

การศึกษาและทดสอบคุณสมบัติของ ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าภายใต้สภาพเปียกน้ำฝน



นายสมพันธ์ อ่ำพาวัน

005268

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. ๒๕๒๓

A STUDY AND INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF THE
PORCELAIN INSULATORS UNDER WET CONDITIONS

Mr. Sompun Umpavan

A Thesis Submitted in Partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate school
Chulalongkorn University
1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและทดสอบ คุณสมบัติของ ลูกลดด้วยจนวนไฟฟ้า
 ภายใต้สภาพเปียกน้ำฝน
 ชื่อ นิสิต นายสมพันธ์ อ่ำพาวัน
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สำรวย สังข์สะอาด
 ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
 ปีการศึกษา ๒๕๒๓



บทคัดย่อ

การวิจัยหาคุณสมบัติของน้ำฝน เกี่ยวกับความต้านทานจำเพาะ และอัตราการตก ได้รวบรวมข้อมูลจากสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมต่างกัน ๖ แห่ง คือ แถบชายทะเลจังหวัดสงขลา ย่านอุตสาหกรรมเคมีจังหวัดสมุทรปราการ สวนผลไม้และทุ่งนาบางมด บริเวณชุมชนที่อยู่อาศัยพรานนก บริเวณภูเขาและป่าอำเภอรักขภูมิ จังหวัดสงขลา และบริเวณโรงงานปูนซิเมนต์ทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ปรากฏว่าความต้านทานจำเพาะในย่านอุตสาหกรรมเคมี มีค่าต่ำสุดคือ ๒.๗๑ กิโลโอห์ม - เซนติเมตร ซึ่งต่ำกว่าค่าที่กำหนดในมาตรฐานสากล

การศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า ของลูกลดด้วยจนวนในสภาพเปียกน้ำฝนจำลอง ซึ่ง มีลักษณะสมบัติ คือความต้านทานจำเพาะ และอัตราการตกเปลี่ยนแปลงตามข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมน้ำฝนตามธรรมชาติ ทดลองกับตัวอย่างลูกลดด้วยจนวน แบบก้านตรง แบบแขน แบบท่อนยาว (Long-rod) ผลการทดลองแสดงให้เห็น คำนับที่ว่า ฝนตกปรอย ๆ ในระยะเริ่มแรกจะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าวาบไไปตามผิวเปียกของลูกลดด้วยจนวนมากและจะคืบขึ้นเมื่อฝนตกมากขึ้นและติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ ลูกลดด้วยจนวนที่สะอาดในสภาพเปียกน้ำฝนที่มีความต้านทานจำเพาะค่าและอัตราการตกสูง ความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของลูกลดด้วยจนวนจะลดต่ำลงมากตัวอย่าง เช่น เมื่อความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนเปลี่ยนจาก ๗๑.๔ กิโลโอห์ม - เซนติเมตร เป็น ๑ กิโลโอห์ม - เซนติเมตรที่อัตราการตก ๕ มิลลิเมตรต่อวินาที จะทำให้ความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าลดลง ๔๐% และจะลดลง ๑๑.๕% ถ้าอัตราการตกของน้ำฝนเปลี่ยนจาก ๑ มิลลิเมตรต่อวินาที เป็น ๓ มิลลิเมตรต่อวินาที ที่ความต้านทานจำเพาะ ๗๑.๔ กิโลโอห์ม - เซนติเมตร

9

Thesis Title A Study and Investigation of Characteristics
 of the Porcelain Insulators under Wet Condition.
Name Mr. Sompun Umpavan.
Thesis Advisor Assistant Professor Samruay Sangkasaad, Dr.tech.
Department Electrical Engineering
Academic Year 1980

ABSTRACT

This thesis is a study of characteristics of tropical rain. The resistivity and the rate of precipitation of rain are measured. The measurements were carried out at six different localities in Thailand. Those are seacoast area at Songkhla, industrial area at Samut Prakan, agricultural area at Bangmod, Bangkok, urban area at Pran Nok, Bangkok, forestes and mountainous area at Ratta Phum, Songkhla and dust contaminated area (cement plant) at Thung Song, Nakhon Sithammarat. The results indicate that the resistivity of rain in the chemical industrial area is minimum. This value is 2.71 kiloohm-centimeter, which is much lower than the value given in IEC standard.

The characteristics of insulators under artificial rain involving the effects of rain resistivity and precipitation were investigated corresponding to natural rain. The experiments were performed on the pin type, suspension type and long-rod type insulators. The results show that

the wet flashover voltage of insulators, under a drizzle at the beginning of rainfall, is very low. This flashover voltage will increase with the time of raining. It also shows that for the clean insulators, low resistivity of rainfall at high rate of precipitation decreases the withstand flashover voltages. The flashover voltage is reduced about 40 % by decreasing the resistivity of rain from 17.8 kilohm-centimeter to 1 kilohm-centimeter at rate of precipitation 5 millimeter per minute, and 11.9 % reduction by increasing the rate of precipitation from 1 millimeter per minute to 3 millimeter per minute at 17.8 kilohm-centimeter.



กิติกรรมประกาศ

ในการเขียนวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สำรวย
สังข์สะอาด ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัยที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำความรู้ ทั้งภาคทฤษฎี
และภาคปฏิบัติ และไต่กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย

ผู้เขียนขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนสำหรับการ
การวิจัยเรื่องนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดสอบ

ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในบุญคุณของ คณะบุคคลต่อไปนี้ เป็นอย่างมาก ที่ได้ให้
ความช่วยเหลืออันนับประการ เพื่อให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จจริง คือ

- ผู้อำนวยการฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง
- บริษัทสยามอินชูละเตอร์จำกัด นิคมอุตสาหกรรมบางชัน
- ผู้อำนวยการกองอุดมศึกษาทุก กรมอุดมศึกษา
- ผู้อำนวยการกองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา
- ผู้อำนวยการศูนย์พยากรณ์อากาศ ภาคใต้ สงขลา
- คุณ ธรรมศักดิ์ ศรีราม แผนกไฟฟ้า บริษัทไทยอาอาฮีโซคาไฟจำกัด สมุทรปราการ
- คุณ เจกิ้น วิษณรัตน์ หัวหน้าหน่วยเครื่องมือวัด บริษัทไทยอาอาฮีโซคาไฟจำกัด
- คุณบรรลพ สุวรรณไกร ช่างไฟฟ้าประจำกะ บริษัทไทยอาอาฮีโซคาไฟ จำกัด
- คุณ สมพงษ์ สะอึ้งทอง ช่างไฟฟ้าประจำกะ บริษัทไทยอาอาฮีโซคาไฟ จำกัด
- นักศึกษาแผนกช่างกลเกษตร วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา สงขลา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ข
รายการตารางประกอบ	ฉ
รายการรูปประกอบ	ท
สัญลักษณ์	ก
บทที่	



๑	บทนำ	๑
๑.๑	ความเป็นมาของปัญหา	๑
๑.๒	วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย	๒
๑.๓	ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย	๒
๒	น้ำฝน	๓
๒.๑	ฝนในประเทศไทย.....	๓
๒.๑.๑	อิทธิพลของลมมรสุมที่ทำให้เกิดฝนในประเทศไทย	๓
๒.๑.๒	การจำแนกชนิดของน้ำฝนในประเทศ.....	๔
๒.๒	คุณลักษณะของน้ำฝน	๖
๒.๓	ความสัมพันธ์ระหว่างความกักตุนน้ำเฉพาะของน้ำฝนและอุณหภูมิ	๘
๓	การวัดน้ำฝนและผลที่ได้จากการวัด	๘
๓.๑	สถานที่ทำการวัดและเก็บตัวอย่างน้ำฝน	๘
๓.๒	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดและวิธีการวัด	๑๔
๓.๒.๑	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความกักตุนน้ำเฉพาะ	๑๕
๓.๒.๒	วิธีวัดค่าความกักตุนน้ำเฉพาะ	๑๕

๓.๒.๓	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าอัตราการตก	๑๘
๓.๒.๔	วิธีวัดค่าอัตราการตกของน้ำฝน	๑๘
๓.๓	ผลที่ได้จากการวัดคุณลักษณะของน้ำฝน	๒๑
๓.๓.๑	ค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน	๒๑
๓.๓.๒	ค่าอัตราการตกของน้ำฝน	๔๔
๔	ฉนวนไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสภาพเปียกน้ำฝน	๕๐
๔.๑	บทนำ	๕๐
๔.๒	ผลของ ความต้านทานจำเพาะและอัตราการตกของน้ำฝน ที่มีต่อความต้านทานตามผิวของฉนวนไฟฟ้า	๕๐
๔.๓	ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าเมื่ออยู่ในสภาพเปียกน้ำฝน	๕๓
๔.๓.๑	ลูกถ้วยแขวน	๕๓
๔.๓.๒	ระยะอาร์กแห้งและระยะอาร์กเปียก	๕๓
๕	การทดสอบลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าภายใต้สภาพเปียกน้ำฝน	๕๖
๕.๑	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	๕๖
๕.๑.๑	อุปกรณ์สำหรับพ่นน้ำฝนจำลอง	๕๖
๕.๑.๒	เครื่องทดสอบไฟฟ้าแรงสูงที่ความถี่ต่ำ	๕๘
๕.๒	ตัวอย่างลูกถ้วยที่ใช้ในการทดสอบ	๖๓
๕.๒.๑	ลูกถ้วยกานตรง	๖๓
๕.๒.๒	ลูกถ้วยแขวน	๖๔
๕.๒.๓	ลูกถ้วยทอนยาว	๖๕
๕.๓	วิธีดำเนินการทดสอบ	๖๗
๕.๓.๑	การศึกษาลูกถ้วยกานตรง	๖๗
๕.๓.๒	การศึกษาลูกถ้วยแขวนและลูกถ้วยทอนยาว	๖๘
๕.๓.๓	การทดสอบแรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำแห่งความถี่ต่ำ	๗๐

๕.๓.๔	การทดสอบแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิว เบี่ยงความถี่ค่า	๗๑
๕.๔	การทดสอบคุณสมบัติของ ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าในสภาพ เบี่ยงน้ำฝน	๗๓
๕.๔.๑	หาค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิว เบี่ยง เมื่อค่าความ ต้านทานจำเพาะของ น้ำฝนมีค่าต่างกัน	๗๓
๕.๔.๒	หาค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิว เบี่ยง เมื่อค่าอัตราการตกของ น้ำฝนมีค่าต่างกัน	๗๓
๕.๕	การแปลงผันค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิวที่วัดได้ เทียบกับค่า มาตรฐาน	๗๔
๖.	ผลของการทดสอบลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า	๗๖
๖.๑	ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิวแห่งความถี่ค่า	๗๖
๖.๒	ผลของความต้านทานจำเพาะของ น้ำฝนที่มีต่อแรงดันไฟฟ้าความถี่ ตามฉิว เบี่ยง	๗๖
๖.๓	ผลของอัตราการตกของ น้ำฝนที่มีต่อแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิว เบี่ยง	๘๔
๖.๔	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิว เบี่ยงของ ลูกถ้วย เมื่อ ทดสอบตามมาตรฐานสากล IEC กับมาตรฐาน ANSI	๑๐๐
๖.๕	เปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิวแห่งและฉิว เบี่ยงของ ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้านิคมต่าง ๆ	๑๐๓
๗.	สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย	๑๐๔
	เอกสารอ้างอิง	๑๑๒
	ภาคผนวก	
๑.	นิยาม ศัพท์วิทยากร และรูปที่ใช้ประกอบการวิจัย	๑๑๔

ภาคผนวก

หน้า

๒๐.	แสดง ค่าความต้านทานจำเพาะและอัตราการตกของน้ำฝนในสถานที่ ๒ แห่ง ระหว่างเดือนกรกฎาคม ๒๕๒๐ ถึงเดือนธันวาคม ๒๕๒๑ และแสดง ค่าอัตราการตกของน้ำฝนซึ่งอ่านได้จากเครื่องวัดอัตโนมัติ ของกรมอุทกนิคมวิทยา	๑๑๘
๓๐.	แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิวแห่ง ความถี่ค่าที่ทดสอบได้จาก ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า	๑๕๘
๔๐.	แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามฉิวเป็ยกความถี่ค่า ที่ทดสอบได้จาก ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า เมื่อความต้านทานจำเพาะและอัตราการตก เปลี่ยนแปลง	๑๗๑
ประวัติการศึกษา		๒๓๕

รายการตารางประกอบ

ตารางที่

หน้า

๒.๑ แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำฝน ที่ใช้ในการทดสอบ
ของอเมริกาและIEC ๓

๓.๑ แสดง ค่าความต้านทานจำเพาะต่ำสุดของน้ำฝน ในช่วงคาบที่ฝนตก
แต่ละครั้ง ในย่านโรงงานอุตสาหกรรมเคมีจังหวัดสมุทรปราการ ๓๒

๓.๒ แสดง ค่าความต้านทานจำเพาะต่ำสุดของน้ำฝน ในช่วงคาบที่ฝนตก
แต่ละครั้ง บริเวณแถบชายทะเล จังหวัดสงขลา..... ๓๕

๓.๓ แสดง ค่าความต้านทานจำเพาะต่ำสุดและสูงสุด ของน้ำฝนในสถาน
ที่ ๒ แห่ง ระหว่างเดือนกรกฎาคม ๒๕๒๐ ถึงเดือนธันวาคม ๒๕๒๑.. ๔๓

๓.๔ แสดง ค่าอัตราการตกสูงสุด ของน้ำฝนที่วัดได้ระหว่าง เดือน
กรกฎาคม ๒๕๒๐ ถึงเดือนธันวาคม ๒๕๒๑ ๔๔

๖.๑ แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามผิวเปียกที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนค่า
ความต้านทานจำเพาะของลูกถ้วยกันตรง ๔๐

๖.๒ แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามผิวเปียกที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนค่า
ความต้านทานจำเพาะของลูกถ้วยแขวน ๔๔

๖.๓ แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามผิวเปียกที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนค่า
ความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓
จำนวนลูกถ้วยในพวง ๒ ถึง ๖ ลูก..... ๔๔

๖.๔ แสดง ค่าประสิทธิภาพของพวงลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓ ที่
ความต้านทานจำเพาะค่าต่าง ๆ กัน ๔๕

๖.๕ แสดง ค่าแรงดันไฟฟ้าความถี่ตามผิวเปียกที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปลี่ยนค่า
ความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน ของลูกถ้วยท่อนยาว ๕๒

ตารางที่

๒.๒ แสดงค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกที่เพิ่มขึ้น เมื่อ
เปลี่ยนแปลงค่าอัตราการตกของน้ำฝน ๙๕

๒.๓ เปรียบเทียบผลทดลองค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีก ตาม
มาตรฐาน IEC กับมาตรฐาน ANSI ๑๐๑

๒.๔ ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกต่อค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตาม
ฉีกแห่งความถี่ค่าของลูกถ้วยถ่านตรง เมื่อความต้านทานจำเพาะ
ของน้ำฝนมีค่าต่างกัน ๑๐๔

๒.๕ ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกต่อค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตาม
ฉีกแห่งความถี่ค่าของลูกถ้วยแขนหนึ่งลูก เมื่อความต้านทาน
จำเพาะของน้ำฝนมีค่าต่างกัน ๑๐๕

๒.๑๐ ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกต่อค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตาม
ฉีกแห่งความถี่ค่าของลูกถ้วยแขนแบบ ๕๒ - ๓ จำนวนลูกถ้วยใน
พวง ๒ ลูก ๓ ลูก และ ๔ ลูก เมื่อความต้านทานจำเพาะของ
น้ำฝนมีค่าต่างกัน ๑๐๖

๒.๑๑ ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกต่อค่าแรงดันไฟฟ้ารวมไฟตามฉีกแห่ง
ความถี่ค่าของลูกถ้วยท่อนยาว เมื่อความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน
มีค่าต่างกัน ๑๐๗

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
๒.๑	๔
๓.๑	๑๐
๓.๒	๑๑
๓.๓	๑๓
๓.๔	๑๖
๓.๕	๑๗
๓.๖	๑๗
๓.๗	๑๘
๓.๘	๑๘
๓.๙	๑๘
๓.๑๐	๒๔
๓.๑๑	๒๕
๓.๑๒	๒๖
๓.๑๓	๒๘
๓.๑๔	๓๐
๓.๑๕	๓๑
	๓๔

๓. ๑๖	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณแถบชายทะเล (๒๐ พ.ย. ๒๐ - ๒๔ ธ.ค. ๒๐).....	๓๕
๓. ๑๗	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณแถบชายทะเล (๕ มิ.ย. ๒๑ - ๒๓ มิ.ย. ๒๑).....	๓๖
๓. ๑๘	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณแถบชายทะเล (๗ พ.ย. ๒๑ - ๒๓ ม.ค. ๒๒).....	๓๗
๓. ๑๙	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณสวนผลไม้และทุ่งนา บางมก (๑๘ ส.ค. ๒๑ - ๔ ก.ค. ๒๐) ..	๔๑
๓. ๒๐	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณสวนผลไม้และทุ่งนา บางมก (๔ ส.ค. ๒๑ - ๒๔ ก.ค. ๒๑) ..	๔๒
๓. ๒๑	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณสวนผลไม้และทุ่งนา บางมก (๖ ส.ค. ๒๑)	๔๓
๓. ๒๒	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณชุมชนที่อยู่อาศัย (๑๓ ก.ค. ๒๐ - ๒๔ พ.ย. ๒๐)	๔๔
๓. ๒๓	แสดงค่าความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน กับระยะเวลาในการตก บริเวณภูเขาและป่าหิบบ (๑๒ พ.ย. ๒๑ - ๕ ธ.ค. ๒๑)	๔๖
๔. ๑	กราฟแสดงผลของความต้านทานจำเพาะ กับความต้านทานตามผิว ของฉนวนไฟฟ้า	๕๑
๔. ๒	กราฟแสดงผลของอัตราการตกกับความต้านทานตามผิวฉนวน	๕๒
๔. ๓	แสดงค่าระยะอาร์กของลูกถ้วยก้านตรง ขณะลูกถ้วยอยู่ในสภาพแห้ง และสภาพเปียก.....	๕๔
๔. ๔	แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิวของลูกถ้วยแฉวน	๕๕
๕. ๑	แสดงการทึบรังสีที่หัวพ่นน้ำจำลอง	๕๖
๕. ๒	แสดงเครื่องปั้มน้ำฝนจำลอง และภาชนะบรรจุน้ำ	๕๗

๕.๓ แสดงภาวะที่ไขว้ค้ำถการการทงองน้ำฝนจำลอง ๕๓

๕.๔ แสดงเครื่องกรองน้ำให้มีค่าความต้านทานจำเพาะต่างกัน ๕๔

๕.๕ แสดงถึงอุปกรณ์และการต่อวงจร สำหรับเครื่องทดสอบไฟฟ้าแรงสูง
ที่ความถี่ค่า ๖๑

๕.๖ แสดงหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงและ Potential divider ๖๒

๕.๗ ลูกถ้วยก้านตรง แบบ ๕๖ - ๒ และ ๕๖ - ๓ ๖๓

๕.๘ แสดงลูกถ้วยแฉวนแบบ ๕๒ - ๒ ๖๔

๕.๙ แสดงลูกถ้วยแฉวน แบบ ๕๒ - ๓ ๖๕

๕.๑๐ แสดงลูกถ้วยทอนยาว ๓ แบบ ๖๖

๕.๑๑ แสดงตัวอย่าง ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าแต่ละชนิดที่ใช้ในการทดสอบ ๖๖

๕.๑๒ แสดงการติดตั้ง ลูกถ้วยก้านตรงในการทดสอบ ๖๓

๕.๑๓ แสดงการติดตั้ง ลูกถ้วยแฉวน ๑ ลูก ๖๔

๕.๑๔ แสดงการติดตั้ง ลูกถ้วยแฉวน ๔ ลูกในพวง ๖๕

๕.๑๕ แสดงการติดตั้ง ลูกถ้วยทอนยาว ๖๕

๕.๑๖ แสดงการทดสอบแรงดันไฟฟ้าวามไฟตามฉิวเป็ยก ความถี่ค่า ๗๐

๕.๑๗ แสดง การพ่นน้ำฝนจำลองบนลูกถ้วยก้านตรง ๗๒

๕.๑๘ แสดง การพ่นน้ำฝนจำลองบนลูกถ้วยแฉวน ๗๒

๕.๑๙ แสดงการทดสอบแรงดันไฟฟ้าวามไฟตามฉิวเป็ยก ลูกถ้วยแฉวน ๗๓

๖.๑ ค่าแรงดันไฟฟ้าวามไฟตามฉิวเป็ยกของ ลูกถ้วยก้านตรง แบบ ๕๖ - ๓
เมื่อความต้านทานจำเพาะของ น้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๗๔

๖.๒ ค่าแรงดันไฟฟ้าวามไฟตามฉิวเป็ยกของ ลูกถ้วยก้านตรงแบบ ๕๖ - ๒
เมื่อความต้านทานจำเพาะของ น้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๗๕

๖.๓ ค่าแรงดันไฟฟ้าวามไฟตามฉิวเป็ยกของ ลูกถ้วยแฉวนแบบ ๕๒ - ๒ เมื่อ
ความต้านทานจำเพาะของ น้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๗๖

รูปที่

๒.๔ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓
เมื่อความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๓

๒.๕ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓
จำนวนลูกถ้วยในพวง ๖ ลูก และ ๘ ลูก เมื่อความต้านทานจำเพาะ
ของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๖

๒.๖ เปรียบเทียบค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยแขวนแบบ
๕๒ - ๓ จำนวนลูกถ้วยในพวง ๘ ลูก กับลูกถ้วยถาดทรงแบบ ๕๖ - ๓
เมื่อความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๗

๒.๗ กราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียด
กับจำนวนลูกถ้วยในพวง ๘๙

๒.๘ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยท่อนยาว เมื่อความ
ต้านทานจำเพาะของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๓

๒.๙ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยถาดทรง แบบ ๕๖ - ๒
เมื่ออัตราการตกของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๕

๒.๑๐ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยถาดทรง แบบ ๕๖ - ๓
เมื่ออัตราการตกของน้ำฝนมีค่าแตกต่างกัน ๘๖

๒.๑๑ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๒
เมื่ออัตราการตกของน้ำฝน มีค่าแตกต่างกัน ๘๖

๒.๑๒ ค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิว เบียดของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓
เมื่ออัตราการตกของน้ำฝน มีค่าแตกต่างกัน ๘๘

๒.๑๓ แสดงค่าแรงคืนไฟฟ้ารวมไฟตามยิวของลูกถ้วยแขวนแบบ ๕๒ - ๓ กับ
จำนวนลูกถ้วยในพวง เมื่อความต้านทานจำเพาะของน้ำฝนมีค่าต่างกัน.. ๑๐๒

สัญลักษณ์

- ρ = ความต้านทานจำเพาะของน้ำฝน
 A = พื้นที่ของอิเล็กโทรดที่สัมผัสกับน้ำ
 $\frac{A}{l}$ = ค่าคงที่ของกระบวนวัดน้ำฝน
 b = ความดันวาโรมิเตอร์ เป็น มิลลิเมตรของปรอท
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางของภาชนะที่รับน้ำ
 E = Earth tester
 F = น้ำฝนที่ท้องถนการจะวัด
 h = อัตรากการตกของน้ำฝน
 K_d = ค่าตัวประกอบการแปลงผัน ความหนาแน่นของอากาศ
 K_h = ค่าตัวประกอบการแปลงผัน ความชื้น
 l = ระยะระหว่างอิเล็กโทรด
 n = จำนวนลูกถ้วยในพวง
 P = แท่งอิเล็กโทรด
 Q = ปริมาตรของน้ำฝนที่รองรับได้
 R = ค่าความต้านทานของน้ำฝน
 R_w = ความต้านทานตามผิวของลูกถ้วย ขณะเปียกน้ำฝน
 S = กระบวนวัดความต้านทาน
 T = อุณหภูมิของอากาศ
 t = เวลาในการเก็บน้ำฝน
 U_{bn} = ค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟของลูกถ้วย n ลูก
 V = ค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิว ที่ทดสอบได้
 V_S = ค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิว ที่ภาวะมาตรฐาน
 V_A = ค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิวเปียกทดสอบตาม ANSI
 V_I = ค่าแรงดันไฟฟ้าวาวไฟตามผิวเปียกทดสอบตาม IEC

