บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องกำเนิดรังสีต่าง ๆ ที่ใช้งานทางด้านการแพทย์และทางด้านอุตสาหกรรม เช่น เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray Generator) เครื่องกำเนิดอิเล็กตรอน (Electron Beam Machine) และเครื่องเร่งอนุภาค (Accelerator) เป็นต้น ปัจจุบันนี้ยังคงต้องสั่งซื้อเครื่องมือเหล่านี้มาจากต่างประเทศ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีราคาสูง มีเพียงเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทางการแพทย์เท่านั้นที่สามารถผลิตเองภายในประเทศได้ขณะนี้

การพัฒนาเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้นนั้นเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เป็นเทคนิคนิวเคลียร์ที่สามารถตรวจสอบชิ้นงานแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing; NDT) จึงมีการนำเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างแพร่หลาย ทางด้านอุตสาหกรรม สามารถใช้รังสีเอกซ์ในตรวจสอบรอยบกพร่องในเนื้อชิ้นงานเพื่อการวิเคราะห์สิ่งบกพร่องของชิ้นงาน ส่วนทางด้านการแพทย์และทันตกรรมสามารถใช้รังสีเอกซ์ในตรวจรักษาและการวิเคราะห์เพื่อหาความผิดปกติของอวัยวะของร่างกาย ดังนั้น เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์จึงมีปริมาณการใช้งานสูง

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์โดยทั่ว ๆ ไปจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายในการใช้งานและมีปัญหาด้านคุณภาพของรังสีเอกซ์จากหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ ทั้งนี้เนื่องจากการกำเนิดไฟฟ้าศักดาสูงใช้หม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งทำงานที่ความถี่ต่ำ จึงทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดใหญ่และรูปคลื่นของศักดาไฟฟ้าไม่เรียบต้องอาศัยตัวเก็บประจุความจุสูงกรองกระแส ซึ่งมีอุปสรรคด้านเทคนิค เนื่องจากตัวเก็บประจุความจุสูง ศักดาไฟฟ้าสูง มีขนาดใหญ่และมีราคาสูงมาก ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงที่ให้ประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยเทคนิคการแปลงศักดาไฟฟ้าแบบใหม่ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์กำลัง (Power Electronics)

จากทฤษฎี พบว่าถ้าใช้ศักดาไฟฟ้าความถี่สูงจ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าและเลือกใช้แกนหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่อความถี่นั้น จะทำให้สามารถลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าลงได้ดังความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ในการออกแบบหม้อแปลงไฟฟ้าตามสมการที่ 1. [1,2,3]

$$A_e \times A_w = \frac{X \times P \times D \times 10^3}{f \times B_{\max}} \qquad (1)$$

โดยที่

A_e คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน (cm^2)

A_w คือ พื้นที่ช่องสำหรับพันขดลวดของบอบบิน (cm^2)

P คือ กำลังงานสูงสุดที่ได้จากหม้อแปลงไฟฟ้า (W)

D คือ ค่าความหนาแน่นกระแสในขดลวด (cm/A)

X คือ factor ของคอนเวอร์เตอร์ชนิดต่าง ๆ

$B_{\max}$ คือ ค่าความหนาแน่นฟลักซ์สูงสุดในแกน (G)

f คือ ความถี่ของศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้า (Hz)

จากสมการที่ 1. จะพบว่า ความถี่ของศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าแปรผกผันกับขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า กล่าวคือ เมื่อศักดาไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้ามีความถี่สูงขึ้นก็จะทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดเล็กลงและการกรองกระแสจะใช้ตัวเก็บประจุขนาดเล็กลง การควบคุมเสถียรภาพของวงจรทำได้ดีขึ้น

การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์นี้เป็นงานพัฒนาต่อเนื่องจากงานวิจัยและพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ทันตกรรมสำหรับงานด้านการวิเคราะห์ชาตุด้วยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ โดยเพิ่มความสามารถในการจ่ายศักดาไฟฟ้าสูงได้ 100 กิโลโวลต์ และกระแสไม่น้อยกว่า 25 มิลลิแอมป์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทางการแพทย์และอุตสาหกรรม ให้มีประสิทธิภาพการทำงานทัดเทียมกับระบบที่ทันสมัย อีกทั้งยังสามารถนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงไปประยุกต์ใช้กับเครื่องกำเนิดรังสี (Radiation Machines) ต่างๆ ได้แก่ เครื่องเร่งอนุภาค เครื่องกำเนิดลำอิเล็กตรอน และเครื่องกำเนิดนิวตรอน เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ขนาด 100 กิโลโวลต์
2. เพื่อทดสอบการทำงานและหาสมรรถนะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์เปรียบเทียบกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบความถี่ต่ำ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาหลักการออกแบบและสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิง (Switching Transformer) สำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ขนาด 100 กิโลโวลต์
2. ศึกษาหลักการออกแบบ สร้างหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงและทำการทดสอบคุณสมบัติ
3. ออกแบบวงจรคอนเวอร์เตอร์สำหรับการกำเนิดไฟฟ้าศักดาสูง
4. ทดสอบการทำงานแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงกับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ขนาด 100 กิโลโวลต์
5. ทำการเปรียบเทียบผลการทำงานระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบสวิตชิงกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงแบบความถี่ต่ำกับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์
6. สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้วิธีออกแบบและสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าแบบสวิตชิงสำหรับหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ขนาด 100 กิโลโวลต์
2. ลดขนาดของชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ได้
3. งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูงของระบบทำงานอื่น ๆ ได้

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พ.ศ. 2520 นายสุทัศน์ ลีสหะพันธ์ ได้ทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัดรังสีนิวเคลียร์ การพัฒนาเครื่องจ่ายศักดาไฟฟ้าแรงสูงแบบโมดูลมาตรฐาน NIM สำหรับหัววัดรังสีนิวเคลียร์นี้ ใช้วงจรดริเวนไทป์ ดีซี-เอซี อินเวอร์เตอร์ (Driven type DC-AC Inverter) และวงจรโวลเตจมัลติพลายเออร์ (Voltage Multiplier) ทำหน้าที่เปลี่ยนศักดาไฟฟ้าตรงแรงดันต่ำให้เป็นศักดาไฟฟ้าตรงแรงดันสูงขนาด 3 กิโลโวลต์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ จากนั้นใช้วงจรกรองกระแส (Filter Circuit) ทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมให้เหลือน้อยลงตามต้องการและมีระบบควบคุมศักดาไฟฟ้าวงจรปิด (Close-loop Voltage Control System) ทำหน้าที่ควบคุมให้ศักดาไฟฟ้าแรงสูงมีความคงที่และสามารถปรับระดับศักดาไฟฟ้าตามที่ต้องการได้

พ.ศ. 2532 นายวิบูลย์ ลีพหาพัฒนาเลิศ ได้ทำงานวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัดรังสีเอกซ์แบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงสำหรับหัววัดรังสีเอกซ์นี้ใช้หลักการกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงแบบ ดริเวนไทป์ ดีซี-เอซี อินเวอร์เตอร์ ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์และทวีศักดาขึ้นเป็นสองเท่า การปรับศักดาไฟฟ้าแรงสูงในช่วง 0 ถึง 3000 โวลต์ และการควบคุมให้ศักดาทางออกคงที่ ทำงานแบบสวิตชิงระบบพัลส์วิดมอดูเลเตอร์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 มิลลิแอมป์

พ.ศ. 2539 นางสาวสาหร่าย เล็กชะอุ่ม ได้ทำงานวิจัยเรื่องการพัฒนาต้นกำเนิดกระตุ้นรังสีเอกซ์สำหรับเครื่องวิเคราะห์ธาตุด้วยการเรืองรังสีเอกซ์แบบแจกแจงพลังงานโดยใช้หลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรม ต้นกำเนิดกระตุ้นรังสีเอกซ์สำหรับเครื่องวิเคราะห์ด้วยการเรืองรังสีเอกซ์แบบแจกแจงพลังงานที่มีระบบวัดแบบนิ่ม โดยใช้หลอดรังสีเอกซ์ทางทันตกรรมนี้ พัฒนาขึ้นเพื่อทดแทนชุดต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบไอโซโทปรังสีซึ่งใช้งานไม่สะดวก มีอายุการใช้งานจำกัดและไม่สามารถปรับพลังงานหรือความเข้มรังสีได้ต่อเนื่อง ระบบควบคุมการกำเนิดรังสีเอกซ์ออกแบบให้สามารถปรับศักดาไฟฟ้าและกระแสของแอโนดได้ 0-30 กิโลโวลต์และ 15-500 ไมโครแอมป์ตามลำดับ