

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและการแยกประเภทของการเกิดพาร์เชียลดีสชาร์จ
ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

A Study of Classification Partial Discharge in High Voltage Equipment



โดย

นาย ธนัย อินทรใจเอื้อ
น.ส. ธนาภา กังสกุลนิติ
นาย ดรภัทร กิฬิตรฤนทร
นาย มหะเทพ สุขพันธ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72991
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ย. 2550

b. 11776092
i.

ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2549

การศึกษาและการแยกประเภทของการเกิดพาร์เชียลดีสชาร์จ
ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

A Study of Classification Partial Discharge in High Voltage Equipment



อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.นรเศรษฐ พัฒนเดช

ดร.วุฒิชัยชาติพัฒนานันท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2549

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและการแยกประเภทของการเกิดพาร์เซียมลติสซาร์จของอุปกรณ์
ไฟฟ้าแรงสูง

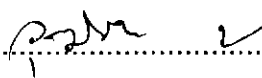
ผู้จัดทำ

นาย ธนัย	อินทรใจเอื้อ	รหัส 46012047
น.ส. ธนาภา	กังสกุลนิติ	รหัส 46012048
นาย ดรภัทร	ภีพิตรกุนทร	รหัส 46012051
นาย มหะเทพ	สุขพันธ์ุ	รหัส 46012058



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ นรเศรษฐ์ พัฒนเดช)



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.วุฒิชัยชาติพัฒนานันท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและการแยกประเภทของการเกิดพาร์เซิลดิสชาร์จของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง

นาย ธนัย อินทรใจเอื้อ
น.ส. ชนาภา กังสกุลนิติ
นาย ดรภัทร ภิพิตรกุนทร
นาย มหะเทพ สุขพันธ์ุ์
อ.นรเศรษฐ พัฒนเดช อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.วุฒิชัยชาติพัฒนานันท์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

บทคัดย่อ

ปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาลักษณะและรูปแบบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนของการเกิดโคโรนา การเกิดดีสชาร์จภายใน และการเกิดดีสชาร์จตามผิว พหุติกรรม การเกิดดีสชาร์จบางส่วนทั้ง 3 แบบถูกจำลองขึ้นมา และทำการตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ รวมทั้งได้นำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาศึกษารูปแบบการกระจายของเส้นสมศักย์ และความเครียดสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์สนามไฟฟ้าพบที่มีความสอดคล้องกัน โดยผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลนำเสนออยู่ในปฏิญญาพันธบัตรฉบับนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง และข้อมูลในการผลิตอุปกรณ์ทางไฟฟ้าแรงสูงต่อไป

A Study of Classification Partial Discharge in High Voltage Equipment

Mr. Thanai	Injai-eua	
Miss. Tanapa	Kungsakulniti	
Mr. Donthattara	Phipitkunthorn	
Mr. Mahathep	Sukhapan	
Lecturer Norasage	Pattanadech	Advisor
Dr.Vuttichai	Chatpattananan	Advisor

2006

ABSTRACT

This project deals with the study of types discharge in the purpose of analyzing and setting protection for partial discharge in high voltage equipments. The project simulated 3 types of partial discharge in corona discharge, internal discharge, and surface discharge. Finite element program is also used to analyze the voltage distribution characteristics and electric field stresses. The test results and analysis in this project can be used further as a database in the high voltage field that can be developed and applied in the production of high voltage equipment industry.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือเป็นอย่างดี จากหลายๆฝ่าย

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท อาจารย์ นรเศรษฐ พัฒนเดช และ ดร.วุฒิชัย ซาดิพัฒนานันท์ ที่คอยดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเสมอมา ช่วยชี้แนะให้คำปรึกษาสิ่งต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่การศึกษา ค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อจัดทำโครงการโดยมิเห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อย รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขปริญญาโทฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ที่มีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการจัดทำโครงการครั้งนี้ ขอบพระคุณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ใช้เป็นสถานที่ในการทำทดสอบ และเป็นที่ยอมรับในกลุ่มเพื่อนร่วมงานต่างๆ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คุณประวิทย์ เพ็ชรผิง รุ่นพี่นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาในเรื่องการทำทดลองเป็นอย่างดี และช่วยดูแลตลอดระยะเวลาที่ทำทดลอง อีกทั้งขอบคุณเพื่อนร่วมงานและสมาชิกในห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแรงสูงทุกคน ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน และคอยให้กำลังใจในการทำงานเสมอ จนกระทั่งโครงการสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนทางการเรียน ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อีกทั้งช่วยเหลือทางการเงินและให้กำลังใจในการทำงานเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูปภาพ	V
สารบัญตาราง	XIX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของงานวิจัย	2
1.4 ตารางแสดงแผนงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์และผลที่ได้รับ	3
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วน	4
2.1 ความหมายของดีสชาร์จบางส่วน (PD)	4
2.2 ผลกระทบของดีสชาร์จบางส่วน	7
2.3 สื่อสัญญาณที่ใช้ตรวจจับ PD	8
2.4 พฤติกรรมของดีสชาร์จบางส่วน	8
2.5 หลักการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน	12
2.6 เทคนิคการวัดดีสชาร์จบางส่วน	15
2.7 เทคนิคการลดสัญญาณรบกวน	17
2.8 การวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วน	19
บทที่ 3 การออกแบบวัสดุทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วน (Partial Discharge)	23
3.1 การออกแบบแท่นยึดวัสดุทดสอบ	23
3.2 การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์	24
3.3 วัสดุทดสอบที่ใช้เป็นฉนวน	30
3.4 ตัวอย่างรูปแบบการทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วน	36
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	42
4.1 การศึกษารูปแบบของสนามไฟฟ้าของการเกิดดีสชาร์จบางส่วนด้วยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์	42
4.2 การทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนด้วยเครื่องทดสอบการดีสชาร์จบางส่วน	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง	130
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	138
5.1 สรุป	138
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ	138
เอกสารอ้างอิง	139
ภาคผนวก	140
กิตติกรรมประกาศ	149



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ดิสซาร์จบางส่วนแบบต่างๆ	5
รูปที่ 2.2 ลักษณะรูปแบบของฉนวนที่ทำให้เกิดดิสซาร์จตามผิวบางส่วน	6
รูปที่ 2.3 วงจรสมมูล PD แบบทั่วไป	9
รูปที่ 2.4 แสดงค่าความจุไฟฟ้าของวงจรที่เกิด PD	10
รูปที่ 2.5 แรงดันตกคร่อมโพรงก๊าซและกระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ขณะเกิด PD	11
รูปที่ 2.6 ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในทางทฤษฎีสำหรับแกปเล็กๆ	12
รูปที่ 2.7 วงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD	13
รูปที่ 2.8 วงจรสำหรับการเปรียบเทียบ	14
รูปที่ 2.9 วงจรทดสอบดิสซาร์จบางส่วนแบบต่างๆ	17
รูปที่ 2.10 ตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่ตำแหน่งต่างๆ	17
รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการลดสัญญาณรบกวน	18
รูปที่ 2.12 รูปแบบการเกิดโคโรนา	19
รูปที่ 2.13 รูปแบบการเกิดดิสซาร์จตามผิว	20
รูปที่ 2.14 รูปแบบการเกิดดิสซาร์จภายใน	20
รูปที่ 2.15 สัญญาณรบกวนแบบต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด	21
รูปที่ 3.1 แบบจำลองแท่นวางวัสดุทดสอบ	23
รูปที่ 3.2 แท่นวางวัสดุทดสอบ	23
รูปที่ 3.3 ขนาดของแท่นวางวัสดุทดสอบที่ทำการออกแบบ	24
รูปที่ 3.4 แบบจำลองอิเล็กโทรดทรงกลม	25
รูปที่ 3.5 ภาพฉายของอิเล็กโทรดทรงกลม	25
รูปที่ 3.6 อิเล็กโทรดทรงกลม	25
รูปที่ 3.7 แบบจำลองอิเล็กโทรดแบบปลายมน	26
รูปที่ 3.8 ภาพฉายของอิเล็กโทรดปลายมน	26
รูปที่ 3.9 อิเล็กโทรดปลายมน	27
รูปที่ 3.10 แบบจำลองอิเล็กโทรดแบบปลายแหลม	27
รูปที่ 3.11 ภาพฉายของอิเล็กโทรดปลายแหลม	28
รูปที่ 3.12 อิเล็กโทรดปลายแหลม	28
รูปที่ 3.13 แบบจำลองอิเล็กโทรดระนาบขอบโค้งโรคอฟสกี	29
รูปที่ 3.14 ภาพฉายของอิเล็กโทรดระนาบขอบโค้งโรคอฟสกี	29
รูปที่ 3.15 อิเล็กโทรดระนาบขอบโค้งโรคอฟสกี	29
รูปที่ 3.16 แบบจำลองฉนวนที่ใช้ทดสอบดิสซาร์จตามผิว	30
รูปที่ 3.17 แบบจำลองฉนวนที่ใช้ทดสอบดิสซาร์จภายใน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.18 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.	31
รูปที่ 3.19 ฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.	32
รูปที่ 3.20 ภาพฉายของฉนวนโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม.	32
รูปที่ 3.21 ฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม.	33
รูปที่ 3.22 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศ 3 โพรง	33
รูปที่ 3.23 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 3 โพรง	34
รูปที่ 3.24 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง	34
รูปที่ 3.25 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง	35
รูปที่ 3.26 ภาพฉายของฉนวนที่มีทองแดงอยู่ในโพรง	35
รูปที่ 3.27 ฉนวนที่มีทองแดงอยู่ในโพรง	36
รูปที่ 3.28 เศษทองแดงที่อยู่ภายในโพรง	36
รูปที่ 3.29 แบบจำลองการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ	36
รูปที่ 3.30 การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ	37
รูปที่ 3.31 Rod (หัวมน)-Rod (หัวแหลม)	37
รูปที่ 3.32 Plate-Rod (หัวแหลม)	37
รูปที่ 3.33 แบบจำลองการทดสอบดีสชาร์จตามผิว	38
รูปที่ 3.34 การทดสอบดีสชาร์จตามผิว	38
รูปที่ 3.35 Plate-Plate	39
รูปที่ 3.36 Sphere-Plate	39
รูปที่ 3.37 Rod (หัวมน)-Plate	39
รูปที่ 3.38 การทดสอบดีสชาร์จภายในแบบมีโพรงอากาศ (void) อยู่ภายใน	40
รูปที่ 3.39 การทดสอบดีสชาร์จภายใน	40
รูปที่ 3.40 ฉนวนมีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm.	41
รูปที่ 3.41 ฉนวนมีโพรงอากาศ 3 โพรง	41
รูปที่ 3.42 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง	41
รูปที่ 4.1 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Rod (หัวแหลม)-Plate	42
รูปที่ 4.2 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Rod (หัวแหลม)-Rod(หัวมน)	43
รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม	44
รูปที่ 4.4 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Plate-Plate	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Plate-Rod	46
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม	47
รูปที่ 4.7 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่โพรงอากาศ ขนาด 4 mm	48
รูปที่ 4.8 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่โพรงอากาศ ขนาด 5 mm	49
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม	50
รูปที่ 4.10 วงจรการทดลอง	51
รูปที่ 4.11 วงจรที่ทำการทดสอบ	52
รูปที่ 4.12 เครื่อง PD DETECTOR DDX-9101 ใช้สำหรับทดสอบการเกิด ดีสชาร์จบางส่วน	52
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	56
รูปที่ 4.14 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.61 kV ค่าดีสชาร์จ 4.19 pC ที่มุม 300-330 องศา	56
รูปที่ 4.15 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 3.66 kV ค่าดีสชาร์จ 15.39 pC ที่มุม 310 องศา	57
รูปที่ 4.16 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 3.71 kV ค่าดีสชาร์จ 54.99 pC ที่มุม 310-330 องศา	57
รูปที่ 4.17 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 3.81 kV ค่าดีสชาร์จ 56.58 pC ที่มุม 310-330 องศา	57
รูปที่ 4.18 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	58
รูปที่ 4.19 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.75 kV ค่าดีสชาร์จ 18.31 pC ที่มุม 300-310 องศา	58
รูปที่ 4.20 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.81 kV ค่าดีสชาร์จ 67.58 pC ที่มุม 300-330 องศา	59
รูปที่ 4.21 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.29 kV ค่าดีสชาร์จ 75.03 pC ที่มุม 290-315 องศา	59
รูปที่ 4.22 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.44 kV ค่าดีสชาร์จ 76.35 pC ที่มุม 290-330 องศา	59
รูปที่ 4.23 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VIII

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.24 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.31 kV ค่าดีสชาร์จ 8.48 pC ที่มุม 300 องศา	60
รูปที่ 4.25 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.99 kV ค่าดีสชาร์จ 27.64 pC ที่มุม 290-315 องศา	61
รูปที่ 4.26 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.39 kV ค่าดีสชาร์จ 29.79 pC ที่มุม 270-315 องศา	61
รูปที่ 4.27 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.16 kV ค่าดีสชาร์จ 31.68 pC ที่มุม 250-330 องศา	61
รูปที่ 4.28 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	62
รูปที่ 4.29 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.13 kV ค่าดีสชาร์จ 4.38 pC ที่มุม 130-160 องศา	62
รูปที่ 4.30 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.17 kV ค่าดีสชาร์จ 32.35 pC ที่มุม 130-150 องศา	63
รูปที่ 4.31 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.23 kV ค่าดีสชาร์จ 63.24 pC ที่มุม 130-160 องศา	63
รูปที่ 4.32 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.7 kV ค่าดีสชาร์จ 108.78 pC ที่มุม 90-160 องศา	63
รูปที่ 4.33 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	64
รูปที่ 4.34 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.23 kV ค่าดีสชาร์จ 4.88 pC ที่มุม 105-135 องศา	64
รูปที่ 4.35 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.27 kV ค่าดีสชาร์จ 10.18 pC ที่มุม 110-150 องศา	65
รูปที่ 4.36 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.41 kV ค่าดีสชาร์จ 69.61 pC ที่มุม 120-140 องศา	65
รูปที่ 4.37 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97 kV ค่าดีสชาร์จ 116.41 pC ที่มุม 90-150 องศา	65
รูปที่ 4.38 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	66
รูปที่ 4.39 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.94 kV ค่าดีสชาร์จ 2.61 pC ที่มุม 130 องศา	66
รูปที่ 4.40 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.49 kV ค่าดีสชาร์จ 32.95 pC ที่มุม 95-130 องศา	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.41 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.11 kV ค่าดีสชาร์จ 30.74 pC ที่มุม 95-140 องศา	67
รูปที่ 4.42 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.76 kV ค่าดีสชาร์จ 26.22 pC ที่มุม 80-135 องศา	67
รูปที่ 4.43 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	68
รูปที่ 4.44 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.91 kV ค่าดีสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม 115-145 องศา	68
รูปที่ 4.45 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.48 kV ค่าดีสชาร์จ 9.61 pC ที่มุม 100-150 องศา	69
รูปที่ 4.46 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.90 kV ค่าดีสชาร์จ 48.05 pC ที่มุม 90-150 องศา	69
รูปที่ 4.47 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.95 kV ค่าดีสชาร์จ 53.47 pC ที่มุม 90-150 องศา	69
รูปที่ 4.48 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	70
รูปที่ 4.49 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.70 kV ค่าดีสชาร์จ 7.59 pC ที่มุม 105-115 องศา	70
รูปที่ 4.50 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.24 kV ค่าดีสชาร์จ 6.83 pC ที่มุม 90 องศา	71
รูปที่ 4.51 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.72 kV ค่าดีสชาร์จ 8.00 pC ที่มุม 90-125 องศา	71
รูปที่ 4.52 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.77 kV ค่าดีสชาร์จ 17.63 pC ที่มุม 90-130 องศา	71
รูปที่ 4.53 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	72
รูปที่ 4.54 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.79 kV ค่าดีสชาร์จ 5.33 pC ที่มุม 90-120 องศา	72
รูปที่ 4.55 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.91 kV ค่าดีสชาร์จ 19.57 pC ที่มุม 80-100 องศา	73
รูปที่ 4.56 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 13.60 kV ค่าดีสชาร์จ 21.60 pC ที่มุม 75-120 องศา	73
รูปที่ 4.57 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 14.19 kV ค่าดีสชาร์จ 30.72 pC ที่มุม 75-125 องศา	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.58 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	74
รูปที่ 4.59 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.28 kV ค่าดีสชาร์จ 2.93 pC ที่มุม 280-335 องศา	74
รูปที่ 4.60 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.35 kV ค่าดีสชาร์จ 7.32 pC ที่มุม 280-335 องศา	75
รูปที่ 4.61 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 65.71 pC ที่มุม 280-335 องศา	75
รูปที่ 4.62 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97kV ค่าดีสชาร์จ 56.55 pC ที่มุม 260-340 องศา	75
รูปที่ 4.63 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	76
รูปที่ 4.64 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.31 kV ค่าดีสชาร์จ 9.69 pC ที่มุม 290-315 องศา	76
รูปที่ 4.65 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.32 kV ค่าดีสชาร์จ 31.23 pC ที่มุม 290-315 องศา	77
รูปที่ 4.66 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.88 kV ค่าดีสชาร์จ 29.05 pC ที่มุม 260-340 องศา	77
รูปที่ 4.67 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.44 kV ค่าดีสชาร์จ 14.73 pC ที่มุม 250-330 องศา	77
รูปที่ 4.68 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	78
รูปที่ 4.69 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.90 kV ค่าดีสชาร์จ 2.78 pC ที่มุม 300-310 องศา	78
รูปที่ 4.70 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.41 kV ค่าดีสชาร์จ 2.65 pC ที่มุม 300-320 องศา	79
รูปที่ 4.71 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.81 kV ค่าดีสชาร์จ 36.31 pC ที่มุม 270-300 องศา	79
รูปที่ 4.72 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.50 kV ค่าดีสชาร์จ 29.90 pC ที่มุม 250-300 องศา	79
รูปที่ 4.73 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	80
รูปที่ 4.74 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 14.29 kV ค่าดีสชาร์จ 3.25 pC ที่มุม 105, 295 องศา	80

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.75 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 15.65 kV ค่าดีสชาร์จ 11.22 pC ที่มุม 70, 110, 290 องศา	81
รูปที่ 4.76 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 15.78 kV ค่าดีสชาร์จ 92.67 pC ที่มุม 50, 200, 250 องศา	81
รูปที่ 4.77 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 15.93 kV ค่าดีสชาร์จ 296.36 pC ที่มุม 115, 240, 280 องศา	81
รูปที่ 4.78 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	82
รูปที่ 4.79 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.30 kV ค่าดีสชาร์จ 3.30 pC ที่มุม 40-100, 250 องศา	82
รูปที่ 4.80 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.34 kV ค่าดีสชาร์จ 11.29 pC ที่มุม 40-105, 270 องศา	83
รูปที่ 4.81 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.38 kV ค่าดีสชาร์จ 74.16 pC ที่มุม 270 องศา	83
รูปที่ 4.82 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.48 kV ค่าดีสชาร์จ 254.53 pC ที่มุม 60, 75, 220, 280 องศา	83
รูปที่ 4.83 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	84
รูปที่ 4.84 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.74 kV ค่าดีสชาร์จ 6.08 pC ที่มุม 110, 200-280 องศา	84
รูปที่ 4.85 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.85 kV ค่าดีสชาร์จ 11.30 pC ที่มุม 50, 235-270 องศา	85
รูปที่ 4.86 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.87 kV ค่าดีสชาร์จ 22.21 pC ที่มุม 105-160, 200-275 องศา	85
รูปที่ 4.87 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.94 kV ค่าดีสชาร์จ 77.53 pC ที่มุม 100-120, 235-280 องศา	85
รูปที่ 4.88 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	86
รูปที่ 4.89 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.28 kV ค่าดีสชาร์จ 3.02 pC ที่มุม 90, 255-300 องศา	86
รูปที่ 4.90 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 5.99 pC ที่มุม 90, 210, 260 องศา	87
รูปที่ 4.91 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.43 kV ค่าดีสชาร์จ 20.96 pC ที่มุม 90, 210, 260, 290 องศา	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่าง(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.92 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.45 kV ค่าดีสชาร์จ 74.52 pC ที่มุม 40, 145, 295 องศา	87
รูปที่ 4.93 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	88
รูปที่ 4.94 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.71 kV ค่าดีสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม30-45, 220-290 องศา	88
รูปที่ 4.95 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.72 kV ค่าดีสชาร์จ 3.11 pC ที่มุม40, 105, 240, 295องศา	89
รูปที่ 4.96 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.91 kV ค่าดีสชาร์จ 5.61 pC ที่มุม 60, 270 องศา	89
รูปที่ 4.97 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.95 kV ค่าดีสชาร์จ 11.03 pC ที่มุม60, 80, 220, 290องศา	89
รูปที่ 4.98 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	90
รูปที่ 4.99 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.95 kV ค่าดีสชาร์จ 3.09 pC ที่มุม 120-150, 305 องศา	90
รูปที่ 4.100 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.02 kV ค่าดีสชาร์จ 5.68 pC ที่มุม80-110, 275-290องศา	91
รูปที่ 4.101 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.12 kV ค่าดีสชาร์จ 10.90 pC ที่มุม 105-150, 300 องศา	91
รูปที่ 4.102 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.62 kV ค่าดีสชาร์จ 38.58 pC ที่มุม 120-145, 300 องศา	91
รูปที่ 4.103 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	92
รูปที่ 4.104 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.34 kV ค่าดีสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม 110, 315 องศา	92
รูปที่ 4.105 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 5.72 pC ที่มุม 110-120, 315 องศา	93
รูปที่ 4.106 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.40 kV ค่าดีสชาร์จ 10.92 pC ที่มุม 110, 335 องศา	93
รูปที่ 4.107 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.43 kV ค่าดีสชาร์จ 20.66 pC ที่มุม 110, 325 องศา	93
รูปที่ 4.108 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.109 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.62 kV ค่าดีสชาร์จ 5.74 pC ที่มุม 150, 335 องศา	94
รูปที่ 4.110 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.68 kV ค่าดีสชาร์จ 10.81 pC ที่มุม 150, 170, 335, 345 องศา	95
รูปที่ 4.111 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.75 kV ค่าดีสชาร์จ 20.17 pC ที่มุม 150, 170, 335, 345 องศา	95
รูปที่ 4.112 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.27 kV ค่าดีสชาร์จ 38.10 C ที่มุม 150, 170, 335, 345 องศา	95
รูปที่ 4.113 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	96
รูปที่ 4.114 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.08 kV ค่าดีสชาร์จ 2.58 pC ที่มุม 115-150, 305, 325 องศา	96
รูปที่ 4.115 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.24 kV ค่าดีสชาร์จ 2.70 pC ที่มุม 120-150, 300 องศา	97
รูปที่ 4.116 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.63 kV ค่าดีสชาร์จ 5.91 pC ที่มุม 85-145, 290-330 องศา	97
รูปที่ 4.117 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.67 kV ค่าดีสชาร์จ 11.05 pC ที่มุม 80-130, 270-315 องศา	97
รูปที่ 4.118 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	98
รูปที่ 4.119 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.57 kV ค่าดีสชาร์จ 2.33 pC ที่มุม 70-130, 270 องศา	98
รูปที่ 4.120 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.58 kV ค่าดีสชาร์จ 9.83 pC ที่มุม 75, 125, 255 องศา	99
รูปที่ 4.121 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.59 kV ค่าดีสชาร์จ 18.95 pC ที่มุม 70, 120, 270 องศา	99
รูปที่ 4.122 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.62 kV ค่าดีสชาร์จ 36.86 pC ที่มุม 60, 110, 255 องศา	99
รูปที่ 4.123 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	100
รูปที่ 4.124 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.09 kV ค่าดีสชาร์จ 2.87 pC ที่มุม 80-100, 270-290 องศา	100
รูปที่ 4.125 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.14 kV ค่าดีสชาร์จ 5.59 pC ที่มุม 80-110, 270 องศา	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XIV

สารบัญรูปรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.126 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 11.22 kV ค่าดีสชาร์จ 11.06 pC ที่มุม80-120, 275-290องศา	101
รูปที่ 4.127 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.25 kV ค่าดีสชาร์จ 20.79 pC ที่มุม75-100, 250-275องศา	101
รูปที่ 4.128 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	102
รูปที่ 4.129 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.96 kV ค่าดีสชาร์จ 2.72 pC ที่มุม70-90, 280-290องศา	102
รูปที่ 4.130 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.95 kV ค่าดีสชาร์จ 7.07 pC ที่มุม20-110, 210-270องศา	103
รูปที่ 4.131 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.57 kV ค่าดีสชาร์จ 13.58 pC ที่มุม20-110, 200-280องศา	103
รูปที่ 4.132 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.77 kV ค่าดีสชาร์จ 49.18 pC ที่มุม20-105, 200-265องศา	103
รูปที่ 4.133 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	104
รูปที่ 4.134 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.18 kV ค่าดีสชาร์จ 2.95 pC ที่มุม110-160, 215-290องศา	104
รูปที่ 4.135 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.34 kV ค่าดีสชาร์จ 9.73 pC ที่มุม100-150, 210-310องศา	105
รูปที่ 4.136 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.42 kV ค่าดีสชาร์จ 16.72 pC ที่มุม100-160, 210-310องศา	105
รูปที่ 4.137 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.98 kV ค่าดีสชาร์จ 29.33 pC ที่มุม85-120, 200-290องศา	105
รูปที่ 4.138 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	106
รูปที่ 4.139 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.88 kV ค่าดีสชาร์จ 3.04 pC ที่มุม115, 130, 250, 270องศา	106
รูปที่ 4.140 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.61 kV ค่าดีสชาร์จ 5.25 pC ที่มุม60, 75, 100องศา	107
รูปที่ 4.141 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.86 kV ค่าดีสชาร์จ 4.27 pC ที่มุม30-80, 200-255องศา	107
รูปที่ 4.142 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.50 kV ค่าดีสชาร์จ 8.08 pC ที่มุม25-90, 210-290องศา	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.143 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	108
รูปที่ 4.144 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.70 kV ค่าดีสชาร์จ 3.08 pC ที่มุม 85-140, 270-300 องศา	108
รูปที่ 4.145 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.72 kV ค่าดีสชาร์จ 5.64 pC ที่มุม 80-140, 265-280 องศา	109
รูปที่ 4.146 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.27 kV ค่าดีสชาร์จ 10.77 pC ที่มุม 80-130, 270-330 องศา	109
รูปที่ 4.147 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.30 kV ค่าดีสชาร์จ 19.40 pC ที่มุม 120, 265-290 องศา	109
รูปที่ 4.148 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	110
รูปที่ 4.149 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.80 kV ค่าดีสชาร์จ 2.95 pC ที่มุม 300-340 องศา	110
รูปที่ 4.150 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.86 kV ค่าดีสชาร์จ 5.30 pC ที่มุม 140, 280, 320 องศา	111
รูปที่ 4.151 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.30 kV ค่าดีสชาร์จ 10.17 pC ที่มุม 120, 290, 320 องศา	111
รูปที่ 4.152 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 36.00 pC ที่มุม 75, 130, 275, 310 องศา	111
รูปที่ 4.153 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	112
รูปที่ 4.154 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.30 kV ค่าดีสชาร์จ 3.00 pC ที่มุม 100-180, 300-350 องศา	112
รูปที่ 4.155 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.37 kV ค่าดีสชาร์จ 5.87 pC ที่มุม 85-180, 280-350 องศา	113
รูปที่ 4.156 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.43 kV ค่าดีสชาร์จ 11.03 pC ที่มุม 105-180, 290-360 องศา	113
รูปที่ 4.157 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.97 kV ค่าดีสชาร์จ 35.72 pC ที่มุม 125-160, 210 องศา	113
รูปที่ 4.158 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	114
รูปที่ 4.159 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.77 kV ค่าดีสชาร์จ 2.81 pC ที่มุม 110, 130, 295 องศา	114

สารบัญญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.160 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.19 kV ค่าดีสชาร์จ 5.39 pC ที่มุม80, 240-270องศา	115
รูปที่ 4.161 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.26 kV ค่าดีสชาร์จ 7.19 pC ที่มุม75, 105, 255, 280องศา	115
รูปที่ 4.162 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.77 kV ค่าดีสชาร์จ 19.80 pC ที่มุม50-120, 235-295องศา	115
รูปที่ 4.163 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	116
รูปที่ 4.164 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.70 kV ค่าดีสชาร์จ 3.01 pC ที่มุม300, 330องศา	116
รูปที่ 4.165 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.18 kV ค่าดีสชาร์จ 5.81 pC ที่มุม95-145, 270-310องศา	117
รูปที่ 4.166 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.22 kV ค่าดีสชาร์จ 11.13 pC ที่มุม130-150, 300-340องศา	117
รูปที่ 4.167 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.28 kV ค่าดีสชาร์จ 20.59 pC ที่มุม130, 155, 270-320องศา	117
รูปที่ 4.168 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	118
รูปที่ 4.169 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.76 kV ค่าดีสชาร์จ 3.13 pC ที่มุม30-110, 210-270องศา	118
รูปที่ 4.170 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.23 kV ค่าดีสชาร์จ 5.51 pC ที่มุม20-110, 195-295องศา	119
รูปที่ 4.171 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.81 kV ค่าดีสชาร์จ 9.95 pC ที่มุม10-125, 195-295องศา	119
รูปที่ 4.172 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.93 kV ค่าดีสชาร์จ 15.90 pC ที่มุม15-120, 195-300องศา	119
รูปที่ 4.173 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	120
รูปที่ 4.174 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.78 kV ค่าดีสชาร์จ 4.67 pC ที่มุม90, 145, 270, 300องศา	120
รูปที่ 4.175 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.33 kV ค่าดีสชาร์จ 5.07 pC ที่มุม70, 110, 255องศา	121
รูปที่ 4.176 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.48 kV ค่าดีสชาร์จ 9.78 pC ที่มุม60, 105, 135, 340องศา	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XVII
สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.177 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.05 kV ค่าดีสชาร์จ 16.79 pC ที่มุม 80, 145, 255, 300 องศา	121
รูปที่ 4.178 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	122
รูปที่ 4.179 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.15 kV ค่าดีสชาร์จ 5.66 pC ที่มุม 80-90, 200, 270 องศา	122
รูปที่ 4.180 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.19 kV ค่าดีสชาร์จ 5.73 pC ที่มุม 95-100, 220, 290 องศา	123
รูปที่ 4.181 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.55 kV ค่าดีสชาร์จ 10.11 pC ที่มุม 125, 200, 250 องศา	123
รูปที่ 4.182 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.75 kV ค่าดีสชาร์จ 10.37 pC ที่มุม 100, 200, 250, 300 องศา	123
รูปที่ 4.183 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	124
รูปที่ 4.184 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.60 kV ค่าดีสชาร์จ 3.24 pC ที่มุม 25, 90, 225 องศา	124
รูปที่ 4.185 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.61 kV ค่าดีสชาร์จ 5.97 pC ที่มุม 70, 260 องศา	125
รูปที่ 4.186 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.62 kV ค่าดีสชาร์จ 11.23 pC ที่มุม 60, 265 องศา	125
รูปที่ 4.187 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.65 kV ค่าดีสชาร์จ 21.26 pC ที่มุม 40, 120, 230 องศา	125
รูปที่ 4.188 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	126
รูปที่ 4.189 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.14 kV ค่าดีสชาร์จ 2.56 pC ที่มุม 90-180, 310-345 องศา	126
รูปที่ 4.190 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.27 kV ค่าดีสชาร์จ 3.78 pC ที่มุม 70-160, 260-355 องศา	127
รูปที่ 4.191 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.47 kV ค่าดีสชาร์จ 4.50 pC ที่มุม 80-135, 250-350 องศา	127
รูปที่ 4.192 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.88 kV ค่าดีสชาร์จ 9.24 pC ที่มุม 40-140, 225-325 องศา	127
รูปที่ 4.193 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่างภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.194 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.62 kV ค่าดีสชาร์จ 2.91 pC ที่มุม 50-95, 230-300 องศา	128
รูปที่ 4.195 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.62 kV ค่าดีสชาร์จ 3.49 pC ที่มุม 70-160, 280-315 องศา	129
รูปที่ 4.196 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.24 kV ค่าดีสชาร์จ 4.12 pC ที่มุม 70-150, 255-330 องศา	129
รูปที่ 4.197 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 8.20 pC ที่มุม 85-145, 270-315 องศา	129



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์	44
ตารางที่ 4.2 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์	47
ตารางที่ 4.3 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์	50
ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันเบรกดาวนซ์ของวัสดุทดสอบ	55
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดสอบดีสซาร์จบางส่วนแบบโคโรนา	130
ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดสอบดีสซาร์จบางส่วนแบบตามผิว	131
ตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดสอบดีสซาร์จบางส่วนแบบภายใน	133
ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบดีสซาร์จบางส่วนแบบผสม	134
ตารางที่ ค.1 ตารางแรงดันเบรกดาวนซ์มาตรฐาน	145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การฉนวนกึ่งตัวนำสำคัญในระบบไฟฟ้า หากฉนวนที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ได้กำหนดหรือเกิดความผิดปกติในฉนวน จะทำให้เกิดความล้มเหลวในระบบไฟฟ้าได้ ซึ่งความผิดปกติของฉนวนนั้นอาจเกิดมาจากการออกแบบการฉนวนที่ไม่ได้มาตรฐานและอาจเกิดจากความบกพร่องในกระบวนการผลิต ความบกพร่องของการฉนวน ทำให้เกิดดิสชาร์จบางส่วนขึ้นและจะพัฒนาไปสู่การเสียหายของฉนวนอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการตรวจสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วนก่อนนำอุปกรณ์ไปใช้งานจริงจึงเป็นส่วนสำคัญในการตรวจสอบถึงมาตรฐานการฉนวนของอุปกรณ์นั้นๆ

โดยที่ดิสชาร์จบางส่วน หมายถึงการที่ฉนวนเสียหายเพียงบางส่วน ที่ยังไม่ได้เชื่อมโยงกันระหว่างอิเล็กโทรด อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ โคโรนา ดิสชาร์จ, ดิสชาร์จตามผิว และดิสชาร์จภายใน

การจำแนกประเภทการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้จากการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงชนิดต่างๆนั้น อุปกรณ์จะต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของแต่ละบุคคล ซึ่งในปัจจุบันผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านนี้มีอยู่น้อยมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและรวบรวมลักษณะการเกิดดิสชาร์จบางส่วนในแต่ละประเภท เพื่อเป็นข้อมูลเตรียมสำหรับการพัฒนาการจำแนกรูปแบบของการเกิดดิสชาร์จบางส่วนโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อทำความเข้าใจในทฤษฎีและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
2. เพื่อทำการศึกษาการตรวจสอบลักษณะของสนามไฟฟ้า ด้วยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์
3. เพื่อทำการศึกษาถึงรูปแบบกระบวนการวัดการเกิดดิสชาร์จบางส่วนของอุปกรณ์ทดสอบที่จำลองลักษณะการเกิดดิสชาร์จบางส่วนขึ้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
จัดทำวัตถุที่ใช้สำหรับการทดสอบ	██████████	-----		
ศึกษาการวิเคราะห์ผล	██████████	-----		
ทำการทดสอบและเก็บผลการทดสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วน	██████████		-----	
วิเคราะห์ผลการทดลอง		██████████	-----	-----
จัดและแก้ไขทำปริญญานิพนธ์			-----	██████████

1.5 ประโยชน์และผลที่ได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
2. สามารถจำแนกประเภทของการเกิดดิสชาร์จบางส่วนได้โดยพิจารณาจากผลการทำการทดลอง
3. สามารถจำลองรูปแบบของสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดรูปแบบต่างๆ ได้โดยใช้โปรแกรม Finite element อย่างมีประสิทธิภาพ
4. เป็นการพัฒนาความรู้ทางด้านการตรวจวัดการเกิดดิสชาร์จบางส่วนให้มากขึ้น

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- [1] อติศร อาศirkานต์, อานุกาพ ธรรมผาดิ, อนุกุล เอี่ยมสะอาด "ปรากฏการณ์ดิสชาร์จบางส่วนในฉนวนแข็ง" ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2534
- [2] เกวริน วิเศษจินดาวัฒน์ "การจำรูปแบบของการเกิดดิสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง" วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วน

รายงานการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง และจำลองการเกิดดีสชาร์จบางส่วนเพื่อเก็บฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วนที่จะเกิดขึ้นในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงจริง เริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมของ PD หลักการตรวจจับ PD การลดสัญญาณรบกวนตลอดจนถึงการศึกษาวิธีการต่างๆในการวิเคราะห์ PD จากผลงานในอดีต

2.1 ความหมายของดีสชาร์จบางส่วน (PD)

ดีสชาร์จบางส่วน คือ ดีสชาร์จเบรกดาวนที่ไม่สมบูรณ์ พลังงานที่ทำให้เกิดดีสชาร์จนั้นไม่มากพอที่จะทำให้ฉนวนเปลี่ยนสภาพไปเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ตลอดแนวระหว่างอิเล็กโทรด จึงเรียกว่า ดีสชาร์จบางส่วน เพราะฉนวนของอิเล็กโทรดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้าน ซึ่งอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ยังเป็นฉนวนที่สมบูรณ์มั่นคงอยู่ Kreuger [1] ได้ให้คำอธิบายไว้ว่า “ดีสชาร์จบางส่วนเป็นดีสชาร์จทางไฟฟ้าที่ไม่เชื่อมโยงถึงกันระหว่างอิเล็กโทรด”

ดีสชาร์จบางส่วนจะเกิดขึ้นในระบบฉนวนที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงหรือฉนวนที่มีความไม่สม่ำเสมอ หรือไม่ต่อเนื่องกัน หรือมีสิ่งเจือปน ซึ่งทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าบางจุดในฉนวนมีค่าสูงกว่าค่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤต แต่ไม่อาจทำให้เกิดเบรกดาวนโดยสมบูรณ์ได้หากแต่เกิดเพียงบางส่วนเท่านั้น

ดีสชาร์จบางส่วนเกิดขึ้นได้ทั้งในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ และสนามไฟฟ้ากระแสตรง ภายใต้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ ดีสชาร์จจะเกิดขึ้นทุกๆ ไซเคิลของแรงดัน โดยปกติจะเกิดขึ้นขณะที่แรงดันที่ป้อนเพิ่มขึ้นจากศูนย์ไปสู่ค่ายอด[2]

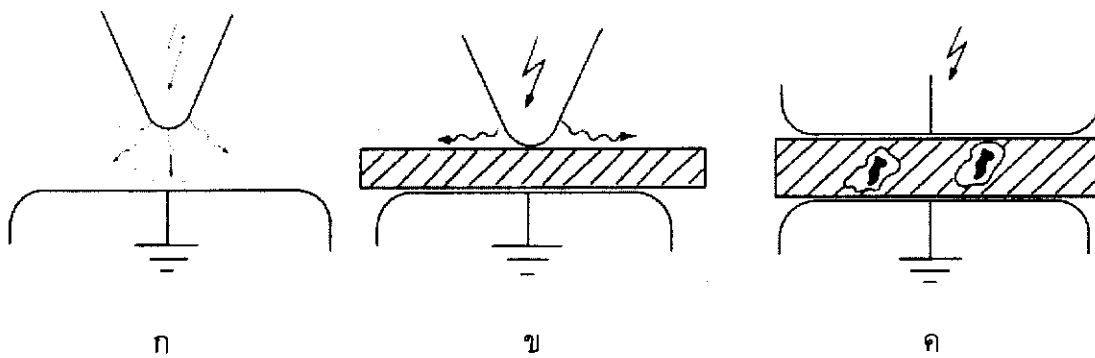
ดีสชาร์จบางส่วนอาจแบ่งตามลักษณะที่เกิดได้ 3 แบบคือ

1) โครนาดีสชาร์จ (Corona discharge) เกิดบนแท่งตัวนำในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงรอบปลายอิเล็กโทรดแหลม ซึ่งต่อกับไฟฟ้าแรงดันสูงหรือกราวด์อยู่ในอากาศหรือก๊าซที่ความดันปกติ ดังรูปที่ 2.1 ก)

2) ดีสชาร์จตามผิว (Surface discharge) เกิดบริเวณผิวของฉนวนที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าในแนวเดียวกับผิวสูง อาจเกิดร่องรอยกัดกร่อนซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้า (tracking) ดังรูปที่ 2.1 ข)

3) ดีสชาร์จภายใน (Internal discharge) เกิดขึ้นในเนื้อฉนวนที่มีความคงทนได้อิเล็กตริกต่ำหรือมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณอื่น จึงทำให้เนื้อฉนวนส่วนนี้เกิดเบรกดาวนก่อน ดีสชาร์จภายในเกิดขึ้นเนื่องจากมีโพรงอากาศหรือสิ่งแปลกปลอมในเนื้อฉนวนที่เป็นของแข็งหรือของเหลว ตัวอย่างของดีสชาร์จภายในแสดงดังรูปที่ 2.1 ค) [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ดิสชาร์จบางส่วนแบบต่างๆ

ก) โครนาดีสชาร์จ ข) ดิสชาร์จตามผิว ค) ดิสชาร์จภายใน

2.1.1 ดิสชาร์จแบบโครนา

ดิสชาร์จในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงรอบปลายแหลมอิเล็กโทรดแหลม หรือ ขอบคมที่อยู่ในอากาศหรือก๊าซความดันปกติ เรียกว่า โครนา โครนาดีสชาร์จจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ ความเครียดสนามไฟฟ้าเกินค่าสนามไฟฟ้าวิกฤตในอากาศ

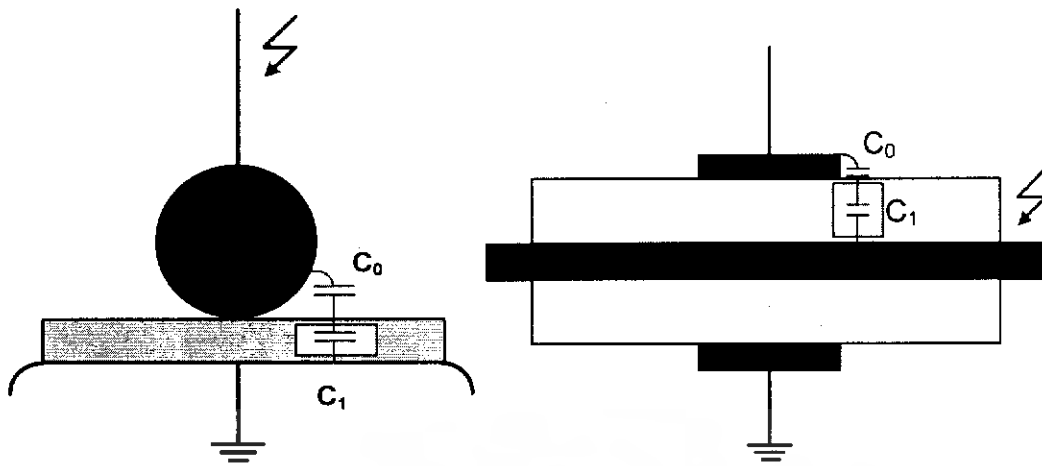
ผลเนื่องจากโครนาคือ

1. เมื่อเกิดโครนาในอากาศอาจสังเกตหรือรับรู้ได้ด้วยร่างกายคน คือจะได้ยิน เสียงฮิสซิ่ง (เสียงแมลงบิน) มีกลิ่นโอโซน (O_3) ในยามมืดสนิทจะเห็นแสงเรือง
2. โครนาดีสชาร์จเกิดขึ้นในรูปพัลส์สั้นๆ ซึ่งมีสเปกตรัมความถี่สูงถึง MHz คลื่นความถี่สูงนี้ จะรบกวนระบบสื่อสาร
3. การเกิดโครนาย่อมหมายถึง มีพลังงานสูญเสียเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนาในการออกแบบระบบสายส่งจึงหลีกเลี่ยงมิให้เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่าค่าสนามวิกฤต

พลังงานสูญเสียเนื่องจากโครนาขึ้นอยู่กับความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดของผิวดำนำ ด้วยเหตุนี้ในระบบสายส่งแรงสูงจึงใช้สายควบ (bundled conductors) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะบรรยากาศ ฝน หมอก น้ำค้าง จะทำให้เกิดโครนาง่าย

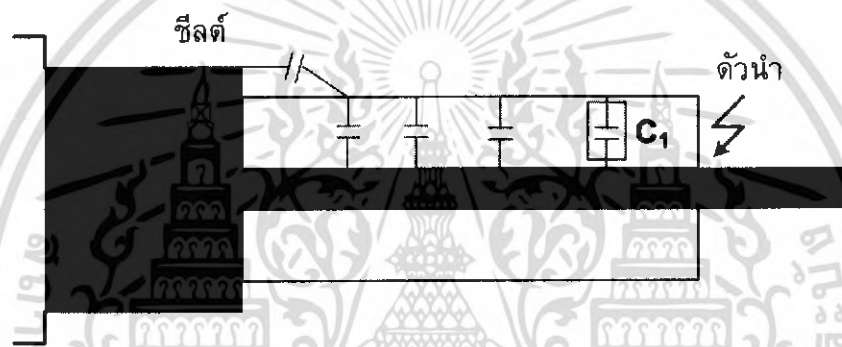
2.1.2 ดิสชาร์จตามผิว

ในสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอก็ตามจนวนแข็งมีส่วนทำให้ สนามไฟฟ้าในส่วนที่มีเปอร์มิตติวิตีต่ำ เช่น ก๊าซหรืออากาศมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้น จนเป็นผลให้เกิดดิสชาร์จขึ้นในส่วนที่เป็นอากาศ ดิสชาร์จตามผิวเกิดขึ้นเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้าตามผิวจนวน มีค่าสูงถึงค่าวิกฤต ตัวอย่างเช่นแผ่นจนวนคั่นระหว่างอิเล็กโทรดกับแผ่นระนาบ ที่ปักยึดปลอกจนวนดำนำ และปลายสายเคเบิลแรงสูงดังรูป 2.2



a) อิเล็กโทรดทรงกลมกับระนาบค้ำด้วยแผ่นแก้ว

b) ปลอกฉนวนตัวนำ



c) ปลาสายเคเบิลแรงสูง

รูปที่ 2.2 ลักษณะรูปแบบของฉนวนที่ทำให้เกิดดีสชาร์จตามผิวบางส่วน

ตามรูป ค่าเก็บประจุระหว่างอิเล็กโทรด $C_0 \ll$ ค่าเก็บประจุของฉนวนแข็ง C_1 ฉะนั้นแรงดันระหว่าง อิเล็กโทรดจะตกคร่อม C_0 เกือบทั้งหมด ทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าบน ส่วน C_0 มีค่าสูงเกินค่าวิกฤตได้ จึงเกิดเบรกดาว์นหรือดีสชาร์จในส่วนที่เป็นอากาศ แต่ในส่วนที่เป็นฉนวนแข็ง ซึ่งมีความคงทนต่อแรงดัน E_b สูง จึงไม่อาจเกิดเบรกดาว์นทะลุได้ แต่จะดีสชาร์จไปตามผิวฉนวนแข็ง [2]

2.1.3 ดีสชาร์จภายใน

การเกิดดีสชาร์จภายใน จะเกิดในส่วนที่มีความต้านทานของฉนวนทางไฟฟ้าต่ำ ปกติแล้วจะเกิดที่ช่องกลวงที่มีก๊าซอยู่ แต่ก็สามารถเกิดที่ช่องกลวงที่มีน้ำมันอยู่ได้เหมือนกัน และนำไปสู่การเกิดดีสชาร์จในก๊าซ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการเกิดดีสชาร์จภายในได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) โพรงอากาศ การเกิดดีสชาร์จภายในจะเกิดขึ้นบ่อยๆในโพรงอากาศอยู่ซึ่งสามารถเกิดได้ในทั้ง พลาสติก เรซิน หรือกระดาษเคลือบเรซิน แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดดีสชาร์จขึ้นอยู่กับความเครียดในโพรง และความแข็งแรงทางไฟฟ้าของโพรง ความเครียดในโพรงสามารถคำนวณได้ในบางกรณี ถ้าโพรงตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ความเครียดในโพรงก็จะเท่ากับ \square คูณด้วย ความเครียดของ ไดอิเล็กตริก โดยที่ ϵ แทน ค่าคงที่ ไดอิเล็กตริกของฉนวน

2) การปนเปื้อน (Inclusion) การปนเปื้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในพลาสติกหรือเรซิน ขึ้นรูป การปนเปื้อนประกอบไปด้วย ฝุ่น กระดาษ ใยผ้า หรือ วัสดุแปลกปลอมอื่นๆ การปนเปื้อนทำให้ความคงทนต่อการเกิดเบรกดาว์นของฉนวนลดลงจากเดิม และหลังจากการเบรกดาว์นจากการปนเปื้อน จะเกิดก๊าซภายในฉนวน แล้วทำให้การดีสชาร์จในก๊าซเกิดขึ้น ซึ่งทำให้เกิดเบรกดาว์นได้ง่ายขึ้น

3) โพรงที่มีน้ำมัน (Oil-filled cavities) โพรงที่มีน้ำมันจะถูกพบบริเวณระหว่างชั้นและกันของช่องว่างของ oil-impregnated paper insulation เช่น ขดลวดในหม้อแปลงไฟฟ้า หรือ สายเคเบิล ความเครียด ในโพรงที่มีน้ำมัน สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับที่ทำได้ในโพรงอากาศ กรณีที่เกิดขึ้นมากที่สุดก็คือโพรงมีฉนวนบดตั้งฉากกับ [1]

2.2 ผลกระทบของดีสชาร์จบางส่วน

ดีสชาร์จบางส่วนแต่ละครั้งจะมีพลังงานถ่ายเทให้กับพื้นผิวฉนวน ในลักษณะการชนกระแทกเป็นเหตุให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นเฉพาะจุด เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ฉนวนเสียเป็นจุดๆและเกิดผิปกดขยายตัวมากขึ้น และอาจนำไปสู่การเกิดเบรกดาว์นอย่างสมบูรณ์ได้ ทำให้ฉนวนเสียหาย อายุการใช้งานของฉนวนจะสั้นลง

การเกิดดีสชาร์จบางส่วนบนสายส่งแรงสูงแบบขึงอากาศ เรียกว่า โครโนา ย่อมหมายถึงการเกิดพลังงานสูญเสียตลอดเวลา และยิ่งกว่านั้นการเกิดโครโนาพัลส์ดีสชาร์จดังกล่าวทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไปรบกวนระบบสื่อสารยานความถี่วิทยุ เรียกว่า คลื่นรบกวนวิทยุ

ฉะนั้นเพื่อให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงใช้งานได้ยาวนาน ไม่ก่อให้เกิดคลื่นรบกวนวิทยุ การออกแบบการฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องมีคุณภาพดีพอ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันงานปกติจะต้องต่ำกว่าค่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤตของฉนวน จะต้องไม่มีดีสชาร์จบางส่วน แม้จะมีแรงดันเกินอันเนื่องมาจากแรงดันกระเพื่อมเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม การฉนวนอุปกรณ์แรงสูง มีความยุ่งยากซับซ้อน PD อาจเกิดขึ้นโดยมิได้ตั้งใจ หรืออาจมีความบกพร่องในกระบวนการผลิต หรือคุณภาพของฉนวนไม่ได้ตามที่กำหนด ฉะนั้นเพื่อความมั่นใจในคุณภาพของการฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง จำเป็นต้องมีการทดสอบตรวจวัดค่า PD วัดค่าแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุ (Radio Interference Voltage = RIV) ตามที่มาตรฐานกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สื่อสัญญาณที่ใช้ตรวจจับ PD

การตรวจจับและวัดค่า PD จะอาศัยผลที่เกิดจากดิสชาร์จบางส่วน ซึ่งจะมีผลสืบเนื่องในรูปแบบต่างๆ คือ

- 1) มีกระแสพัลส์ไฟฟ้าเกิดขึ้นขณะที่เกิดดิสชาร์จบางส่วน
- 2) เกิดกำลังสูญเสียไดอิเล็กตริก
- 3) เกิดคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในย่านความถี่สูง รบกวนระบบสื่อสาร
- 4) เกิดแสงเรือง เนื่องจากเกิดไอออนในเซชันเป็นโคโรนา
- 5) เกิดโคโรนาในอากาศ จะมีกลิ่นโอโซน (O₃) เกิดเสียงฮิสซิง (hissing)
- 6) เกิดความดันก๊าซเพิ่มสูงขึ้น
- 7) เกิดความร้อน
- 8) เกิดปฏิกิริยาทางเคมี

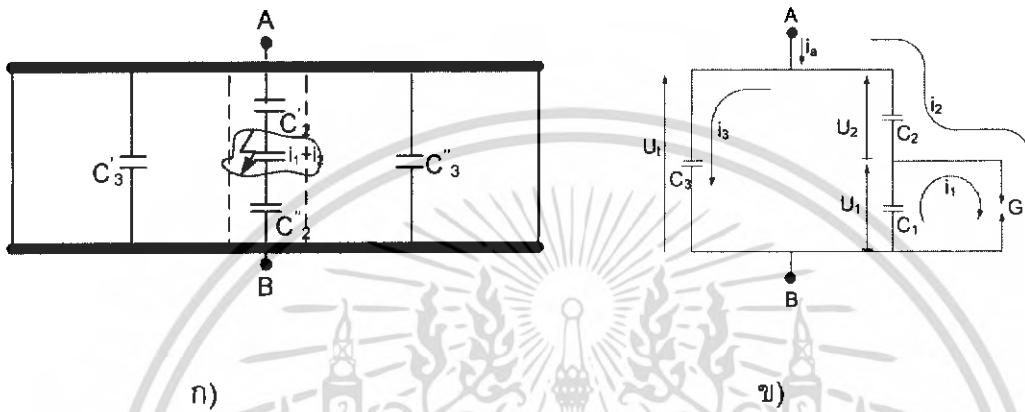
การตรวจจับ PD ส่วนมากจะอาศัยผลทางไฟฟ้า ซึ่งให้ผลที่มีความถูกต้องดีกว่าวิธีอื่นๆ คือ ดิสชาร์จทำให้เกิดกระแสพัลส์ไหลผ่านวงจรต่ออนุกรมฉนวนทดสอบ จึงสามารถวัดแรงดันตกคร่อมอิมพีแดนซ์ที่ต่ออยู่ในวงจรได้ การใช้สื่อสัญญาณอื่น จะมีความไวน้อยกว่า บางอย่างก็ต้องเกิด PD ในปริมาณมากๆ จึงจะตรวจจับได้ การตรวจจับสื่อสัญญาณพัลส์ไฟฟ้าสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวงจรสมมูลที่มี PD [2]

2.4 พฤติกรรมของดิสชาร์จบางส่วน

การเกิดดิสชาร์จบางส่วนมีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เมื่อเกิดดิสชาร์จขึ้น[2] พลังงานการกระทบจากอิเล็กตรอนหรือ อีออนพลังงานสูงจะทำให้ฉนวนเกิดความร้อนและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นเหตุให้ฉนวนเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง นำไปสู่การเบรกดาวน์ได้ในที่สุด ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบฉนวนและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง นอกจากนั้นแล้วดิสชาร์จบางส่วนยังก่อให้เกิดคลื่นรบกวนวิทยุ (Radio interference) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบสื่อสาร มาตรฐานจึงกำหนดให้มีการทดสอบตรวจวัดค่า PD [3]

2.4.1 วงจรสมมูลของคิซาร์จภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงทั่วไป

วงจรสมมูลสำหรับคำนวณของอุปกรณ์ขณะเกิด PD อาจแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_1, C_2, C_3 และสปาร์กแกป G ดังรูปที่ 2.3 โดยฉนวนส่วนที่บกพร่องซึ่งปกติแล้วจะเป็นโพรงอากาศขนาดเล็กๆจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_1 และสปาร์กแกป G ฉนวนที่อยู่ใต้วงเดียวกันกับส่วนที่บกพร่องจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_2 และฉนวนส่วนที่มีสภาพดีจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_3



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูล PD แบบทั่วไป

จากรูปที่ 2.3 เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วสายของอุปกรณ์ (ขั้ว A-B) ในรูปที่ 2.3 ก) จะทำให้เกิด แรงดันตกคร่อมส่วนต่างๆของฉนวนแสดงดังรูปที่ 2.3 ข) ถ้าเกิดเบรกดาวนหรือคิซาร์จเฉพาะบริเวณโพรงอากาศนี้ จึงเรียกว่าเกิด "คิซาร์จบางส่วน" หรือ "PD" ภายในอุปกรณ์นั้น จากรูปที่ 2.3 ข) จะได้

$$C_3 = C'_3 + C''_3 \quad (2.1)$$

$$C_2 = \frac{C'_2 C''_2}{C'_2 + C''_2} \quad (2.2)$$

$$C_3 \gg C_1 \gg C_2 \quad (2.3)$$

จากเหตุผลในสมการ(2.3) โดยที่ C_3 คือค่าความจุไฟฟารวมของวัสดุทดสอบ จะได้ว่า

$$C_o = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} + C_3 \approx C_3 \quad (2.4)$$

จากรูปที่ 2.3 ข) แรงดันที่ขั้วสาย ΔU_1 เนื่องจากการเกิด PD สามารถคำนวณได้โดยเปรียบเทียบประจุสะสมก่อนและหลังการเกิด PD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

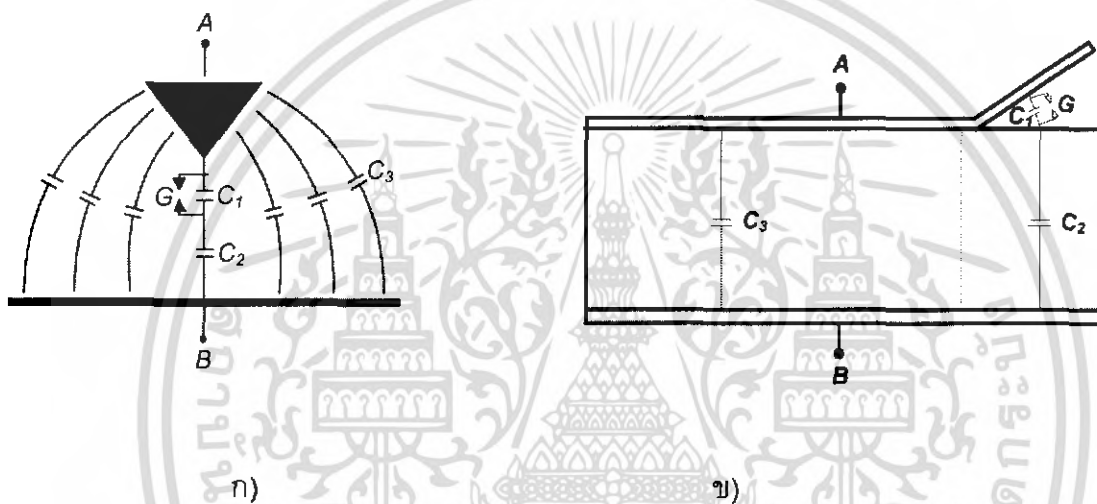
$$C_3U_1 + C_2(U_1 - \Delta U_1) = C_3U'_1 + C_2U'_1 \quad (2.5)$$

$$\text{จะได้ } \Delta U_1 = (U_1 - U'_1) = \frac{C_2 \Delta U_1}{(C_2 + C_3)} \quad (2.6)$$

โดยที่ U_1 คือ แรงตกคร่อมขั้วสายก่อนการเกิด PD

โดยที่ U'_1 คือ แรงตกคร่อมขั้วสายหลังการเกิด PD

วงจรสมมูลในรูปที่ 2.3 ข) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ PD ที่เกิดในบริเวณปลายแหลมหรือขอบคมของอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่ง PD ลักษณะนี้เรียกว่า “โคโรนา” และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับดิสชาร์จตามผิว ได้เช่นเดียวกันโดยสามารถแทนอากาศรอบๆ หรือฉนวนส่วนต่างๆ ด้วยค่าความจุไฟฟ้าดังรูปที่ 2.4 ตามลำดับ [3]

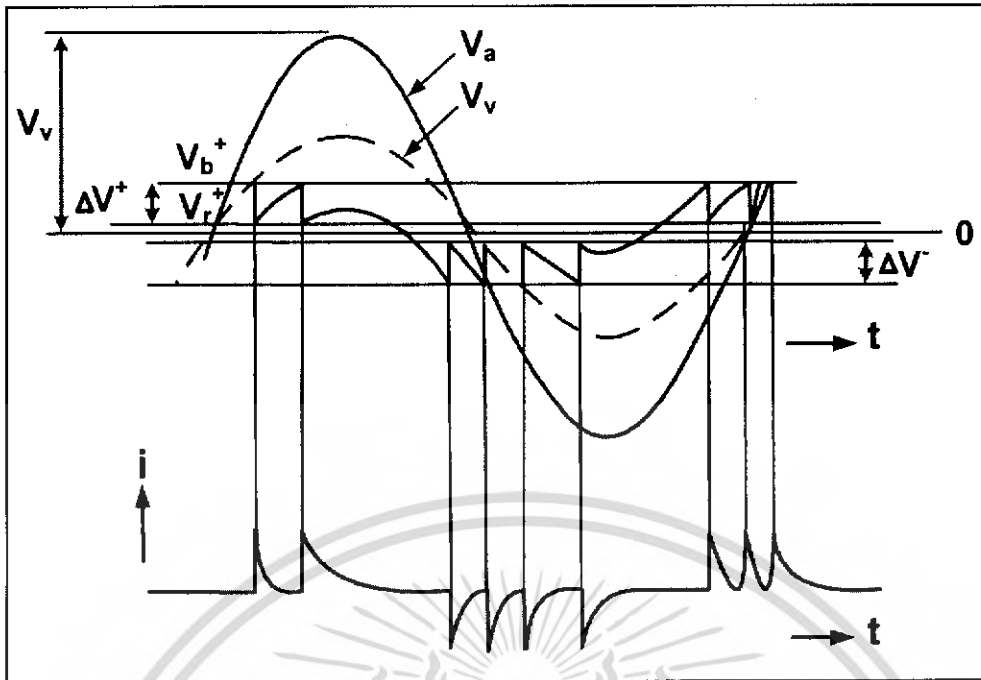


รูปที่ 2.4 แสดงค่าความจุไฟฟ้าของวงจรที่เกิด PD แบบ ก) โคโรนา ข) ดิสชาร์จตามผิว

2.4.2 ธรรมชาติพัลส์ของดิสชาร์จบางส่วน

2.4.2.1 การดิสชาร์จซ้ำ

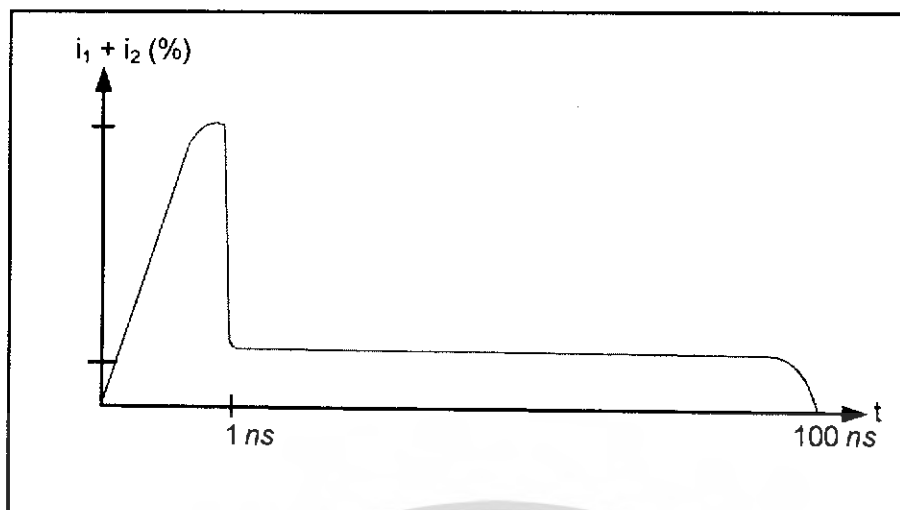
ในทางปฏิบัติ PD อาจเกิดซ้ำๆ ได้หลายครั้งในแต่ละคาบเวลาดังรูปที่ 2.5 โดยที่ U_1 คือ แรงดันตกคร่อมขั้วสายของอุปกรณ์, V_b คือ แรงดันเบรกดาวนของโพรงก๊าซ, V_1 คือ แรงดันหลังเบรกดาวนของโพรงก๊าซ, U_1 คือ แรงดันคร่อมโพรงก๊าซ, U'_1 คือ แรงดันคร่อมโพรงอากาศถ้าไม่มีการเกิด PD และ i_a คือ กระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 แรงดันตกคร่อมโพรงก๊าซและกระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ขณะเกิด PD

2.4.2.2 ลักษณะรูปร่างของกระแสดีสชาร์จบางส่วน

ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในแก๊สหรือโพรงอากาศเล็ก ในทางทฤษฎี แสดงดังรูปที่ 2.6 ขณะเกิด PD กระแสที่ไหลผ่านแก๊สจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าไอออนบวกผ่านแก๊สสั้นๆ เมื่ออิเล็กตรอนไหลผ่านแก๊สหมดกระแสจะลดลงอย่างรวดเร็ว กระแสที่ลดลงจะยังคงไหลต่อไปอีกเนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวก[5] แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ จะพบว่าความกว้างของกระแสพัลส์ที่เกิดจาก PD ในฉนวนจะอยู่ในช่วงเวลา 1.5 นาโนวินาทีถึงช่วงเป็นหลัก 100 นาโนวินาที ดังนั้นกระแสพัลส์ดังกล่าวจึงมีสเปกตรัมของความถี่ที่มีแบนด์วิดท์กว้าง 10 เมกะเฮิร์ตขึ้นไป และอาจจะมีค่าความถี่ถึง 200 เมกะเฮิร์ต ซึ่งการเกิด PD จากลักษณะการเกิดทรีอิง(Treeing) ในฉนวนจะมีความกว้างของกระแสพัลส์ที่กว้างที่สุด [3]



รูปที่ 2.6 ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในทางทฤษฎีสำหรับแกปเล็กๆ

2.5 หลักการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

หลักการตรวจจับ PD สามารถทำได้หลายวิธี โดยการสังเกตหรือวัดผลที่เป็นปรากฏการณ์ต่างๆของ PD การวัดผลของ PD ในเชิงปริมาณที่ได้ผลที่สุดคือ การวัดผลทางไฟฟ้าโดยวิธีตรวจจับกระแสพัลส์ที่ขั้วสายของอุปกรณ์ [1]

2.5.1 วงจรพื้นฐานและการวิเคราะห์วงจรตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

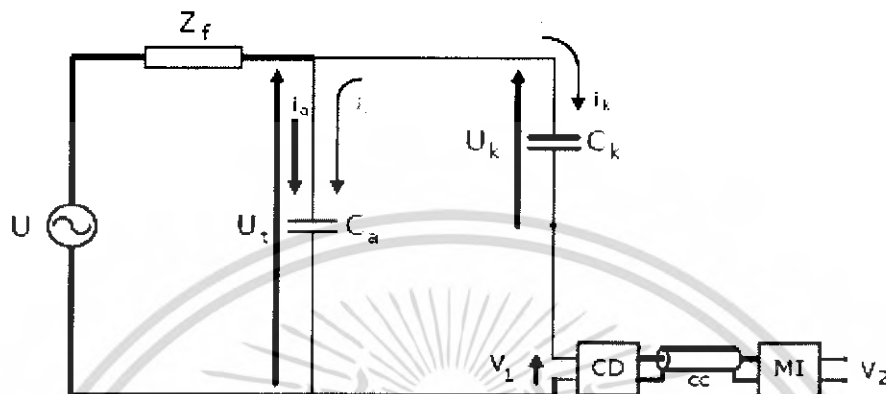
วงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD ตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากล IEC 60270 1998 (ฉบับร่าง) [6] จะประกอบด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงหรือแรงดันทดสอบ U, ตัวกรองสัญญาณ (Filter) จากแหล่งจ่ายหรืออิมพีแดนซ์ Z_f , วัสดุทดสอบ (Test object) C_o , ตัวเก็บประจุคัปปลิง (Connecting capacitor) C_k , อุปกรณ์รับสัญญาณ (Coupling device) CD, สายเคเบิลนำสัญญาณ (Connecting cable) CC, และเครื่องมือวัด (Measuring instrument) MI ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 2.7

หน้าที่การทำงานและคุณสมบัติสำคัญของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

1) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง U ใช้ในการจ่ายแรงดันให้วงจรทดสอบและมีฟังก์ชันกำลังไฟฟ้าเพียงพอที่จะจ่ายโหลดได้ เช่น หม้อแปลงทดสอบซึ่งควรเป็นหม้อแปลงทดสอบที่ปลอดภัย PD ที่แรงดันทดสอบ เป็นต้น

2) ตัวกรองสัญญาณหรืออิมพีแดนซ์ Z_f ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่าย เช่น ฮาร์มอนิก และ PD ที่เกิดภายในหม้อแปลงทดสอบเองที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายเป็นต้น และหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ป้องกัน PD จากวงจรทดสอบที่ไหลย้อนลงกราวด์ผ่านทางแหล่งจ่ายตัวกรองดังกล่าวต้องทนแรงดันทดสอบได้และปราศจาก PD ที่แรงดันทดสอบ ตัวอย่างตัวกรอง เช่น ตัวเหนี่ยวนำ (High voltage inductor) หรือตัวกรองชนิดผ่านแถบเอกซารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ต่ำ (High voltage low-pass filter) เป็นต้น ดังนั้นในกรณีที่ใช้หม้อแปลงทดสอบปราศจาก PD ที่แรงดันทดสอบเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจะไม่จำเป็นต้องกรองอีก เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงทดสอบมีคุณสมบัติเป็นตัวเหนี่ยวนำอยู่แล้ว โดยเฉพาะหม้อแปลงปลอต PD



รูปที่ 2.7 วงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD

3) ตัวเก็บประจุคัปปลิง C_k ใช้เป็นส่วนเชื่อมต่อหรือคัปปลิงสัญญาณความถี่สูงให้ครบวงจรระหว่าง C_a และ C_k CD ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ต่ำสำหรับ PD ดังนั้นตัวเก็บประจุคัปปลิงต้องเป็นชนิดที่มีค่าเหนี่ยวนำภายในต่ำ ปราศจาก PD ที่แรงดันทดสอบ

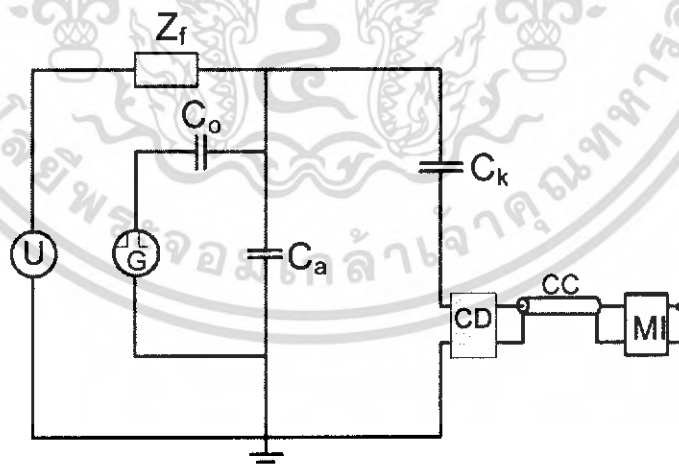
4) อุปกรณ์รับสัญญาณ CD และเครื่องมือวัด MI อุปกรณ์ทั้งสองส่วนนี้จะทำงานร่วมกันคือทำหน้าที่อินทิเกรต (Integrate) กระแสพัลส์ i_k ที่ไหลในวงจรทดสอบ เนื่องจากการเกิด PD โดยมีสายนำสัญญาณ CC เป็นสายที่เชื่อมต่อระหว่าง CD กับ MI อุปกรณ์รับสัญญาณจะทำหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ เป็นตัวกรองกระแสความถี่ต่ำ (50 ถึง 400 เฮิร์ต) และฮาร์โมนิกต่างๆ จากแหล่งจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันทดสอบไม่ให้เข้าไปที่เครื่องมือวัดได้ ส่วนเครื่องมือวัด MI จะทำหน้าที่อีก 3 ประการคือ เป็นวงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) เป็นวงจรกรองสัญญาณชนิดผ่านแถบ เพื่อลดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดันทดสอบกับสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่มาจากคลื่นวิทยุ และเป็นอุปกรณ์แสดงผล PD หลักการทำงานของวงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD เริ่มจากค้อยๆป้อนแรงดันทดสอบจากแหล่งจ่าย U ผ่านตัวกรอง Z_f ให้กับวงจรทดสอบจนกระทั่งเกิด PD ที่วัสดุทดสอบ C_a (ถ้าฉนวนของวัสดุทดสอบนั้นมีความบกพร่อง) ทำให้เกิดแรงดันตกที่ขั้วของ C_a ตามสมการ (2.6) C_k , C_a และ CD และ MI วัดประจุไฟฟ้าที่ถ่ายเทระหว่าง C_a กับ C_k โดยการอินทิเกรตกระแสพัลส์ i_k เพื่อนำไปแสดงผลต่อไป

2.5.2 แสดงผลของดีสชาร์จบางส่วน

การแสดงผลหรือวัดผลของดีสชาร์จบางส่วนสามารถทำได้ทั้งทางมิเตอร์ ทางจอภาพของออสซิลโลสโคป และทางเครื่องบันทึก[5] ค่าของดีสชาร์จบางส่วนที่มาตรฐานกำหนดโดยปกติจะแสดงในเทอมของ “ประจุปรากฏ” ของ PD หรือ “ขนาดของดีสชาร์จ” (Discharge magnitude) “ q ” มีหน่วยเป็นพิโคคูลอมป์(pC) สัญญาณเอาต์พุตของเครื่องตรวจจับ PD คือ v_2 จะเป็นปริมาณโดยตรงกับ q ดังนั้นค่ายอดของ v_2 คือ $v_{2(\text{peak})}$ จะเป็นปริมาณโดยตรงกับ q ด้วย [5] จากเหตุผลดังกล่าวการอ่านค่า q จึงนิยมอ่านจากค่ายอดของ v_2 ซึ่งอ่านได้จากจอภาพของออสซิลโลสโคป หรือมิเตอร์อ่านค่ายอดก็ได้

2.5.3 เครื่องปรับเทียบดีสชาร์จมาตรฐาน (Discharge calibrator)

สัญญาณเอาต์พุต v_2 แปรผันตามขนาดของตัวเก็บประจุคัปปลิงและวัสดุทดสอบ จึงต้องมีการปรับเทียบด้วยค่า PD มาตรฐานก่อนทำการป้อนแรงดันเข้าวงจรทดสอบ โดยใช้เครื่องปรับเทียบดีสชาร์จมาตรฐาน เพื่อใช้ในการจำลองการเกิด PD ด้วยการส่งผ่านกระแสพัลส์ที่มีขนาดของประจุมาตรฐาน q_0 ที่ขั้วทั้งสองของวัสดุทดสอบ ดังรูปที่ 2.8 เครื่องปรับเทียบดีสชาร์จมาตรฐานประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดันรูปขึ้น หรือแรงดันแบบสี่เหลี่ยม U_0 ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาดเล็ก(Calibrating capacitor) C_0 ตามมาตรฐาน IEC กำหนดให้ $C_0 \leq 0.1C_s$ ถ้า C_0 เป็นตัวเก็บประจุแรงดันต่ำ และกำหนดช่วงเวลานขึ้น t_r ของ U_0 เป็น $t_r \leq 60\text{ns}$ [6] ในการปรับเทียบต้องพิจารณาผลของค่าความจุไฟฟ้าสเตอร์ C_s ด้วย คือต้องทำให้ $C_0 \gg C_s$



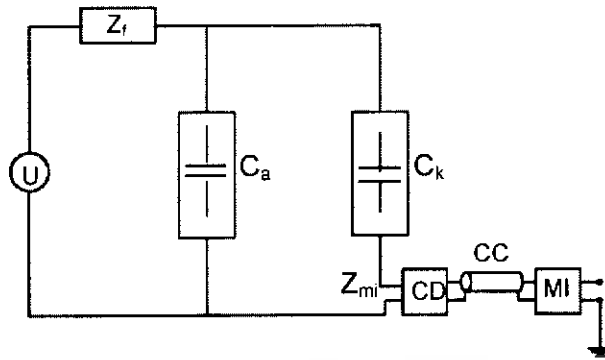
รูปที่ 2.8 วงจรสำหรับการปรับเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

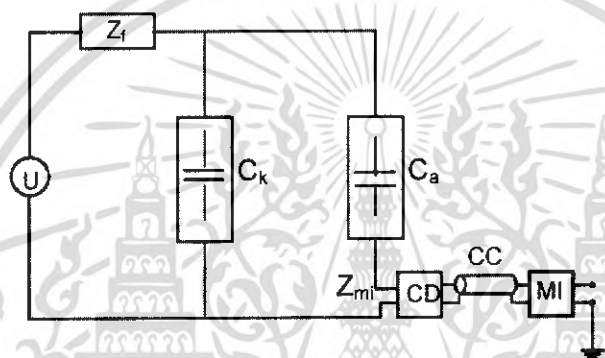
2.6 เทคนิคการวัดคิซาร์จบางส่วน

โดยปกติวัสดุทดสอบทั่วไป อาจแทนได้ด้วยตัวเก็บประจุชนิดองค์ประกอบแบบลัมปีหรือตัวเก็บประจุธรรมดา วงจรทดสอบ PD ตามมาตรฐานต่าง จะมีลักษณะเช่นเดียวกันในที่นี้ใช้วงจรทดสอบตามมาตรฐาน IEC [6,7] โดยรูปที่ 2.9 ก) และรูปที่ 2.9 ข) เป็นวงจรทดสอบแบบวีซีตรง ข้อดีของวงจรรูปที่ 2.9 ก) และวงจรรูปที่ 2.9 ข) คือ ชั่วแรงดันต่ำของวัสดุทดสอบต่อลงกราวด์โดยตรง ในกรณีที่วัสดุทดสอบเกิดการเบรกดาวร์ อุปกรณ์รับสัญญาณจะไม่ได้รับความเสียหายและเหมาะสมสำหรับทดสอบวัสดุที่มีชั่วแรงดันต่ำหรือซิลด์หรือ Screen ขนาดใหญ่ เช่น เคเบิล เป็นต้น เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่ซิลด์ของเคเบิลจะต่อลงกราวด์โดยตรง ในรูปที่ 2.9 ค) เป็นวงจรทดสอบแบบสมดุลงจรแบบนี้จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องการลดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากแหล่งจ่ายหรือสัญญาณแบบคอมมอนโหมด (Common mode) ในรูปที่ 2.9 ง) เป็นวงจรทดสอบแบบแยกขั้วสัญญาณได้ (Polarity discrimination) มีข้อดีเช่นเดียวกับวงจรทดสอบแบบสมดุล แต่มีความสามารถเพิ่มเติมในการแยกขั้วสัญญาณรบกวนภายนอกออกจาก PD ภายในวงจรทดสอบได้ แต่ข้อเสียของวงจรรูปที่ 2.9 ข), 2.9 ค) และ 2.9 ง) คือ อาจทำให้เครื่องวัดได้รับความเสียหายในกรณีที่วัสดุทดสอบเกิดการเบรกดาวร์และไม่เหมาะในการทดสอบวัสดุทดสอบที่มีซิลด์ขนาดใหญ่ เนื่องจากซิลด์ไม่ได้ต่อลงกราวด์โดยตรง ดังนั้นถ้ามีสัญญาณรบกวนที่มีซิลด์จะทำให้ความไวในการวัด PD ลดลง

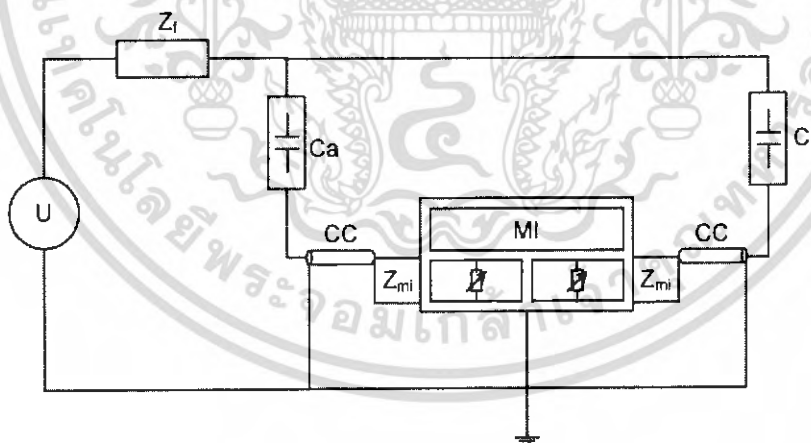
การเปรียบเทียบวงจรถดสอบโดยปกติจะทำก่อนการป้อนแรงดันทดสอบเข้าวงจรทดสอบ โดยใช้เครื่องเปรียบเทียบคิซาร์จมาตรฐานในการป้อนกระแสพัลส์สั้นๆ ที่มีประจุ (Pulse area) q_{cal} ซึ่งทราบค่าที่แน่นอนที่ขั้วทั้งสองของวัสดุทดสอบ ถ้าเครื่องตรวจจับ PD อ่านค่า PD ได้ a_1 ดังนั้น Scale factor $K_1 = q_{cal}/a_1$ หลังจากทำการเปรียบเทียบเสร็จแล้วต้องเอาเครื่องเปรียบเทียบคิซาร์จมาตรฐานออกก่อนการป้อนแรงดันเข้าวงจรทดสอบ (ในกรณีที่ C_0 เป็นตัวเก็บประจุแรงดันต่ำ) ขณะทำการทดสอบที่แรงดันมาตรฐานกำหนด ถ้าในขณะนั้นเครื่องตรวจจับ PD อ่านค่าได้ a_2 ดังนั้นประจุที่ปรากฏของ PD คือ $K_1 a_2$ และความไวของวงจรถดสอบ $q_{min} = 2K_1 h_n$ เมื่อ h_n คือ ค่าสูงสุดของระดับสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background Noise) ที่อ่านจากเครื่องตรวจจับ PD หลังการปรับเทียบก่อนการจ่ายแรงดันให้วงจรทดสอบ[8]



n)



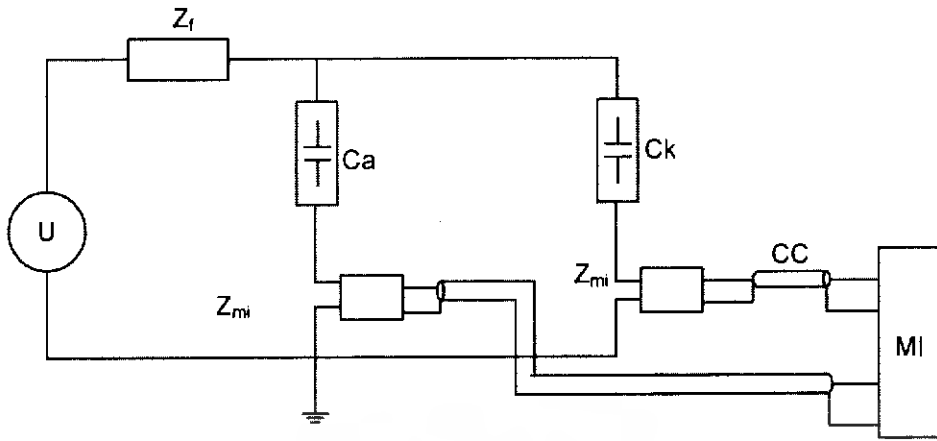
ข)



ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ง)

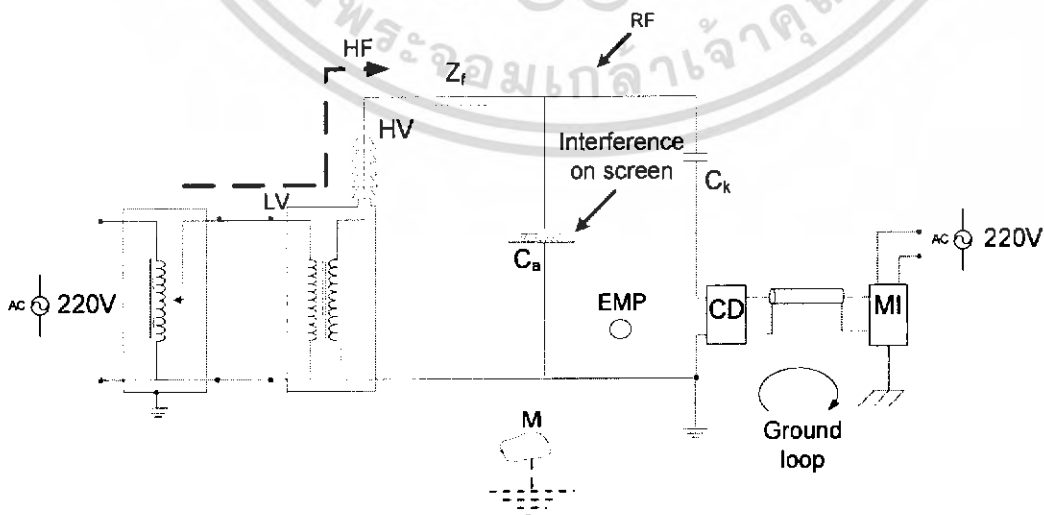
รูปที่ 2.9 วงจรทดสอบดีสซาร์จบางส่วนแบบต่างๆ

2.7 เทคนิคการลดสัญญาณรบกวน

เนื่องจากสัญญาณ PD มีขนาดเล็ก ดังนั้นในการทดสอบ PD สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลต่อค่าที่วัดได้ แต่เราสามารถลดสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยลงเพื่อให้วงจรทดสอบมีความไวสูงขึ้นได้ โดยมีรายละเอียดลดสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยลงเพื่อให้วงจรทดสอบมีความไวสูงขึ้น โดยมีรายละเอียดของสัญญาณรบกวนที่มีผลรบกวน และวิธีการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น ดังต่อไปนี้

2.7.1 สัญญาณรบกวนที่มีผลกระทบในการวัดดีสซาร์จบางส่วน

สัญญาณรบกวนประกอบด้วย สัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางอากาศ และทางแหล่งจ่ายนอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนเนื่องจากการดีสซาร์จของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะและวางอยู่ใกล้วงจรทดสอบหรือกราวด์ไม่ดี การเกิดกราวด์ลูป (ground loop) และเกิดสัญญาณออสซิลเลตเนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ไม่ดีหรือหลวม เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่ตำแหน่งต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง 72991 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การวิเคราะห์ดีสชาร์จบางส่วน

เมื่อตรวจพบ PD ในการฉนวนของอุปกรณ์ ในการวิเคราะห์ PD มีคำถามที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- 1) สามารถวิเคราะห์และบอกลักษณะสำคัญของข้อมูล จากรูปคลื่นการกระจายอย่างไร
- 2) สามารถแยกความแตกต่างของความบกพร่องที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่มีอย่างไร

2.8.1 การวิเคราะห์ PD แบบนิยม

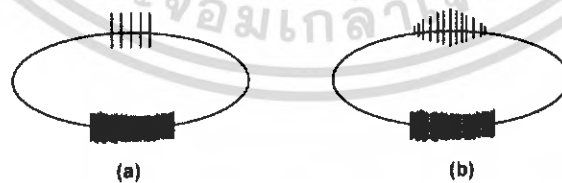
โดยทั่วไปการวิเคราะห์จากสัญญาณรูปวงรีที่ได้จากการตรวจจับ PD โดยดูลักษณะของพัลส์ PD ที่ปรากฏบนรูปวงรีซึ่งในแต่ละรูปแบบของการเกิด PD จะมีตำแหน่งของพัลส์ที่เกิดขึ้นในเฟสแรงดันแตกต่างกัน รูปแบบของการเกิด PD แต่ละรูปแบบที่มีความแตกต่างกันจะเป็นตัวบ่งชี้ชนิดและแหล่งกำเนิดของการเกิด PD ทำให้สามารถนำมาวิเคราะห์และวินิจฉัยหาสาเหตุของการเกิดได้ดังนี้

2.8.1.1 รูปแบบ PD แบบโคโรนา

การเกิดโคโรนาจะแสดงดังรูปที่ 2.12 ถ้าดีสชาร์จปรากฏทางด้านลบของรูปคลื่น แสดงว่าเกิดโคโรนาทางด้านแรงสูง แต่ถ้าดีสชาร์จปรากฏทางด้านบวกของรูปคลื่น แสดงว่าเกิดโคโรนาทางด้านกราวด์ ลักษณะของโคโรนาทางด้านแรงสูงที่แสดงบนฐานเวลารูปวงรี PD จะเกิดในช่วงมุมเฟส 270 องศา สำหรับในกรณีแรงดันเริ่มต้น และเมื่อแรงดันสูงขึ้น PD จะเกิดในช่วง 90 องศา ด้วย โดยขนาดของ PD จะมีค่าใกล้เคียงกัน

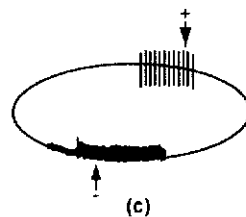


ก) การเกิดโคโรนาในก๊าซ เช่นอากาศ และก๊าซ SF₆



(a)

(b)



(c)

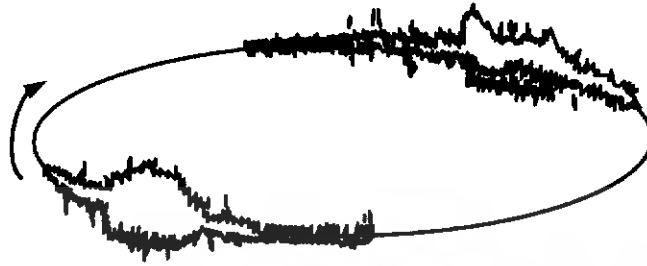
ข) การเกิดโคโรนาในน้ำมัน

รูปที่ 2.12 รูปแบบการเกิดโคโรนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.2 รูปแบบ PD แบบดีสซาร์จตามผิว

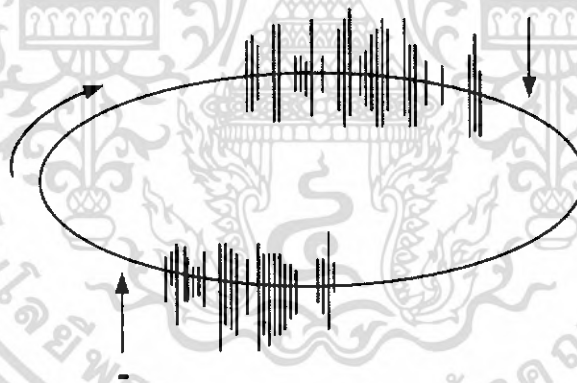
ดีสซาร์จตามผิว จะแสดงดังรูปที่ 2.13 ลักษณะของดีสซาร์จตามผิวที่แสดงบนฐานเวลารูปวงรี PD จะเกิดในช่วงมุมเฟสระหว่าง 0-90 องศา และ 180-270 องศา



รูปที่ 2.13 รูปแบบการเกิดดีสซาร์จตามผิว

2.8.1.3 รูปแบบ PD แบบดีสซาร์จภายใน

ดีสซาร์จภายใน จะแสดงดังรูปที่ 2.14 ลักษณะของดีสซาร์จภายในที่แสดงบนฐานเวลา รูปวงรี PD จะเกิดในช่วงมุมเฟสระหว่าง 0-90 องศา และ 180-270 องศา เช่นเดียวกับดีสซาร์จตามผิวแต่ลักษณะการกระจายของพัลส์ PD จะน้อยกว่า



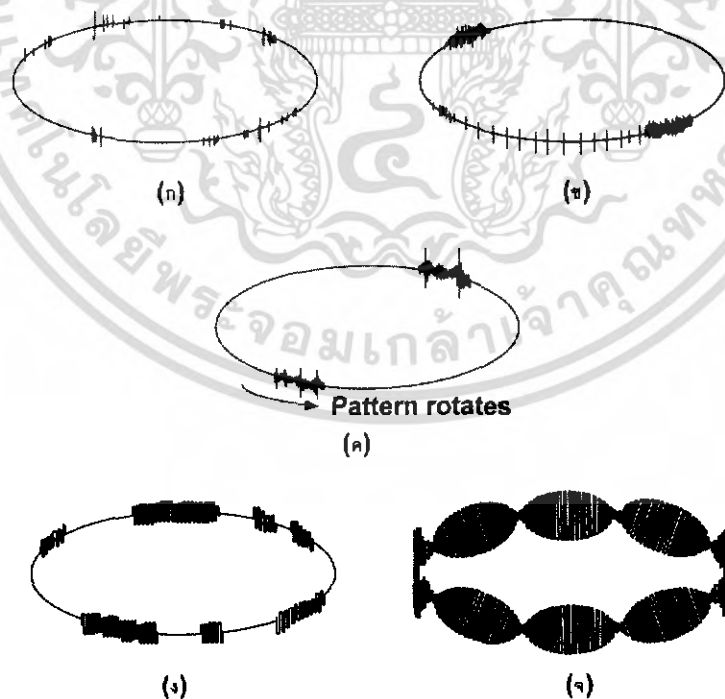
รูปที่ 2.14 รูปแบบการเกิดดีสซาร์จภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.4 รูปแบบสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

สัญญาณรบกวน จะแสดงดังรูปที่ 2.15 ในการตรวจจับ PD บ่อยครั้งที่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาจนทำให้การวัดค่า PD ผิดพลาด และได้ผลมากกว่าความเป็นจริงทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงนั้นไม่ได้คุณภาพ กล่าวคือ ค่า PD ที่วัดได้สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด [1] สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด PD แบบต่างๆ มีดังนี้

- 1) สัญญาณรบกวนเนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังแสดงในรูป 2.15 ข)
- 2) สัญญาณรบกวนเนื่องจากไซริสเตอร์ ดังแสดงในรูป 2.15 ก) ลักษณะของสัญญาณรบกวนชนิดนี้จะเกิดเป็นพัลส์คู่
- 3) สัญญาณรบกวนเนื่องจากเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบอะซิงโครนัส ดังแสดงในรูป 2.15 ง)
- 4) สัญญาณรบกวนเนื่องจากของคลื่นรบกวนในการส่งสัญญาณสื่อสาร ดังแสดงในรูป 2.15 จ) ลักษณะของสัญญาณรบกวน คือ จะมีคลื่นรบกวนความถี่สูงเข้ามาในวงจรวัด
- 5) สัญญาณรบกวนเนื่องจากของคลื่นรบกวนวิทยุ ดังแสดงในรูป 2.15 ฉ) ลักษณะของสัญญาณรบกวน คือ จะมีคลื่นรบกวนความถี่สูงเข้ามาในวงจรวัด เช่นเดียวกับสัญญาณรบกวนเนื่องจากของคลื่นรบกวนในการส่งสัญญาณสื่อสาร



รูปที่ 2.15 สัญญาณรบกวนแบบต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลาหลายสิบปีที่การวิเคราะห์และการรู้จำรูปแบบของการเกิด PD กระทำ โดยการใช้สายดาสังเกตสัญญาณที่แสดงแบบวงรีบนจอออสซิลโลสโคป[1,3] ซึ่งการแปลความหมายจะขึ้นกับความรู้และประสบการณ์ของผู้ทดสอบ การนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการตรวจวัด PD เป็นการเปิดโอกาสให้สามารถทำการรู้จำรูปแบบของการเกิด PD โดยอัตโนมัติได้ ระบบการฉนวนของอุปกรณ์ ก็จะต้องทำการหาสาเหตุโดยสังเกตจากลักษณะของสัญญาณที่ตรวจวัดได้ การหาสาเหตุของการเกิด PD นี้มีความสำคัญสำหรับผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง และใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง ในกระบวนการวิเคราะห์ PD จุดประสงค์หลักของการวิเคราะห์คือ สามารถบ่งบอกถึงสาเหตุของการเกิด PD ในเนื้อฉนวนเนื่องจากผลของดีสชาร์จตัวอย่างเช่น การเกิดดีสชาร์จภายใน ดีสชาร์จตามผิว และการเกิดโคโรนา เพื่อนำข้อมูลนี้มาประเมินความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการดีสชาร์จ หรือแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตฉนวน [3]

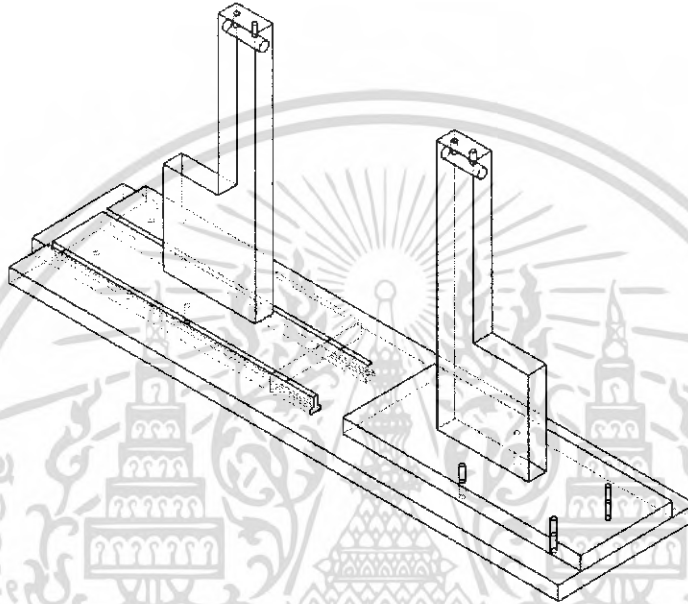


บทที่ 3

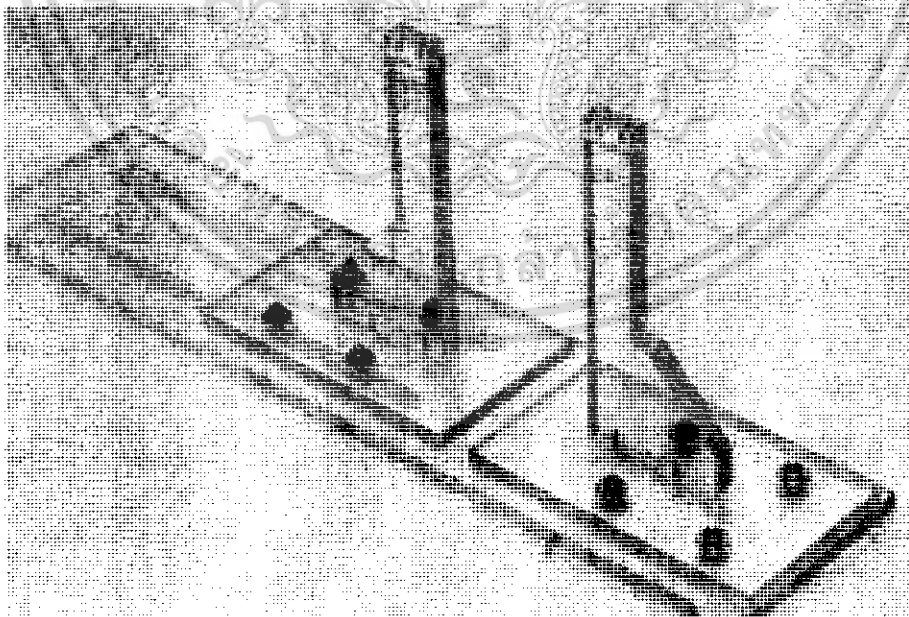
การออกแบบวัสดุทดสอบการเกิดคิซาร์จบางส่วน(Partial Discharge)

3.1 การออกแบบแท่นยึดวัสดุทดสอบ

ใช้อัลูมิเนียมเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำแท่นยึดอิเล็กทรอนิกส์ ทำการยึดทางด้านหนึ่งให้อยู่กับที่ สามารถปรับระยะได้โดยทำการเลื่อนอีกด้านแทน ขนาดของแท่นวางวัสดุทดสอบเป็นดังรูปที่ 3.3

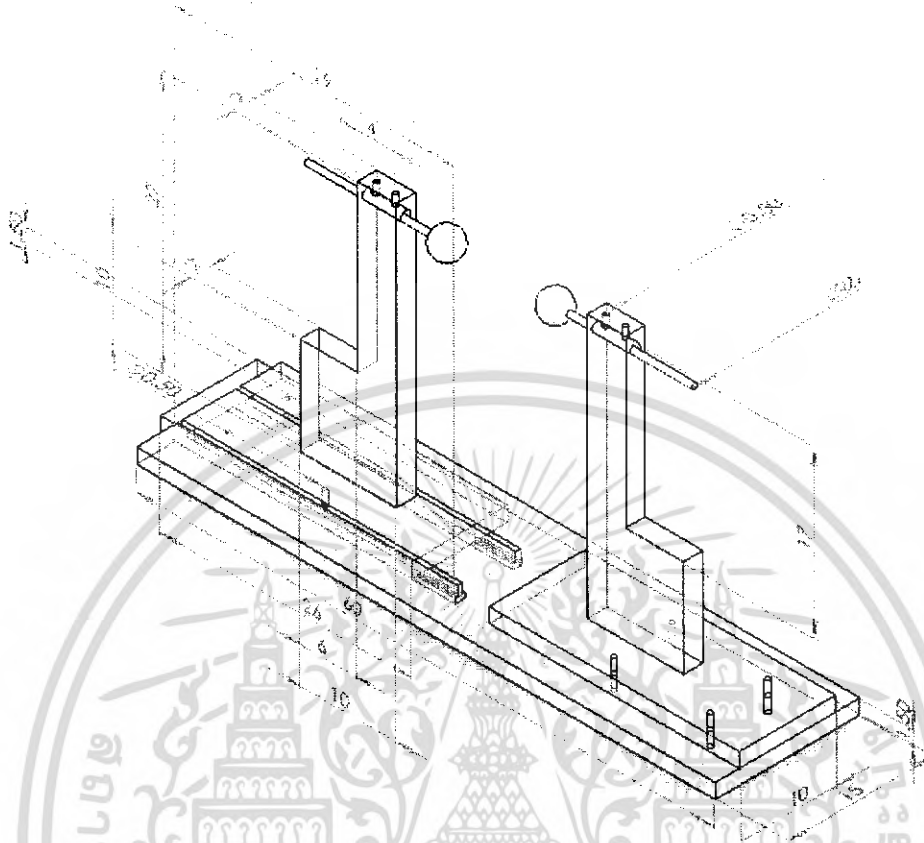


รูปที่ 3.1 แบบจำลองแท่นวางวัสดุทดสอบ



รูปที่ 3.2 แท่นวางวัสดุทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



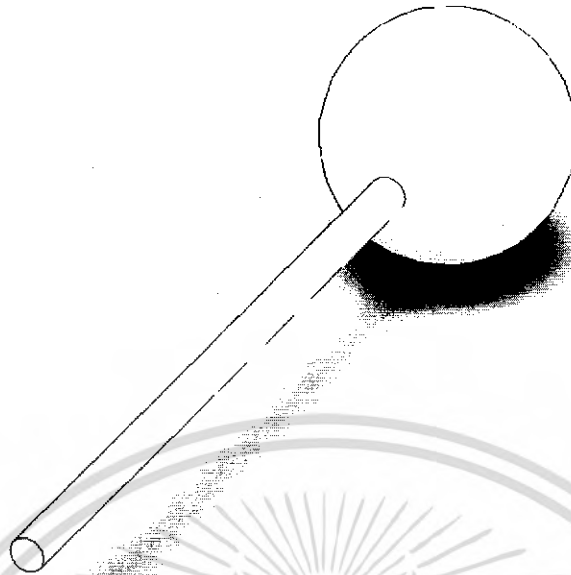
รูปที่ 3.3 ขนาดของแท่นวางวัสดุทดสอบที่ทำการออกแบบ

3.2 การออกแบบอิเล็กโทรด

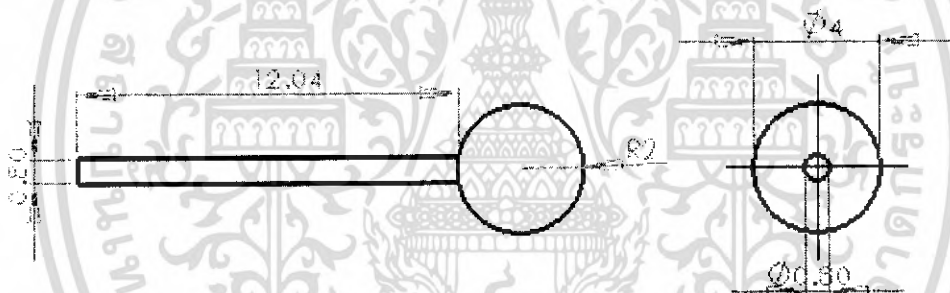
3.2.1 อิเล็กโทรดแบบทรงกลม (Sphere) โดยขนาดที่ออกแบบมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.
2. ก้านยาว 2 ซม.
3. ความยาวรวม 16 ซม.
4. ตัวก้านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
5. วัสดุที่ใช้คือทองเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์โทรตรงกลม



รูปที่ 3.5 ภาพฉายของอิเล็กทรอนิกส์โทรตรงกลม

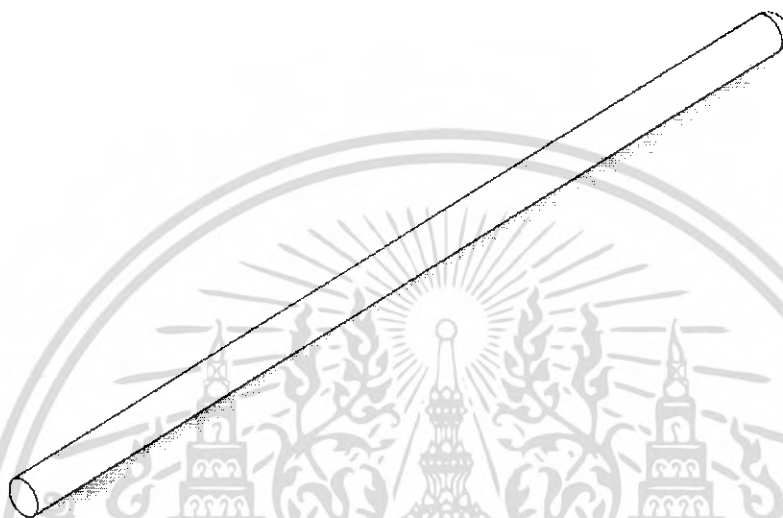


รูปที่ 3.6 อิเล็กทรอนิกส์โทรตรงกลม

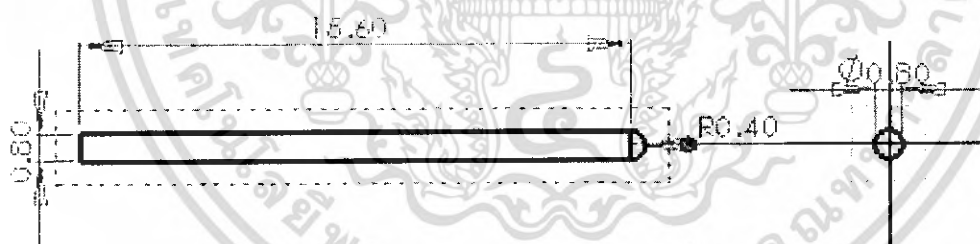
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 อิเล็กโทรดแบบปลายมน (rod) โดยขนาดที่ออกแบบมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ส่วนหัวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
2. ตัวร็อดยาว 16 ซม. (รวมส่วนหัวแล้ว)
3. ก้านยาว 15.6 ซม.
4. ตัวก้านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
5. วัสดุที่ใช้คือทองเหลือง

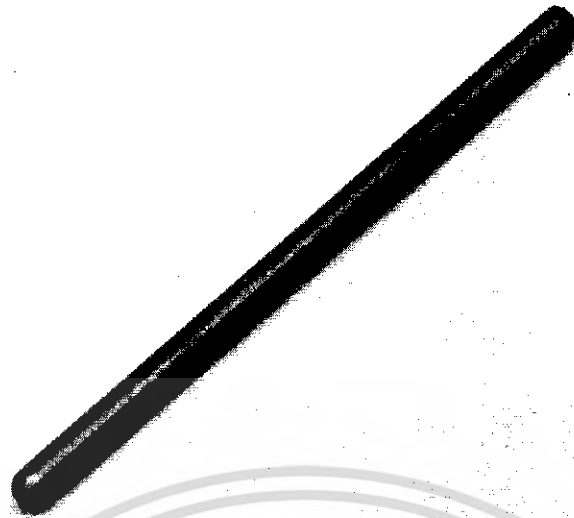


รูปที่ 3.7 แบบจำลองอิเล็กโทรดแบบปลายมน



รูปที่ 3.8 ภาพฉายของอิเล็กโทรดปลายมน

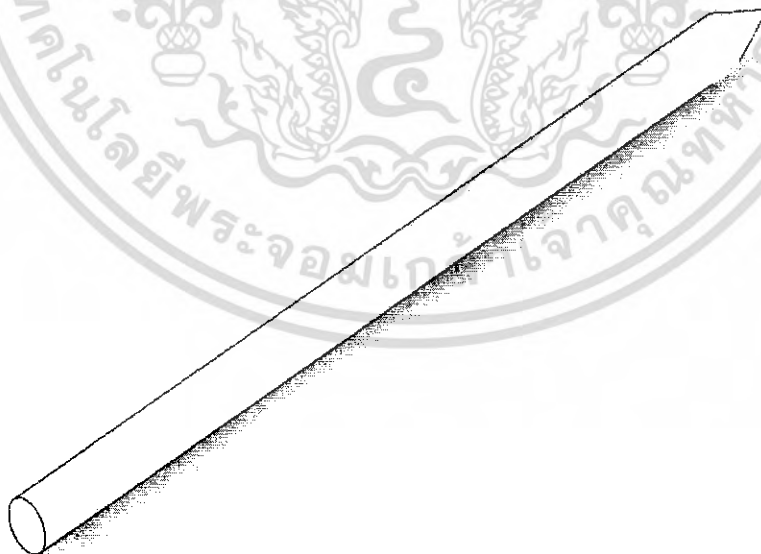
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 อิเล็กโทรดปลายมน

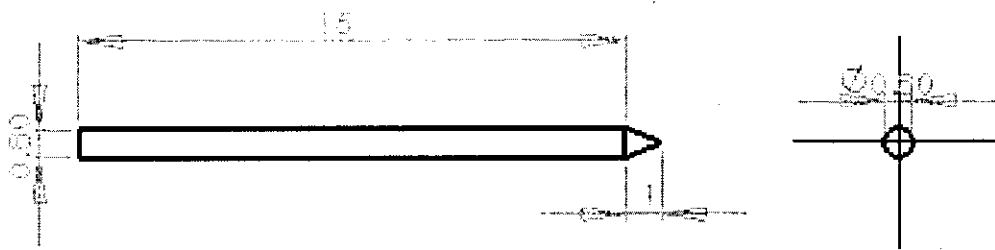
3.2.3 อิเล็กโทรดแบบปลายแหลม (rod) โดยขนาดของปลายแหลมที่ออกแบบมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ส่วนหัวมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
2. ตัวร็อดยาว 16 ซม. (รวมส่วนหัว)
3. ก้านยาว 15.6 ซม.
4. ตัวก้านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
5. วัสดุที่ใช้คือทองเหลือง



รูปที่ 3.10 แบบจำลองอิเล็กโทรดแบบปลายแหลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 ภาพฉายของอิลีกโทรดปลายแหลม

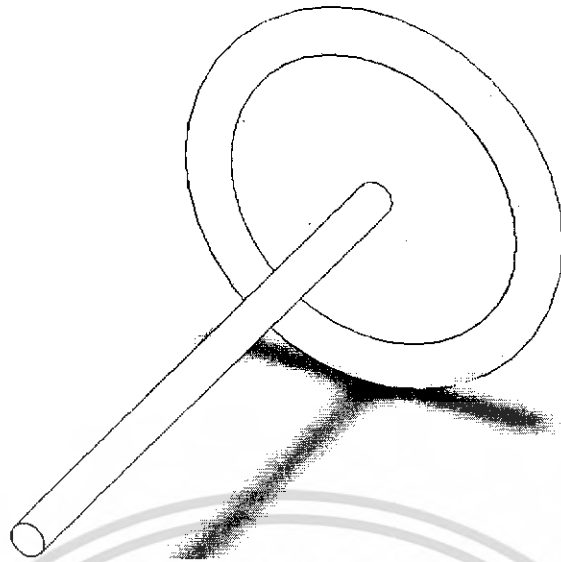


รูปที่ 3.12 อิลีกโทรดปลายแหลม

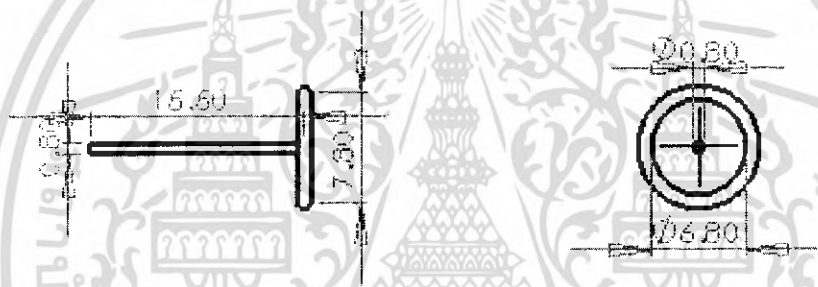
3.2.4 อิลีกโทรดแบบระนาบ (plate) โดยการออกแบบระนาบเป็นแบบขอบโค้ง
โรคอฟสกี มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. ก้านยาว 15.55 ซม.
2. ความยาวรวม 16 ซม.
3. ดั้วก้านมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 ซม.
4. วัสดุที่ใช้คือทองเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แบบจำลองอิเล็กทรอนิกส์โทรตระหนาบขบโค้งโรคอฟสกี



รูปที่ 3.14 ภาพฉายของอิเล็กทรอนิกส์โทรตระหนาบขบโค้งโรคอฟสกี



รูปที่ 3.15 อิเล็กทรอนิกส์โทรตระหนาบขบโค้งโรคอฟสกี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

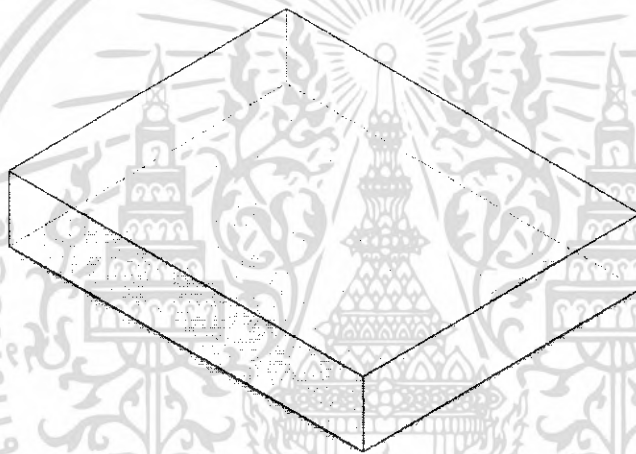
3.3 วัสดุทดสอบฉนวน

3.3.1. วัสดุทดสอบเป็นฉนวนสำหรับการทดสอบดีสชาร์จตามผิว (surface discharge) จะใช้ฉนวนโดยขนาดฉนวนที่ใช้ทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ ลักษณะที่ 1 คือ

1. มีขนาดความกว้าง 17 ซม.
2. มีขนาดความยาว 17 ซม.
3. มีขนาดความหนา 1 ซม.

ลักษณะที่ 2 คือ

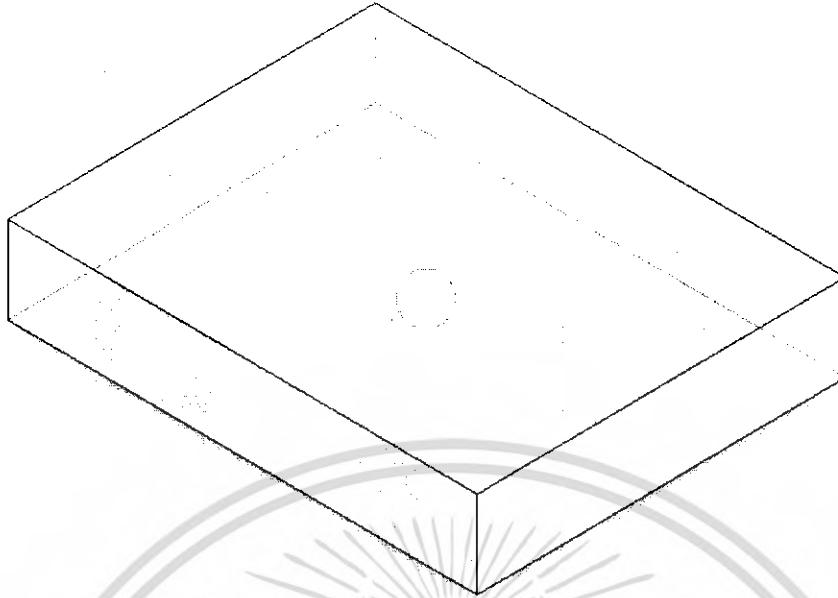
1. มีขนาดความกว้าง 17 ซม.
2. มีขนาดความยาว 17 ซม.
3. มีขนาดความหนา 2 ซม.



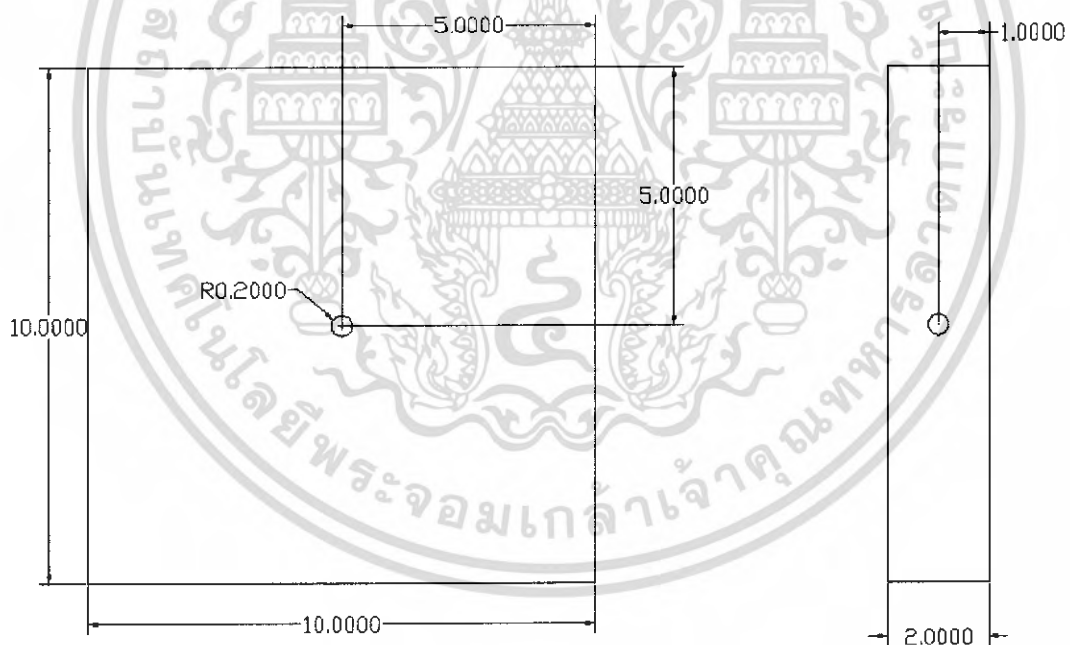
รูปที่ 3.16 แบบจำลองฉนวนที่ใช้ทดสอบดีสชาร์จตามผิว

3.3.2 วัสดุทดสอบที่ใช้ในการทดสอบดีสชาร์จภายใน (internal discharge) โดยวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนคือฉนวนลักษณะของฉนวนที่ใช้ในการทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ทดสอบโดยการเพิ่มขนาดโพรงอากาศภายในฉนวน
 - 1.1 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโพรงอากาศ 0.4 ซม.
 - 1.2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโพรงอากาศ 0.5 ซม.



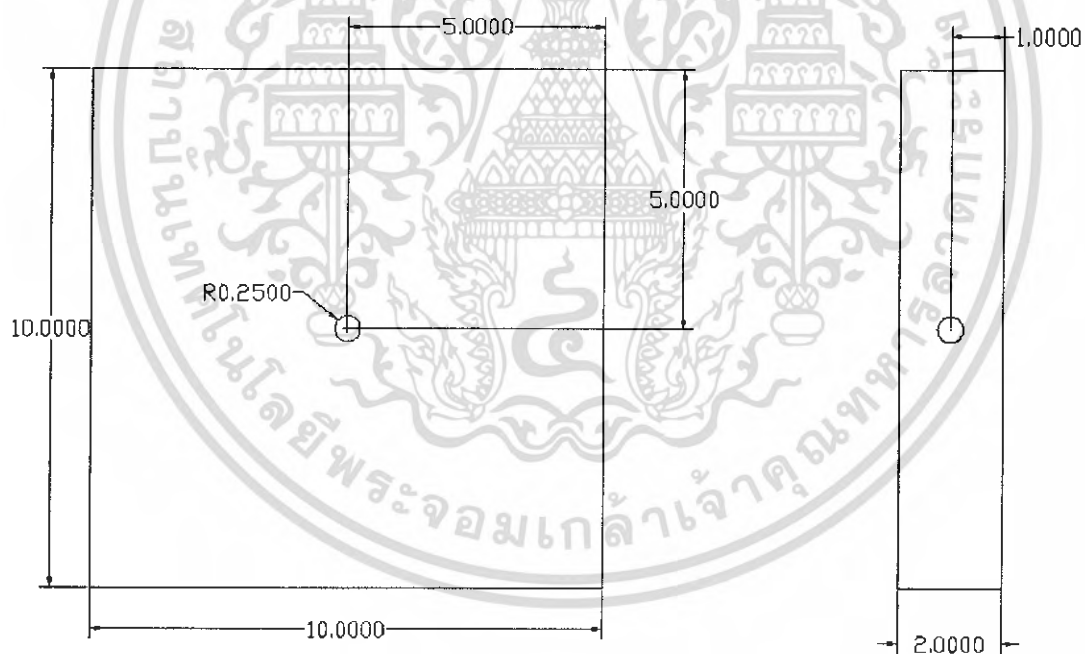
รูปที่ 3.17 แบบจำลองฉนวนที่ใช้ทดสอบดีสชาร์จภายใน



รูปที่ 3.18 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.19 ฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 ซม.



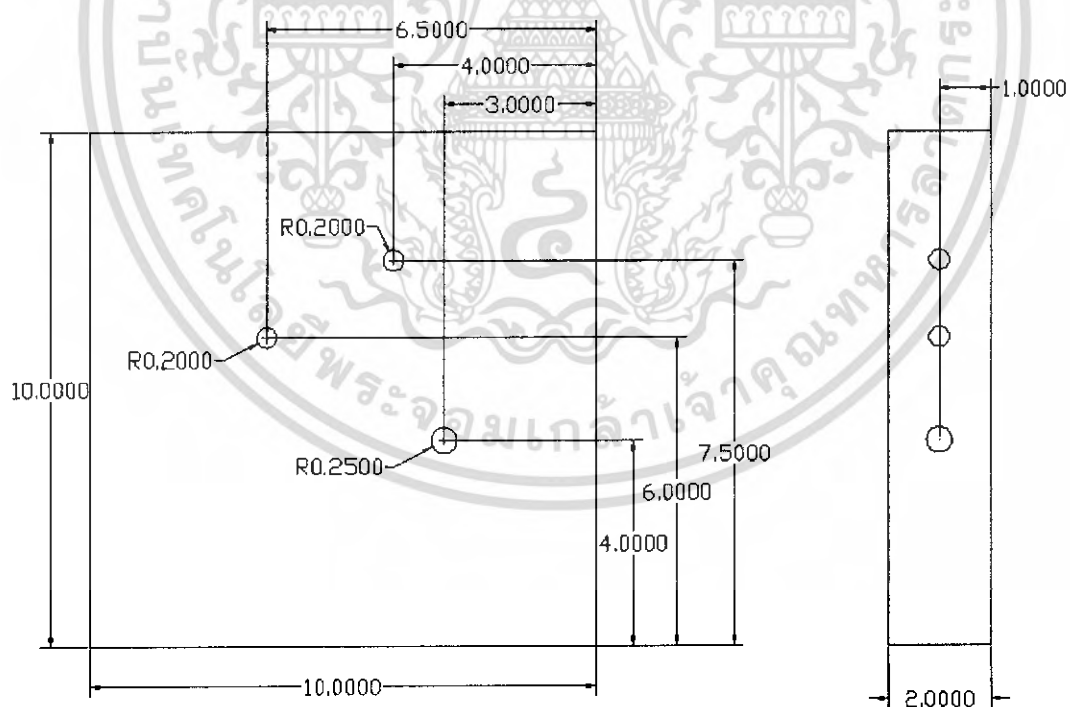
รูปที่ 3.20 ภาพฉายของฉนวนโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.21 ฉนวนที่มีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม.

2.ทดสอบโดยการเพิ่มจำนวนโพรงอากาศ

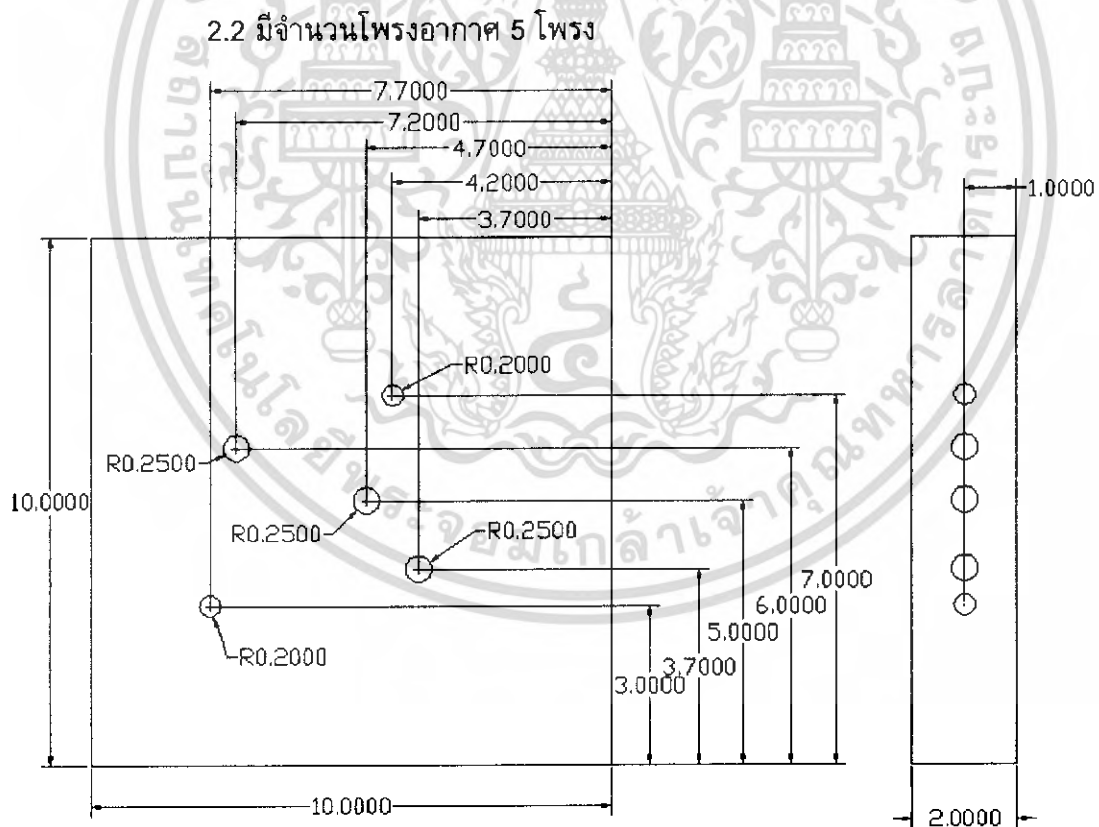
2.1 มีจำนวนโพรงอากาศ 3 โพรง



รูปที่ 3.22 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศ 3 โพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 3 โพรง



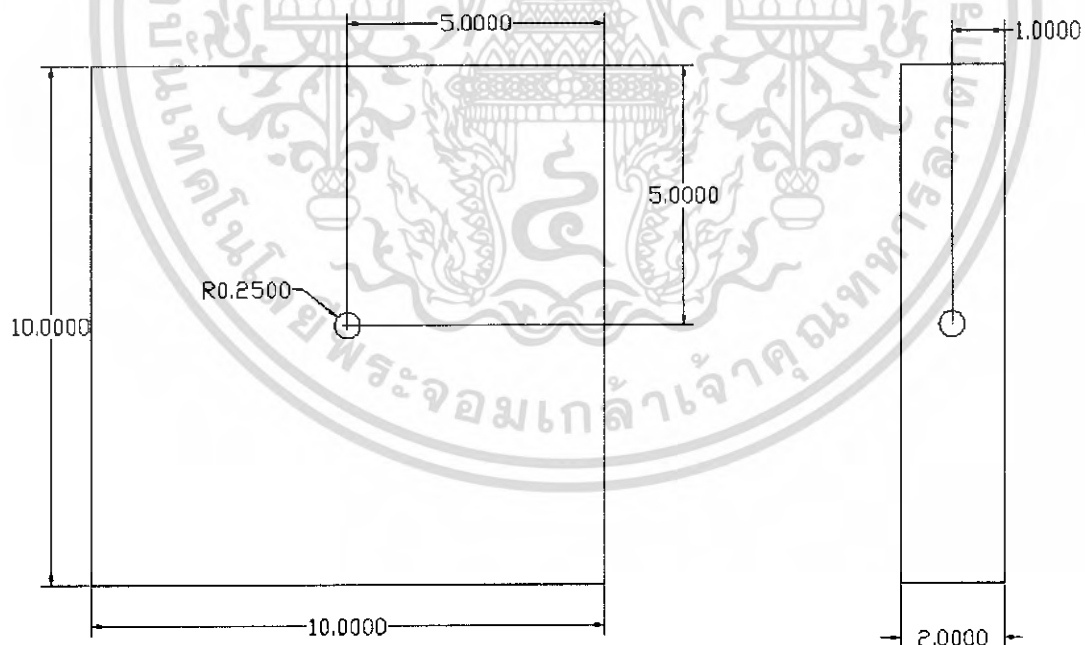
รูปที่ 3.24 ภาพฉายของฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง

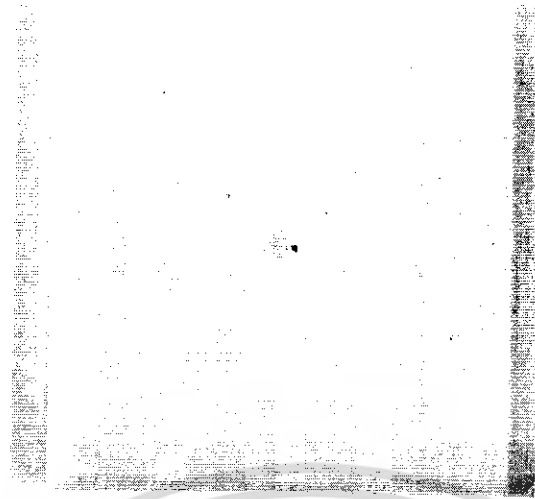
3.ทดสอบโดยการใส่สิ่งเจือปนลงไปในโพรงอากาศ

3.1 โดยการใส่เศษทองแดงลงไปในโพรง



รูปที่ 3.26 ภาพฉายของฉนวนที่มีทองแดงอยู่ในโพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



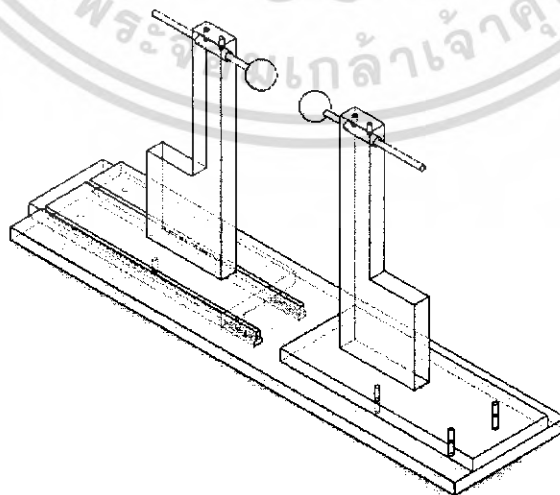
รูปที่ 3.27 ฉนวนที่มีทองแดงอยู่ในโพรง



รูปที่ 3.28 เศษทองแดงที่อยู่ภายในโพรง

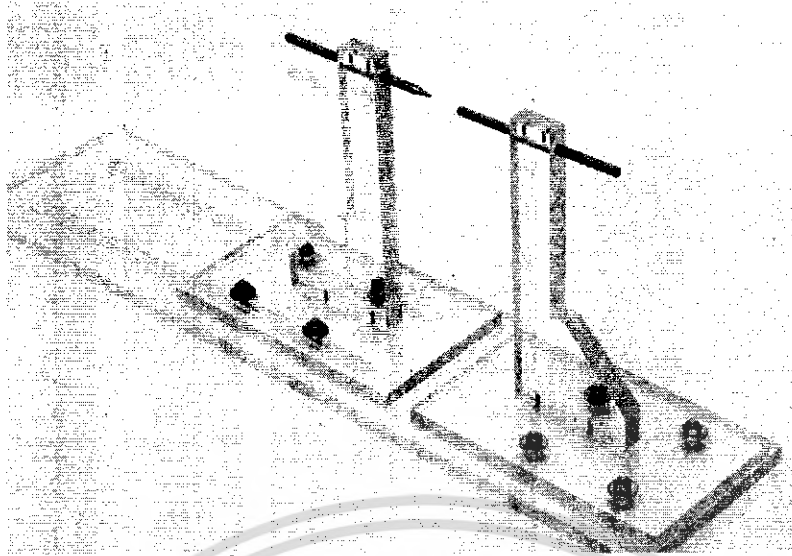
3.4 ตัวอย่างรูปแบบการทดสอบการเกิดโคโรนาดีสชาร์จบางส่วน

3.4.1 รูปแบบการทดสอบการเกิดโคโรนาดีสชาร์จ (Corona discharge)



รูปที่ 3.29 แบบจำลองการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ



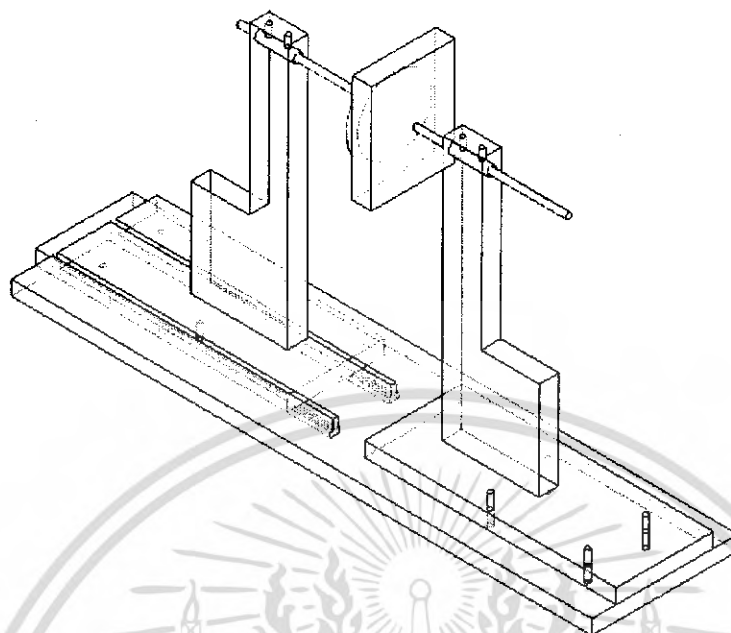
รูปที่ 3.31 Rod (หัวมน)-Rod (หัวแหลม)



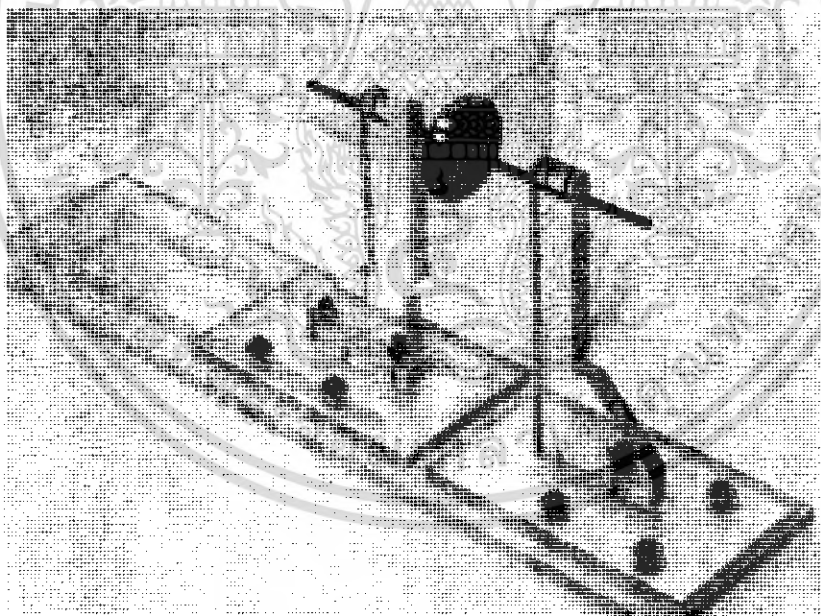
รูปที่ 3.32 Plate-Rod (หัวแหลม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 รูปแบบการทดสอบการเกิดดีสชาร์จตามผิว (Surface discharge)



รูปที่ 3.33 แบบจำลองการทดสอบดีสชาร์จตามผิว

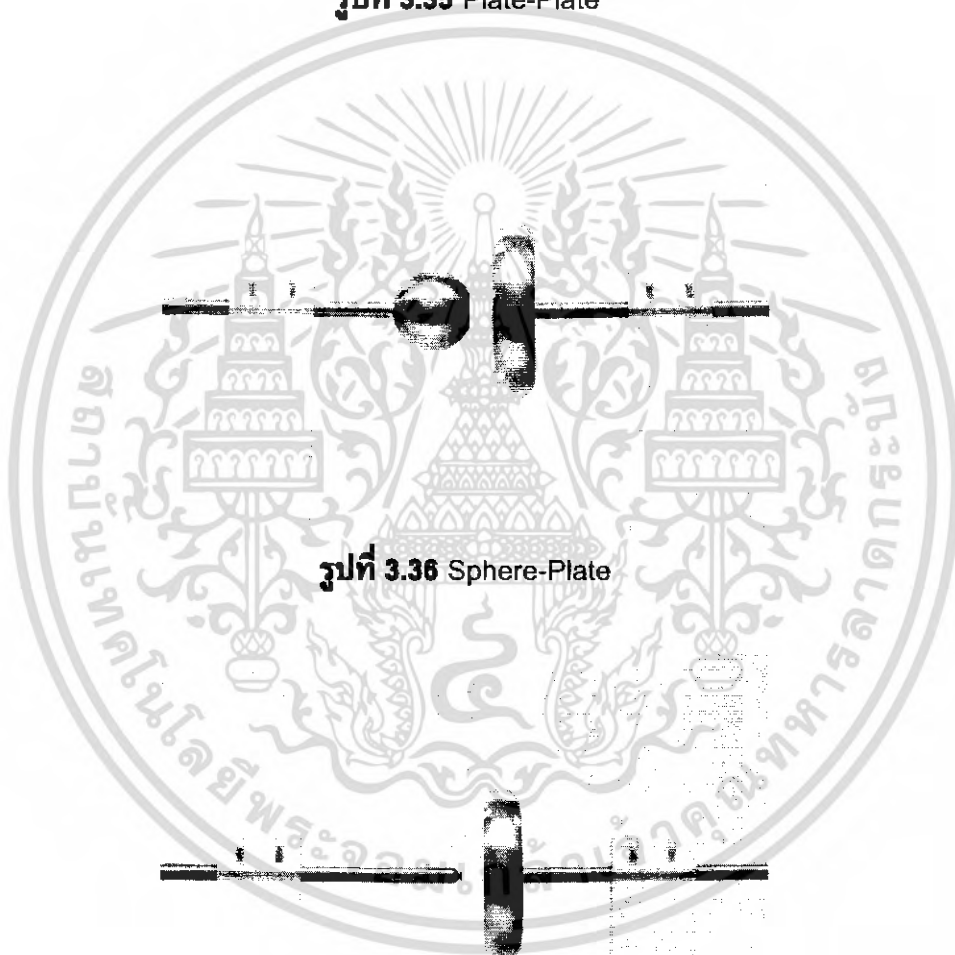


รูปที่ 3.34 การทดสอบดีสชาร์จตามผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 Plate-Plate



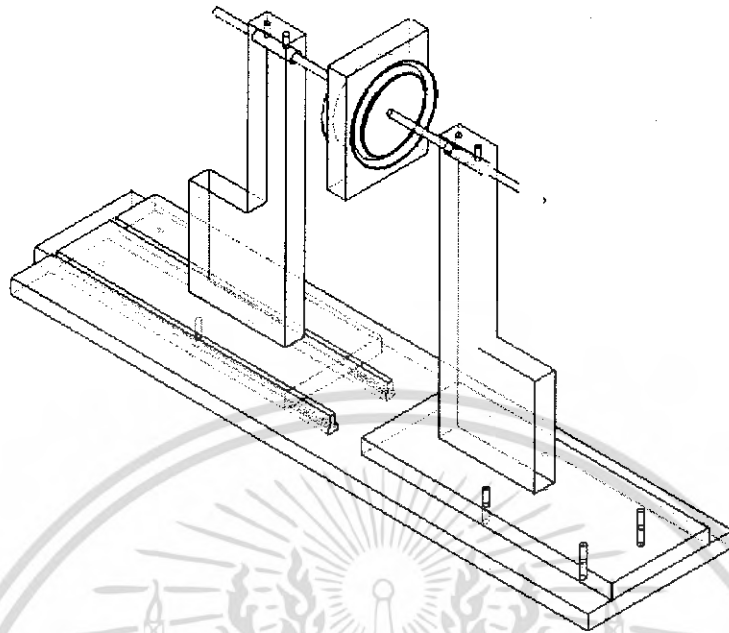
รูปที่ 3.36 Sphere-Plate



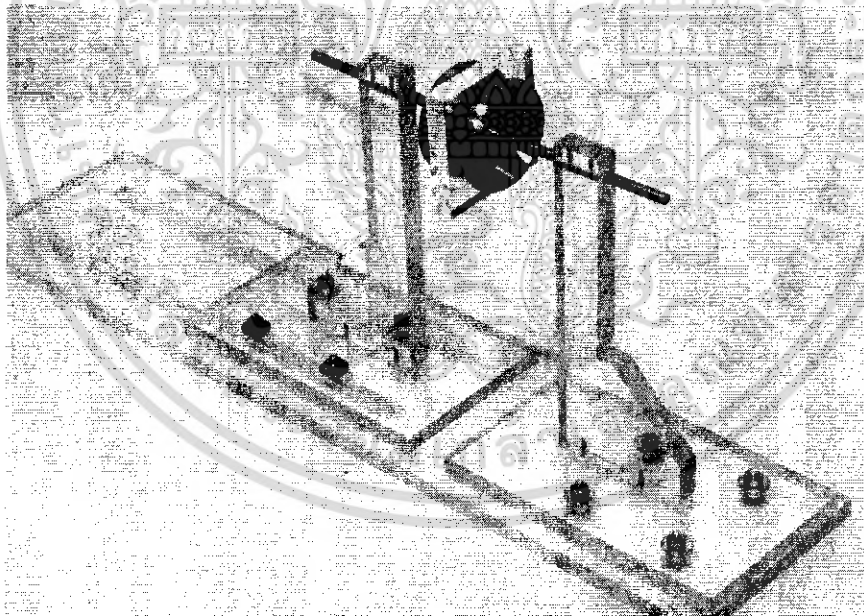
รูปที่ 3.37 Rod (หัวมน)-Plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 รูปแบบการทดสอบการเกิดดีสชาร์จภายใน (Internal discharge)

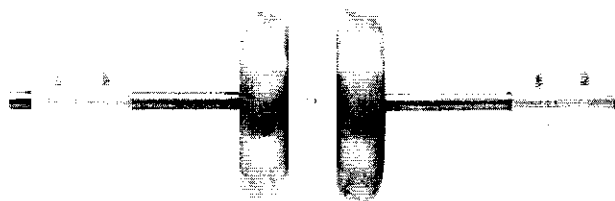


รูปที่ 3.38 การทดสอบดีสชาร์จภายในแบบมีโพรงอากาศ (void) อยู่ภายใน

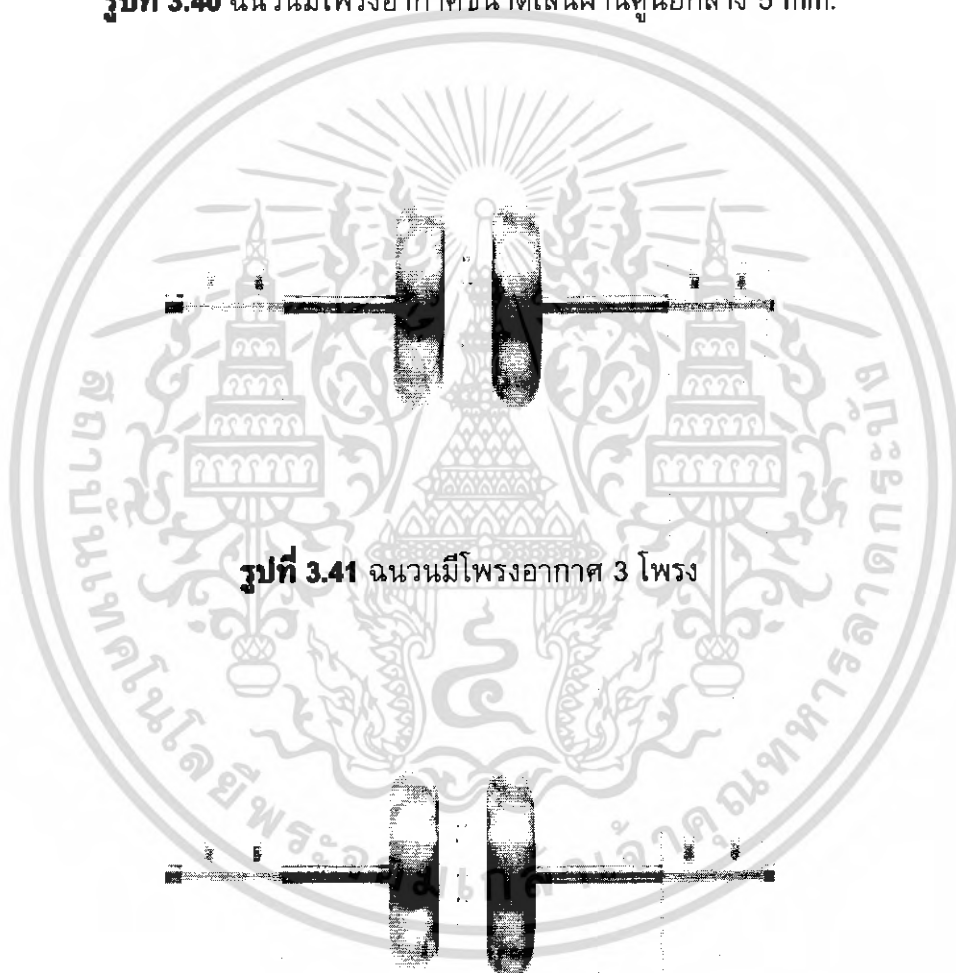


รูปที่ 3.39 การทดสอบดีสชาร์จภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 ฉนวนมีโพรงอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm.



รูปที่ 3.41 ฉนวนมีโพรงอากาศ 3 โพรง

รูปที่ 3.42 ฉนวนที่มีโพรงอากาศ 5 โพรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

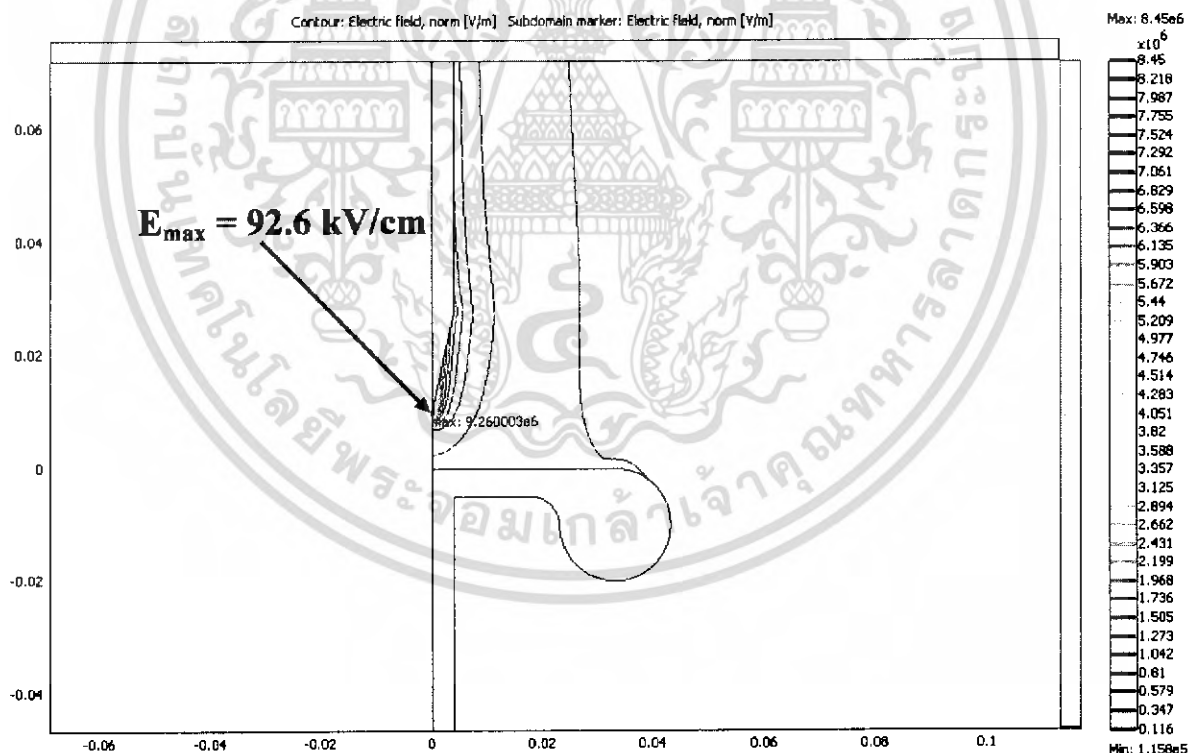
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การศึกษารูปแบบของสนามไฟฟ้าของการเกิดดิสชาร์จบางส่วนด้วยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์

4.1.1 การศึกษารูปแบบของสนามไฟฟ้าของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน แบบโคโรนาดีสชาร์จ

4.1.1.1 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod (หัวแหลม)-Plate ที่ระยะห่าง 1 cm

- | | | |
|---|-----------------|-------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 | kV |
| 2. ทำการป้อนแรงดันทางด้าน | Rod หัวแหลม | |
| 3. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 92.60 | kV/cm |
| 4. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์ | ไฟไนต์อีลิเมนต์ | |

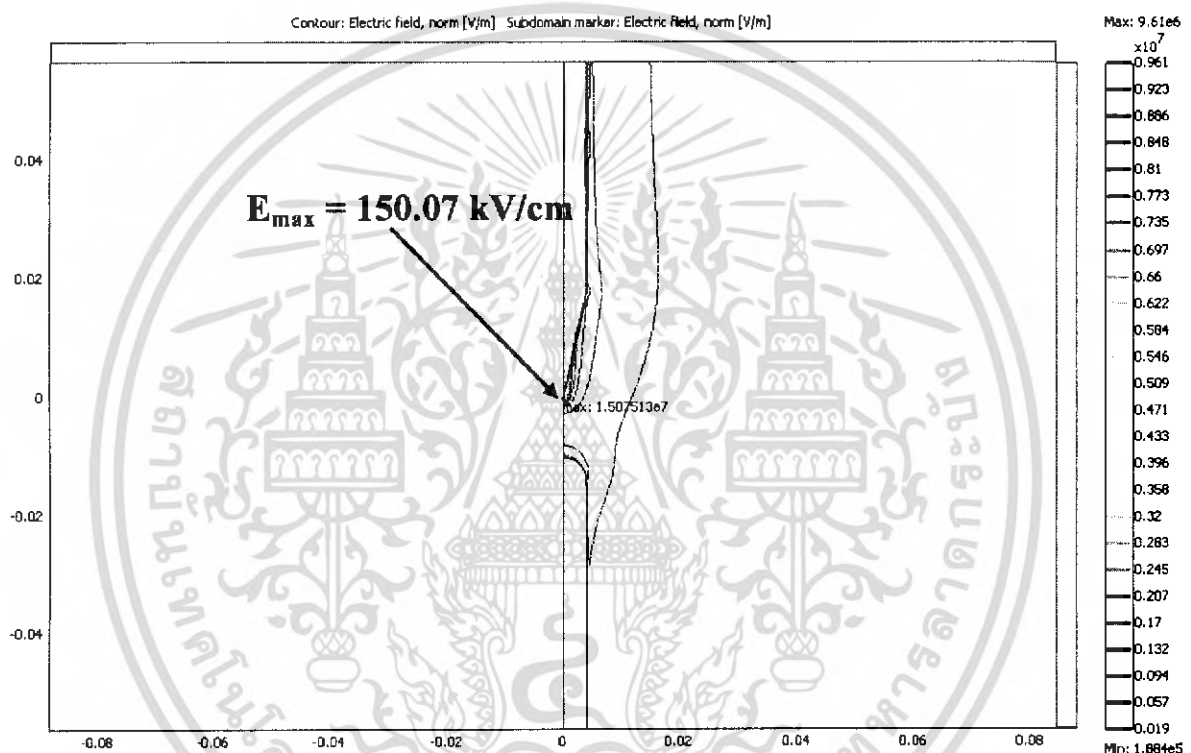


รูปที่ 4.1 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Rod (หัวแหลม)-Plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของโคโรนาดีสชาร์จ แบบ Rod (หัวแหลม)-Rod (หัวมน) ที่ระยะห่าง 1 cm

1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ	10	kV
2. ทำการป้อนแรงดันทางด้าน	Rod หัวแหลม	
3. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max})	150.07	kV/cm
4. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์	ไฟไนต์อีลิเมนต์	

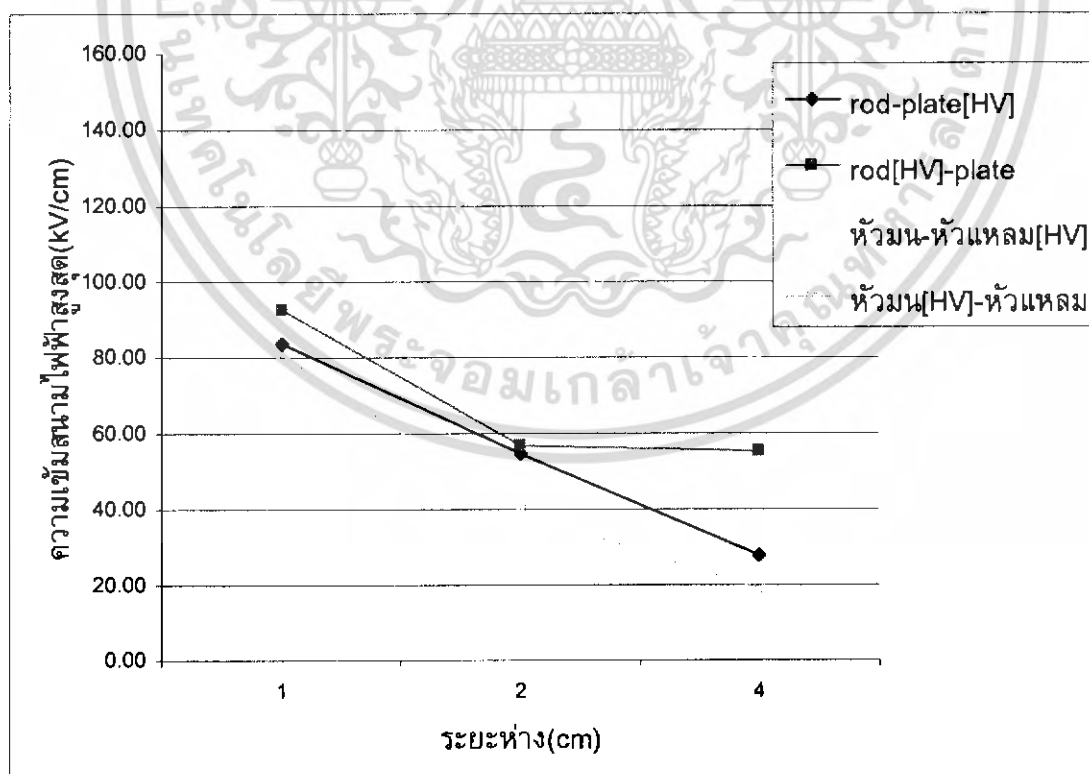


รูปที่ 4.2 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวัสดุทดสอบ	ระยะห่าง(cm)	$E_{max}(kV/cm)$
rod-plate[HV]	1	83.89
rod-plate[HV]	2	54.84
rod-plate[HV]	4	27.96
rod[HV]-plate	1	92.60
rod[HV]-plate	2	56.70
rod[HV]-plate	4	55.47
ห้วมน-ห้วแหลม[HV]	1	150.70
ห้วมน-ห้วแหลม[HV]	2	109.10
ห้วมน-ห้วแหลม[HV]	4	78.85
ห้วมน[HV]-ห้วแหลม	1	81.18
ห้วมน[HV]-ห้วแหลม	2	39.28
ห้วมน[HV]-ห้วแหลม	4	18.70

ตารางที่ 4.1 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์

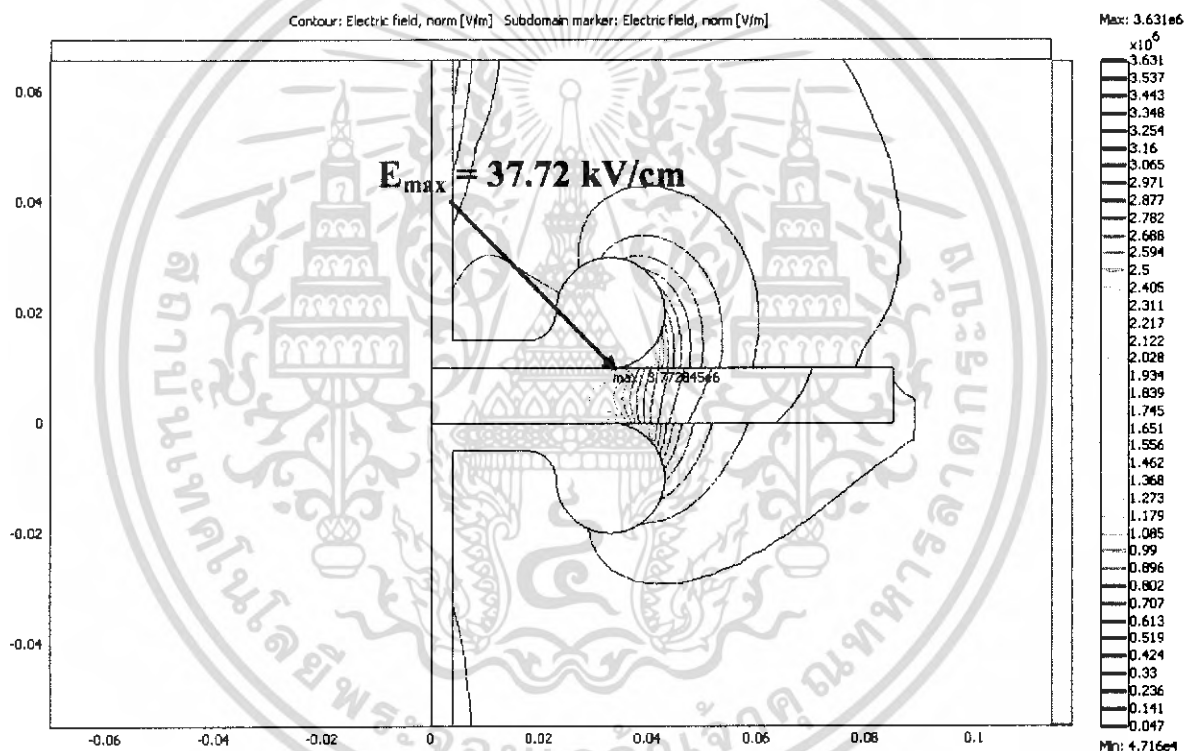


รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรมเอกซสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษารูปแบบของสนามไฟฟ้าของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน แบบดิสชาร์จตามผิว

4.1.2.1 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของดิสชาร์จตามผิว โดยใช้คลิกเป็นฉนวน ภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ Plate-Plate

- | | | |
|---|-----------------|-------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 | kV |
| 2. ฉนวนที่ใช้ในการจำลองหนา | 1 | cm |
| 2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 37.72 | kV/cm |
| 3. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์ | ไฟไนต์เอลิเมนต์ | |

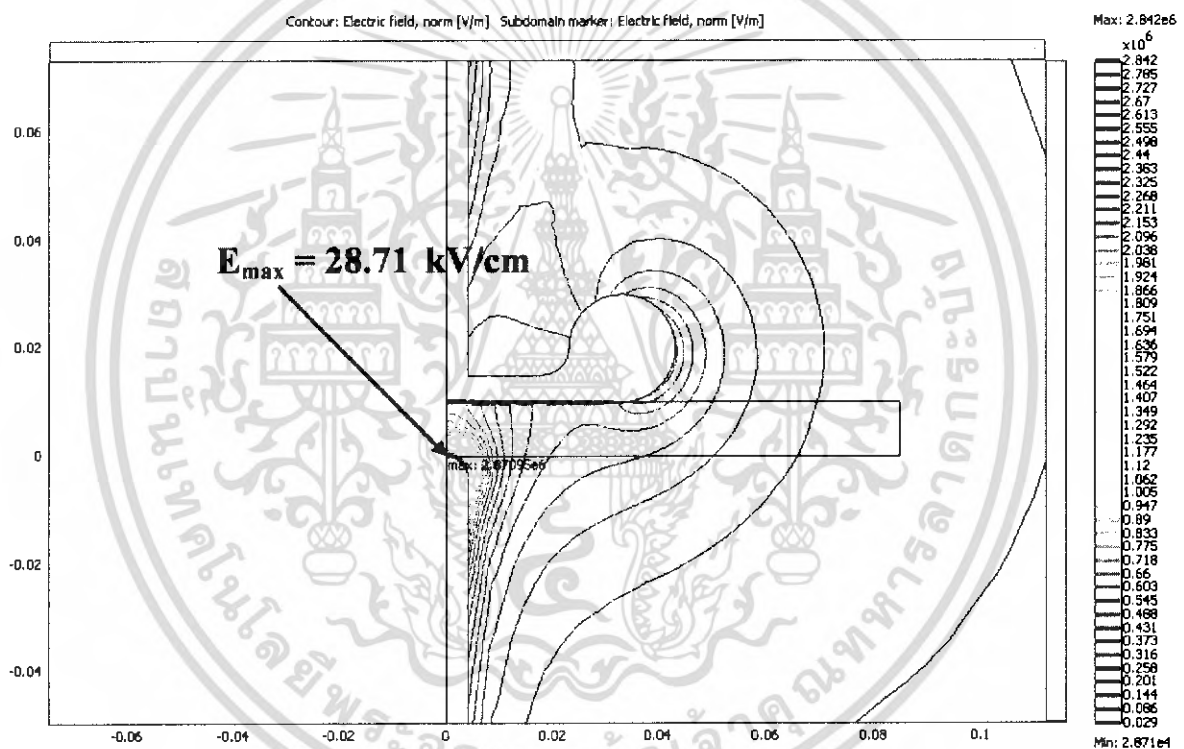


รูปที่ 4.4 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Plate-Plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของดิสชาร์จตามผิว โดยใช้อิทธิพลเป็นฉนวน ภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ Plate-Rod(หัวมัน)

- | | | |
|---|-----------------|-------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 | kV |
| 2. ฉนวนที่ใช้ในการจำลองหนา | 1 | cm |
| 3. ทำการป้อนแรงดันทางด้าน | Plate | |
| 2. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุด (E_{max}) | 28.71 | kV/cm |
| 3. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์ | ไฟไนต์อีลิเมนต์ | |

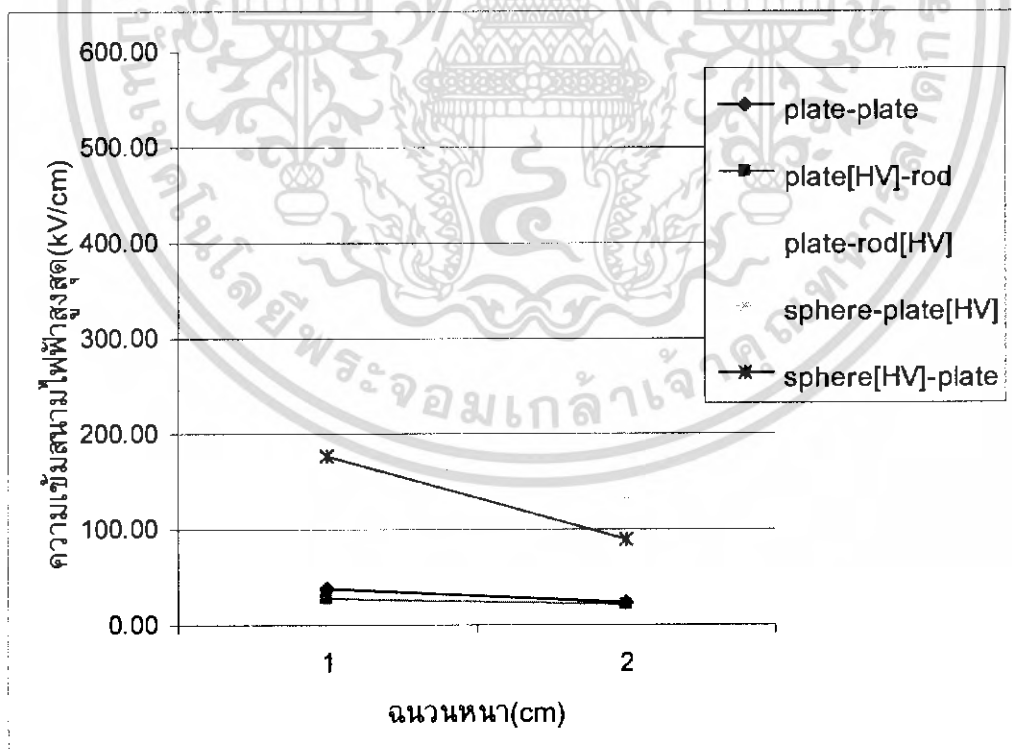


รูปที่ 4.5 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมระหว่าง Plate-Rod

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของวัสดุทดสอบ	ฉนวนหนา(cm)	$E_{max}(kV/cm)$
plate-plate	1	37.72
	2	23.11
plate[HV]-rod	1	28.71
	2	21.31
plate-rod[HV]	1	494.20
	2	415.40
sphere-plate[HV]	1	185.80
	2	129.90
sphere[HV]-plate	1	175.60
	2	89.43

ตารางที่ 4.2 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อิลิเมนต์



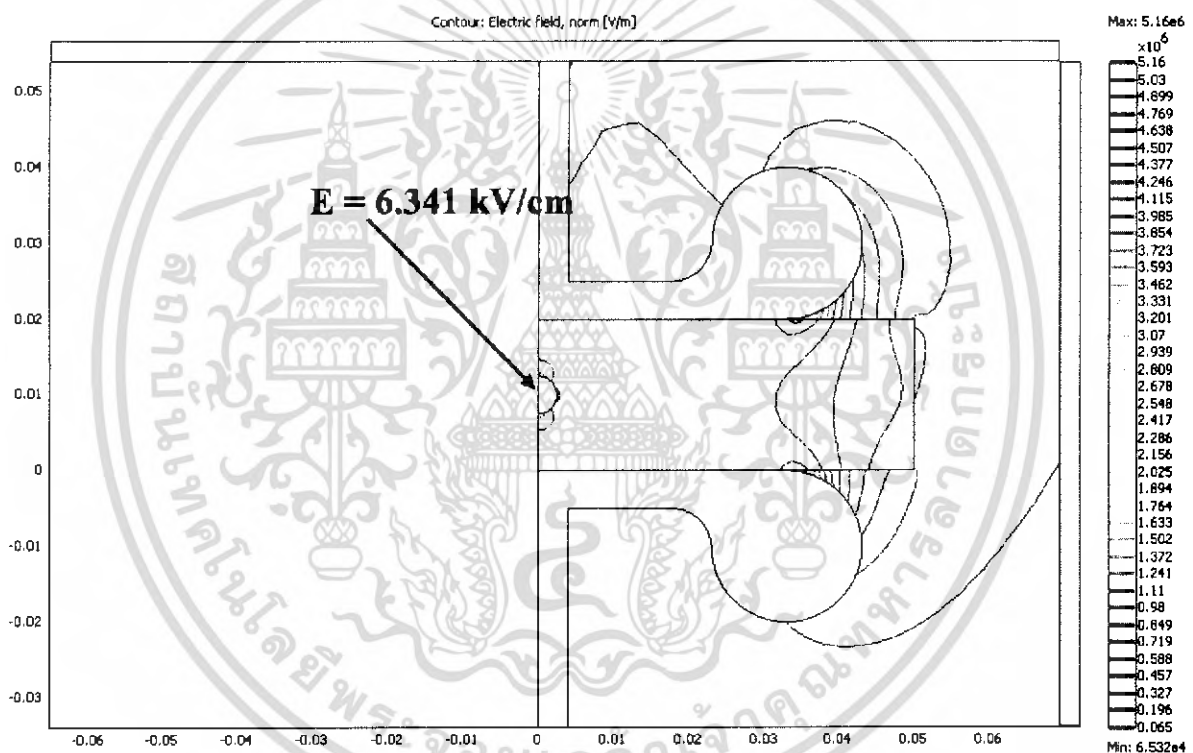
รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษารูปแบบของสนามไฟฟ้าของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน แบบดิสชาร์จภายใน

4.1.3.1 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของดิสชาร์จภายในที่ โพรงอากาศขนาด 4 mm

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 | kV |
| 2. เส้นผ่านศูนย์กลางโพรงอากาศ | 4 | mm |
| 3. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า | 6.314 | kV/cm |
| 4. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์ | ไฟไนต์เอลิเมนต์ | |

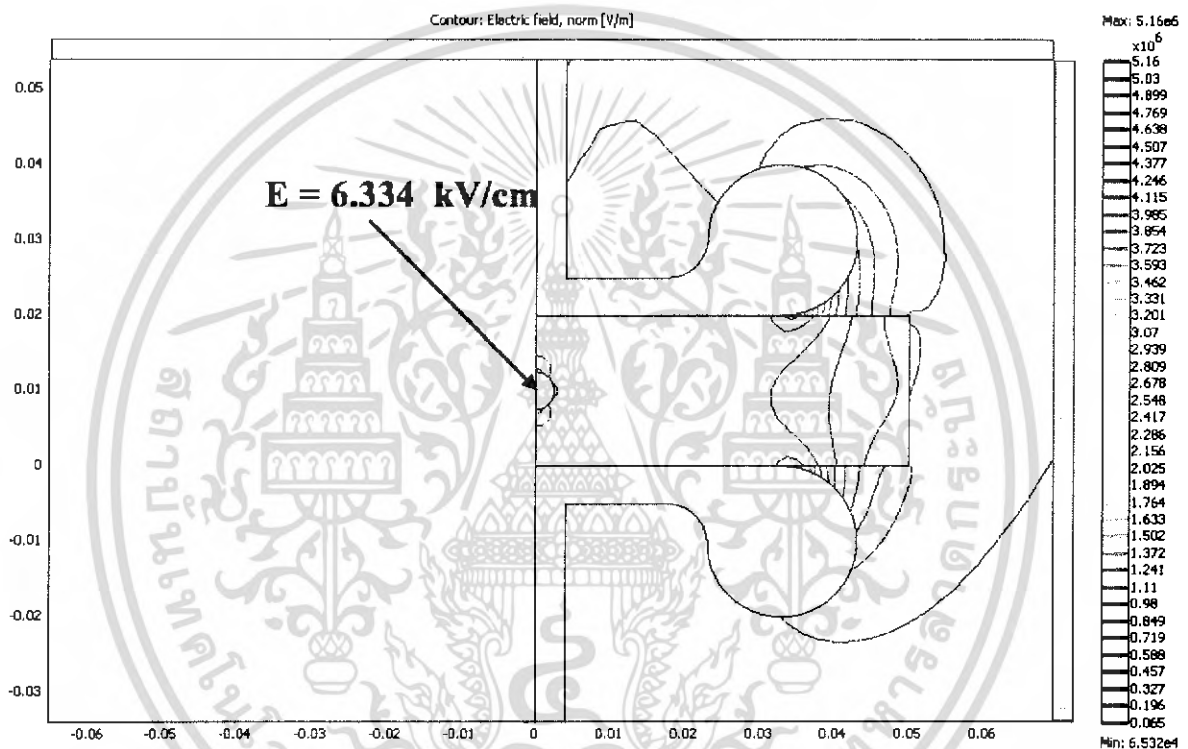


รูปที่ 4.7 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่โพรงอากาศขนาด 4 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.1 ตัวอย่างคุณลักษณะรูปแบบค่าสนามไฟฟ้าของดีสชาร์จภายใน ที่โพรง อากาศขนาด 5 mm

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------|-------|
| 1. แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบ | 10 | kV |
| 2. เส้นผ่านศูนย์กลางโพรงอากาศ | 5 | mm |
| 3. ค่าความเข้มสนามไฟฟ้า | 6.334 | kV/cm |
| 4. โปรแกรมที่ใช้จำลองและวิเคราะห์ | ไฟไนต์อีลิเมนต์ | |

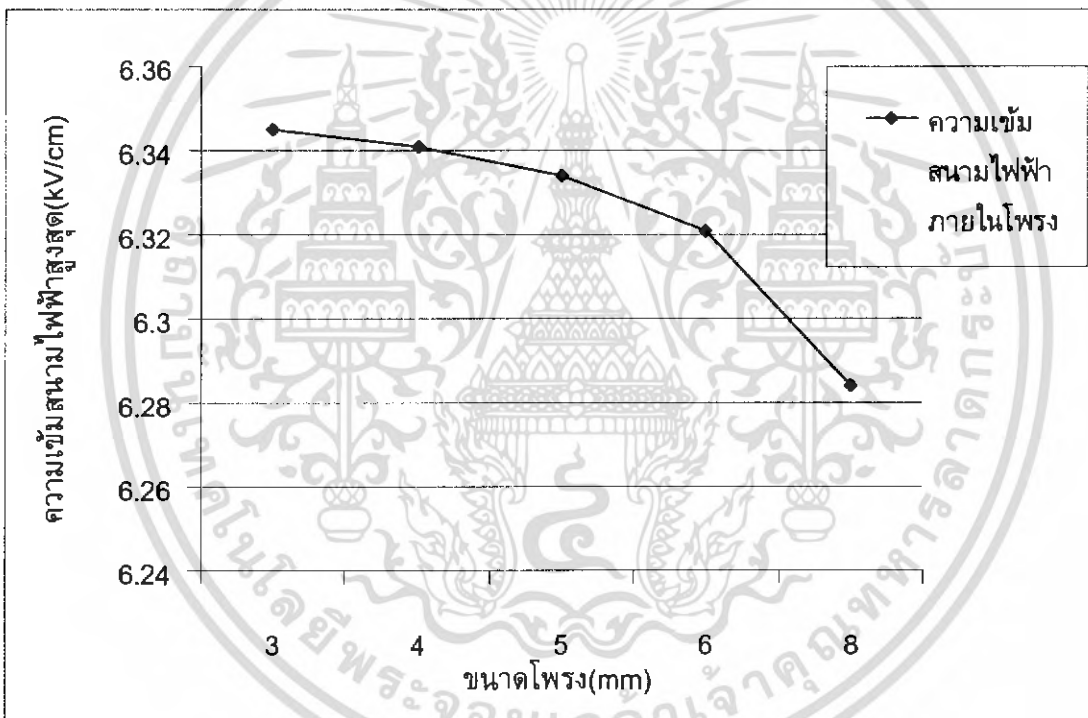


รูปที่ 4.8 ผลการจำลองค่าความเข้มสนามไฟฟ้าด้วยโปรแกรมที่โพรงอากาศขนาด 5 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นผ่านศูนย์กลางโพรง (mm)	ความเข้มสนามไฟฟ้า (kV/cm)
3	6.345
4	6.341
5	6.334
6	6.321
8	6.284

ตารางที่ 4.3 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโดยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบความเข้มสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากการจำลองโปรแกรม

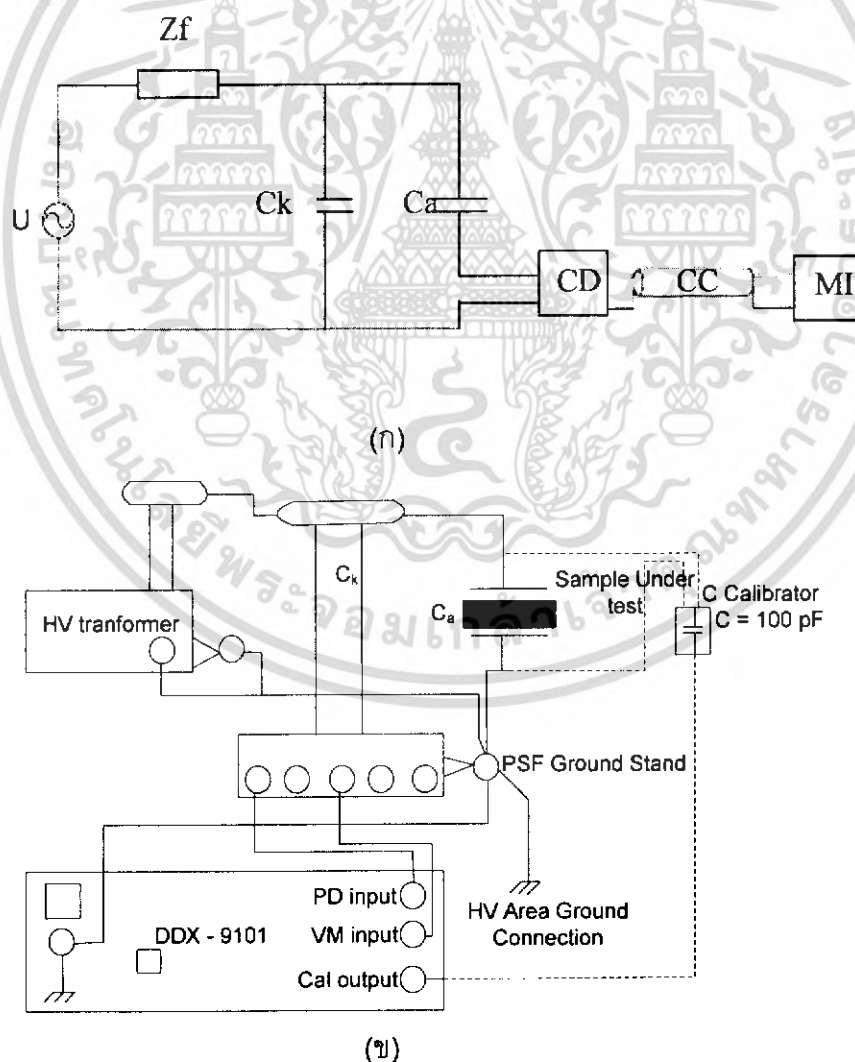
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนด้วยเครื่องทดสอบการดีสชาร์จบางส่วน

กระบวนการทดสอบจะเป็นการทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนที่สภาวะเริ่มเกิดและที่ระดับแรงดันต่างๆของอิเล็กโทรดรูปแบบต่างๆโดยต่อวงจรทดสอบตามรูปที่ 4.9 หลังจากนั้นค่อยๆเพิ่มแรงดันจนกระทั่งสามารถตรวจจับโคโรนาเริ่มเกิด บันทึกการเกิดดีสชาร์จบางส่วนด้วยเครื่องตรวจจับ PD รวมทั้งบันทึกค่าแรงดันดังกล่าวด้วย จากนั้นจะทำการเพิ่มแรงดันขึ้นเรื่อยๆ บันทึกการเกิดดีสชาร์จบางส่วนและค่าแรงดัน และบันทึกผลการทดสอบจากเครื่องวัดการเกิดดีสชาร์จบางส่วน (เครื่อง PD DETECTOR DDX-9101) ที่แต่ละระดับแรงดันและทำการเปรียบเทียบผลการจำลองโปรแกรมและทดสอบจริง

4.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่องตรวจจับการเกิดดีสชาร์จบางส่วน PD DETECTOR DDX-9101
2. ตู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไฟฟ้า
3. ตัวเก็บประจุคงที่มีค่า 100 pF (C ปรับเทียบ)
4. หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง 75 kV, 40kVA, PD<2 pC



รูปที่ 4.10 วงจรการทดลอง ก) วงจรสมมูล ข) วงจรในการทดสอบ

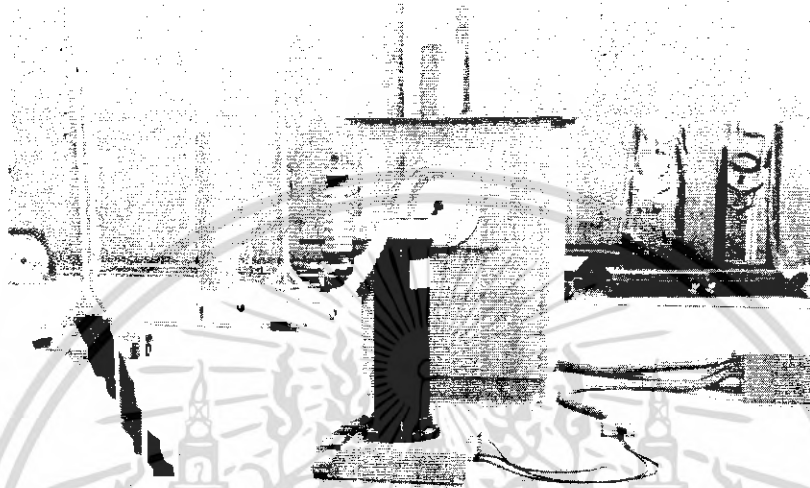
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ U คือ หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง 75 kV, 40kVA, PD<2 pC

C_k คือ Coupling Capacitor 100 kV

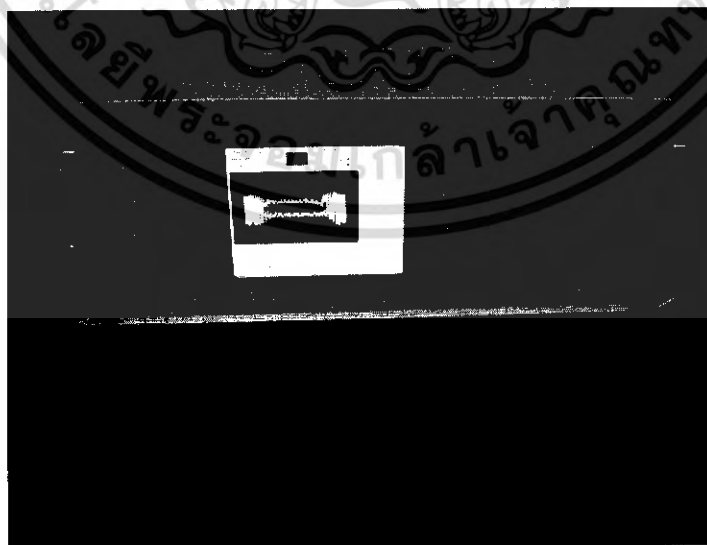
PD คือ ตัวตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน โดยที่ภายใน PD DETECTOR ได้รวมเอา PD Calibrator ไว้ด้วย

C_a คือ Test Object



รูปที่ 4.11 วงจรที่ทำการทดสอบ

การตรวจจับโคโรนาด้วยกล่องตรวจจับโคโรนาเครื่อง PD DETECTOR DDX-9101 ใช้สำหรับทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.12 เครื่อง PD DETECTOR DDX-9101 ใช้สำหรับทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ตัวอย่างการทดลองดังรูปที่ 4.9 โดยที่อุปกรณ์ทดสอบ (C_a) จะใช้ Rod กับ Plate โดยต่อ Rod ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงระนาบด้านกราวด์ เพื่อศึกษาโคโรนาดีสชาร์จ

*** ก่อนการทำการทดลองจะต้องนำ C Calibration ออกจากวงจรทดสอบทุกครั้ง

2. จัดเตรียมรายงานผลการทดสอบ PD และวิธีการวัด PD มีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ก

3. ทำการปรับเทียบชุดวัด PD มีรายละเอียดดังแสดงในภาคผนวก ข

4. ทำการป้อนแรงดันและการเก็บผลการทดสอบวิธีการดังแสดงในภาคผนวก ค และได้แสดงตู้ควบคุมการจ่ายแรงดันไว้ด้วย

5. หลังจากทำการทดสอบ PD ของ Test Object ในวัสดุที่หนึ่งเสร็จแล้วทำการบันทึกค่าแล้วทำการเปลี่ยน Test Object มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Plate-Rod โดยให้ระนาบต่ออยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและรีดต่อลงกราวด์

5.2 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Rod-Plate โดยให้รีดต่ออยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและระนาบต่อลงกราวด์

5.3 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Rod-Rod โดยให้ปลายแหลมต่ออยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและปลายมนต่อลงกราวด์

5.4 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Rod-Rod โดยที่ปลายมนต่อทางด้านไฟฟ้าแรงสูง และปลายแหลมต่อลงกราวด์

5.5 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Surface Discharge (รีด-ระนาบ) โดยให้รีดอยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูง และผ่านระนาบต่อลงกราวด์

5.6 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Surface Discharge (รีด-ระนาบ) โดยให้ระนาบอยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูง และผ่านรีดต่อลงกราวด์

5.7 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Surface Discharge (ทรงกลม-ระนาบ) โดยให้ปลายทรงกลมอยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและแผ่นระนาบต่อลงกราวด์

5.8 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Surface Discharge (ทรงกลม-ระนาบ) โดยให้ระนาบอยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและทรงกลมต่อลงกราวด์

5.9 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Surface Discharge (ระนาบ-ระนาบ) โดยให้ระนาบอยู่ทางด้านไฟฟ้าแรงสูงและแผ่นระนาบต่อลงกราวด์

5.10 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็น Internal discharge แบบ Single Void (โพรงอากาศเดี่ยว) วัสดุทดสอบจำลองมีการเจาะรูไว้ตรงกลางของแผ่นอซิลิค 1 รู และทำการเพิ่มขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเป็น 4, 5 mm เป็นโพรงอากาศ

5.11 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็น Internal Discharge แบบ Multi Voids วัสดุทดสอบจำลองมีการเจาะรูไว้ตรงกลางแผ่นอลูมิเนียมหลายรู โดยให้จำลองเป็นโพรงอากาศเพื่อศึกษา การเกิด PD แบบ Internal Discharge

5.12 วัสดุที่ใช้ทดสอบเป็นแบบ Internal discharge แบบ single Extraneous Object (โพรงอากาศที่มีสิ่งแปลกปลอม) โดยที่วัสดุทดสอบจำลองมีการเจาะรูไว้ตรงกลางอะคริลิกปลอมเป็นโพรงอากาศและให้มีเศษทองแดงเป็นสิ่งแปลกปลอมอยู่ในโพรงอากาศ

6. ในส่วนการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

6.1 บันทึกค่าประจุที่รู้ค่าของชุดปรับเทียบ และที่อ่านได้จากเครื่องตรวจจับรวมทั้ง Background noise

6.2 จ่ายแรงดันทดสอบ ให้กับอุปกรณ์ที่นำมาทดสอบวัด PD ค่อยๆ เพิ่มแรงดันครั้งละ 1 kV

6.3 บันทึกค่า PD จาก Test Report โดยให้แสดงค่า PD บนฐานรูปวงรีและฐานรูปคลื่นไซน์ที่ค่า PD สูงสุด และบันทึกค่าขนาดของ PD (pC) ที่ระดับแรงดัน ต่างๆ (ห้ามป้อนแรงดันจนวัสดุทดสอบเกิดเบรกดาวน)

4.2.3 ผลการทดสอบหาค่าแรงดันเบรกดาวนของวัสดุทดสอบ

ชนิดของวัสดุที่ทำกรทดสอบ	ระยะ	ค่าแรงดันเบรกดาวน(แรงดันต่ำ)				ค่าแรงดันเบรกดาวน(แรงดันสูง)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
Rod(หัวมน)[HV]-Rod(หัวแหลม)	5 mm.	12.67 V	12.77 V	12.74 V	12.73 V	5.65 kV
	10 mm.	21.24 V	20.28 V	20.92 V	20.81 V	9.28 kV
	20 mm.	36.22 V	35.98 V	36.02 V	36.07 V	16.04 kV
Rod(หัวมน)-Rod(หัวแหลม)[HV]	5 mm.	10.83 V	10.94 V	10.86 V	10.88 V	4.86 kV
	10 mm.	21.08 V	21.63 V	21.34 V	21.35 V	9.52 kV
	20 mm.	40.29 V	40.40 V	40.31 V	40.33 V	17.97 kV
Rod(หัวแหลม)[HV]-Plate	5 mm.	15.22 V	15.43 V	15.22 V	15.29 V	6.80 kV
	10 mm.	26.51 V	25.1 V	26.23 V	25.95 V	11.55 kV
	20 mm.	44.75 V	45.02 V	44.84 V	44.87 V	19.98 kV
Rod(หัวแหลม)-Plate[HV]	5 mm.	15.7 V	16.43 V	16.34 V	16.16 V	7.20 kV
	10 mm.	26.58 V	26.06 V	26.24 V	26.29 V	11.71 kV
	20 mm.	46.05 V	46.84 V	46.56 V	46.48 V	20.66 kV
Plate-อกลิลค-Plate	20 mm.	66.00 V	66.50 V	66.70 V	66.40 V	29.49 kV

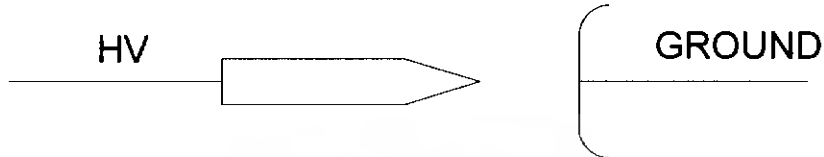
ตารางที่ 4.4 ค่าแรงดันเบรกดาวนของวัสดุทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4. ผลการทดสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนาดิสชาร์จ

4.2.4.1 การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 1 cm

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Rod ที่ระยะห่าง 1 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 11.55 kV



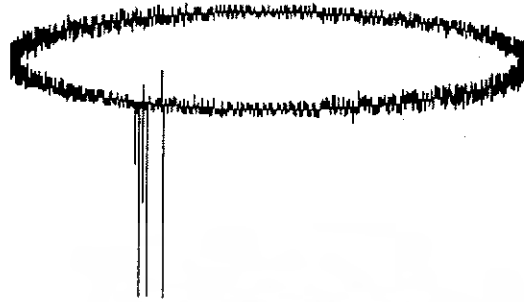
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 66.7 %
- 4.4 Background Noise 1.16 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7
5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 3.81 kV
 - 5.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 4.19 pC
 - 5.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมลบ



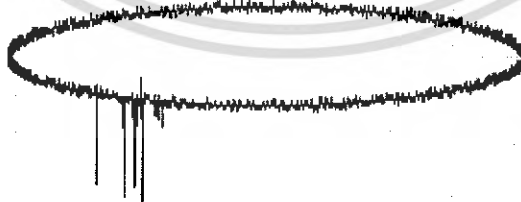
รูปที่ 4.14 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.61 kV ค่าดิสชาร์จ 4.19 pC ที่มุม 300-330 องศา



รูปที่ 4.15 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ที่แรงดัน 3.66 kV ค่าดีสชาร์จ 15.39 pC ที่มุม 310 องศา



รูปที่ 4.16 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ที่แรงดัน 3.71 kV ค่าดีสชาร์จ 54.99 pC ที่มุม 310-330 องศา

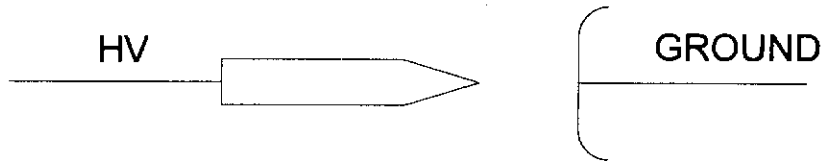


รูปที่ 4.17 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ที่แรงดัน 3.81 kV ค่าดีสชาร์จ 56.58 pC ที่มุม 310-330 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 2 cm

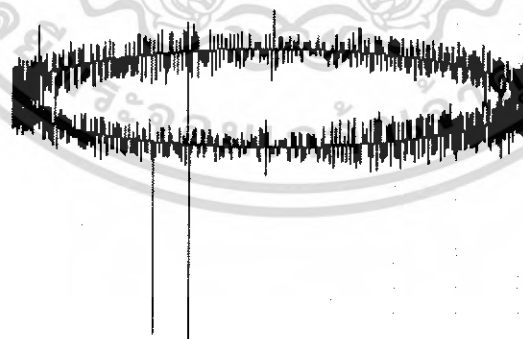
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Rod ที่ระยะห่าง 2 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 19.98 kV



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25.3 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 66.5 %
- 4.4 Background Noise 1.16 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 4.75 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 18.31 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมลบ

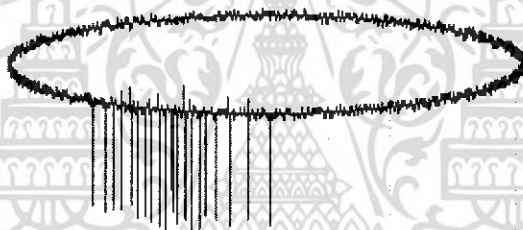


รูปที่ 4.19 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.75 kV ค่าดีสชาร์จ 18.31 pC ที่มุม 300-310 องศา

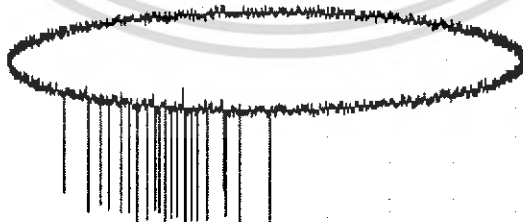
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.81 kV ค่าดิสชาร์จ 67.58 pC ที่มุม 300-330 องศา



รูปที่ 4.21 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.29 kV ค่าดิสชาร์จ 75.03 pC ที่มุม 290-315 องศา

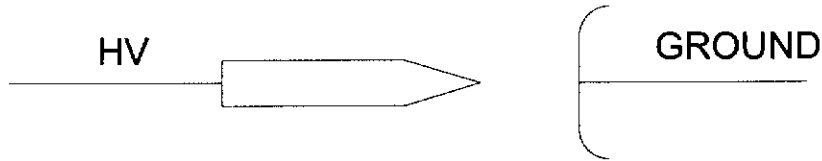


รูปที่ 4.22 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.44 kV ค่าดิสชาร์จ 76.35 pC ที่มุม 290-330 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.3. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 4 cm

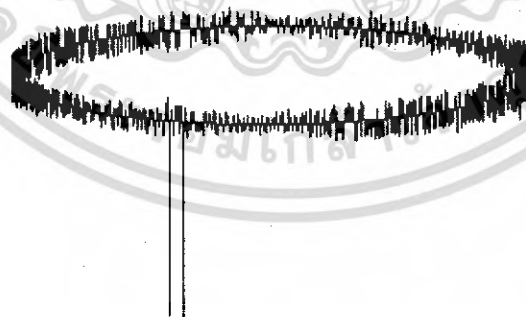
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate บ็อนแรงดันด้าน Rod ที่ระยะห่าง 4 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 19.98 kV



รูปที่ 4.23 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

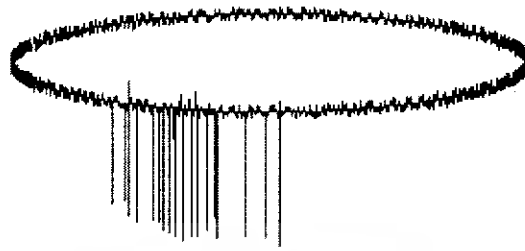
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 66.5 %
- 4.4 Background Noise 1.16 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.31 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 8.48 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมลบ

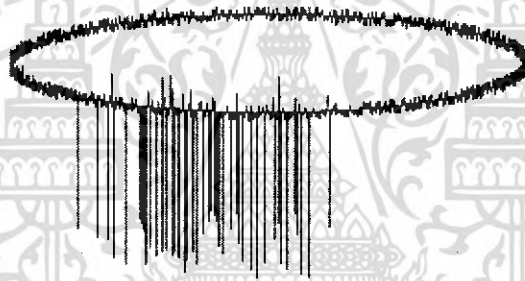


รูปที่ 4.24 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.31 kV ค่าดีสชาร์จ 8.48 pC ที่มุม 300 องศา

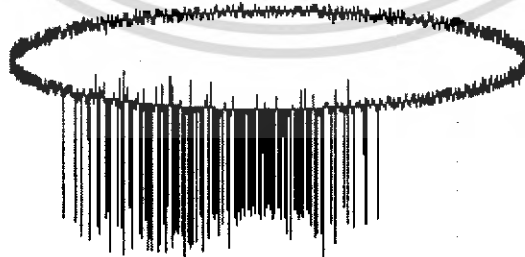
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.99 kV ค่าดีสชาร์จ 27.64 pC ที่มุม 290-315 องศา



รูปที่ 4.26 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.39 kV ค่าดีสชาร์จ 29.79 pC ที่มุม 270-315 องศา

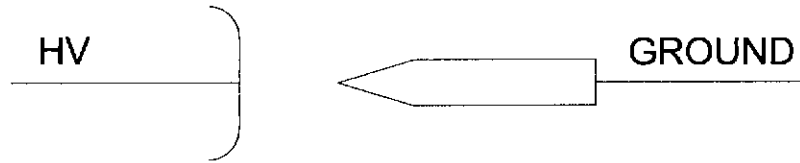


รูปที่ 4.27 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.16 kV ค่าดีสชาร์จ 31.68 pC ที่มุม 250-330 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4. การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 1 cm

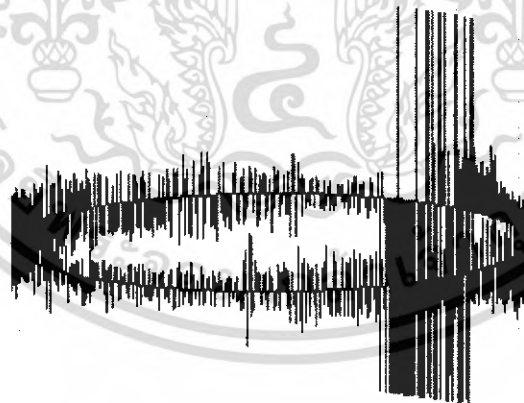
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Plate ที่ระยะห่าง 1 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 11.71 kV



รูปที่ 4.28 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

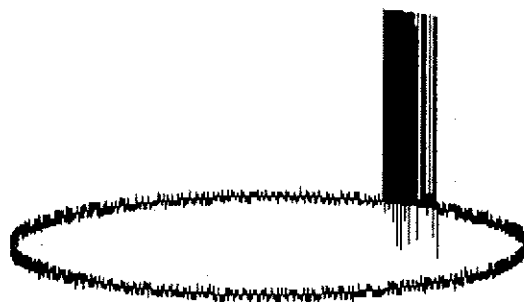
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 67.0 %
- 4.4 Background Noise 1.12 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7
5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 4.17 kV
 - 5.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 4.38 pC
 - 5.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 องศา
 - 5.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวก



รูปที่ 4.29 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.13 kV ค่าดิสชาร์จ 4.38 pC ที่มุม 130-160 องศา

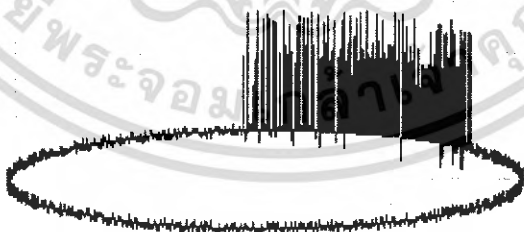
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.17 kV ค่าดีสชาร์จ 32.35 pC ที่มุม 130-150 องศา



รูปที่ 4.31 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.23 kV ค่าดีสชาร์จ 63.24 pC ที่มุม 130-160 องศา

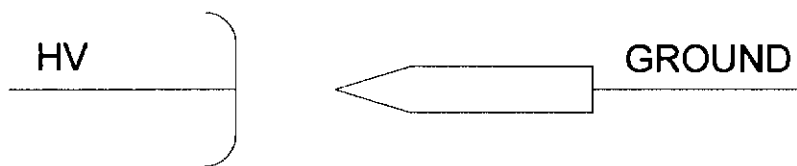


รูปที่ 4.32 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.7 kV ค่าดีสชาร์จ 108.78 pC ที่มุม 90-160 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.5. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 2 cm

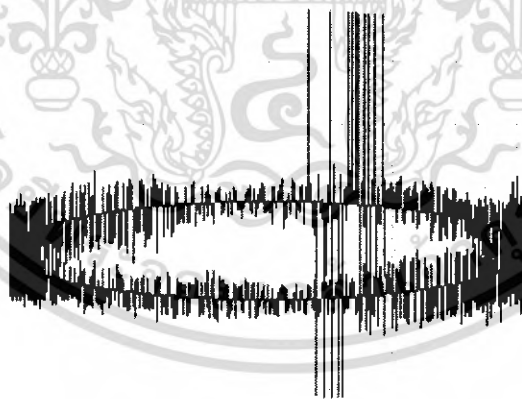
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Plate ที่ระยะห่าง 2 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 20.66 kV



รูปที่ 4.33 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

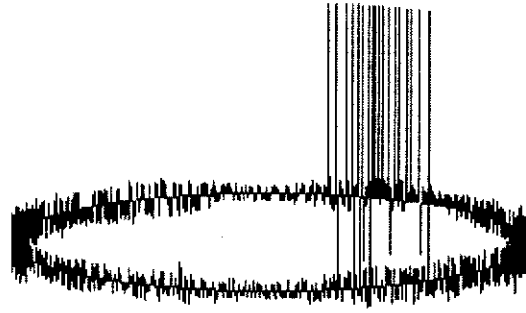
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24.7 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 67.0 %
- 4.4 Background Noise 1.12 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.41 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 4.88 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวก

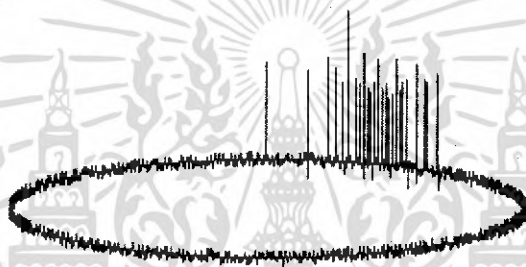


รูปที่ 4.34 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.23 kV ค่าดีสชาร์จ 4.88 pC ที่มุม 105-135 องศา

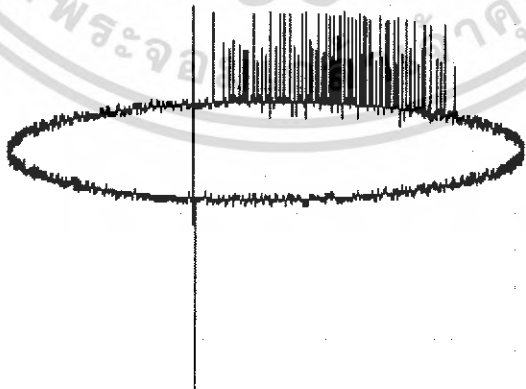
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.27 kV ค่าดีสชาร์จ 10.18 pC ที่มุม 110-150 องศา



รูปที่ 4.36 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.41 kV ค่าดีสชาร์จ 69.61 pC ที่มุม 120-140 องศา

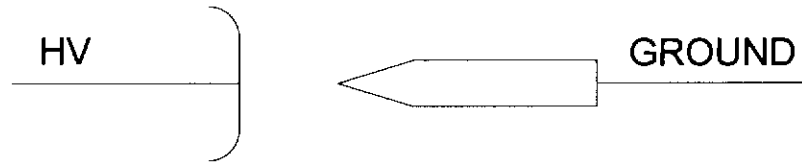


รูปที่ 4.37 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97 kV ค่าดีสชาร์จ 116.41 pC ที่มุม 90-150 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.6. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Plate ที่ระยะ 4 cm

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Plate ที่ระยะห่าง 4 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 11.71 kV



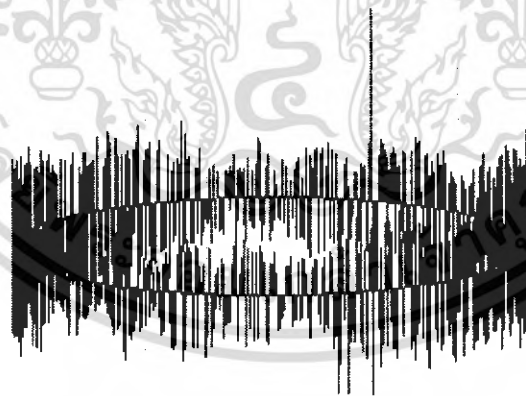
รูปที่ 4.38 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 67.0 %
- 4.4 Background Noise 1.12 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7

5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน

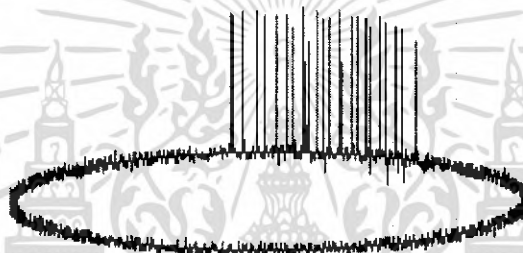
- 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 6.94 kV
- 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.61 pC
- 5.3 ดีสชาร์จเกิดในช่วงมุม 90-180 องศา
- 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวก



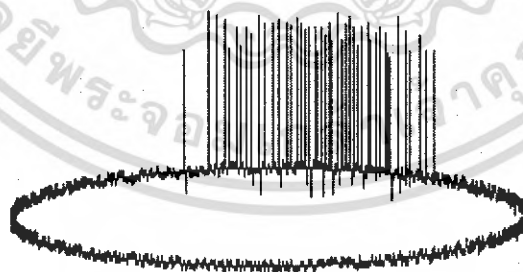
รูปที่ 4.39 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.94 kV ค่าดีสชาร์จ 2.61 pC ที่มุม 130 องศา



รูปที่ 4.40 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.49 kV ค่าดีสชาร์จ 32.95 pC ที่มุม 95-130 องศา



รูปที่ 4.41 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.11 kV ค่าดีสชาร์จ 30.74 pC ที่มุม 95-140 องศา

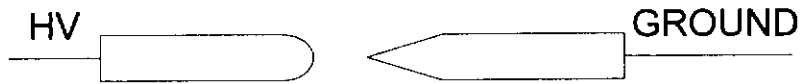


รูปที่ 4.42 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.76 kV ค่าดีสชาร์จ 36.22 pC ที่มุม 80-135 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.7. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะ 1 cm

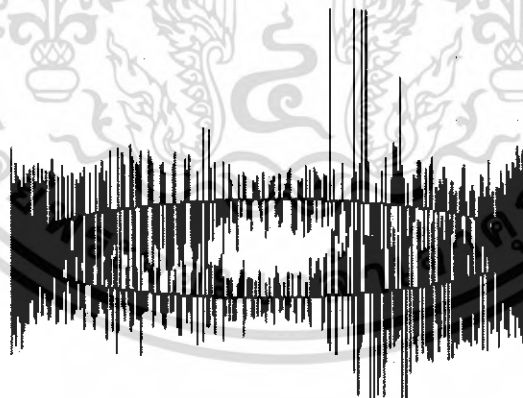
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) ป้อนแรงดันด้าน Rod หัวมน ที่ระยะห่าง 1 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 9.28 kV



รูปที่ 4.43 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

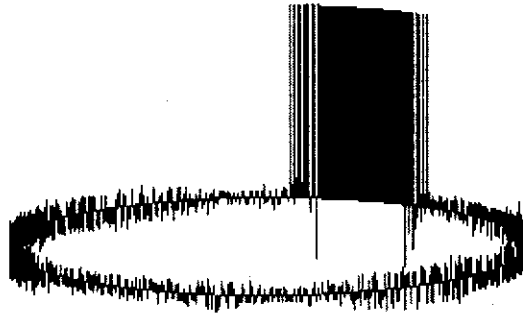
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 68.5 %
- 4.4 Background Noise 1.02 pC
- 4.5 Scale Factor 100
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.91 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.99 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวก

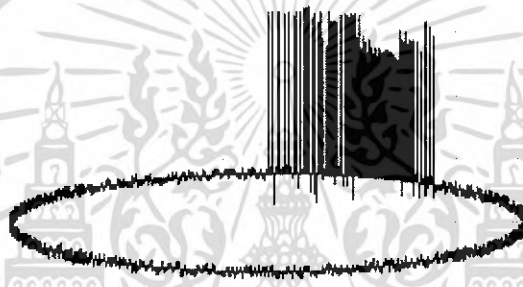


รูปที่ 4.44 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.91 kV ค่าดีสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม 115-145 องศา

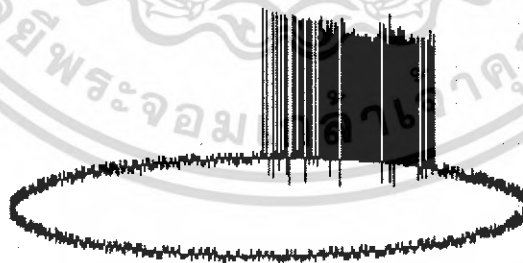
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.48 kV ค่าดีสชาร์จ 9.61 pC ที่มุม 100-150 องศา



รูปที่ 4.46 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.90 kV ค่าดีสชาร์จ 48.05 pC ที่มุม 90-150 องศา

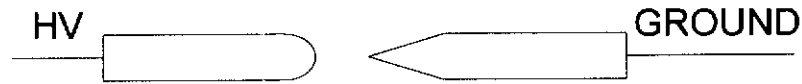


รูปที่ 4.47 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.95 kV ค่าดีสชาร์จ 53.47 pC ที่มุม 90-150 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.8. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะ 2 cm

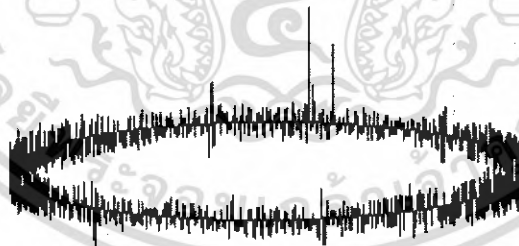
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) ป้อนแรงดันด้าน Rod หัวมน ที่ระยะห่าง 2 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 16.04 kV



รูปที่ 4.48 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

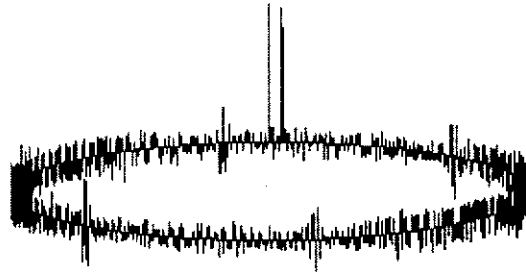
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 68.5 %
- 4.4 Background Noise 1.02 pC
- 4.5 Scale Factor 100
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 8.70 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 7.59 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวก

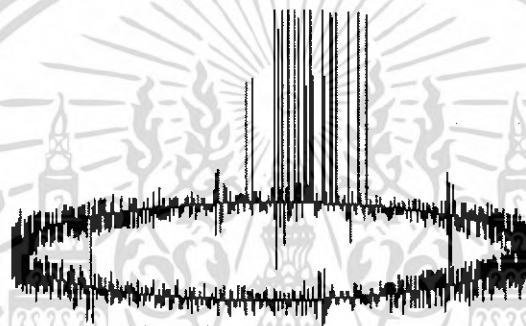


รูปที่ 4.49 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.70 kV ค่าดีสชาร์จ 7.59 pC ที่มุม 105-115 องศา

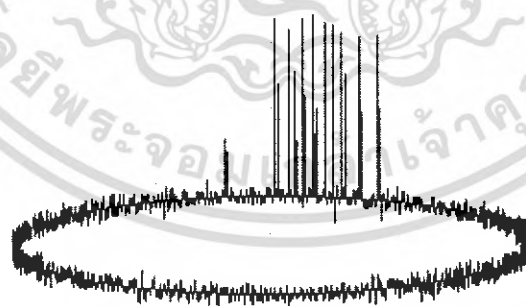
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.24 kV ค่าดีสชาร์จ 6.83 pC ที่มุม 90 องศา



รูปที่ 4.51 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.72 kV ค่าดีสชาร์จ 8.00 pC ที่มุม 90-125 องศา

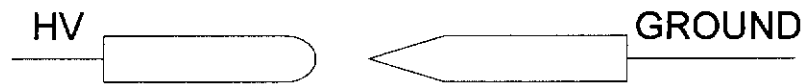


รูปที่ 4.52 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.77 kV ค่าดีสชาร์จ 17.63 pC ที่มุม 90-130 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.9. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะ 4 cm

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) บ้อนแรงดันด้าน Rod หัวมน ที่ระยะห่าง 4 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 16.04 kV



รูปที่ 4.53 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 68.5 %
- 4.4 Background Noise 1.02 pC
- 4.5 Scale Factor 100

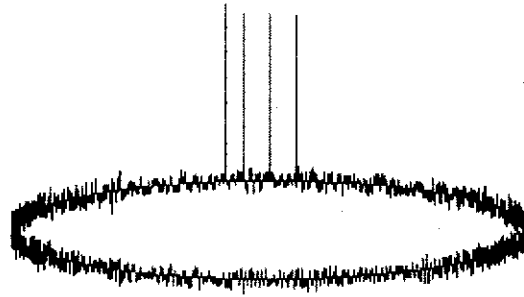
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน

- 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 12.91 kV
- 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 5.33 pC
- 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 องศา
- 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวก
- 5.5 ความหนาแน่น

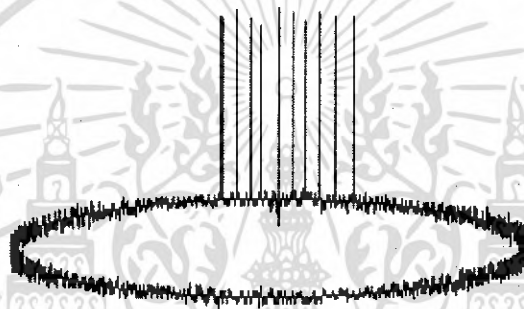


รูปที่ 4.54 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.79 kV ค่าดีสชาร์จ 5.33 pC ที่มุม 90-120 องศา

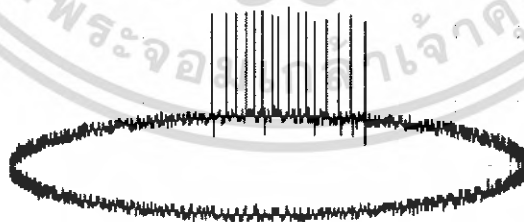
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.55 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.91 kV ค่าดีสชาร์จ 19.57 pC ที่มุม 80-100 องศา



รูปที่ 4.56 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 13.60 kV ค่าดีสชาร์จ 21.60 pC ที่มุม 75-120 องศา



รูปที่ 4.57 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 14.19 kV ค่าดีสชาร์จ 30.72 pC ที่มุม 75-125 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.10. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะ 1 cm

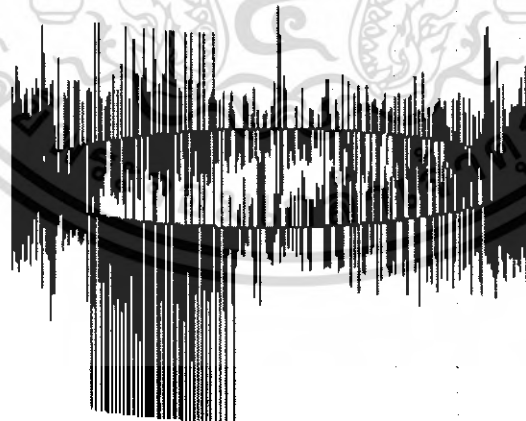
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) ป้อนแรงดันด้าน Rod หัวแหลม ที่ระยะห่าง 1 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 9.52 kV



รูปที่ 4.58 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

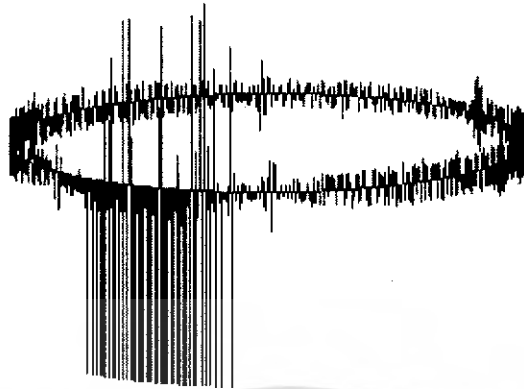
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 68.5 %
- 4.4 Background Noise 1.06 pC
- 4.5 Scale Factor 99.2
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.36 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.93 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมลบ

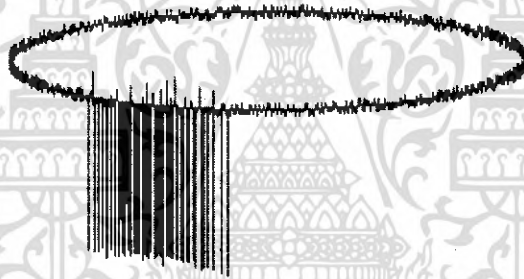


รูปที่ 4.59 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.28 kV ค่าดีสชาร์จ 2.93 pC ที่มุม 280-335 องศา

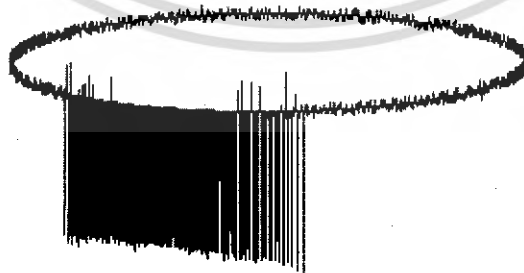
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.60 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.35 kV ค่าดีสชาร์จ 7.32 pC ที่มุม 280-335 องศา



รูปที่ 4.61 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 65.71 pC ที่มุม 280-335 องศา



รูปที่ 4.62 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97kV ค่าดีสชาร์จ 56.55 pC ที่มุม 260-340 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.11. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะ 2 cm

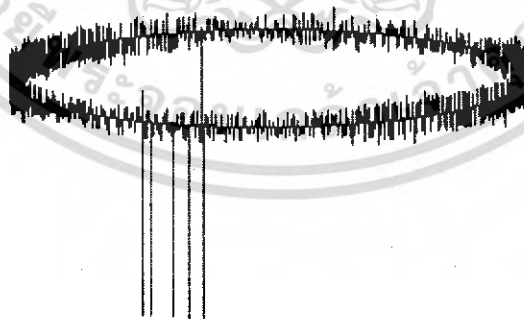
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) ป้อนแรงดันด้าน Rod หัวแหลม ที่ระยะห่าง 2 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 17.97 kV



รูปที่ 4.63 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 69.0 %
- 4.4 Background Noise 1.06 pC
- 4.5 Scale Factor 99.2
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.31 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 9.69 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมลบ



รูปที่ 4.64 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.31 kV ค่าดีสชาร์จ 9.69 pC ที่มุม 290-315 องศา

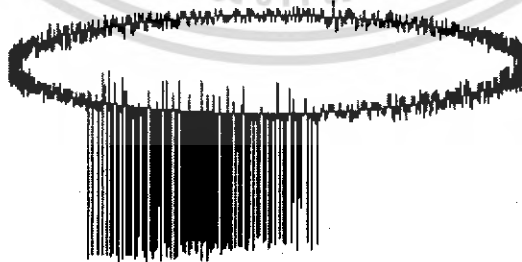
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.65 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.32 kV ค่าดีสชาร์จ 31.23 pC ที่มุม 290-315 องศา



รูปที่ 4.66 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.88 kV ค่าดีสชาร์จ 29.05 pC ที่มุม 260-340 องศา



รูปที่ 4.67 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.44 kV ค่าดีสชาร์จ 14.73 pC ที่มุม 250-330 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.12. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(หัวแหลม)-Rod(หัวมน) ที่ระยะห่าง 4 cm

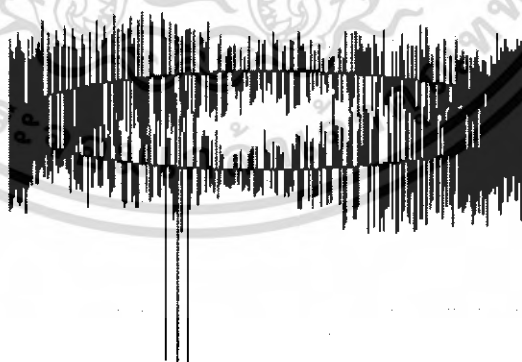
1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) - Rod (หัวมน) ป้อนแรงดันด้าน Rod หัวแหลม ที่ระยะห่าง 4 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 17.97 kV



รูปที่ 4.68 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

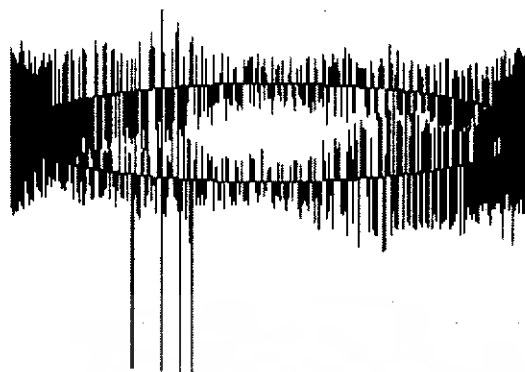
4. การทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 68.5 %
- 4.4 Background Noise 1.06 pC
- 4.5 Scale Factor 99.2
5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 5.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 5.90 kV
 - 5.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.78 pC
 - 5.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 270-360 องศา
 - 5.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมลบ

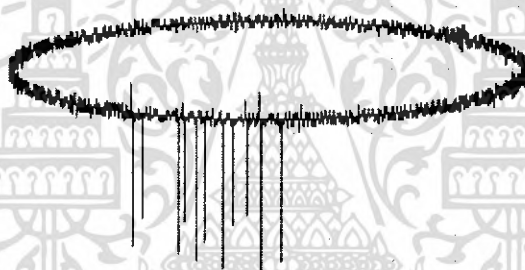


รูปที่ 4.69 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.90 kV ค่าดีสชาร์จ 2.78 pC ที่มุม 300-310 องศา

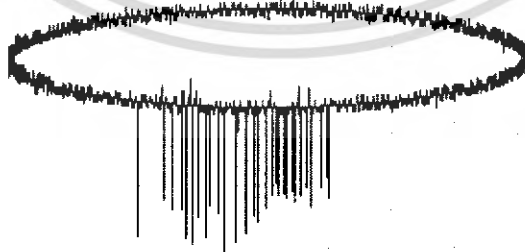
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.70 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.41 kV ค่าดีสชาร์จ 2.65 pC ที่มุม 300-320 องศา



รูปที่ 4.71 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.81 kV ค่าดีสชาร์จ 36.31 pC ที่มุม 270-300 องศา



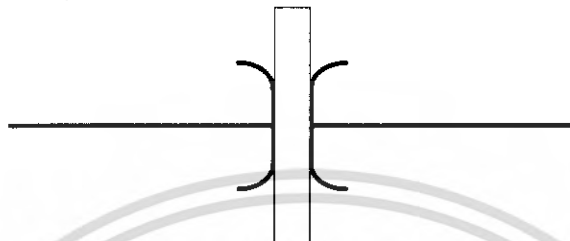
รูปที่ 4.72 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.50 kV ค่าดีสชาร์จ 29.90 pC ที่มุม 250-300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5. ผลการทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนแบบดีสชาร์จตามผิว

4.2.5.1. การทดสอบดีสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Plate ที่ฉนวนหนา 2 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.73 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 70 %
- 5.4 Background Noise 0.98 pC
- 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 14.29 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.25 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

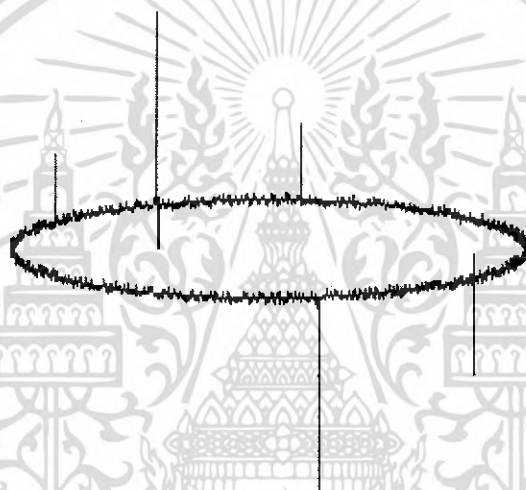


รูปที่ 4.74 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 14.29 kV ค่าดีสชาร์จ 3.25 pC ที่มุม 105, 295 องศา

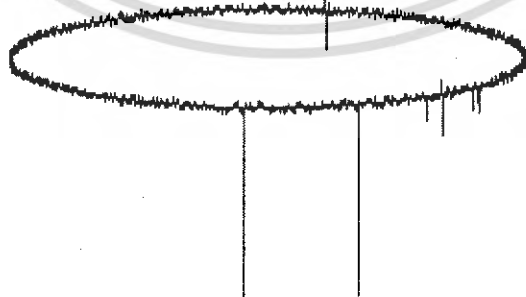
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.75 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 15.65 kV ค่าดีสชาร์จ 11.22 pC ที่มุม 70, 110, 290 องศา



รูปที่ 4.76 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 15.78 kV ค่าดีสชาร์จ 92.67 pC ที่มุม 50, 200, 250 องศา

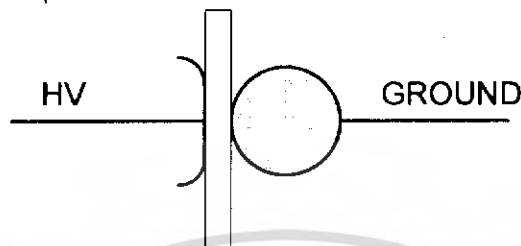


รูปที่ 4.77 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 15.93 kV ค่าดีสชาร์จ 296.36 pC ที่มุม 115, 240, 280 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.2. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere ที่ฉนวนหนา 2 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Sphere จ่ายแรงดันทางด้าน Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อีพ็อกซี หนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



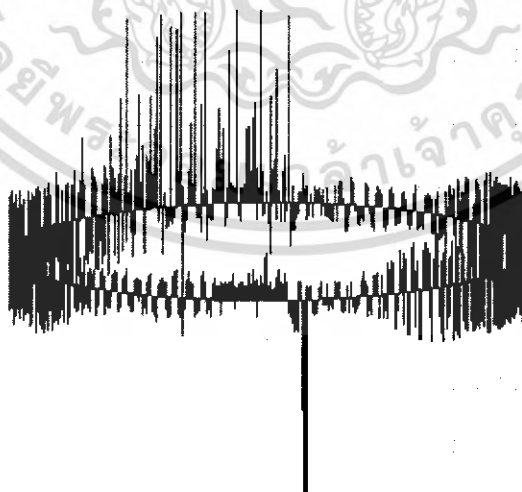
รูปที่ 4.78 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 70.3 %
- 5.4 Background Noise 0.98 pC
- 5.5 Scale Factor 99.9

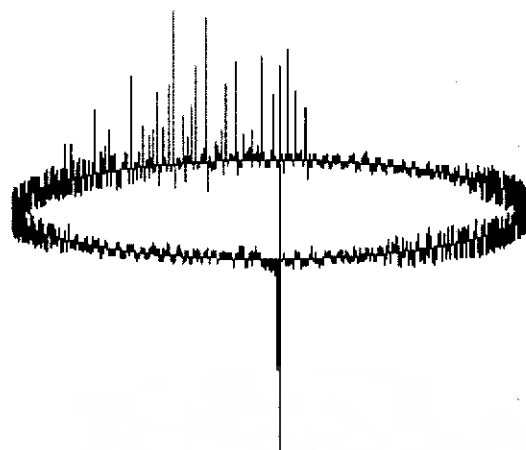
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 10.30 kV
- 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.30 pC
- 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
- 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

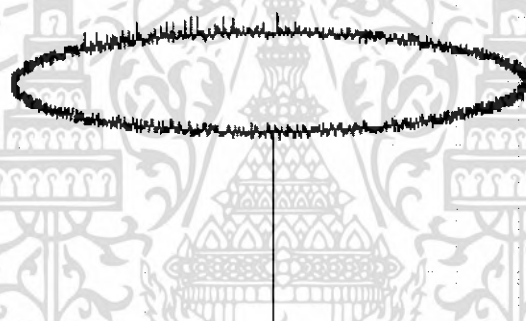


รูปที่ 4.79 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.30 kV ค่าดิสชาร์จ 3.30 pC ที่มุม 40-100, 250 องศา

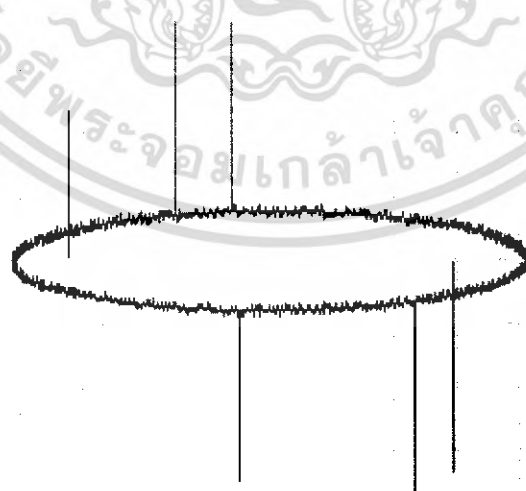
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.80 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.34 kV ค่าดีสชาร์จ 11.29 pC ที่มุม 40-105, 270 องศา



รูปที่ 4.81 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.38 kV ค่าดีสชาร์จ 74.16 pC ที่มุม 270 องศา

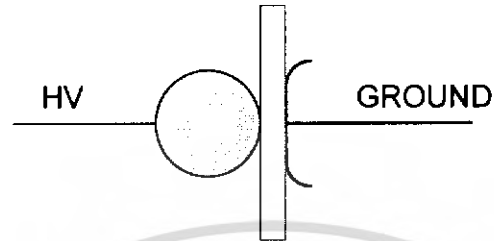


รูปที่ 4.82 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.48 kV ค่าดีสชาร์จ 254.53 pC ที่มุม 60,75,220,280 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

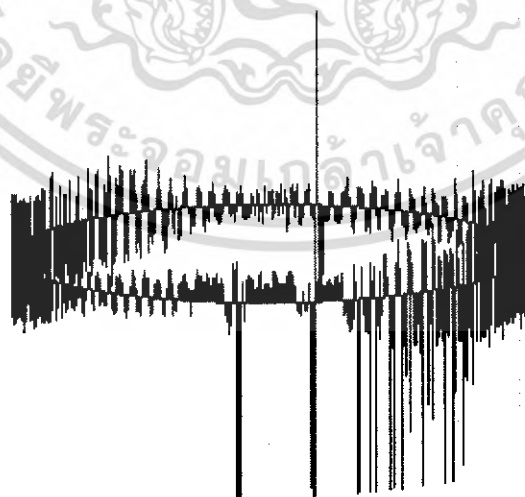
4.2.5.3. การทดสอบดีสชาร์จตามผิวแบบ Sphere-Plate ที่ฉนวนหนา 2 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ป้อนแรงดันทางด้าน Sphere
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคติค หนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



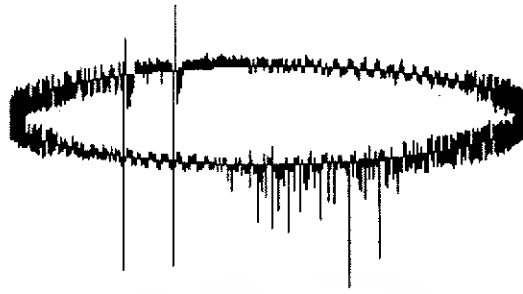
รูปที่ 4.83 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 71.3 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 9.74 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 6.08 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

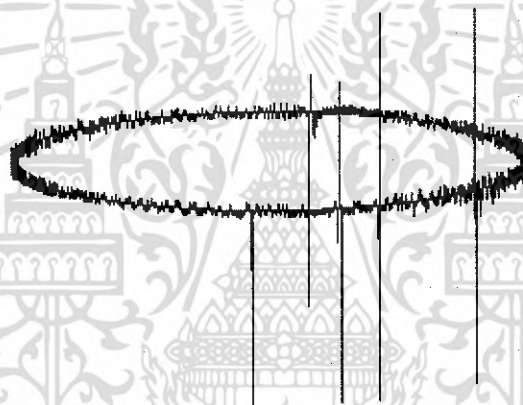


รูปที่ 4.84 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.74 kV ค่าดีสชาร์จ 6.08 pC ที่มุม 110, 200-280 องศา

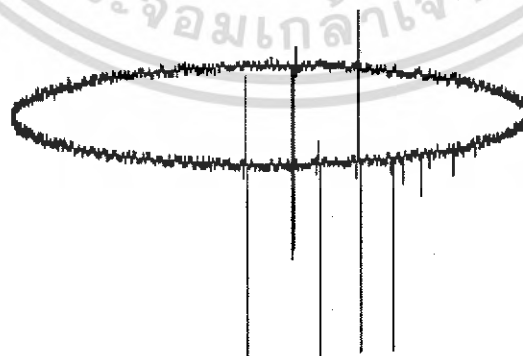
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.85 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.85 kV ค่าดีสชาร์จ 11.30 pC ที่มุม 50, 235-270 องศา



รูปที่ 4.86 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.87 kV ค่าดีสชาร์จ 22.21 pC ที่มุม 105-160, 200-275 องศา

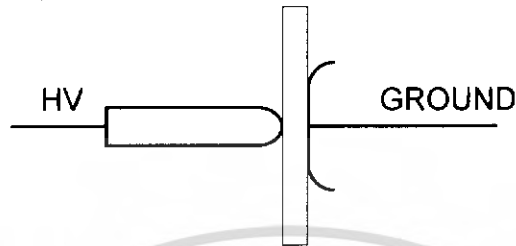


รูปที่ 4.87 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.94 kV ค่าดีสชาร์จ 77.53 pC ที่มุม 100-120, 235-280 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

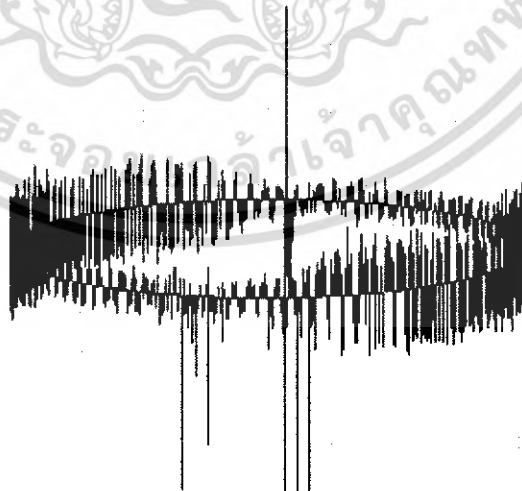
4.2.5.4. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Rod(หัวมน)-Plate ที่ฉนวนหนา 2 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod(หัวมน)-Plate บ่อนแรงดันทางด้าน Rod
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



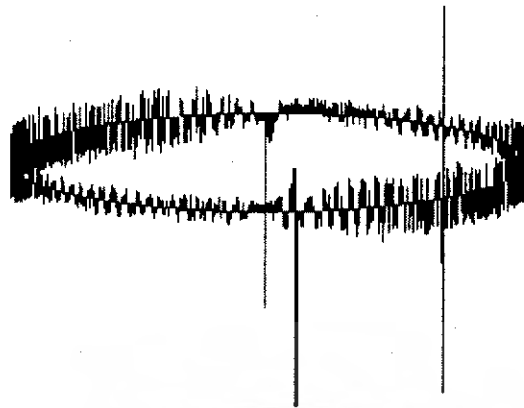
รูปที่ 4.88 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 71.3 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 5.28 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.02 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

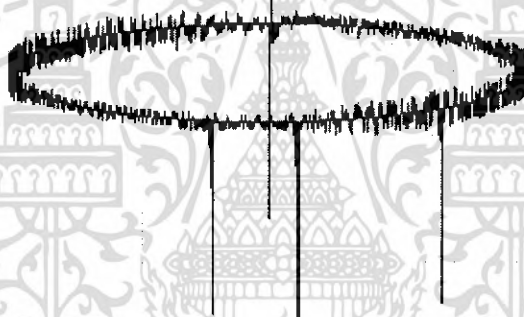


รูปที่ 4.89 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.28 kV ค่าดิสชาร์จ 3.02 pC ที่มุม 90,255-300 องศา

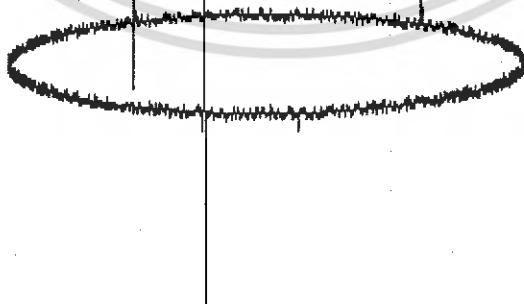
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.90 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 5.99 pC ที่มุม 90,210,260 องศา



รูปที่ 4.91 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.43 kV ค่าดีสชาร์จ 20.96 pC ที่มุม 90,210,260,290 องศา

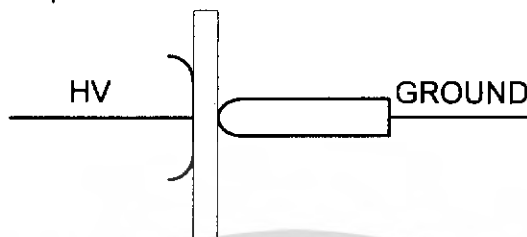


รูปที่ 4.92 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.45 kV ค่าดีสชาร์จ 74.52 pC ที่มุม 40,145,295 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.5. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Rod(หัวมน) ที่ฉนวนหนา 2 cm.

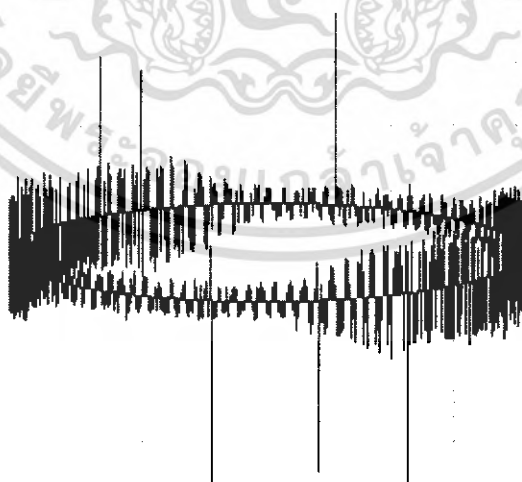
1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Rod(หัวมน) ป้อนแรงดันทางด้าน Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.93 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

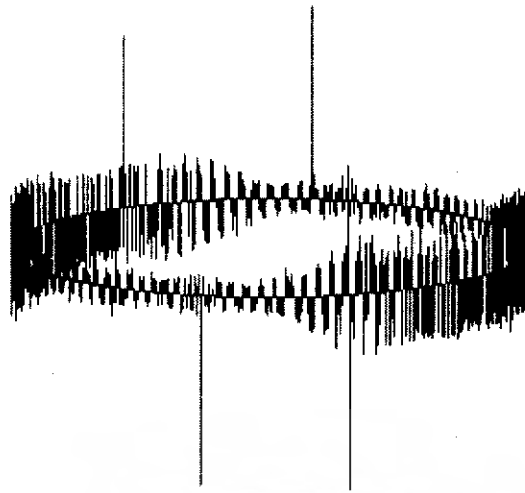
5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.5 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72 %
- 5.4 Background Noise 0.98 pC
- 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 4.71 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.99 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

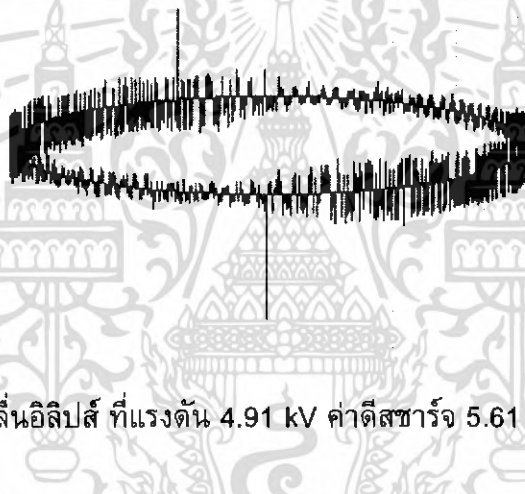


รูปที่ 4.94 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.71 kV ค่าดิสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม 30-45, 220-290 องศา

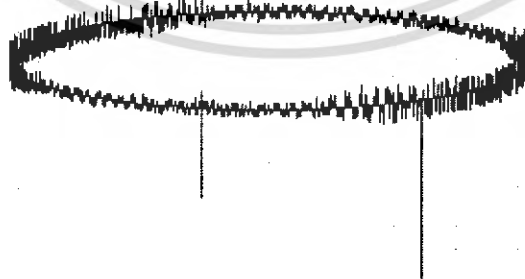
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.95 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.72 kV ค่าดีสชาร์จ 3.11 pC ที่มุม 40,105,240,295 องศา



รูปที่ 4.96 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.91 kV ค่าดีสชาร์จ 5.61 pC ที่มุม 60, 270 องศา

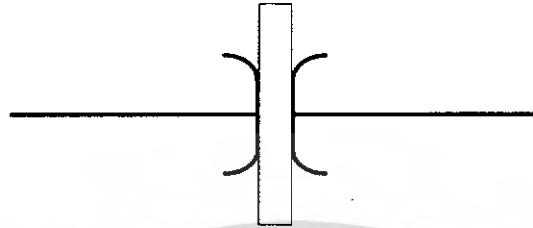


รูปที่ 4.97 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.95 kV ค่าดีสชาร์จ 11.03 pC ที่มุม 60,80,220,290 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.6. การทดสอบดีสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Plate ที่ฉนวนหนา 1 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิก หนา 1 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.98 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

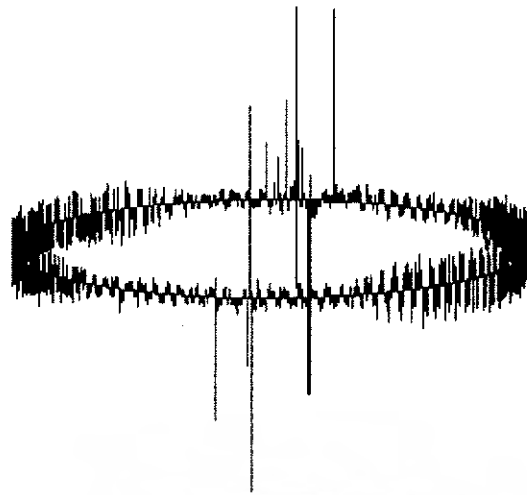
5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72 %
- 5.4 Background Noise 0.95 pC
- 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 6.95 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.09 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

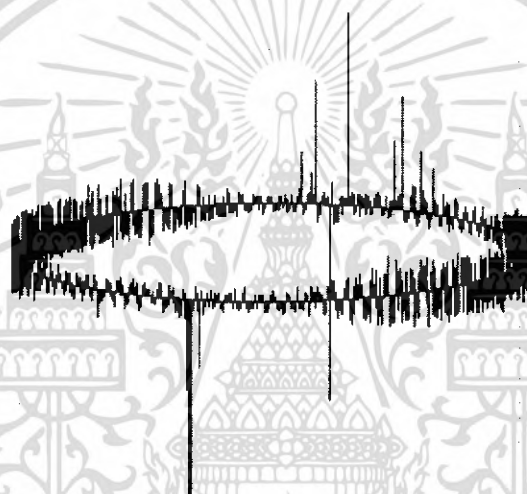


รูปที่ 4.99 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.95 kV ค่าดีสชาร์จ 3.09 pC ที่มุม 120-150, 305 องศา

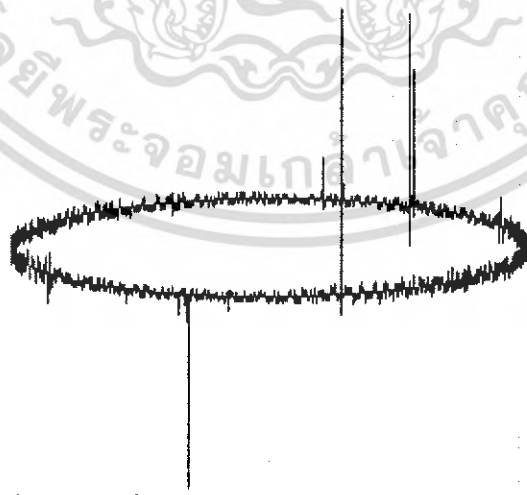
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.100 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.02 kV ค่าดีสชาร์จ 5.68 pC ที่มุม 80-110, 275-290 องศา



รูปที่ 4.101 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.12 kV ค่าดีสชาร์จ 10.90 pC ที่มุม 105-150, 300 องศา

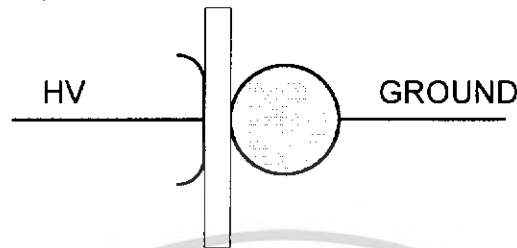


รูปที่ 4.102 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.62 kV ค่าดีสชาร์จ 38.58 pC ที่มุม 120-145, 300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

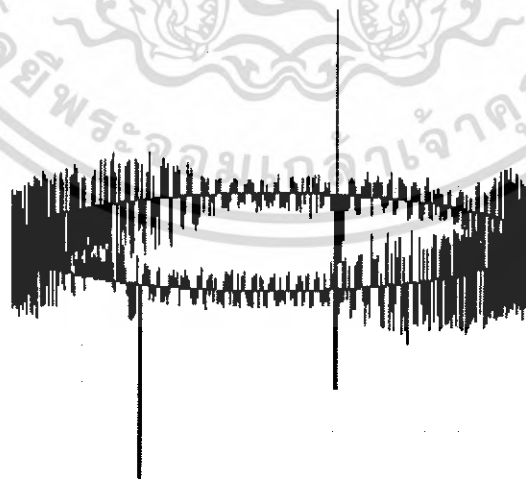
4.2.5.7. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere ที่ฉนวนหนา 1 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Sphere ป้อนแรงดันทางด้าน Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อีพ็อกซี หนา 1 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



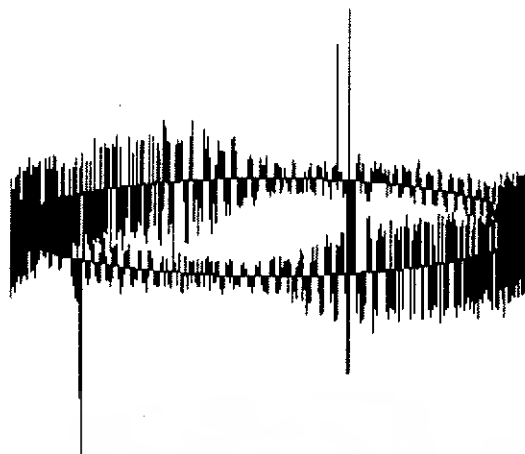
รูปที่ 4.103 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 758 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 5.34 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.99 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

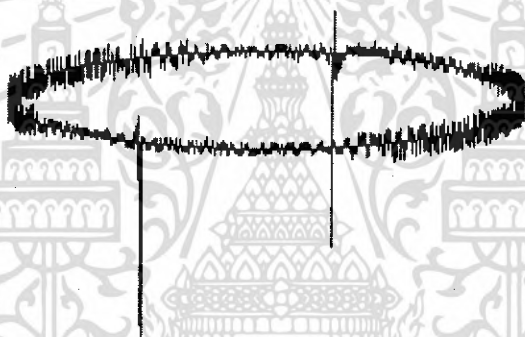


รูปที่ 4.104 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ ที่แรงดัน 5.34 kV ค่าดิสชาร์จ 2.99 pC ที่มุม 110, 315 องศา

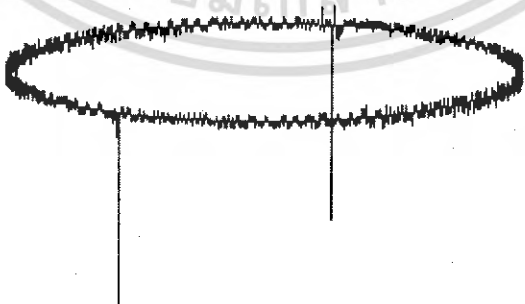
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.105 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.36 kV ค่าดีสชาร์จ 5.72 pC ที่มุม 110-120,315 องศา



รูปที่ 4.106 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.40 kV ค่าดีสชาร์จ 10.92 pC ที่มุม 110, 335 องศา

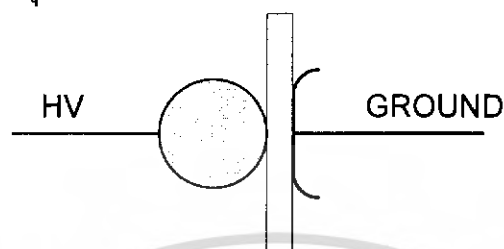


รูปที่ 4.107 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.43 kV ค่าดีสชาร์จ 20.66 pC ที่มุม 110, 325 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

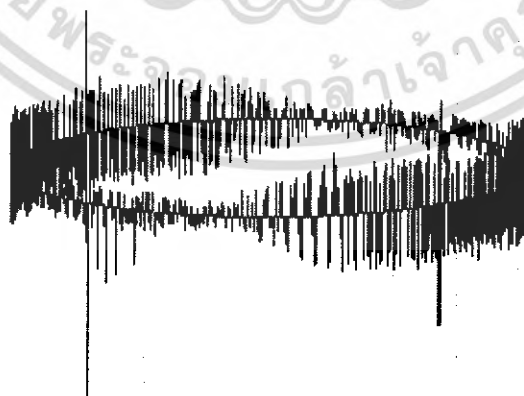
4.2.5.8. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Sphere-Plate ที่ฉนวนหนา 1 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ป้อนแรงดันทางด้าน Sphere
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 1 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



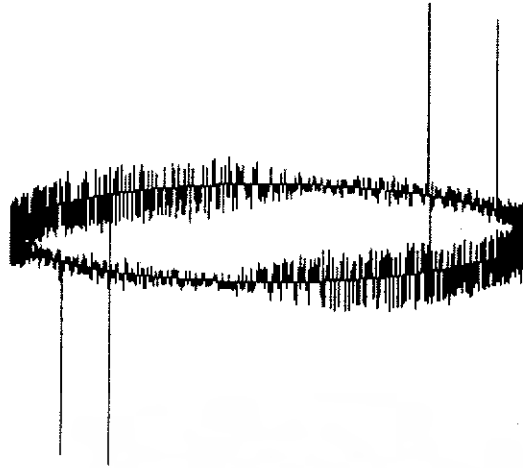
รูปที่ 4.108 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73.5 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 3.62 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 5.74 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

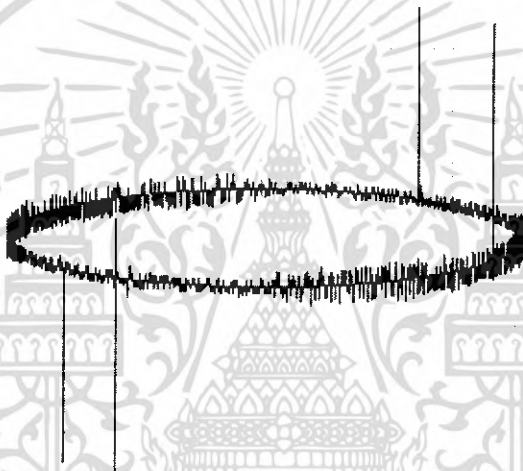


รูปที่ 4.109 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.62 kV ค่าดิสชาร์จ 5.74 pC ที่มุม 150, 335 องศา

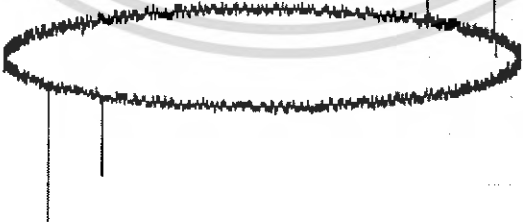
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.110 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.68 kV ค่าดีสชาร์จ 10.81 pC ที่มุม 150,170,335,345 องศา



รูปที่ 4.111 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.75 kV ค่าดีสชาร์จ 20.17 pC ที่มุม 150,170,335,345 องศา

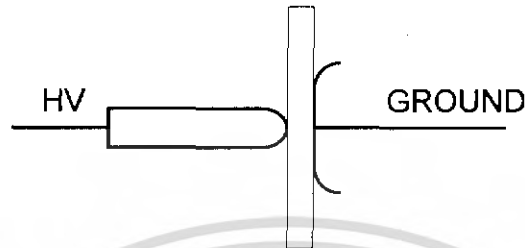


รูปที่ 4.112 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.27 kV ค่าดีสชาร์จ 38.10 C ที่มุม 150,170,335,345 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

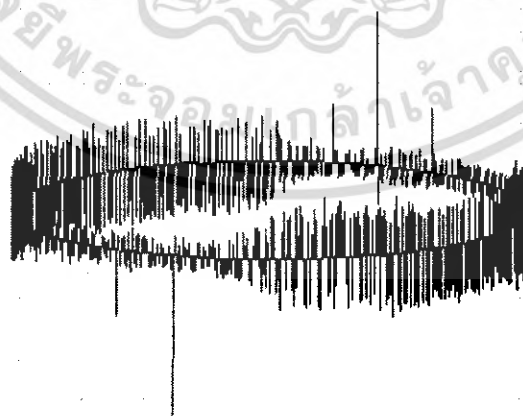
4.2.5.9. การทดสอบดีสชาร์จตามผิวแบบ Rod(หัวมน)-Plate ที่ฉนวนหนา 1 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod(หัวมน)-Plate ป้อนแรงดันทางด้าน Rod
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคติค หนา 1 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



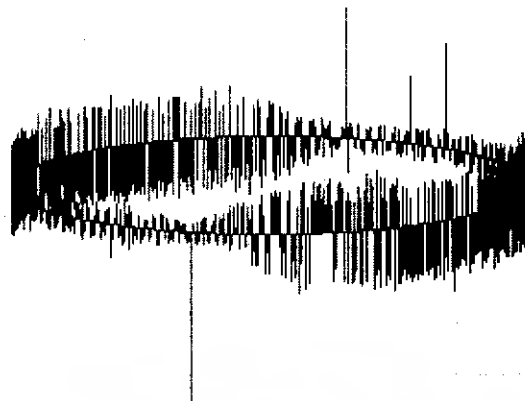
รูปที่ 4.113 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73.5 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 3.08 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.58 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

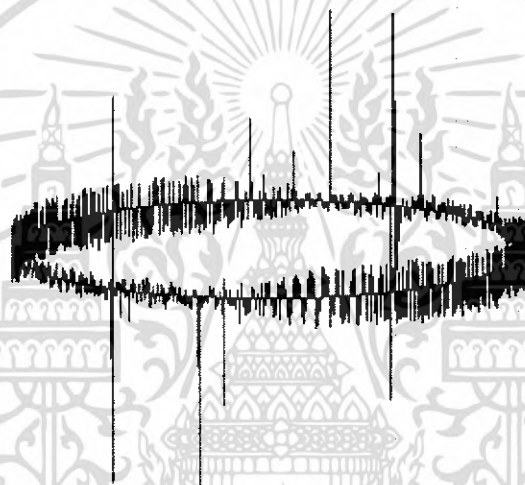


รูปที่ 4.114 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.08 kV ค่าดีสชาร์จ 2.58 pC ที่มุม 115-150, 305, 325 องศา

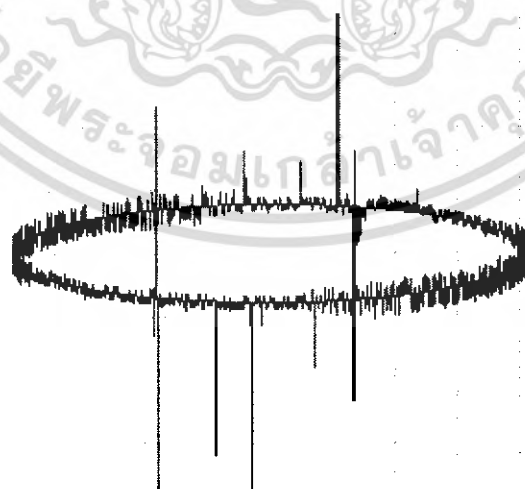
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.115 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.24 kV ค่าดีสชาร์จ 2.70 pC ที่มุม 120-150,300 องศา



รูปที่ 4.116 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.63 kV ค่าดีสชาร์จ 5.91 pC ที่มุม 85-145,290-330 องศา

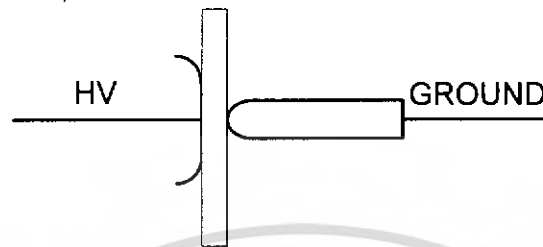


รูปที่ 4.117 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.67 kV ค่าดีสชาร์จ 11.05 pC ที่มุม 80-130,270-315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

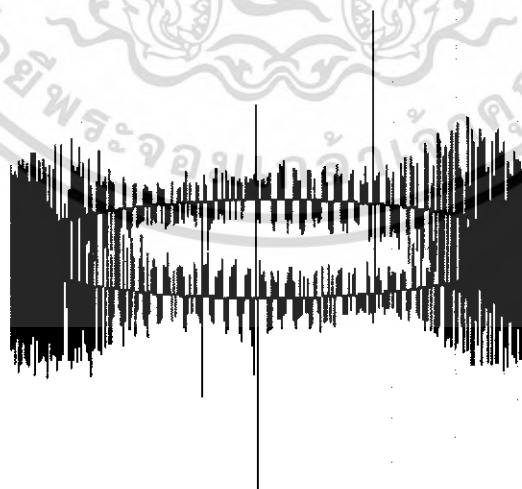
4.2.5.10. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Rod(หัวมน) ที่ฉนวนหนา 1 cm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Rod(หัวมน) ป้อนแรงดันทางด้าน Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 1 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



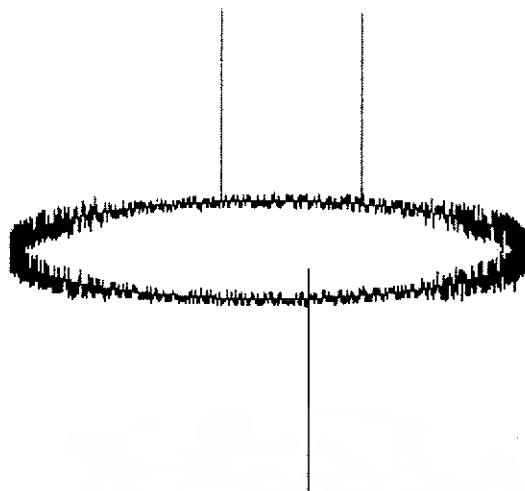
รูปที่ 4.118 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73.5 %
 - 5.4 Background Noise 0.98 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 2.57 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.33 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

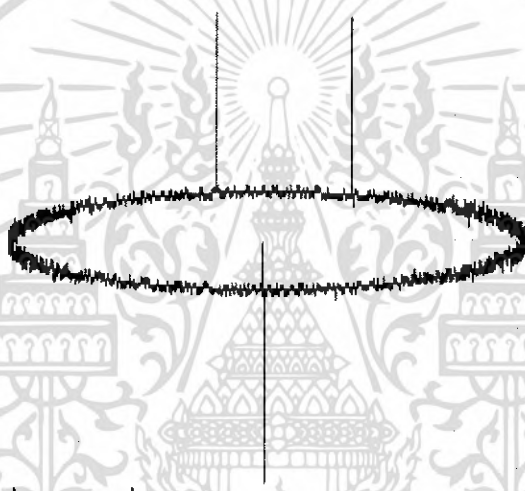


รูปที่ 4.119 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.57 kV ค่าดิสชาร์จ 2.33 pC ที่มุม 70-130, 270 องศา

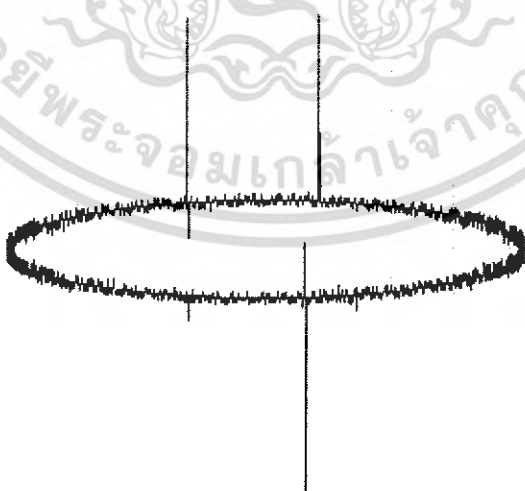
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.120 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.58 kV ค่าดีสชาร์จ 9.83 pC ที่มุม 75,125,255 องศา



รูปที่ 4.121 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.59 kV ค่าดีสชาร์จ 18.95 pC ที่มุม 70,120,270 องศา



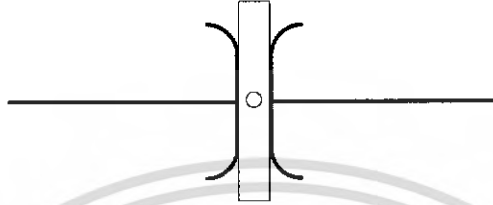
รูปที่ 4.122 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.62 kV ค่าดีสชาร์จ 36.86 pC ที่มุม 60,110,255 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 ผลการทดสอบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนแบบดีสชาร์จภายใน

4.2.6.1. การทดสอบดีสชาร์จภายในแบบ Single void ขนาด 4 mm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนไข่อคิลิค หนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



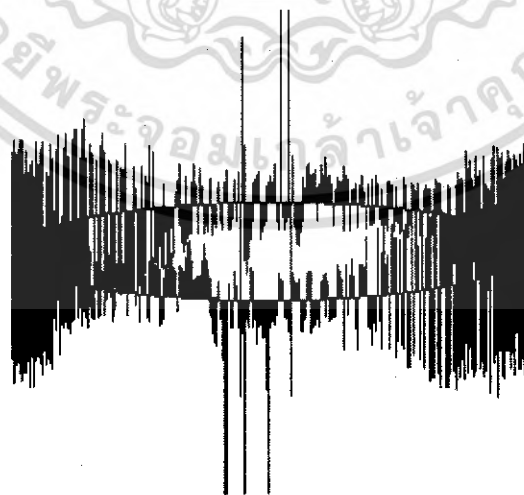
รูปที่ 4.123 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 74 %
- 5.4 Background Noise 1.10 pC
- 5.5 Scale Factor 100

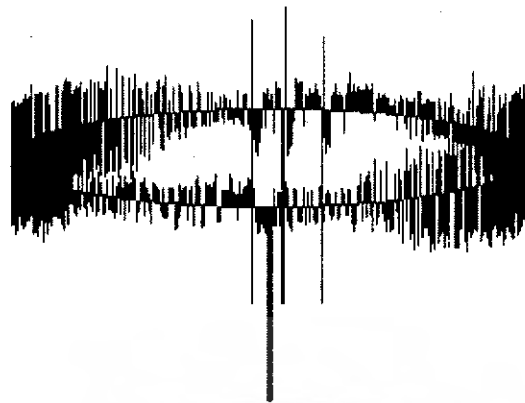
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 11.09 kV
- 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.87 pC
- 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 และ 270 องศา
- 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

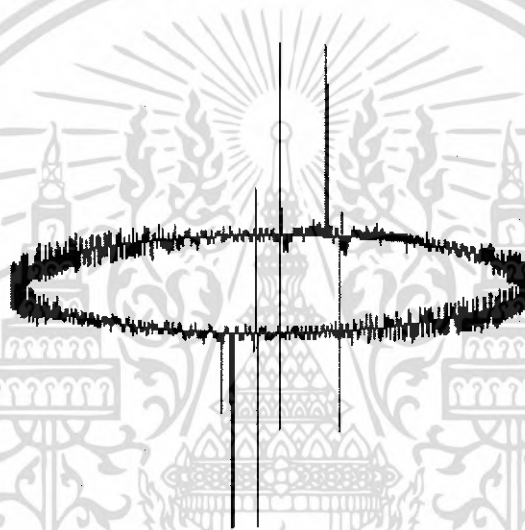


รูปที่ 4.124 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.09 kV ค่าดีสชาร์จ 2.87 pC ที่มุม 80-100, 270-290 องศา

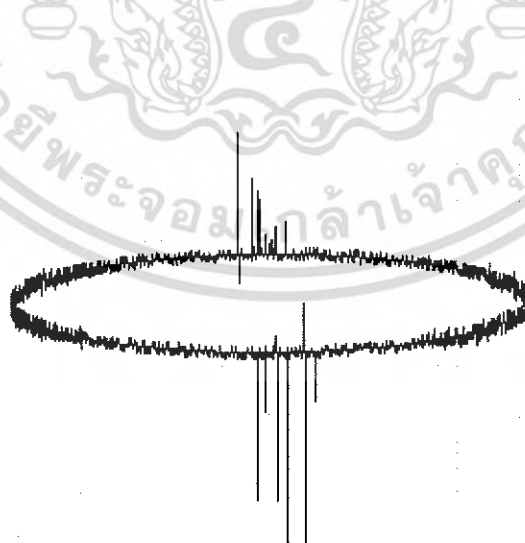
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.125 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.14 kV ค่าดีสชาร์จ 5.59 pC ที่มุม 80-110,270 องศา



รูปที่ 4.126 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรงดัน 11.22 kV ค่าดีสชาร์จ 11.06 pC ที่มุม 80-120,275-290 องศา

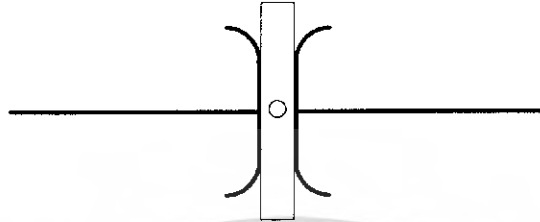


รูปที่ 4.127 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.25 kV ค่าดีสชาร์จ 20.79 pC ที่มุม 75-100,250-275 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.2. การทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Single void ขนาด 5 mm.

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนใช้ออกิลิก หนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



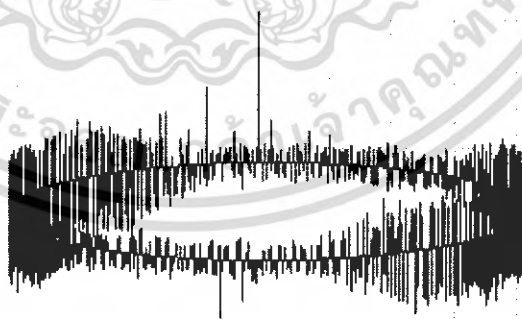
รูปที่ 4.128 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 74 %
- 5.4 Background Noise 1.10 pC
- 5.5 Scale Factor 100

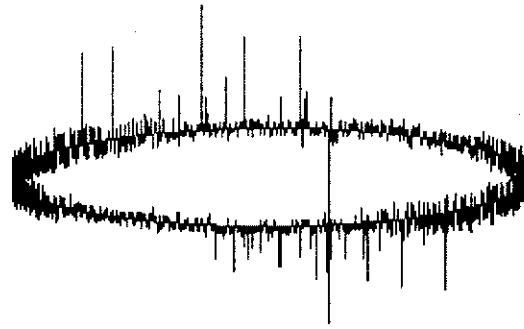
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 8.96 kV
- 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.72 pC
- 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
- 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

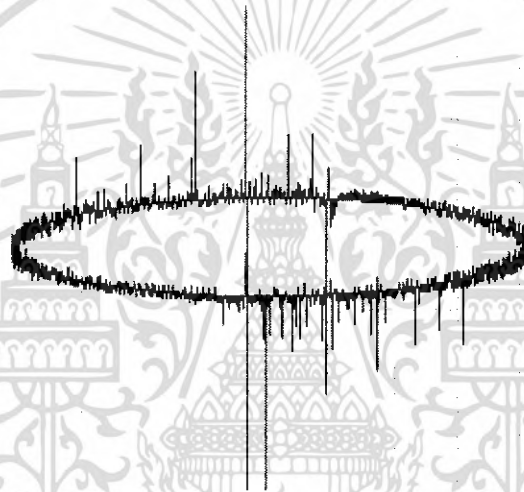


รูปที่ 4.129 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.96 kV ค่าดิสชาร์จ 2.72 pC ที่มุม 70-90, 280-290 องศา

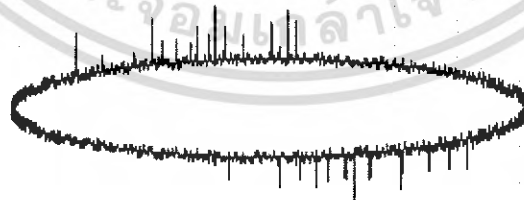
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.130 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.95 kV ค่าดีสชาร์จ 7.07 pC ที่มุม 20-110, 210-270 องศา



รูปที่ 4.131 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.57 kV ค่าดีสชาร์จ 13.58 pC ที่มุม 20-110, 200-280 องศา

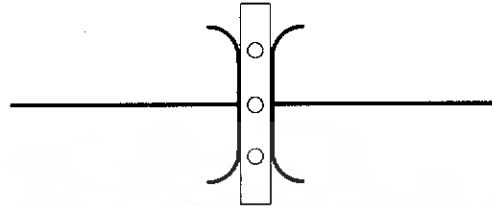


รูปที่ 4.132 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.77 kV ค่าดีสชาร์จ 49.18 pC ที่มุม 20-105, 200-265 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.3. การทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Multi void จำนวน 3 โพรง

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 3 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



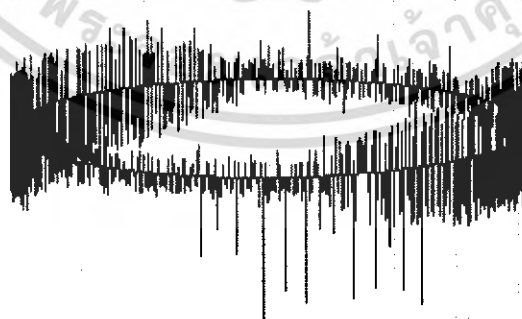
รูปที่ 4.133 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.5 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73 %
- 5.4 Background Noise 1.10 pC
- 5.5 Scale Factor 100

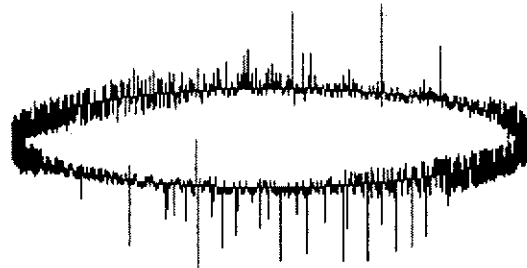
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 7.18 kV
- 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.95 pC
- 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 และ 270 องศา
- 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

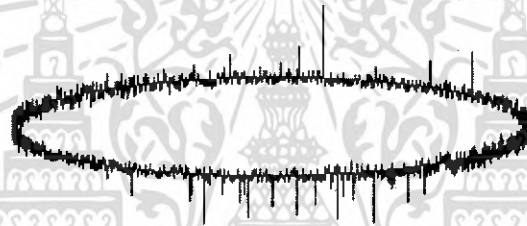


รูปที่ 4.134 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.18 kV ค่าดิสชาร์จ 2.95 pC ที่มุม 110-160, 215-290 องศา

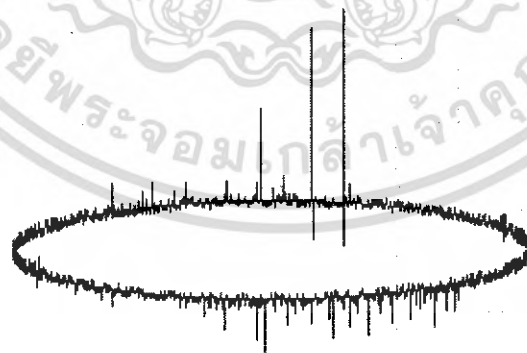
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.135 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.34 kV ค่าดีสชาร์จ 9.73 pC ที่มุม 100-150, 210-310 องศา



รูปที่ 4.136 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.42 kV ค่าดีสชาร์จ 16.72 pC ที่มุม 100-160, 210-310 องศา

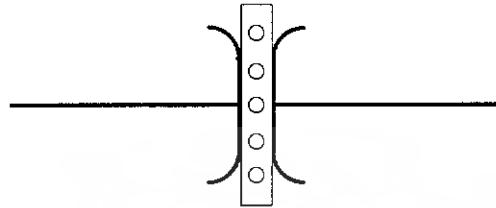


รูปที่ 4.137 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.98 kV ค่าดีสชาร์จ 29.33 pC ที่มุม 85-120, 200-290 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.4. การทดสอบดีสชาร์จภายในแบบ Multivoid จำนวน 5 โฟรง

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 5 โฟรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.138 ตัวอย่างวงจรถ่ายที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท

5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.5 องศาเซลเซียส

5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73 %

5.4 Background Noise 1.10 pC

5.5 Scale Factor 100

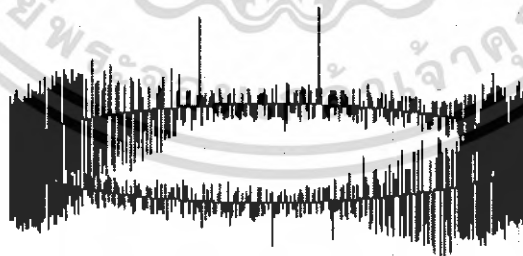
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน

6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 8.88 kV

6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.04 pC

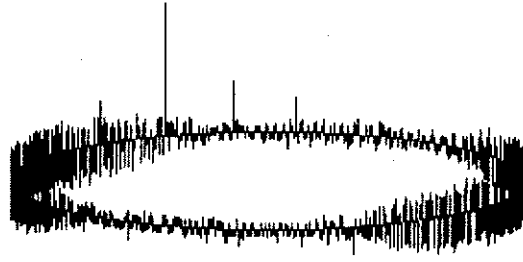
6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา

6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

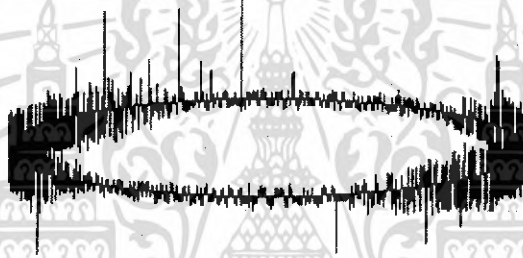


รูปที่ 4.139 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.88 kV ค่าดีสชาร์จ 3.04 pC ที่มุม 115, 130, 250, 270 องศา

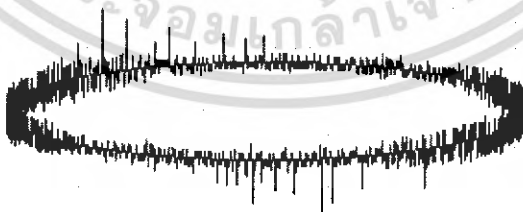
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.140 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.61 kV ค่าดีสชาร์จ 5.25 pC ที่มุม 60,75,100 องศา



รูปที่ 4.141 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.86 kV ค่าดีสชาร์จ 4.27 pC ที่มุม 30-80,200-255 องศา

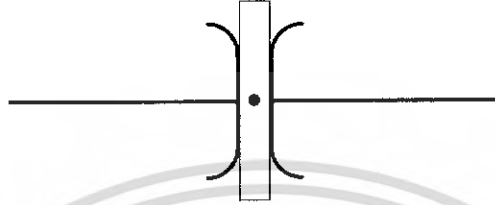


รูปที่ 4.142 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.50 kV ค่าดีสชาร์จ 8.08 pC ที่มุม 25-90,210-290 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.5. การทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Single void ที่มีโลหะอยู่ในเนื้อฉนวน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีเศษทองแดงในโพรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



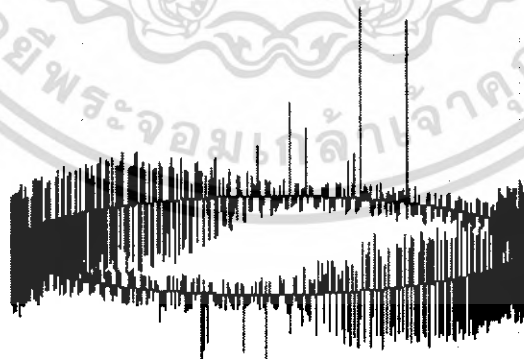
รูปที่ 4.143 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.5 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 73 %
- 5.4 Background Noise 1.10 pC
- 5.5 Scale Factor 100

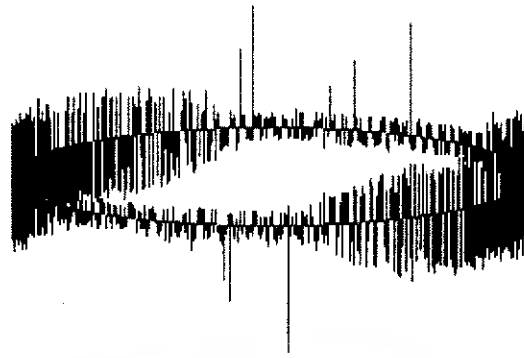
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 6.70 kV
- 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.08 pC
- 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 และ 270 องศา
- 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

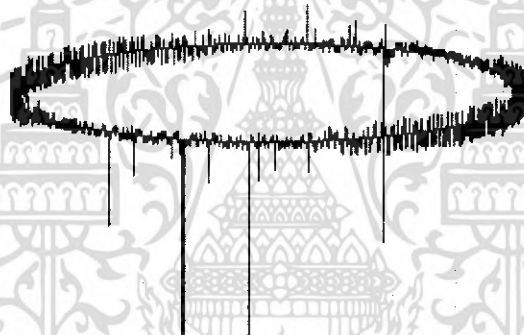


รูปที่ 4.144 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.70 kV ค่าดิสชาร์จ 3.08 pC ที่มุม 85-140, 270-300 องศา

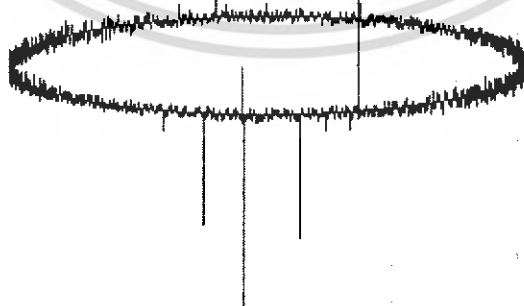
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.145 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.72 kV ค่าดีสชาร์จ 5.64 pC ที่มุม 80-140, 265-280 องศา



รูปที่ 4.146 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.27 kV ค่าดีสชาร์จ 10.77 pC ที่มุม 80-130, 270-330 องศา



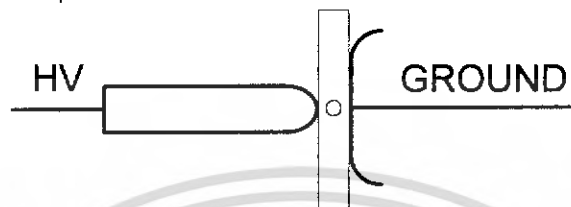
รูปที่ 4.147 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.30 kV ค่าดีสชาร์จ 19.40 pC ที่มุม 120, 265-290 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 ผลการทดสอบการเกิดดิซชาร์จแบบผสม

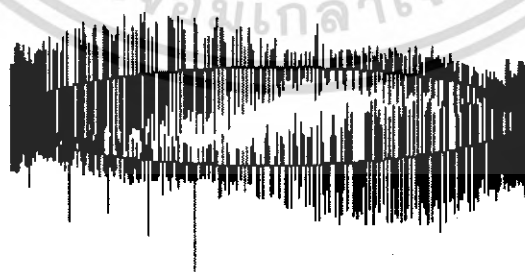
4.2.7.1. การทดสอบการเกิดดิซชาร์จตามผิวกับดิซชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod(หัวมน)-Plate ป้อนแรงดันด้าน Rod
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



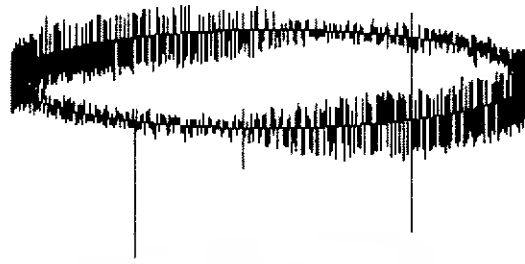
รูปที่ 4.148 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72.7 %
 - 5.4 Background Noise 1.03 pC
 - 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิซชาร์จ 3.80 kV
 - 6.2 ค่าดิซชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.95 pC
 - 6.3 ดิซชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิซชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

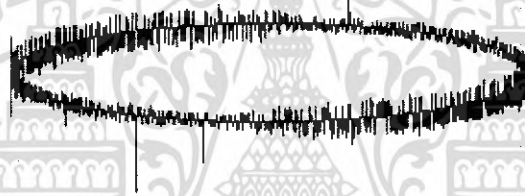


รูปที่ 4.149 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.80 kV ค่าดิซชาร์จ 2.95 pC ที่มุม 300-340 องศา

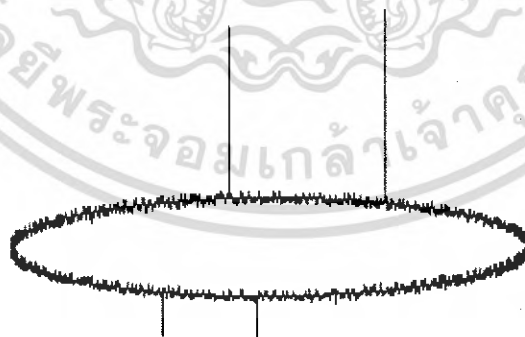
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.150 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.86 kV ค่าดีสชาร์จ 5.30 pC ที่มุม 140,280,320 องศา



รูปที่ 4.151 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.30 kV ค่าดีสชาร์จ 10.17 pC ที่มุม 120,290,320 องศา

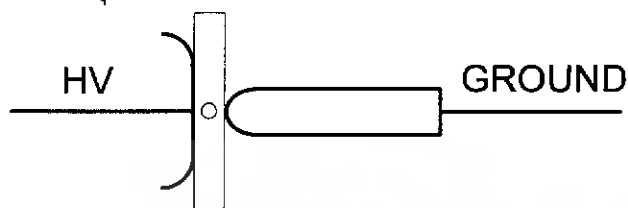


รูปที่ 4.152 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 36.00 pC ที่มุม 75,130,275,310 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

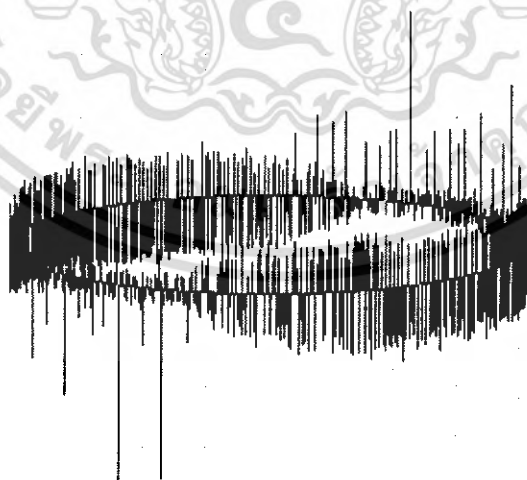
4.2.7.2. การทดสอบการเกิดดีสชาร์จตามผิวกับดีสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod(หัวมน)-Plate บ้อนแรงดันด้าน Plate
2. ฉนวนไข่อคิลิก หน้า 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



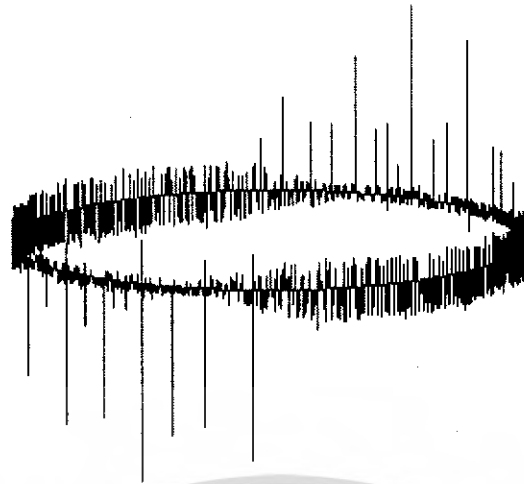
รูปที่ 4.153 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72.7 %
 - 5.4 Background Noise 1.03 pC
 - 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 3.30 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.00 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

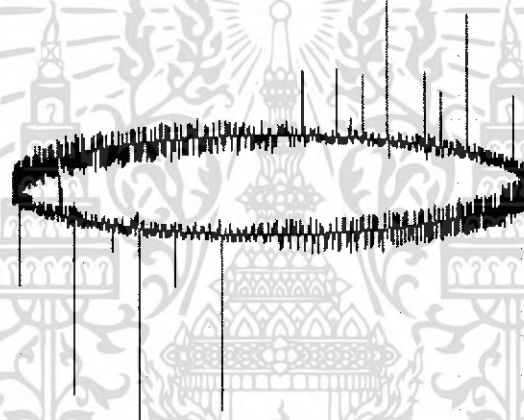


รูปที่ 4.154 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.30 kV ค่าดีสชาร์จ 3.00 pC ที่มุม 100-180, 300-350 องศา

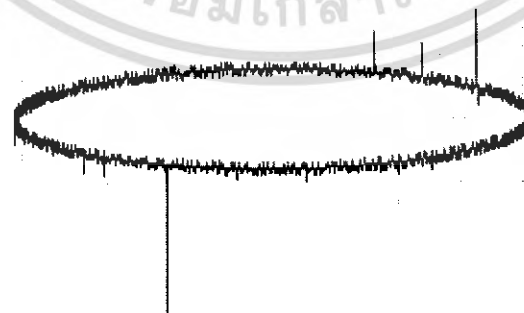
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.155 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.37 kV ค่าดีสชาร์จ 5.87 pC ที่มุม 85-180,280-350 องศา



รูปที่ 4.156 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.43 kV ค่าดีสชาร์จ 11.03 pC ที่มุม 105-180,290-360 องศา

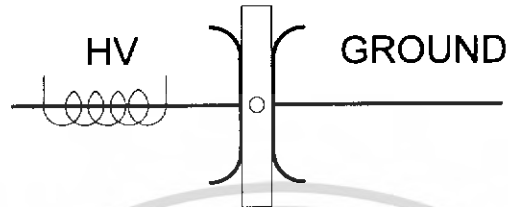


รูปที่ 4.157 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.97 kV ค่าดีสชาร์จ 35.72 pC ที่มุม 125-160,210 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7.3 การทดสอบการเกิดโคโรนากับดีสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate(พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนใส่อคิลิค หนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



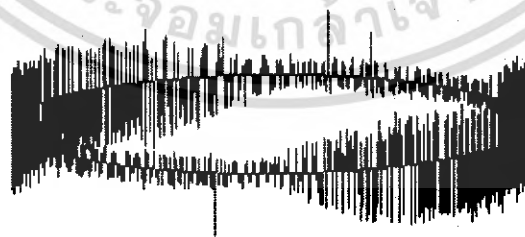
รูปที่ 4.158 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72.7 %
- 5.4 Background Noise 1.03 pC
- 5.5 Scale Factor 100

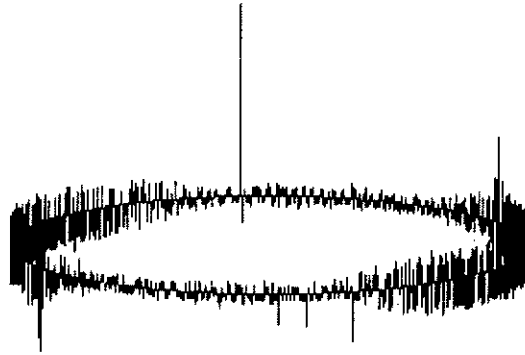
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน

- 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 6.77 kV
- 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.81 pC
- 6.3 ดีสชาร์จเกิดในช่วงมุม 90 และ 270 องศา
- 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

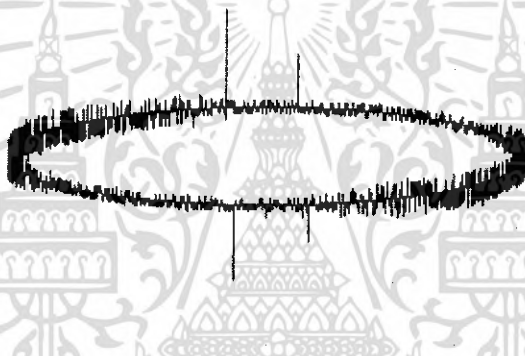


รูปที่ 4.159 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.77 kV ค่าดีสชาร์จ 2.81 pC ที่มุม 110, 130, 295 องศา

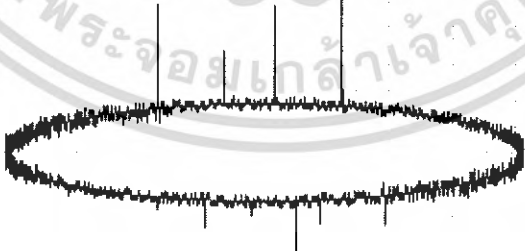
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.160 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.19 kV ค่าดีสชาร์จ 5.39 pC ที่มุม 80,240-270 องศา



รูปที่ 4.161 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.26 kV ค่าดีสชาร์จ 7.19 pC ที่มุม 75,105,255,280 องศา

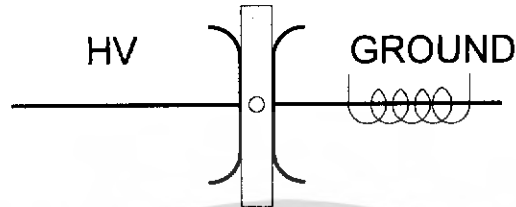


รูปที่ 4.162 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.77 kV ค่าดีสชาร์จ 19.80 pC ที่มุม 50-120,235-295 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

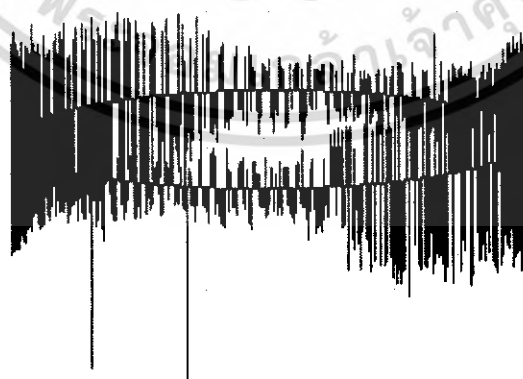
4.2.7.4. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดิสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate(พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวนด์
2. ฉนวนใช้อ็อกซิลิค หนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



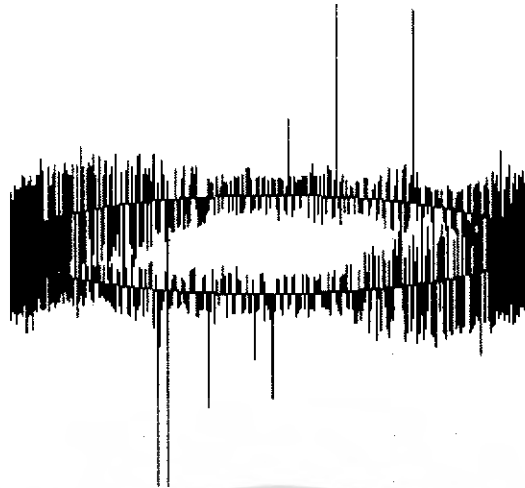
รูปที่ 4.163 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26.7 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 72.7 %
 - 5.4 Background Noise 1.03 pC
 - 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 6.70 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.01 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

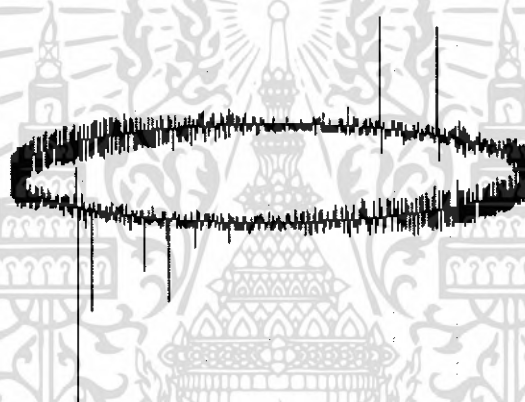


รูปที่ 4.164 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.70 kV ค่าดิสชาร์จ 3.01 pC ที่มุม 300, 330 องศา

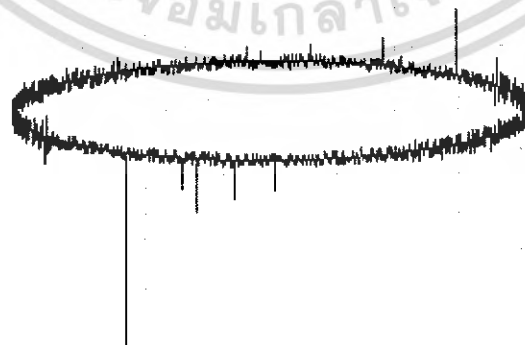
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.165 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.18 kV ค่าดีสชาร์จ 5.81 pC ที่มุม 95-145, 270-310 องศา



รูปที่ 4.166 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.22 kV ค่าดีสชาร์จ 11.13 pC ที่มุม 130-150, 300-340 องศา

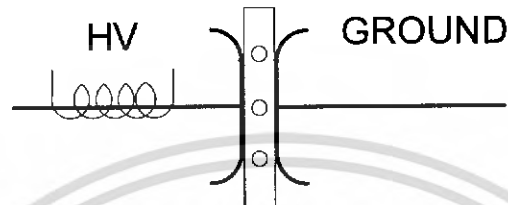


รูปที่ 4.167 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.28 kV ค่าดีสชาร์จ 20.59 pC ที่มุม 130, 155, 270-320 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7.5. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดิสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate(พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนใช้ออกซิคลีหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 3 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



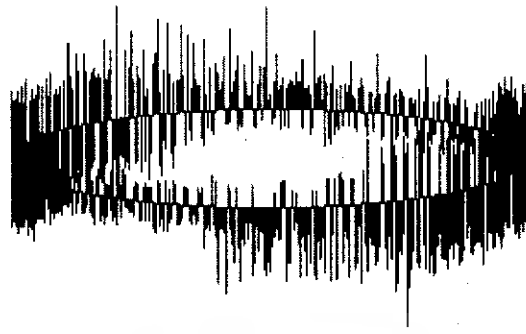
รูปที่ 4.168 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 75.3 %
 - 5.4 Background Noise 1.12 pC
 - 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 7.76 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.13 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

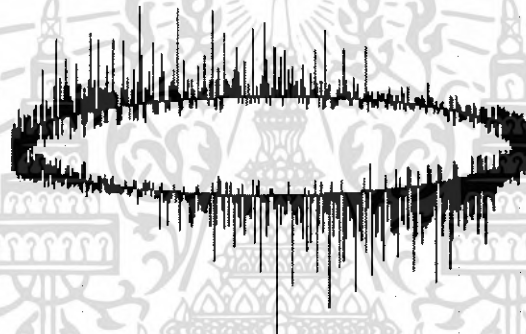


รูปที่ 4.169 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.76 kV ค่าดิสชาร์จ 3.13 pC ที่มุม 30-110, 210-270 องศา

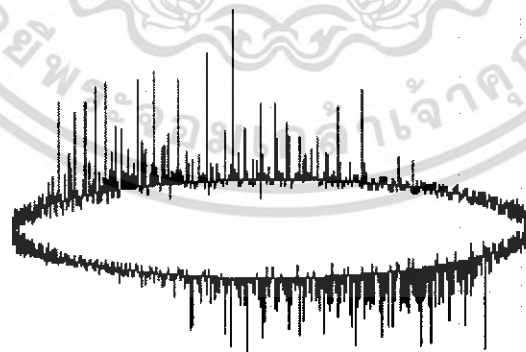
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.170 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.23 kV ค่าดีสชาร์จ 5.51 pC ที่มุม 20-110, 195-295 องศา



รูปที่ 4.171 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.81 kV ค่าดีสชาร์จ 9.95 pC ที่มุม 10-125, 195-295 องศา

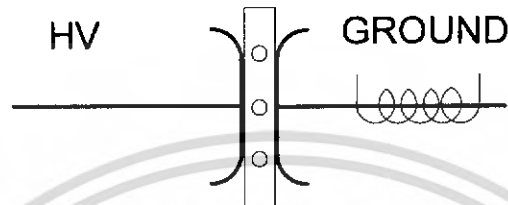


รูปที่ 4.172 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.93 kV ค่าดีสชาร์จ 15.90 pC ที่มุม 15-120, 195-300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

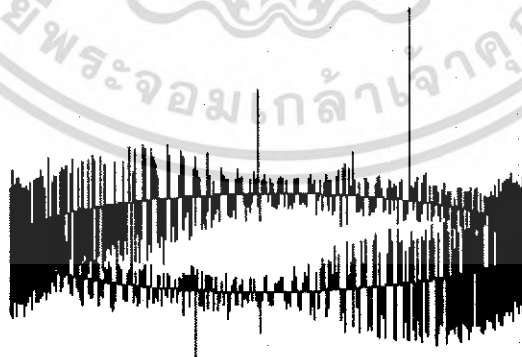
4.2.7.6. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดีสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate(พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวนด์
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 3 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



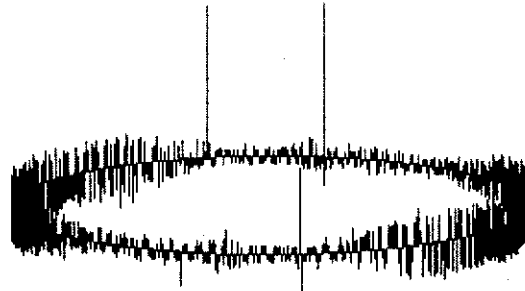
รูปที่ 4.173 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 75.3 %
 - 5.4 Background Noise 1.12 pC
 - 5.5 Scale Factor 100
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 8.78 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 4.67 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดในช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ



รูปที่ 4.174 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.78 kV ค่าดีสชาร์จ 4.67 pC ที่มุม 90, 145, 270, 300 องศา

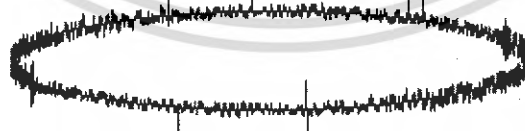
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.175 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.33 kV ค่าดีสชาร์จ 5.07 pC ที่มุม 70,110,255 องศา



รูปที่ 4.176 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.48 kV ค่าดีสชาร์จ 9.78 pC ที่มุม 60,105,135,340 องศา

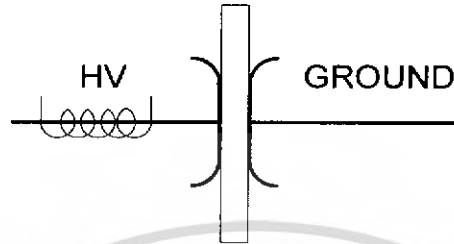


รูปที่ 4.177 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.05 kV ค่าดีสชาร์จ 16.79 pC ที่มุม 80,145,255,300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

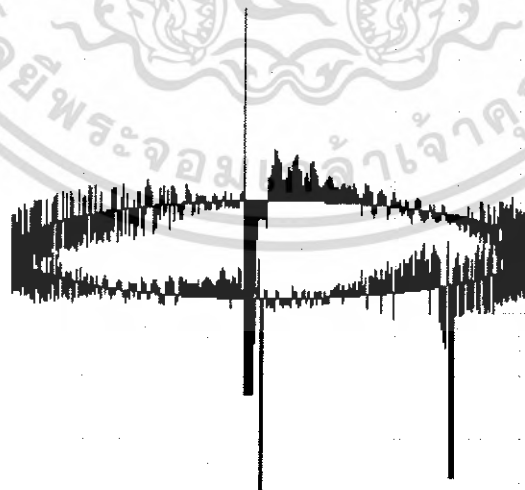
4.2.7.7. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดีสชาร์จตามผิว

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



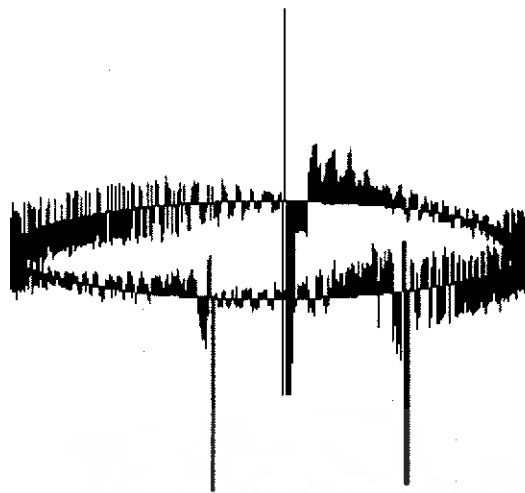
รูปที่ 4.178 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 76%
 - 5.4 Background Noise 0.99 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
6. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 7.15 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 5.66 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 90 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

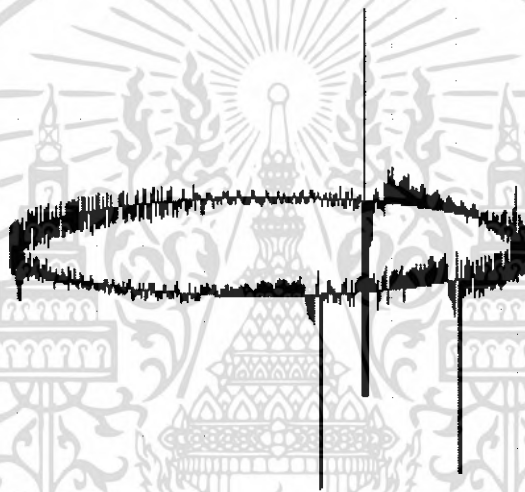


รูปที่ 4.179 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.15 kV ค่าดีสชาร์จ 5.66 pC ที่มุม 80-90, 200, 270 องศา

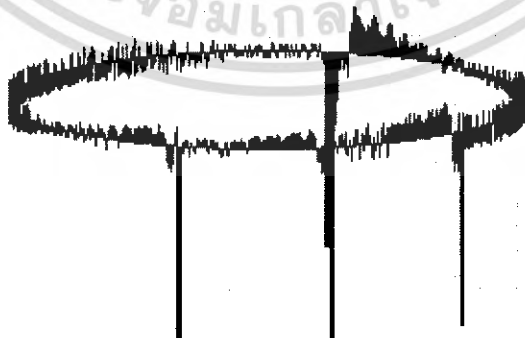
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.180 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.19 kV ค่าดีสชาร์จ 5.73 pC ที่มุม 95-100,220,290 องศา



รูปที่ 4.181 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.55 kV ค่าดีสชาร์จ 10.11 pC ที่มุม 125,200,250 องศา

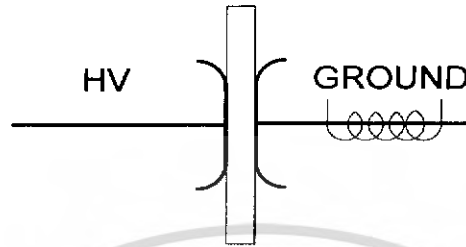


รูปที่ 4.182 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.75 kV ค่าดีสชาร์จ 10.37 pC ที่มุม 100,200,250,300 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

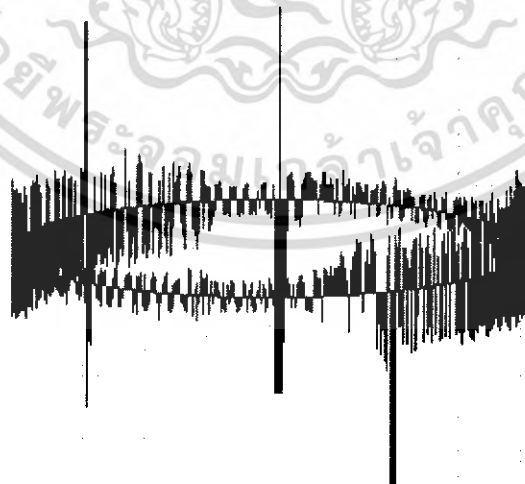
4.2.7.8. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดีสชาร์จตามผิว

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวนด์
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm.
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



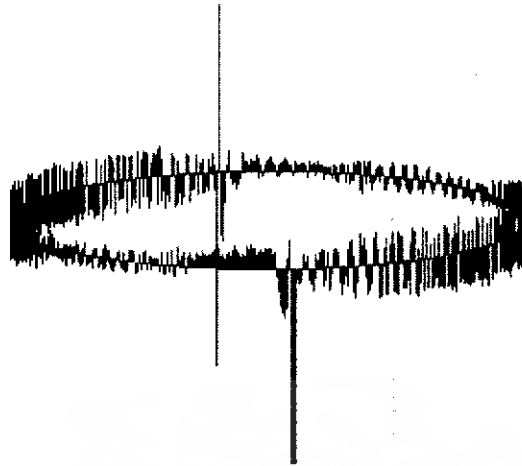
รูปที่ 4.183 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ
 - 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
 - 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
 - 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 76%
 - 5.4 Background Noise 0.99 pC
 - 5.5 Scale Factor 99.9
- 6 ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดีสชาร์จ 6.60 kV
 - 6.2 ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 3.24 pC
 - 6.3 ดีสชาร์จเกิดที่ช่วงมุม 0-90 และ 180-270 องศา
 - 6.4 การดีสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

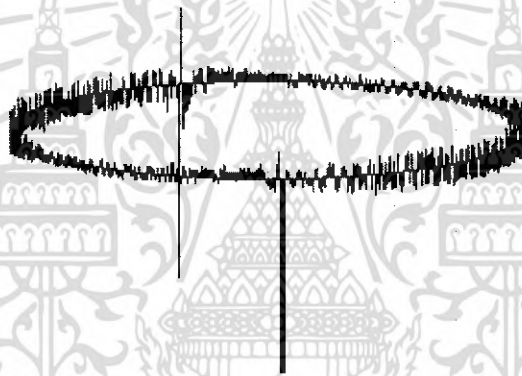


รูปที่ 4.184 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.60 kV ค่าดีสชาร์จ 3.24 pC ที่มุม 25,90,225 องศา

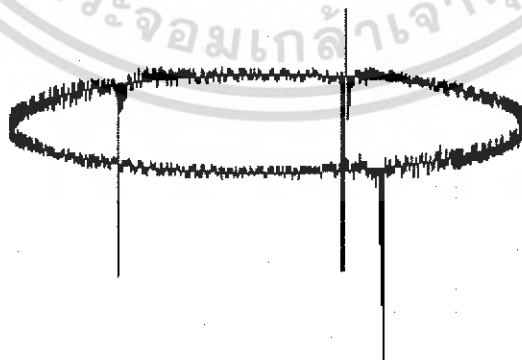
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.185 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ ที่แรงดัน 6.61 kV ค่าดีสชาร์จ 5.97 pC ที่มุม 70,260 องศา



รูปที่ 4.186 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ ที่แรงดัน 6.62 kV ค่าดีสชาร์จ 11.23 pC ที่มุม 60,265 องศา

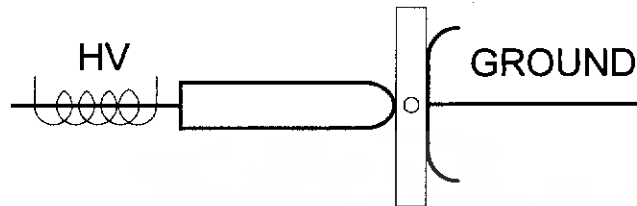


รูปที่ 4.187 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ ที่แรงดัน 6.65 kV ค่าดีสชาร์จ 21.26 pC ที่มุม 40,120,230 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7.9. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดิสชาร์จตามผิวและดิสชาร์จภายใน

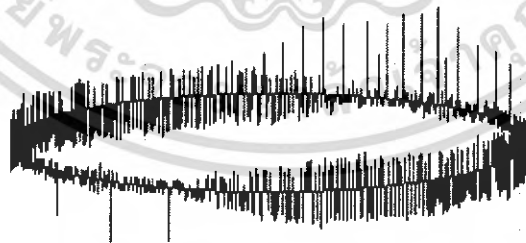
1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Rod(หัวมน) ทำการพันลวดต้านRodแล้วมีอนแรงดัน
2. ฉนวนใช้ออกซิคลีหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.188 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

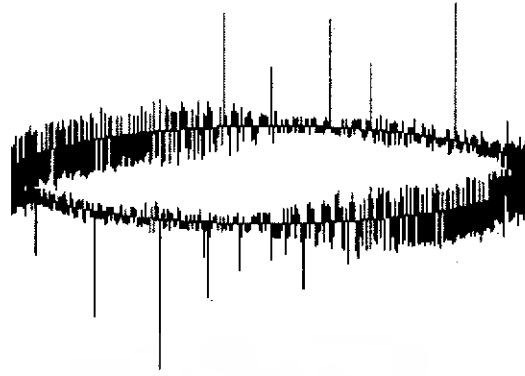
5. การทดสอบ

- 5.1 ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท
- 5.2 อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส
- 5.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 75.3 %
- 5.4 Background Noise 1.12 pC
- 5.5 Scale Factor 100
- 6 ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
 - 6.1 แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 3.14 kV
 - 6.2 ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.56 pC
 - 6.3 ดิสชาร์จเกิดในช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา
 - 6.4 การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

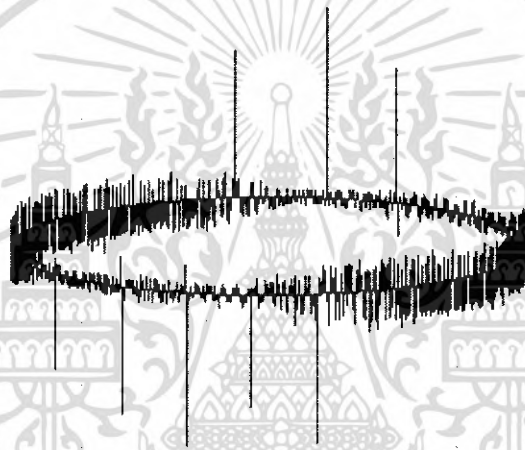


รูปที่ 4.189 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.14 kV ค่าดิสชาร์จ 2.56 pC ที่มุม90-180,310-345องศา

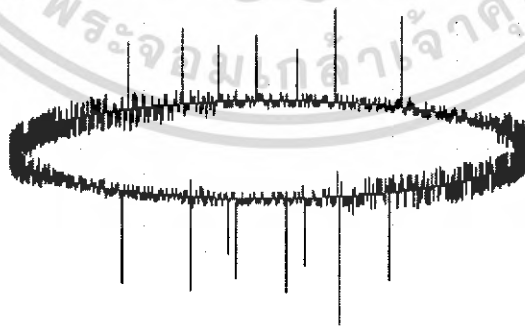
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.190 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.27 kV ค่าดีสชาร์จ 3.78 pC ที่มุม 70-160, 260-355 องศา



รูปที่ 4.191 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.47 kV ค่าดีสชาร์จ 4.50 pC ที่มุม 80-135, 250-350 องศา

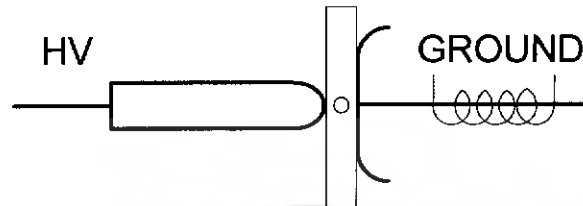


รูปที่ 4.192 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.88 kV ค่าดีสชาร์จ 9.24 pC ที่มุม 40-140, 225-325 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7.10. การทดสอบการเกิดโคโรนากับดิสชาร์จตามผิวและดิสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Rod(หัวมน) ทำการพันลวดด้านRodลงกราวนด์
2. ฉนวนใช้ออกิลิคหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
4. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.193 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบ

5. การทดสอบ

ความดันบรรยากาศ 759 มิลลิเมตรปรอท

อุณหภูมิแวดล้อม 26 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 75.3 %

Background Noise 1.12 pC

Scale Factor 100

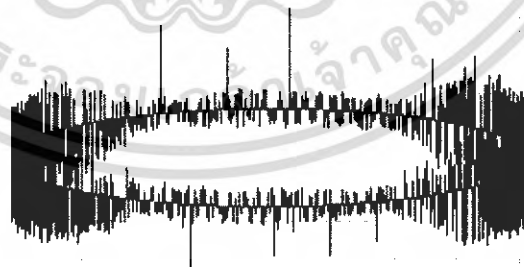
6. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

แรงดันเริ่มเกิดดิสชาร์จ 2.62 kV

ค่าดิสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิด 2.91 pC

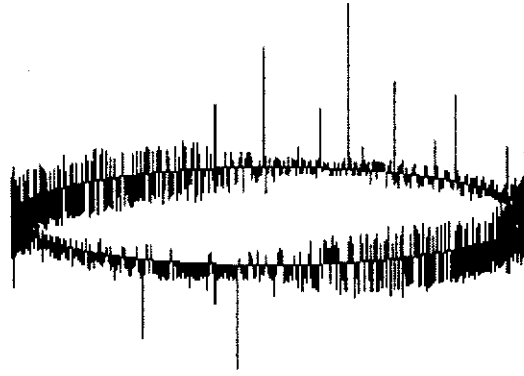
ดิสชาร์จเกิดในช่วงมุม 90-180 และ 270-360 องศา

การดิสชาร์จเกิดที่มุมบวกและลบ

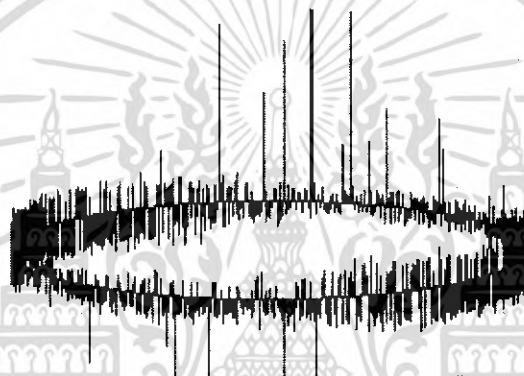


รูปที่ 4.194 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.62 kV ค่าดิสชาร์จ 2.91 pC ที่มุม 50-95, 230-300 องศา

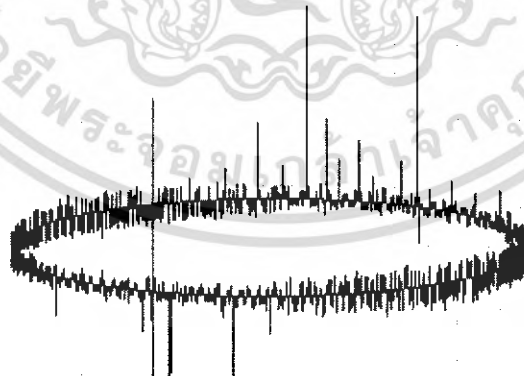
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.195 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.62 kV ค่าดีสชาร์จ 3.49 pC ที่มุม 70-160, 280-315 องศา



รูปที่ 4.196 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.24 kV ค่าดีสชาร์จ 4.12 pC ที่มุม 70-150, 255-330 องศา


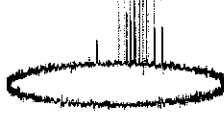
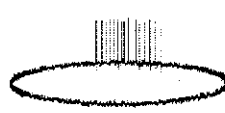



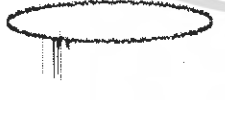




รูปที่ 4.197 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 8.20 pC ที่มุม 85-145, 270-315 องศา


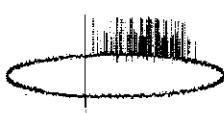

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.3.1 สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นในการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา

ชนิดของการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น		
	1 cm	2 cm	4 cm
1.Rod(หัวมน) HV -Rod(หัวแหลม) ground	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 6.95 kV ค่าดิสชาร์จ 53.47 pC ที่มุม 90-150 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 9.77 kV ค่าดิสชาร์จ 17.63 pC ที่มุม 90-130 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 14.19 kV ค่าดิสชาร์จ 30.72 pC ที่มุม 75- 125 องศา
2. Rod(หัวมน) ground - Rod(หัวแหลม) HV	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97kV ค่าดิสชาร์จ 56.55 pC ที่มุม 260- 340 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 6.44 kV ค่าดิสชาร์จ 14.73 pC ที่มุม 250-330 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 7.50 kV ค่าดิสชาร์จ 29.90 pC ที่มุม 250-300 องศา
3.Rod(หัวแหลม) HV - Plate ground	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ที่แรงดัน 3.61 kV ค่าดิสชาร์จ 56.58 pC ที่มุม 310-330 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 5.44 kV ค่าดิสชาร์จ 76.35 pC ที่มุม 290-330 องศา	 รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 7.16 kV ค่าดิสชาร์จ 31.68 pC ที่มุม 250-330 องศา


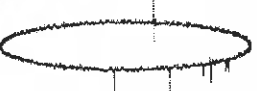
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.Rod(หัวแหลม) ground – Plate HV	 <p>รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 4.7 kV ค่าดีสชาร์จ 108.78 pC ที่มุม 90- 160 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 5.97 kV ค่าดีสชาร์จ 116.41 pC ที่มุม 90- 150 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่น อิลิปส์ ที่แรงดัน 8.76 kV ค่าดีสชาร์จ 26.22 pC ที่มุม 80-135 องศา</p>
---	---	--	--

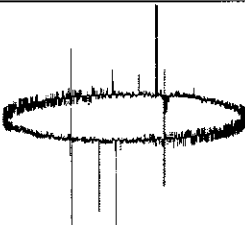
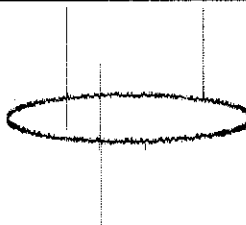
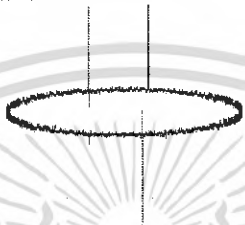
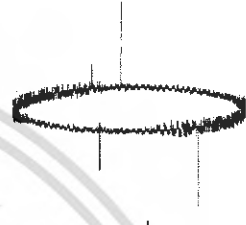
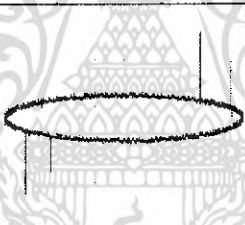

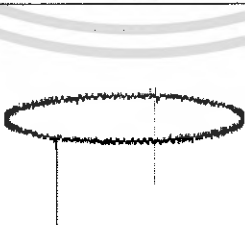
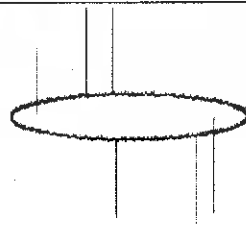
ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดมีค่ามากขึ้นค่าของโคโรนาดีสชาร์จที่เกิดขึ้นจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยแต่ค่าของมุมที่เกิดขึ้นบนรูปสัญญาณจะมีค่าน้อยลงโดยจากการทดลองสามารถเรียงค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและค่าของมุมที่เกิดขึ้นจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Rod(หัวมน)[HV] – Rod(หัวแหลม)[ground], Rod(หัวมน)[ground] – Rod(หัวแหลม)[HV], Rod(หัวแหลม)[ground] – Plate[HV], Rod(หัวแหลม)[HV] – Plate[ground] ตามลำดับ

4.3.2 สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นในการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบตามผิว

ชนิดของการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น	
	1 cm	2 cm
1.Plate – Plate	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรง ดัน 7.62 kV ค่าดีสชาร์จ38.58 มุม 120-145,300 องศา</p>	 <p>รูป PDบนรูปคลื่นอิลิปส์ที่แรง ดัน 15.93 kV ค่าดีสชาร์จ 296.36 pC ที่มุม115,240,280 องศา</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

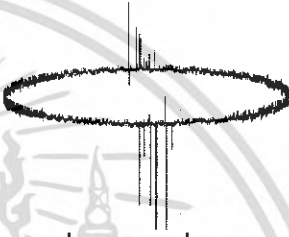
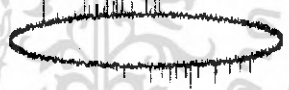
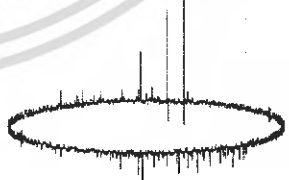
2.Rod(HV) – Plate(ground)	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.67 kV ค่าดีสชาร์จ 11.05 pC ที่มุม 80-130, 270-315 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.45 kV ค่าดีสชาร์จ 74.52 pC ที่มุม 40, 145, 295</p>
3.Rod(ground) – Plate (HV)	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 2.59 kV ค่าดีสชาร์จ 36.86 pC ที่มุม 60, 110, 255 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.72 kV ค่าดีสชาร์จ 11.03 pC ที่มุม 60, 80, 220, 290</p>
4.Sphere(HV)-Plate(ground)	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.27 kV ค่าดีสชาร์จ 38.10 pC ที่มุม 150, 170, 335, 345 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 9.87 kV ค่าดีสชาร์จ 77.53 pC ที่มุม 100-120, 235-280</p>
5.Sphere(ground)-Plate(HV)	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 5.40 kV ค่าดีสชาร์จ 20.66 pC ที่มุม 110, 325 องศา</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.34 kV ค่าดีสชาร์จ 254 pC ที่มุม 60, 75, 220, 280 องศา</p>

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบตามผิว


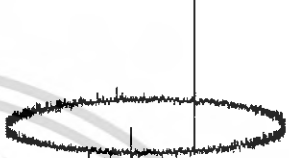
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาของฉนวนมีค่าเพิ่มมากขึ้นค่าของการดีสชาร์จบางส่วนตามผิวจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วยแต่ค่าของมุมที่เกิดขึ้นบนรูปสัญญาณจะมีค่าน้อยลง โดยสามารถเรียงค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและมุมที่เกิดขึ้นจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Plate – Plate, Sphere[ground] – Plate[HV], Sphere[HV] – Plate[ground] , Rod(หัวมน)[ground] – Plate[HV] , Rod(หัวมน)[HV] – Plate[ground] ตามลำดับ

4.3.3 สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นในการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบภายใน

ชนิดการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น
1. ฉนวนไอซอลติก หนา 2 cm. มีโพรงอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm. จำนวน 1 โพรง	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 11.09 kV ค่าดีสชาร์จ 20.79 pC ที่มุม 75-100, 250-275</p>
2. ฉนวนไอซอลติก หนา 2 cm. มีโพรงอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.77 kV ค่าดีสชาร์จ 49.18 pC ที่มุม 20-105, 200-265</p>
3. ฉนวนไอซอลติก หนา 2 cm. มีโพรงอากาศ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 3 โพรง	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.98 kV ค่าดีสชาร์จ 29.33 pC ที่มุม 85-120, 200-290</p>

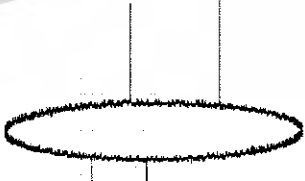
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>4. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 5 โพรง</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 12.50 kV ค่าดีสชาร์จ 8.08 pC ที่มุม 25-90, 210-290</p>
<p>5. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีเศษทองแดงในโพรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 1 โพรง</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.27 kV ค่าดีสชาร์จ 19.40 pC ที่มุม 120, 265-290</p>


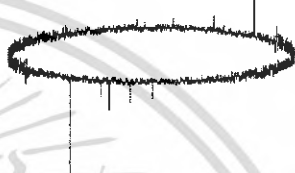
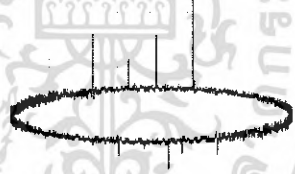
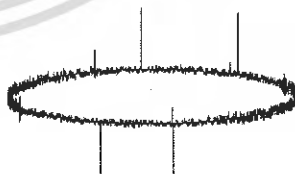
ตารางที่ 4.7 สรุปผลการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบภายใน

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและค่าของมุมของการเกิดดีสชาร์จภายใน (Internal Discharge) สามารถเรียงค่าแรงดันเริ่มเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Single Void (4 mm), Single Void (5 mm), Multi Void (3 void), Multi Void (5 void), Single Void ภายใน Void ใส่ Copper ตามลำดับ

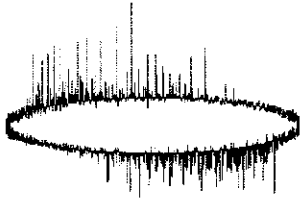
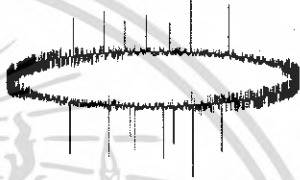
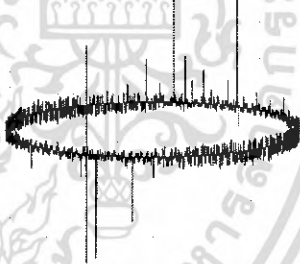

4.3.3 สรุปผลการทดลองที่เกิดขึ้นในการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบผสม

ชนิดของการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น
<p>1. Surface + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ Rod หัวมน Plate-Rod [HV]</p>	 <p>รูปที่ 4.155 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 36.00 pC ที่มุม 75, 130, 275, 310 องศา</p>

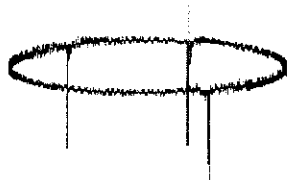
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>2. Surface + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ Rod หัวมน Plate[HV] -Rod</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 3.97 kV ค่าดีสชาร์จ 35.72 pC ที่มุม 125-160, 210 องศา</p>
<p>3. Corona + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดง Single Void 5 mm. ลวดลง ground</p>	 <p>รูปที่ 4.170 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.22 kV ค่าดีสชาร์จ 20.59 pC ที่มุม 130, 155, 270-320 องศา</p>
<p>4. Corona + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดง Single Void 5 mm. ลวดลง HV</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.77 kV ค่าดีสชาร์จ 19.80 pC ที่มุม 50-120, 235-295 องศา</p>
<p>5. Corona + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 3 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดง Multi Void (3 void) ลวดลง ground</p>	 <p>รูปที่ 4.180 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 10.05 kV ค่าดีสชาร์จ 16.79 pC ที่มุม 80, 145, 255, 300 องศา</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>6. Corona + Internal โดยใช้ Internal แบบ Single Void 3 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดงMulti Void (3 void) ลวดลง HV</p>	 <p>รูปที่ 4.175 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 8.93 kV ค่าดีสชาร์จ 15.90 pC ที่มุม 15-120, 195-300องศา</p>
<p>7. Corona + Internal + Surface โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดงPlate-Rod [HV]</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.88 kV ค่าดีสชาร์จ 9.24 pC ที่มุม 40-140, 225-325</p>
<p>8. Corona + Internal + Surface โดยใช้ Internal แบบ Single Void 5 mm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดงPlate[HV]-Rod</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 4.34 kV ค่าดีสชาร์จ 8.20 pC ที่มุม 85-145, 270-315</p>
<p>9. Corona + Surface โดยใช้ข้อคิลิคหนา 2 cm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดง Plate-Rod [HV]</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 7.75 kV ค่าดีสชาร์จ 10.37 pC ที่มุม 100, 200, 250, 300</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>10. Corona + Surface โดยใช้อิทธิศนา 2 cm และใช้ปลาย Rod ทำการพันลวดทองแดง Plate[HV] -Rod</p>	 <p>รูป PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ที่แรงดัน 6.65 kV ค่าดีสชาร์จ 21.26 pC ที่มุม 40,120,230 องศา</p>
---	--

ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดสอบดีสชาร์จบางส่วนแบบผสม

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและค่ามุมเริ่มเกิดของการเกิดดีสชาร์จบางส่วนแบบผสมสามารถเรียงค่าแรงดันเริ่มเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Corona + Internal, Surface + Corona, Surface + Internal, Internal + Surface + Internal ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การออกแบบลักษณะของอุปกรณ์จำลองเพื่อใช้ในการศึกษาแบบการเกิดดีสชาร์จบางส่วนทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Autocad และ solidwork และในการวิเคราะห์ค่าสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นใช้โปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์(Finite element) การออกแบบจำลองลักษณะการเกิดดีสชาร์จบางส่วนทั้ง 4 ประเภทซึ่งทำการทดสอบทดสอบจริงโดยการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วนด้วยเครื่องตรวจจับ PD พบว่า ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดของการเกิดโคโรนาดีสชาร์จ(Corona Discharge) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดโดยสามารถเรียงค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและค่ามุมของการเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Rod(หัวมน)[HV] – Rod(หัวแหลม)[ground], Rod(หัวมน)[ground] – Rod(หัวแหลม)[HV], Rod(หัวแหลม)[ground] – Plate[HV], Rod(หัวแหลม)[HV] – Plate[ground] ตามลำดับ ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดของการเกิดดีสชาร์จตามผิว(Surface Discharge)จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความหนาของฉนวนที่นำมากั้นระหว่างอิเล็กโทรดโดยสามารถเรียงค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดและค่ามุมของการเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Plate – Plate, Sphere[ground] – Plate[HV], Sphere[HV] – Plate[ground], Rod(หัวมน)[ground] – Plate[HV], Rod(หัวมน)[HV] – Plate[ground] ตามลำดับ ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดของการเกิดดีสชาร์จภายใน(Internal Discharge) สามารถเรียงค่าแรงดันเริ่มเกิดและค่ามุมของการเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Single Void (4 mm) , Single Void (5 mm) , Multi Void (3 void) , Multi Void (5 void) , Single Void ภายใน Voidใส่ Copper ตามลำดับ ค่าดีสชาร์จบางส่วนเริ่มเกิดของการเกิดดีสชาร์จบางส่วนแบบผสมสามารถเรียงค่าแรงดันเริ่มเกิดจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ Corona + Internal , Surface + Corona , Surface + Internal , Internal + Surface + Internal ตามลำดับ ซึ่งทั้งจากผลการจำลองด้วยโปรแกรมและผลจากการทดสอบจริงให้ผลที่สอดคล้องกัน ซึ่งจากผลการทดสอบในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาเบื้องต้นของการเกิดดีสชาร์จบางส่วนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากฐานข้อมูลที่ได้จัดทำมา ผู้ทำโครงการวิศวกรรมหรือนักวิจัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาแยกแยะรูปแบบของการเกิดดาชาร์จบางส่วนชนิดต่างๆ
2. ผู้ที่ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการเกิดดีสชาร์จบางส่วนควรจะมีความรู้ความเข้าใจเรื่องพฤติกรรมของการเกิดดีสชาร์จบางส่วนและระบบวัดดีสชาร์จบางส่วนเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kreuger, F. H., Discharge Detection in High Voltage Equipment, Temple Press Books Ltd., London, 1964
- [2] สำรวัย สังข์สะอาด, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547
- [3] เกวริน วิเศษจินดาวัฒน์, "การจำรูปแบบของการเกิดดิสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, วิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544
- [4] ณรงค์ ทองนิม, "เครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง", วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533
- [5] IEC Standard Publ. No.270, Partial Discharge Measurements. 1981
- [6] IEC Standard Publ. No 885-3, Test Methods for Partial Discharge Measurements.1988.
- [7] Osvath , P. , "Prespective of Partial Discharge Detection and Location" ,IEEE-Thailand Section Seminar , Chulalongkorn University , 1988
- [8] IEC 60270 , Partial Discharge Measurement.1988
- [9] Electrical Power Engineering Laboratory II, ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

สามารถศึกษาข้อมูลต่อไฟนี้ได้จาก Electrical Power Engineering Laboratory II, ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- วิธีการจัดเตรียมรายงานผลการทดสอบ PD และวิธีการวัด PD ของเครื่อง PD DETECTOR DDX – 9101
- การเปรียบเทียบค่าเก็บประจุในวงจรวัด PD
- การจ่ายแรงดันทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติของเครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

ข้อกำหนดของเครื่องตรวจจับ PD ตามมาตรฐาน IEC โครงการนี้จะกล่าวถึงข้อกำหนดตาม IEC 270(1981) ซึ่งยังคงใช้อยู่ถึงปัจจุบันนี้ และ IEC 60270(1998 ฉบับร่าง)ที่มีการแก้ไข ข้อบกพร่องและเพิ่มเติมรายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนด วิธีการทดสอบ และวิธีการปฏิบัติ เพื่อให้การตรวจจับหรือการวัด PD มีความถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งจะมาแทน IEC 270(1981) ในอนาคตอันใกล้นี้ ซึ่งข้อกำหนดตาม IEC 60270 จะครอบคลุมข้อกำหนดทุกข้อตาม IEC 270 ส่วนกรณีที่ใช้เครื่องตรวจจับ PD ในการวัด PD ในสายเคเบิลนั้น เครื่องตรวจจับ PD จะต้องมี คุณสมบัติเพิ่มเติมตามมาตรฐาน IEC 885-3

1. ข้อกำหนดตามมาตรฐาน IEC 270

ข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณสมบัติของเครื่องตรวจจับ PD ที่สำคัญมีดังนี้

- 1) เวลาแยกชัดของพัลส์ (Pulse resolution time) ของเครื่องตรวจจับ PD ต้องไม่เกิน 100 ไมโครวินาที ในกรณีที่ไม่เกิดความผิดพลาดเนื่องจากเกิดซูปเปอร์โพสิชันของพัลส์ PD
- 2) เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐาน ที่ใช้ในการปรับเทียบวงจรทดสอบ ได้กำหนดให้แรงดันรูปขึ้นของเครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานมีช่วงเวลาขึ้น (rise time) ไม่เกิน 0.1 ไมโคร วินาที และแรงดันค่อยๆลดลงด้วยเวลาลดถอย (decay time) อยู่ในช่วง 100 ไมโครวินาที ถึงหลักพันของไมโคร วินาที และ $C_0 \leq 0.1(C_v + C_k)$

2. ข้อกำหนดตามมาตรฐาน IEC60270

มาตรฐาน IEC 60270 มีการแก้ไขและเพิ่มเติมรายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดวิธีการทดสอบ และวิธีการปฏิบัติหลายประการ

2.1 นิยามเพิ่มเติมและนิยามที่กำหนดใหม่ ในส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรง

นิยามเพิ่มเติมและนิยามที่กำหนดใหม่ ในส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการออกแบบเครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนได้แก่

1) Pulse Repetition Frequency, N คือจำนวนพัลส์ที่มีระยะห่างระหว่างพัลส์ทุกลูก เท่ากันที่นับได้ต่อวินาที

2) Phase Angle, ϕ , และ Time, t , ของพัลส์ PD ที่เกิดขึ้น กำหนดดังนี้

$$\phi_i = 360(t_i / T)$$

โดยที่ t_i คือ เวลาที่เริ่มมุมเฟสของแรงดันทดสอบ เริ่มที่มุมศูนย์องศาจนถึง

เวลาที่เกิดพัลส์ PD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T คือ คาบเวลาของความถี่ของแรงดันทดสอบ

3) Transfer impedance, $Z(f)$ ในที่นี้ใช้ $Z_m(f)$ แทน $Z(f)$ ของระบบวัด PD คือ อัตราส่วนของแรงดันเอาต์พุตต่อกระแสอินพุตของระบบวัด PD โดยการป้อนกระแสที่มีขนาดคงที่รูปไซน์ที่อินพุตและปรับเปลี่ยนความถี่เพื่อหาอัตราส่วนดังกล่าวที่ความถี่ต่างๆ

4) ความถี่จำกัดล่างและบน (lower and upper frequencies, f_1 and f_2) คือ ความถี่ที่ขนาด transfer impedance, $Z(f)$ มีค่าลดลง 6 dB จากค่ายอดสูงสุดที่อยู่ในช่วงแถบผ่าน

$$5) \text{แบนด์วิดท์, } \Delta f = f_2 - f_1 \text{ และ midband frequency, } f_m = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

2.2 ระบบวัด PD สำหรับวัดประจุที่ปรากฏ

คุณสมบัติที่สำคัญของระบบวัด PD สำหรับวัดประจุที่ปรากฏมีดังนี้

1) ระบบวัดประจุที่ปรากฏ(q)นี้จะวัดเฉพาะค่ายอดพัลส์ของ PD ที่มีค่าสูงสุดและเกิดซ้ำๆ ทุกคาบเวลาของความถี่ของแรงดันทดสอบ การอ่านค่าของอุปกรณ์วัดจะใช้หลักการเดียวกันกับวงจรตรวจจับค่ายอดแบบแอนะล็อกที่มีค่าคงตัวทางเวลาของการอัดประจุ (electric charging time constant) สั้นมาก และมีค่าคงตัวทางเวลาของการคายประจุ (electric discharging time constant) ≤ 0.44 วินาที การตอบสนองของระบบวัดที่มีต่อพัลส์ของ PD ที่มีระยะห่างระหว่างพัลส์เท่ากันที่ถูกป้อนด้วย Pulse repetition frequency, N จะทำให้ค่าที่ระบบวัดอ่านได้ R เป็นตามตารางต่อไปนี้ โดยสมมติว่าพิสัย (range) และอัตราขยาย (gain) ถูกปรับให้อ่านเต็มสเกลหรือ 100% เมื่อ N = 100

N(1/s)	1	2	5	10	50	≥ 100
R _{min} (%)	35	55	76	85	94	95
R _{max} (%)	45	65	86	95	104	105

2) ระบบวัด PD แบบแถบกว้าง จะกำหนดคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ต่างๆของ Transfer impedance, $Z(f)$ ดังนี้

$$30\text{kHz} \leq f_1 \leq 100\text{kHz}$$

$$f_2 \leq 500\text{kHz}$$

$$100\text{kHz} \leq \Delta f \leq 400\text{kHz}$$

3) ระบบวัด PD แบบแถบแคบ จะกำหนดคุณสมบัติการตอบสนองความถี่ต่างๆของ Transfer impedance, $Z(f)$ ดังนี้

$$9\text{kHz} \leq \Delta f \leq 30\text{kHz}$$

$$50\text{kHz} \leq f_m \leq 1\text{MHz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง f_m สามารถปรับค่าได้ และกำหนดให้ขนาดของ $Z(f)$ ที่ความถี่ $f_m \pm \Delta f$ มีค่าลดลงต่ำกว่าค่ายอดสูงสุดที่อยู่ในช่วงแถบผ่าน 20 dB

4) ความเป็นเชิงเส้นของระบบวัด มาตรฐานยอมให้สเกลแพกเตอร์ k ผิดพลาดได้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

2.3 ระบบวัด PD แบบดิจิทัล สำหรับวัดประจุที่ปรากฏ

ข้อกำหนดของระบบวัด PD แบบดิจิทัล สำหรับวัดประจุที่ปรากฏ มีดังนี้

1) ระบบวัดนี้จะต้องใช้หลักการระบบวัดแบบแอนะล็อกที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2.5.2.2 ส่วนภาคดิจิทัลนั้นจะวัดประจุที่ปรากฏโดยใช้การรับข้อมูลแบบดิจิทัลในการอ่านข้อมูลสัญญาณเพื่อนำไปแสดงผลและวิเคราะห์ต่อไป

2) ข้อกำหนดค่าสูงสุดของระบบวัด PD แบบดิจิทัล คือ ต้องสามารถแสดงผลค่าประจุที่ปรากฏได้ โดยค่าที่อ่านได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 2.5.2.2 เวลาแสดงผลใหม่แต่ละครั้งของการแสดงผลแบบดิจิทัลต้องไม่เกิน 1 วินาที และในกรณีที่มีการใช้ Bipolar sensitivity threshold นั้น จะต้องมีการบันทึกระดับ threshold ด้วย

3) ข้อกำหนดในการวัดขนาดแรงดันและมุมเฟสของแรงดันทดสอบ ถ้าระบบวัดนี้สามารถวัดระดับแรงดันของแรงดันทดสอบได้ ค่าที่อ่านได้จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดใน IEC 60060-2(1994) ถ้าต้องการออกแบบให้ระบบวัดนี้สามารถวัดมุมเฟสของแรงดันทดสอบได้ มุมเฟสจะผิดพลาดได้ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ และถ้าหากระบบวัดนี้มีความสามารถในการวัดค่าขณะหนึ่ง (instantaneous value) ของแรงดันทดสอบ ค่าที่อ่านได้จะต้องผิดพลาดได้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของค่ายอดของแรงดันทดสอบ การควอนไทซ์ (quantization) ของแรงดันทดสอบ จะต้องมีความละเอียดอย่างน้อย 8 บิต และต้องมีอัตราสุ่มตัวอย่าง (sampling rate) ไม่น้อยกว่า 100 ตัวอย่างในหนึ่งคาบเวลาของความถี่ของแรงดันทดสอบ

ภาคผนวก ค
ตารางแรงดันเบรกควานมาตรฐาน

ตารางที่ ค.1 ตารางแรงดันเบรกควานมาตรฐาน โดยแรงดันค่ายอด (ค่า $U_{50\%}$ ในการทดสอบอิมพัลส์) หน่วยเป็น KV. สำหรับแรงดันกระแสสลับความถี่กำลัง แรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่าและสวิตชิงชั่วพลบ และแรงดันกระแสตรงของทั้งสองขั้ว

Sphere gap spacing (cm)	Sphere diameter (cm)											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
0.05	2.8											
0.10	4.7											
0.15	6.4											
0.20	8	8										
0.25	9.6	9.6										
0.30	11.2	11.2										
0.40	14.4	14.4	14.2									
0.50	17.4	17.4	17.2	16.8	16.8	16.8						
0.60	2.1	2.1	20.2	19.9	19.9	19.9						
0.70	23.2	23.4	23.2	23.0	23.0	23.0						
0.80	25.8	26.3	26.2	26.0	26.0	26.0						
0.90	28.3	29.2	29.1	28.9	28.9	28.9						
1.0	30.7	32.0	31.9	31.7	31.7	31.7	31.7					
1.2	(35.1)	37.6	37.5	37.4	37.4	37.4	37.4					
1.4	(38.5)	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9	42.9					
1.5	(40.0)	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5					
1.6		48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1					
1.8		53.0	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5					
2.0		57.5	58.5	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0			
2.2		61.5	63.0	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5	64.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sphere gap spacing (cm)	Sphere diameter (cm)											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
2.4		65.5	67.5	69.5	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0			
2.6		(69.0)	72.0	74.5	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0			
2.8		(72.5)	76.0	79.5	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0			
3.0		(75.5)	79.5	84.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0		
3.5		(82.5)	(87.5)	95.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0		
4.0		(88.5)	(95.0)	105	108	110	112	112	112	112	112	
4.5			(101)	115	119	122	125	125	125	125	125	
5.0			(107)	123	129	133	137	138	138	138	138	
5.5				(131)	138	143	149	151	151	151	151	
6.0				(138)	146	152	161	161	161	161	161	
6.5				(144)	(154)	161	173	177	177	177	177	
7.0				(150)	(161)	69	189	189	190	190	190	
7.5				(155)	(168)	177	202	202	203	203	203	
8.0					(174)	(185)	206	214	215	215	215	
9.0					(185)	(198)	226	239	240	241	241	
10					(195)	(209)	244	263	265	266	266	266
11						(219)	261	286	290	292	292	292
12						(229)	275	309	315	318	318	318
13							(285)	331	339	342	342	342
14							(302)	353	363	366	366	366
15								(314)	373	387	390	390
16								(326)	392	410	414	414
17								(337)	411	432	438	438
18								(347)	429	453	462	462

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

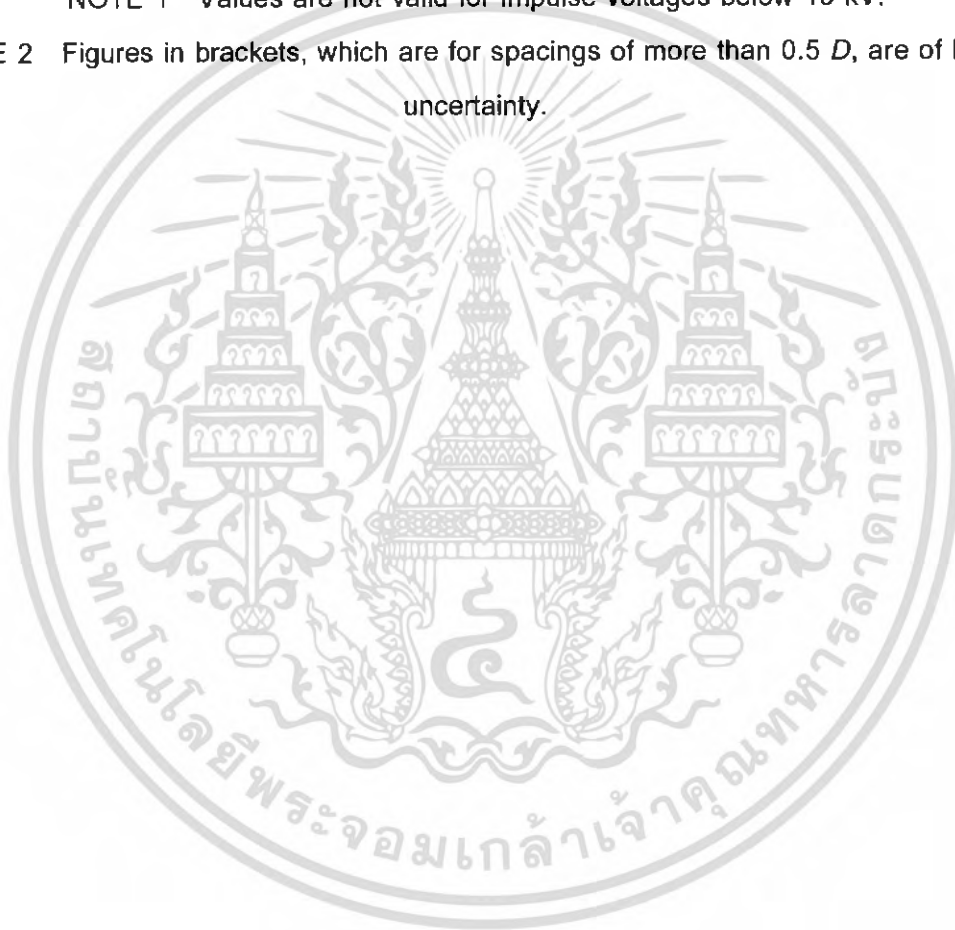
Sphere gap spacing (cm)	Sphere diameter (cm)											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
20							(366)	460	492	510	510	510
22								489	530	555	560	560
24								515	565	595	595	610
26								(540)	600	635	655	660
28								(565)	635	675	675	705
30								(585)	655	710	745	75
32								(605)	695	745	790	795
34								(625)	725	780	835	840
36								(640)	750	815	875	885
38								(655)	(775)	845	915	930
40								(670)	(800)	875	955	975
45									(850)	945	1050	1080
50									(895)	1010	1130	1180
55									(935)	(1060)	1210	1260
60									(970)	(1110)	1280	1340
65										(1160)	1340	1410
70										(1200)	1390	1480
75										(1230)	1440	1540
80											(1490)	1600
85											(1540)	1660
90											(1580)	1720
100											(1660)	1840
110											(1730)	(1940)
120											(1800)	(2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sphere gap spacing (cm)	Sphere diameter (cm)											
	2	5	6.25	10	12.5	15	25	50	75	100	150	200
130												(2100)
140												(2180)
150												(2250)

NOTE 1 Values are not valid for impulse voltages below 10 kV.

NOTE 2 Figures in brackets, which are for spacings of more than 0.5 D , are of larger uncertainty.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้