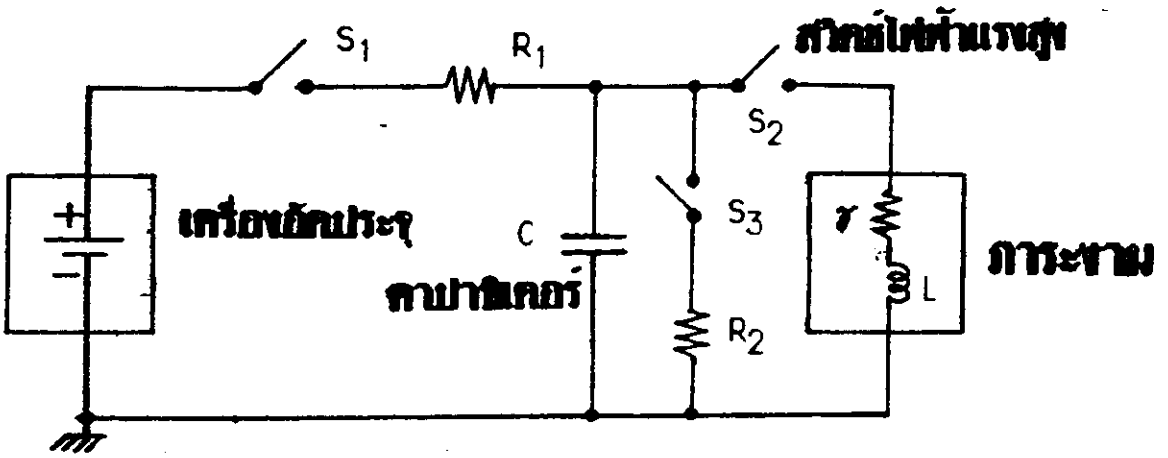
1. คำนำ

คาพาซิเตอร์ชนิดเก็บพลังงาน (Energy storage capacitor) เป็นต้นกำลังไฟฟ้าแบบพัลส์ (pulse) ของงานไฟฟ้าแรงสูงหลายประเภท เช่น เลเซอร์ เครื่องกำเนิดคลื่นไซสมิก (seismic generator) เครื่องกำเนิดพลาสมาฟิวชัน (plasma fusion generator) เครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ (X-ray generator) เครื่องทดสอบแรงดันไฟฟ้า (impulse tester) เครื่องทำฟ้าผ่าเทียมบางแบบ เป็นต้น ในการใช้งานจะต้องอัดประจุไฟฟ้าเข้าไปก่อนอย่างช้า ๆ เมื่อจะใช้งานก็ปิดสวิตช์ ความเร็วสูง กระแสไฟฟ้าสูงจะไหลผ่านภาระงาน (load) โครงงานวิจัยนี้จะเน้นการออกแบบและสร้างเครื่องอัดประจุไฟฟ้า เพื่อป้อนพลังงานแก่คาพาซิเตอร์ (1)

2. ทฤษฎี

วงจรอัดและจ่ายประจุแก่คาพาซิเตอร์ แสดงได้ดังรูปที่ 1



วงจรนี้ประกอบด้วยเครื่องอัดประจุ สวิตช์ไฟฟ้าแรงต่ำ S_1, R_1 = ตัวความต้านทานจำกัดกระแสในวงจรอัด C = คาพาซิเตอร์เก็บพลังงานสูง S_2 = สวิตช์ไฟฟ้าแรงสูง S_3 = สวิตช์ไฟฟ้าไซลีนอยด์ปล่อยประจุทิ้ง (dumping switch) R_2 เป็นความต้านทาน ส่วนภาระงานจะมีค่าทางไฟฟ้าเทียบเท่าตัวเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกับความต้านทาน การคำนวณออกแบบวงจรส่วนต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันหมด ขนาดของเครื่องอัดประจุจะขึ้นอยู่กับค่าของ C ในกรณีของห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีพลาสมา ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ C = 30 μF, 15 kV จึงสามารถเก็บพลังงานสูงสุดได้ ~3kJ เพื่อให้สามารถอัดประจุในเวลาอันสั้น เครื่องอัดประจุไฟฟ้าจะต้องมีกำลังสูงเช่นกัน จึงเลือกหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 33 kV(rms) 300 mA กำลังสูงสุด 10 kVA สำหรับงานนี้และเผื่อไว้สำหรับการขยายงานข้างหน้าอีกด้วย

เงื่อนไขของ R_1 จะเป็น $\frac{V}{R_1} < I_{max}$

เวลาของการอัดประจุคือ $t \approx R_1 C$

พลังงานที่อัดเก็บในคาพาซิเตอร์จะเท่ากับ $E = \frac{1}{2} CV^2$

เมื่อ V = ศักย์ไฟฟ้าของเครื่องอัดประจุ

อนึ่ง กระแสไฟฟ้าที่ใช้อัดประจุจะต้องเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จึงต้องเปลี่ยนไฟฟ้าสลับให้เป็นไฟฟ้าตรงโดยใช้วงจรเร็คติไฟเออร์

ตัวอย่างการคำนวณ

ให้ $C = 30\mu F$ $V = 15$ kV

เลือก $R_1 = 200k\Omega$ 200W

$$\therefore I = \frac{15kV}{200k\Omega} = 75 \text{ mA} < I_{max}$$

$$t \approx R_1 C \simeq 200 \times 10^3 \times 30 \times 10^{-6}$$

$$\simeq 6 \text{ sec}$$

พลังงานที่อัดเข้าคาพาซิเตอร์ $E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times 30 \times 10^{-6} \times (15 \times 10^3)^2$

$$\simeq 3 \text{ kJ}$$