

ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวนประะเบียน



นายบุญเรือง มะรังศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-666-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๕-3 ๒๕๕. 2545.

I 19236530

# **ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF POLLUTED INSULATORS**



**Mr. Boonruang Marungsri**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

**Department of Electrical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

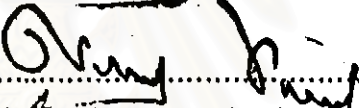
**Academic Year 1998**

**ISBN 974-331-666-3**

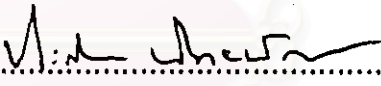
หัวข้อวิทยานิพนธ์      ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวนเปราะเป็อน  
โดย                              นายบุญเรือง มะรังศรี  
ภาควิชา                            วิศวกรรมไฟฟ้า  
อาจารย์ที่ปรึกษา              รองศาสตราจารย์ ดร.ตำรวจ ตั้งษ์สะอาด  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม        อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล


---

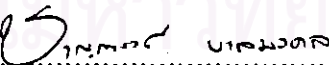
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ฐิตวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ตำรวจ ตั้งษ์สะอาด)

  
.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร.ชาญณรงค์ บาลมงคล)

  
.....กรรมการ  
(คุณ ประเสริฐ รังสีโสภณอาภรณ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

บุญเรือง มะรังศรี : ลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวนเปรอะเปื้อน(ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF POLLUTED INSULATORS)

อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สำราญ ตั้งษ์สะอาด, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร. ชาณุณรงค์ บาลมงคล , 60 หน้า , ISBN 974-331-666-3

ลูกถ้วยฉนวนที่ติดตั้งใช้งานอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งเปรอะเปื้อน ก็จะมีผลกระทบจากสิ่งเปรอะเปื้อนต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวน อาจทำให้เกิดความไวไฟตามผิวเปรอะเปื้อน ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดความผิดปกติในระบบส่งจ่าย ทำให้การส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต้องหยุดชะงัก

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะสมบัติของลูกถ้วยฉนวนเปรอะเปื้อน โดยใช้ลูกถ้วยฉนวนแบบกดตันขาว สำหรับระบบแรงดัน 33 kV ชนิดพอร์ซเลนเคลือบธรรมดา ชนิดพอร์ซเลนเคลือบสารกึ่งตัวนำ และลูกถ้วยยางซิติโคน ซึ่งอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 507:1991 การวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ การหาค่าแรงดันไวไฟตามผิวของลูกถ้วยเปรอะเปื้อนจำลอง และการหาค่าแรงดันไวไฟตามผิวของลูกถ้วยเปรอะเปื้อนตามธรรมชาติหลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดันเป็นเวลาหนึ่งปีและทดสอบตามเวลาที่กำหนด

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าลูกถ้วยฉนวนแบบเคลือบสารกึ่งตัวนำมีค่าแรงดันไวไฟตามผิวเปรอะเปื้อนสูงกว่าลูกถ้วยฉนวนแบบเคลือบธรรมดา 2-3 เท่าและยังสูงกว่าลูกถ้วยยางซิติโคนเล็กน้อย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมไฟฟ้า  
ปีการศึกษา ..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต ..... บุญเรือง มะรังศรี  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ดร. สำราญ ตั้งษ์สะอาด  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... ชาณุณรงค์ บาลมงคล

# # 3972841021 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: POLLUTED INSULATORS/ELECTRICAL CHARACTERISTICS

BOONRUANG MARUNGSRI : ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF POLLUTED INSULATORS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SAMRUAY SANGKASAAD,

Dr. Sc.Tech. THESIS CO-ADVISOR: CHANNARONG BANMONGKOL, Dr. 60 pp.

ISBN 974-331-666-3.

For outdoor insulators installed in polluted environment , the pollution will affect their electrical performance. It can cause flashover and electrical system outage.

This thesis presents the investigation of electrical characteristics of polluted insulators. The study was conducted on long-rod insulators for the 33 kV system with ordinary glazed, semiconductor glazed and silicone rubber according to the IEC 507:1991. The experiments were carried out in two phases, i.e. , artificial polluted flashover test and natural polluted flashover test.

The test results show that the polluted flashover voltage of semiconductor glazed insulators are 2-3 times higher than ordinary glazed insulators and higher than silicone rubber insulators.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา..... วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา..... 2541

ลายมือชื่อนิสิต..... (ช. รุ่งอรุณ) ม.ร.ว.ก.ว.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... (อ. รุ่งอรุณ) ม.ร.ว.ก.ว.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... (อ. ชนารอง) บ.อ.ม.ก.ค.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลือสนับสนุนอย่างดีจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้คือ Dipl. Ing. Bernhard Staub ที่ได้ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ตำราย สัจจ์สะอาด และ อาจารย์ ดร. ชาญณรงค์ บาลมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด และได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประจำสถานีไฟฟ้าแรงสูงโรงไฟฟ้าบางปะกงและประจำสถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ การไฟฟ้านครหลวงประจำสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการติดตั้งตู้ด้วยฉนวนตลอดการวิจัยที่ผ่านมา และนอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านในห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือในการวิจัย และช่วยในการติดตั้งอุปกรณ์ในการวิจัย

นอกจากนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คุณประเสริฐ รังสีโสภณอาภรณ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี โครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ผู้ที่คอยเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบพระคุณหน่วยจุฬาฯ-ชนบท ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา จนผู้วิจัยมีวันนี้ได้

บุญเรือง มะรังศรี

เมษายน 2542

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ด
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำทั่วไป.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 ผลงานที่ทำมาแล้วในอดีต.....	1
1.4 ขอบข่ายของงานวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....	2
1.6 สถานที่ที่ใช้ทำการวิจัย.....	4
2 ทฤษฎีพื้นฐาน.....	5
2.1 ประเภทสิ่งเปราะเปื้อน.....	5
2.2 กลไกของการเปราะเปื้อน.....	6
2.3 ไฮโดร ฟิบริกและไฮโดรฟิติก.....	7
2.4 ผลกระทบของสิ่งเปราะเปื้อนต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวน.....	8
2.5 มาตรการในการแก้ไขผลกระทบจากความเปราะเปื้อน.....	10
2.6 ลูกถ้วยฉนวนเคลือบสารกึ่งตัวนำ.....	12
3 แผนดำเนินการวิจัยและข้อกำหนดในการทดลอง.....	16
3.1 ลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการวิจัย.....	16
3.2 แผนดำเนินการวิจัย.....	17
3.3 ข้อกำหนดของการทดสอบอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 507 :1991.....	20

## สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4	วิธีทำการทดลอง.....23
4.1	การจำลองความเปราะเป็อนอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 507 :1991.....23
4.2	การขนส่งถูกด้วยฉนวนจากสถานที่ที่ติดตั้งมายังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการทดสอบ.....25
4.3	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิว.....27
4.4	การทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวเนื่องจากความเปราะเป็อน.....31
5	ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....33
5.1	ผลการทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวเปราะเป็อนจำลอง.....33
5.2	ผลการทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวเปราะเป็อนตามธรรมชาติของถูกด้วยฉนวน....34
5.3	ผลการทดลองค่าวาบไฟตามผิวของถูกด้วยสะเก็ดด้วยวิธีการทดสอบไอน้ำสะเก็ด.....44
5.4	เปรียบเทียบผลการทดลอง.....45
5.5	วิเคราะห์ผลทดลอง.....52
6	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....54
6.1	การทดสอบหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวเปราะเป็อน.....54
6.2	ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....55
	รายการอ้างอิง.....57
	ประวัติผู้เขียน.....60

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ชนิดและจำนวนของลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
1.2 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาในการทำวิจัย.....	3
3.1 ชนิดและจำนวนลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการวิจัย.....	16
3.2 พิกัดของลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการวิจัย.....	16
3.3 ลูกถ้วยฉนวนแต่ละกลุ่มที่ใช้ในการวิจัย.....	17
5.1 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนจําถอง.....	33
5.2 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน.....	35
5.3 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยโรงไฟฟ้าบางปะกง หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน.....	36
5.4 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยชะอำ หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน .....	37
5.5 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน.....	38
5.6 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยโรงไฟฟ้าบางปะกงหลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน .....	39
5.7 แสดงค่าแรงดันวาทไฟตามผิวประเวเป็นอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานี ไฟฟ้าย่อยชะอำ หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน .....	40

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่

5.8	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 12 เดือน .....	41
5.9	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยโรงไฟฟ้าบางปะกง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 12 เดือน.....	42
5.10	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยชะอำ หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 12 เดือน .....	43
5.11	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวถูกด้วยฉนวนสะอาดที่ทดสอบด้วยวิธีไอน้ำสะอาด.....	44
5.12	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู.....	46
5.13	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยโรงไฟฟ้าบางปะกง.....	47
5.14	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของถูกด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าชะอำ.....	48
5.15	แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเบื่อนตามธรรมชาติของถูกด้วยฉนวนตัวอย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 5 เดือน เปรียบเทียบแต่ละสถานที่.....	49

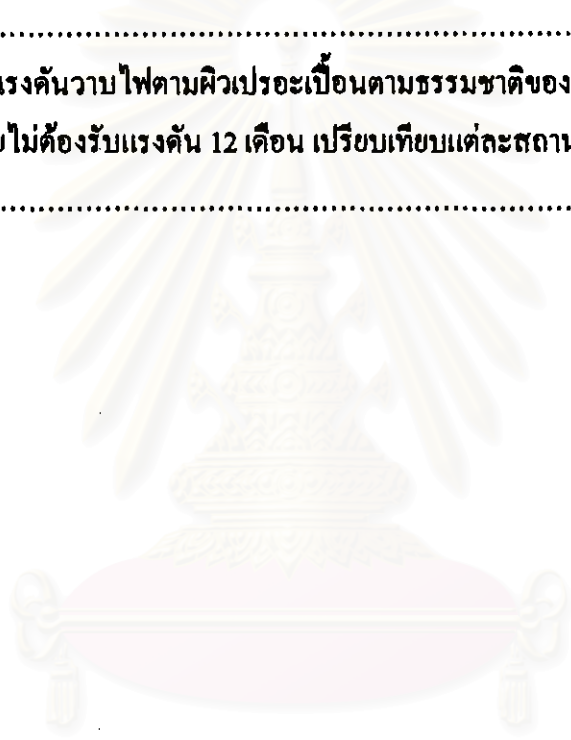
**สารบัญตาราง(ต่อ)**

หน้า

ตารางที่

5.16 แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเป็อนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 8 เดือน เปรียบเทียบแต่ละสถานที่.....50

5.17 แสดงค่าแรงคั้นวาบไฟตามผิวประอะเป็อนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัวอย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงคั้น 12 เดือน เปรียบเทียบแต่ละสถานที่.....51



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวของของแข็งในแนวราบและแนวเอียง.....	7
2.2 แสดงการเกิดอาร์กบางส่วนบนผิวถูกด้วยฉนวนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเนื่องจากความเปราะ- เปื้อน.....	8
2.3 แสดงปรากฏการณ์วาบไฟตามผิวเนื่องจากความเปราะเปื้อน.....	9
2.4 โมเดลการเกิดวาบไฟตามผิวเนื่องจากความเปราะเปื้อน.....	10
2.5 แสดงลักษณะสมบัติของลูกถ้วยฉนวนเคลือบสารกึ่งตัวนำในสภาวะเปราะเปื้อน.....	12
2.6 แสดงลักษณะสมบัติความคงทนของแรงดันทางความร้อนของลูกถ้วยเคลือบสารกึ่งตัวนำ..... .....	13
2.7 แสดงวงจรสมมูลย์ของพวงลูกถ้วยฉนวนเคลือบสารกึ่งตัวนำ.....	15
3.1 แสดงรูปร่างของลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการวิจัย.....	17
3.2 การติดตั้งลูกถ้วยฉนวนที่สถานีไฟฟ้าย่อยบางปู การไฟฟ้านครหลวง จังหวัดสมุทรปราการ..... .....	18
3.3 แสดงการติดตั้งลูกถ้วยฉนวนที่สถานีไฟฟ้าแรงสูงโรงไฟฟ้าบางปะกง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง- ประเทศไทย จังหวัดฉะเชิงเทรา.....	19
3.4 แสดงการติดตั้งลูกถ้วยฉนวนที่สถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดเพชรบุรี.....	20
3.5 แสดงค่าแรงดันลัดวงจร(Isc)ต่ำสุดที่ต้องการของหม้อแปลงทดสอบซึ่งอยู่ในฟังก์ชันระยะรัว (Ls) ของลูกถ้วยฉนวน.....	21
4.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองความเปราะเปื้อน.....	23
4.2 แสดงลูกถ้วยฉนวนก่อนการจำลองความเปราะเปื้อน.....	24
4.3 แสดงขณะจำลองความเปราะเปื้อน.....	24
4.4 แสดงลูกถ้วยฉนวนหลังจำลองความเปราะเปื้อนเสร็จแล้ว.....	25

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.5 แสดงพาหนะและการเก็บลูกถ้วยฉนวนในการขนย้าย.....26

4.6 แสดงการเก็บลูกถ้วยฉนวน ในกล่องเก็บก่อนการขนย้าย.....26

4.7 แสดงอุปกรณ์สร้างและวัดแรงดันทดสอบ.....27

4.8 แสดงโครงโลหะของกระโจมไอน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร.....28

4.9 แสดงกระโจมไอน้ำเมื่อคลุมพลาสติกแล้ว.....28

4.10แสดงการติดตั้งลูกถ้วยฉนวนสำหรับทดสอบในกระโจมไอน้ำ.....29

4.11แสดงวิธีการป้อนแรงดันทดสอบให้กับลูกถ้วยฉนวนในกระโจมไอน้ำ.....29

4.12แสดงหม้อคัมไอน้ำและอุปกรณ์การจ่ายไอน้ำเข้าไปในกระโจมไอน้ำ.....30

4.13แสดงลูกถ้วยฉนวนในกระโจมขณะจ่ายแรงดันระหว่างการทดสอบ.....30

4.14แสดงวงจรที่ใช้ในการทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอน.....31

4.15แสดงแผนภาพที่ใช้ในการทดลองหาค่าแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอน.....32

5.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนจำลอง.....34

5.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน.....35

5.3 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูง โรงไฟฟ้าบางปะกง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน.....36

5.4 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือน.....37

5.5 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน.....38

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน  
ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าโรงไฟฟ้าย่อยบางปะกง หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน.....  
.....39

5.7 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน  
ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือน.....  
.....40

5.8 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน  
ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 12 เดือน.....  
.....42

5.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน  
ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงโรงไฟฟ้าบางปะกง หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 12 เดือน  
.....43

5.10 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวน  
ตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ หลังจากติดตั้ง โดยไม่ต้องรับแรงดัน 12 เดือน.....  
.....44

5.11 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวนที่สะอาดด้วยวิธีไอน้ำ  
สะอาด.....45

5.12 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของลูก  
ถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยบางปู.....  
.....46

5.13 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาบไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของลูก  
ถ้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงโรงไฟฟ้าบางปะกง.....  
.....47

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.14 แสดงกราฟเปรียบเทียบแรงดันวาวไฟตามผิวประอบีอนตามธรรมชาติ ใน 12 เดือน ของลูก  
 ด้วยฉนวนตัวอย่างจากสถานีไฟฟ้าแรงสูงชะอำ.....  
 .....48

5.15 แสดงค่าแรงดันวาวไฟตามผิวของลูกถ้วยที่ประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัว  
 อย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 5 เดือนเปรียบเทียบแต่ละสถานี.....  
 .....49

5.16 แสดงค่าแรงดันวาวไฟตามผิวของลูกถ้วยที่ประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัว  
 อย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 8 เดือนเปรียบเทียบแต่ละสถานี.....  
 .....50

5.17 แสดงค่าแรงดันวาวไฟตามผิวของลูกถ้วยที่ประอบีอนตามธรรมชาติของลูกถ้วยฉนวนตัว  
 อย่าง หลังจากติดตั้งโดยไม่ต้องรับแรงดัน 12 เดือนเปรียบเทียบแต่ละสถานี.....  
 .....51