สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงาน
โครงงานจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปี 2553

แหล่งจ่ายไฟกระตุ้นสนามแม่เหล็กสำหรับแม่เหล็กถาวร

Magnetic Excited Source for Permanent Magnet

โดย

รศ. พิชิต ลำยอง

RCH
QC
776
.M36
พ647ม
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....114480
วัน,เดือน,ปี.....20 มิ.ย. 2554

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

b.12291079
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แหล่งจ่ายไฟกระตุ้นสนามแม่เหล็กสำหรับแม่เหล็กถาวร

Magnetic Excited Source for Permanent Magnet

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำแม่เหล็กถาวรมาใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสโดยจะแทนในส่วนที่เป็นขั้วแม่เหล็กที่ต้องมีขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Excited field coil) ซึ่งในอดีตได้มีการนำแม่เหล็กถาวรมาใช้ในเครื่องจักรกลไฟฟ้าแต่มีข้อจำกัดหลายประการตั้งแต่คุณภาพของตัวแม่เหล็กถาวร ความคงทนต่อการทำลายความเป็นแม่เหล็ก และจนกระทั่งวิธีการในการสร้างเครื่องจักรที่ต้องมีการกระตุ้นความเป็นแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet Synchronous Generator) หรือเรียกย่อๆว่า PMSG เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในงานแปลงรูปพลังงานกลมาเป็นไฟฟ้าของกังหันลมซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ

จุดเด่นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ PMSG คือประสิทธิภาพสูงเพราะไม่จำเป็นต้องมีขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กและมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับแบบที่มีขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก ซึ่งเหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้งานกับการแปลงรูปพลังงานทดแทนเพราะเป็นพลังงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต้องสูงด้วย

แต่ปัญหาของตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ PMSG คือ ความเข้าใจทั้งทางด้านทฤษฎีและเทคนิคในการสร้าง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เหล็กถาวรภายในประเทศ รวมถึงเทคนิคในการนำวัตถุดิบที่เป็นแม่เหล็กถาวรมาขึ้นรูปและกระตุ้นให้เกิดความเป็นแม่เหล็ก จนถึงขั้นสุดท้ายเทคนิคการออกแบบและเทคนิคการผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพราะเมื่อเกิดสภาพความเป็นแม่เหล็กย่อมยากต่อการประกอบ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งประเด็นในส่วนของขั้นตอนการนำแม่เหล็กถาวรที่ขายจากผู้ผลิตที่ยังไม่มีสภาพความเป็นแม่เหล็กที่สมบูรณ์มาทำการวิจัยถึงเทคนิคการกระตุ้นความเป็นแม่เหล็ก ซึ่งถ้าต้องการกระตุ้นขั้วแม่เหล็กถาวรที่ทำมาจากสารต่างๆ เช่น Neodymium Iron and Boron (NeFeBo) ซึ่งมีค่าของ Coercive force ประมาณ 700-900 kA/m ดังนั้นจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายแรงเคลื่อนทางแม่เหล็ก (Magneto-motive force) ที่มีกำลังเพียงพอในการกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็ก ในโครงการวิจัยนี้จะศึกษาวิธีการว่าสร้างแหล่งจ่ายกระแสสูงได้อย่างไรและจะต้องคงที่กระแสนานเท่าใดถึงจะทำให้คงสภาพความเป็นแม่เหล็กถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการคือศึกษาวิธีการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสูงโดยจะใช้เทคนิคสะสมพลังงานในตัวเก็บประจุแล้วคายประจุโดยผ่านขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กโดยต้องควบคุมขนาดและเวลาในการคายประจุ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

สร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 1,000-3,000 A ที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 10-30 V โดยที่เบื้องต้นจะสามารถจ่ายได้เป็นเวลา 2-20 ms เพื่อใช้กระตุ้นสนามแม่เหล็กให้กับแม่เหล็กถาวร

ชิ้นงานที่ใช้ในโครงการวิจัย

ในโครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการในการกระตุ้นแม่เหล็กถาวรโดยใช้ Pulse current ที่จ่ายโดยตัวเก็บประจุ ดังนั้นองค์ประกอบของโครงหลัก 3 ส่วนด้วยกันคือ

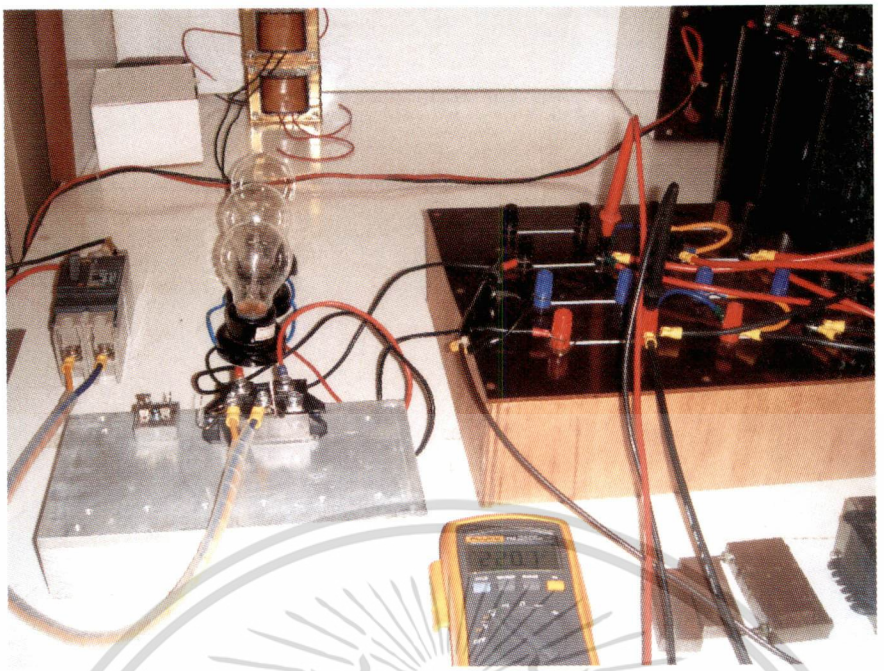
1. Charging for Capacitor
2. Capacitors
3. Excited Coil

ซึ่งแสดงภาพขององค์ประกอบของระบบดังรูปที่ 1 โดยมี Charge switch เป็นตัวกำหนดสถานะการควบคุมการประจุตัวเก็บประจุและมี Excited switch ทำหน้าที่ต่อวงจรจ่ายกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กให้กับขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 1 Block diagram ของระบบจ่ายกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก

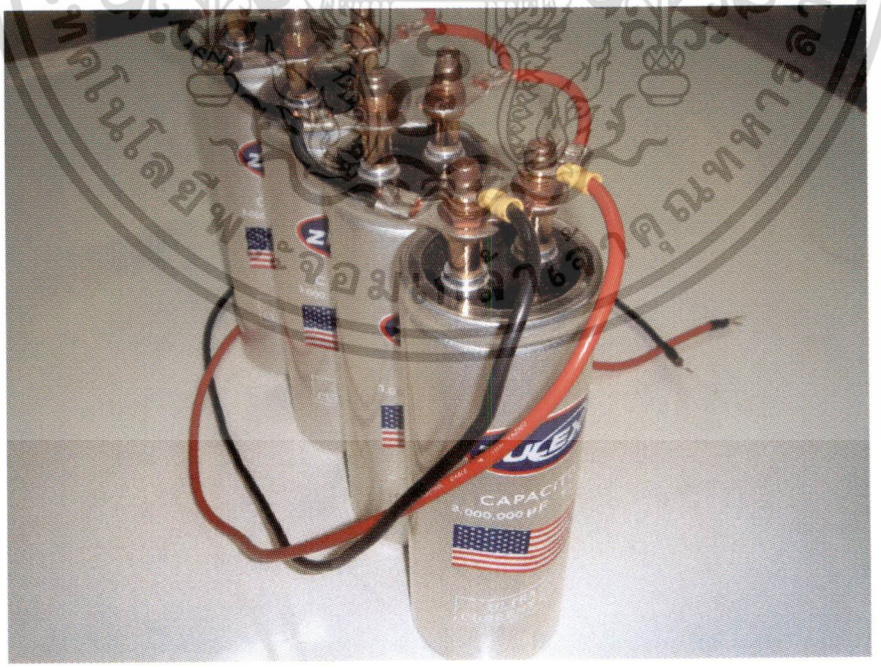
ในส่วนของการอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุเพื่อความสะดวกในการศึกษาทำได้โดยใช้ Variac เพื่อปรับค่าไฟฟ้ากระแสสลับป้อนเข้าและมี Bridge rectifier ทำหน้าที่จัดเรียงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และรวมถึงค่าความต้านทานซึ่งในโครงการนี้ใช้ Incandescent lamp ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดกระแสประจุตัวเก็บประจุ ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากแรงดันที่ใช้ในการทดสอบยังไม่เกิน 220 V ทำให้สามารถใช้ Incandescent lamp พิกัดแรงดัน 220 V เป็นตัวทำหน้าที่จำกัดกระแสประจุของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 วงจรอัดประจุให้ Capacitors

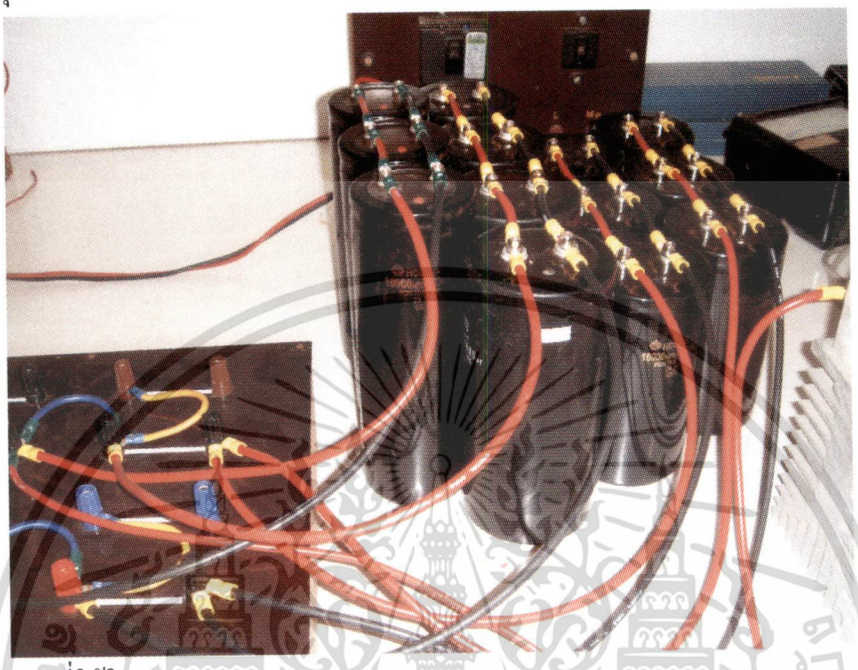
ในส่วนของตัวเก็บประจุเดิมคาดว่าจะใช้ Ultra capacitor เป็นตัวเก็บประจุสำหรับทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3 เนื่องจากมีค่าความจุของการเก็บประจุซึ่งมีหน่วยเป็น Farad (F) สูง โดยมีค่า Capacitance เท่ากับ 3.0 Farad ที่พิกัดแรงดันไฟฟ้า 20 V แต่หลังจากการทดลองใช้งานป้อนให้กับขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กแล้วกระแสไม่สามารถเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 1,000 A เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของ Ultra capacitor ค่อนข้างต่ำ และปัญหาจากถ้าค่าความต้านทานของวงจรกระตุ้นสนามแม่เหล็กสูงจะทำให้ไม่สามารถเพิ่มกระแสกระตุ้นให้สูงได้



รูปที่ 3 Ultra Capacitor

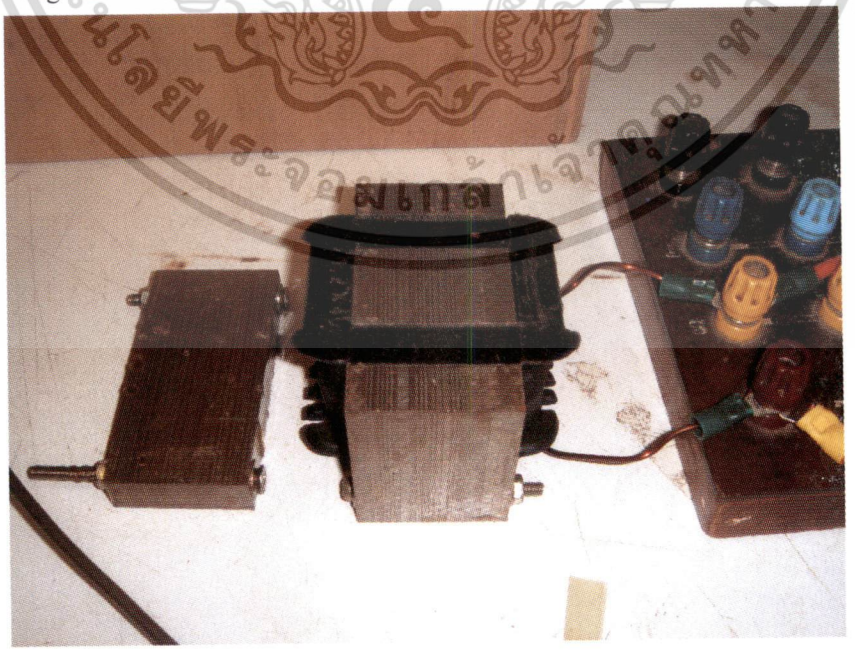
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงต้องกลับมาใช้ตัวเก็บที่สามารถใช้งานที่แรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้นโดยใช้ตัวเก็บประจุชนิด 10,000 μF 400 V นำมาต่อขนานกันในเบื้องต้นใช้ 13 ตัวเพื่อให้ได้ค่าความจุ 0.13 F ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อนำเทคนิคนี้ไปใช้งานจริงต้องสร้างระบบให้สามารถสามารถเปลี่ยนค่าความจุได้ซึ่งคาดว่าจะส่งผลต่อเทคนิคการกระตุ้นให้เกิดอำนาจแม่เหล็กจากสารแม่เหล็ก



รูปที่ 4 Capacitors ที่ใช้ในการทดสอบรวม 0.13 Farad

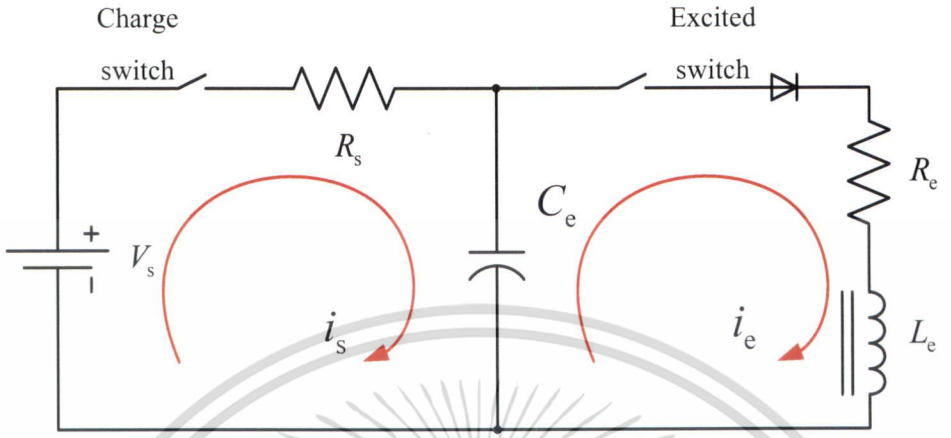
จากการทดสอบโดยการป้อนเข้าขดลวด Excited coil ดังแสดงตามรูปที่ 5 แล้วทำการวัดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็ก โดยมีขั้นตอนการทดสอบเริ่มจากการอัดประจุให้กับตัว capacitor โดยประจุผ่าน Charge switch เมื่อประจุเต็มทำการเปิดวงจรของ Charge switch แล้วทำการปิดวงจร Excited switch ซึ่งข้างต้นออกแบบโดยใช้ Magnetic contactor เป็นตัวตัดต่อวงจร



รูปที่ 5 Excited coil

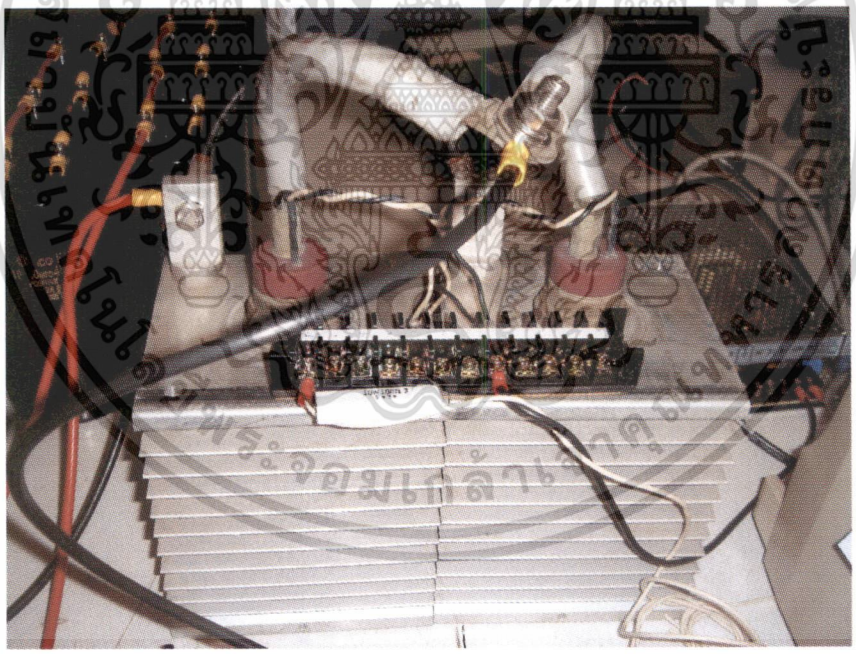
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบจ่ายกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กได้ผลเบื้องต้นที่กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมีค่าไม่สูงมากได้ผลการเป็นไปตามคาด มีปัญหาบ้างเฉพาะเสียงดังจากการทำงานของ Magnetic contactor ตอนสั่งให้ปิดดวงจร



รูปที่ 6 Circuit diagram ของวงจรระบบ Magnetic Excited Source

ใช้ SCR Thyristor ขนานกัน 2 ตัว ทำหน้าที่แทน Excited switch กับ Diode ดังแสดงในรูปที่ 7 ทำให้สะดวกในการทดสอบและจะหยุดการนำกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กเมื่อกระแสที่ไหลผ่าน Thyristor ต่ำกว่า Holding current



รูปที่ 7 SCR Thyristor ขนานกัน 2 ตัว

กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กนอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจ่ายพลังงานจากตัว Capacitor แล้วยังขึ้นอยู่กับค่า Impedance ของ Excited coil

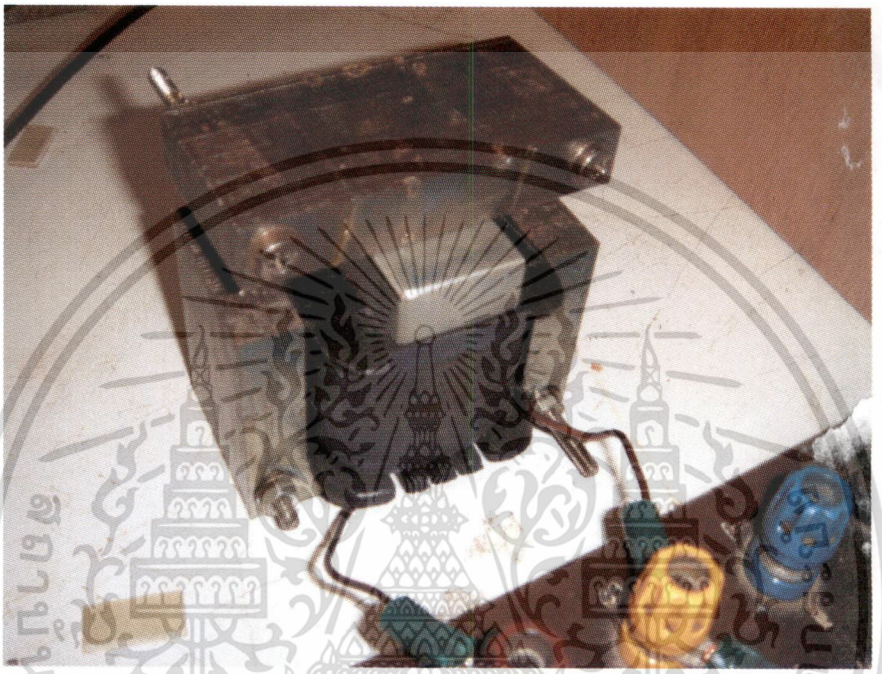
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

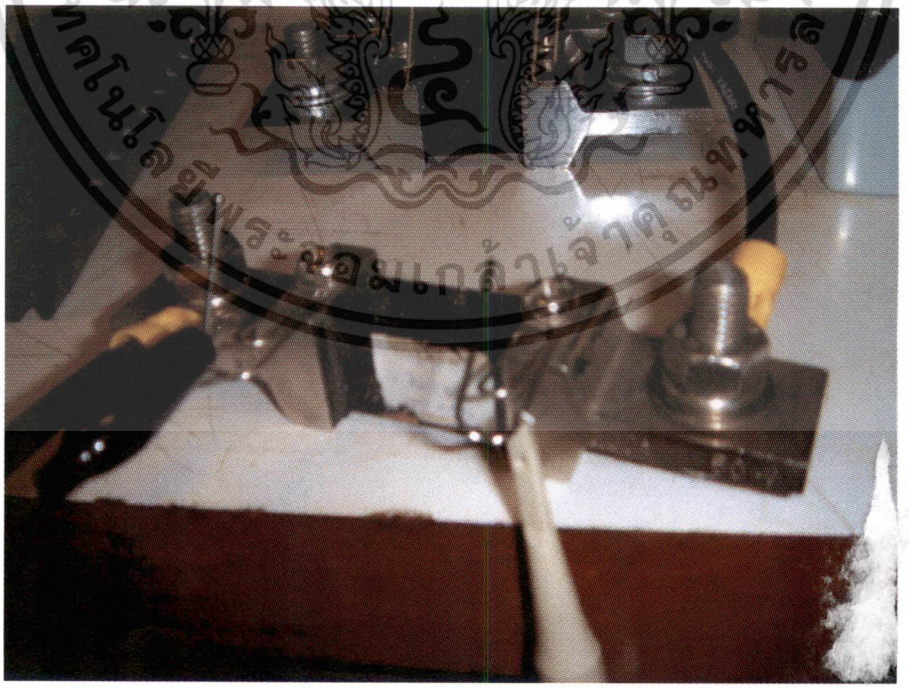
ผลการทดลอง

จากทำการทดลองในเบื้องต้นทำให้สามารถกำหนดความพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุและค่าความจุของตัวเก็บประจุ

1. ทดสอบโดยใช้ Excited coil ดังแสดงตามรูปที่ 8 โดยวงจรแม่เหล็กมีแท่งแม่เหล็กถาวรอยู่ภายใน และมีตัว Shunt amp ขนาด 200 A, 50 mV เพื่อวัดกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งค่ากระแสที่วัดได้จะสูงกว่าค่าที่พิกัดแต่อยู่ในช่วงเวลาสั้นๆ



รูปที่ 8 ขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กและแม่เหล็กถาวร

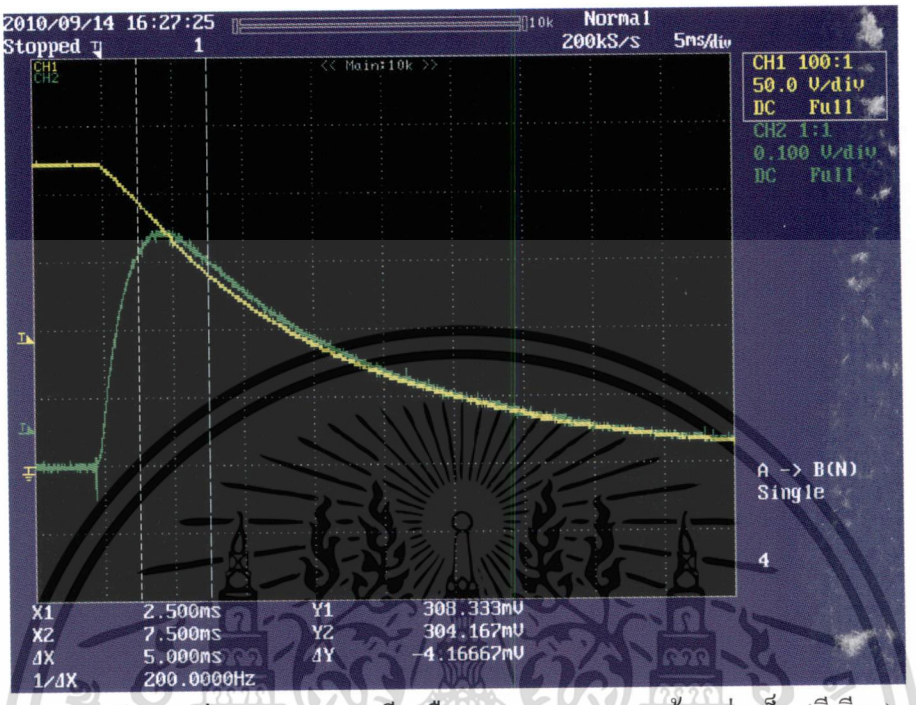


รูปที่ 9 Shunt amp. ขนาด 200 A, 50 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

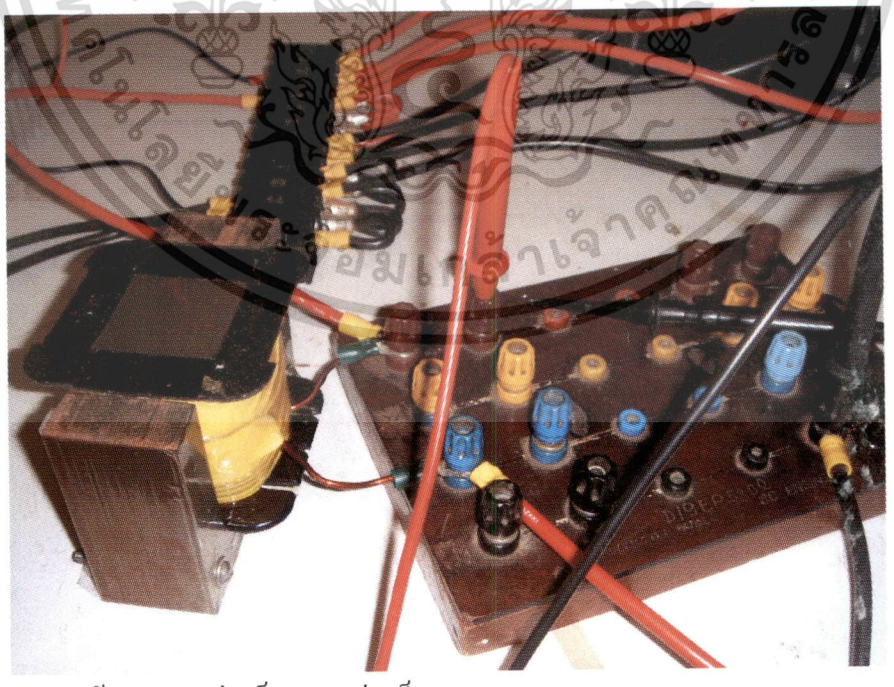
114480

ทำการประจุตัว Capacitor ให้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการจากรูสัญญาณได้แรงดันกระแสตรง 220 V ดังแสดงในรูปที่ 10 ทำการคายประจุผ่าน Excited coil แนวเส้น Vertical cursor จุดที่กระแสเกิน 1200 A (300 mV) อยู่ในช่วงเวลาเท่ากับ 5.0 ms



รูปที่ 10 สัญญาณแรงดันตกคร่อม Capacitor (สีเหลือง) และกระแสกระตุ้นแม่เหล็ก (สีเขียว) Shunt amp 200 A/50 mV

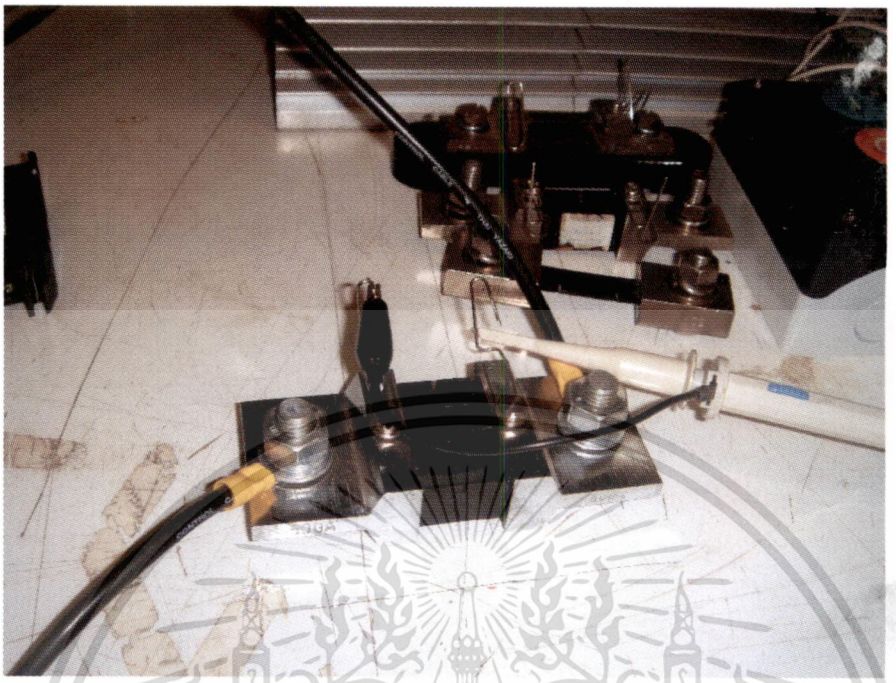
2. ทำการเปลี่ยน Excited coil ดังแสดงในรูปที่ 11 โดยที่แกนเหล็กใหญ่ขึ้นและค่าความต้านทานของขดลวดลดลง



รูปที่ 11 ขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กและแม่เหล็กถาวร

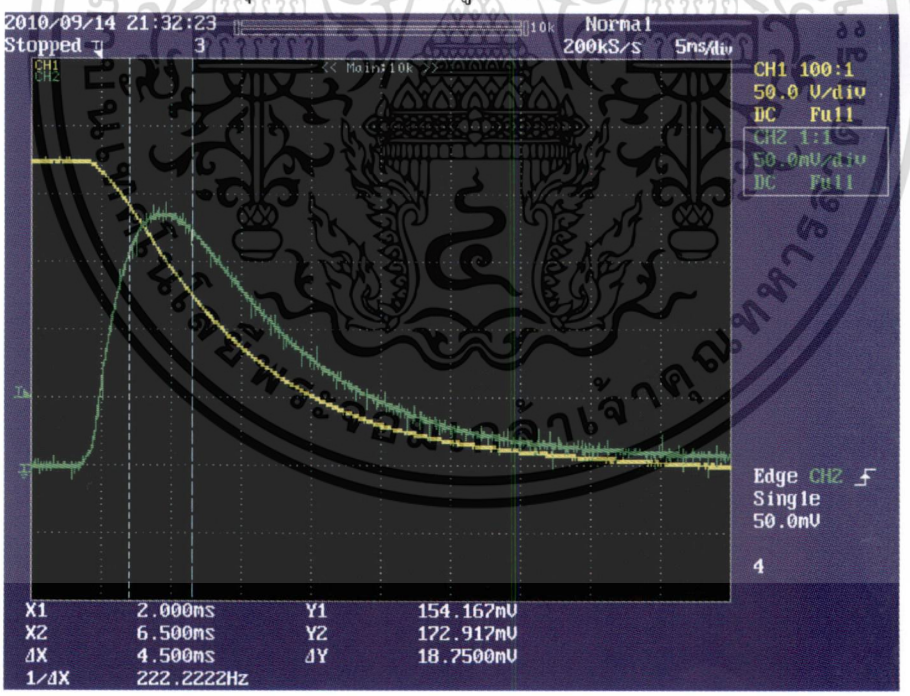
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กมีค่าสูงขึ้นจึงเปลี่ยน Shunt Amp เป็น 500A/50mดังแสดงในรูปที่ 12 โดยในการทดลองยังคงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 220 V ประจุให้กับ Capacitor



รูปที่ 12 Shunt amp. ขนาด 500 A, 50 mV

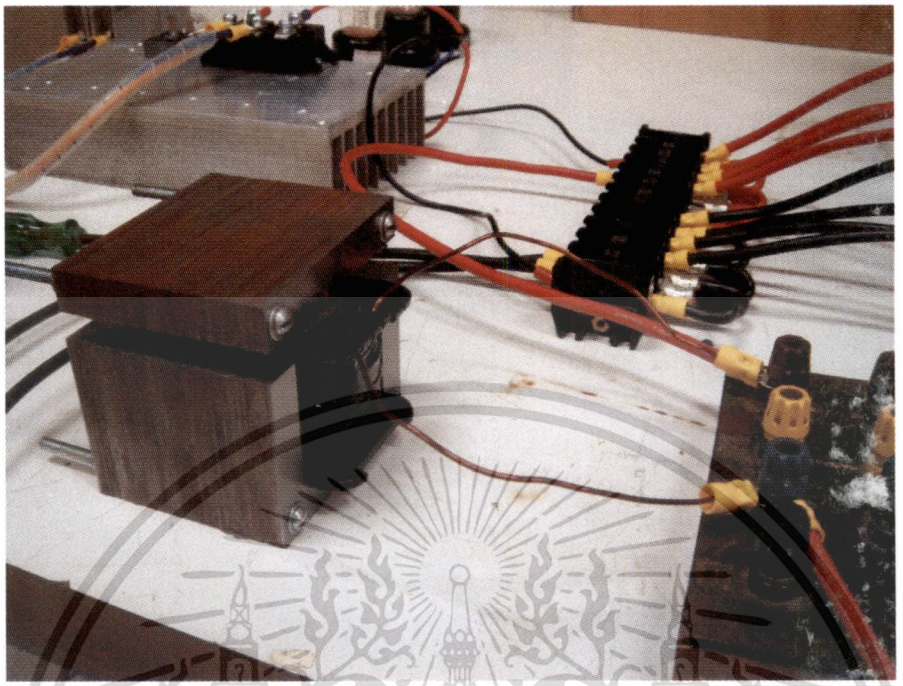
ผลการทดลองทำให้ได้กระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กที่สูงกว่า 1500 A เป็นเวลาประมาณ 7.0 ms



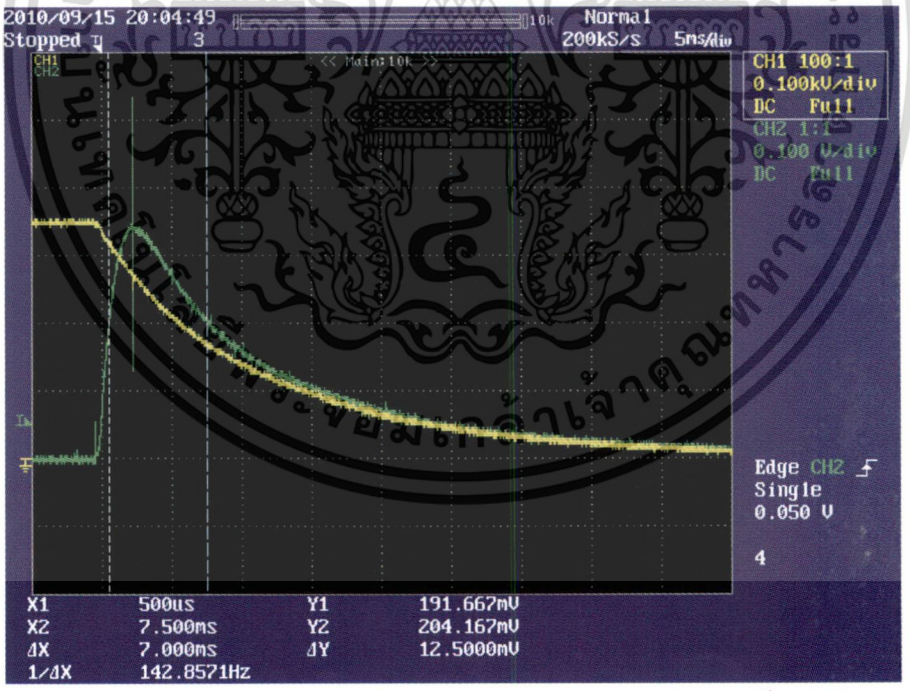
รูปที่ 13 สัญญาณแรงดันตกคร่อม Capacitor (สีเหลือง) และกระแสกระตุ้นแม่เหล็ก (สีเขียว) Shunt amp 500 A/50 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการทดสอบโดยการลดค่าความต้านทานของ Excited coil ดังแสดงตามรูปที่ 14 เพื่อทำให้สามารถเพิ่มกระแสให้สูงขึ้นจนถึง 3,000 A ดังแสดงในรูปที่ 15 โดยที่กระแสสูงสุดเท่ากับ 3,300 A



รูปที่ 14 ขดลวดกระตุ้นสนามแม่เหล็กและแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 15 สัญญาณแรงดันตกคร่อม Capacitor (สีเหลือง) และกระแสกระตุ้นแม่เหล็ก (สีเขียว) Shunt amp 500 A/50 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การสร้างแหล่งจ่ายกระแสสูงเพื่อใช้ในการกระตุ้นแม่เหล็กถาวรของโครงการได้ผลตามวัตถุประสงค์ของโครงการ โดยสามารถจ่ายกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กไม่น้อยกว่า 1,000-3,000 A ในเวลา 2-20 ms ดังแสดงในรูปที่ 10, 13 และ 15 ซึ่งกระแสที่สามารถจ่ายให้กับ Excited coil จะขึ้นอยู่แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของ Capacitor รวมไปถึงค่า Impedance ของขดลวด

โครงการวิจัยนี้ได้ศึกษาเป็นแนวทางในการที่จะสร้างเครื่องกระตุ้นสนามแม่เหล็กซึ่งมีจุดที่จะต้องทำการวิจัยเพิ่มเติมคือผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นแต่เนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณวิจัยจึงไม่สามารถเพิ่มจำนวน Capacitor ได้มากตามที่ต้องการและเทคนิคการสร้างวงจรแม่เหล็กสำหรับการกระตุ้นสนามแม่เหล็ก รวมไปถึงการออกแบบ Excited switch ให้สามารถจ่ายนำกระแสที่สูงได้อย่างมั่นใจ จึงจำเป็นต้องของโครงการต่อเนื่องอีกในปีงบประมาณต่อไปเพื่อที่จะทำให้สามารถทำจนถึงจุดที่จะสามารถนำไปออกแบบใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้