บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในระบบไฟฟ้านั้นมีโอกาสที่จะได้รับแรงดันเกินและกระแสเกินอยู่เสมอ สาเหตุที่ก่อให้เกิดแรงดันเกินหรือกระแสเกินอาจมาจากการเปิด-ปิด สวิตช์อุปกรณ์ต่างๆ หรือจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ ได้แก่ ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม แรงดันเกินและกระแสเกินนี้ถึงแม้จะเกิดเป็นช่วงระยะเพียงสั้นๆแต่ก็อาจจะทำให้อุปกรณ์ต่างๆเกิดความเสียหายได้ ข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆของฟ้าผ่า [1] ทำให้ทราบว่าฟ้าผ่าลงพื้นโลกประมาณ 60% ถึง 70% มีลักษณะเป็นหลายสโตรก เรียกว่าฟ้าผ่าซ้ำ มีค่าตั้งแต่ 2 ถึงมากกว่า 20 สโตรก โดยเฉลี่ยจะประกอบไปด้วย 3 หรือ 4 สโตรก/แฟล็ช และแต่ละสโตรกมีช่วงเวลาห่างกัน 15-150 ms โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 30-40 ms

ฟ้าผ่าซ้ำสามารถก่อให้เกิดเสิร์จที่รบกวนอุปกรณ์ที่ต่ออยู่ในระบบอย่างรุนแรง เช่น อุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์จนอาจทำให้เกิดความล้มเหลวเกิดขึ้นในระบบไฟฟ้ากำลัง เราจึงจำเป็นต้องมีตัวสะกัดเสิร์จ (Surge Suppressors) ตัวเบี่ยงเสิร์จ (Surge Diverters) และกับดักเสิร์จ (Surge Arresters) เป็นอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินดังกล่าว โดยมีทั้งชนิดทำด้วย SiC และ ZnO เป็นความต้านทานที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Resisters) คือ เป็นตัวต้านทานค่าสูงเพื่อกั้นมิให้กระแสไหลผ่านลงดินในขณะใช้งานที่แรงดันปกติแต่เมื่อได้รับแรงดันเกินเสิร์จจะทำหน้าที่เหมือนกับการลัดวงจรดีสชาร์จกระแสเสิร์จผ่านไปโดยเร็วที่สุด แรงดันที่เหลือคร่อมความต้านทานไม่เป็นเชิงเส้นของกับดักเสิร์จ เรียกว่า แรงดันเหลือค้าง (Residual Voltage) ต้องมีค่าต่ำกว่าค่าความคงทนอยู่ได้ของการฉนวนของอุปกรณ์หรือของระบบหลังจากดีสชาร์จกระแสเสิร์จไหลผ่านลงดินหายไปในช่วงระยะเวลาอันสั้นแล้ว กับดักก็จะกลับคืนสู่สภาพปกติเป็นฉนวนรับแรงดันใช้งานของระบบต่อไป

ดังนั้น ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าชนิดต่างๆเพิ่มเข้าไปใหม่ในระบบไฟฟ้ากำลังหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์เราต้องมั่นใจได้ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้งานในระบบได้และไม่เป็นต้นเหตุที่จะทำให้ระบบเกิดความผิดพร่อง กล่าวคือจะต้องทำการทดสอบอุปกรณ์นั้นด้วยกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าตามที่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน [2] เสียก่อน

1.2 ที่มาของปัญหา

ขั้นตอนในการทดสอบอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าด้วยกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าในห้องปฏิบัติการตามที่มาตรฐานกำหนดจะสร้างขึ้นโดยเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ ซึ่งใช้การอัดประจุให้แก่ตัวเก็บประจุอิมพัลส์และจะดีสชาร์จประจุผ่านวงจรอนุกรม R-L เพื่อสร้างรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าตามต้องการ

เครื่องกำเนิดดังกล่าว สามารถสร้างได้เพียงอิมพัลส์เดี่ยวเท่านั้น ดังนั้นการที่จะสร้างรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ถัดมาจะต้องเริ่มต้นด้วยการอัดประจุใหม่ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ช่วงห่างของการสร้างแต่ละอิมพัลส์เป็นระยะเวลา 1 นาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าระยะเวลาดังกล่าวแตกต่างไปจากลักษณะสมบัติของฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ คือ ยาวนานกว่าช่วงระยะเวลาเฉลี่ยของฟ้าผ่าซ้ำคือ 30-40 ms ความแตกต่างของช่วงเวลานี้จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของอุปกรณ์ถ้าอุปกรณ์ทดสอบมีลักษณะความจำของผลจากคลื่นอิมพัลส์ก่อนหน้านี้ต่อเนื่องมาถึงคลื่นอิมพัลส์ปัจจุบัน

จากงานวิจัย [3,4] มีข้อมูลแสดงให้เห็นว่ารูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 8/20 μs สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางไฟฟ้า ประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน (ซึ่งไม่ปรากฏความเสียหายในการทดสอบด้วยอิมพัลส์เดี่ยวตามมาตรฐาน) นำไปสู่การขาดเสถียรภาพทางความร้อนหรือทำให้เกิดวาบไฟตามผิวของตัวอุปกรณ์และเกิดความเสียหายขึ้นได้ จากการพัฒนาอย่างรวดเร็วทางด้านเทคโนโลยีการป้องกันระบบไฟฟ้าและเทคนิคใหม่ๆได้พัฒนาออกแบบอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกิน เช่น เมทัลออกไซด์วาริสเตอร์ (MOV) ขึ้นมาใช้งานในระบบแรงดันต่ำ วงจรวัด และวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ รับกระแสได้ถึง 5 kA ดังนั้นจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยถึงผลตอบสนองของอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินดังกล่าวต่อกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ จึงจำเป็นจะต้องมีเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำเพื่อใช้งาน

1.3 ขอบข่ายของวิทยานิพนธ์

ทำการออกแบบและประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ 8/20 μs ขนาดพิกัดค่ายอดสูงสุด คือ 5 kA และสามารถจะปรับเปลี่ยนค่ายอดของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ได้ตามต้องการคือ 1 kA ถึง 5 kA ตามลำดับ เครื่องกำเนิดนี้สามารถกำหนดให้จ่ายกระแสอิมพัลส์เดี่ยวหรือกระแสอิมพัลส์ที่ต่อเนื่องกันจำนวน 2-4 อิมพัลส์ สามารถปรับเปลี่ยนช่วงระยะเวลาห่างระหว่างแต่ละอิมพัลส์ ได้ตั้งแต่ 10-200 ms ระบบควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการรับคำสั่งจากผู้ใช้งานผ่านทางคีย์บอร์ดทางด้านหน้าของเครื่องโดยแสดงผลด้วยจอ LCD แล้วเริ่มทำงานส่งสัญญาณลอจิกควบคุมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนต่างๆที่ได้ออกแบบไว้ให้ทำงานตามขั้นตอนต่อไป และอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญคือ การออกแบบสร้างองค์ประกอบต่างๆได้แก่ ตัวเก็บประจุอิมพัลส์ ความด้านทานสำหรับปรับรูปคลื่น ตัวเหนี่ยวนำสำหรับปรับรูปคลื่น สวิตช์สารกึ่งตัวนำประเภทไทรีสเตอร์คือ SCR เมื่อประกอบสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วทำการทดลองใช้งานเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำนี้เพื่อเปรียบเทียบรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ที่สร้างได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์ 8/20 μs ตามมาตรฐาน IEC 60-1 [2] หรือไม่ จากนั้นทดลองใช้งานเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำเป็นตัวจ่ายกระแสอิมพัลส์แก่อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินคือ เมทัลออกไซด์วาริสเตอร์ (MOV)

1.4 ผลงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

จากการค้นคว้างานวิจัยในอดีตพบว่าในปี 1988 มหาวิทยาลัยควีนแลนด์ ได้ออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำขึ้นมาโดย M. Darveniza และคณะ [5] สามารถสร้างอิมพัลส์ฟ้าผ่าได้อย่างต่อเนื่องกันจำนวน 6 พัลส์ ด้วยระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์อยู่ในช่วง 20-130 ms โดยมีพิกัดแรงดันสูงถึง 100 kV หรือ กระแส 10 kA และงานวิจัยของ MM Yaacob และคณะ [6] ที่สามารถสร้างอิมพัลส์ฟ้าผ่าได้อย่างต่อเนื่องกันจำนวน 4 พัลส์ และสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์เช่น ช่วงระยะเวลาห่างกันของแต่ละอิมพัลส์และค่ายอดสูงสุดของอิมพัลส์ เพื่อใช้ในการการทดสอบด้วยอิมพัลส์ซ้ำของฉนวนต่างๆทางไฟฟ้า ฟิวส์ที่ใช้ในระบบจำหน่าย กับดักเสิร์จในระบบจำหน่าย และเมทัลออกไซด์วาริสเตอร์ (MOV) ฯลฯ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ก) ใช้เครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นนี้ เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาวิจัยและการทดสอบด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงเพื่ออธิบายถึงผลตอบสนองต่างๆที่เกิดขึ้นเมื่อทำการทดสอบด้วยกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำกับอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คือ เมทัลออกไซด์วาริสเตอร์ (MOV)

ข) เป็นต้นแบบของการพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำที่จะนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อการทดสอบความคงทนของกับดักเสิร์จ หรืออุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินต่อกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ ซึ่งจะเป็นฟังก์ชันการออกแบบและพัฒนาคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินที่ผลิตให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วยเนื้อหาส่วนหลักๆ 5 บท คือ

บทที่ 1 (บทนำ)

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีการเกิดฟ้าผ่าและปรากฏการณ์การเกิดฟ้าผ่าซ้ำ รวมถึงหลักการและทฤษฎีการสร้างรูปคลื่นกระแสอิมพัลส์

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ องค์ประกอบต่างๆ และการประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองใช้งานเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำเพื่อตรวจสอบผลการประกอบสร้างว่าได้ผลตามเป้าหมายกำหนดไว้หรือไม่ เพื่อทำการวิเคราะห์และประเมินผล

บทที่ 5 กล่าวถึง สรุปผลการออกแบบและประกอบสร้างเครื่องกำเนิดกระแสอิมพัลส์ฟ้าผ่าซ้ำ และข้อเสนอแนะ