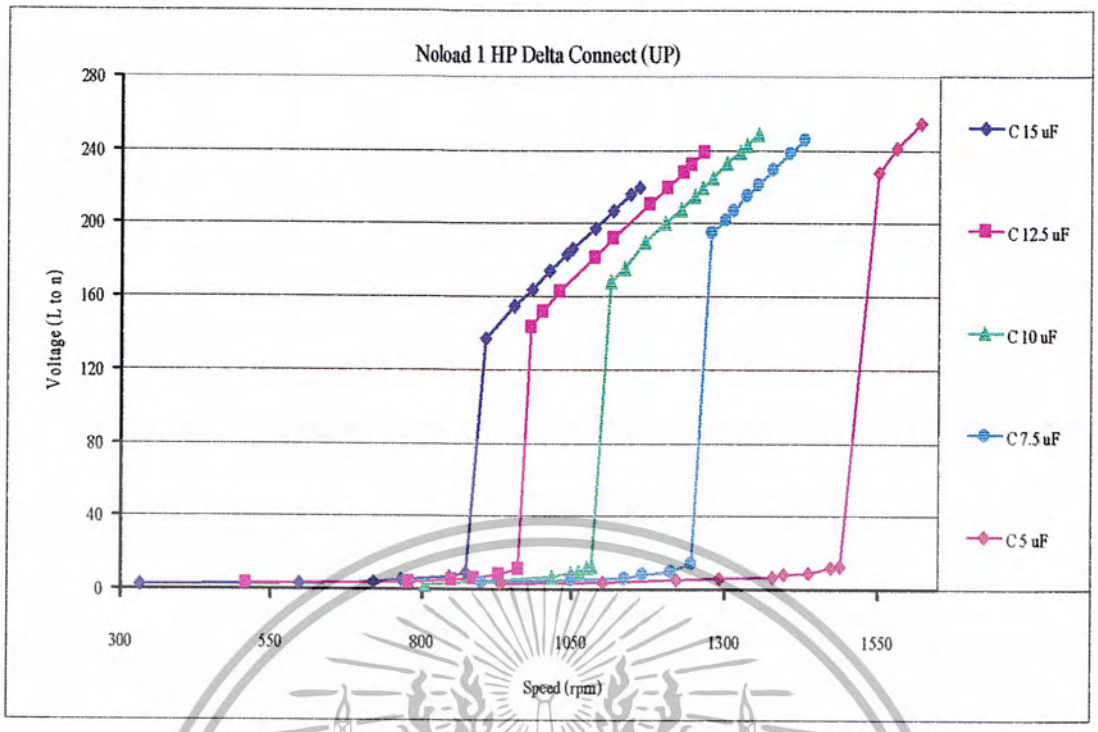


รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

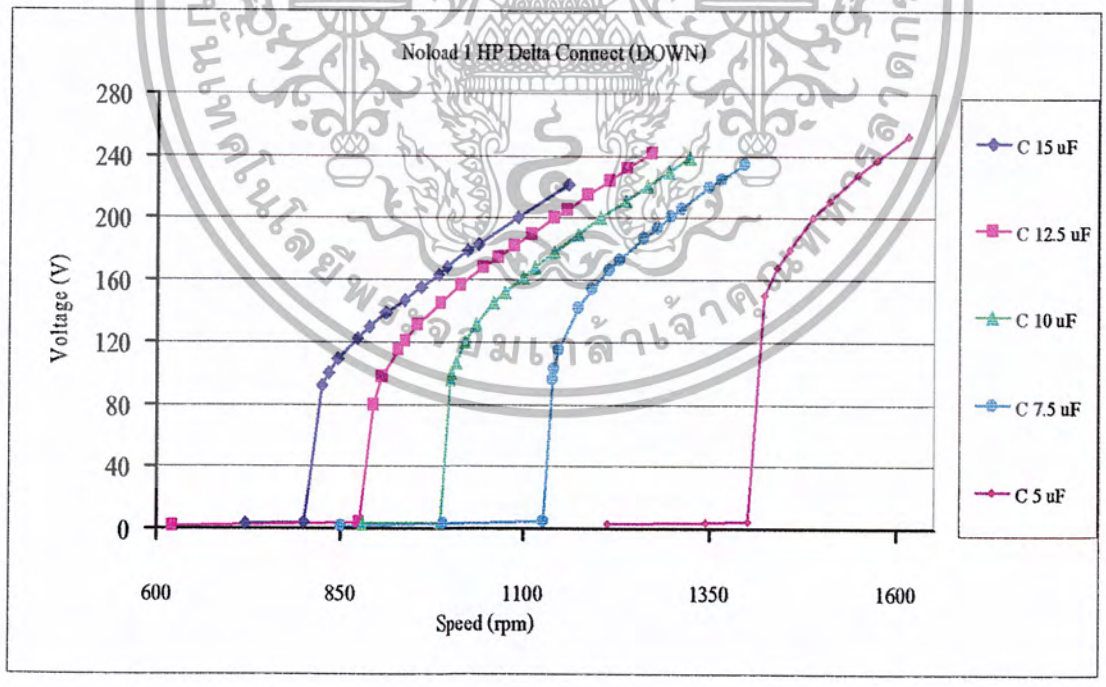


รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

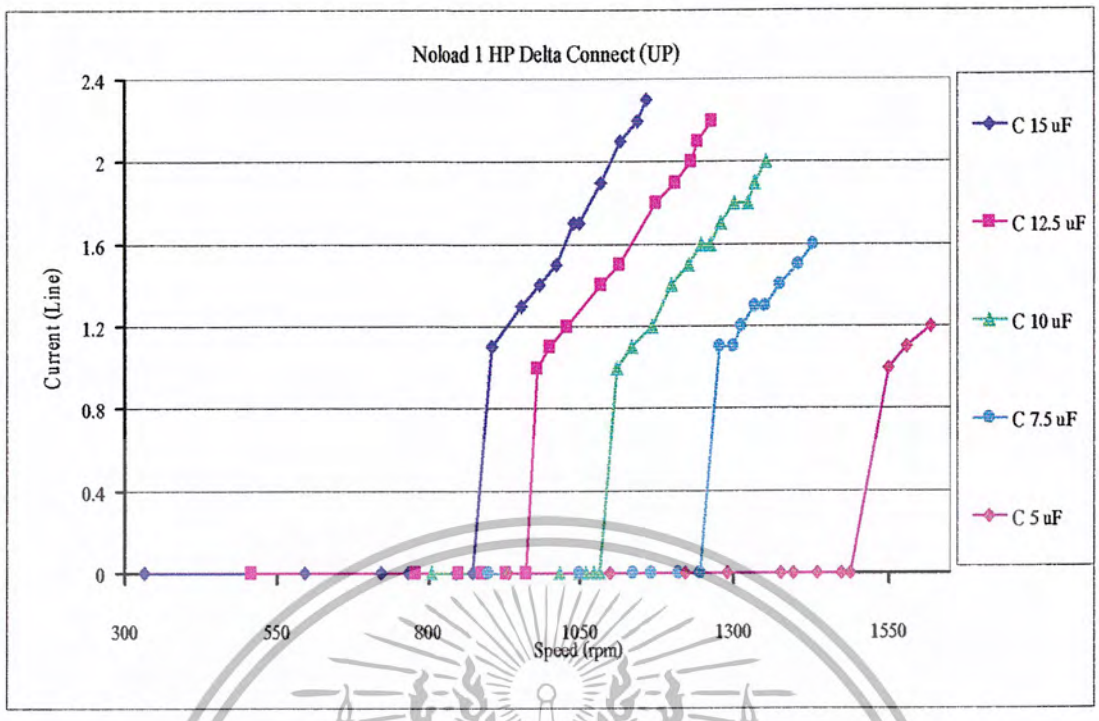


รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

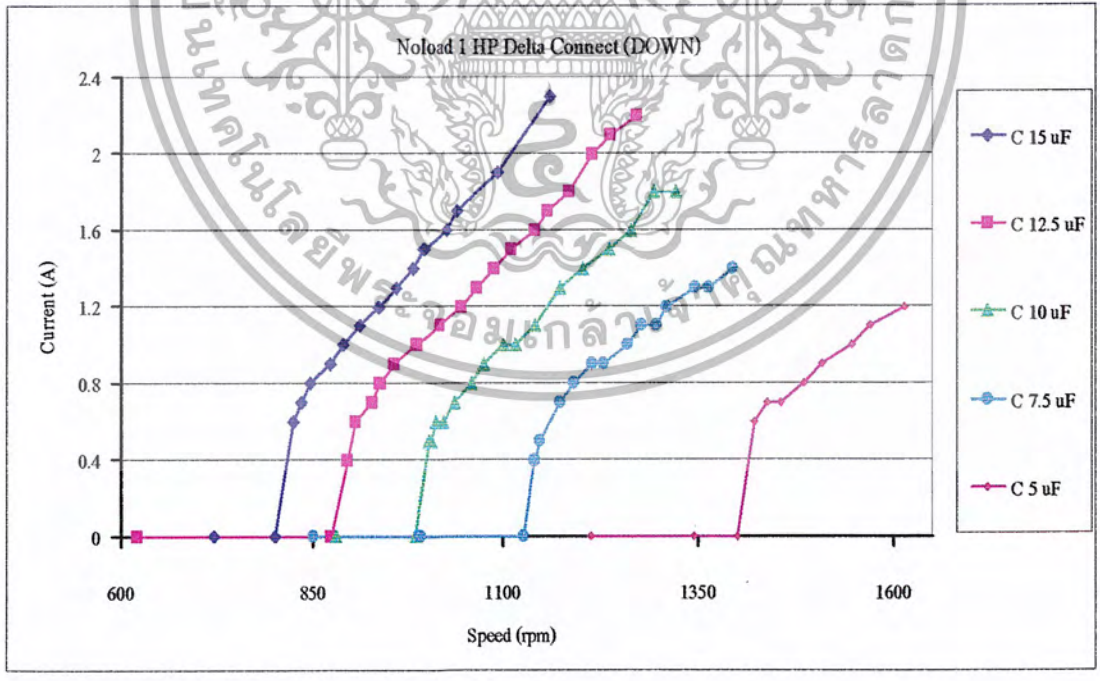


รูปที่ 4.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

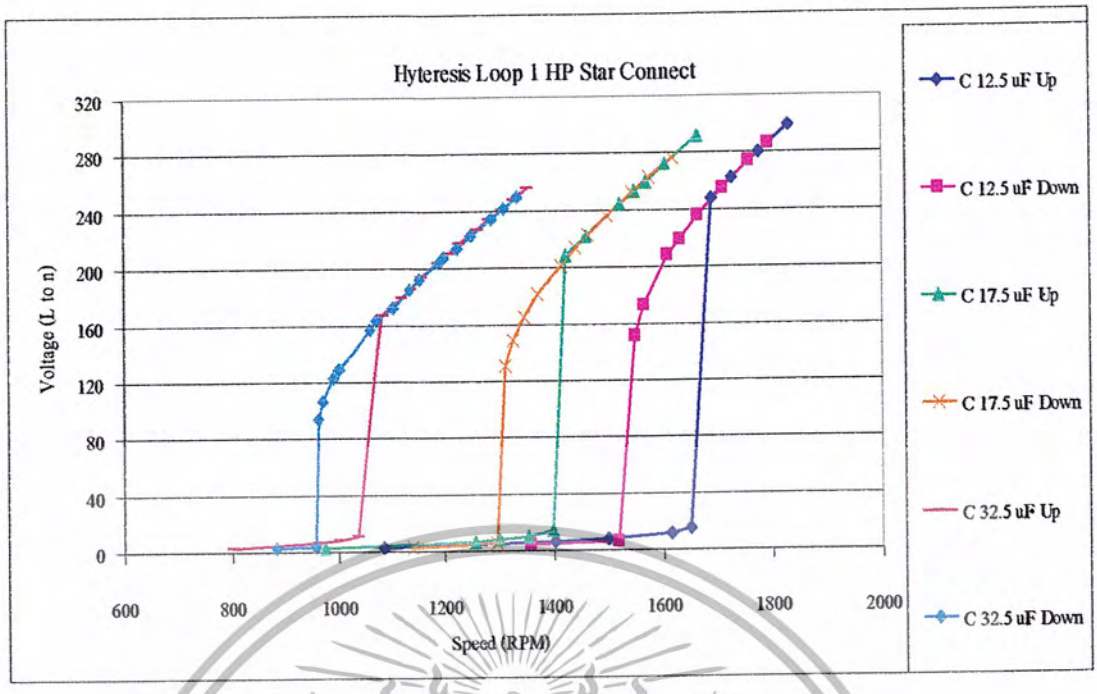


รูปที่ 4.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า



รูปที่ 4.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟผลของฮีสเทอรีซีส (hysteresis) ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น

C 10 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_s (rpm)	S
3	1862	0	0	0	-
5	2146	0	0	0	-
8	2361	0	78.6	2358	-0.00127
8	2395	0	79.5	2385	-0.00419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 15 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1238	0	0	0	-
8	1759	0	58.6	1758	-0.00057
12	1866	0	62	1860	-0.00323
17	1920	0	63.6	1908	-0.00629
25	1955	0	64.6	1938	-0.00877
214	1978	1.3	65.2	1956	-0.01125
220	1987	1.3	65.4	1962	-0.01274
245	2035	1.5	66.8	2004	-0.01547
303	2184	2	71.5	2145	-0.01818

C 20 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1162	0	0	0	-
8	1576	0	52.4	1572	-0.00254
11	1636	0	54.3	1629	-0.0043
16	1683	0	55.8	1674	-0.00538
22	1704	0	56.4	1692	-0.00709
193	1731	1.3	57.2	1716	-0.00874
213	1768	1.5	58.4	1752	-0.00913
220	1786	1.6	58.9	1767	-0.01075
263	1893	2	62.3	1869	-0.01284
300	2002	2.5	65.9	1977	-0.01265

C 40 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	930	0	0	0	-
6	1105	0	0	0	-
8	1164	0	38.7	1161	-0.00258

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 40 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
12	1200	0	39.8	1194	-0.00503
16	1218	0	40.3	1209	-0.00744
141	1248	1.3	41.2	1236	-0.00971
155	1274	1.5	42	1260	-0.01111
181	1337	1.9	44	1320	-0.01288
207	1414	2.3	46.4	1392	-0.0158
221	1460	2.5	47.8	1434	-0.01813
241	1531	2.9	50	1500	-0.02067
260	1602	3.3	52.1	1563	-0.02495
279	1670	3.7	54.2	1626	-0.02706
300	1747	4.1	56.5	1695	-0.03068

C 45 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1052	0	0	0	-
6	1083	0	0	0	-
8	1106	0	36.8	1104	-0.00181
10	1126	0	37.4	1122	-0.00357
12	1137	0	37.7	1131	-0.00531
14	1143	0	37.8	1134	-0.00794
121	1157	1.2	38.2	1146	-0.0096
151	1211	1.6	39.9	1197	-0.0117
177	1277	2	42	1260	-0.01349
203	1356	2.4	44.5	1335	-0.01573
220	1416	2.8	46.4	1392	-0.01724
241	1491	3.2	48.8	1464	-0.01844
259	1558	3.6	50.9	1527	-0.0203
278	1625	4	53	1590	-0.02201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 50 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	871	0	0	0	-
8	1042	0	34.7	1041	-0.00096
10	1067	0	35.4	1062	-0.00471
12	1081	0	35.8	1074	-0.00652
115	1097	1.2	36.3	1089	-0.00735
143	1147	1.6	37.9	1137	-0.0088
171	1219	2	40.2	1206	-0.01078
192	1287	2.4	42.4	1272	-0.01179
212	1355	2.8	44.5	1335	-0.01498
220	1382	3	45.3	1359	-0.01692
236	1443	3.4	47.2	1416	-0.01907
253	1505	3.8	49.1	1473	-0.02172
269	1563	4.2	50.9	1527	-0.02358
287	1626	4.6	52.9	1587	-0.02457
300	1678	5	54.4	1632	-0.02819

C 55 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
6	1006	0	0	0	-
8	1017	0	33.8	1014	-0.00296
10	1030	0	34.1	1023	-0.00684
11	1034	0	34.2	1026	-0.0078
12	1040	0	34.3	1029	-0.01069
115	1049	1.2	34.4	1032	-0.01647
137	1094	1.6	35.8	1074	-0.01862
162	1157	2	37.8	1134	-0.02028
180	1212	2.4	39.4	1182	-0.02538
200	1283	2.8	41.6	1248	-0.02804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 55 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
218	1346	3.2	43.6	1308	-0.02905
220	1355	3.3	43.8	1314	-0.0312
238	1420	3.7	45.8	1374	-0.03348
253	1474	4.1	47.4	1422	-0.03657
267	1526	4.5	49	1470	-0.0381
284	1586	5	50.8	1524	-0.04068

C 60 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	944	0	0	0	-
8	963	0	32	960	-0.00313
10	981	0	32.6	978	-0.00307
12	989	0	32.8	984	-0.00508
111	1007	1.2	33.3	999	-0.00801
133	1048	1.6	34.6	1038	-0.00963
156	1108	2	36.5	1095	-0.01187
173	1165	2.4	38.3	1149	-0.01393
191	1226	2.8	40.2	1206	-0.01658
209	1288	3.2	42.2	1266	-0.01738
220	1331	3.5	43.5	1305	-0.01992
236	1388	3.9	45.3	1359	-0.02134
249	1437	4.3	46.8	1404	-0.0235
262	1483	4.7	48.2	1446	-0.02559
275	1525	5	49.5	1485	-0.02694
280	1546	5.2	50.1	1503	-0.02861

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 65 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	794	0	0	0	-
8	930	0	30.9	927	-0.00324
10	942	0	31.2	936	-0.00641
12	954	0	31.5	945	-0.00952
109	974	1.3	32.1	963	-0.01142
134	1022	1.7	33.6	1008	-0.01389
155	1080	2.1	35.5	1065	-0.01408
172	1136	2.5	37.2	1116	-0.01792
189	1197	2.9	39.1	1173	-0.02046
202	1246	3.3	40.6	1218	-0.02299
220	1309	3.7	42.5	1275	-0.02667
233	1356	4.1	43.9	1317	-0.02961
246	1403	4.5	45.4	1362	-0.0301
260	1452	4.9	46.8	1404	-0.03419
267	1480	5.2	47.5	1425	-0.0386
274	1503	5.4	48.2	1446	-0.03942

C 70 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	763	0	0	0	-
8	897	0	29.8	894	-0.00336
11	908	0	30	900	-0.00889
104	932	1.3	30.9	927	-0.00539
125	972	1.7	32.3	969	-0.0031
147	1030	2.1	34.2	1026	-0.0039
165	1090	2.5	36.1	1083	-0.00646
180	1142	2.9	37.9	1137	-0.0044
197	1202	3.3	39.9	1197	-0.00418

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 70 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
211	1252	3.7	41.5	1245	-0.00562
220	1288	4	42.7	1281	-0.00546
233	1332	4.4	44.2	1326	-0.00452
245	1378	4.8	45.7	1371	-0.00511
251	1400	5	46.4	1392	-0.00575
258	1422	5.2	47	1410	-0.00851
264	1444	5.4	47.8	1434	-0.00697

C 85 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	705	0	0	0	-
8	814	0	27.1	813	-0.00123
10	836	0	27.8	834	-0.0024
93	841	1.3	28	840	-0.00119
121	898	1.8	29.8	894	-0.00447
128	918	2	30.5	915	-0.00328
149	984	2.5	32.7	981	-0.00306
166	1046	3	34.8	1044	-0.00192
183	1106	3.5	36.7	1101	-0.00454
199	1163	4	38.5	1155	-0.00693
215	1222	4.5	40.3	1209	-0.01075
220	1238	4.7	40.9	1227	-0.00896
228	1269	5	41.8	1254	-0.01196
239	1308	5.4	43.2	1296	-0.00926

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

C 90 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	698	0	0	0	-
8	796	0	26.5	795	-0.00126
90	815	1.3	27.1	813	-0.00246
102	837	1.5	27.8	834	-0.0036
125	892	2	29.6	888	-0.0045
145	955	2.5	31.7	951	-0.00421
164	1023	3	33.9	1017	-0.0059
180	1083	3.5	35.9	1077	-0.00557
193	1131	4	37.4	1122	-0.00802
209	1187	4.5	39.3	1179	-0.00679
221	1232	5	40.7	1221	-0.00901
233	1274	5.4	42.1	1263	-0.00871

C 95 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	682	0	0	0	-
9	777	0	25.8	774	-0.00388
88	794	1.3	26.4	792	-0.00253
99	815	1.5	27.1	813	-0.00246
122	871	2	29	870	-0.00115
140	927	2.5	30.8	924	-0.00325
160	998	3	33.1	993	-0.00504
175	1053	3.5	34.8	1044	-0.00862
188	1099	4	36.5	1095	-0.00365
203	1153	4.5	38.2	1146	-0.00611
220	1216	5.2	40.2	1206	-0.00829
227	1240	5.4	40.9	1227	-0.01059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองขณะไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบสตาร์ ปรับความเร็วช่วงขาลง

C 15 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
4	1646	0	0	0	-
9	1877	0	62	1860	-0.00914
105	1890	0.5	62.9	1887	-0.00159
148	1907	0.8	63.1	1893	-0.0074
166	1921	0.9	64	1920	-0.00052
175	1931	1	64.1	1923	-0.00416
246	2089	1.5	68	2040	-0.02402
303	2184	2	70.1	2103	-0.03852

C 20 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
4	1490	0	0	0	-
8	1637	0	54.4	1632	-0.00306
107	1644	0.6	54.5	1635	-0.0055
117	1647	0.7	54.6	1638	-0.00549
140	1663	0.9	55	1650	-0.00788
156	1681	1	56	1680	-0.0006
212	1767	1.5	58.8	1764	-0.0017
262	1890	2	60.8	1824	-0.03618
300	2002	2.5	65	1950	-0.02667

C 25 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1293	0	0	0	-
7	1459	0	0	0	-
107	1477	0.7	49	1470	-0.00476
119	1483	0.8	49.3	1479	-0.0027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 25 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
128	1489	0.9	49.6	1488	-0.00067
145	1508	1	50.2	1506	-0.00133
195	1594	1.5	53.1	1593	-0.00063
238	1699	2	55	1650	-0.0297
273	1810	2.5	60.2	1806	-0.00221
307	1936	3	54.5	1635	-0.1841

C 30 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1173	0	0	0	-
7	1328	0	0	0	-
102	1345	0.7	44.8	1344	-0.00074
112	1352	0.9	45	1350	-0.00148
124	1364	1	45.4	1362	-0.00147
179	1447	1.5	48.2	1446	-0.00069
213	1534	2	51.1	1533	-0.00065
250	1658	2.5	55.2	1656	-0.00121
279	1761	3	57	1710	-0.02982

C 35 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1054	0	0	0	-
7	1212	0	0	0	-
77	1238	0.6	41.2	1236	-0.00162
97	1248	0.8	41.5	1245	-0.00241
111	1258	0.9	41.8	1254	-0.00319
119	1266	1	42.1	1263	-0.00238
162	1335	1.5	44.4	1332	-0.00225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 35 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
198	1427	2	47.5	1425	-0.0014
231	1530	2.5	50.9	1527	-0.00196
260	1634	3	54.4	1632	-0.00123
284	1721	3.5	57.3	1719	-0.00116

C 40 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1059	0	0	0	-
6	1172	0	0	0	-
77	1181	0.6	39.3	1179	-0.0017
86	1185	0.7	39.4	1182	-0.00254
94	1191	0.8	39.6	1188	-0.00253
103	1198	0.9	39.9	1197	-0.00084
135	1241	1.3	41	1230	-0.00894
171	1313	1.7	43.7	1311	-0.00153
199	1389	2.1	46	1380	-0.00652
220	1462	2.5	48.7	1461	-0.00068
222	1466	2.5	48.8	1464	-0.00137
240	1530	2.9	50.9	1527	-0.00196
262	1617	3.3	53.5	1605	-0.00748
282	1682	3.7	56	1680	-0.00119
300	1747	4.1	58.1	1743	-0.00229

C 45 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	1041	0	0	0	-
5	1109	0	0	0	-
66	1112	0.6	37	1110	-0.0018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 45 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
82	1119	0.7	37.2	1116	-0.00269
89	1124	0.8	37.4	1122	-0.00178
98	1132	0.9	37.7	1131	-0.00088
103	1137	1	37.8	1134	-0.00265
121	1159	1.2	38.5	1155	-0.00346
154	1221	1.6	40.6	1218	-0.00246
180	1290	2	42.9	1287	-0.00233
203	1360	2.4	45.2	1356	-0.00295
221	1422	2.8	47.3	1419	-0.00211
240	1490	3.2	49.4	1482	-0.0054
261	1566	3.6	52	1560	-0.00385
279	1629	4	54.2	1626	-0.00185
294	1688	4.4	56	1680	-0.00476

C 50 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	990	0	0	0	-
5	1049	0	0	0	-
63	1053	0.6	35	1050	-0.00286
74	1058	0.7	35.2	1056	-0.00189
85	1067	0.8	35.4	1062	-0.00471
93	1071	0.9	35.6	1068	-0.00281
100	1082	1	36	1080	-0.00185
130	1122	1.4	37.3	1119	-0.00268
158	1183	1.8	39.4	1182	-0.00085
182	1255	2.2	41.8	1254	-0.0008
201	1318	2.6	43.8	1314	-0.00304
220	1385	3	46	1380	-0.00362

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 50 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
237	1447	3.4	48.1	1443	-0.00277
256	1509	3.8	50.1	1503	-0.00399
270	1567	4.2	52.1	1563	-0.00256
285	1621	4.6	53.8	1614	-0.00434
300	1678	5	55.7	1671	-0.00419

C 55 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	958	0	0	0	-
5	997	0	0	0	-
71	1008	0.7	33.5	1005	-0.00299
77	1010	0.8	33.6	1008	-0.00198
95	1029	1	34.2	1026	-0.00292
119	1061	1.3	35.3	1059	-0.00189
143	1108	1.7	36.9	1107	-0.0009
165	1167	2.1	38.8	1164	-0.00258
186	1236	2.5	40.9	1227	-0.00733
205	1301	2.9	43.2	1296	-0.00386
220	1356	3.3	45.1	1353	-0.00222
227	1382	3.4	45.9	1377	-0.00363
242	1436	3.8	47.6	1428	-0.0056
258	1494	4.2	49.6	1488	-0.00403
272	1543	4.6	51.2	1536	-0.00456
284	1586	5	52.7	1581	-0.00316

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 60 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	847	0	0	0	-
6	935	0	0	0	-
68	963	0.7	32	960	-0.00313
73	966	0.8	32.1	963	-0.00312
82	974	0.9	32.4	972	-0.00206
89	982	1	32.6	978	-0.00409
123	1029	1.4	34.2	1026	-0.00292
143	1075	1.8	35.8	1074	-0.00093
164	1137	2.2	37.2	1116	-0.01882
183	1201	2.6	40	1200	-0.00083
201	1263	3	42	1260	-0.00238
215	1313	3.4	43.6	1308	-0.00382
233	1378	3.8	45.8	1374	-0.00291
246	1427	4.2	47.3	1419	-0.00564
259	1473	4.6	48.8	1464	-0.00615
272	1517	5	50.3	1509	-0.0053
280	1546	5.2	51.3	1539	-0.00455

C 65 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	884	0	0	0	-
5	918	0	0	0	-
55	922	0.6	30.6	918	-0.00436
67	928	0.7	30.8	924	-0.00433
75	933	0.8	31	930	-0.00323
80	937	0.9	31.1	933	-0.00429
85	943	1	31.4	942	-0.00106
112	983	1.4	32.7	981	-0.00204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 65 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
136	1031	1.8	34.3	1029	-0.00194
158	1092	2.2	36.3	1089	-0.00275
175	1152	2.6	38.2	1146	-0.00524
193	1212	3	40.2	1206	-0.00498
208	1268	3.4	42.2	1266	-0.00158
223	1322	3.8	43.8	1314	-0.00609
235	1367	4.2	45.3	1359	-0.00589
249	1414	4.6	46.9	1407	-0.00498
261	1459	5	48.4	1452	-0.00482
274	1503	5.4	49.9	1497	-0.00401

C 70 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	870	0	0	0	-
4	881	0	0	0	-
55	883	0.6	29.3	879	-0.00455
62	888	0.7	29.4	882	-0.0068
70	893	0.8	29.7	891	-0.00224
73	896	0.9	29.8	894	-0.00224
87	907	1	30.2	906	-0.0011
109	940	1.4	31.2	936	-0.00427
132	990	1.8	32.9	987	-0.00304
150	1043	2.2	34.7	1041	-0.00192
168	1103	2.6	36.6	1098	-0.00455
186	1163	3	38.6	1158	-0.00432
200	1216	3.4	40.3	1209	-0.00579
214	1265	3.8	42	1260	-0.00397

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 70 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
240	1360	4.6	45	1350	-0.00741
252	1402	5	46.4	1392	-0.00718
264	1444	5.4	47.8	1434	-0.00697

C 75 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	811	0	0	0	-
5	839	0	0	0	-
53	855	0.6	28.4	852	-0.00352
59	856	0.7	28.4	852	-0.00469
65	861	0.8	28.6	858	-0.0035
71	866	0.9	28.8	864	-0.00231
81	875	1	29.1	873	-0.00229
105	908	1.4	30.2	906	-0.00221
130	962	1.8	31.9	957	-0.00522
145	1008	2.2	33.5	1005	-0.00299
163	1066	2.6	35.4	1062	-0.00377
177	1118	3	37.1	1113	-0.00449
194	1176	3.4	39	1170	-0.00513
206	1221	3.8	40.5	1215	-0.00494
219	1268	4.2	42.1	1263	-0.00396
232	1314	4.6	43.5	1305	-0.0069
244	1357	5	45	1350	-0.00519
256	1399	5.4	46.3	1389	-0.0072

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 80 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	812	0	0	0	-
4	821	0	0	0	-
58	830	0.7	27.6	828	-0.00242
67	837	0.8	27.8	834	-0.0036
69	839	0.9	27.9	837	-0.00239
82	850	1	28.3	849	-0.00118
109	895	1.5	29.7	891	-0.00449
133	954	2	31.7	951	-0.00315
154	1021	2.5	33.9	1017	-0.00393
173	1085	3	36	1080	-0.00463
190	1149	3.5	38.1	1143	-0.00525
206	1207	4	40	1200	-0.00583
220	1257	4.5	41.6	1248	-0.00721
236	1311	5	43.5	1305	-0.0046
246	1349	5.4	44.6	1338	-0.00822

C 85 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	778	0	0	0	-
4	794	0	0	0	-
51	802	0.6	26.6	798	-0.00501
66	812	0.8	27	810	-0.00247
69	814	0.9	27.1	813	-0.00123
76	820	1	27.2	816	-0.0049
104	863	1.5	28.7	861	-0.00232
127	918	2	30.5	915	-0.00328
149	988	2.5	32.8	984	-0.00407
167	1051	3	34.8	1044	-0.0067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 85 uF(ต่อ)					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
183	1109	3.5	36.8	1104	-0.00453
199	1167	4	38.6	1158	-0.00777
213	1218	4.5	40.2	1206	-0.00995
229	1272	5	42.1	1263	-0.00713
239	1308	5.4	43.2	1296	-0.00926

C 90 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	756	0	0	0	-
4	768	0	0	0	-
50	779	0.6	25.8	774	-0.00646
58	784	0.8	26.1	783	-0.00128
65	789	0.9	26.2	786	-0.00382
73	797	1	26.5	795	-0.00252
101	839	1.5	27.9	837	-0.00239
127	903	2	30	900	-0.00333
146	965	2.5	32	960	-0.00521
163	1026	3	34	1020	-0.00588
179	1079	3.5	35.8	1074	-0.00466
194	1136	4	37.7	1131	-0.00442
208	1187	4.5	39.4	1182	-0.00423
222	1235	5	40.8	1224	-0.00899
233	1274	5.4	42.1	1263	-0.00871

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

C 95 uF					
$V_{(perphase)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(perphase)}$	f (Hz)	N_S (rpm)	S
3	730	0	0	0	-
4	744	0	0	0	-
54	762	0.7	25.3	759	-0.00395
63	769	0.9	25.4	762	-0.00919
71	777	1	25.8	774	-0.00388
100	818	1.5	27.2	816	-0.00245
123	876	2	29.1	873	-0.00344
140	930	2.5	30.8	924	-0.00649
158	993	3	33	990	-0.00303
175	1051	3.5	34.8	1044	-0.0067
187	1102	4	36.5	1095	-0.00639
204	1158	4.5	38.2	1146	-0.01047
215	1198	5	39.6	1188	-0.00842
227	1240	5.4	40.9	1227	-0.01059

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองขณะ ไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตา ปรับความเร็วช่วงขาขึ้น

C 5 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\,(rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\,(rpm)}$	S
3	1255	0	0	0	-
8	1770	0	58.9	1767	-0.0017
12	1875	0	62.4	1872	-0.0016
15	1916	0	63.5	1905	-0.00577
19	1939	0	64.3	1929	-0.00518
23	1953	0	64.7	1941	-0.00618
26	1960	0	64.9	1947	-0.00668
205	1977	1.2	65.8	1974	-0.00152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

C 5 uF(ต่อ)					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
220	1999	1.3	66.4	1992	-0.00351
244	2041	1.5	67.5	2025	-0.0079
305	2192	2	72	2160	-0.01481

C 10 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	1030	0	0	0	-
8	1318	0	43.8	1314	-0.00304
12	1365	0	45.2	1356	-0.00664
148	1403	1.2	46.7	1401	-0.00143
174	1449	1.5	48.2	1446	-0.00207
214	1550	2	51.5	1545	-0.00324
220	1566	2.1	52.1	1563	-0.00192
248	1656	2.5	55	1650	-0.00364
278	1762	3	58.6	1758	-0.00228
305	1860	3.5	61.9	1857	-0.00162

C 15 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	899	0	0	0	-
8	1094	0	36.3	1089	-0.00459
10	1113	0	36.8	1104	-0.00815
12	1121	0	37.2	1116	-0.00448
125	1143	1.3	38	1140	-0.00263
146	1179	1.5	39.2	1176	-0.00255
177	1260	2	41.9	1257	-0.00239
204	1350	2.5	44.9	1347	-0.00223
220	1406	2.8	46.7	1401	-0.00357

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

C 15 uF(ต่อ)					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
227	1432	3	47.6	1428	-0.0028
250	1516	3.5	50.4	1512	-0.00265
271	1594	4	52.9	1587	-0.00441
292	1668	4.5	55.3	1659	-0.00542

C 20 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	812	0	0	0	-
8	955	0	31.8	954	-0.00105
11	988	0	32.8	984	-0.00407
109	994	1.3	33.1	993	-0.00101
122	1019	1.5	33.9	1017	-0.00197
152	1089	2	36.1	1083	-0.00554
175	1162	2.5	38.7	1161	-0.00086
196	1236	3	41	1230	-0.00488
219	1318	3.5	43.7	1311	-0.00534
237	1386	4	46	1380	-0.00435
253	1441	4.5	47.8	1434	-0.00488
272	1509	5	50	1500	-0.006
284	1554	5.4	51.5	1545	-0.00583

C 25 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	750	0	0	0	-
8	867	0	28.8	864	-0.00347
10	873	0	29	870	-0.00345
99	893	1.3	29.6	888	-0.00563
113	917	1.5	30.5	915	-0.00219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

C 25 uF (ต่อ)					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
135	972	2	32.3	969	-0.0031
157	1040	2.5	34.6	1038	-0.00193
175	1105	3	36.7	1101	-0.00363
196	1179	3.5	39.1	1173	-0.00512
210	1230	4	40.8	1224	-0.0049
220	1268	4.3	42	1260	-0.00635
225	1288	4.5	42.7	1281	-0.00546
241	1344	5	44.5	1335	-0.00674
254	1389	5.4	46	1380	-0.00652

C 30 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	699	0	0	0	-
8	790	0	26.3	789	-0.00127
91	814	1.3	27	810	-0.00494
102	835	1.5	27.8	834	-0.0012
125	890	2	29.6	888	-0.00225
144	952	2.5	31.5	945	-0.00741
160	1010	3	33.5	1005	-0.00498
177	1069	3.5	35.4	1062	-0.00659
192	1125	4	37.3	1119	-0.00536
206	1174	4.5	38.8	1164	-0.00859
220	1226	5	40.5	1215	-0.00905
231	1265	5.4	41.8	1254	-0.00877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

C 35 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	657	0	0	0	-
8	738	0	24.5	735	-0.00408
80	752	1.3	24.9	747	-0.00669
95	775	1.5	25.8	774	-0.00129
116	828	2	27.4	822	-0.0073
133	883	2.5	29.2	876	-0.00799
150	942	3	31.2	936	-0.00641
165	996	3.5	32.9	987	-0.00912
179	1045	4	34.6	1038	-0.00674
191	1090	4.5	36	1080	-0.00926
205	1139	5	37.7	1131	-0.00707
213	1167	5.5	38.5	1155	-0.01039

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองขณะ ไม่มีภาระของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้าเมื่อต่อแบบเดลตา ปรับความเร็วช่วงขาลง

C 5 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
4	1675	0	0	0	-
9	1896	0	63.1	1893	-0.00158
115	1900	0.6	63.2	1896	-0.00211
138	1911	0.7	63.4	1902	-0.00473
154	1921	0.8	64	1920	-0.00052
168	1931	0.9	64.2	1926	-0.0026
186	1952	1	64.9	1947	-0.00257
246	2044	1.5	68.1	2043	-0.00049
305	2192	2	72	2160	-0.01481

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

C 10 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	1237	0	0	0	-
7	1343	0	0	0	-
78	1346	0.6	44.8	1344	-0.00149
108	1360	0.8	45.2	1356	-0.00295
124	1373	1	45.7	1371	-0.00146
175	1450	1.5	48.3	1449	-0.00069
215	1553	2	51.4	1542	-0.00713
252	1667	2.5	55.5	1665	-0.0012
283	1777	3	59.1	1773	-0.00226
305	1860	3.5	61.9	1857	-0.00162

C 15 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	997	0	0	0	-
6	1074	0	0	0	-
67	1091	0.6	36.3	1089	-0.00184
78	1097	0.7	36.55	1096.5	-0.00046
88	1103	0.8	36.6	1098	-0.00455
98	1112	0.9	37	1110	-0.0018
107	1122	1	37.3	1119	-0.00268
142	1176	1.5	39.1	1173	-0.00256
178	1268	2	42.2	1266	-0.00158
202	1348	2.5	44.8	1344	-0.00298
230	1441	3	47.9	1437	-0.00278
251	1520	3.5	50.4	1512	-0.00529
270	1590	4	52.7	1581	-0.00569
292	1668	4.5	55.3	1659	-0.00542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

C 20 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	910	0	0	0	-
4	939	0	0	0	-
64	951	0.7	31.5	945	-0.00635
82	962	0.9	32	960	-0.00208
90	971	1	32.3	969	-0.00206
125	1024	1.5	34	1020	-0.00392
155	1099	2	36.5	1095	-0.00365
177	1174	2.5	39	1170	-0.00342
198	1245	3	41.4	1242	-0.00242
217	1315	3.5	43.6	1308	-0.00535
236	1381	4	45.8	1374	-0.00509
252	1441	4.5	47.7	1431	-0.00699
271	1507	5	49.9	1497	-0.00668
284	1554	5.4	51.5	1545	-0.00583

C 25 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	835	0	0	0	-
4	847	0	0	0	-
57	853	0.7	28.3	849	-0.00471
64	856	0.8	28.4	852	-0.00469
73	862	0.9	28.7	861	-0.00116
80	869	1	28.8	864	-0.00579
111	916	1.5	30.5	915	-0.00109
137	981	2	32.5	975	-0.00615
159	1052	2.5	34.9	1047	-0.00478
176	1110	3	36.8	1104	-0.00543
195	1179	3.5	39.1	1173	-0.00512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

C 25 uF (ต่อ)					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
212	1240	4	41.1	1233	-0.00568
228	1297	4.5	43	1290	-0.00543
241	1344	5	44.5	1335	-0.00674
254	1389	5.4	46	1380	-0.00652

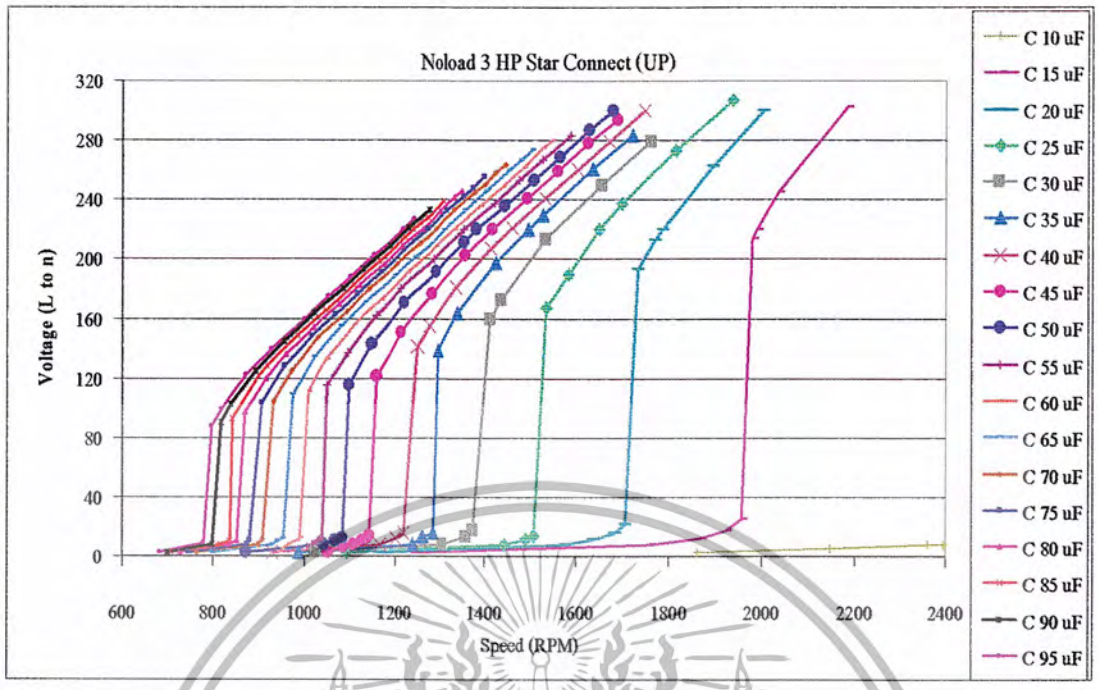
C 30 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	763	0	0	0	-
4	767	0	0	0	-
47	773	0.6	25.7	771	-0.00259
56	777	0.7	25.8	774	-0.00388
62	783	0.8	26	780	-0.00385
68	788	0.9	26.1	783	-0.00639
74	795	1	26.4	792	-0.00379
101	834	1.5	27.7	831	-0.00361
122	886	2	29.4	882	-0.00454
143	951	2.5	31.5	945	-0.00635
162	1017	3	33.7	1011	-0.00593
177	1070	3.5	35.5	1065	-0.00469
191	1123	4	37.1	1113	-0.00898
206	1174	4.5	38.8	1164	-0.00859
221	1230	5	40.6	1218	-0.00985
231	1265	5.4	41.8	1254	-0.00877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

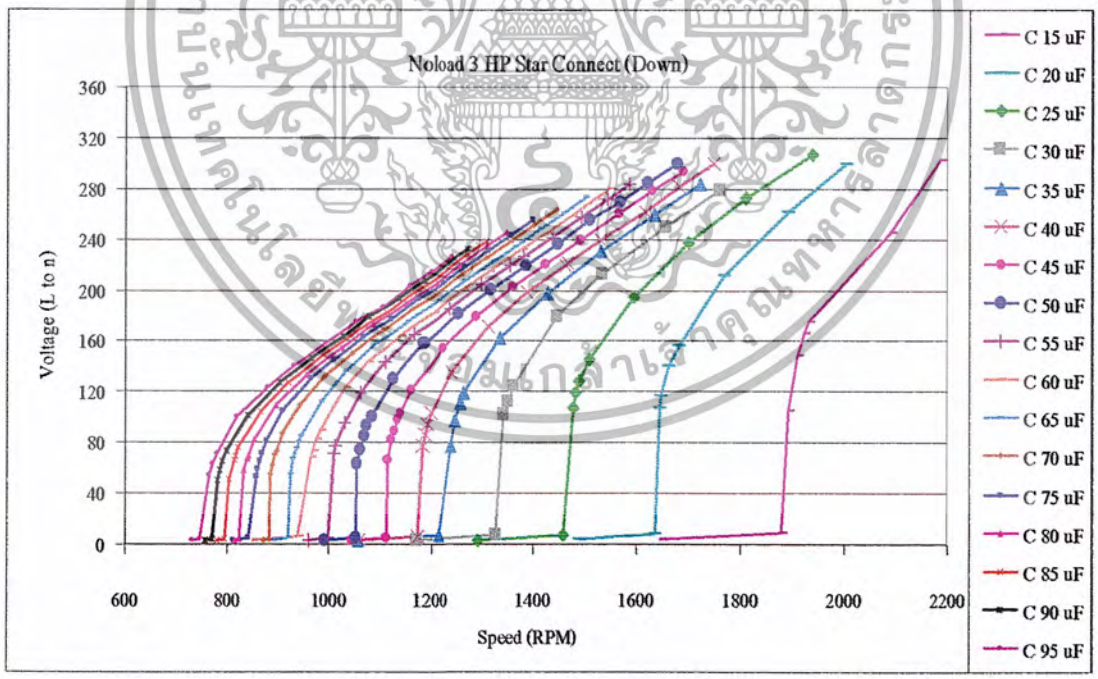
ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

C 35 uF					
$V_{(L\ to\ n)}$	$N_{r\ (rpm)}$	$I_{(Line)}$	f (Hz)	$N_{S\ (rpm)}$	S
3	710	0	0	0	-
4	714	0	0	0	-
51	722	0.7	24	720	-0.00278
56	725	0.8	24	720	-0.00694
60	730	0.9	24.2	726	-0.00551
66	734	1	24.4	732	-0.00273
94	776	1.5	25.7	771	-0.00649
114	823	2	27.3	819	-0.00488
134	885	2.5	29.3	879	-0.00683
150	941	3	31.2	936	-0.00534
164	992	3.5	32.1	963	-0.03011
178	1044	4	34.6	1038	-0.00578
192	1094	4.5	36.1	1083	-0.01016
203	1134	5	37.5	1125	-0.008
213	1167	5.4	38.5	1155	-0.01039

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

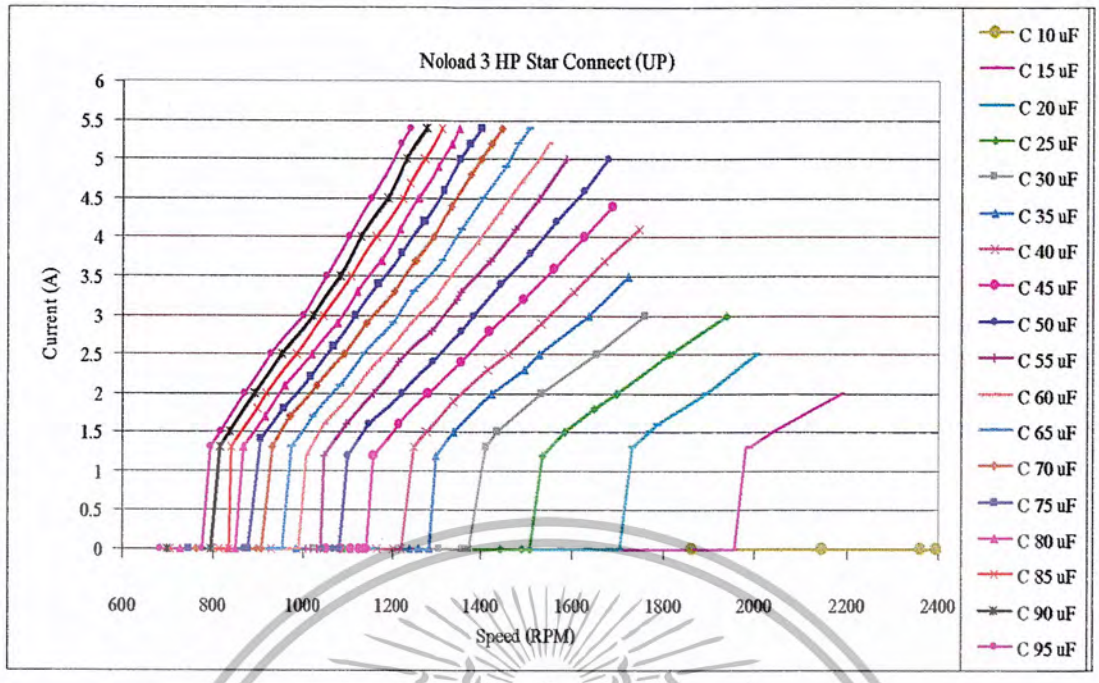


รูปที่ 4.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

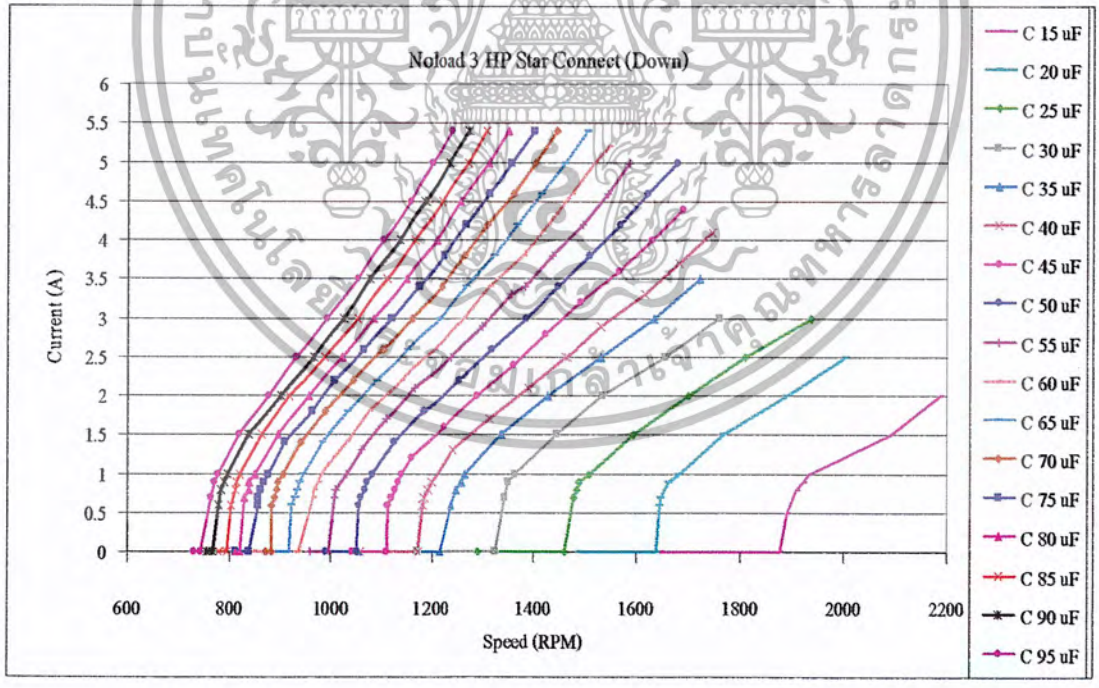


รูปที่ 4.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระเมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

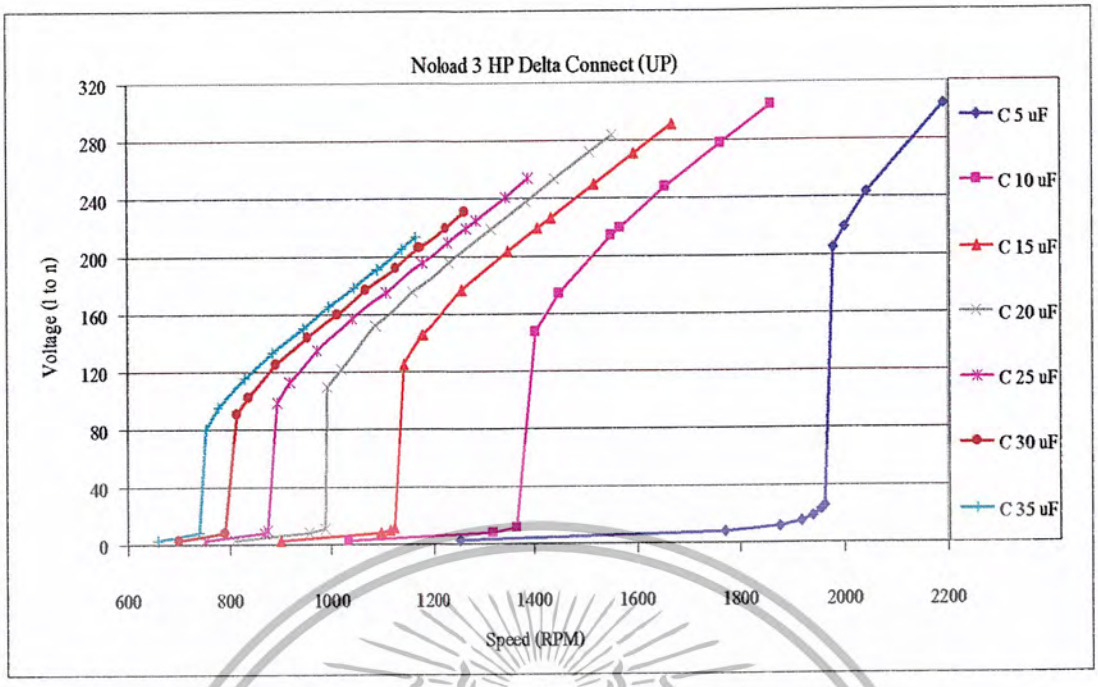


รูปที่ 4.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

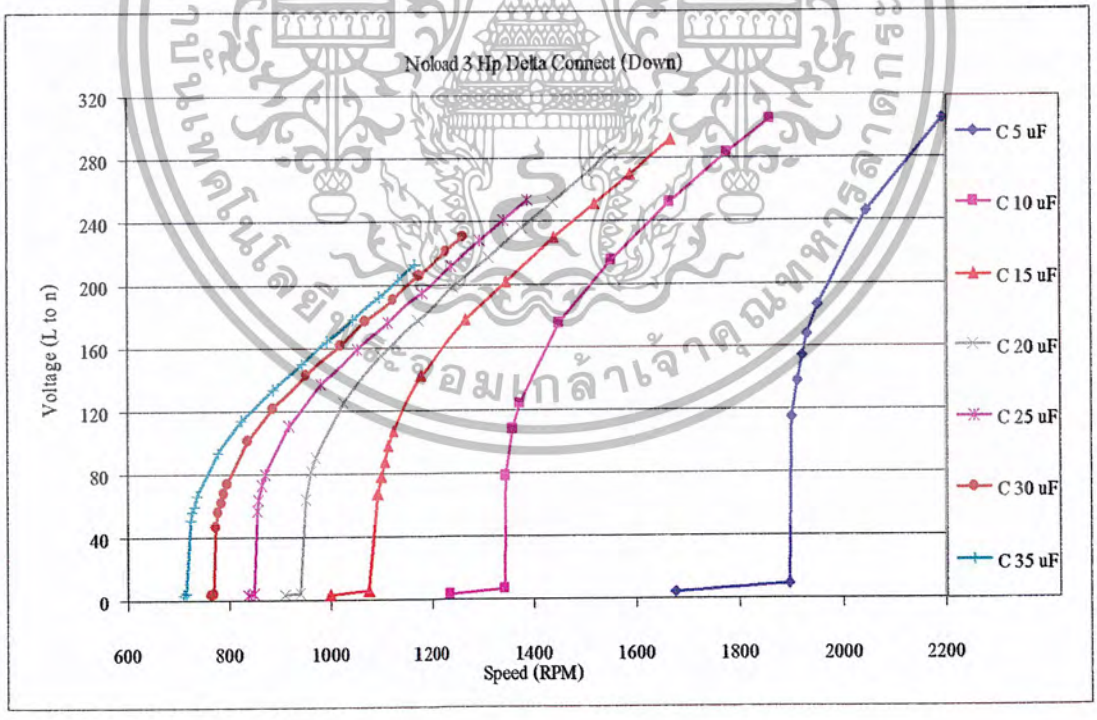


รูปที่ 4.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบสตาร์ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

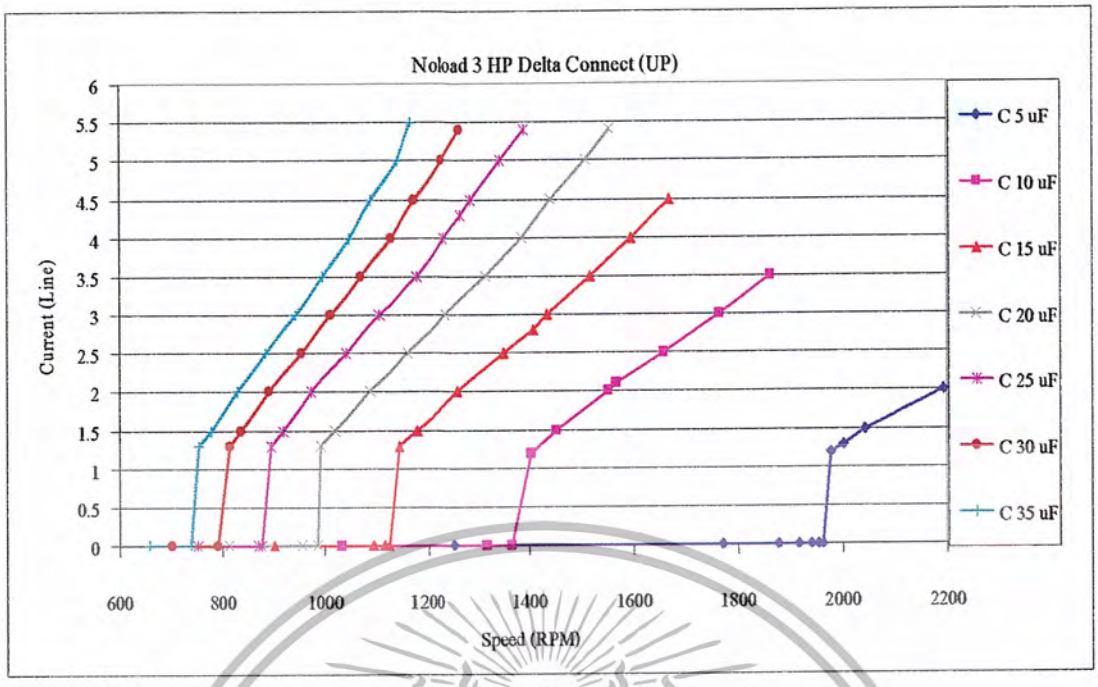


รูปที่ 4.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

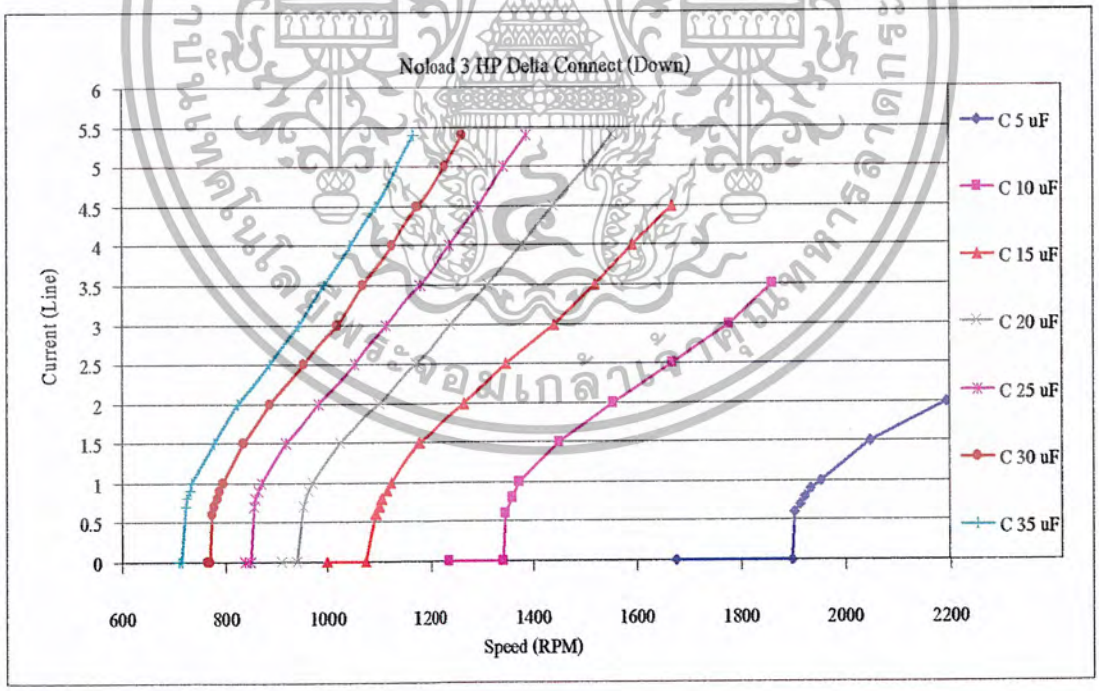


รูปที่ 4.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

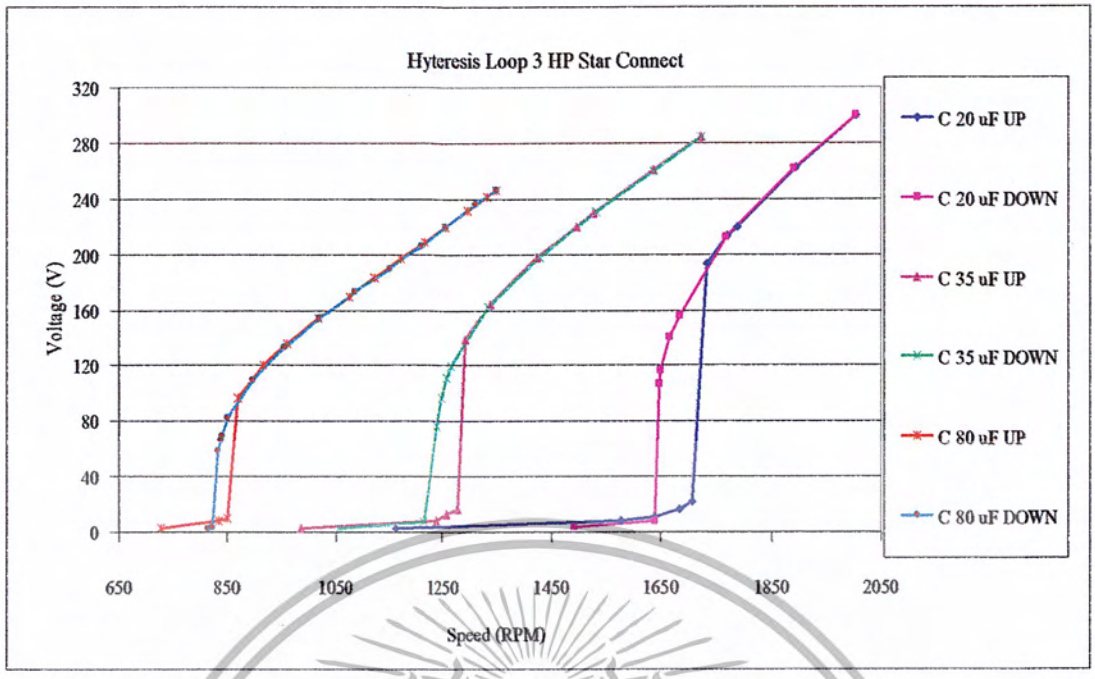


รูปที่ 4.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาขึ้นขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับความเร็วรอบในช่วงขาลงขณะไม่มีภาระ เมื่อต่อแบบเดลตาของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟผลของฮีสเทอรีซีส (hysteresis) ของเครื่องกำเนิดพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. จากสมการที่ 2.11 เป็นสมการที่ใช้คำนวณหาค่าตัวเก็บประจุที่ใช้งานขณะไม่มีภาระสามารถนำมาใช้ได้จริง โดยเมื่อทำการทดลองแล้วพบว่าเมื่อต่อแบบสตาร์ที่ตัวเก็บประจุขนาด 15 ไมโครฟารัด จะมีการสร้าง แรงดัน (build-up) 220 โวลต์ต่อเฟส ที่ความเร็วรอบประมาณ 1500 รอบต่อนาที สำหรับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำพิกัด 1 แรงม้า และตัวเก็บประจุขนาด 40 ไมโครฟารัดจะมีการสร้างแรงดัน 220 โวลต์ต่อเฟส ที่ความเร็วรอบประมาณ 1500 รอบต่อนาที สำหรับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำขนาดพิกัด 3 แรงม้า ดังรูปที่ 4.4 และ 4.13 ตามลำดับ

2. การต่อแบบเดลตาเมื่อเปรียบเทียบกับการต่อแบบสตาร์แล้วพบว่าจะใช้ตัวเก็บประจุที่ค่าต่ำกว่า 3 เท่า ณ จุดทำงานเดียวกัน เป็นไปตามสมการที่ 2.12 หรืออาจกล่าวได้ว่า เมื่อใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเท่ากันและที่แรงดันเมื่อเทียบกับกราวด์เดียวกันแล้วการต่อแบบเดลตาจะให้กระแสมากกว่า 3 เท่าของการต่อแบบสตาร์

3. การใช้ตัวเก็บประจุขนาดมากขึ้นมากขึ้นเท่าไร การสร้างแรงดันจะเกิดขึ้นได้ที่ความเร็วรอบต่ำลง นอกจากนี้แรงดันเริ่มต้นของการสร้างแรงดันก็ลดต่ำลงด้วย และถ้าพิจารณาที่ตัวเก็บประจุในแต่ละค่าพบว่าที่ค่าตัวเก็บประจุค่ามากๆนั้นการเพิ่มขึ้นของแรงดันจะเป็นไปในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยจะสังเกตได้ว่ากราฟในการสร้างแรงดันจะเกิดขึ้น ณ ความเร็วใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 4.4 และ 4.13 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการมีช่วงอิ่มตัว (saturate) ของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั่นเอง

4. ในการแสดงถึงผลของฮีสเทอรีซีสดังรูปที่ 4.12 และ 4.21 สังเกตได้ว่าแรงดันสุดท้ายก่อนที่จะหลุดจากการสร้างแรงดันในช่วงปรับความเร็วรอบให้ลดต่ำลง (ขาลง) จะมีค่าต่ำกว่าแรงดันเริ่มต้นจากการสร้างแรงดันในช่วงปรับความเร็วรอบให้เพิ่มมากขึ้น (ขาขึ้น)

5. จากรูปที่ 4.6 และ 4.15 พบว่าความสัมพันธ์ของกระแสที่ขั้ว (เป็นกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ) จะเพิ่มมากขึ้นถ้าใช้ค่าตัวเก็บประจุเพิ่มสูงขึ้น และถ้าพิจารณาที่ตัวเก็บประจุค่าเดียวกันกระแสที่ขั้วจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น

6. จากรูปที่ 4.18 เป็นการยืนยันได้ว่าที่แรงดันค่าเดียวกัน จะมีกระแสเพิ่มสูงขึ้นที่ตัวเก็บประจุมีค่ามากขึ้น และทำให้เราทราบถึงค่าของตัวเก็บประจุที่เหมาะสมซึ่งจะนำมาใช้กับเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขนาดพิกัด 1 แรงม้า และ 3 แรงม้าขณะไม่มีภาระ ซึ่งเมื่อต่อแบบสตาร์จะมีพิกัดแรง 380 โวลต์ ที่ กระแส 2 แอมแปร์ และ 5 แอมแปร์ ตามลำดับ สำหรับที่พิกัด 1 แรงม้าอยู่ที่ 12.5 ถึง 35 ไมโครฟารัด และสำหรับที่พิกัด 3 แรงม้าอยู่ที่ 15 ถึง 90 ไมโครฟารัด เพราะถ้าเราใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากกว่านี้จะมีกระแสเกินพิกัดที่แรงดันพิกัด ซึ่งเป็นผลเสียหายต่อเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้ ขณะที่ถ้าเราใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าต่ำกว่านี้การสร้างแรงดันจะเกิดขึ้นได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. จากผลการทดลองทั้งหมดเป็นการยืนยันได้ว่าในสภาวะที่เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานเป็นเครื่องกำเนิด (Generator) สลิป (Slip) จะมีค่าเป็นลบ นอกจากนี้ยังทำให้เราทราบว่าระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองไม่เหมาะสมกับการจ่ายภาระที่ต้องการความถี่คงที่ เพราะความถี่ของระบบจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก เมื่อความเร็วของต้นกำลังทางกลที่ขับเพลานั้นเปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่มีภาระทางไฟฟ้า
(ON LOAD TEST FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR)

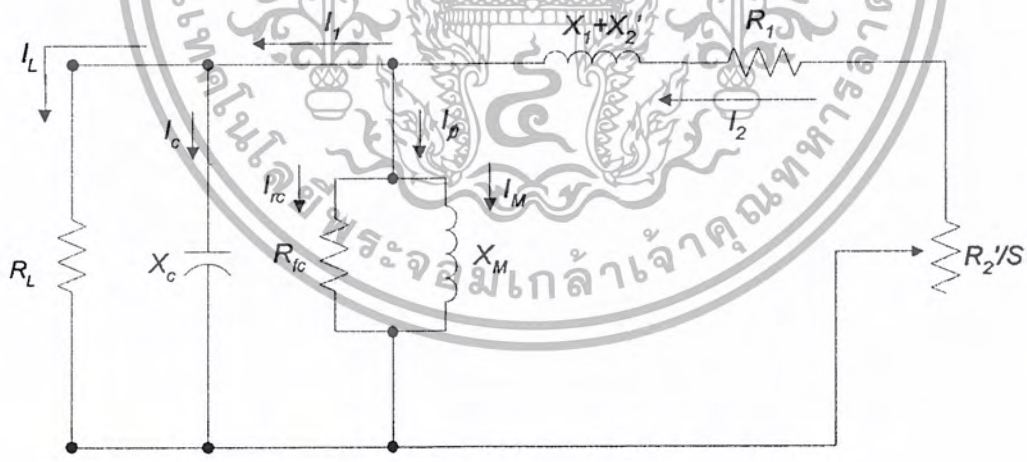
ในการทดสอบขณะมีภาระมีจุดประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองเมื่อต่อภาระเข้าไปในระบบ

2. เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของภาระแบบความต้านทานอย่างเดียว (pure resistive load) กับภาระแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำ (resistive and inductive load)

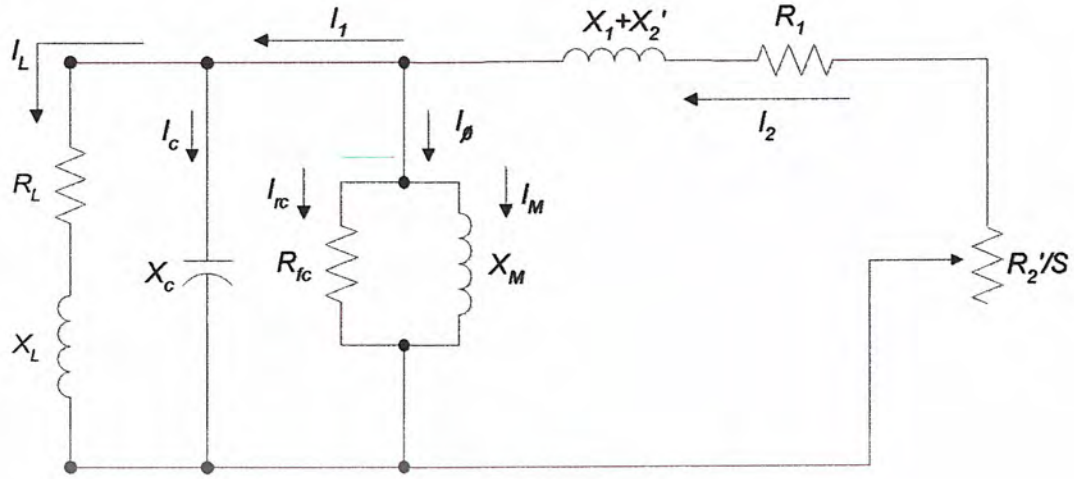
5.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะที่มีภาระ

รูปที่ 5.1 และ 5.2 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะที่มีภาระ



รูปที่ 5.1 วงจรสมมูลขณะที่มีภาระแบบความต้านทานอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 วงจรสมมูลขณะที่มีภาระแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำ

จากวงจรสมมูลในรูปที่ 5.1 จะสังเกตุได้ว่าเมื่อต่อภาระความต้านทานเข้าไปในระบบ กระแสส่วนหนึ่งจะ ไหลมายังภาระ ทำให้กระแสในส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กหมุน (I_M ; Magnetizing Current) ลดต่ำลง จึงเป็นสาเหตุให้แรงดันลดต่ำลง ทำให้กระแสของตัวเก็บประจุ (I_C) ก็ลดต่ำลงด้วย สภาวะนี้จะเกิดขึ้นจนถึงจุดสมดุล

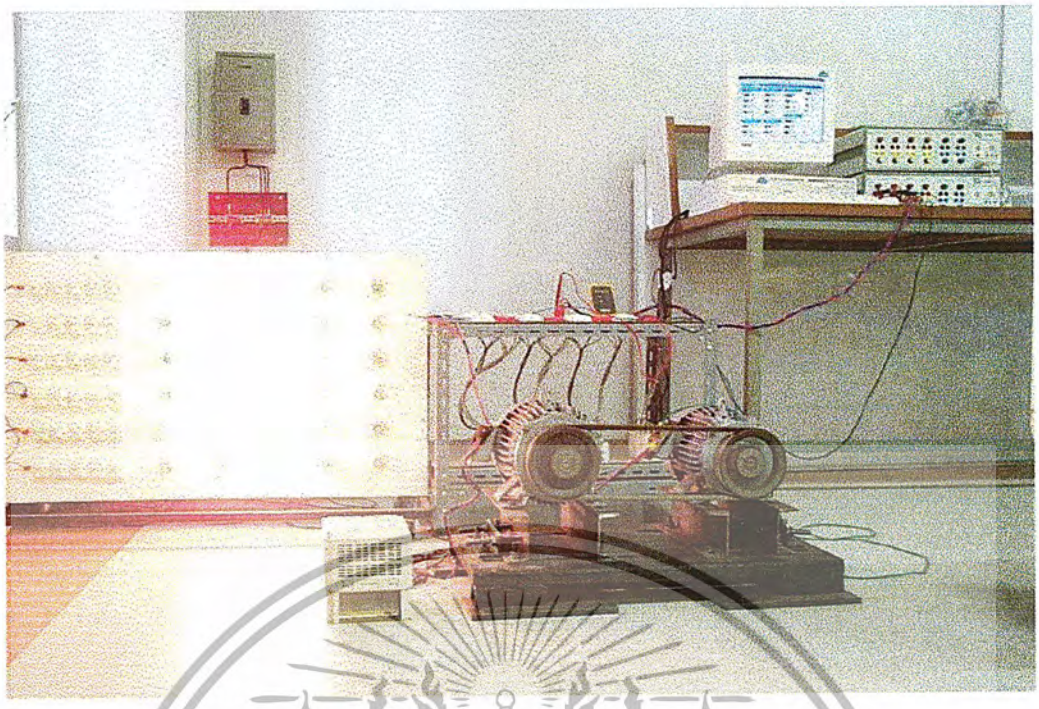
เมื่อต่อภาระเป็นแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำดังรูปที่ 5.2 เนื่องจากกระแสของตัวเก็บประจุส่วนหนึ่งต้องไปชดเชยค่าความเหนี่ยวนำ ทำให้กระแสในส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กลดลงไปอีก แรงดันจึงลดต่ำลงอย่างรุนแรงและรวดเร็วกว่าการต่อภาระแบบความต้านทานอย่างเดียว

ในการทดสอบขณะมีภาระนี้จะพยายามศึกษาหาข้อพิสูจน์ของทฤษฎีนี้ และพยายามหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาของแรงดันตกนี้ต่อไป

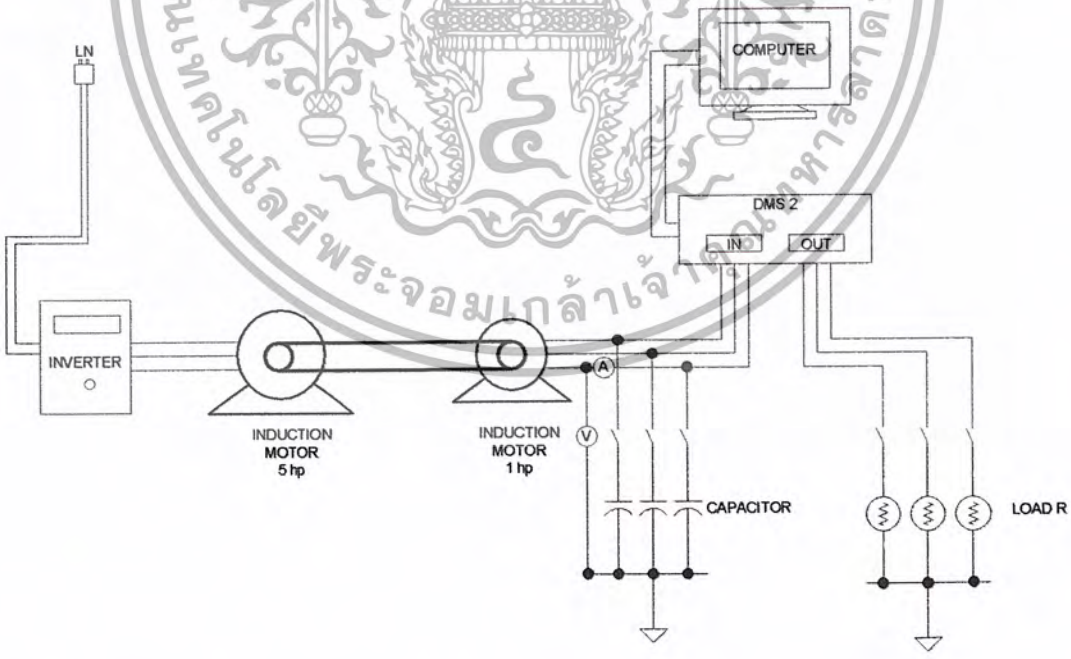
5.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ

รูปที่ 5.4 และ 5.5 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระแบบความต้านทาน และแบบความต้านทานกับความเหนี่ยวนำ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

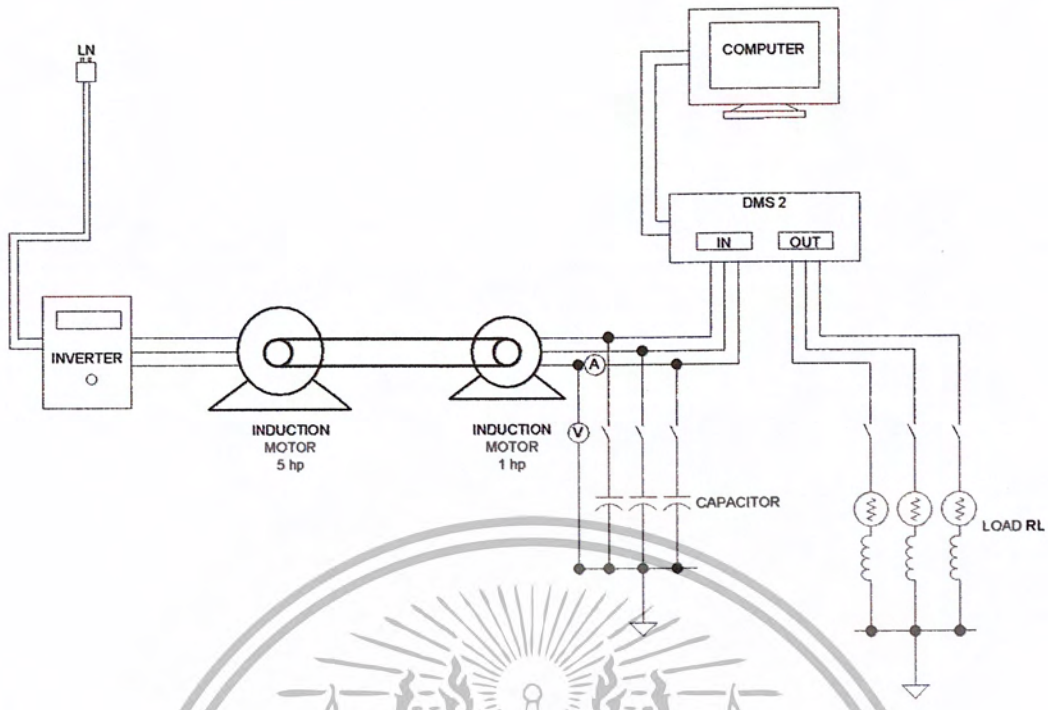


รูปที่ 5.3 แสดงการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะที่มีภาระ



รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระแบบความต้านทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระแบบความต้านทานและเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ขั้นตอนการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ

1. ติดตั้งเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้องการทดสอบไว้บนแท่นยึดดังรูปที่ 4.1

2. พิจารณาค่าของตัวเก็บประจุเริ่มแรกที่ใช้ในการทดสอบจากสมการ 2.12

3. ต่อวงจรการทดลองดังรูปที่ 5.4 โดยขณะนี้ต้องให้สวิตช์ที่ภาระเปิดวงจรอยู่ก่อน

4. ทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลัง (5 แรงม้า) โดยใช้อินเวิตเตอร์จนกระทั่งแรงดันที่เครื่องกำเนิดมีค่าเป็น 220 โวลต์

5. ทำการต่อภาระเข้าระบบโดยการสับสวิตช์ โดยเริ่มต้นที่ 300 วัตต์ (3 เฟส) จากนั้นจึงค่อยเพิ่มภาระเข้าไปครั้งละ 300 วัตต์ (3 เฟส)

6. ทำการเปลี่ยนค่าของตัวเก็บประจุ และทำการทดลองใหม่ในข้อ 3 จนครบทุกค่าของตัวเก็บประจุ

7. ทำการทดลองอีกครั้งในข้อที่ 2 แต่เปลี่ยนวงจรการทดลองให้เป็นดังรูปที่ 5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการต่อภาระชนิดความต้านทาน (pure resistive load)

C 52.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.92	0	0
1	198	2.3	0.32	63.36
2	173	1.99	0.65	112.45
3	147.6	1.73	0.92	135.79
4	113	1.61	1.08	122.04
5	0	0	0	0

C 47.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.7	0	0
1	198	2.23	0.33	65.34
2	173	1.85	0.66	114.18
3	146	1.62	0.93	135.78
4	0	0	0	0

C 42.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.48	0	0
1	197	2.05	0.33	65.01
2	172	1.7	0.67	115.24
3	141	1.52	0.92	129.72
4	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

C 40 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.36	0	0
1	198	1.94	0.33	65.34
2	172	1.63	0.67	115.24
3	136.9	1.46	0.91	124.58
4	0	0	0	0

C 37.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.21	0	0
1	197.7	1.84	0.33	65.34
2	170	1.52	0.67	115.24
3	127	1.35	0.91	124.58
4	0	0	0	0

C 35 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.13	0	0
1	197.8	1.75	0.34	67.25
2	169.6	1.49	0.68	115.33
3	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

C 32.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2	0	0
1	197	1.62	0.35	68.95
2	166	1.38	0.68	112.88
3	0	0	0	0

C 30 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.89	0	0
1	196.5	1.54	0.35	68.775
2	163	1.31	0.68	110.84
3	0	0	0	0

C 27.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.72	0	0
1	194	1.4	0.35	67.9
2	153	1.19	0.66	100.98
3	0	0	0	0

C 25 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.62	0	0
1	191.8	1.29	0.35	67.13
2	128	1.01	0.61	78.08
3	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

C 22.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.48	0	0
1	181.5	1.16	0.35	63.53
2	0	0	0	0

C 20 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.37	0	0
1	183	1.06	0.35	64.05
2	0	0	0	0

C 17.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.24	0	0
1	168	0.91	0.35	58.8
2	0	0	0	0

C 15 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	1.14	0	0
1	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองการต่อภาระชนิดความต้านทานและเหนี่ยวนำ (resistive and inductive load)

; การทดลองครั้งนี้ได้ใช้ภาระเหนี่ยวนำที่มี $\cos \delta = 0.95$ หรือจะมีค่า p.f. = 0.31

C 52.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.96	0	0
1	180	0.72	0.7	39.06
2	152	1.45	0.84	39.58
3	0	0	0	0

C 47.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.68	0	0
1	169	1.44	0.65	34.05
2	128	1.33	0.74	29.36
3	0	0	0	0

C 42.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.45	0	0
1	157	1.16	0.6	29.2
2	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 (ต่อ)

C 40 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.33	0	0
1	150	1.02	0.56	26.04
2	0	0	0	0

C 37.5 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.22	0	0
1	134	0.85	0.5	20.77
2	0	0	0	0

C 35 uF				
Load	Voltage	I_1(A)	I_L(A)	$Power_{o/p}$(W)
No load	220	2.12	0	0
1	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. จะเกิดการสร้างแรงดัน (build-up) ได้ยากมากถึงขั้นไม่เกิดขึ้นเลย ถ้าในช่วงเริ่มต้นนั้นมีการต่อภาระเข้าไปในระบบ ดังนั้นในการทดลองจึงต้องทำการสร้างแรงดันขณะไม่มีภาระ จากนั้นจึงค่อยต่อภาระเข้าไปกับระบบ ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่าในช่วงเริ่มต้นนั้นจะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลมายังภาระที่ต่ออยู่ ทำให้ไม่มีกระแสเพียงพอจากตัวเก็บประจุไปสร้างสนามแม่เหล็กหมุนในส่วนกระตุ้นได้

2. เมื่อต่อภาระเข้าไปในระบบจะทำให้แรงดันตกอย่างมาก และถ้าเพิ่มภาระไปเรื่อยๆจะทำให้ระบบหลุดจากการสร้างแรงดันกล่าวคือ ระบบจะไม่สามารถจ่ายภาระนั้นได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ากระแสส่วนหนึ่งที่ไหลมายังภาระ จะทำให้กระแสที่มีอยู่เดิมในส่วนกระตุ้นลดต่ำลง แรงดันจึงตกลง และถ้าเพิ่มภาระจนกระแสในส่วนกระตุ้นลดต่ำลงจนถึงจุดที่ไม่สามารถสร้างสนามแม่เหล็กหมุนได้ ระบบก็จะหลุดออกจากการสร้างแรงดัน

3. ตัวเก็บประจุที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำถ้ามีค่าของตัวเก็บประจุสูงขึ้นจะส่งผลให้ระบบมีความสามารถในการจ่ายภาระเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มว่าผลของแรงดันตกนั้นจะลดต่ำลง

4. ระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองไม่เหมาะสมกับการจ่ายภาระที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพราะจะมีปัญหาในเรื่องของการรักษาระดับของแรงดัน (Voltage Regulation) ซึ่งเราพบว่าเราอาจจะแก้ไขโดยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามปริมาณภาระที่เปลี่ยนแปลงไป

5. ผลของภาระที่มีลักษณะเป็นแบบเหนี่ยวนำจะทำให้แรงดันตกลงอย่างรุนแรงกว่าภาระที่เป็นแบบความต้านทานอย่างเดียวและจะทำให้ความสามารถของการจ่ายภาระของเครื่องกำเนิดในแต่ละค่าของตัวเก็บประจุลดลงอย่างมาก ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากภาระที่มีลักษณะเหนี่ยวนำจะดึงกระแสเนื่องจากตัวเก็บประจุมากขึ้นเพราะจะต้องไปชดเชยในส่วนของความเหนี่ยวนำ (inductance) จึงทำให้กระแสในส่วนกระตุ้นลดลงอย่างมาก ดังนั้น ระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง จึงไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการจ่ายภาระแบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ
(VARY CAPACITANCE FOLLOW LOAD TEST FOR SELF-EXCITED INDUCTION GENERATOR)

ในการทดสอบขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระนั้นมีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

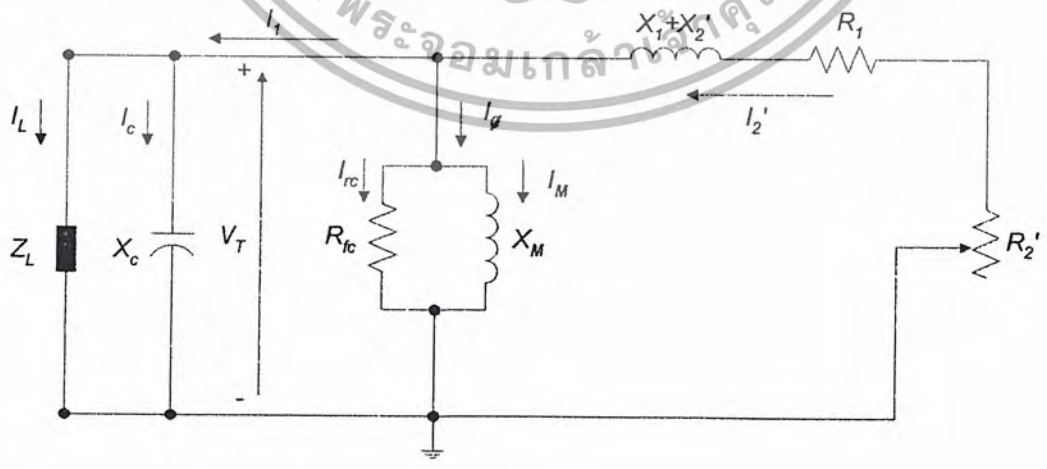
1. เพื่อศึกษาถึงรูปแบบของการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองเมื่อต่อภาระเข้าไปในระบบ โดยจะพิจารณาความสัมพันธ์ของแรงดันกับภาระที่ต่อเข้าไปในระบบ

2. เพื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของประสิทธิภาพที่ขึ้นกับภาระที่ต่อกับระบบ พร้อมทั้งหาขนาดของภาระที่เหมาะสมที่สุดที่จะต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองในแต่ละพิกัดกำลังโดยพิจารณาจากประสิทธิภาพสูงสุด

3. เพื่อหาค่าตัวเก็บประจุ และความเร็วรอบของตัวต้นกำลังที่เหมาะสมที่สุด พร้อมทั้งหาความสามารถในการจ่ายภาระสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองในแต่ละพิกัดกำลัง

6.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ

ในรูปที่ 6.1 ได้แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง



รูปที่ 6.1 แสดงวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะมีภาระ

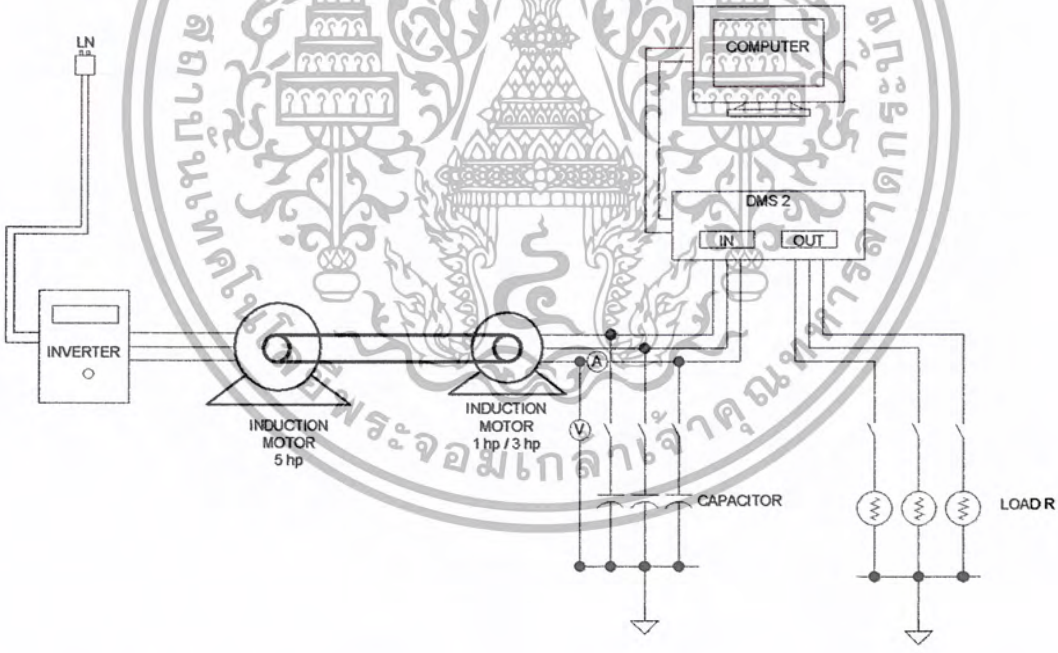
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเมื่อมีการใส่ภาระเข้าไปในระบบพบว่าแรงดันจะตกลงตามขนาดพิกัดของภาระ ซึ่งถ้าใส่ภาระที่มีขนาดพิกัดมากขึ้นเรื่อยๆ แรงดันจะตกลงจนหลุดจากการสร้าง (build-up) แรงดันไปในที่สุด

ในการทดลองครั้งนี้จึงพยายามนำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหานี้โดยทำการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุตามขนาดพิกัดภาระที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งมีกระแส 2 ส่วนที่จะต้องพิจารณาคือ กระแสที่ออกมาจากขั้วของเครื่องกำเนิด (I_f) และกระแสที่ไหลเข้าภาระ (I_L) โดยภาระที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จะเป็นแบบความต้านทานอย่างเดียวเท่านั้น

6.2 วงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ

ในรูปที่ 6.2 ได้แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ



รูปที่ 6.2 แสดงวงจรการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ขั้นตอนการทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองขณะเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระ

1. ติดตั้งเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้องการทดสอบไว้บนแท่นยึดดังรูปที่ 4.1

2. พิจารณาค่าของตัวเก็บประจุเริ่มแรกที่ใช้ในการทดสอบจากสมการ 2.12

3. ต่อวงจรการทดลองดังรูปที่ 6.2 โดยขณะนี้ต้องให้สวิตช์ที่ภาระเปิดวงจรอยู่ก่อน

4. ทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ต้นกำลัง (5 แรงม้า)โดยใช้อินเวิร์ตเตอร์จนกระทั่งแรงดันที่เครื่องกำเนิดมีค่าเป็น 220 โวลต์

5. ทำการต่อภาระเข้าระบบโดยการสับสวิตช์ โดยเริ่มต้นที่ 120 วัตต์ (3 เฟส) จากนั้นจึงค่อยเพิ่มภาระเข้าไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแรงดันตกจนถึงระดับหนึ่ง จึงสับสวิตช์เปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุให้มากขึ้นถัดไปอีกค่าหนึ่ง ซึ่งต้องทำให้แรงดันเพิ่มขึ้นมาจนใกล้เคียงกับแรงดัน 220 โวลต์ แต่ถ้าแรงดันมีค่าต่างจาก 220 โวลต์มากไปก็ให้ปรับภาระ กล่าวคือ ถ้าแรงดันต่ำเกินไปก็ลดภาระไประดับหนึ่ง และถ้าแรงดันสูงเกินไปก็เพิ่มภาระเข้าไปอีกระดับหนึ่ง จึงค่อยสับสวิตช์เปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ ในขั้นตอนนี้จะต้องพยายามรักษาความเร็วรอบให้คงที่ และทำการบันทึกค่าแรงดันกระแส และความถี่ของระบบไว้ด้วย

6. พยายามดูค่าของกระแสที่ไหลออกมาจากขั้วของเครื่องกำเนิดถ้าถึงค่าที่พิกัดแล้วให้เริ่มทำที่ข้อ 2 ใหม่โดยเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุเริ่มต้นเป็นค่าใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ผลการทดลอง

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำพิกัด 1 แรงม้า

1258 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_s	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
30 uF	no load	220	1.76	0.00	41	1230	-0.0228	26.98	45.45	0.00	72.43	1.65	0.00
	20	215	1.73	0.11	41	1230	-0.0228	26.07	43.41	23.65	93.13	2.12	24.83
	40	213	1.71	0.18	41	1230	-0.0228	25.47	42.61	38.34	106.42	2.42	35.23
	60	209	1.68	0.25	41	1230	-0.0228	24.58	41.02	52.25	117.86	2.68	43.35
	80	204	1.65	0.36	41	1230	-0.0228	23.71	39.08	73.44	136.24	3.10	52.71
	100	198	1.63	0.46	41	1230	-0.0228	23.14	36.82	91.08	151.04	3.44	58.96
	120	192	1.61	0.52	40	1200	-0.0483	22.58	34.62	99.84	157.04	7.59	60.65
	140	188	1.60	0.62	40	1200	-0.0483	22.30	33.19	116.56	172.05	8.32	64.62
32.5 uF	40	219	1.86	0.18	41	1230	-0.0228	30.13	45.04	39.42	114.60	2.61	33.63
	60	215	1.85	0.25	41	1230	-0.0228	29.81	43.41	53.75	126.97	2.89	41.39
	80	210	1.81	0.37	41	1230	-0.0228	28.53	41.42	77.70	147.65	3.36	51.45
	100	205	1.79	0.47	41	1230	-0.0228	27.91	39.47	96.35	163.73	3.73	57.54
	120	200	1.78	0.58	40	1200	-0.0483	27.60	37.57	116.00	181.16	8.76	61.08
	140	196	1.76	0.63	40	1200	-0.0483	26.98	36.08	123.48	186.54	9.02	63.14
	160	192	1.75	0.69	40	1200	-0.0483	26.67	34.62	132.48	193.77	9.37	65.22
	180	186	1.74	0.78	40	1200	-0.0483	26.37	32.49	145.08	203.94	9.86	67.86
35 uF	60	221	2.05	0.26	41	1230	-0.0228	36.60	45.87	57.46	139.93	3.19	40.15

1352 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_s	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
22.5 uF	no load	220	1.40	0.00	45	1350	-0.0015	17.07	45.45	0.00	62.53	0.09	0.00
	20	215	1.36	0.11	45	1350	-0.0015	16.11	43.41	23.65	83.17	0.12	28.39
	40	210	1.35	0.18	44	1320	-0.0242	15.87	41.42	37.80	95.09	2.31	38.81
	60	205	1.32	0.25	44	1320	-0.0242	15.18	39.47	51.25	105.89	2.57	47.25
	80	199	1.30	0.35	44	1320	-0.0242	14.72	37.19	69.65	121.56	2.95	55.94
	100	191	1.27	0.44	44	1320	-0.0242	14.05	34.26	84.04	132.35	3.21	62.00
	120	181	1.25	0.54	43	1290	-0.0481	13.61	30.77	97.74	142.12	6.83	65.62
25 uF	60	219	1.57	0.30	44	1320	-0.0242	21.47	45.04	65.70	132.21	3.21	48.52
	80	215	1.56	0.37	44	1320	-0.0242	21.20	43.41	79.55	144.16	3.49	53.88
	100	208	1.54	0.47	44	1320	-0.0242	20.66	40.63	97.76	159.05	3.86	60.01
	120	202	1.53	0.58	43	1290	-0.0481	20.39	38.32	117.16	175.87	8.45	63.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

1352 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	P_{CUS}	P_C+P_M	P	P_{CON}	P_{CUR}	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	140	198	1.52	0.64	43	1290	-0.0481	20.12	36.82	126.72	183.66	8.83	65.83
	160	190	1.51	0.73	43	1290	-0.0481	19.86	33.90	138.70	192.46	9.25	68.76
	180	183	1.50	0.78	43	1290	-0.0481	19.60	31.45	142.74	193.79	9.31	70.28
27.5 uF	100	219	1.75	0.49	44	1320	-0.0242	26.67	45.04	107.31	179.03	4.34	58.52
	120	214	1.74	0.59	43	1290	-0.0481	26.37	43.01	126.26	195.64	9.40	61.58
	140	209	1.73	0.66	43	1290	-0.0481	26.07	41.02	137.94	205.03	9.85	64.19
	160	203	1.73	0.76	43	1290	-0.0481	25.92	38.70	154.28	218.90	10.52	67.25
	180	198	1.71	0.81	43	1290	-0.0481	25.47	36.82	160.38	222.67	10.70	68.72
	200	191	1.70	0.89	43	1290	-0.0481	25.17	34.26	169.99	229.42	11.03	70.70
	220	182	1.69	0.97	42	1260	-0.0730	24.88	31.11	176.54	232.52	16.98	70.76
30 uF	140	220	1.96	0.66	43	1290	-0.0481	33.46	45.45	145.20	224.11	10.77	61.82
	160	215	1.94	0.72	43	1290	-0.0481	32.78	43.41	154.80	230.99	11.10	63.94
	180	210	1.94	0.82	43	1290	-0.0481	32.78	41.42	172.20	246.40	11.84	66.68
	200	203	1.93	0.92	43	1290	-0.0481	32.44	38.70	186.76	257.91	12.40	69.09
	220	196	1.92	1.02	42	1260	-0.0730	32.11	36.08	199.92	268.11	19.58	69.49
	240	191	1.91	1.06	42	1260	-0.0730	31.77	34.26	202.46	268.50	19.60	70.27
	260	186	1.90	1.10	42	1260	-0.0730	31.44	32.49	204.60	268.53	19.61	71.01
32.5 uF	160	222	2.10	0.73	43	1290	-0.0481	38.41	46.28	162.06	246.76	11.86	62.66

Speed 1517 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	P_{CUS}	P_C+P_M	P	P_{CON}	P_{CUR}	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
15 uF	no load	220	1.10	0.00	50.4	1512	-0.0033	10.54	45.45	0.00	55.99	0.19	0.00
	20	212	1.05	0.11	50.2	1506	-0.0073	9.60	42.21	23.32	75.13	0.55	30.81
	40	205	1.03	0.18	50	1500	-0.0113	9.15	39.47	36.90	85.52	0.97	42.67
	60	196	1.00	0.24	49.7	1491	-0.0174	8.71	36.08	47.04	91.83	1.60	50.35
	80	179	0.90	0.34	49.6	1488	-0.0195	7.06	30.09	60.86	98.01	1.91	60.91
17.5 uF	80	221	1.30	0.37	49.6	1488	-0.0195	14.72	45.87	81.77	142.36	2.77	56.34
	100	211	1.25	0.48	49.3	1479	-0.0257	13.61	41.81	101.28	156.70	4.03	63.01
	120	199	1.25	0.58	49	1470	-0.0320	13.61	37.19	115.42	166.22	5.31	67.29
	140	189	1.20	0.62	49	1470	-0.0320	12.54	33.55	117.18	163.27	5.22	69.55
	160	173	1.15	0.66	49	1470	-0.0320	11.52	28.11	114.18	153.81	4.92	71.94
20 uF	160	220	1.56	0.75	48	1440	-0.0535	21.20	45.45	163.90	230.55	12.33	67.48
	180	211	1.55	0.84	48	1440	-0.0535	20.93	41.81	177.24	239.98	12.83	70.11
	200	198	1.54	0.91	48	1440	-0.0535	20.66	36.82	180.18	237.65	12.71	71.97
	220	182	1.50	0.98	48	1440	-0.0535	19.60	31.11	177.45	228.16	12.20	73.83

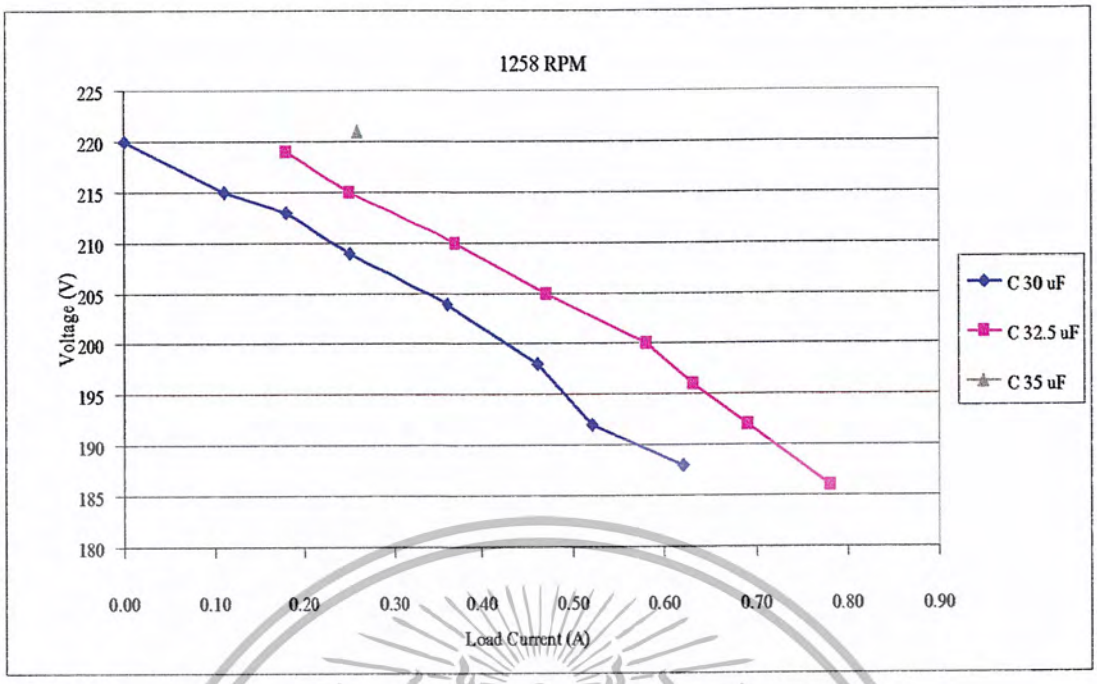
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

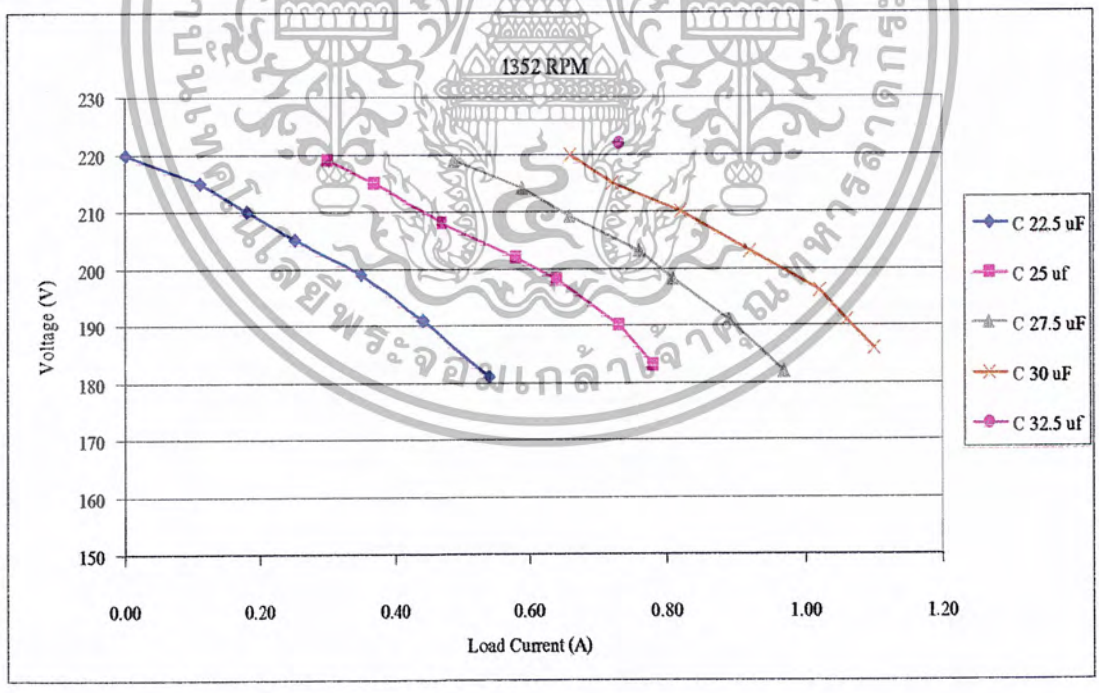
Speed 1517 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
22.5 uF	200	219	1.80	0.97	48	1440	-0.0535	28.22	45.04	211.34	284.60	15.22	70.49
	20	212	1.80	1.06	48	1440	-0.0535	28.22	42.21	224.72	295.15	15.78	72.27
	240	204	1.78	1.10	48	1440	-0.0535	27.60	39.08	224.40	291.08	15.56	73.18
	260	194	1.75	1.14	47	1410	-0.0759	26.67	35.35	220.19	282.21	21.42	72.52
	280	168	1.60	1.15	47	1410	-0.0759	22.30	26.51	193.20	242.00	18.36	74.20
25 uF	260	220	2.10	1.21	47	1410	-0.0759	38.41	45.45	266.20	350.07	26.57	70.68

1628 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
12.5 uF	no load	220	0.95	0.00	54	1620	-0.0049	7.86	45.45	0.00	53.32	0.26	0.00
	20	208	0.90	0.11	54	1620	-0.0049	7.06	40.63	22.88	70.57	0.35	32.26
	40	195	0.85	0.18	54	1620	-0.0049	6.29	35.71	35.10	77.10	0.38	45.30
	60	174	0.80	0.23	53	1590	-0.0239	5.57	28.43	40.02	74.03	1.77	52.80
15 uF	120	216	1.25	0.60	52	1560	-0.0436	13.61	43.82	129.60	187.03	8.15	66.40
	140	204	1.20	0.65	52	1560	-0.0436	12.54	39.08	132.60	184.23	8.03	68.97
	160	185	1.16	0.68	52	1560	-0.0436	11.72	32.14	125.80	169.66	7.40	71.05
17.5 uF	180	224	1.55	0.86	52	1560	-0.0436	20.93	47.12	192.64	260.69	11.36	70.81
	200	210	1.54	0.94	52	1560	-0.0436	20.66	41.42	197.40	259.47	11.31	72.90
	220	187	1.46	1.00	52	1560	-0.0436	18.57	32.84	187.00	238.41	10.39	75.16
20 uF	260	220	1.90	1.21	51	1530	-0.0641	31.44	45.45	266.20	343.10	21.98	72.92
	280	204	1.86	1.28	51	1530	-0.0641	30.13	39.08	261.12	330.34	21.16	74.29
22.5 uF	300	222	2.12	1.43	50	1500	-0.0853	39.15	46.28	317.46	402.89	34.38	72.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

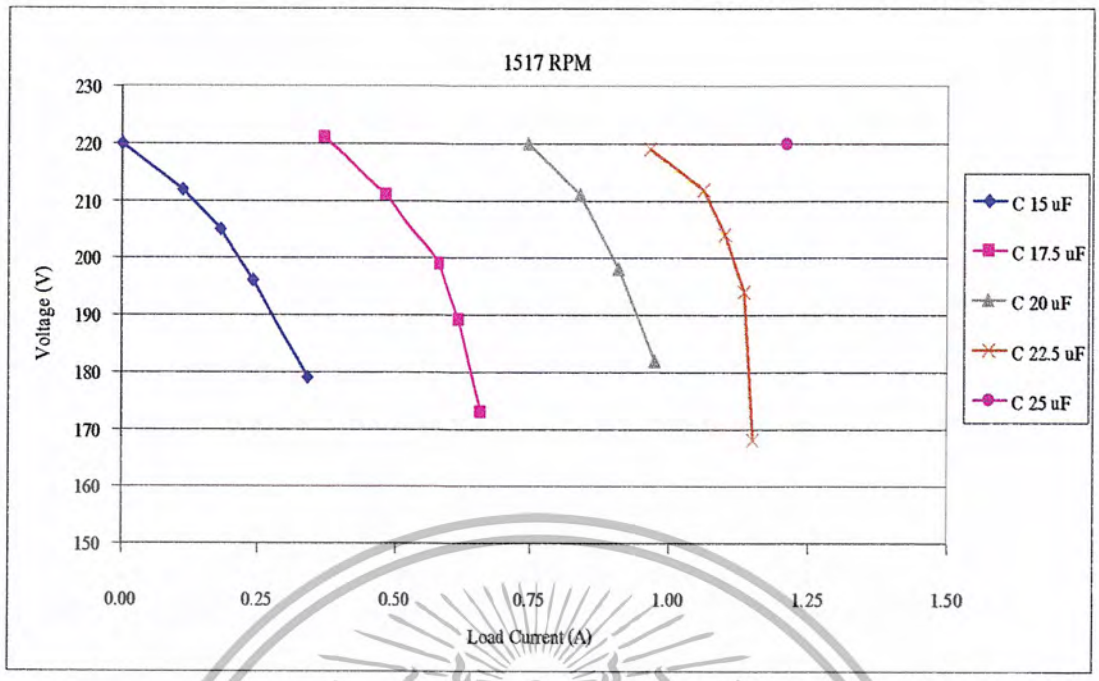


รูปที่ 6.3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1258 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

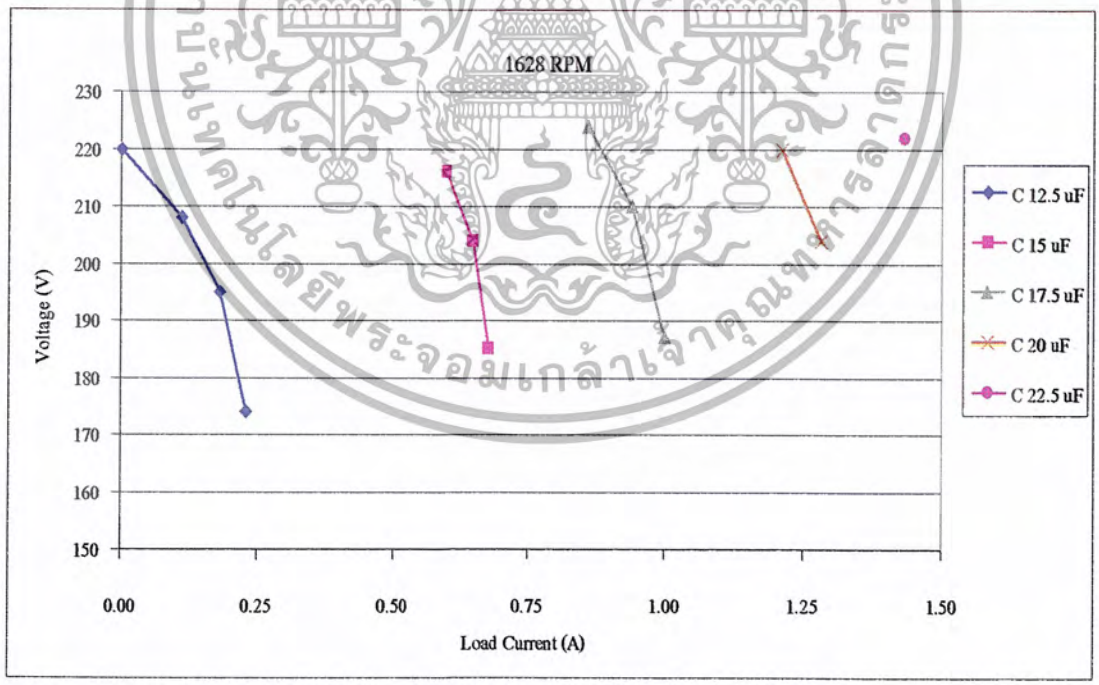


รูปที่ 6.4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1352 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

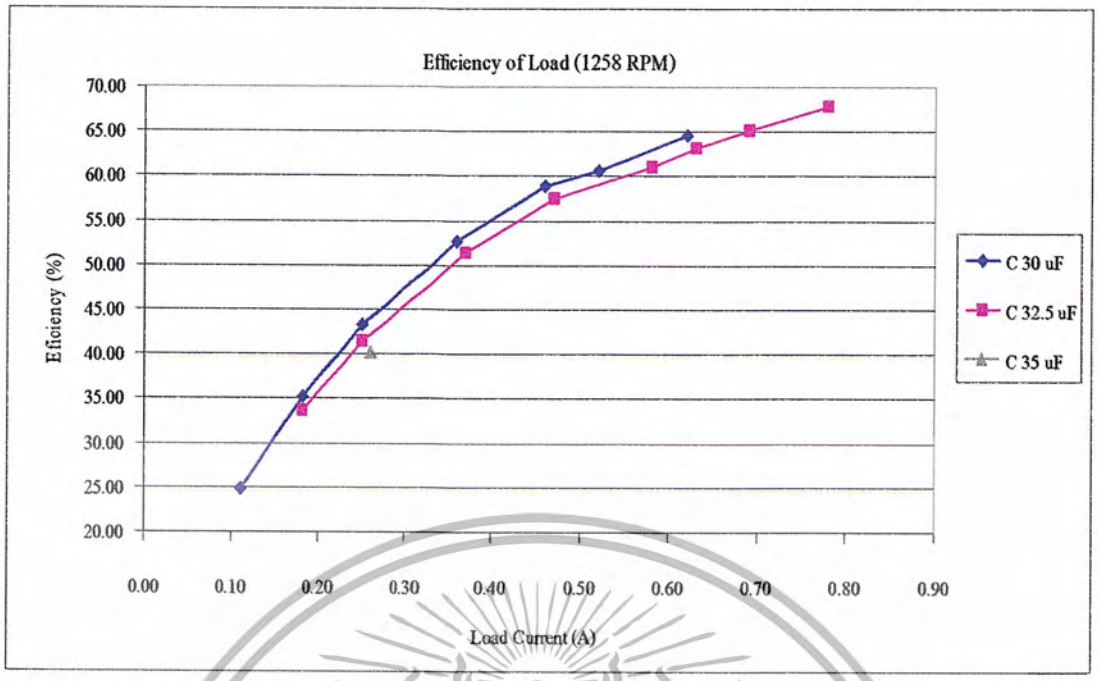


รูปที่ 6.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1517 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

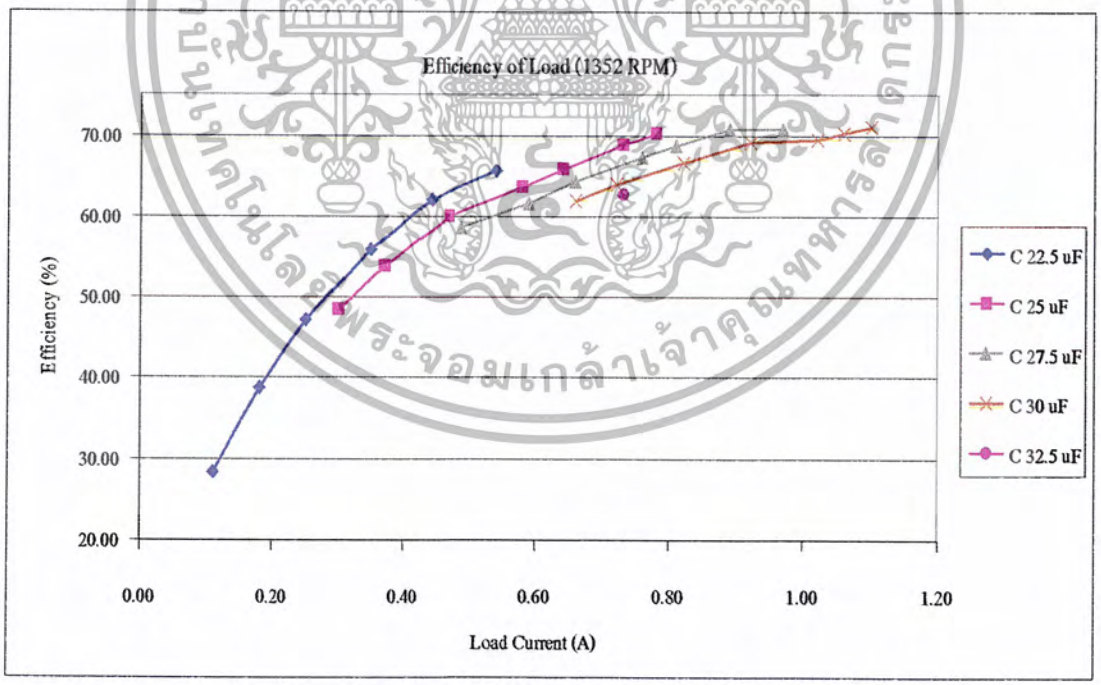


รูปที่ 6.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1628 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

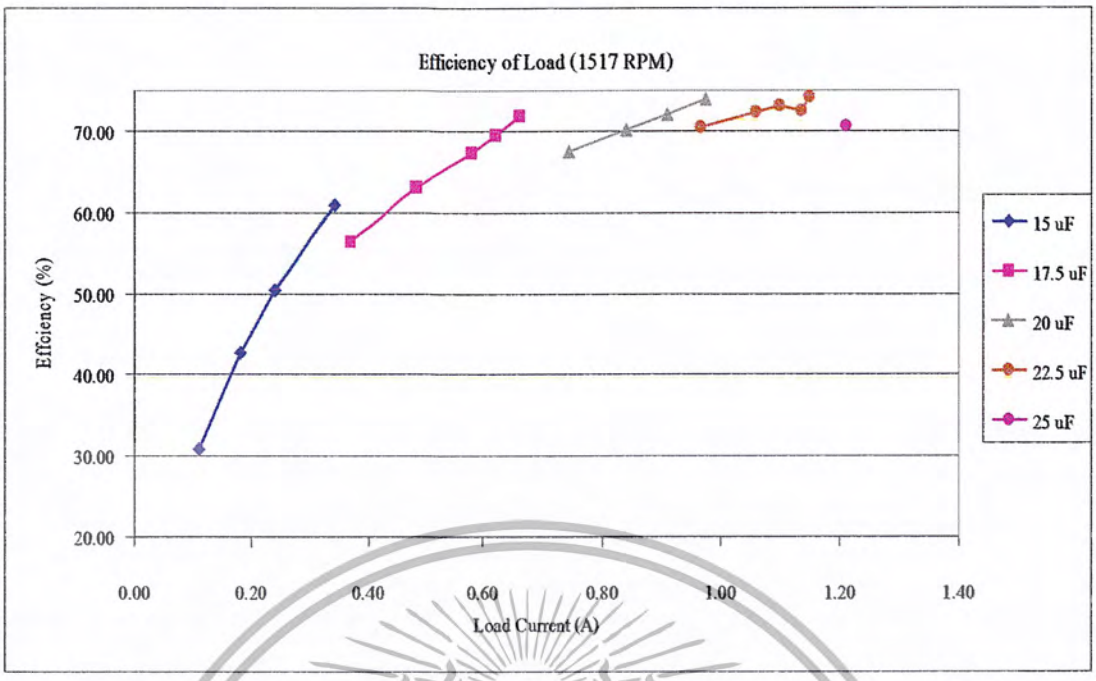


รูปที่ 6.7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1258 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

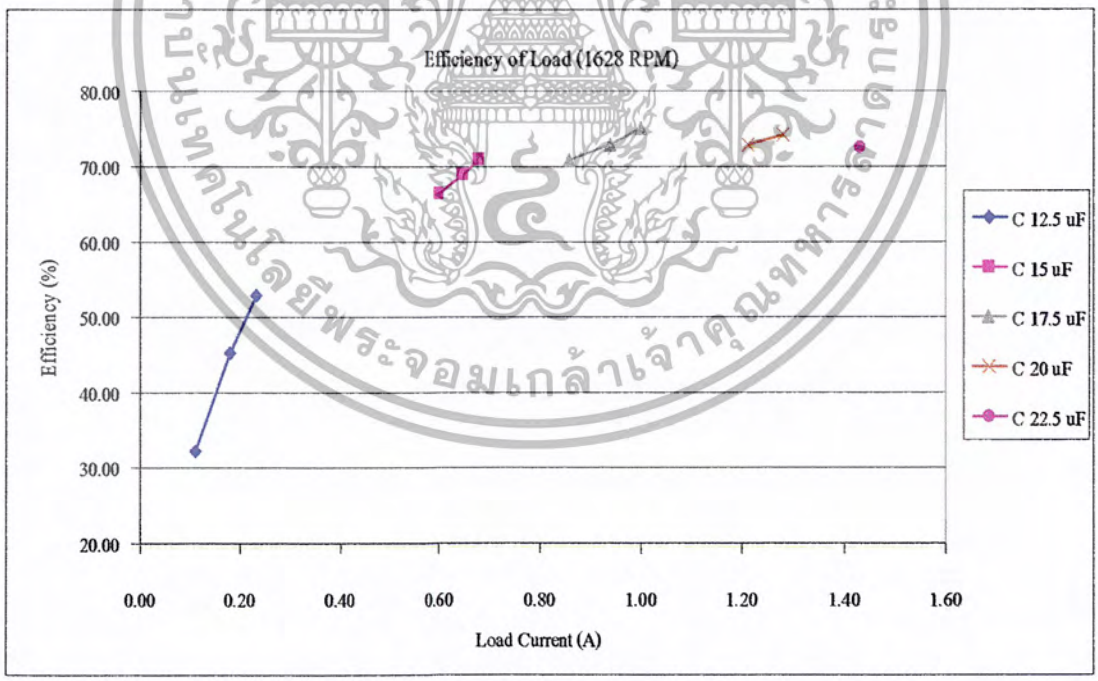


รูปที่ 6.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1352 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1517 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า



รูปที่ 6.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1628 รอบต่อนาที พิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำพิกัด 3 แรงม้า

Speed 1267 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
75 uF	**Noload**	**220**	**4.39**	**0.00**	**41.9**	**1257**	**-0.0080**	**60.13**	**77.44**	**0.00**	**137.57**	**1.09**	**0.00**
	40	**217**	**4.34**	**0.18**	**41.8**	**1254**	**-0.0104**	**58.77**	**75.34**	**39.06**	**173.17**	**1.80**	**22.32**
	80	**215**	**4.29**	**0.36**	**41.8**	**1254**	**-0.0104**	**57.42**	**73.96**	**76.33**	**207.71**	**2.15**	**36.37**
	100	**214**	**4.26**	**0.46**	**41.7**	**1251**	**-0.0128**	**56.62**	**73.27**	**98.44**	**228.33**	**2.92**	**42.57**
	140	211	4.24	0.63	41.6	1248	-0.0152	56.09	71.23	131.88	259.20	**3.95**	**50.11**
	180	209	4.21	0.80	41.5	1245	-0.0177	55.30	69.89	166.99	292.18	**5.16**	**56.16**
	200	208	4.20	0.91	41.5	1245	-0.0177	55.04	69.22	189.28	313.54	**5.54**	**59.32**
	240	205	4.19	1.07	41.4	1242	-0.0201	54.78	67.24	219.35	341.37	**6.87**	**62.99**
77.5 uF	40	219	4.48	0.18	41.8	1254	-0.0104	62.62	76.74	39.42	178.78	**1.85**	**21.82**
	80	216	4.44	0.36	41.8	1254	-0.0104	61.51	74.65	77.76	213.92	**2.22**	**35.98**
	100	215	4.41	0.45	41.7	1251	-0.0128	60.68	73.96	97.18	231.82	**2.96**	**41.39**
	140	212	4.38	0.63	41.6	1248	-0.0152	59.86	71.91	133.14	264.90	**4.03**	**49.50**
	180	210	4.35	0.80	41.5	1245	-0.0177	59.04	70.56	168.00	297.60	**5.26**	**55.47**
	200	209	4.34	0.91	41.4	1242	-0.0201	58.77	69.89	190.19	318.85	**6.42**	**58.47**
	240	206	4.33	1.08	41.4	1242	-0.0201	58.36	67.90	221.45	347.71	**7.00**	**62.43**
	280	203	4.32	1.24	41.3	1239	-0.0226	58.09	65.93	251.72	375.75	**8.49**	**65.51**
80 uF	80	220	4.66	0.37	41.7	1251	-0.0128	67.75	77.44	81.40	226.59	**2.90**	**35.47**
	100	218	4.64	0.44	41.7	1251	-0.0128	67.17	76.04	95.92	239.13	**3.06**	**39.61**
	140	215	4.60	0.64	41.6	1248	-0.0152	66.02	73.96	137.60	277.58	**4.23**	**48.83**
	180	213	4.57	0.80	41.5	1245	-0.0177	65.02	72.59	170.40	308.01	**5.44**	**54.36**
	200	212	4.55	0.92	41.4	1242	-0.0201	64.59	71.91	195.04	331.54	**6.67**	**57.67**
	240	209	4.54	1.09	41.4	1242	-0.0201	64.31	69.89	227.81	362.01	**7.29**	**61.69**
	280	207	4.52	1.26	41.3	1239	-0.0226	63.60	68.56	260.82	392.98	**8.88**	**64.90**
	300	205	4.50	1.34	41.2	1236	-0.0251	63.18	67.24	274.70	405.12	**10.16**	**66.15**
82.5 uF	100	220	4.81	0.46	41.6	1248	-0.0152	72.18	77.44	101.20	250.82	**3.82**	**39.74**
	140	217	4.77	0.64	41.5	1245	-0.0177	70.99	75.34	138.88	285.21	**5.04**	**47.85**
	180	**215**	**4.75**	**0.81**	**41.4**	**1242**	**-0.0201**	**70.40**	**73.96**	**174.15**	**318.51**	**6.41**	**53.60**
	200	**213**	**4.72**	**0.92**	**41.4**	**1242**	**-0.0201**	**69.51**	**72.59**	**195.96**	**338.06**	**6.80**	**56.82**
	240	**211**	**4.70**	**1.10**	**41.3**	**1239**	**-0.0226**	**68.92**	**71.23**	**232.10**	**372.25**	**8.41**	**60.97**
	280	**208**	**4.69**	**1.26**	**41.2**	**1236**	**-0.0251**	**68.48**	**69.22**	**262.08**	**399.78**	**10.03**	**63.95**
	300	**207**	**4.67**	**1.35**	**41.1**	**1233**	**-0.0276**	**68.04**	**68.56**	**279.45**	**416.05**	**11.47**	**65.36**
	340	**204**	**4.66**	**1.51**	**41.0**	**1230**	**-0.0301**	**67.75**	**66.59**	**308.04**	**442.38**	**13.31**	**67.60**
85 uF	**140**	**219**	**4.97**	**0.66**	**41.5**	**1245**	**-0.0177**	**77.07**	**76.74**	**144.54**	**298.34**	**5.27**	**47.61**
	180	**217**	**4.95**	**0.83**	**41.4**	**1242**	**-0.0201**	**76.45**	**75.34**	**180.11**	**331.90**	**6.68**	**53.20**
	200	**215**	**4.92**	**0.93**	**41.4**	**1242**	**-0.0201**	**75.52**	**73.96**	**199.95**	**349.43**	**7.03**	**56.09**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1267 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	P_{CUS}	P_C+P_M	P	P_{CON}	P_{CUR}	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	240	213	4.90	1.10	41.3	1239	-0.0226	74.91	72.59	234.30	381.80	8.63	60.01
	280	210	4.88	1.27	41.2	1239	-0.0226	74.30	70.56	266.70	411.56	9.30	63.37
	300	209	4.86	1.36	41.1	1236	-0.0251	73.69	69.89	284.24	427.82	10.73	64.81
	340	206	4.85	1.52	41.0	1233	-0.0276	73.39	67.90	313.12	454.41	12.53	67.06
	380	204	4.85	1.68	40.9	1230	-0.0301	73.24	66.59	342.72	482.54	14.52	68.95
87.5 uF	180	219	5.10	0.82	41.4	1227	-0.0326	81.15	76.74	179.58	337.47	11.00	51.53

Speed 1353 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	P_{CUS}	P_C+P_M	P	P_{CON}	P_{CUR}	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
55 uF	Noload	220	3.44	0.00	45.0	1350	-0.0022	36.92	77.44	0.00	114.36	0.25	0.00
	40	218	3.40	0.18	44.9	1347	-0.0045	36.07	76.04	39.24	151.35	0.67	25.81
	80	215	3.38	0.36	44.8	1344	-0.0067	35.64	73.96	77.40	187.00	1.25	41.11
	100	214	3.36	0.45	44.7	1341	-0.0089	35.22	73.27	96.30	204.80	1.83	46.61
	140	211	3.35	0.63	44.6	1338	-0.0112	35.01	71.23	132.93	239.18	2.68	54.96
	180	208	3.34	0.80	44.5	1335	-0.0135	34.81	69.22	166.40	270.43	3.65	60.71
	200	206	3.34	0.90	44.4	1332	-0.0158	34.81	67.90	185.40	288.10	4.54	63.35
57.5 uF	80	219	3.36	0.36	44.8	1344	-0.0067	35.14	76.74	78.84	190.72	1.28	41.06
	100	217	3.55	0.45	44.7	1341	-0.0089	39.32	75.34	97.65	212.31	1.90	45.59
	140	214	3.52	0.63	44.6	1338	-0.0112	38.66	73.27	134.82	246.75	2.77	54.03
	180	212	3.51	0.80	44.5	1335	-0.0135	38.44	71.91	169.60	279.95	3.77	59.78
	200	210	3.50	0.91	44.4	1332	-0.0158	38.22	70.56	191.10	299.88	4.73	62.74
	240	207	3.50	1.08	44.3	1329	-0.0181	38.22	68.56	223.56	330.34	5.97	66.48
	280	204	3.52	1.28	44.2	1326	-0.0204	38.66	66.59	260.10	365.34	7.44	69.77
60 uF	100	220	3.76	0.46	44.6	1338	-0.0112	44.11	77.44	101.20	222.75	2.50	44.93
	140	218	3.75	0.64	44.5	1335	-0.0135	43.88	76.04	139.52	259.43	3.50	53.06
	180	215	3.74	0.81	44.4	1332	-0.0158	43.64	73.96	174.15	291.75	4.60	58.76
	200	214	3.73	0.92	44.4	1332	-0.0158	43.41	73.27	196.88	313.56	4.94	61.81
	240	211	3.73	1.10	44.3	1329	-0.0181	43.29	71.23	232.10	346.63	6.26	65.77
	280	208	3.74	1.26	44.2	1326	-0.0204	43.64	69.22	262.08	374.94	7.63	68.50
	300	206	3.74	1.35	44.2	1326	-0.0204	43.64	67.90	278.10	389.64	7.93	69.95
62.5 uF	140	221	3.93	0.64	44.5	1335	-0.0135	48.19	78.15	141.44	267.77	3.61	52.12
	180	218	3.92	0.82	44.4	1332	-0.0158	47.82	76.04	178.76	302.62	4.77	58.15
	20	217	3.90	0.93	44.3	1329	-0.0181	47.46	75.34	201.81	324.61	5.86	61.07
	240	214	3.90	1.10	44.2	1326	-0.0204	47.46	73.27	235.40	356.13	7.25	64.78
	280	211	3.90	1.27	44.2	1326	-0.0204	47.46	71.23	267.97	386.66	7.87	67.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1353 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	300	**209**	**3.90**	**1.36**	**44.1**	**1323**	**-0.0227**	**47.46**	**69.89**	**284.24**	**401.58**	**9.11**	**69.21**
	340	**206**	**3.90**	**1.52**	**44.0**	**1320**	**-0.0250**	**47.46**	**67.90**	**313.12**	**428.47**	**10.71**	**71.30**
65 uF	**200**	**220**	**4.13**	**0.94**	**44.3**	**1329**	**-0.0181**	**53.09**	**77.44**	**206.80**	**337.33**	**6.09**	**60.22**
	240	**217**	**4.12**	**1.11**	**44.2**	**1326**	**-0.0204**	**52.96**	**75.34**	**240.87**	**369.17**	**7.52**	**63.94**
	280	**215**	**4.12**	**1.28**	**44.1**	**1323**	**-0.0227**	**52.96**	**73.96**	**275.20**	**402.12**	**9.12**	**66.92**
	300	213	4.11	1.38	44.1	1323	-0.0227	52.70	72.59	293.94	419.23	**9.51**	**68.56**
	340	210	4.11	1.54	44.0	1320	-0.0250	52.70	70.56	323.40	446.66	**11.17**	**70.64**
	380	207	4.14	1.70	43.9	1317	-0.0273	53.48	68.56	351.90	473.93	**12.95**	**72.28**
	400	205	4.14	1.80	43.9	1317	-0.0273	53.48	67.24	369.00	489.72	**13.39**	**73.34**
67.5 uF	240	220	4.30	1.12	44.2	1326	-0.0204	57.69	77.44	246.40	381.53	**7.77**	**63.29**
	280	217	4.30	1.29	44.2	1326	-0.0204	57.69	75.34	279.93	412.96	**8.41**	**66.43**
	300	216	4.36	1.38	44.1	1323	-0.0227	59.31	74.65	298.08	432.04	**9.80**	**67.46**
	340	213	4.30	1.55	44.0	1320	-0.0250	57.69	72.59	330.15	460.43	**11.51**	**69.96**
	380	210	4.32	1.71	43.9	1317	-0.0273	58.09	70.56	359.10	487.75	**13.33**	**71.66**
	400	208	4.32	1.80	43.8	1314	-0.0297	58.09	69.22	374.40	501.71	**14.89**	**72.47**
	440	205	4.33	1.96	43.7	1311	-0.0320	58.50	67.24	401.80	527.54	**16.90**	**73.80**
70 uF	280	220	4.52	1.30	44.1	1323	-0.0227	63.74	77.44	286.00	427.18	**9.69**	**65.47**
	300	219	4.51	1.39	44.1	1323	-0.0227	63.46	76.74	304.41	444.61	**10.08**	**66.95**
	340	216	4.51	1.56	44.0	1320	-0.0250	63.46	74.65	336.96	475.07	**11.88**	**69.20**
	380	213	4.53	1.72	43.9	1317	-0.0273	63.88	72.59	366.36	502.83	**13.74**	**70.92**
	400	211	4.51	1.81	43.8	1314	-0.0297	63.46	71.23	381.91	516.60	**15.33**	**71.80**
	440	209	4.54	1.98	43.7	1311	-0.0320	64.31	69.89	413.82	548.02	**17.56**	**73.17**
	480	203	4.55	2.13	43.6	1308	-0.0344	64.59	65.93	432.39	562.92	**19.37**	**74.26**
72.5 uF	300	221	4.68	1.40	44.0	1320	-0.0250	68.34	78.15	309.40	455.88	**11.40**	**66.21**
	340	218	4.68	1.56	43.9	1317	-0.0273	68.19	76.04	340.08	484.31	**13.24**	**68.35**
	380	215	4.68	1.73	43.8	1314	-0.0297	68.19	73.96	371.95	514.10	**15.26**	**70.26**
	400	214	4.68	1.82	43.8	1314	-0.0297	68.19	73.27	389.48	530.94	**15.76**	**71.24**
	440	**211**	**4.70**	**1.99**	**43.7**	**1311**	**-0.0320**	**68.92**	**71.23**	**419.89**	**560.04**	**17.94**	**72.65**
	480	**208**	**4.71**	**2.14**	**43.6**	**1308**	**-0.0344**	**69.21**	**69.22**	**445.12**	**583.56**	**20.08**	**73.74**
	500	**206**	**4.71**	**2.23**	**43.5**	**1305**	**-0.0368**	**69.21**	**67.90**	**459.38**	**596.49**	**21.94**	**74.28**
75 uF	**340**	**221**	**4.89**	**1.58**	**43.9**	**1317**	**-0.0273**	**74.61**	**78.15**	**349.18**	**501.93**	**13.72**	**67.72**
	380	**218**	**4.88**	**1.75**	**43.8**	**1314**	**-0.0297**	**74.30**	**76.04**	**381.50**	**531.84**	**15.79**	**69.66**
	400	**216**	**4.88**	**1.85**	**43.7**	**1311**	**-0.0320**	**74.15**	**74.65**	**399.60**	**548.40**	**17.57**	**70.60**
	440	**213**	**4.88**	**2.00**	**43.6**	**1308**	**-0.0344**	**74.30**	**72.59**	**426.00**	**572.89**	**19.71**	**71.89**
	480	**210**	**4.90**	**2.18**	**43.5**	**1305**	**-0.0368**	**74.91**	**70.56**	**456.75**	**602.22**	**22.15**	**73.15**
	500	**209**	**4.90**	**2.26**	**43.5**	**1305**	**-0.0368**	**74.91**	**69.89**	**472.34**	**617.14**	**22.70**	**73.82**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1353 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	540	**206**	**4.92**	**2.42**	**43.4**	**1302**	**-0.0392**	**75.37**	**67.90**	**498.52**	**641.79**	**25.14**	**74.75**
77.5 uF	**380**	**220**	**5.05**	**1.75**	**43.8**	**1314**	**-0.0297**	**79.57**	**77.44**	**385.00**	**542.01**	**16.09**	**68.98**

Speed 1493 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
35 uF	Noload	220	2.48	0.00	49.6	1488	-0.0034	19.19	77.44	0.00	96.63	0.32	0.00
	40	217	2.45	0.18	49.5	1485	-0.0054	18.73	75.34	39.06	133.13	0.72	29.18
	80	214	2.45	0.35	49.5	1485	-0.0054	18.73	73.27	74.90	166.90	0.90	44.64
	100	211	2.43	0.45	49.4	1482	-0.0074	18.42	71.23	94.95	184.61	1.37	51.05
	140	207	2.42	0.62	49.3	1479	-0.0095	18.27	68.56	128.34	215.17	2.04	59.09
	180	203	2.42	0.78	49.2	1476	-0.0115	18.27	65.93	158.34	242.55	2.79	64.54
37.5 uF	80	221	2.70	0.36	49.4	1482	-0.0074	22.74	78.15	79.56	180.45	1.34	43.76
	100	219	2.69	0.46	49.4	1482	-0.0074	22.58	76.74	100.74	200.05	1.48	49.99
	140	216	2.67	0.63	49.3	1479	-0.0095	22.24	74.65	136.08	232.97	2.21	57.86
	180	212	2.67	0.80	49.2	1476	-0.0115	22.24	71.91	169.60	263.75	3.04	63.57
	200	210	2.67	0.91	49.2	1476	-0.0115	22.24	70.56	191.10	283.90	3.27	66.55
	240	205	2.69	1.07	49.0	1470	-0.0156	22.58	67.24	219.35	309.17	4.84	69.86
	280	201	2.70	1.25	48.9	1467	-0.0177	22.74	64.64	251.25	338.64	6.00	72.90
40 uF	180	220	2.95	0.82	49.2	1476	-0.0115	27.15	77.44	180.40	284.99	3.28	62.58
	200	218	2.95	0.94	49.2	1476	-0.0115	27.15	76.04	204.92	308.11	3.55	65.75
	240	214	2.96	1.10	49.0	1470	-0.0156	27.34	73.27	235.40	336.01	5.26	68.98
	280	210	2.99	1.26	48.9	1467	-0.0177	27.89	70.56	264.60	363.05	6.43	71.61
	300	208	3.00	1.36	48.9	1467	-0.0177	28.08	69.22	282.88	380.18	6.74	73.11
	340	204	3.02	1.50	48.8	1464	-0.0198	28.46	66.59	306.00	401.04	7.94	74.82
42.5 uF	240	221	3.21	1.12	49.0	1470	-0.0156	32.15	78.15	247.52	357.81	5.60	68.11
	280	218	3.24	1.29	48.9	1467	-0.0177	32.75	76.04	281.22	390.01	6.91	70.85
	300	216	3.25	1.38	48.8	1464	-0.0198	32.96	74.65	298.08	405.68	8.04	72.05
	340	212	3.27	1.54	48.8	1464	-0.0198	33.36	71.91	326.48	431.75	8.55	74.15
	380	207	3.30	1.70	48.6	1458	-0.0240	33.98	68.56	351.90	454.44	10.91	75.62
	400	205	3.31	1.78	48.6	1458	-0.0240	34.18	67.24	364.90	466.32	11.19	76.42
45 uF	300	220	3.35	1.40	48.9	1467	-0.0177	35.01	77.44	308.00	420.45	7.45	71.98
	340	216	3.36	1.55	48.8	1464	-0.0198	35.22	74.65	334.80	444.67	8.81	73.83
	380	212	3.40	1.70	48.7	1461	-0.0219	36.07	71.91	360.40	468.38	10.26	75.30
	400	209	3.41	1.80	48.6	1458	-0.0240	36.28	69.89	376.20	482.37	11.58	76.16
	440	205	3.11	1.95	48.5	1455	-0.0261	30.18	67.24	399.75	497.17	12.98	78.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1493 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	480	202	3.47	2.10	48.3	1449	-0.0304	37.57	65.29	424.20	527.05	16.00	78.11
47.5 uF	380	221	3.77	1.75	48.6	1458	-0.0240	44.23	78.15	386.75	509.12	12.22	74.18
	400	219	3.77	1.85	48.5	1455	-0.0261	44.34	76.74	405.15	526.23	13.74	75.03
	440	215	3.80	2.00	48.4	1452	-0.0282	45.05	73.96	430.00	549.01	15.50	76.17
	480	211	3.85	2.18	48.3	1449	-0.0304	46.25	71.23	458.93	576.40	17.50	77.27
	500	209	3.85	2.25	48.2	1446	-0.0325	46.25	69.89	470.25	586.39	19.06	77.67
	540	204	3.89	2.40	48.1	1443	-0.0347	47.21	66.59	489.60	603.40	20.91	78.42
50 uF	400	221	3.88	1.85	48.5	1455	-0.0261	46.97	78.15	408.85	533.97	13.95	74.62
	440	218	3.90	2.03	48.4	1452	-0.0282	47.46	76.04	441.45	564.94	15.95	75.99
	480	214	3.95	2.20	48.3	1449	-0.0304	48.68	73.27	470.80	592.75	18.00	77.09
	500	211	3.94	2.35	48.2	1446	-0.0325	48.43	71.23	495.85	615.52	20.01	78.02
	540	207	3.98	2.43	48.1	1443	-0.0347	49.42	68.56	501.98	619.96	21.48	78.26
	580	202	4.01	2.55	48.0	1440	-0.0368	50.17	65.29	515.10	630.56	23.21	78.79
52.5 uF	480	219	4.15	2.20	48.3	1449	-0.0304	53.73	76.74	481.80	612.27	18.59	76.37
	50	217	4.16	2.30	48.2	1446	-0.0325	53.99	75.34	499.10	628.44	20.43	76.92
	540	213	4.20	2.45	48.1	1443	-0.0347	55.04	72.59	521.85	649.48	22.50	77.66
	580	208	4.24	2.60	48.0	1440	-0.0368	55.96	69.22	540.80	665.98	24.51	78.32
	600	205	4.24	2.70	47.9	1437	-0.0390	56.09	67.24	553.50	676.83	26.38	78.71
	640	200	4.26	2.82	47.8	1434	-0.0411	56.62	64.00	564.00	684.62	28.17	79.13
55 uF	500	222	4.40	2.34	48.1	1443	-0.0347	60.40	78.85	519.48	658.74	22.83	76.22
	540	218	4.43	2.50	48.0	1440	-0.0368	61.23	76.04	545.00	682.27	25.11	77.04
	580	214	4.45	2.65	47.9	1437	-0.0390	61.78	73.27	567.10	702.16	27.36	77.74
	600	211	4.46	2.73	47.8	1434	-0.0411	62.06	71.23	574.98	708.27	29.14	77.97
	640	207	4.50	2.87	47.7	1431	-0.0433	63.18	68.56	594.09	725.83	31.45	78.45
	680	202	4.53	3.00	47.6	1428	-0.0455	64.03	65.29	606.00	735.31	33.47	78.83
57.5 uF	540	222	4.61	2.50	48.0	1440	-0.0368	66.31	78.85	555.00	700.16	25.77	76.45
	580	218	4.65	2.68	47.9	1437	-0.0390	67.46	76.04	583.15	726.65	28.32	77.24
	600	216	4.65	2.75	47.8	1434	-0.0411	67.46	74.65	594.00	736.11	30.29	77.51
	640	212	4.70	2.90	47.7	1431	-0.0433	68.92	71.91	614.80	755.63	32.74	77.98
	680	207	4.72	3.05	47.6	1428	-0.0455	69.51	68.56	631.35	769.42	35.02	78.48
	700	204	4.73	3.10	47.5	1425	-0.0477	69.80	66.59	632.40	768.79	36.69	78.51
60 uF	600	220	4.89	2.80	47.7	1431	-0.0433	74.61	77.44	616.00	768.05	33.28	76.87
	640	216	4.91	2.95	47.6	1428	-0.0455	75.22	74.65	637.20	787.07	35.83	77.43
	680	212	4.95	3.08	47.5	1425	-0.0477	76.45	71.91	651.90	800.26	38.19	77.75
	700	210	4.95	3.15	47.4	1422	-0.0499	76.45	70.56	661.50	808.51	40.37	77.93
	740	205	4.98	3.30	47.3	1419	-0.0521	77.38	67.24	676.50	821.12	42.82	78.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1493 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	780	200	5.00	3.42	47.2	1416	-0.0544	78.00	64.00	684.00	826.00	44.92	78.54
62.5 uF	640	220	5.10	2.95	47.6	1428	-0.0455	81.15	77.44	649.00	807.59	36.76	76.86

Speed 1645 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
25 uF	Noload	220	1.95	0.00	54.7	1641	-0.0024	11.86	77.44	0.00	89.30	0.22	0.00
	40	216	1.93	0.18	54.6	1638	-0.0043	11.62	74.65	38.88	125.15	0.53	30.93
	80	209	1.90	0.35	54.5	1635	-0.0061	11.26	69.89	73.15	154.30	0.94	47.12
	100	205	1.88	0.44	54.5	1635	-0.0061	11.03	67.24	90.61	168.88	1.03	53.33
	140	196	1.85	0.60	54.4	1632	-0.0080	10.68	61.47	117.60	189.74	1.51	61.49
27.5 uF	140	219	2.23	0.64	54.4	1632	-0.0080	15.52	76.74	140.16	232.41	1.85	59.83
	180	213	2.24	0.81	54.2	1626	-0.0117	15.65	72.59	171.47	259.71	3.03	65.26
	20	208	2.23	0.91	54.2	1626	-0.0117	15.45	69.22	189.28	273.95	3.20	68.30
	240	201	2.24	1.06	54.1	1623	-0.0136	15.65	64.64	213.06	293.36	3.98	71.66
30 uF	240	222	2.65	1.12	54.1	1623	-0.0136	21.91	78.85	248.64	349.40	4.74	70.21
	280	216	2.67	1.29	53.9	1617	-0.0173	22.24	74.65	277.56	374.45	6.48	72.86
	300	212	2.67	1.37	53.9	1617	-0.0173	22.24	71.91	290.44	384.59	6.66	74.23
	340	205	2.69	1.52	53.7	1611	-0.0211	22.58	67.24	311.60	401.42	8.47	76.02
	380	195	2.69	1.64	53.6	1608	-0.0230	22.58	60.84	319.80	403.22	9.28	77.53
32.5 uF	340	221	2.98	1.58	53.7	1611	-0.0211	27.71	78.15	349.18	455.03	9.60	75.15
	380	215	3.00	1.73	53.6	1608	-0.0230	28.08	73.96	371.95	473.99	10.91	76.71
	400	210	3.00	1.81	53.5	1605	-0.0249	28.08	70.56	380.10	478.74	11.93	77.47
	440	202	3.02	1.94	53.4	1602	-0.0268	28.46	65.29	391.88	485.62	13.03	78.59
	480	190	3.00	2.04	53.3	1599	-0.0288	28.08	57.76	387.60	473.44	13.62	79.58
35 uF	440	220	3.41	2.03	53.4	1602	-0.0268	36.28	77.44	446.60	560.32	15.04	77.62
	480	213	3.45	2.17	53.3	1599	-0.0288	37.14	72.59	462.21	571.94	16.45	78.56
	500	209	3.45	2.25	53.2	1596	-0.0307	37.14	69.89	470.25	577.28	17.72	79.03
	540	199	3.44	2.36	53.1	1593	-0.0326	36.92	63.36	469.64	569.92	18.60	79.80
	580	184	3.36	2.43	52.9	1587	-0.0365	35.22	54.17	447.12	536.51	19.61	80.40
37.5 uF	500	222	3.72	2.35	53.2	1596	-0.0307	43.06	78.85	521.70	643.61	19.76	78.64
	540	215	3.75	2.48	53.1	1593	-0.0326	43.88	73.96	532.13	649.96	21.22	79.28
	580	207	3.76	2.60	53.0	1590	-0.0346	44.11	68.56	538.20	650.87	22.51	79.92
	600	202	3.75	2.65	52.9	1587	-0.0365	43.88	65.29	535.30	644.46	23.55	80.13
	640	188	3.68	2.73	52.7	1581	-0.0405	42.25	56.55	512.30	611.10	24.74	80.57
40 uF	580	221	4.11	2.70	52.9	1587	-0.0365	52.70	78.15	596.70	727.55	26.59	79.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1645 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
	600	**217**	**4.12**	**2.73**	**52.9**	**1587**	**-0.0365**	**52.96**	**75.34**	**591.33**	**719.63**	**26.30**	**79.27**
	640	**210**	**4.14**	**2.90**	**52.8**	**1584**	**-0.0385**	**53.48**	**70.56**	**609.00**	**733.04**	**28.23**	**80.00**
	680	**205**	**4.20**	**3.03**	**52.7**	**1581**	**-0.0405**	**55.04**	**67.24**	**620.13**	**742.40**	**30.05**	**80.28**
	700	**192**	**4.06**	**3.10**	**52.5**	**1575**	**-0.0444**	**51.43**	**58.98**	**595.20**	**705.61**	**31.36**	**80.76**
42.5 uF	**640**	**221**	**4.43**	**2.96**	**52.7**	**1581**	**-0.0405**	**61.09**	**78.15**	**654.16**	**793.40**	**32.12**	**79.24**
	680	214	4.45	3.10	52.6	1578	-0.0425	61.78	73.27	663.40	798.46	**33.90**	**79.70**
	700	210	4.44	3.17	52.5	1575	-0.0444	61.51	70.56	665.70	797.77	**35.46**	**79.89**
	740	201	4.42	3.26	52.4	1572	-0.0464	60.95	64.64	655.26	780.86	**36.26**	**80.19**
	780	184	4.29	3.28	52.2	1566	-0.0504	57.42	54.17	603.52	715.11	**36.08**	**80.34**
45 uF	700	222	4.57	3.15	52.7	1581	-0.0405	65.16	78.85	699.30	843.32	**34.14**	**79.70**
	740	215	4.59	3.29	52.6	1578	-0.0425	65.73	73.96	707.35	847.04	**35.96**	**80.11**
	780	207	4.59	3.40	52.5	1575	-0.0444	65.73	68.56	703.80	838.09	**37.25**	**80.40**
	800	201	4.55	3.45	52.4	1572	-0.0464	64.59	64.64	693.45	822.68	**38.20**	**80.55**
	840	184	4.40	3.45	52.2	1566	-0.0504	60.40	54.17	634.80	749.37	**37.80**	**80.64**
47.5 uF	800	219	5.08	3.65	52.4	1572	-0.0464	80.52	76.74	799.35	956.60	**44.42**	**79.85**

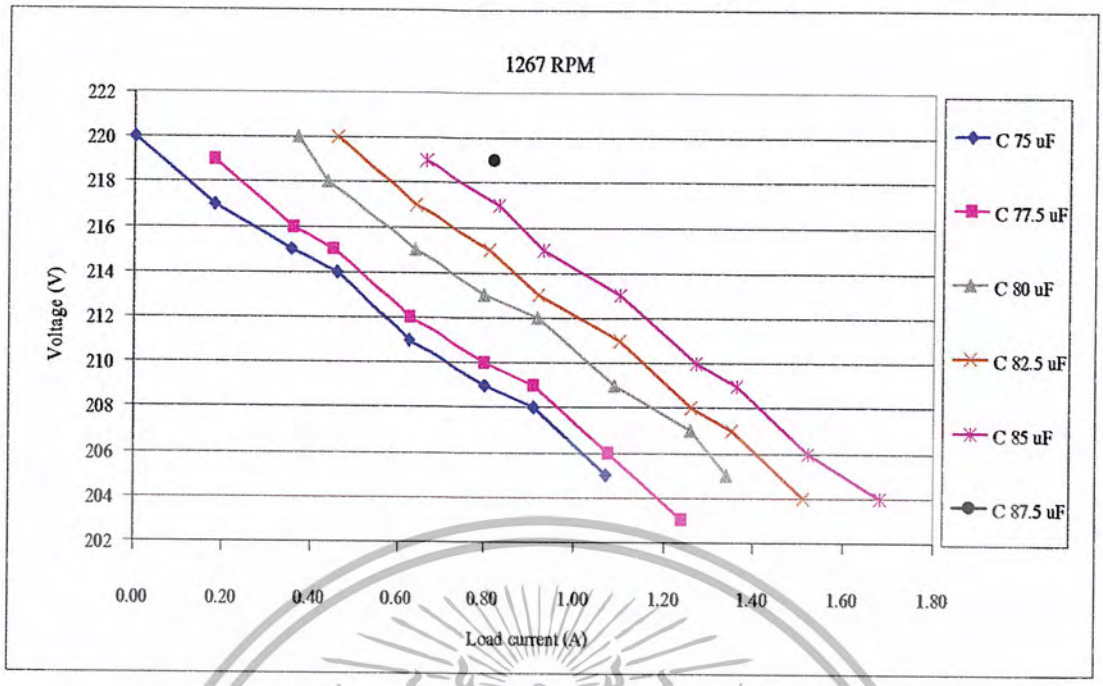
Speed 1778 RPM													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
20 uF	Noload	**220**	**1.70**	**0.00**	**59.2**	**1776**	**-0.0011**	**9.02**	**77.44**	**0.00**	**86.46**	**0.10**	**0.00**
	40	**213**	**1.65**	**0.18**	**59.1**	**1773**	**-0.0028**	**8.49**	**72.59**	**38.34**	**119.42**	**0.34**	**32.01**
	80	**203**	**1.61**	**0.36**	**58.9**	**1767**	**-0.0062**	**8.09**	**65.93**	**72.07**	**146.09**	**0.91**	**49.03**
	100	**195**	**1.57**	**0.46**	**58.9**	**1767**	**-0.0062**	**7.69**	**60.84**	**88.73**	**157.26**	**0.98**	**56.07**
	140	**179**	**1.51**	**0.60**	**58.7**	**1761**	**-0.0097**	**7.11**	**51.27**	**107.40**	**165.78**	**1.60**	**64.17**
22.5 uF	140	**224**	**2.00**	**0.68**	**58.8**	**1764**	**-0.0079**	**12.48**	**80.28**	**151.20**	**243.96**	**1.94**	**61.49**
	180	**215**	**2.00**	**0.85**	**58.7**	**1761**	**-0.0097**	**12.48**	**73.96**	**181.68**	**268.12**	**2.59**	**67.11**
	200	**208**	**2.00**	**0.93**	**58.6**	**1758**	**-0.0114**	**12.48**	**69.22**	**193.44**	**275.14**	**3.13**	**69.51**
	240	**195**	**1.99**	**1.07**	**58.5**	**1755**	**-0.0131**	**12.36**	**60.84**	**208.65**	**281.85**	**3.69**	**73.07**
22.5 uF	**280**	**166**	**1.84**	**1.14**	**58.3**	**1749**	**-0.0166**	**10.56**	**44.09**	**189.24**	**243.89**	**4.04**	**76.33**
	300	**220**	**2.55**	**1.42**	**58.3**	**1749**	**-0.0166**	**20.29**	**77.44**	**311.30**	**409.03**	**6.78**	**74.87**
	340	**209**	**2.55**	**1.56**	**58.2**	**1746**	**-0.0183**	**20.29**	**69.89**	**326.04**	**416.22**	**7.63**	**76.92**
	380	**193**	**2.50**	**1.66**	**58.0**	**1740**	**-0.0218**	**19.50**	**59.60**	**320.38**	**399.48**	**8.72**	**78.49**
	400	**164**	**2.25**	**1.60**	**57.8**	**1734**	**-0.0254**	**15.80**	**43.03**	**262.40**	**321.23**	**8.15**	**79.66**
27.5 uF	**400**	**223**	**3.00**	**1.90**	**58.0**	**1740**	**-0.0218**	**28.08**	**79.57**	**423.70**	**531.35**	**11.60**	**78.04**
	440	**212**	**3.00**	**2.02**	**57.8**	**1734**	**-0.0254**	**28.08**	**71.91**	**428.24**	**528.23**	**13.40**	**79.06**
	480	**195**	**2.94**	**2.10**	**57.6**	**1728**	**-0.0289**	**26.97**	**60.84**	**409.50**	**497.31**	**14.39**	**80.03**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

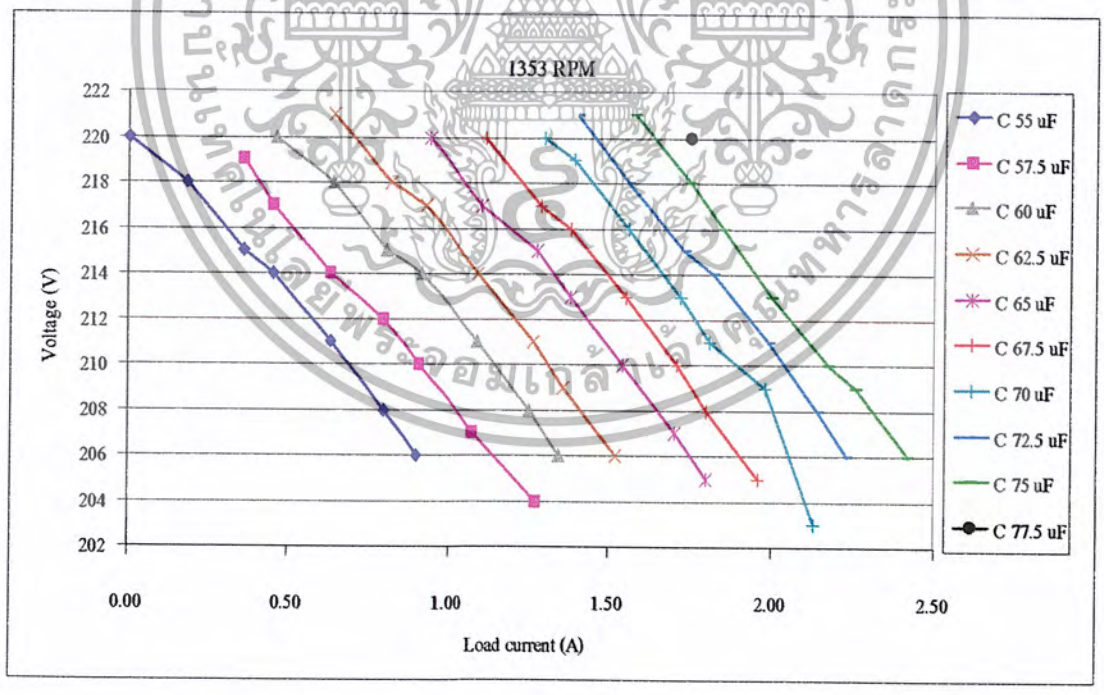
ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

Speed 1778 RPM (ต่อ)													
C	Load Rated	V_T	I_T	I_L	f	N_S	S	$P_{CU,S}$	P_C+P_M	P	P_{CON}	$P_{CU,R}$	Eff
	(watt)	(volt)	(amp)	(amp)	(Hz)	(rpm)	(p.u.)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(watt)	(%)
30 uF	**500**	**225**	**3.54**	**2.36**	**57.6**	**1728**	**-0.0289**	**39.10**	**81.00**	**531.00**	**651.10**	**18.84**	**79.26**
	540	**214**	**3.51**	**2.48**	**57.4**	**1722**	**-0.0325**	**38.44**	**73.27**	**530.72**	**642.43**	**20.89**	**80.01**
	580	**196**	**3.41**	**2.54**	**57.3**	**1719**	**-0.0343**	**36.28**	**61.47**	**497.84**	**595.59**	**20.44**	**80.81**
32.5 uF	**600**	**220**	**3.89**	**2.80**	**57.3**	**1719**	**-0.0343**	**47.21**	**77.44**	**616.00**	**740.65**	**25.42**	**80.41**
	640	**205**	**3.82**	**2.90**	**57.1**	**1713**	**-0.0379**	**45.53**	**67.24**	**594.50**	**707.27**	**26.84**	**80.98**
35 uF	680	222	4.35	3.20	57.0	1710	-0.0398	59.04	78.85	710.40	848.29	**33.73**	**80.54**
	700	215	4.31	3.25	56.9	1707	-0.0416	57.96	73.96	698.75	830.67	**34.55**	**80.76**
	740	191	4.08	3.20	56.7	1701	-0.0453	51.94	58.37	611.20	721.51	**32.66**	**81.04**
37.5 uF	740	224	4.68	3.50	56.8	1704	-0.0434	68.34	80.28	784.00	932.62	**40.50**	**80.57**
	780	210	4.60	3.55	56.6	1698	-0.0471	66.02	70.56	745.50	882.08	**41.56**	**80.71**
	800	197	4.45	3.50	56.4	1692	-0.0508	61.78	62.09	689.50	813.38	**41.34**	**80.67**
40 uF	820	221	5.06	3.85	56.4	1692	-0.0508	79.88	78.15	850.85	1008.88	**51.28**	**80.26**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

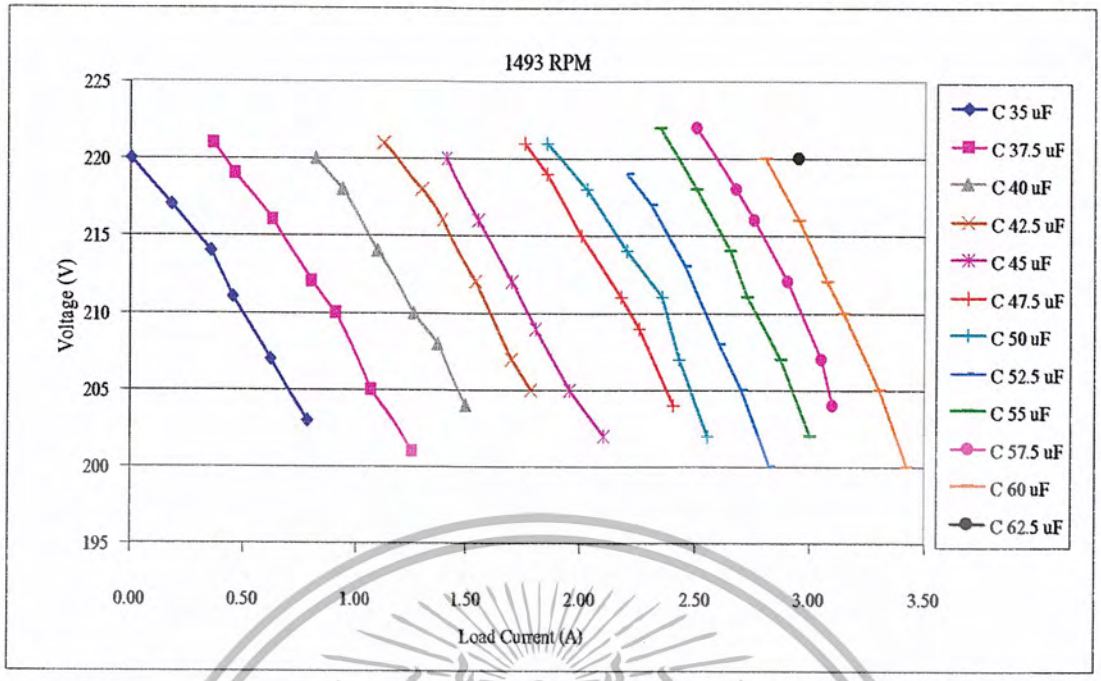


รูปที่ 6.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1267 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

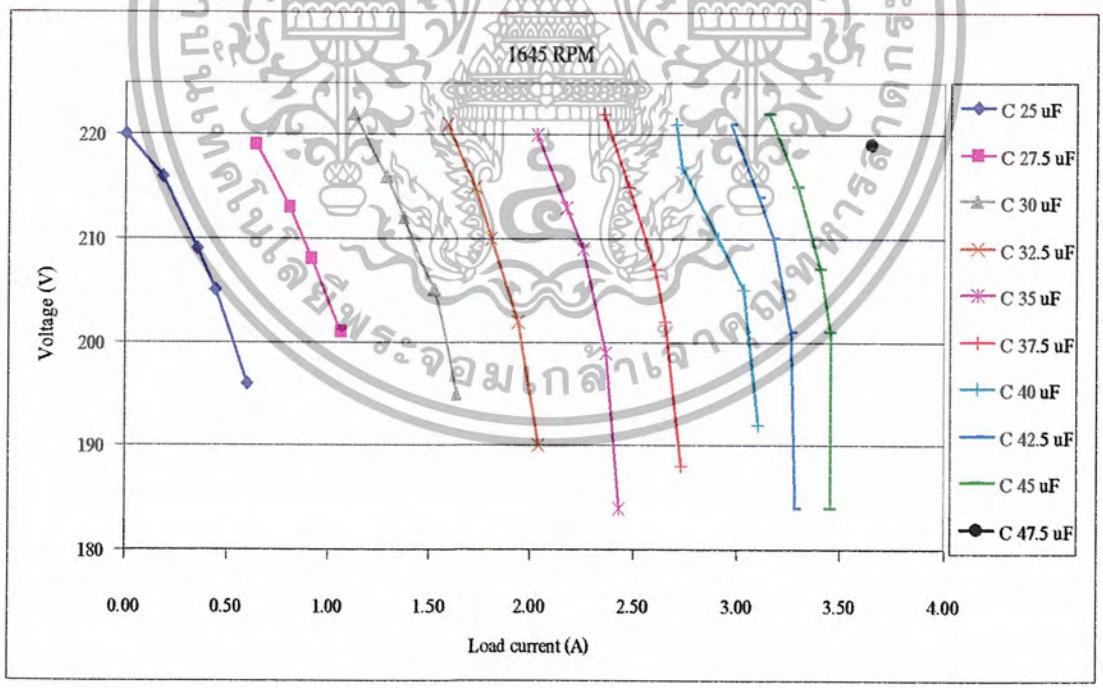


รูปที่ 6.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1353 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

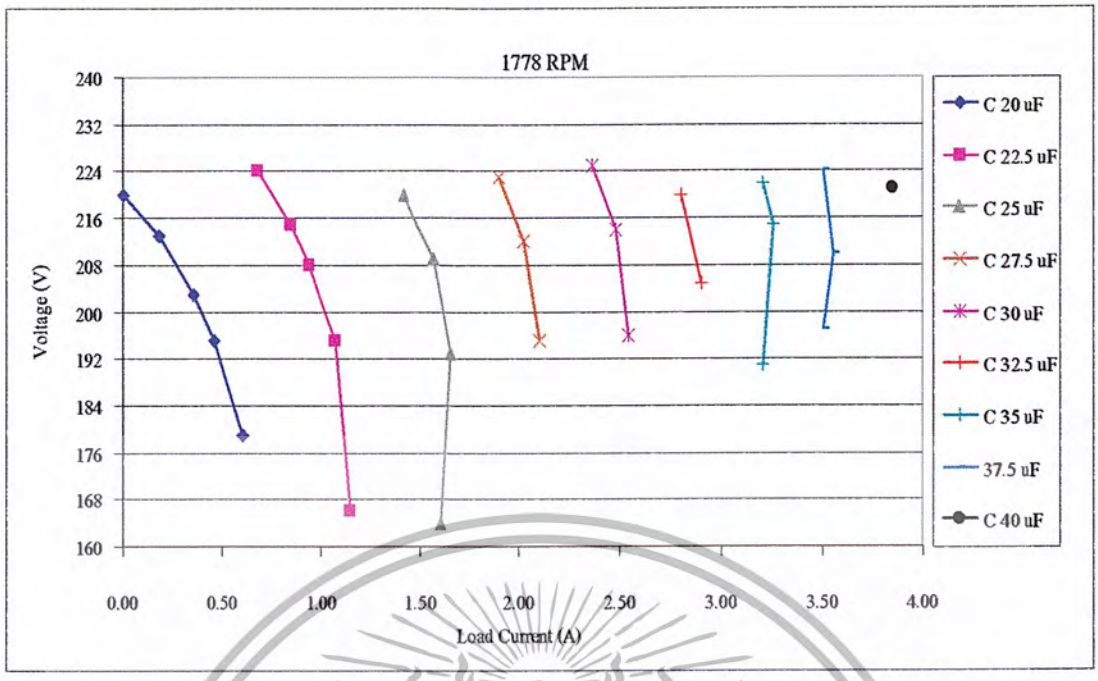


รูปที่ 6.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1493 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

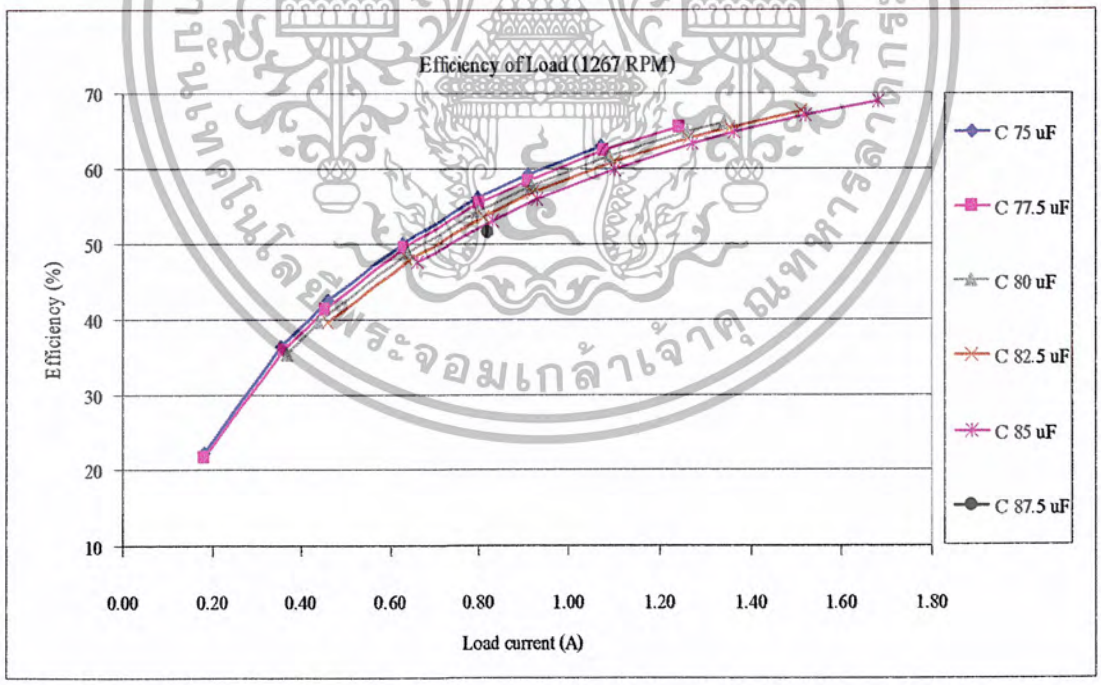


รูปที่ 6.14 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1645 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

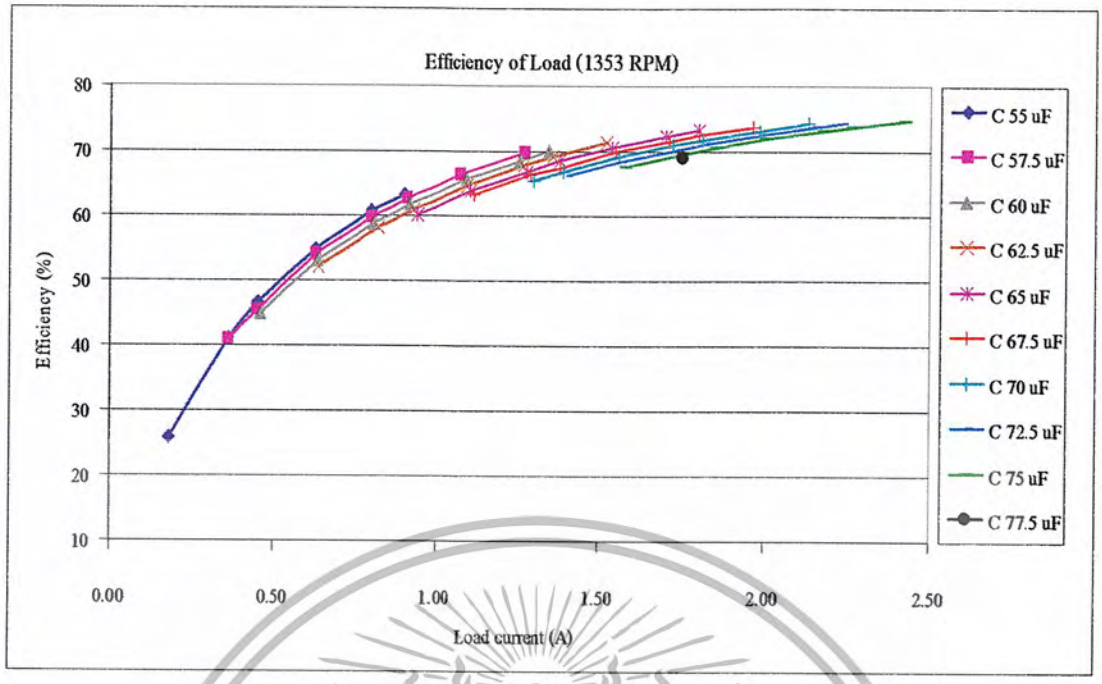


รูปที่ 6.15 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1778 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

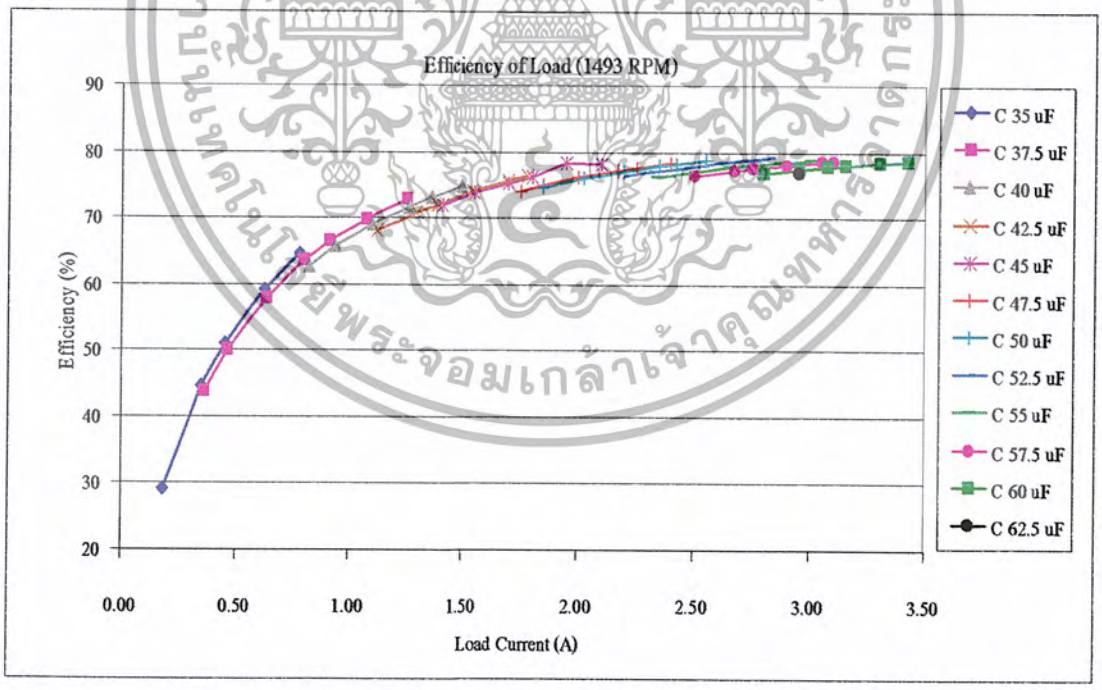


รูปที่ 6.16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1267 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

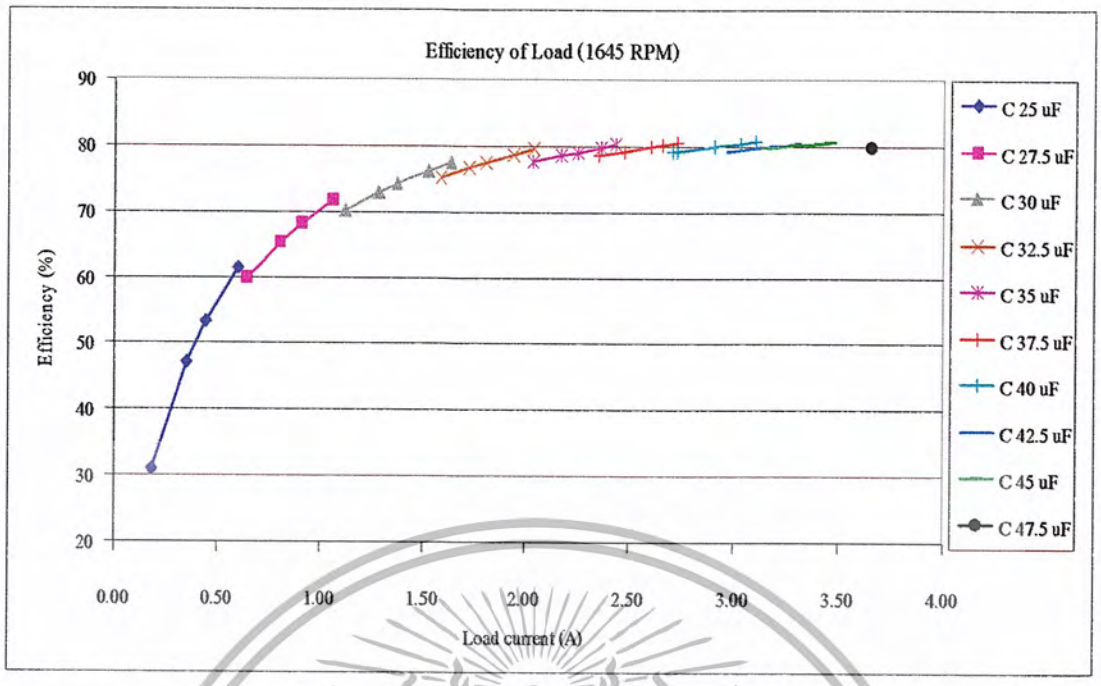


รูปที่ 6.17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1353 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

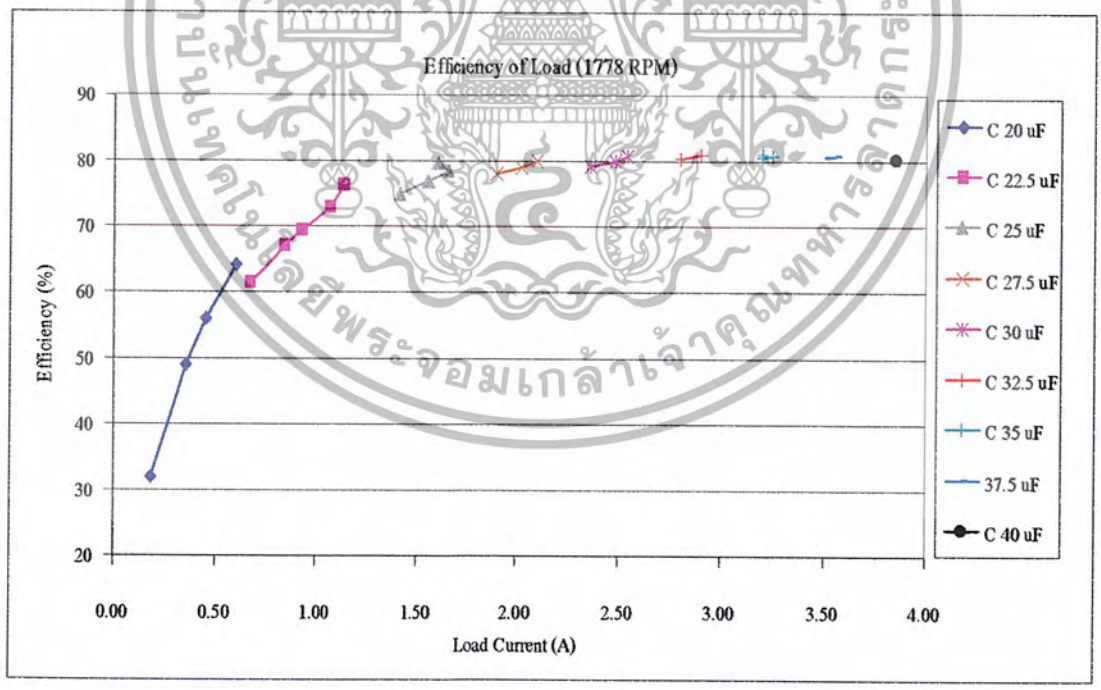


รูปที่ 6.18 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1493 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1645 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า



รูปที่ 6.20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพกับกระแสของภาระเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุที่ความเร็ว 1778 รอบต่อนาที พิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุตามภาระทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจะสามารถรักษาระดับแรงดัน (Voltage regulation) ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งในโครงงานนี้ได้กำหนดไว้ที่ 220 โวลต์ โดยมีค่าระดับแรงดันเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 190 ถึง 230 โวลต์ ทั้งนี้เมื่อใช้ค่าตัวเก็บประจุที่มีความละเอียด 2.5 ไมโครฟารัด

2. เมื่อความเร็วรอบต่ำลงช่วงของค่าตัวเก็บประจุที่ใช้งานจะสามารถใช้ได้ที่ช่วงน้อยลง เพราะการที่ความเร็วรอบต่ำลงจำเป็นต้องใช้ค่าตัวเก็บประจุสูงขึ้นเพื่อให้ได้ค่าแรงดันตามที่ต้องการ ซึ่งจะมีผลทำให้กระแสสูงขึ้นจนเกินพิกัดของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้

3. จากผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้เครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มีพิกัดกำลังสูงขึ้นมาใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง ประสิทธิภาพของระบบจะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

4. จากการทดลองเมื่อความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองสูงขึ้น จะมีแนวโน้มของประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่ไม่ได้หมายความว่าการที่ให้ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดสูงๆแล้วจะดีเสมอไป เพราะการควบคุมแรงดันจะทำได้ยากมากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มความละเอียดของค่าตัวเก็บประจุ ตลอดจนการหลุดออกจากการสร้างแรงดัน (build-up) จะง่ายขึ้นด้วย โดยพิจารณาจาก รูปที่ 6.10 และ 6.20 ของเครื่องกำเนิดพิกัด 1 แรงม้า และ 3 แรงม้า ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นถึงการไม่คาบเกี่ยวของการจ่ายภาระในแต่ละค่าของตัวเก็บประจุ

5. สภาวะที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง

ที่พิกัด 1 แรงม้าอยู่ที่ความเร็วรอบ 1517 รอบต่อนาที ตัวเก็บประจุขนาด 22.5 ไมโครฟารัด ที่ แรงดัน 219 โวลต์ โดยมีประสิทธิภาพ 70.49 เปอร์เซ็นต์ ณ ภาระทางไฟฟ้า 211.34 วัตต์

ที่พิกัด 3 แรงม้าอยู่ที่ความเร็วรอบ 1645 รอบต่อนาที ตัวเก็บประจุขนาด 45 ไมโครฟารัด ที่ แรงดัน 222 โวลต์ โดยมีประสิทธิภาพ 79.70 เปอร์เซ็นต์ ณ ภาระทางไฟฟ้า 699.30 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุป และวิจารณ์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self-excited induction generator) มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ตัวเก็บประจุ (capacitor) ที่ต่อเข้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิด โดยการทำงานจะอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง (Residual flux) ที่อยู่ในเครื่องจักร กล่าวคือ เมื่อให้กำลังทางกลที่เพลาของเครื่องกำเนิดจะมีแรงดันคร่อมค่าหนึ่งที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้างซึ่งจะไปตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุด้วยทำให้มีกระแสจากตัวเก็บประจุไปชดเชยในส่วนของกระแสกระตุ้น (Exciting part) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magnetic field) ทำให้แรงดันที่ขั้วเพิ่มมากขึ้นซึ่งแรงดันนี้จะไปตกคร่อมที่ตัวเก็บประจุด้วย สภาวะนี้จะเกิดขึ้นจนถึงจุดสมดุล (Build-up point) และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการสร้างแรงดัน (Build-up) ของเครื่องกำเนิด

จุดสมดุลจะขึ้นกับค่าของตัวเก็บประจุที่ใช้งาน และความเร็วของเครื่องกำเนิด กล่าวคือ ถ้าใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามากขึ้น จุดสมดุลของการสร้างแรงดันจะอยู่ที่ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดลดต่ำลง สิ่งหนึ่งที่น่าสนใจประการหนึ่งก็คือความแตกต่างของการต่อแบบสตาร์ (Star connection) และ เดลตา (Delta connection) โดยที่การต่อแบบเดลตาจะสามารถลดขนาดของตัวเก็บประจุที่ใช้งานลงมา 3 เท่าเมื่อเทียบกับการต่อแบบสตาร์ ณ จุดทำงานเดียวกัน (แรงดันค่าเดียวกัน) แต่ความละเอียดของค่าตัวเก็บประจุจะลดต่ำลง 3 เท่าด้วยเช่นกัน ซึ่งถ้าเราใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าแตกต่างกัน 2.5 ไมโครฟารัด เมื่อต่อแบบสตาร์ แต่ถ้านำมาต่อแบบเดลตาแล้วค่าที่แตกต่างกันจะอยู่ที่ 7.5 ไมโครฟารัดเลยทีเดียว ทั้งนี้เป็นไปตามกฎการสมมูลของการต่อแบบสตาร์ และเดลตา ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.5

การต่อภาระเข้าไปในระบบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองจะส่งผลให้แรงดันที่ขั้วตกลงทั้งนี้เพราะมีกระแสส่วนหนึ่งไหลไปยังภาระทำให้กระแสในส่วนกระตุ้นลดต่ำลงแรงดันจะตกลง และผลของแรงดันตกนี้จะมีมากขึ้นถ้าภาระนั้นเป็นชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Load) เพราะกระแสของตัวเก็บประจุจะต้องไปชดเชยความเหนี่ยวนำของภาระด้วยกระแสในส่วนกระตุ้นจึงลดลงไปอย่างมาก ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองจึงไม่เหมาะสมกับภาระไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ

เนื่องจากผลของแรงดันตกเมื่อต่อภาระเข้าไปในระบบของเครื่องกำเนิด การเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุตามขนาดของภาระจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ ทั้งนี้ต้องขึ้นกับความละเอียดของตัวเก็บประจุที่ใช้งานด้วย ซึ่งถ้าค่าของตัวเก็บประจุมีความละเอียดมากขึ้นเท่าใด ความแตกต่างของแรงดันในสภาวะของการเปลี่ยนแปลงภาระของระบบก็จะลดต่ำลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของเครื่องกำเนิดจะไปมีผลของการใช้ตัวเก็บประจุ เพราะถ้าความเร็วของเครื่องกำเนิดมีค่าต่ำทำให้ต้องใช้ตัวเก็บประจุที่ค่าสูงขึ้นเพื่อให้แรงดันเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่กำหนดแต่กระแสที่ขั้วของเครื่องกำเนิดจะเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นช่วงของการใช้ตัวเก็บปรุจจะแคบลงเพราะกระแสที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นอาจจะเกินพิกัดของเครื่องกำเนิดได้

ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดสามารถพิจารณาได้จากการทดสอบโดยการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุตามภาระ พบว่าเมื่อความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดคงที่แนวโน้มของประสิทธิภาพจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุ โดยจะเพิ่มสูงขึ้นตามกระแสของภาระ และถ้าให้ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดมีค่าสูงขึ้น แนวโน้มของประสิทธิภาพก็จะสูงขึ้น เช่นกัน แต่ไม่ได้หมายความว่าการที่มีความเร็วรอบสูงนั้นจะส่งผลดี เพราะถึงแม้ว่ากระแสที่ออกมาจากขั้วของเครื่องกำเนิดจะลดต่ำลงเนื่องจากใช้ค่าของตัวเก็บประจุที่ค่าต่ำลง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่การควบคุมตัวเก็บประจุจะทำได้ยากมากขึ้น เพราะแรงดันจะตกลงอย่างรวดเร็วและรุนแรง ดังนั้นจึงต้องเพิ่มความละเอียดของค่าตัวเก็บประจุที่ใช้งาน นอกจากนี้ที่ความเร็วรอบสูงๆการหลุดออกจากการสร้างแรงดันจะเกิดขึ้นได้ง่ายด้วย ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองจะมีความเร็วรอบที่เหมาะสมค่าหนึ่งที่ใช้งานทั้งนี้ขึ้นกับพิกัดของเครื่องกำเนิด ความละเอียดของตัวเก็บประจุที่ใช้งาน และระบบของภาระว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยแค่ไหน

ในส่วนความถี่ของระบบเป็นสิ่งหนึ่งที่น่าจะต้องพิจารณาด้วยซึ่งพบว่า เมื่อต่อภาระเข้าไปในระบบมากขึ้นจะส่งผลให้ความถี่ทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดจะลดต่ำลง ทั้งๆที่ความเร็วของเครื่องกำเนิดมีค่าคงที่ก็ตาม ซึ่งจะสังเกตได้จากค่าของสลิปที่จะติดลบมากขึ้นเพราะเครื่องกำเนิดจำเป็นต้องจ่ายกระแสได้มากขึ้น ดังนั้นภาระที่ต้องการความถี่ที่คงที่จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในระบบของเครื่องกำเนิดประเภทนี้

จากสิ่งที่ได้กล่าวมาทั้งหมด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นด้วยตัวเองจึงไม่เหมาะสมกับการที่จะนำไปจ่ายภาระโดยตรง ทั้งนี้เป็นเพราะผลของแรงดันและความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปตามภาระ นอกจากนี้ถ้าความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดเปลี่ยนแปลงไปความถี่ของระบบจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ดังนั้น เครื่องกำเนิดแบบนี้จึงเหมาะสมกับระบบที่เป็นการสะสมพลังงานก่อนที่จะนำไปใช้ ซึ่งก็คือ แบตเตอรี่นั่นเอง โดยระบบจะต้องมีส่วนของการควบคุมค่าของตัวเก็บประจุให้เปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดเพื่อรักษาระดับแรงดันให้คงที่ซึ่งอาจจะใช้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontloller) หรือ พีแอลซี (Programmable Logic Control ;PLC) มีส่วนของระบบเรคติไฟเออร์ (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานกระแสสลับที่ได้จากเครื่องกำเนิดมาเป็นกระแสตรง และจะต้องมีส่วนของออโตเมติกโวลเตจเรคกูเลเตอร์ (Automatic voltage regulator ;AVR) เพื่อรักษาระดับแรงดันให้เหมาะสมกับแบตเตอรี่ หลังจากนั้นจึงมีส่วนของระบบอินเวอร์ตเตอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงพลังงานจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ป้ายชื่อของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ตารางที่ ก.1 แสดงป้ายชื่อของเครื่องจักรเหนี่ยวนำ 1 แรงม้า

THREE PHASE INDUCTION MOTOR 1 HP

1 HP	4 POLE	TYPE	SF-JR
HERTZ	50	FRAME	80M
VOLT	220 380	RATING	CONT
AMP	3.4 2.0	INS CLASS	B
RPM	1400	AMB.TEMP	40 C
JIS C	4004	BEARING	6204-6203 ZZ
JP 44	JC 4	SERIAL	601

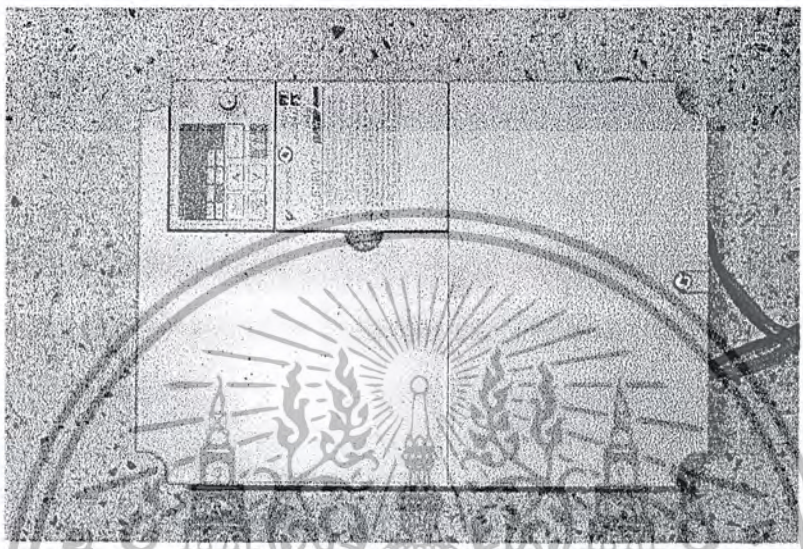
ตารางที่ ก.2 แสดงป้ายชื่อของเครื่องจักรเหนี่ยวนำ 3 แรงม้า

THREE PHASE INDUCTION MOTOR 3 HP

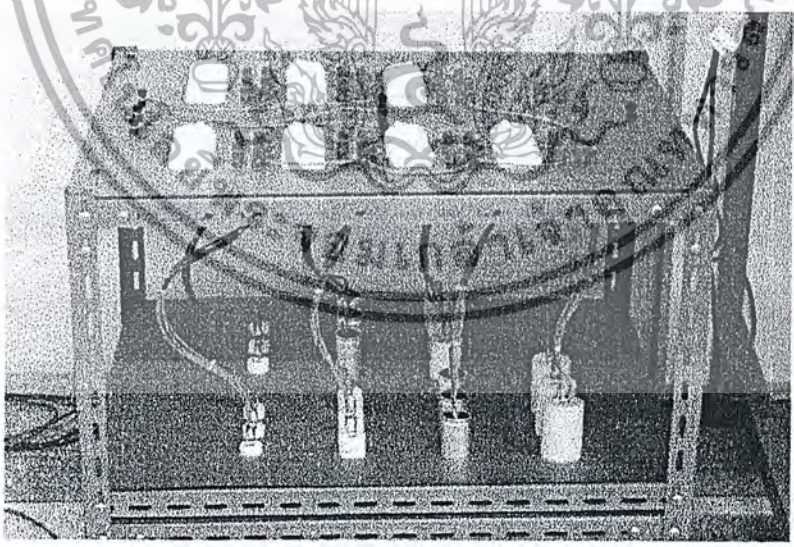
3 HP (2.2 kW)		4 POLE		TYPE	SF-JR
HERTZ	50		60	IP55	
VOLT	220 380	415	220 380	FRAME	100L
AMP	8.7 5.0	4.9	8.3 4.8	RATING	CONT
RPM	1420 1420	1430	1710 1730	INS CLASS	F
COS∅	0.82 0.82	0.78	0.86 0.8	AMB.TEMP	40 C
STD	IEC 34-1		JIS C 4004	MASS	24 kg/unit
BEARING	6206 ZZ		6205 ZZ	SERIAL	999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

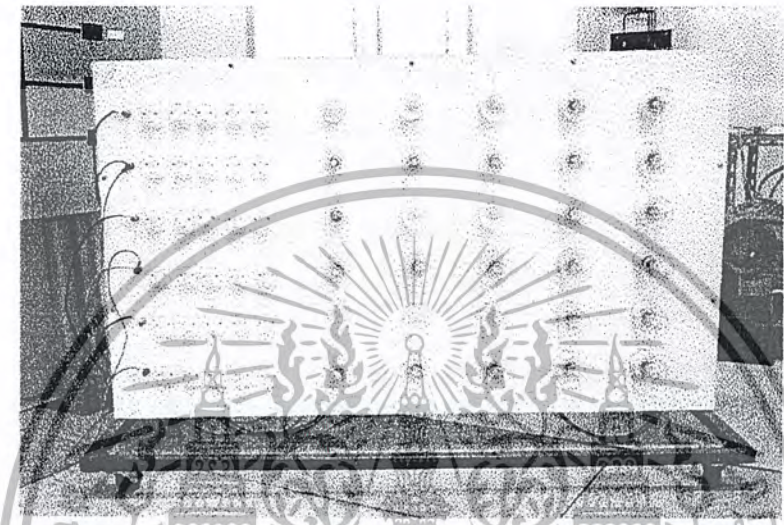


รูปที่ ข.1 แสดงอินเวอร์เตอร์ (Inverter) 3 เฟส

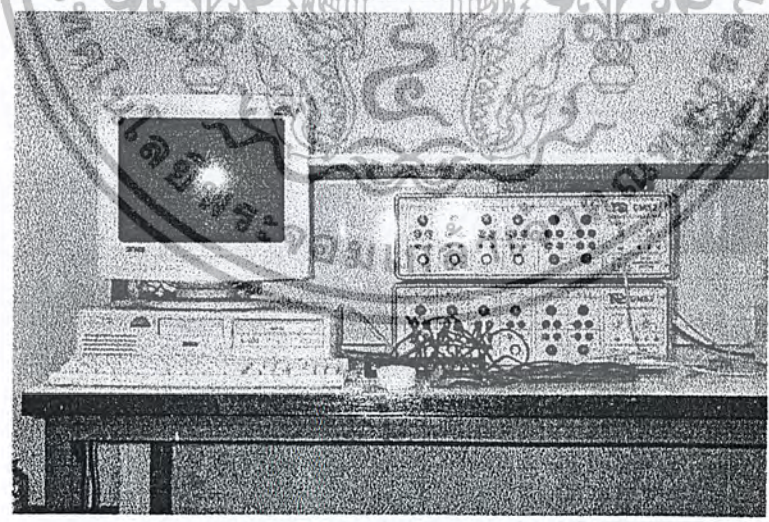


รูปที่ ข.2 แสดงตัวเก็บประจุ (Capacitor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

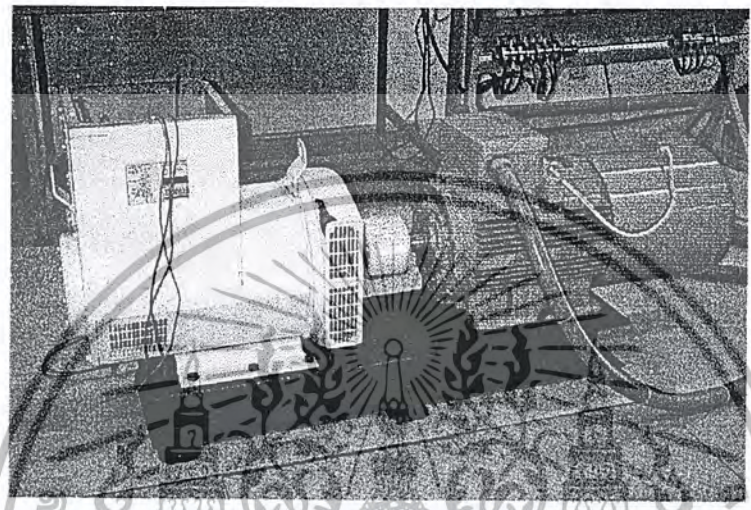


รูปที่ ข.3 แสดงแผงภาระทางไฟฟ้า 3 เฟส

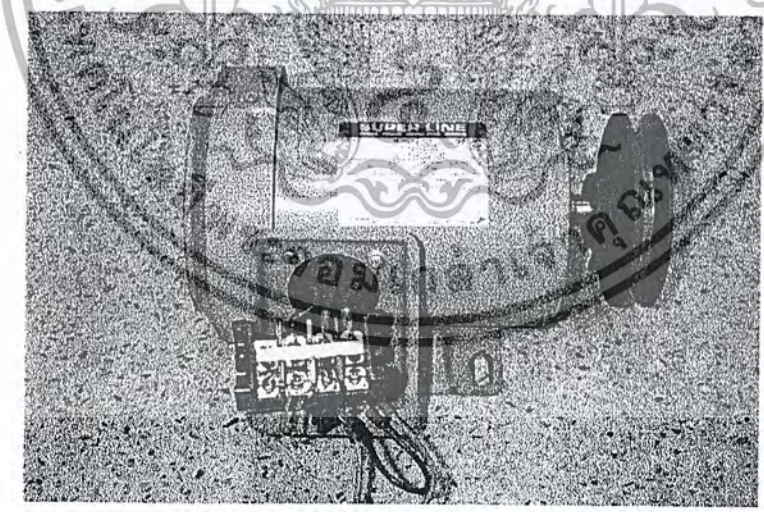


รูปที่ ข.4 แสดงเครื่องวัด ดีเอ็มเอส 2 (DMS 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

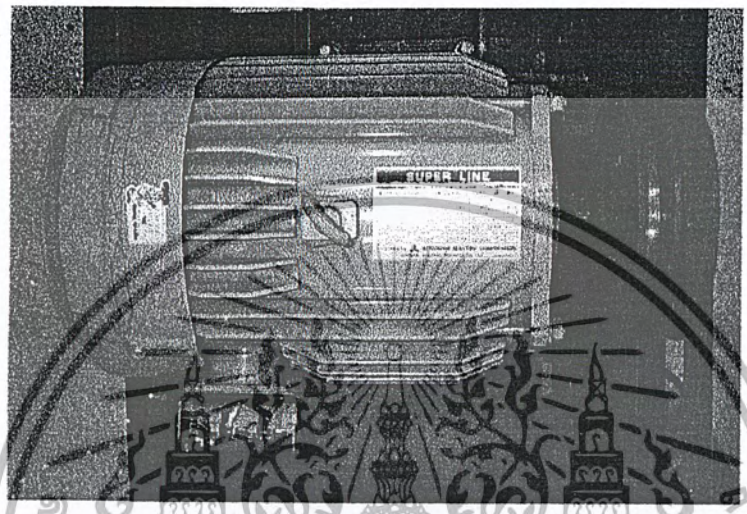


รูปที่ ข.5 แสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัส (Synchronous Generator)



รูปที่ ข.6 แสดงมอเตอร์เหนี่ยวนำพิกัด 1 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 แสดงมอเตอร์เหนี่ยวนำพิกัด 3 แรงม้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] "เครื่องกลไฟฟ้า2" , พิมพ์ครั้งที่ 15 , รศ. สัมพันธ์ หาญชเล , ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , 2540

[2] "Self-Exciters for Induction Generators" , B. Brennen and A. Abbondanti , IEEE Trans. on Industrial Applications, Vol. IA-13 , No. 5, pp. 422-428, Sep/Oct 1977.

[3] "Steady state analysis and performance of an isolated self-excited induction generator", N.H. Malik and S.E. Haque , IEEE Trans. on Energy Conversion , Vol. EC-1 , No.3 , pp. 134-139 , 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้