หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

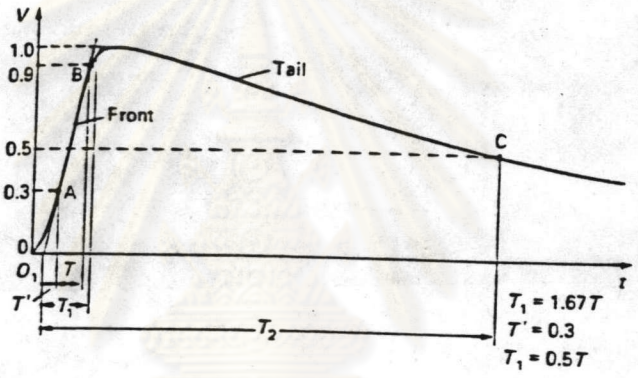
1.1 บทนำทั่วไป

ปัจจุบันอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้ขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและกว้างขวาง รัฐบาลก็มีนโยบายที่จะให้ประชาชนมีไฟฟ้าใช้กันทั่วถึงทุกตำบลและครัวเรือน การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปสู่อุตสาหกรรมและประชาชนในที่ที่กว้างใหญ่เช่นนี้ จำเป็นต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงเป็นปริมาณมาก รัฐบาลจึงได้ส่งเสริมให้มีโรงงานที่สามารถผลิตวัสดุและอุปกรณ์เหล่านี้ขึ้นใช้เอง และรวมไปถึงการส่งออกด้วย ในขณะนี้ก็มีโรงงานที่สามารถผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงถึงระดับปานกลางขึ้นได้หลายชนิดแล้ว เช่น ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า สายเคเบิล หม้อแปลงไฟฟ้า สวิตช์ตัดตอน กับดักแรงดันเกิน และวัสดุฉนวน เป็นต้น ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสหกรรมไฟฟ้าแรงสูงเหล่านี้จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นๆ เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย และโดยเหตุที่อุปกรณ์เหล่านี้ขณะใช้งานมีโอกาสที่จะได้รับแรงดันเกินซึ่งอาจอยู่ในรูปแรงดันอิมพัลส์แบบฟ้าผ่า (Lightning Impulse) ที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติคือ ฟ้าผ่า หรือในรูปแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตชิ่ง (Switching Impulse) ซึ่งเกิดจากการทำงานของสวิตช์ตัดตอน ฉะนั้นเพื่อให้เกิดความมั่นใจได้ว่าอุปกรณ์เหล่านี้เมื่อนำไปใช้งานจะมีความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าเกินเหล่านี้ได้ และไม่เป็นเหตุให้เกิดความผิดพร่องในระบบอันเนื่องมาจากความล้มเหลวของการฉนวนจึงต้องทำการทดสอบการฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยแรงดันอิมพัลส์ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กับแรงดันระบบสูงสุดไม่เกิน 300 kV มาตรฐานกำหนดการทดสอบการฉนวนด้วยแรงดันอิมพัลส์แบบรูปคลื่นฟ้าผ่าซึ่งเรียกว่า Basic Impulse Insulation Level (BIL) [1] ซึ่งข้อกำหนดของมาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดขนาดของแรงดันทดสอบการฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าตามขนาดของแรงดันสูงสุดในระบบที่อุปกรณ์ไฟฟ้าจะนำไปใช้งานดังแสดงในตารางที่ 1.1

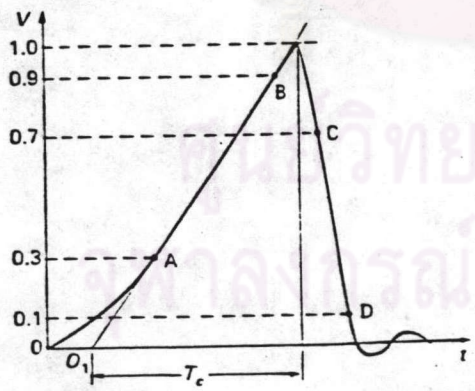
ตารางที่ 1.1 แสดงค่าแรงดันทดสอบ BIL ของการฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้า [1]

ขนาดแรงดันสูงสุดในระบบ(kV)	3.6	7.2	12	17.5	24	36	52	72.5
BIL (kV)	45	60	75	95	125	170	250	325

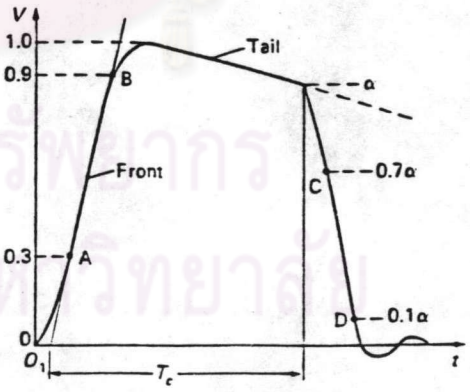
แรงดันอิมพัลส์ที่ใช้ในการทดสอบ BIL จะได้จากเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ซึ่งอาจมีรูปคลื่นเต็มหรือรูปคลื่นตัด ดังแสดงในรูปที่ 1.1 [1,2]



ก)



ข)



ค)

รูปที่ 1.1 แรงดันอิมพัลส์แบบฟ้าผ่า [1]

ก) แรงดันอิมพัลส์แบบฟ้าผ่ารูปคลื่นเต็ม

ข) แรงดันอิมพัลส์แบบฟ้าผ่ารูปคลื่นตัดที่หน้าคลื่น

ค) แรงดันอิมพัลส์แบบฟ้าผ่ารูปคลื่นตัดที่หางคลื่น

1.2 วิธีการวัดแรงดันอิมพัลส์

การวัดแรงดันอิมพัลส์ในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงโดยทั่วไปอาจวัดได้ด้วยแกปทรงกลมหรือโวลเตจดิไวเดอร์ แต่การวัดด้วยแกปทรงกลมนั้นมักจะใช้เพียงเพื่อทำการแบ่งเทียบ (Calibration) ระบบวัด ทั้งนี้เพราะว่าการวัดด้วยแกปทรงกลมเป็นวิธีที่อาศัยการเกิดสปาร์กในแกปที่ไม่มีเข็มชี้หรือตัวเลขบอกขนาดแรงดันโดยตรง แล้วอ่านค่าจากตารางหรือเส้นกราฟตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและระยะแกปของทรงกลมที่มีให้ [3] ในทางปฏิบัติจึงมักใช้วิธีวัดแรงดันอิมพัลส์ด้วยโวลเตจดิไวเดอร์ ซึ่งประกอบด้วยอิมพิแดนซ์ภาคแรงสูงและอิมพิแดนซ์ภาคแรงต่ำ สามารถทราบค่าที่วัดได้โดยใช้อัตราส่วนแรงดันที่หามาจากสัดส่วนของอิมพิแดนซ์ทั้งสองเป็นแฟคเตอร์คูณค่าที่อ่านได้จากแรงดันคร่อมอิมพิแดนซ์ภาคแรงต่ำ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในบทที่ 2

1.3 ที่มาของปัญหา

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าประเทศไทยเราสามารถผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงขึ้นใช้ในประเทศได้หลายชนิดนับเป็นเวลาหลายปีมาแล้ว ซึ่งปัจจุบันผลิตขึ้นใช้กับระบบแรงดันถึง 33 กิโลโวลต์และมีแนวโน้มที่จะผลิตใช้กับระบบ 69 กิโลโวลต์ในอนาคตอันใกล้นี้ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะต้องทดสอบ BIL เท่ากับ 170 และ 325 กิโลโวลต์สำหรับระบบ 33 และ 69 กิโลโวลต์ตามลำดับ โวลเตจดิไวเดอร์ที่ใช้วัดแรงดันอิมพัลส์ยังต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศด้วยราคาที่สูงมาก จึงสมควรที่จะได้มีการพัฒนาออกแบบสร้างอิมพัลส์โวลเตจดิไวเดอร์ขึ้น เพื่อเป็นการประหยัดและพัฒนาเทคโนโลยีในด้านนี้ให้สามารถประกอบสร้างขึ้นใช้เองได้ทุกระดับแรงดัน

ที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยไฟฟ้าแรงสูงได้เคยออกแบบสร้างอิมพัลส์โวลเตจดิไวเดอร์แบบความต้านทานขนาด 300 กิโลโวลต์ [4] และแบบตัวเก็บประจุที่ตัวเก็บประจุภาคแรงสูงเป็นตัวเก็บประจุเดี่ยว [5] โวลเตจดิไวเดอร์แบบความต้านทานเหมาะสำหรับใช้วัดแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่าขนาดแรงดันตั้งแต่ 50 - 2,000 กิโลโวลต์ [6] มีข้อเสียคือ จะมีผลของความจุสเตรลงดิน ถ้าความต้านทานภาคแรงสูงมีค่ามากเกินไปจะทำให้เวลาตอบสนองมีค่ามาก แต่ถ้าความต้านทานภาคแรงสูงมีค่าน้อยเกินไป จะทำให้เกิด

พลังงานสูญเสียในโวลเตจดิไวเดอร์นี้มากและกลายเป็นโหลดของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ ส่วนโวลเตจดิไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุเดี่ยวเหมาะสำหรับใช้วัดแรงดันอิมพัลส์ แต่มีข้อเสียคือใช้บันทึกรูปคลื่นแรงดันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ไม่ดีนัก และเมื่อจะใช้โวลเตจดิไวเดอร์ชนิดนี้กับระบบแรงดันที่สูงมากๆ โครงสร้างของโวลเตจดิไวเดอร์จะมีขนาดใหญ่มาก ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและเป็นปัญหาในการออกแบบสร้าง ดังนั้นจึงเห็นสมควรให้มีการศึกษาออกแบบสร้างโวลเตจดิไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุมีความต้านทานหน่วงกระจาย ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้บันทึกรูปคลื่นที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ดี ใช้กับระบบแรงดันสูงมากๆได้โดยที่โครงสร้างของโวลเตจดิไวเดอร์มีขนาดไม่ใหญ่นัก เลือกขนาดแรงดันที่กำหนด 400 กิโลโวลต์ เพื่อให้สามารถใช้วัดแรงดันทดสอบของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงที่ผลิตได้แล้วที่มีค่า BIL เท่ากับ 200 กิโลโวลต์ [7] และแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยเท่ากับ 275 กิโลโวลต์ [8]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย