โวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูง 300 kV

Capacitor Voltage Divider Rate 300 kV

กัณณพนต์ ชูชื่น[1], อภิศักดิ์ ขันแก้วหล้า[2] และ สวัสดิ์ ยุคะลัง[3*]

Chucheon, K.[1], Kunkeowla, A.[2] & Yukhalang, S.[3*]

บทคัดย่อ

การวัดไฟฟ้าแรงดันสูง แรงดันอิมพัลส์หรือแรงดันที่เลียนแบบฟ้าผ่าต้องใช้เทคนิคการวัดและอุปกรณ์การวัดที่เหมาะสมต่อร่วมกับวงจรได้ บทความวิจัยนี้นำเสนอรายงานผลการออกแบบสร้างโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูง 300 กิโลโวลต์ การทดสอบและประเมินผลการทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน IEC 60-2 (1994) จากการทดลองโดยใช้วิธีค่อยๆเพิ่มแรงดันสูงถึงแรงดันที่ต้องการวัด โดยใช้โวลท์เตจดิไวเดอร์เป็นอุปกรณ์วัดแรงดันที่แบ่งเป็นภาคแรงดันสูงและแรงดันต่ำต่อเข้ากับแรงดันที่จะวัด ซึ่งใช้เป็นเทคนิคการวัดแรงดันสูงโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์

ผลจากการทดสอบการวัดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ 300 กิโลโวลต์ ที่ออกแบบและสร้างขึ้น สามารถใช้วัดแรงสูงได้เป็นอย่างดี ที่การวัดแรงดันสูงอิมพัลส์ที่ 740 กิโลโวลต์ และยังสามารถ

[1] นักศึกษา สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Electrical Engineering program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak Campus

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Assistant Professor, Dr. Electrical Education program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak Campus

[3] อาจารย์ประจำ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

Electrical Engineering program, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Tak Campus

[*] Corresponding Author, E-mail : yu_sawat@hotmail.com

วัดแรงดันสูงกระแสสลับที่ 373 กิโลโวลต์ และแรงดันสูงกระแสตรงที่ 445 กิโลโวลต์ ตามลำดับ สามารถใช้ในการวัดแรงดันระดับปานกลางและแรงดันสูงมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบที่อ้างอิง

คำสำคัญ : *โวลท์เตจดิไวเดอร์, คาปาซิเตอร์แรงดันสูง, เทคนิคการวัดแรงดันสูง*

Abstract

The high voltage measurement are impulse or lightning breakdown to be voltage measurement technique and equipment circuit appropriate. This research presents a design and construction of a capacitor voltage divider rate 300 kV. The testing and evaluate the test results confirmed in according to IEC 60-2 (1994) standard. From testing the voltage, regulate to rate voltage-by-voltage divider as high voltage part and low voltage part connect to measuring of voltage test. This voltage measurement technique is capacitor voltage divider.

The tester results capacitor voltage divider rate 300 kV designed and built. Can be used as a high voltage and have a good performance. The average impulse voltage measurement is 740 kV. It can also measure the high voltage, alternating current at 373 kV and the high DC current is 445 kV respectively. It can be used to measure medium voltage and high voltage. High qualified according to reference benchmark.

Keywords: *Voltage Divider, High Voltage Capacitor, High Voltage Measurement Technique*

บทนำ

เทคนิคการวัดแรงดันสูงจะขึ้นอยู่กับชนิดของแรงดันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ แรงดันกระแสสลับ แรงดันกระแสตรงและแรงดันอิมพัลส์ (สำรวย สังข์สะอาด, 2549) การวัดและเทคนิคการวัดทั้งภายในห้องปฏิบัติการและระบบส่งจ่ายอาจจะมีหลากหลายวิธีตามความเหมาะสม เที่ยงตรงตามมาตรฐานการวัดแรงดันสูงทั้งแบบ แกปทรงกลมโวลต์มิเตอร์แบบไฟฟ้าสถิต อิมพีแด๊นซ์ต่ออันดับและแบบโวลเตจดิไวเดอร์ ก็เป็นที่นิยมใช้แล้วแต่ละระบบและการประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม การวัดแรงดันสูงแบบโวลเตจดิไวเดอร์ก็เป็นที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการมากอีกแบบหนึ่ง เนื่องจากสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายวิธี ซึ่งมีทั้งโวลเตจดิไวเดอร์แบบวงจรร่วมสำหรับการวัดแรงดันสูงกระแสสลับกระแสตรงและอิมพัลส์ โดยใช้เทคนิควงจรร่วม R-C การออกแบบและสร้างจึงแพร่หลายตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ มีทั้งแบบคาปาซิเตอร์ 150 kV แบบที่ให้ความถี่สูงโดยการออกแบบเป็นวงจร R-C ผสม (ไชยพร หล่อทองคำ, 2546) การจำลองร่วมกับหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยการกำหนดสัมประสิทธ์การรวมแรงดันของหม้อแปลงใช้คาปาซิเตอร์โวลเตจดิไวเดอร์ การหาคุณสมบัติของการถ่ายเทความร้อนของฉนวนสายส่งแรงสูงโพลีเอสทีรีน (XLPE) ด้วยต้นแบบคาปาซิเตอร์โวลเตจดิไวเดอร์แรงดันร่วม (วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐและคณะ, 2555) หรือการใช้คาปาซิเตอร์โวลเตจดิไวเดอร์แรงสูงแบบกระแสตรงเพื่อการป้องกันในวงจรแปลงผัน (มินเรศน์ เตชะวงศ์ และ วรพงศ์ กันทะ, 2556) รวมถึงเป็นวงจรการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงดันแบบฟาสพัลส์คาปาซิเตอร์โวลเตจดิไวเดอร์ของการทดสอบ จากวงจรการประยุกต์เพื่อใช้ในการวัดอย่างกว้างขวาง การนำมาประยุกต์สร้างเพื่อการวัดแรงดันสูงจึงมีความสำคัญสำหรับทดสอบไฟฟ้าแรงดันสูงที่ใช้ในประเทศ (Haibin Jin and et. al., 2014) และการใช้การวัดแบบโวลเตจดิไวเดอร์ส่วนมากออกแบบมาใช้เฉพาะในขอบเขตจำกัดของการใช้งานของแรงดันแต่ละแบบแต่ละระบบเท่านั้น (Matthias Birle and et. al., 2013) งานวิจัยนี้จึงช่วยแก้ปัญหาด้วยการออกแบบและสร้างคาปาซิเตอร์โวลเตจดิไวเดอร์แรงสูง 300 kV ที่มีคุณสมบัติสามารถวัดระดับแรงดันสูงและระดับปานกลางของระดับแรงดันที่ใช้ในประเทศและอ้างอิงคุณสมบัติตามข้อกำหนดของเกณฑ์มาตรฐาน (IEC*Publication60-2, 1994).

วัตถุประสงค์

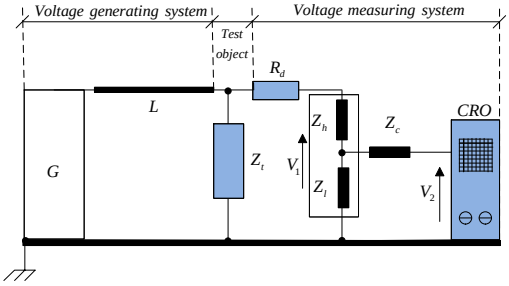
เพื่อออกแบบและสร้างสร้างโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV . ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงดันสูง ใช้ในงานทดสอบและวัดค่าผลการทำงาน (N.D. Jacob and et. al., 2010) สามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาและนำมาเป็นอุปกรณ์ทดลองในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงเพื่อการศึกษาและวิจัยพัฒนา โดยอ้างอิงคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบ

สมมติฐาน

การศึกษาการวัดระดับไฟฟ้าแรงสูงของระบบไฟฟ้า ทั้งแรงดันกระแสสลับ แรงดันกระแสตรง และแรงดันอิมพัลส์ ค่าแรงดันไฟฟ้าระดับปานกลาง และแรงดันไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้ในประเทศนอกจากการไฟฟ้าทั้งสามหน่วยงานแล้ว สถาบันการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าก็เป็นส่วนหนึ่งที่จะต้องมีเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่สามารถทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด และพัฒนาปรับปรุงอุปกรณ์การวัดแรงสูง (Xuan Wang and et. al., 2006) ให้มีประสิทธิภาพที่สามารถอ้างอิงคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบ ซึ่งการใช้โวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ 300 kV สำหรับแรงสูงจะสามารถทำให้การวัดและทดสอบแรงดันทั้งสามแบบได้เป็นอย่างดีเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่อ้างอิง

วิธีการวิจัย

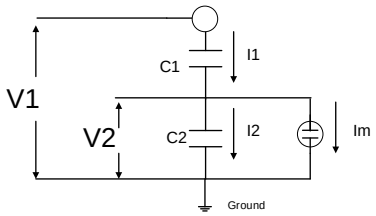
การวิจัยจะเน้นการออกแบบและสร้างชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV โดยการทำวิจัยนี้จะแยกออกเป็น 1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลการสร้างและการใช้ประโยชน์ของชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูง 2) ออกแบบและสร้างชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์การวัดและทดสอบแรงสูง 3) ทดสอบและเปรียบเทียบผลการทำงานของอุปกรณ์กับค่าอ้างอิงตามมาตรฐาน 4) วิเคราะห์และสรุปผล โดยมีหลักการวัดเพื่อการออกแบบดังแสดงในภาพที่ 1



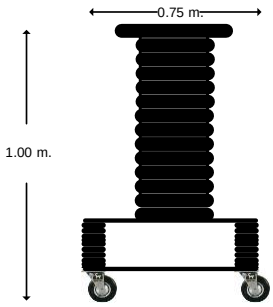
ภาพที่ 1 วงจรการวัดโวลท์เตจดิไวเดอร์สำหรับแรงสูง

การวัดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงจะมีองค์ประกอบทั้งภาคแรงสูงและแรงต่ำ เพื่อเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แบ่งทอนแรงดันสูงๆ ออกเป็นแรงดันต่ำให้สามารถวัดค่าได้ ซึ่งภาคแรงต่ำคือภาคที่จะต้องต่อนำไปสู่เครื่องมือวัด (แสดงช่วงแรงดันต่ำ V2 สำหรับเข้าเครื่องมือวัดในภาพที่ 1) และแบบวงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV ที่ได้ออกแบบเพื่อการสร้างแสดงดังในภาพที่ 2 จะใช้ตัวเก็บประจุในภาคแรงสูงแบบตัวเก็บประจุย่อยต่ออันดับกันร่วมเป็นกลุ่มของภาคแรงสูง (C1) และกลุ่มของภาคแรงดันต่ำ (C2) และภาพที่ 3 สำหรับแบบโครงสร้างที่จะดำเนินการสร้างชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV เพื่อให้สามารถใช้ทดสอบแรงดันสูงได้และป้องกันการวาบไฟตามผิวของท่อฉนวน โครงสร้าง ขนาดของอุปกรณ์และท่อสำหรับนำตัวเก็บประจุของโวลท์เตจดิไวเดอร์บรรจุไว้จึง

ต้องมีความกว้างและสูง ประกอบเข้าด้วยชุดกราวด์สำหรับต่อออกภายนอกของโครงสร้างและออกแบบเพื่อให้สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวกต่อการนำไปใช้ทดสอบในสถานที่ต่างๆได้ (Er-Jie Qi and et. al., 2016)



ภาพที่ 2 แบบวงจรโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV



ภาพที่ 3 แบบโครงสร้างที่ออกแบบสำหรับสร้าง

โดยหลักการกระแสเข้าเครื่องวัดน้อยมากจะเท่ากับศูนย์ ทำให้ได้ค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุภาคแรงสูงและภาคแรงต่ำมีค่าเกือบจะเท่ากัน จะได้ดังสมการที่ (1)-(3)

$$V_1 = \frac{C_1 + C_2}{C_1} V_2 \quad (1)$$

$$I_1 = I_2 = \omega C_2 V_2 \quad (2)$$

$$(C_2 >> C_1) \qquad V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} \quad (3)$$

เมื่อ

C_1 = ตัวเก็บประจุภาคแรงสูง

C_2 = ตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำ

I_1 = กระแสไฟฟ้าภาคแรงสูง

I_2 = กระแสไฟฟ้าภาคแรงต่ำ

I_m = กระแสไฟฟ้าเข้าเครื่องวัด

V_1 / V2 = แรงดันสูง/แรงดันที่ต้องการวัด

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

รายงานผลการวิจัยจากชุดทดสอบโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV ที่สร้าง โดยอ้างอิงมาตรฐาน IEC 60-2 (1994) ทดสอบยึดแนวทางตามวัตถุประสงค์การวิจัยเป็นหลัก ผลการวิจัยที่ได้ในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นการใช้ชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ทดสอบคุณสมบัติของการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เป็นการทดสอบให้ใกล้เคียงสภาพใช้งานจริง มีค่าความคลาดเคลื่อนของของการทดสอบภาคแรงสูงและภาคแรงต่ำเป็น -2.5% และ -1.5% ตามลำดับ ผลการทดสอบอ้างอิงข้อกำหนดมาตรฐานพบว่าอยู่ในเกณฑ์

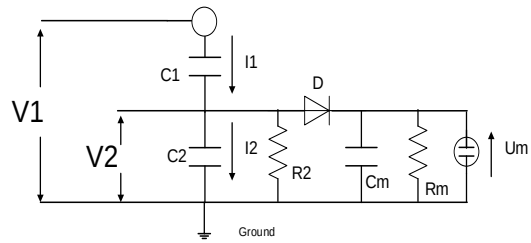
มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน ± 3% ผลที่ได้สรุปดังในตารางดังนี้

ตารางที่ 1

การทดสอบคุณสมบัติชุดทดสอบโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ ด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

แรงดันทดสอบของวงจร	พารามิเตอร์ของวงจร	ค่าจากการออกแบบ (การคำนวณ)	ค่าจากการวัด	ความคลาดเคลื่อน (%)
โหลดลูกถ้วยฉนวนธรรมดาขนาด 300 pF ที่แรงดัน 375 kv (rms)	ตัวเก็บประจุภาคแรงสูง C1 (pF)	2 pF	1.95 pF	-2.5
	ตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำ C2 (pF)	200 pF	197 pF	-1.5

ในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติของการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จะใช้หลักการวัดเหมือนกับการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ แต่ใช้วงจรเรกติฟายเออร์เรียงกระแสและมีตัวเก็บประจุกรองกระแสเป็นพื้นฐานในการ วัด (Carlos Gonzalez and et. al., 2016) ดังแสดงในภาพที่ 4 และผลการทดสอบดังตารางที่ 2



ภาพที่ 4 แบบวงจรเรกติฟายเออร์โวลเตจดิไวเดอร์สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ตารางที่ 2

การทดสอบคุณสมบัติชุดทดสอบโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ ด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

แรงดันทดสอบของวงจร	พารามิเตอร์ของวงจร	ค่าจากการออกแบบ (การคำนวณ)	ค่าจากการวัด	ความคลาดเคลื่อน (%)
โหลดลูกถ้วยฉนวนธรรมดาขนาด 300 pF ที่แรงดัน 450 kv	ตัวเก็บประจุภาคแรงสูง C1 (pF)	2 pF	1.97 pF	-1.5
	ตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำ C2 (pF)	200 pF	198 pF	-1
	R2 ความต้านทานขนานประจุภาคแรงต่ำ(Ω)	1 Ω	0.99 Ω	-1
	Rm ความต้านทานดีสชาร์จประจุ(Ω)	100 MΩ	98 MΩ	-2
	ตัวเก็บประจุดีสชาร์จ Cm (pF)	1 pF	0.97 pF	-3

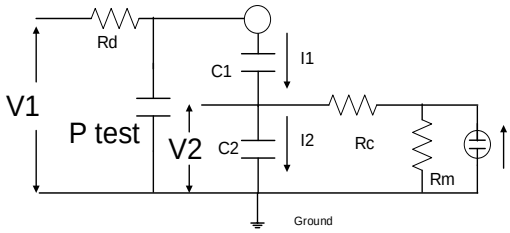
ผลการวิจัยที่ได้ในตารางที่ 2 เป็นการใช้ชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ทดสอบคุณสมบัติของการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่ใช้วงจรเรกติฟายเออร์เรียงกระแสและมีตัวเก็บประจุเป็นตัวกรองกระแส มีการทดสอบระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ 150 % ของแรงดันที่ออกแบบ เป็นการทดสอบคุณสมบัติของชุดวัดด้วยระบบการวัดของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของโหลดที่เป็นลูกถ้วยฉนวนธรรมดาระดับแรงดัน 450 kV มีความคลาดเคลื่อนของการทดสอบของตัวเก็บประจุภาคแรงสูง, ตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำ, ต้านทานขนานประจุภาคแรงต่ำ, ความต้านทานดีสชาร์จประจุและตัวเก็บประจุดีสชาร์จ มีค่าเป็น -1.5%, -1%, -1% และ -2% และ -3% ตามลำดับ ผลการทดสอบอ้างอิงข้อกำหนดมาตรฐาน พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

และสำหรับในส่วนของการทดสอบคุณสมบัติของการวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์ด้วยชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV เป็นการวัดเพื่อสามารถทราบค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันตามเวลาด้วย เนื่องจากการวัดแรงดันอิมพัลส์ด้วยวิธีอื่น (การวัดด้วยแกปทรงกลม) จะทราบแต่ค่ายอดคลื่น ชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ที่สร้างขึ้นจึงต้องต่อร่วมกับความต้านทานหน่วง เพื่อให้ผลการวัดขนาดและลักษณะรูปคลื่นของแรงดันมีความถูกต้อง ผลตอบสนองของรูปคลื่นและสเกลแฟกเตอร์ รวมถึงผลตอบสนองของพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัด จะได้ค่าความคงทนต่อแรงดันการวัดและรูปคลื่นช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่นที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ผลการทดสอบดังตารางที่ 3 และแสดงแบบวงจรดังในภาพที่ 5 โดยที่ค่าความต้านทานของสายเคเบิล (R_c) และค่าความต้านทานที่ต่อขนานเครื่องวัด (R_m) จะทำให้แรงดันตกคร่อมเครื่องวัด (V_2) ลดลงตามไปด้วย ทำให้การเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงของแรงดันมีเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3

การทดสอบคุณสมบัติชุดทดสอบโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ ด้วยการวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์ (Impulse)

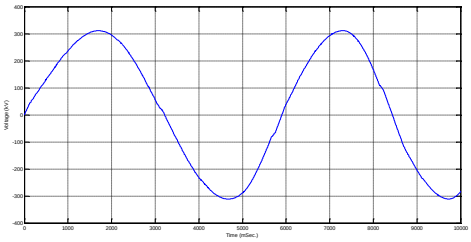
แรงดันทดสอบของวงจร	พารามิเตอร์ของวงจร	ค่าจากการออกแบบ (การคำนวณ)	ค่าจากการวัด	ความคลาดเคลื่อน (%)
โหลดลูกถ้วยฉนวนธรรมดาขนาด 300 pF ที่การทดสอบด้วยแรงดันอิมพัลส์	ตัวเก็บประจุภาคแรงสูง C1 (pF)	2 pF	1.97 pF	-1.5
	ตัวเก็บประจุภาคแรงต่ำ C2 (pF)	200 pF	197 pF	-1.5
	Rc ความต้านทานดิไวเดอร์เครื่องวัด (Ω	10 kΩ	9.8 kΩ	-2
	Rm ความต้านทานดีสชาร์จประจุ(Ω)	100 MΩ	97.5 MΩ	-2.5
	Rd ความต้านทานหน่วง(Ω)	100 kΩ	98 kΩ	-2



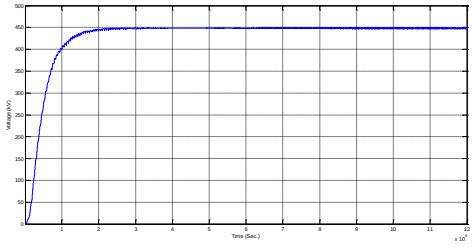
ภาพที่ 5 แบบวงจรโวลเตจดิไวเดอร์สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์

ผลการวิจัยที่ได้ในตารางที่ 3 การใช้ชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ทดสอบคุณสมบัติของการวัดแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์ (Impulse) ซึ่งมีองค์ประกอบของความต้านทานร่วมเพื่อผลการวัดลักษณะรูปคลื่นแบบอิมพัลส์วงจรดังภาพที่ 5 ที่จะต้องมีความต้านทานหน่วง Rd และ ความต้านทานดิไวเดอร์สำหรับเครื่องวัดเนื่องจากรูปคลื่นการวัดแบบอิมพัลส์ของช่วงหน้าคลื่นและช่วงหลังคลื่นมีความถูกต้องแม่นยำ มีค่าความคลาดเคลื่อนของของการทดสอบภาคแรงสูงและภาคแรงต่ำของชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV ที่ออกแบบสร้างเป็น -1.5% และ -1.5% ตามลำดับ ผลการทดสอบอ้างอิงข้อกำหนดมาตรฐานพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน ± 3% ส่วนผลการตรวจวัดพารามิเตอร์อื่นๆ ได้อ้างอิงข้อคุณสมบัติลักษณะของสเกลแฟกเตอร์ของโวลเตจดิไวเดอร์แรงดันอิมพัลส์ช่วงหน้าคลื่นและช่วงหลังคลื่นเป็น 3% และ 5% ตามลำดับ

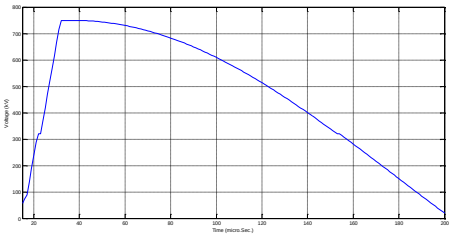
จากการทดสอบคุณสมบัติชุดดิไวเดอร์แบบแบบคาปาซิเตอร์สำหรับแรงสูงพิกัด 300 kV ที่สร้างขึ้นต่อการวัดแรงดันทั้งสามแบบ แรงดันทางไฟฟ้า ผลที่ได้แสดงดังกราฟรูปภาพที่ 6 ถึง 8 ของระดับแรงดันที่ทดสอบ ที่พิกัด 1.25 เท่า สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับและที่พิกัด 1.5 เท่า สำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ส่วนแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์ที่จุดวาบไฟของลูกถ้วย



ภาพที่ 6 รูปสัญญาณที่วัดแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพที่ 7 รูปสัญญาณที่วัดแบบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 8 รูปสัญญาณที่วัดแบบแรงดันไฟฟ้าแบบอิมพัลส์

จากภาพที่ 6 – 8 เป็นส่วนหนึ่งของรูปสัญญาณของแรงดันทางด้านเข้าสำหรับในการวัดหนึ่งครั้งที่กระแสสลับที่ 375 kV แรงดันกระแสตรงที่ 450 kV จะได้แรงดันทางด้านออกกระแสสลับที่ 373 kV แรงดันกระแสตรงที่ 445 kV ส่วนการทดสอบแรงดันอิมพัลส์ที่ต่อร่วมกับชุดหน่วงเพื่อการวัดค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นที่ 740 kV มีช่วงเวลาหน้าคลื่นและหลังคลื่นเป็น 30/220μS. อันเนื่องจากชุดหน่วงเพื่อการตรวจวัดรูปคลื่น ที่มีค่าความต้านทานและตัวเก็บประจุไฟฟ้าไว้เป็นชุดหน่วงสำหรับการวัด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบและประเมินผลชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ 300 kV ที่ออกแบบและสร้างขึ้น สามารถที่ใช้เป็นชุดทดสอบสำหรับการวัดค่าแรงดันสูงและสามารถประยุกต์ใช้สำหรับการวัดแรงสูงแบบต่างๆได้ดังตารางผลการทดสอบ มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่อ้างอิงถึง งานวิจัยในการสร้างชุดวัดนี้ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับการวัดแรงดันสูง ใช้ในงานทดสอบและวัดค่าผลการทำงานสามารถนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการศึกษาและนำมาเป็นอุปกรณ์ทดลองในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูงเพื่อการศึกษาและวิจัยพัฒนา

ข้อเสนอแนะ

ชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์แบบคาปาซิเตอร์ 300 kV ที่ออกแบบและสร้างขึ้น ได้ใช้วัสดุที่มีอยู่ภายในประเทศเพื่อการสร้างและทดสอบ ควรมีการพิจารณาวัสดุจากหลากหลายทั้งภายในและภายนอกประเทศเพื่อนำมาประยุกต์สร้างและทดสอบสำหรับพัฒนาการสร้างอุปกรณ์ในอนาคต และควรนำชุดโวลท์เตจดิไวเดอร์ที่สร้างเข้าทดสอบกับสำนักงานทดสอบมาตรฐานที่มีในประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณโครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ประจำปี 2558 และขอขอบคุณศูนย์วิจัยพลังงานแสงอาทิตย์และไฟฟ้าพลังงานน้ำ และโครงการฝึกประสบการณ์ในสถานประกอบการสำหรับอาจารย์บรรจุใหม่ ในปี 2558 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำรวย สังข์สะอาด. (2549). *วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง.* กรุงเทพฯ : 2549

วิเชษฐ ทิพย์ประเสริฐและคณะ. (2555). “คุณลักษณะและสมรรถนะของลูกถ้วย ฉนวนไฟฟ้าในระบบจาหน่าย 22 kV การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค” การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 3–5 เมษายน 2555 ณ โรงแรมพาราไดซ์ จังหวัดหนองคาย (Proceeding : PW06)

ไชยพร หล่อทองคำ. (2546). “โวลเตจดิไวเดอร์แบบวงจรร่วมสำหรับใช้วัดแรงดันสูงกระแสสลับ กระแสตรงและแรงดันอิมพัลส์” โครงการวิจัยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2546.

มินเรศน์ เตชะวงศ์ และ วรพงศ์ กันทะ. (2556). “การออกแบบและสร้างชุดแบ่งแรงดันไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสสลับแบบตัวเก็บประจุขนาด 150 กิโลโวลต์” วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, 2556.

Carlos Gonzalez and et. al. (2016). “Dynamic Thermal Modeling of Voltage Divider Capacitive Coupling” 2016 IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 31, No.3 June 2016, Pages: 1015 - 1025.

Er-Jie Qi and et. al. (2016). “Modelling and Control of Single Phase VIENNA Rectifier” 2016 IEEE International Conference on Industrial Informatics – Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information IEEE Conference Publications Pages: 286 - 289.

Haibin Jin and et. al. (2014). “Research on Key Technology on Designing High-frequency Resistive Voltage Divider Design” 2014 IEEE Student Conference on Research and Development (SCOReD) IEEE Conference Publications Pages: 628 - 630.

IEC*Publication6 0 -2 ,High-Voltage Test Techniques Part 2 : Measuring Systems, 1994.

Matthias Birle and et. al. (2013). “Breakdown of polymer dielectrics at high direct and alternating voltages superimposed by high frequency

high voltages”2013 IEEE International Conference on Solid Dielectrics (ICSD) IEEE Conference Publications Pages: 656 - 661.

N.D. Jacob and et. al. (2010). “Online Partial Discharge Measurement of a High-Voltage Direct Current Converter Wall-Bushing” 2010 IEEE International Conference on Solid Dielectrics (ICSD) IEEE Conference Publications Pages: 630 – 633.

Xuan Wang and et. al. (2006). “Study of Corrosion for High Voltage Direct Current Support Insulator” 2006 IEEE 8th International Conference on Properties & applications of Dielectric Materials IEEE Conference Publications Pages: 558 - 561.