

การศึกษาผลของสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิสชาร์จบางส่วน
A Study disturbance effect of partial discharge measurement

โดย

นายพิรพงษ์ แทนหิน
นายวรเดช เจตนาเสน
นายวีระวุฒิ คำสาสินธุ์
นายณัฐพล ศรีณรงค์

รฟ.
พ ๗๙๑๓
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 81794
วัน,เดือน,ปี 24 มี.ย. 2551

b. 1193b23x
i.....

ปฏิญานีพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

ปีการศึกษา 2550

การศึกษาผลของสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิสชาร์จบางส่วน
A Study disturbance effect of partial discharge measurement

โดย

นายพีรพงษ์ แทนหิน
นายวรเดช เจตนาเสน
นายวีระวุฒิ คำสาสินธุ์
นายณัฐพล ศรีณรงค์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.นรเศรษฐ พัฒนเดช
อ.พีรวุฒิ ยุทธโกวิท

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาผลของสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิสซาร์จบางส่วน

ผู้จัดทำ

- | | | |
|----------------|------------|---------------|
| 1. นาย พีรพงษ์ | แท่นหิน | รหัส 47010530 |
| 2. นายวรเดช | เจตนาเสน | รหัส 47010649 |
| 3. นายวีระวุฒิ | คำสาสินธุ์ | รหัส 47010733 |
| 4. นายณัฐพล | ศรีธรงค์ | รหัส 47012039 |

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ นรเศรษฐ พัฒนเดช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ พีรวุฒิ ยุทธโกวิท)

การศึกษาผลของสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิซาร์จบางส่วน

นายพีรพงษ์	แท่นหิน	
นายวรเดช	เจตนาแสน	
นายวีระวุฒิ	คำสาสินธุ์	
นายณัฐพล	ศรีณรงค์	
อ.นรเศรษฐ	พัฒนาเดช	อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.พีรวุฒิ	ยุทธโกวิท	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550		

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการศึกษาผลกระทบของสัญญาณรบกวนรูปแบบต่างๆ ต่อระบบวัดดิซาร์จบางส่วน แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน เช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์, ชุดอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ และสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงใกล้เคียงกับวงจรวัดดิซาร์จบางส่วน ได้จำลองขึ้นมาเพื่อทำการตรวจสอบวิเคราะห์รูปแบบของสัญญาณดิซาร์จบางส่วนที่เกิดจากสัญญาณรบกวน นอกจากนี้แล้วได้มีการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณลักษณะของสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่ห้องซิลด์ เพื่อศึกษาลักษณะการแพร่ของสัญญาณรบกวนอีกด้วย ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ สามารถนำไปเป็นฐานข้อมูลทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง และข้อมูลอ้างอิงในระบบวัดดิซาร์จบางส่วนได้เป็นอย่างดี

A Study disturbance effect of partial discharge measurement

Mr. Pheeraphong	Thaenhin	
Mr. Woradech	Jetanasane	
Mr. Weerawut	Khamsasin	
Mr. Nuttapol	Srinarong	
Lecturer Norasage	Pattanadech	Advisor
Lecturer Peerawut	Yutthagowith	Advisor

2007

ABSTRACT

This paper presents the study of noise effect on partial discharge measurement. Disturbance sources such as electronic ballast, 3 phase inverter for driving motor and electromagnetic interference from other high voltage test circuits are simulated to investigate and analysis. In addition, the electrical characteristics of interference signals of each disturbance source are examined in a shielding room. From the test results, many useful data are gathered to be a part of high voltage engineering data base and can be used as referent data for partial discharge measurement.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สามารถสำเร็จจุล่งไปได้ด้วยดี เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือเป็นอย่างดี จากหลายๆฝ่าย

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท อาจารย์ นรเศรษฐ พัฒนเดช และ อาจารย์ พีรวุฒิ ยุทธโกวิท ที่คอยดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดเสมอมา ช่วยชี้แนะให้คำปรึกษารวมถึงวิชาการความรู้ต่างๆที่ได้สอนแก่ผู้จัดทำโครงการ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อจัดทำโครงการโดยมิเห็นแก่ความเหน็ดเหนื่อย รวมถึงตรวจสอบและแก้ไขปริญญาโทฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้ความรู้ต่อผู้จัดทำโครงการ ซึ่งมีประโยชน์ต่อการนำมาใช้ในการจัดทำโครงการครั้งนี้ ขอบพระคุณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ใช้เป็นสถานที่ในการทำ การทดสอบ และเป็นที่ยอมรับในกลุ่มเพื่อนร่วมงานต่างๆ

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่เพื่อทำการทดสอบต่างๆ และให้ คำแนะนำที่ดีตลอดมา

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ คุณเพทาย นิมสนอง และ คุณภูษิต ถึงสุข รุ่นพี่ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาในเรื่องการทำการทดลองเป็นอย่างดี และ ช่วยดูแลตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง อีกทั้งขอบคุณเพื่อนร่วมงานและสมาชิกใน ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมแรงสูงทุกคน ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆด้าน และคอยให้กำลังใจในการ ทำงานเสมอ จนกระทั่งโครงการสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้ กล่าวถึง ที่คอยสนับสนุนทางด้านการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึงคอยให้กำลังใจที่ดีใน ทุกๆเรื่อง

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	XVII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของงานวิจัย	2
1.4 ตารางแสดงแผนงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์และผลที่ได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการตรวจจับดิสซาร์จบางส่วนและทฤษฎีสัญญาณรบกวน	4
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการเกิดดิสซาร์จบางส่วน	4
2.2 ผลกระทบของดิสซาร์จบางส่วน	7
2.3 วิธีการตรวจจับดิสซาร์จบางส่วน	8
2.4 พฤติกรรมของดิสซาร์จบางส่วน	9
2.5 หลักการตรวจจับดิสซาร์จบางส่วน	12
2.6 เทคนิคการวัดดิสซาร์จบางส่วน	15
2.7 ทฤษฎีสัญญาณรบกวน	17
2.8 การวิเคราะห์สัญญาณรบกวน	25
2.9 การวัดสัญญาณรบกวน	28
2.10 เทคนิคการลดสัญญาณรบกวน	28
2.11 คุณสมบัติของเครื่องตรวจจับดิสซาร์จบางส่วน	31
บทที่ 3 การออกแบบการทดสอบสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิสซาร์จบางส่วน	32
3.1 สัญญาณรบกวนแบบผสม	32
3.2 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดไฟ	42
3.3 ผลของสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัด PD ที่เกิดสัญญาณรบกวน จาก Induction motor และชุดขับ Inverter	46
3.4 ผลของสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัด PD ที่เกิดสัญญาณรบกวน จากการทดสอบแรงดันสูงจากวงจรใกล้เคียง	57

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)	64
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ	73
4.1 การทดสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม	73
4.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากชุดหลอดไฟฟ้า	83
4.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ (motor + inverter)	89
4.4 การทดสอบสัญญาณรบกวนแรงดันสูง จากวงจรอื่น	102
4.5 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)	112
4.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ	138
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	147
5.1 สรุป	147
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำโครงการ	147
เอกสารอ้างอิง	148
ภาคผนวก	149
กิตติกรรมประกาศ	161

สารบัญรูปรูปภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.1	ดิสชาร์จบางส่วนแบบต่าง ๆ	5
รูปที่ 2.2	ลักษณะรูปแบบของฉนวนที่ทำให้เกิดดิสชาร์จตามผิวบางส่วน	6
รูปที่ 2.3	วงจรสมมูลย์สำหรับฉนวนที่มีโพรงก๊าซ	9
รูปที่ 2.4	วงจรสมมูลของการเกิด PD แบบ ก) โคโรนา ข) ดิสชาร์จตามผิว	11
รูปที่ 2.5	แรงดันตกคร่อมโพรงก๊าซและกระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ขณะเกิด PD	11
รูปที่ 2.6	ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในทางทฤษฎีสำหรับแก๊สเล็ก ๆ	12
รูปที่ 2.7	วงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD	13
รูปที่ 2.8	การแสดงผลของดิสชาร์จบางส่วน	14
รูปที่ 2.9	วงจรสำหรับการเปรียบเทียบ	15
รูปที่ 2.10	วงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบต่าง ๆ	16
	รูปที่ 2.10 (ต่อ) วงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบต่าง ๆ	17
รูปที่ 2.11	พิสัยความถี่ของสัญญาณรบกวน	18
รูปที่ 2.12	สเปกตรัมและการประยุกต์ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า	19
รูปที่ 2.13	รูปแบบการรบกวนของสัญญาณรบกวน	20
รูปที่ 2.14	องค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณรบกวน	21
รูปที่ 2.15	หลักการเชื่อมต่อของสัญญาณรบกวน	22
รูปที่ 2.16	ตัวอย่างการเกิดสัญญาณรบกวนระหว่างระบบ	23
รูปที่ 2.17	ตัวอย่างการเกิดสัญญาณรบกวนภายในระบบ	24
รูปที่ 2.18	ตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่ตำแหน่งต่าง ๆ	28
รูปที่ 2.19	ตัวอย่างการลดสัญญาณรบกวน	30
รูปที่ 2.20	วงจรทดสอบแบบสมดุล	31
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(HV) - Plate(G)	32
รูปที่ 3.2	วงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(HV) - Plate(G)	33
รูปที่ 3.3	ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(G) - Plate(HV)	33
รูปที่ 3.4	วงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(G) - Plate(HV)	34
รูปที่ 3.5	ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere	34
รูปที่ 3.6	วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere	35
รูปที่ 3.7	ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายใน แบบ Multi void จำนวน 5 โพรง	35
รูปที่ 3.8	วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายใน แบบ Multi void จำนวน 5 โพรง	36
รูปที่ 3.9	ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง	36

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า	
รูปที่ 3.10	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงในร่วมกับโคโรนา	37
รูปที่ 3.11	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงในร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ	37
รูปที่ 3.12	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงในร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ	38
รูปที่ 3.13	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง	38
รูปที่ 3.14	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง	39
รูปที่ 3.15	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ	39
รูปที่ 3.16	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ	40
รูปที่ 3.17	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวและโคโรนาด้านแรงสูง	40
รูปที่ 3.18	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวและโคโรนาด้านแรงสูง	41
รูปที่ 3.19	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงร่วมกับสัญญาณตามผิวและโคโรนาด้านแรงต่ำ	41
รูปที่ 3.20	วงจรถ่ายทอดสัญญาณเสียงตามผิวและโคโรนาด้านแรงต่ำ	42
รูปที่ 3.21	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์	43
รูปที่ 3.22	วงจรถ่ายทอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก	44
รูปที่ 3.23	วงจรถ่ายทอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	44
รูปที่ 3.24	ตัวอย่างวงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดเผาไส้	45
รูปที่ 3.25	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้	46
รูปที่ 3.26	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายในวงจรการทดสอบ	47
รูปที่ 3.27	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายในวงจรการทดสอบ	48
รูปที่ 3.28	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายนอกวงจรการทดสอบ	49
รูปที่ 3.29	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายนอกวงจรการทดสอบ	50
รูปที่ 3.30	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor ภายในวงจรทดสอบ	51
รูปที่ 3.31	วงจรถ่ายทอดสัญญาณรบกวนจาก Induction motor ภายในวงจรทดสอบ	52

สารบัญรูปรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.32 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจากชุดวงจรขับ Inverter ภายในวงจรทดสอบ	53
รูปที่ 3.33 วงจรสัญญาณรบกวนจากชุดวงจรขับ Inverter ภายในวงจรทดสอบ	54
รูปที่ 3.34 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายในวงจรการทดสอบและเกิดกระแสรั่วลงกราวด์	55
รูปที่ 3.35 วงจรสัญญาณรบกวนจาก Induction motor และชุดขับ Inverter ภายในวงจรการทดสอบ ขณะเกิดกระแสรั่วลงกราวด์	56
รูปที่ 3.36 การวัดกระแสรั่วลงกราวด์	56
รูปที่ 3.37 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับ	57
รูปที่ 3.38 วงจรการทดสอบหาค่า PD ของ Insulator	58
รูปที่ 3.39 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับของ Insulator ภายนอกตู้วงจรการทดสอบ PD แบบโคโรน่า	59
รูปที่ 3.40 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับของ Insulator ภายในตู้วงจรการทดสอบ PD แบบโคโรน่า	59
รูปที่ 3.41 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง	60
รูปที่ 3.42 วงจรการทดสอบหาค่า PD ของ Insulator	61
รูปที่ 3.43 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสตรงของ Insulator ภายนอกตู้วงจรการทดสอบ PD แบบโคโรน่า	62
รูปที่ 3.44 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสตรงของ Insulator ภายในตู้วงจรการทดสอบ PD แบบโคโรน่า	62
รูปที่ 3.45 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงความถี่สูง	63
รูปที่ 3.46 แสดงการวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยจากการขึ้นแรงดันสูงความถี่สูง	64
รูปที่ 3.47 ชุดหลอดไฟ + บัลลาสต์แกนเหล็ก	65
รูปที่ 3.48 ชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	66
รูปที่ 3.49 ชุดหลอดไฟเผาไส้ (Incandescent Lamps)	67
รูปที่ 3.50 ชุดการทดสอบมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์	68
รูปที่ 3.51 ชุดการทดสอบมอเตอร์ในห้องซิลด์	69
รูปที่ 3.52 ชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์ในห้องซิลด์	70
รูปที่ 3.53 ชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ในห้องซิลด์	71

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.54 ชุดทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ในชุดทดสอบ Magnetic Field Disturbance	72
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ ด้านแรงสูง	73
รูปที่ 4.2 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =37.58 pC, Voltage =6.80 kV	73
รูปที่ 4.3 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =85.22 pC, Voltage =8.03 kV	73
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จด้านแรงต่ำ	74
รูปที่ 4.5 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =128.75 pC, Voltage =8.60 kV	74
รูปที่ 4.6 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =80.12 pC, Voltage =9.19 kV	74
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จตามผิว	75
รูปที่ 4.8 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =20.19 pC, Voltage =6.17 kV	75
รูปที่ 4.9 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =53.29 pC, Voltage =7.32 kV	75
รูปที่ 4.10 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จภายใน	76
รูปที่ 4.11 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =66.40 pC, Voltage =14.49 kV	76
รูปที่ 4.12 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =69.71 pC, Voltage =16.04 kV	76
รูปที่ 4.13 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จภายใน โคโรนาดีสชาร์จผสมทางด้านแรงสูง	77
รูปที่ 4.14 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =56.68 pC, Voltage =14.88 kV	77
รูปที่ 4.15 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =30.75 pC, Voltage =14.95 kV	77
รูปที่ 4.16 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จภายใน โคโรนาดีสชาร์จผสมทางด้านแรงต่ำ	78
รูปที่ 4.17 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =49.98 pC, Voltage =15.41 kV	78
รูปที่ 4.18 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =90.80 pC, Voltage =16.01 kV	78
รูปที่ 4.19 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จตามผิว โคโรนาดีสชาร์จทางด้านแรงสูง	79
รูปที่ 4.20 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =22.32 pC, Voltage =6.31 kV	79
รูปที่ 4.21 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =68.84 pC, Voltage =6.98 kV	79
รูปที่ 4.22 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดีสชาร์จตามผิว โคโรนาดีสชาร์จทางด้านแรงสูง	80
รูปที่ 4.23 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =58.04 pC, Voltage =6.90 kV	80
รูปที่ 4.24 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =59.84 pC, Voltage =6.95 kV	80

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.25 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงสูง (ดิสชาร์จภายใน, ดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงสูง)	81
รูปที่ 4.26 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =92.31 pC, Voltage =9.80 kV	81
รูปที่ 4.27 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =85.22 pC, Voltage =10.50 kV	81
รูปที่ 4.28 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงสูง (ดิสชาร์จภายในดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงต่ำ)	82
รูปที่ 4.29 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =42.79 pC, Voltage =9.83 kV	82
รูปที่ 4.30 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =18.84 pC, Voltage =10.41 kV	82
รูปที่ 4.31 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก	83
รูปที่ 4.32 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	84
รูปที่ 4.33 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.29 pC, Voltage =0.00 kV	84
รูปที่ 4.34 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.84 pC, Voltage =0.00 kV	84
รูปที่ 4.35 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.68 pC, Voltage =0.00 kV	84
รูปที่ 4.36 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.84 pC, Voltage =0.00 kV	84
รูปที่ 4.37 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 4.39 pC, Voltage =0.00 kV	85
รูปที่ 4.38 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 4.84 pC, Voltage =0.00 kV	85
รูปที่ 4.39 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	85
รูปที่ 4.40 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.68 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	86
รูปที่ 4.41 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 20.61 pC, Voltage =0.00 kV	86
รูปที่ 4.42 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 57.78 pC, Voltage =0.00 kV	86
รูปที่ 4.43 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 170.19 pC, Voltage =0.00 kV	87
รูปที่ 4.44 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 215.46 pC, Voltage =0.00 kV	87
รูปที่ 4.45 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดเผาไส้	87
รูปที่ 4.46 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	88
รูปที่ 4.47 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV	88
รูปที่ 4.48 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV	88

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.49 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน	89
รูปที่ 4.50 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	89
รูปที่ 4.51 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 287.36 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.52 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 287.55 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.53 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 280.28 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.54 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 280.63 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.55 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 280.63 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.56 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 280.73 pC, Voltage =0.00 kV	90
รูปที่ 4.57 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 232.01 pC, Voltage =0.00 kV	91
รูปที่ 4.58 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 244.45 pC, Voltage =0.00 kV	91
รูปที่ 4.59 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 230.87 pC, Voltage =0.00 kV	91
รูปที่ 4.60 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 231.10 pC, Voltage =0.00 kV	91
รูปที่ 4.61 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์อยู่นอกระบบวัดดิสชาร์จบางส่วนและ อินเวอร์เตอร์ อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน	92
รูปที่ 4.62 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.78 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	92
รูปที่ 4.63 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 35.09 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.64 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 35.13 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.65 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 34.24 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.66 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 34.52 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.67 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 32.86 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.68 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 32.90 pC, Voltage =0.00 kV	93
รูปที่ 4.69 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 27.88 pC, Voltage =0.00 kV	94
รูปที่ 4.70 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 28.01 pC, Voltage =0.00 kV	94
รูปที่ 4.71 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 26.61 pC, Voltage =0.00 kV	94
รูปที่ 4.72 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 26.63 pC, Voltage =0.00 kV	94
รูปที่ 4.73 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จบางส่วนและ อินเวอร์เตอร์ อยู่นอกระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน	95

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.74 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	95
รูปที่ 4.75 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 182.48 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.76 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 183.05 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.77 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 179.17 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.78 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 179.29 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.79 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 181.91 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.80 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 181.25 pC, Voltage =0.00 kV	96
รูปที่ 4.81 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 157.03 pC, Voltage =0.00 kV	97
รูปที่ 4.82 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 158.86 pC, Voltage =0.00 kV	97
รูปที่ 4.83 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 153.38 pC, Voltage =0.00 kV	97
รูปที่ 4.84 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 153.76 pC, Voltage =0.00 kV	97
รูปที่ 4.85 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ อยู่นอกระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน	98
รูปที่ 4.86 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.82 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ	98
รูปที่ 4.87 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.99 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.88 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.02 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.89 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.01 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.90 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.03 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.91 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.95 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.92 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.96 pC, Voltage =0.00 kV	99
รูปที่ 4.93 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.91 pC, Voltage =0.00 kV	100
รูปที่ 4.94 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.92 pC, Voltage =0.00 kV	100
รูปที่ 4.95 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.93 pC, Voltage =0.00 kV	100
รูปที่ 4.96 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.95 pC, Voltage =0.00 kV	100
รูปที่ 4.97 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จ บางส่วน ขณะสตาร์ทมอเตอร์แล้วกระแสรั่วลงกราวด์	101
รูปที่ 4.98 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 22.74 pC, Voltage =4.8 kV	101
รูปที่ 4.99 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 35.74 pC, Voltage = 4.8 kV	102
รูปที่ 4.100 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับ	102

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.101 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 2.8 pC, Voltage = 27.97 kV	103
รูปที่ 4.102 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 8.68 pC, Voltage = 30.34 kV	103
รูปที่ 4.103 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 27.99 pC, Voltage = 32.95 kV	103
รูปที่ 4.104 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 46.15 pC, Voltage = 36.29 kV	103
รูปที่ 4.105 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV	103
รูปที่ 4.106 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.83 pC, Voltage = 0.00 kV	103
รูปที่ 4.107 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.81 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.108 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.109 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.110 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.111 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.112 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.84 pC, Voltage = 0.00 kV	104
รูปที่ 4.113 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.08 pC, Voltage = 4.96 kV	105
รูปที่ 4.114 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.55 pC, Voltage = 5.02 kV	105
รูปที่ 4.115 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.78 pC, Voltage = 5.04 kV	105
รูปที่ 4.116 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.80 pC, Voltage = 5.03 kV	105
รูปที่ 4.117 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.87 pC, Voltage = 5.02 kV	105
รูปที่ 4.118 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสตรง	106
รูปที่ 4.119 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 2.80 pC, Voltage = 27.8 kV	106
รูปที่ 4.120 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 8.68 pC, Voltage = 30.34 kV	106
รูปที่ 4.121 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ ลิปส์ Discharge = 27.99 pC, Voltage = 32.95 kV	107
รูปที่ 4.122 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 46.15 pC, Voltage = 36.29 kV	107
รูปที่ 4.123 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.77 pC, Voltage = 0.00 kV	107
รูปที่ 4.124 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.78 pC, Voltage = 0.00 kV	107
รูปที่ 4.125 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.84 pC, Voltage = 0.00 kV	107
รูปที่ 4.126 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.77 pC, Voltage = 0.00 kV	107
รูปที่ 4.127 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	108
รูปที่ 4.128 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	108
รูปที่ 4.129 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	108
รูปที่ 4.130 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV	108
รูปที่ 4.131 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 36.62 pC, Voltage = 5.19 kV	108

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.132 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 26.05 pC, Voltage = 5.13 kV	109
รูปที่ 4.133 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 26.43 pC, Voltage = 5.13 kV	109
รูปที่ 4.134 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 26.25 pC, Voltage = 5.15 kV	109
รูปที่ 4.135 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.64 pC, Voltage = 5.08 kV	109
รูปที่ 4.136 ชุดกำเนิดสัญญาณแรงดันสูงความถี่สูง	110
รูปที่ 4.137 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.19 pC, Voltage = 0.00 kV	110
รูปที่ 4.138 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.20 pC, Voltage = 0.00 kV	110
รูปที่ 4.139 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 49.54 pC, Voltage = 4.94 kV	111
รูปที่ 4.140 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 27.20 pC, Voltage = 5.00 kV	111
รูปที่ 4.141 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 77.63 pC, Voltage = 4.87 kV	111
รูปที่ 4.142 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 48.06 pC, Voltage = 4.88 kV	111
รูปที่ 4.143 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนรอบกวนแวลล้อม (Background noise) สาย Line	112
รูปที่ 4.144 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนรอบกวนแวลล้อม (Background noise) สาย Neutral	112
รูปที่ 4.145 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	113
รูปที่ 4.146 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	113
รูปที่ 4.147 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	114
รูปที่ 4.148 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	114
รูปที่ 4.149 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	115
รูปที่ 4.150 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	115
รูปที่ 4.151 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	116
รูปที่ 4.152 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	116
รูปที่ 4.153 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	117
รูปที่ 4.154 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก	117
รูปที่ 4.155 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 1	118
รูปที่ 4.156 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 2	118
รูปที่ 4.157 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 3	119
รูปที่ 4.158 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Neutral	119
รูปที่ 4.159 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 1	120
รูปที่ 4.160 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 2	120
รูปที่ 4.161 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ Line 3	121

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

		หน้า
รูป ก	แสดงโครงสร้างของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการทดสอบ สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำ	155
รูป ข	Conducted Emission Room ที่ PTEC	155
รูป ค	Spectrum Analyzer	156
รูป ง	เครื่อง LISN	156
รูป จ	Semi Anechoic Chamber ที่ PTEC	157
รูป ฉ	แสดงสายอากาศในการรับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า	158
รูป ช	สายอากาศแบบ Large Loop	159

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรายการที่ต้องตรวจสอบ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน	27
ตารางที่ 4.6.1 สรุปผลการทดสอบที่เกิดขึ้นในการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน	138
ตารางที่ 4.6.2 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากชุดหลอดไฟฟ้า	141
ตารางที่ 4.6.3 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์	142
ตารางที่ 4.6.4 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนแรงดันสูง จากวงจรอื่น	143
ตารางที่ 4.6.5 ตารางการวิเคราะห์ผลการทดลอง	145

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีโรงงานภายในประเทศสามารถผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงได้แล้วหลายชนิด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า เคเบิลแรงสูง ลูกถ้วยฉนวน สวิตช์เกียร์ เป็นต้น การฉนวนถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญในระบบไฟฟ้า หากฉนวนที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ได้กำหนดหรือเกิดความผิดปกติในฉนวน จะทำให้เกิดความล้มเหลวในระบบไฟฟ้าได้ ซึ่งความผิดปกติของฉนวนนั้นอาจเกิดมาจากการออกแบบการฉนวนที่ไม่ได้มาตรฐานและอาจเกิดจากความบกพร่องในกระบวนการผลิต ความบกพร่องของการฉนวนทำให้เกิดดิสชาร์จบางส่วนขึ้นและจะพัฒนาไปสู่การเสียหายของฉนวนอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการตรวจสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วนก่อนนำอุปกรณ์ไปใช้งานจริงจึงเป็นส่วนสำคัญในการตรวจสอบถึงมาตรฐานการฉนวนของอุปกรณ์นั้นๆ

เมื่อตรวจวัดดิสชาร์จบางส่วนแล้ว ในบางครั้งพบว่ามีความเกินกว่าที่มาตรฐานยอมรับได้ ก็จะต้องมีการตรวจสอบและวิเคราะห์สาเหตุ และในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนบ่อยครั้งที่มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามา จนทำให้การวัดดิสชาร์จบางส่วน ผิดพลาดและได้ผลมากกว่าความเป็นจริง ทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่าอุปกรณ์แรงสูงนั้นไม่ได้คุณภาพ กล่าวคือ ดิสชาร์จบางส่วนที่วัดได้สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งอาจเกิดจากความบกพร่องในการออกแบบ ความบกพร่องในการผลิต ความบกพร่องในการติดตั้ง หรือเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในระบบ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัดดิสชาร์จบางส่วน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำความเข้าใจในทฤษฎีและมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน รวมทั้งเทคนิคในการวัดหาค่าดิสชาร์จบางส่วน
2. เพื่อทำการศึกษาทดสอบและวิเคราะห์ผลของสัญญาณรบกวนชนิดต่างๆที่มีผลกระทบต่อ การตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน
3. เพื่อให้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยนำไปเป็นข้อมูลอ้างอิงทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูงได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนและทฤษฎีสัญญาณรบกวน

รายละเอียดที่นำเสนอในบทนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์สัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัดดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง เริ่มจากการศึกษาพฤติกรรมของ PD หลักการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัด PD ตลอดจนถึงการลดสัญญาณรบกวน

2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการเกิดดิสชาร์จบางส่วน

ดิสชาร์จบางส่วน (Partial Discharge, PD) คือ ดิสชาร์จเบรกดาวน์ที่ไม่สมบูรณ์ พลังงานที่ทำให้เกิดดิสชาร์จนั้นไม่มากพอที่จะทำให้ฉนวนเปลี่ยนสภาพไปเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ตลอดแนวระหว่างอิเล็กโทรด จึงเรียกว่า ดิสชาร์จบางส่วน เพราะฉนวนของอิเล็กโทรดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้าน ซึ่งอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ ยังเป็นฉนวนที่สมบูรณ์มั่นคงอยู่ นิยามดิสชาร์จบางส่วน Kreuger [1] ได้ให้คำอธิบายไว้ว่า "ดิสชาร์จบางส่วนเป็นคายประจุทางไฟฟ้าที่ไม่เชื่อมโยงถึงกันระหว่างอิเล็กโทรด"

ดิสชาร์จบางส่วนจะเกิดขึ้นในระบบฉนวนที่มีลักษณะสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงหรือฉนวนที่มีความไม่สม่ำเสมอ หรือไม่ต่อเนื่องกัน หรือมีสิ่งเจือปน ซึ่งทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าบางจุดในฉนวนมีค่าสูงกว่าค่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤต แต่ไม่อาจทำให้เกิดเบรกดาวน์โดยสมบูรณ์ได้หากแต่เกิดเพียงบางส่วนเท่านั้น

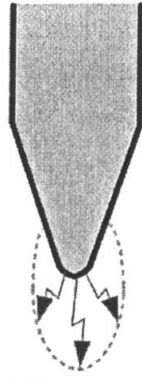
ดิสชาร์จบางส่วนเกิดขึ้นได้ทั้งในสนามไฟฟ้ากระแสสลับ และสนามไฟฟ้ากระแสตรง ภายใต้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ ดิสชาร์จจะเกิดขึ้นทุกๆ ไซเคิลของแรงดัน โดยปกติจะเกิดขึ้นขณะที่แรงดันที่ป้อนเพิ่มขึ้นจากศูนย์ไปสู่ค่ายอด[2]

ดิสชาร์จบางส่วนอาจแบ่งตามลักษณะที่เกิดได้ 3 แบบคือ

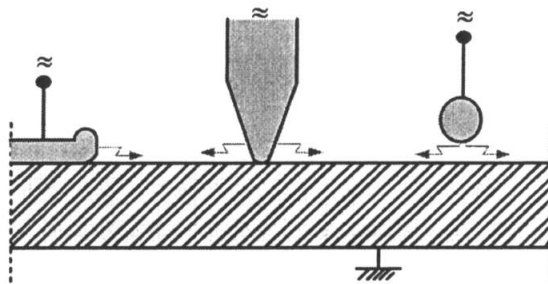
1. โครนาดิสชาร์จ (Corona discharge) เกิดบนแท่งตัวนำในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงรอบปลายอิเล็กโทรดแหลม ซึ่งต่อกับไฟฟ้าแรงดันสูงหรือกราวด์อยู่ในอากาศหรือก๊าซที่ความดันปกติ ดังรูปที่ 2.1 ก)

2. ดิสชาร์จตามผิว (Surface discharge) เกิดบริเวณผิวของฉนวนที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าในแนวเดียวกับผิวสูง อาจเกิดร่องรอยกัดกร่อนซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้า (tracking) ดังรูปที่ 2.1 ข)

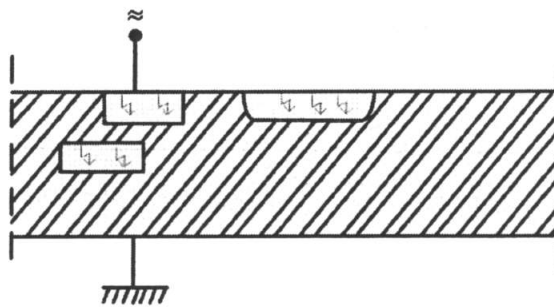
3. ดิสชาร์จภายใน (Internal discharge) เกิดขึ้นในเนื้อฉนวนที่มีความคงทนได้อิเล็กตริกต่ำหรือมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณอื่น จึงทำให้เนื้อฉนวนส่วนนี้เกิดเบรกดาวน์ก่อน ดิสชาร์จภายในเกิดขึ้นเนื่องจากมีโพรงอากาศหรือสิ่งแปลกปลอมในเนื้อฉนวนที่เป็นของแข็งหรือของเหลว ตัวอย่างของดิสชาร์จภายในแสดงดังรูปที่ 2.1 ค) [3]



ก) โคโรนาดิสชาร์จ



ข) ดิสชาร์จตามผิว



ค) ดิสชาร์จภายใน

รูปที่ 2.1 ดิสชาร์จบางส่วนแบบต่างๆ

2.1.1 ดิสชาร์จแบบโคโรนา

ดิสชาร์จในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอสูงรอบปลายแหลมอิเล็กโทรดแหลม หรือ ขอบคมที่อยู่ในอากาศหรือก๊าซความดันปกติ เรียกว่า โคโรนา โคโรนาดิสชาร์จจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อ ความเครียดสนามไฟฟ้าเกินค่าสนามไฟฟ้าวิกฤตในอากาศ ผลเนื่องจากโคโรนาคือ

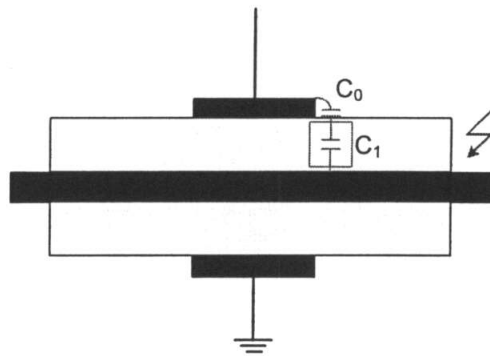
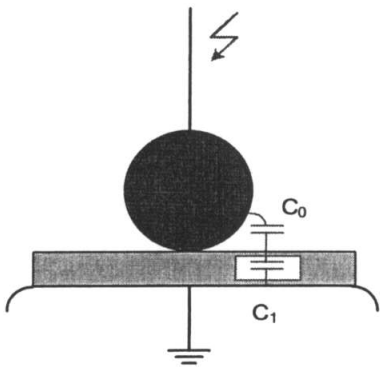
1. เมื่อเกิดโคโรนาในอากาศอาจสังเกตเห็นหรือรับรู้ได้ด้วยร่างกายคน คือจะได้ยินเสียงฮิสซิง (เสียงแมลงบิน) มีกลิ่นโอโซน (O_3) ในยามมืดสนิทจะเห็นแสงเรืองออกมา
2. โคโรนาดิสชาร์จเกิดขึ้นในรูปพัลส์สั้นๆ ซึ่งมีสเปกตรัมความถี่สูงถึง MHz คลื่นความถี่สูงนี้ จะรบกวนระบบสื่อสาร

3. การเกิดโคโรนาย่อมหมายถึง มีพลังงานสูญเสียเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงเป็นสิ่งไม่พึงปรารถนาในการออกแบบระบบสายส่งจึงหลีกเลี่ยงมิให้เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสูงกว่าค่าสนามวิกฤต

พลังงานสูญเสียเนื่องจากโคโรนาขึ้นอยู่กับความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดของผิวดำนำ ด้วยเหตุนี้ในระบบสายส่งแรงสูงจึงใช้สายควบ (Bundled conductors) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะบรรยากาศ ฝน หมอก น้ำค้าง จะทำให้เกิดโคโรนาง่าย

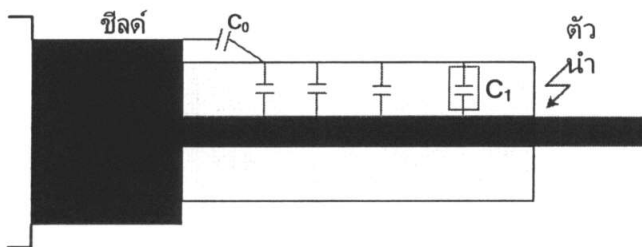
2.1.2 ดิสชาร์จตามผิว

ในสนามไฟฟ้าแบบสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอก็ตามจนกระทั่งมีส่วนทำให้สนามไฟฟ้าในส่วนที่มีเปอร์มิตติวิตีต่ำ เช่น ฟ้าหรืออากาศมีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้น จนเป็นผลให้เกิดดิสชาร์จขึ้นในส่วนที่เป็นอากาศ ดิสชาร์จตามผิวเกิดขึ้นเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้าตามผิวดำนำ มีค่าสูงถึงค่าวิกฤต ตัวอย่างเช่น แผ่นฉนวนคั่นระหว่างอิเล็กโทรดกับแผ่นระนาบ ที่ปักยึดปลอกฉนวนตัวนำ และปลายสายเคเบิลแรงสูงดังรูป 2.2



ก) อิเล็กโทรดทรงกลมกับระนาบคั่นด้วยแผ่นแก้ว

ข) ปลอกฉนวนตัวนำ



ค) ปลายสายเคเบิลแรงสูง

รูปที่ 2.2 ลักษณะรูปแบบของฉนวนที่ทำให้เกิดดิสชาร์จตามผิวบางส่วน

ตามรูป ค่าเก็บประจุระหว่างอิเล็กโทรด $C_0 \ll$ ค่าเก็บประจุของฉนวนแข็ง C_1 ฉะนั้นแรงดันระหว่างอิเล็กโทรดจะตกคร่อม C_0 เกือบทั้งหมด ทำให้ความเครียดสนามไฟฟ้าบน

ส่วน C_0 มีค่าสูงเกินค่าวิกฤตได้ จึงเกิดเบรกดาวนหรือดิสชาร์จในส่วนที่เป็นอากาศ แต่ในส่วนที่เป็นฉนวนแข็ง ซึ่งมีความคงทนต่อแรงดัน E_b สูง จึงไม่อาจเกิดเบรกดาวนทะลุได้ แต่จะดิสชาร์จไปตามผิวฉนวนแข็ง [2]

2.1.3 ดิสชาร์จภายใน

การเกิดดิสชาร์จภายใน จะเกิดในส่วนที่มีความต้านทานของฉนวนทางไฟฟ้าต่ำ ปกติแล้วจะเกิดที่ช่องกลวงที่มีก๊าซอยู่ แต่ก็สามารถเกิดที่ช่องกลวงที่มีน้ำมันอยู่ได้เหมือนกัน และนำไปสู่การเกิดดิสชาร์จในก๊าซ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการเกิดดิสชาร์จภายในได้ดังนี้

1. โพรงอากาศ การเกิดดิสชาร์จภายในจะเกิดขึ้นบ่อยๆในโพรงอากาศอยู่ซึ่งสามารถเกิดได้ในทั้ง พลาสติก เรซิน หรือกระดาษเคลือบเรซิน แรงดันไฟฟ้าที่ทำให้เกิดดิสชาร์จขึ้นอยู่กับความเครียดในโพรง และความแข็งแรงทางไฟฟ้าของโพรง ความเครียดในโพรงสามารถคำนวณได้ในบางกรณี ถ้าโพรงตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ความเครียดในโพรงก็จะเท่ากับ ε คูณด้วย ความเครียดของไดอิเล็กตริก โดยที่ ε แทน ค่าคงที่ ไดอิเล็กตริกของฉนวน

2. การปนเปื้อน (inclusion) การปนเปื้อนสามารถเกิดขึ้นได้ในพลาสติกหรือเรซิน ขึ้นรูป การปนเปื้อนประกอบไปด้วย ฟุน กระดาษ ใยผ้า หรือ วัสดุแปลกปลอมอื่นๆ การปนเปื้อนทำให้ความคงทนต่อการเกิดเบรกดาวนของฉนวนลดลงจากเดิม และหลังจากการเบรกดาวนจากการปนเปื้อน จะเกิดก๊าซภายในฉนวนแล้วทำให้การดิสชาร์จในก๊าซเกิดขึ้นซึ่งทำให้เกิดเบรกดาวนได้ง่ายขึ้น

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

2.2 ผลกระทบของดิสชาร์จบางส่วน

ดิสชาร์จบางส่วนแต่ละครั้งจะมีพลังงานถ่ายเทให้กับพื้นผิวฉนวน ในลักษณะการชนกระแทกเป็นเหตุให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นเฉพาะจุด เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้ฉนวนเสียหายเป็นจุดๆและเกิดผิปกติขยายตัวมากขึ้น และอาจนำไปสู่การเกิดเบรกดาวนอย่างสมบูรณ์ได้ ทำให้ฉนวนเสียหาย อายุการใช้งานของฉนวนจะสั้นลง

การเกิดดิสชาร์จบางส่วนบนสายส่งแรงสูงแบบชิงอากาศ เรียกว่า โคโรนา ย่อมหมายถึงการเกิดพลังงานสูญเสียตลอดเวลา และยิ่งกว่านั้นการเกิดโคโรนาพัลส์ดิสชาร์จดังกล่าวทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่กระจายออกไปรบกวนระบบสื่อสารย่านความถี่วิทยุ เรียกว่า คลื่นรบกวนวิทยุ

ฉะนั้นเพื่อให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงใช้งานได้ยาวนาน ไม่ก่อให้เกิดคลื่นรบกวนวิทยุ การออกแบบการฉนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องมีคุณภาพดีพอ ความเครียดสนามไฟฟ้าที่แรงดันใช้งานปกติจะต้องต่ำกว่าค่าความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤตของ ฉนวน จะต้องไม่มีดิสชาร์จบางส่วน แม้จะมีแรงดันเกินอันเนื่องมาจากแรงดันกระเพื่อมเกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม การฉนวนอุปกรณ์แรงสูง มีความยุ่งยากซับซ้อน PD อาจเกิดขึ้นโดยมิได้ตั้งใจ หรืออาจมีความบกพร่องในกระบวนการผลิต หรือคุณภาพของฉนวนไม่ได้ตามที่กำหนด ฉะนั้น เพื่อความมั่นใจในคุณภาพของการฉนวนอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง จำเป็นต้องมีการทดสอบตรวจวัด ค่า PD วัดค่าแรงดันคลื่นรบกวนวิทยุ (Radio Interference Voltage = RIV) ตามที่มาตรฐาน กำหนด

2.3 วิธีการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

เมื่อเกิดดิสชาร์จบางส่วนจะเกิดผลสืบเนื่องต่างๆ ได้แก่ สัญญาณพัลส์ทางไฟฟ้า เสียง การสูญเสียของไดอิเล็กตริก แสง การเพิ่มขึ้นของความดันก๊าซ และปฏิกิริยาเคมี เราสามารถสังเกตและตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนได้หลายทางโดยการตรวจวัดสัญญาณที่กล่าวมา ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันดังต่อไปนี้

1. การฟังเสียง hissing ที่เกิดจาก PD เป็นวิธีที่ง่ายและเก่าแก่ที่สุด แต่วิธีนี้มีความไวต่ำและถูกรบกวนโดยเสียงอื่นๆจากภายนอกได้ง่าย

2. การวัดพลังงานสูญเสียไดอิเล็กตริกโดยการวัดค่าตัวประกอบพลังงานสูญเสีย (Dissipation factor) $\tan\delta$ สามารถสังเกตการณ์เกิด PD ได้จากค่า $\tan\delta$ ที่เพิ่มขึ้นและมีความสัมพันธ์กับแรงดันทดสอบ เนื่องจากพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาขณะเกิด PD จะทำให้ตัวประกอบ $\tan\delta$ มีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการสังเกตดังกล่าวไม่ชัดเจนแม้ว่าจะเกิด PD ปริมาณมาก เนื่องจากพลังงานสูญเสียจากการเกิด PD ซึ่งเกิดเฉพาะบางบริเวณของเนื้อ ฉนวนอาจมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการสูญเสียของไดอิเล็กตริก ซึ่งเกิดขึ้นในปริมาตรทั้งหมดของเนื้อฉนวน

3. การตรวจวัด PD ทางแสง มีข้อจำกัดในเรื่องตำแหน่งที่เกิด PD ในวัสดุ ทดสอบต้องโปร่งแสง จึงไม่สามารถกระทำได้หลายกรณี

4. การตรวจวัดการเพิ่มขึ้นของความดันก๊าซและปฏิกิริยาเคมี มีข้อจำกัดที่การเปลี่ยนแปลงต้องใช้เวลาช้านาน จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ติดตามการเกิด PD

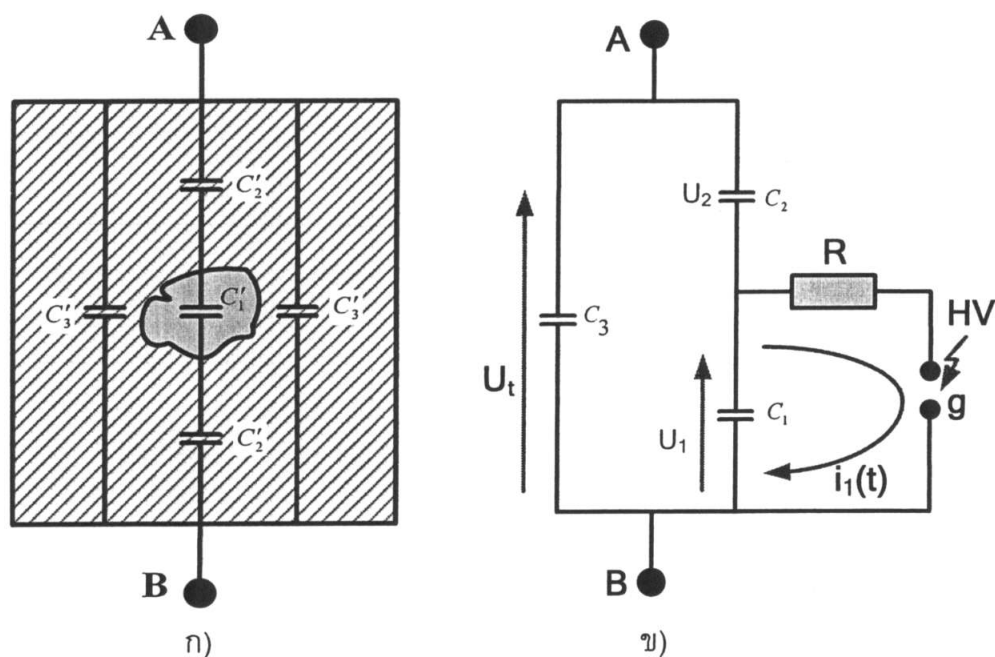
5. การวัดทางไฟฟ้า เป็นวิธีการวัดที่นิยมใช้กันมากที่สุดและมาตรฐานสากล แนะนำให้ใช้เนื่องจากมีความไวสูง สามารถติดตามการเกิด PD ได้อย่างรวดเร็ว สามารถจำแนกสัญญาณที่เกิดจาก PD ออกจากสัญญาณอื่นๆได้ และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณ PD ที่เกิดขึ้น การวัดปริมาณของดิสชาร์จบางส่วนตามมาตรฐานสากลนั้นจะสามารถวัดได้ในเทอมของ “ประจุที่ปรากฏ”(Apparent Charge) การตรวจจับ PD ในโครงการวิจัยนี้จะใช้วิธีวัดทางไฟฟ้า [3]

2.4 พฤติกรรมของดิสชาร์จบางส่วน

การเกิดดิสชาร์จบางส่วนมีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงเมื่อเกิดดิสชาร์จขึ้น[2] พลังงานการกระทบจากอิเล็กตรอนหรือ ไอออนพลังงานสูงจะทำให้ฉนวนเกิดความร้อนและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เป็นเหตุให้ฉนวนเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว อายุการใช้งานของอุปกรณ์สั้นลง นำไปสู่การเบรกดาวน์ได้ในที่สุด ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบฉนวนและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง นอกจากนั้นแล้วดิสชาร์จบางส่วนยังก่อให้เกิดคลื่นรบกวนวิทยุ (Radio interference) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบสื่อสาร มาตรฐานจึงกำหนดให้มีการทดสอบตรวจวัดค่า PD [3]

2.4.1 วงจรสมมูลของการดิสชาร์จภายใน

โดยสาเหตุที่ดิสชาร์จบางส่วนภายในเนื้อฉนวน หรือในอุปกรณ์ซึ่งไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตา ฉะนั้นเพื่อให้สามารถตรวจจับหรือวัดค่าดิสชาร์จบางส่วนในฉนวนได้ จึงมีการเขียนวงจรสมมูลย์สำหรับฉนวนที่มีโพรงก๊าซขึ้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การเกิดและหาปริมาณดิสชาร์จบางส่วนภายใน ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรสมมูลย์สำหรับฉนวนที่มีโพรงก๊าซ

วงจรสมมูลย์สำหรับฉนวนของอุปกรณ์ขณะเกิด PD อาจแทนด้วยความจุไฟฟ้า C_1 , C_2 , C_3 และ สปาร์กแกป G ดังรูปที่ 2.3 โดยฉนวนส่วนที่บดพร่องโดยปกติแล้วจะเป็นโพรงก๊าซหรือสิ่งแปลกปลอมขนาดเล็กๆจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_1 และสปาร์กแกป G

ฉนวนที่อยู่ในแนวเดียวกับส่วนที่บกพร่องจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_2 และฉนวนส่วนที่มีสภาพดีจะแทนด้วยค่าความจุไฟฟ้า C_3

จากรูปที่ 2.3 เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วสายของอุปกรณ์ (ขั้ว A-B) ในรูปที่ 2.3 ก) จะทำให้เกิด แรงดันตกคร่อมส่วนต่างๆของฉนวนแสดงดังรูปที่ 2.3 ข) ถ้าเกิดเบรกดาว์นหรือดิสชาร์จเฉพาะบริเวณโพรงอากาศนี้ จึงเรียกว่าเกิด "ดิสชาร์จบางส่วน" 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_a คือค่าความจุไฟฟ้ารวมของวัสดุทดสอบ จะได้ว่า

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

จากรูปที่ 2.3 ข) แรงดันที่ขั้วสาย ΔU_i เนื่องจากการเกิด PD สามารถคำนวณได้โดยเปรียบเทียบประจุสะสมก่อนและหลังการเกิด PD

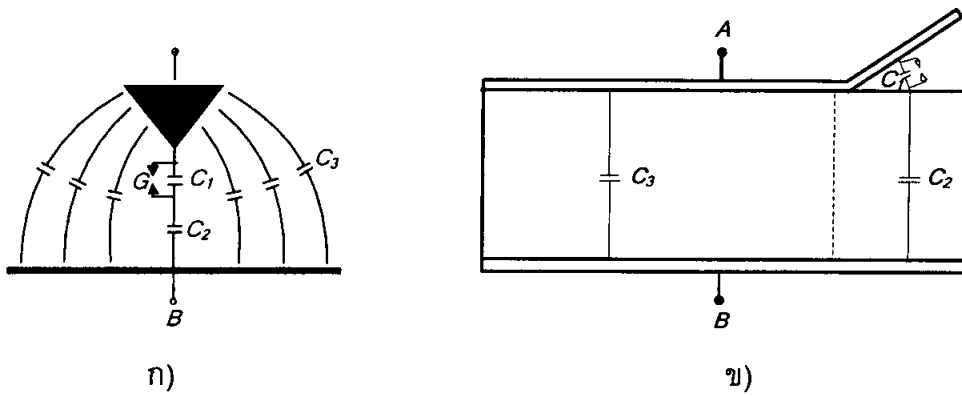
$$C_3 U_i + C_2 (U_i - \Delta U_i) = C_3 U'_i + C_2 U'_i \quad (2.5)$$

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

โดยที่ U_i คือ แรงตกคร่อมขั้วสายก่อนการเกิด PD

โดยที่ U'_i คือ แรงตกคร่อมขั้วสายหลังการเกิด PD

วงจรสมมูลในรูปที่ 2.3 ข) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ PD ที่เกิดในบริเวณปลายแหลมหรือขอบคมของอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่ง PD ลักษณะนี้เรียกว่า "โคโรนา" และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับดิสชาร์จตามผิว ได้เช่นเดียวกันโดยสามารถแทนอากาศรอบๆหรือฉนวนส่วนต่างๆ ด้วยค่าความจุไฟฟ้าดังรูปที่ 2.4 ตามลำดับ [3]

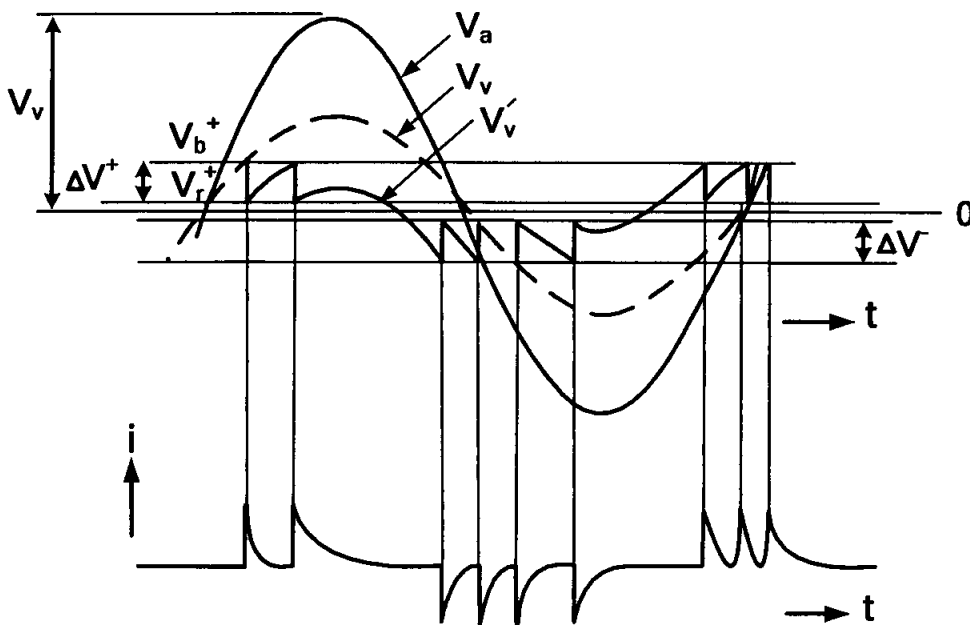


รูปที่ 2.4 วงจรสมมูลของการเกิด PD แบบ ก) โคโรนา ข) ดิสชาร์จตามผิว

2.4.2 ธรรมชาติพัลส์ของดิสชาร์จบางส่วน

2.4.2.1 การดิสชาร์จซ้ำ

ในทางปฏิบัติ PD อาจเกิดซ้ำๆ ได้หลายครั้งในแต่ละคาบเวลาดังรูปที่ 2.5 โดยที่ V_a คือแรงดันตกคร่อมขั้วสายของอุปกรณ์, V_b คือแรงดันเบรกดาวนของโพรงก๊าซ, V_r คือแรงดันหลังเบรกดาวนของโพรงก๊าซ, V_v คือแรงดันคร่อมโพรงก๊าซ, V_v คือแรงดันคร่อมโพรงอากาศถ้าไม่มีการเกิด PD และ i_a คือกระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 แรงดันตกคร่อมโพรงก๊าซและกระแสที่ขั้วสายของอุปกรณ์ขณะเกิด PD

2.4.2.2 ลักษณะรูปร่างของกระแสดิซชาร์จบางส่วน

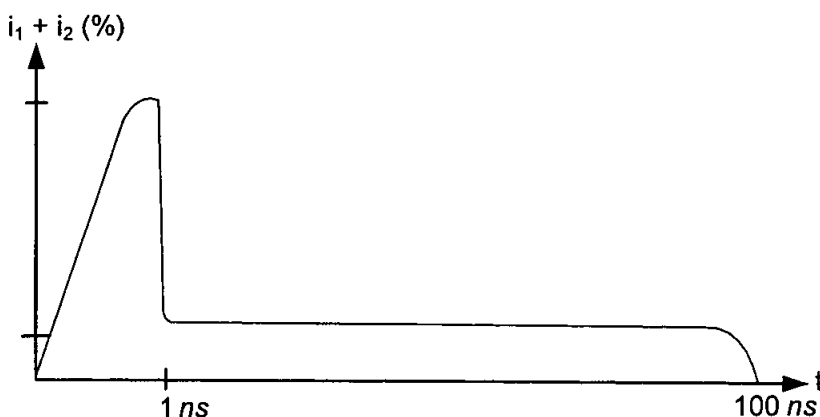
ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในแก๊ปหรือโพรงอากาศเล็ก ในทางทฤษฎีแสดงดังรูปที่ 2.6 ขณะเกิด PD กระแสที่ไหลผ่านแก๊ปจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนซึ่งเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าไอออนบวกผ่านแก๊ปสั้นๆ เมื่ออิเล็กตรอนไหลผ่านแก๊ปหมดกระแสจะลดลงอย่างรวดเร็ว กระแสที่ลดลงจะยังคงไหลต่อไปอีกเนื่องจากการเคลื่อนที่ของไอออนบวก [2] แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ จะพบว่าความกว้างของกระแสพัลส์ที่เกิดจาก PD ในฉนวนจะอยู่ในช่วงเวลา 1.5 นาโนวินาทีถึงช่วงเป็นหลัก 100 นาโนวินาที ดังนั้นกระแสพัลส์ดังกล่าวจึงมีสเปกตรัมของความถี่ที่มีแบนด์วิดท์กว้าง 10 เมกะเฮิร์ตขึ้นไป และอาจจะมีความกว้างถึง 200 เมกะเฮิร์ต ซึ่งการเกิด PD จากลักษณะการเกิดทรีอิ้ง(Treeing) ในเนื้อฉนวนจะมีช่วงเวลาของกระแสพัลส์กว้างที่สุด [3]

2.5 หลักการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน

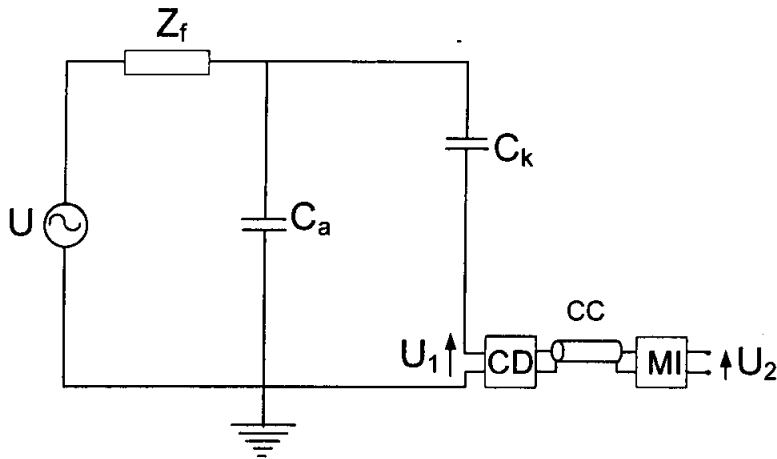
หลักการตรวจจับ PD สามารถทำได้หลายวิธี โดยการสังเกตหรือวัดผลที่เป็นปรากฏการณ์ต่างๆของ PD การวัดผลของ PD ในเชิงปริมาณที่ได้ผลที่สุดคือ การวัดผลทางไฟฟ้าโดยวิธีตรวจจับกระแสพัลส์ที่ขั้วสายของอุปกรณ์ [1]

2.5.1 วงจรพื้นฐานและการวิเคราะห์วงจรตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน

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



รูปที่ 2.6 ลักษณะรูปร่างของกระแส PD ในทางทฤษฎีสำหรับแก๊ปเล็กๆ



รูปที่ 2.7 วงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ PD

หน้าที่การทำงานและคุณสมบัติสำคัญของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังนี้

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง U ใช้ในการจ่ายแรงดันให้วงจรทดสอบและมีฟังก์ชันกำลังไฟฟ้าเพียงพอที่จะจ่ายโหลดได้ เช่น หม้อแปลงทดสอบซึ่งควรเป็นหม้อแปลงทดสอบที่ปลอดภัย PD ที่แรงดันทดสอบ เป็นต้น

2. ตัวกรองสัญญาณหรืออิมพีแดนซ์ Z_f ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่าย เช่น ฮาร์มอนิก และ PD ที่เกิดภายในหม้อแปลงทดสอบเองที่ใช้เป็นแหล่งจ่าย เป็นต้น และหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ป้องกัน PD จากวงจรทดสอบที่ไหลย้อนลงกราวด์ผ่านทางแหล่งจ่าย ตัวกรองดังกล่าวต้องทนแรงดันทดสอบได้และปราศจาก PD ที่แรงดันทดสอบ ตัวอย่างตัวกรอง เช่น ตัวเหนี่ยวนำ (High voltage inductor) หรือตัวกรองชนิดผ่านแถบความถี่ต่ำ (High voltage low-pass filter) เป็นต้น ดังนั้นในกรณีที่ใช้หม้อแปลงทดสอบปราศจาก PD ที่แรงดันทดสอบเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงจะไม่จำเป็นต้องกรองอีก

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

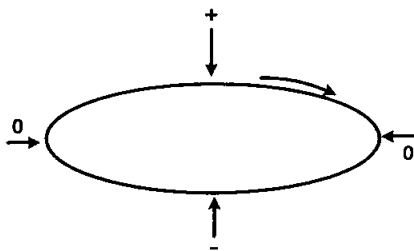
4. อุปกรณ์รับสัญญาณ CD และเครื่องมือวัด MI อุปกรณ์ทั้งสองส่วนนี้จะทำงานร่วมกันคือทำหน้าที่อินทิเกรต (Integrate) กระแสพัลส์ i_p ที่ไหลในวงจรทดสอบ เนื่องจากการเกิด PD โดยมีสายนำสัญญาณ CC เป็นสายที่เชื่อมต่อระหว่าง CD กับ MI อุปกรณ์รับสัญญาณจะทำหน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ เป็นตัวกรองกระแสความถี่ต่ำ (50 ถึง 400 เฮิรต) และฮาร์มอนิกต่างๆ จากแหล่งจ่ายแหล่งจ่ายแรงดันทดสอบไม่ให้เข้าไปที่เครื่องมือวัดได้ ส่วนเครื่องมือวัด MI จะทำหน้าที่อีก 3 ประการคือ เป็นวงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) เป็นวงจรกรองสัญญาณชนิดผ่านแถบ เพื่อลดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำที่มาจากแหล่งจ่ายแรงดันทดสอบกับสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่มาจากคลื่นวิทยุ และเป็นอุปกรณ์แสดงผล PD หลักการ

ทำงานของวงจรพื้นฐานสำหรับการตรวจจับ 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_t เพื่อนำไปแสดงผลต่อไป

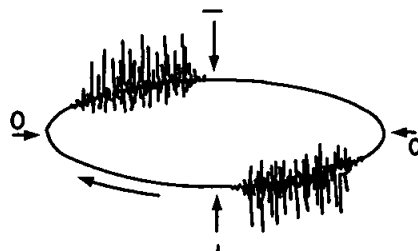
2.5.2 แสดงผลของดิสชาร์จบางส่วน

การแสดงผลหรือวัดผลของดิสชาร์จบางส่วนสามารถทำได้ทั้งทางมิเตอร์ ทางจอภาพของออสซิลโลสโคป และทางเครื่องบันทึก[2] ค่าของดิสชาร์จบางส่วนที่มาตรฐานกำหนดโดยปกติจะแสดงในเทอมของ “ประจุปรากฏ” ของ PD หรือ “ขนาดของดิสชาร์จ” (Discharge magnitude) “ q ” มีหน่วยเป็นพิโคคูลอมป์(pC) สัญญาณเอาต์พุตของเครื่องตรวจจับ PD คือ v_2 จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ q ดังนั้นค่ายอดของ v_2 คือ $v_{2(\text{peak})}$ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ q ด้วย [4] จากเหตุผลดังกล่าวการอ่านค่า q จึงนิยมอ่านจากค่ายอดของ v_2 ซึ่งอ่านได้จากจอภาพของออสซิลโลสโคป หรือมิเตอร์อ่านค่ายอดก็ได้

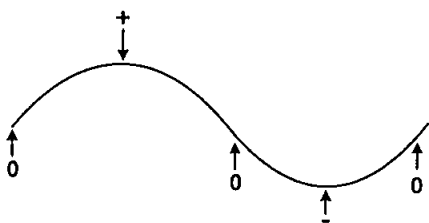
การแสดงผลของดิสชาร์จบางส่วน นิยมแสดงบนฐานเวลารูปอิลิปส์ ซึ่งมีเครื่องหมายแสดงตำแหน่งยอดบวก ยอดลบ และตำแหน่งศูนย์ของแรงดันทดสอบ ดังรูปที่ 2.8 หรือการแสดงให้เห็นรูปคลื่นพัลส์ PD ปรากฏบนฐานเวลารูปคลื่นไซน์ การแสดง PD บนฐานเวลารูปคลื่นไซน์มีผลดีที่วัดขนาดได้ถูกต้อง และสังเกตตำแหน่งที่เกิดได้แน่นอน การแสดงบนฐานเวลารูปอิลิปส์มีข้อดี คือ สามารถแยกแยะได้ว่า PD เกิดจากสาเหตุอะไร [2]



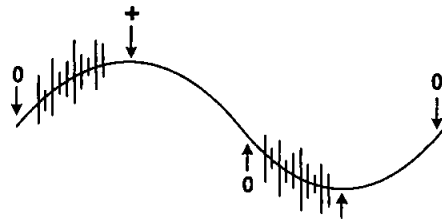
ก) ฐานเวลารูปอิลิปส์



ข) ตัวอย่าง PD บนฐานเวลารูปอิลิปส์



ค) ฐานเวลารูปคลื่นไซน์



ง) ตัวอย่าง PD บนฐานเวลารูปคลื่นไซน์

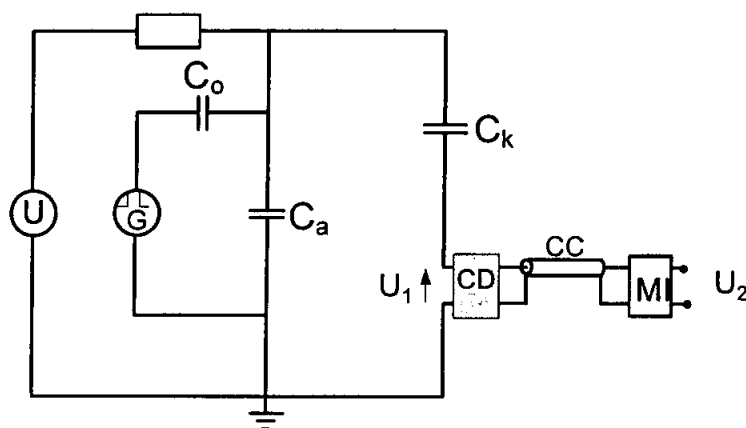
รูปที่ 2.8 การแสดงผลของดิสชาร์จบางส่วน

2.5.3 เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐาน (Discharge calibrator)

สัญญาณเอาต์พุต U_2 แปรผันตามขนาดของตัวเก็บประจุคัปปลิงและวัสดุทดสอบ จึงต้องมีการปรับเทียบด้วยค่า PD มาตรฐานก่อนทำการป้อนแรงดันเข้าวงจรทดสอบ โดยใช้เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐาน เพื่อใช้ในการจำลองการเกิด PD ด้วยการส่งผ่านกระแสพัลส์ที่มีขนาดของประจุมาตรฐาน q_0 ที่ขั้วทั้งสองของวัสดุทดสอบ ดังรูปที่ 2.9 เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดันรูปขั้น หรือแรงดันแบบสี่เหลี่ยม U_0 ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุขนาดเล็ก (Calibrating capacitor) C_0 ตามมาตรฐาน IEC 60270 กำหนดให้ $C_0 \leq 0.1C_a$ ถ้า C_0 เป็นตัวเก็บประจุแรงดันต่ำ และกำหนดช่วงเวลาขึ้น t_r ของ U_0 เป็น $t_r \leq 60\text{ns}$ [7] ในการปรับเทียบต้องพิจารณาผลของค่าความจุไฟฟ้าสเตรย์ C_e ด้วย คือ ต้องทำให้ $C_0 \gg C_e$

2.6 เทคนิคการวัดดิสชาร์จบางส่วน

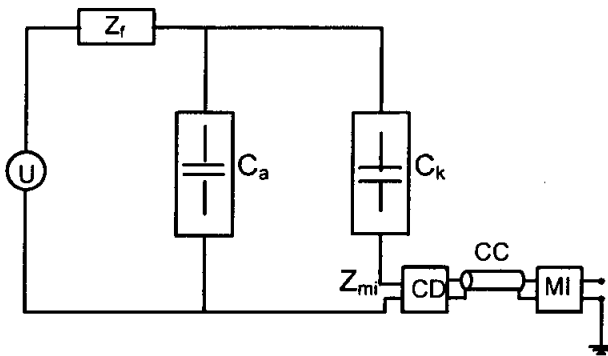
โดยปกติวัสดุทดสอบทั่วไป อาจแทนได้ด้วยตัวเก็บประจุชนิดองค์ประกอบแบบลัมปีหรือตัวเก็บประจุธรรมดา วงจรทดสอบ PD ตามมาตรฐานต่างจะมีลักษณะเช่นเดียวกัน ในที่นี้ใช้วงจรทดสอบตามมาตรฐาน IEC [4] โดยรูปที่ 2.10 ก) และรูปที่ 2.10 ข) เป็นวงจรทดสอบแบบวีธีตรง ข้อดีของวงจรรูปที่ 2.10 ก) และวงจรรูปที่ 2.10 ข) คือ ขั้วแรงดันต่ำของวัสดุทดสอบต่อลงกราวด์โดยตรง ในกรณีที่วัสดุทดสอบเกิดการเบรกดาวนั อุปกรณ์รับสัญญาณจะไม่ได้รับความเสียหายและเหมาะสมสำหรับทดสอบวัสดุที่มีขั้วแรงดันต่ำหรือซีลด์หรือ Screen ขนาดใหญ่ เช่น เคเบิล เป็นต้น เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่ซีลด์ของเคเบิลจะต่อลงกราวด์โดยตรง ในรูปที่ 2.10 ค) เป็นวงจรทดสอบแบบสมดุลวงจรแบบนี้จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องการลดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากแหล่งจ่ายหรือสัญญาณแบบคอมมอนโหมด (Common mode) ในรูปที่ 2.10 ง)



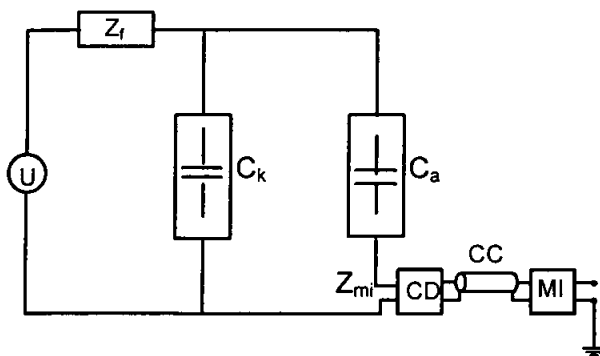
รูปที่ 2.9 วงจรสำหรับการปรับเทียบ

เป็นวงจรทดสอบแบบแยกขั้วสัญญาณได้ (Polarity discrimination) มีข้อดี เช่นเดียวกับวงจรทดสอบแบบสมดุ แต่มีความสามารถเพิ่มเติมในการแยกขั้วสัญญาณรบกวนภายนอกออกจาก PD ภายในวงจรทดสอบได้ แต่ข้อเสียของวงจรในรูปที่ 2.10 ข), 2.10 ค) และ 2.10 ง) คือ อาจทำให้เครื่องวัดได้รับความเสียหายในกรณีที่วัสดุทดสอบเกิดการเบรกดาวน และ ไม่เหมาะในการทดสอบวัสดุทดสอบที่มีซิลด์ขนาดใหญ่ เนื่องจากซิลด์ไม่ได้ต่อลงกราวด์โดยตรง ดังนั้นถ้ามีสัญญาณรบกวนที่มีซิลด์จะทำให้ความไวในการวัด PD ลดลง

การเปรียบเทียบวงจรทดสอบโดยปกติจะทำก่อนการป้อนแรงดันทดสอบเข้าวงจรทดสอบ โดยใช้เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานในการป้อนกระแสพัลส์สั้นๆ ที่มีประจุ (Pulse area) q_{cal} ซึ่งทราบค่าที่แน่นอนที่ขั้วทั้งสองของวัสดุทดสอบ ถ้าเครื่องตรวจจับ PD อ่านค่า PD ได้ a_1 ดังนั้น Scale factor $K_1 = q_{cal}/a_1$ หลังจากทำการปรับเทียบเสร็จแล้วต้องเอาเครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานออกก่อนการป้อนแรงดันเข้าวงจรทดสอบ (ในกรณีนี้ C_0 เป็นตัวเก็บประจุแรงดันต่ำ) ขณะทำการทดสอบที่แรงดันมาตรฐานกำหนด ถ้าในขณะนั้นเครื่องตรวจจับ PD อ่านค่าได้ a_2 ดังนั้นประจุที่ปรากฏของ PD คือ $K_1 a_2$ และความไวของวงจรทดสอบ $q_{min} = 2K_1 h_n$ เมื่อ h_n คือ ค่าสูงสุดของระดับสัญญาณรบกวนพื้นหลัง (Background Noise) ที่อ่านจากเครื่องตรวจจับ PD หลังการปรับเทียบก่อนการจ่ายแรงดันให้วงจรทดสอบ[4]

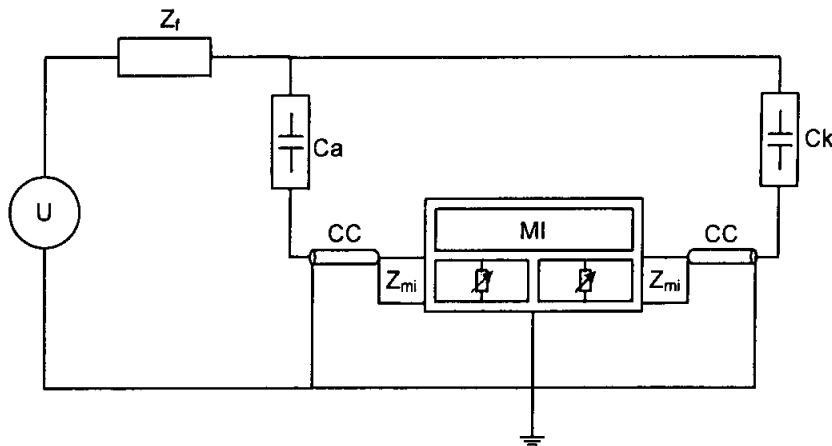


ก)

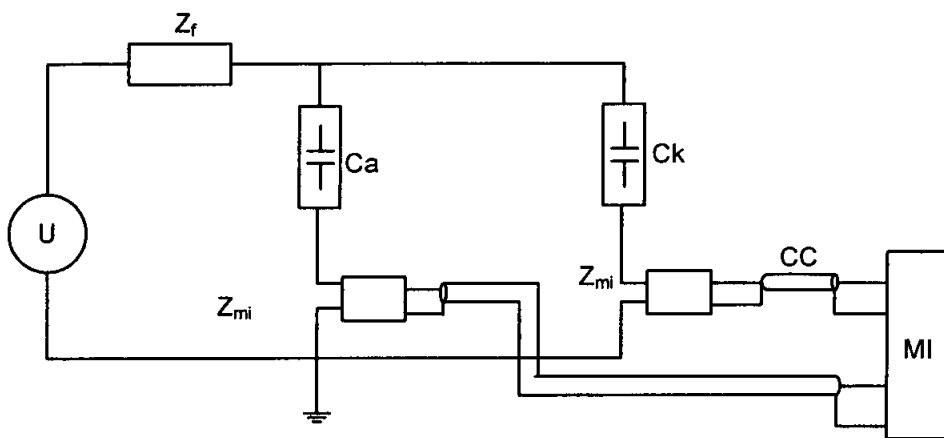


ข)

รูปที่ 2.10 วงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบต่างๆ



ก)



ง)

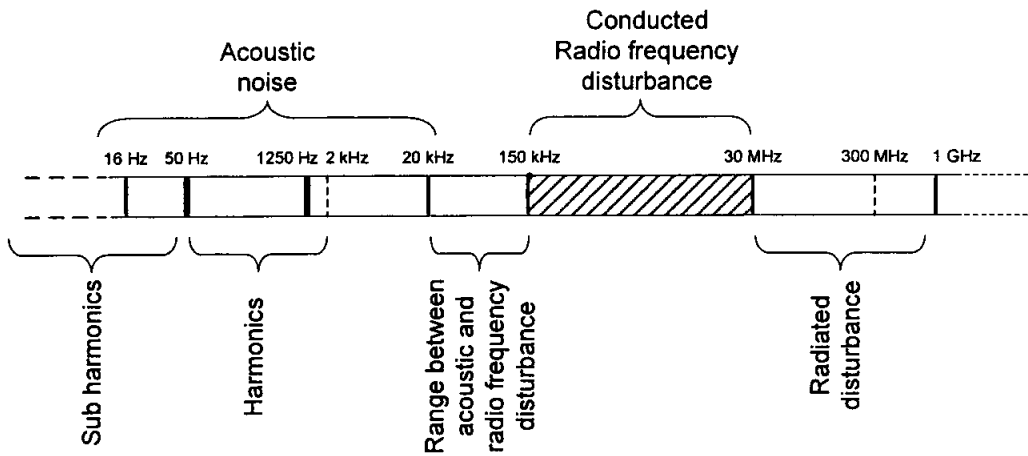
รูปที่ 2.10(ต่อ) วงจรทดสอบดิสซาร์จบางส่วนแบบต่างๆ

2.7 ทฤษฎีสัญญาณรบกวน [5]

สัญญาณรบกวน (Disturbance) เมื่อเกิดขึ้นจะทำให้การทำงานของอุปกรณ์ (device) เครื่องมือ (equipment) หรือระบบ (system) มีความผิดพลาดหรือเกิดความเสียหายได้ ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่เกิดสัญญาณรบกวนดังกล่าวก่อให้เกิดความผิดพลาดในการทำงานหรือเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ (device) เครื่องมือ (equipment) หรือระบบ (system) สัญญาณรบกวน (disturbances) ซึ่งก็หมายถึงสัญญาณที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในระบบนั่นเอง

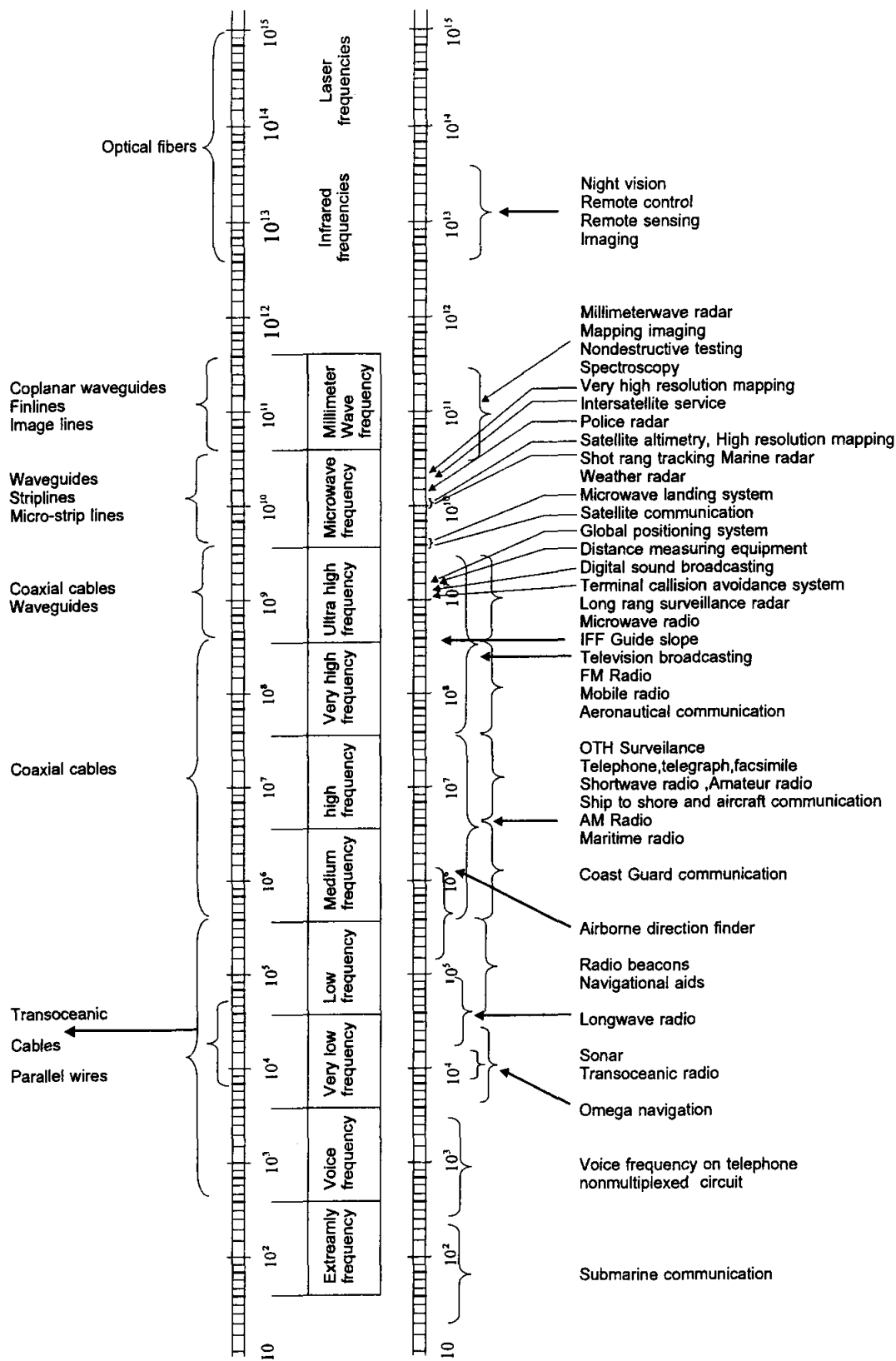
โดยทั่วไปสัญญาณรบกวน สามารถแบ่งออกได้หลายรูปแบบตามพิสัยความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 สัญญาณรบกวนที่ความถี่ในพิสัย 0 Hz ถึงประมาณ 2000 Hz จะจัดอยู่ในพิสัยการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำหรือที่นิยมเรียกกันว่า "ฮาร์โมนิก" ซึ่งจะมีผลทำให้สัญญาณรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้ากำลังมีความผิดเพี้ยนไปจากสัญญาณไซน์และนอกจากนั้นยังเพิ่มความสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังอีกด้วย

ในปัจจุบันความถี่ฮาร์มอนิก (Harmonics) ได้ขยายพิสัยให้ครอบคลุมถึงพิสัยความถี่ 1.25 kHz ถึง 150 kHz บ้างแล้ว



รูปที่ 2.11 พิสัยความถี่ของสัญญาณรบกวน

ส่วนพิสัยความถี่ของสัญญาณรบกวน หรือบางครั้งจะเรียกแทนว่าการรบกวนความถี่วิทยุ (Radio frequency disturbance) จะจัดอยู่ในการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูง โดยเริ่มพิจารณาความถี่ตั้งแต่ 150 kHz ถึง 1GHz สามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบด้วยกัน คือ ที่ความถี่ตั้งแต่ 150 kHz ถึง 30MHz จะพิจารณาว่าเป็นสัญญาณรบกวนทางสายตัวนำ (Conducted) และพิสัยความถี่ตั้งแต่ 30 MHz ถึง 1GHz จะพิจารณาว่าเป็นสัญญาณรบกวนทางอากาศ (Radiated) ซึ่งทั้งสองแบบจะมีรูปแบบในการรบกวนและวิธีในการตรวจจับสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าไม่เหมือนกัน อย่างไรก็ตามโดยแท้จริงแล้วคำว่า “การรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า” กับ “การรบกวนความถี่วิทยุ” จะไม่สามารถนำมาใช้แทนกันได้ เพราะการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นเพียงส่วนหนึ่งในพิสัยความถี่วิทยุเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 2.12 กล่าวในทำนองเดียวกัน สำหรับการแก้ปัญหาฮาร์มอนิก หรือการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของระบบหรือวงจรใดๆก็ตาม ไม่ได้หมายความว่า จะเป็นการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าแต่อย่างใด สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน (source) ผ่านตัวกลาง (coupling) ไปยังตัวรับผลกระทบ (receptor) ซึ่งตัวรับผลกระทบดังกล่าวอาจจะหมายถึง อุปกรณ์ เครื่องมือหรือระบบก็ได้

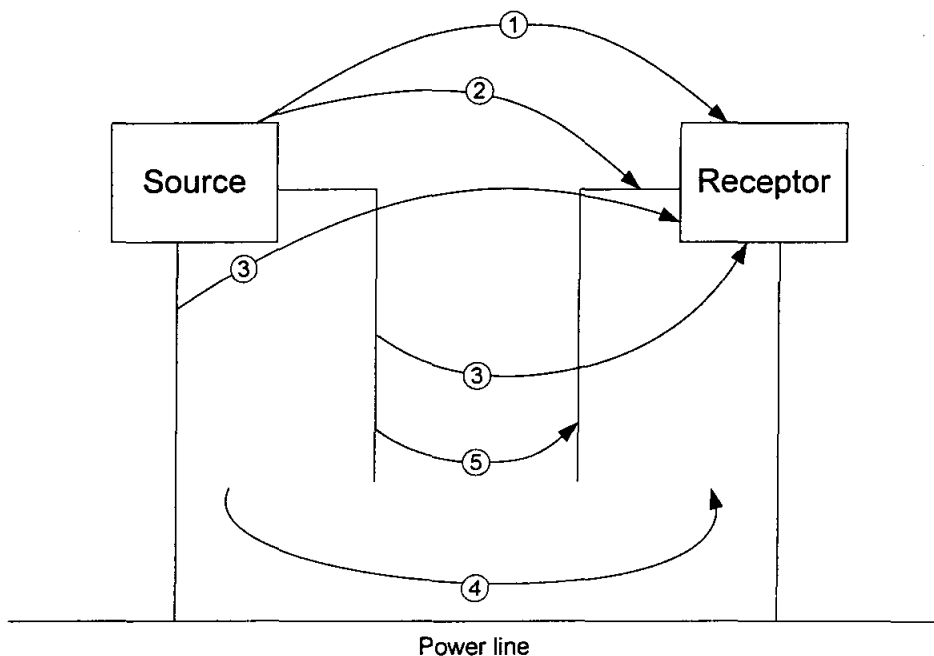


รูปที่ 2.12 สเปกตรัมและการประยุกต์ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า

2.7.1 รูปแบบการรบกวนของสัญญาณรบกวน

รูปที่ 2.13 แสดงรูปแบบการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนไปยังตัวรับผลกระทบ ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

- ก) แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนแผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยผ่านทางอากาศไปยังตัวรับผลกระทบโดยตรง (รูปแบบที่1)
- ข) แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนแผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยผ่านทางอากาศไปยังสายเคเบิลกำลัง/สัญญาณ/ควบคุม ที่เชื่อมต่อกับตัวรับผลกระทบ โดยที่สายเคเบิลดังกล่าวจะเป็นตัวนำสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นไปยังตัวรับผลกระทบ (รูปแบบที่2)
- ค) สายเคเบิลกำลัง/สัญญาณ/ควบคุม ที่ต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนเป็นตัวแผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังตัวรับผลกระทบ (รูปแบบที่3)
- ง) สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนส่งผลกระทบไปยังตัวรับผลกระทบโดยผ่านทางสายเคเบิลกำลัง/สัญญาณ/ควบคุม ที่เชื่อมต่อกันกับตัวรับผลกระทบ (รูปแบบที่4)
- จ) สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในสายเคเบิลกำลัง/สัญญาณ/ควบคุม ที่ต่ออยู่กับแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน เหนี่ยวนำไปยังสายเคเบิลกำลัง/สัญญาณ/ควบคุม ที่ต่ออยู่กับตัวรับผลกระทบโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสายดังกล่าวอยู่ใกล้ชิดกันมากเท่าไรก็จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตัวรับผลกระทบมากขึ้นเท่านั้น (รูปแบบที่ 5)

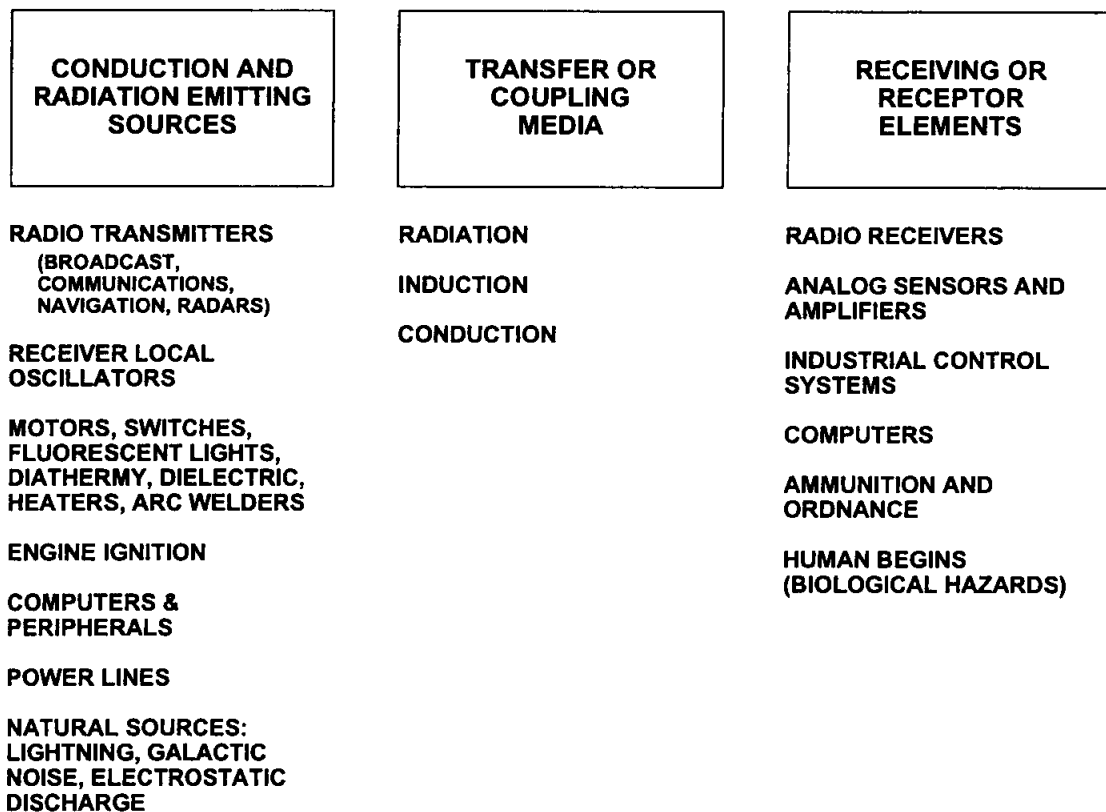


รูปที่ 2.13 รูปแบบการรบกวนของสัญญาณรบกวน

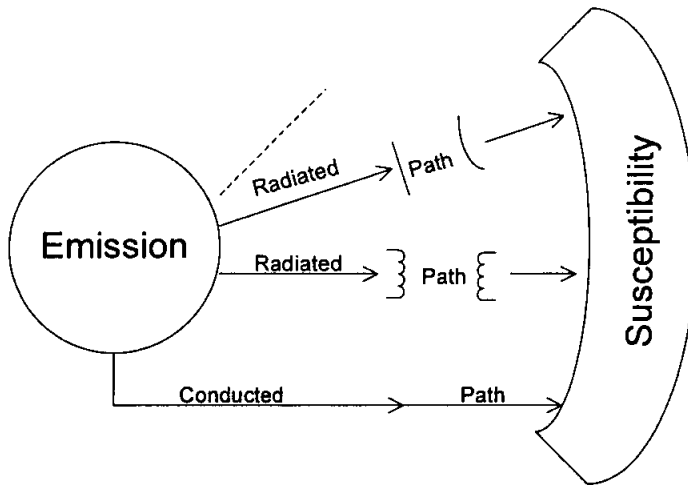
สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากตัวกำเนิดสัญญาณรบกวนที่มีขนาดเกินกว่าภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic field immunity) ของตัวรับผลกระทบที่สามารถทนได้ ก็จะทำให้ตัวรับผลกระทบนั้นเกิดความเสียหายหรือเกิดความผิดพลาดในการทำงานขึ้นซึ่งนั้นก็หมายถึงการไม่สามารถเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นคำว่า “ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility) หรือ EMC” ก็จะหมายถึงความสามารถของตัวรับผลกระทบ (อุปกรณ์ เครื่องมือ ระบบ) ที่สามารถทำงานได้โดยปกติในสิ่งแวดล้อมแม่เหล็กไฟฟ้า และในขณะเดียวกันตัวรับผลกระทบดังกล่าวจะต้องไม่ก่อให้เกิดการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่มากเกินไปเกินภูมิคุ้มกันสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทนได้ของ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรือระบบอื่นๆด้วย

2.7.2 หลักการพื้นฐานของการเกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า

สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้างแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 องค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณรบกวน



รูปที่ 2.15 หลักการเชื่อมต่อของสัญญาณรบกวน

รูปที่ 2.14 ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน (Disturbance) เส้นทางเดินของสัญญาณรบกวน (Coupling path) และตัวรับผลกระทบ (receptor) โดยที่การส่งผ่านสัญญาณรบกวนของแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนอาจจะอยู่ในรูปของแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าในสายตัวนำ สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กที่แผ่กระจายไปทางอากาศก็ได้ตัวอย่างของทั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนและตัวรับผลกระทบได้แสดงไว้เช่นกันและจะสังเกตเห็นได้ว่าเครื่องมือหรือระบบบางแบบจะเป็นได้ทั้งแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนและตัวรับผลกระทบ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เส้นทางเดินของสัญญาณรบกวนระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนไปยังตัวรับผลกระทบสามารถแบ่งออกได้เป็นสองรูปแบบด้วยกันคือ

- การแผ่กระจาย (Radiation) หรือการเชื่อมต่อโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศหรือวัตถุอื่นๆ

- การเชื่อมต่อผ่านทางสายตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

2.7.3 การเกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างระบบและภายในระบบ

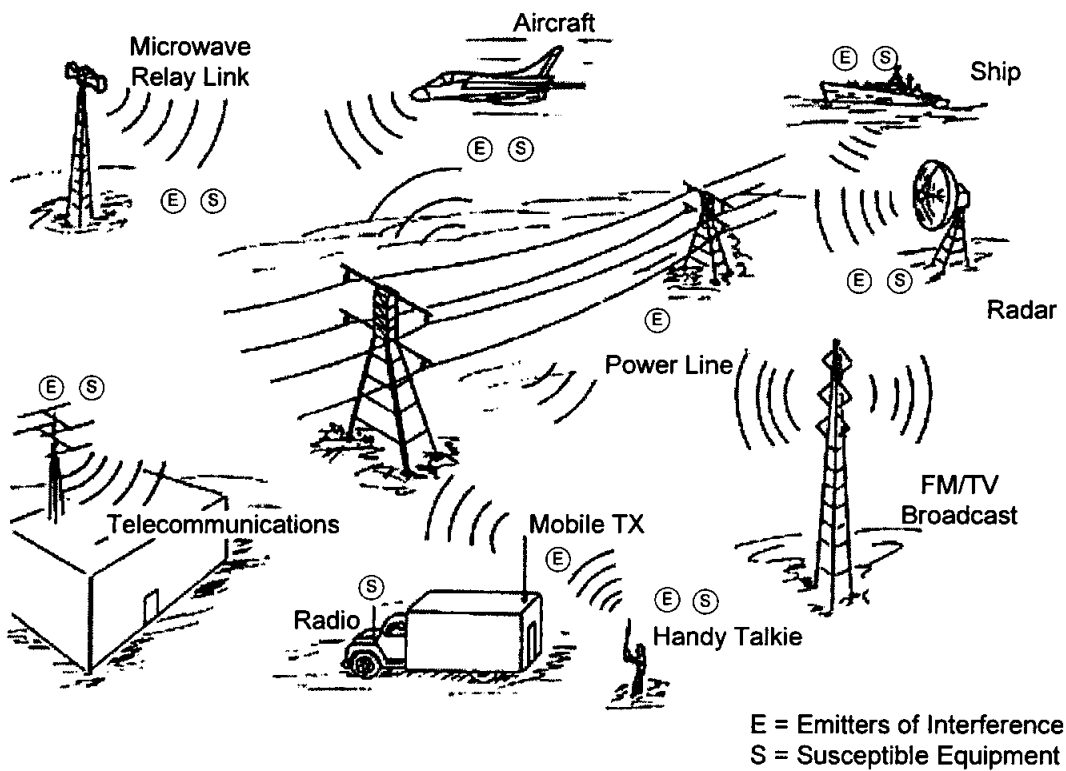
รูปแบบในการเกิดสัญญาณรบกวน จะสามารถแบ่งออกได้เป็นสองรูปแบบ กล่าวคือ ถ้าเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นระหว่างระบบใดๆ ตั้งแต่สองระบบขึ้นไปจะเรียกการรบกวนดังกล่าวว่าเป็นการรบกวนกันระหว่างระบบ (Intersystem) ในทำนองเดียวกัน ถ้าเป็นการรบกวนกันระหว่างองค์ประกอบภายในที่อยู่ในระบบเดียวกันจะเรียกการรบกวนดังกล่าวว่าเป็นการรบกวนภายในระบบ (Intrasystem)

ก) การเกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างระบบ (Intersystem)

รูปที่ 2.16 แสดงรูปแบบการเกิดสัญญาณรบกวนระหว่างระบบ ซึ่งแต่ละระบบจะทำงานที่ความถี่ไม่เท่ากัน พิสัยความถี่ในการทำงานจะอยู่ระหว่างความถี่ไฟฟ้ากำลังไปจนกระทั่งถึงความถี่ในย่านไมโครเวฟ (50/60 Hz ~ GHz) พิกัดกำลังไฟฟ้าจะมีขนาดตั้งแต่ไม่กี่วัตต์ไปจนกระทั่งถึงระดับเมกกะวัตต์ ดังนั้นเพื่อให้ระหว่างระบบเกิดความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าจึงต้องมีการควบคุมสัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบต่างๆให้เหมาะสม

อย่างไรก็ตามการควบคุมดังกล่าวไม่สามารถกระทำได้โดยองค์กรใดหรือหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่งเท่านั้น แต่ต้องหมายถึงการร่วมมือกันของสมาคมอุตสาหกรรม (Industrial association) หน่วยงานอิสระ (Voluntary regulation) และรัฐบาลโดยการออกกฎหมายควบคุม จนกระทั่งถึงข้อตกลงระหว่างประเทศ

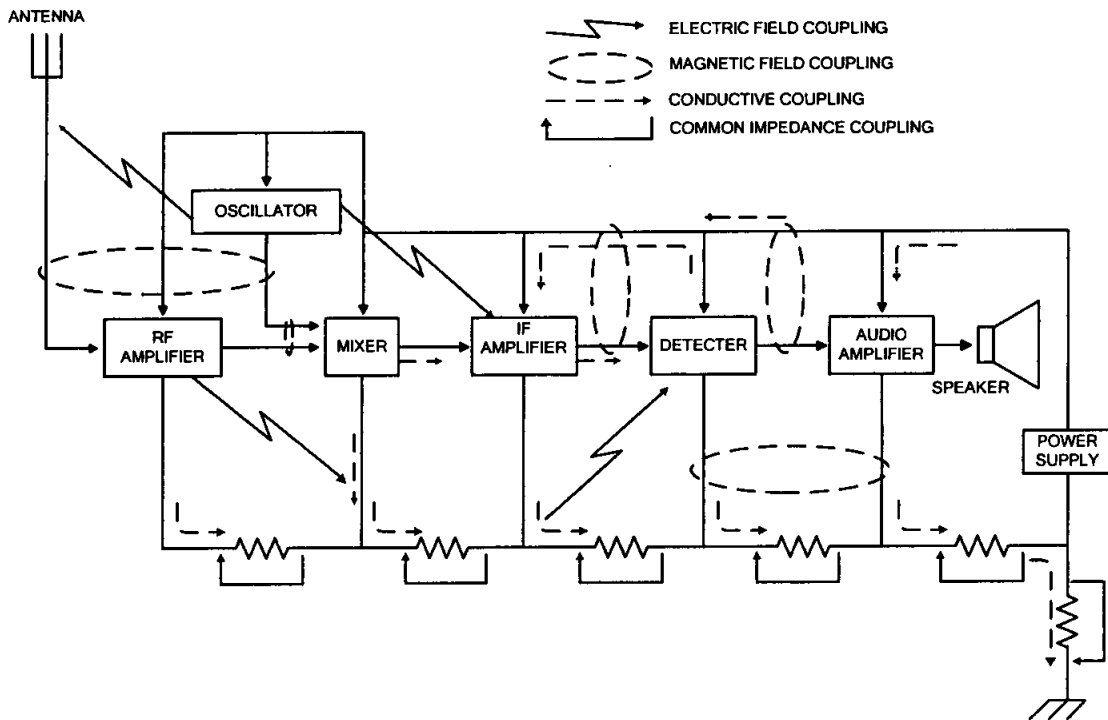
โดยทั่วไปแล้วการเกิดสัญญาณรบกวนระหว่างระบบมักจะเป็นการแผ่กระจายทางอากาศ เช่น ผ่านทางสายอากาศไปยังสายอากาศ (antenna-to-antenna) หรือจากสายอากาศไปยังสายตัวนำเป็นต้น



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการเกิดสัญญาณรบกวนระหว่างระบบ

ข) การเกิดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าภายในระบบ (Intrasystem)

การเกิดสัญญาณรบกวนภายในระบบก็จะเหมือนกับการรบกวนกันเองอยู่แต่เฉพาะภายในระบบเท่านั้น (Self-jamming) ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นภายในระบบ รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบตัวอย่างการเกิดสัญญาณรบกวนภายในระบบ จากตัวอย่างดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนอาจจะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ (transient voltage) หรือสไปร์คของกระแสไฟฟ้า (current spike) ที่มาตามสายตัวนำ ซึ่งสไปร์คของกระแสไฟฟ้างกล่าวอาจจะอยู่ในรูปของไฟฟ้า (electrically) ซึ่งสามารถแทนให้อยู่ในรูปของตัวเก็บประจุ (capacitive) หรืออยู่ในรูปของแม่เหล็ก (magnetically) ก็จะแทนให้อยู่ในรูปของตัวเหนี่ยวนำ (inductively) โดยที่ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำเหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมต่อในการนำสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสายเคเบิลที่มีสัญญาณรบกวนให้สามารถส่งผ่านสัญญาณรบกวนดังกล่าวไปยังสายเคเบิลที่ไม่มีสัญญาณรบกวนนั่นเอง ดังได้แสดงรูปแบบการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.15 สำหรับการควบคุมสัญญาณรบกวน สำหรับการรบกวนภายในระบบนั้นจะแตกต่างจากการควบคุมระหว่างระบบกล่าวคือ การควบคุมดังกล่าวสามารถทำได้ด้วยวิศวกรผู้ทำหน้าที่ในการออกแบบระบบหรือเครื่องมือดังกล่าว [5]



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการเกิดสัญญาณรบกวนภายในระบบ

2.8 การวิเคราะห์สัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนมีความสำคัญต่อการวัดดิซาร์จ ถ้าหากเกิดขึ้นตลอดเวลาและสม่ำเสมอ (Background noise) จะทำให้ประสิทธิภาพความไวในการวัดดิซาร์จลดลง นั่นคือทำให้ระดับต่ำที่สุดที่สามารถวัดดิซาร์จได้ จะสูงกว่าระดับของ Background noise เท่านั้น บางครั้งค่าชนิดนี้อาจจะเพิ่มขึ้นตามแรงดันทดสอบ ทำให้สัดส่วนของความไวของเครื่องมือทดสอบลดลง ในกรณีอื่นๆ ดิซาร์จอาจเกิดขึ้นจากส่วนต่างๆของวงจรทดสอบเมื่อแรงดันทดสอบเพิ่มขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบเข้าใจผิดคิดว่าเกิดจากตัววัสดุทดสอบ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องลดสัญญาณรบกวนให้น้อยลง พร้อมกับใช้เครื่องมือวัดที่มี CRO (Cathode ray oscilloscope) ด้วยเพื่อให้มีโอกาสสูงสุดในการแยกแยะระหว่างสัญญาณรบกวนและดิซาร์จจริงๆที่อยู่ในตัว Test object [6]

รูปแบบพื้นฐานของสัญญาณรบกวนมีดังนี้

1. สัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายแรงดันทดสอบ
2. สัญญาณรบกวนจากระบบกราวด์
3. สัญญาณรบกวนจากการทดสอบแรงดันสูงอื่นๆ หรือการกระจายของแม่เหล็กไฟฟ้า
4. สัญญาณรบกวนจากดิซาร์จในวงจรทดสอบ
5. สัญญาณรบกวนจากจุดต่อร่วมในวงจรทดสอบ (Contact noise) หรือ Test object ไม่ดี

2.8.1 Main interference

การกำจัดสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายแรงดันใช้งาน ทำได้โดยใส่ฟิลเตอร์เข้าไปในระบบ ฟิลเตอร์นี้จะต้องลดทอนสัญญาณรบกวนในช่วงความถี่ของเครื่องมือวัด (Bandwidth of PD detector) ยอมให้เฉพาะย่านความถี่ต่ำของแรงดันทดสอบผ่านเท่านั้น

2.8.2 สัญญาณรบกวนจากระบบกราวด์

เมื่อต่อกราวด์ไม่ได้ที่จุดๆ เดียวกันจะทำให้เกิดกราวด์ลูบมีผลทำให้ค่าที่ได้จากการวัดผิดเพี้ยนได้ แก้ไขโดยจัดให้จุดต่อกราวด์ให้เหมาะสมที่จุดๆเดียว

2.8.3 สัญญาณรบกวนจากดิซาร์จในวงจรทดสอบ

- แหล่งจ่ายแรงสูงในวงจรทดสอบ คือ หม้อแปลงทดสอบ โดยมากแล้วดิซาร์จในวงจรที่เกิดจากหม้อแปลงทดสอบนี้สามารถใช้เครื่องวัดตรวจวัดได้ สำหรับการวัดดิซาร์จเราต้องการหม้อแปลงที่ปราศจากดิซาร์จ หรือใช้วิธีอื่นได้อีกเช่น ใช้วงจรทดสอบแบบบาลานซ์ใช้ฟิลเตอร์

- จากสายต่อแรงสูงขนาดไม่เหมาะสม ทำให้เกิดโคโรนาขึ้นที่จุดแหลมคมบนสายต่อได้ สายต่อนี้ควรจะเป็นทรงกระบอกหรือทรงกลมที่เรียบสม่ำเสมอมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพียงพอเพื่อป้องกันโคโรนาเมื่อขึ้นแรงดันทดสอบ โครงสร้างที่เป็น Toroid จะมีคุณสมบัติที่

ดีกว่าทรงกลมที่ว่า สายต่อแรงดันสูง (รูปทรงกระบอก) สามารถต่อได้โดยไม่ต้องมีการต่อทำซ้ำ พิเศษ ดิสชาร์จที่มีค่าน้อยๆบนแหล่งจ่ายแรงดันสูงจะถูกทำให้หายไปโดยใช้วงจรทดสอบแบบบาลานซ์หรือใช้วงจรกรองที่ปลายด้านป้อนแรงดันสูง ถ้าหากใช้วงจรกรองสัญญาณรบกวนจุดต่อของตัวกรองสัญญาณรบกวนจะต้องมีลักษณะโค้งมนเพื่อป้องกันโคโรนาที่จะเกิดจากตัวกรองสัญญาณรบกวนเอง เราสามารถหาแหล่งกำเนิดโคโรนาได้โดยใช้ Ultrasonic Detector

- Coupling Capacitor (C_k) จะต้องเป็นชนิด discharge free ในกรณีที่ใช้ Test Object 2 ตัวที่เหมือนกัน (Difference Circuit) โดยเราจะให้ Test Object ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น C_k โดยอัตโนมัติ

2.8.4 สัญญาณรบกวนจากจุดต่อร่วมในวงจรทดสอบ (Contact noise)

สัญญาณรบกวนนี้เกิดจากจุดต่อไม่ดีหรือการต่อกราวด์ไม่ดีตำแหน่งของสัญญาณรบกวนแบบนี้จะเกิดขึ้นที่จุดศูนย์ของรูปคลื่นไซน์ของแหล่งจ่าย 50 Hz สามารถแยกแยะได้ว่าเป็นสัญญาณรบกวนจากจุดต่อไม่ดีหรือจุดต่อกราวด์ไม่ดี Contact noise ใน Test Object จุดสัมผัสที่เคลื่อนที่ได้ สามารถเกิดขึ้นได้ภายในตัว Test Object เอง ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ คาปาซิเตอร์ ที่ประกอบด้วยการเอา Foil แต่ละชั้นมาต่อกันด้วยแรงอัด โดยไม่มีการเชื่อม

สายเคเบิลแบบฉนวนด้วยพลาสติก Contact noise อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากชั้นของสารกึ่งตัวนำที่อยู่ระหว่างฉนวนกับเหล็ก (Metal sheath) ถ้าเครื่องวัดสามารถแยกแยะสัญญาณได้ไม่เพียงพอ ดิสชาร์จที่วัดได้จะรวม Noise impulse เข้าไปด้วย ดังนั้นที่แรงดันทดสอบระดับของสัญญาณรบกวนจะสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้ สำหรับ discharge impulse ในกรณีของ Noise impulse ชนิดนี้ สามารถทำให้ลดลงได้โดยเพิ่มความสามารถในการแยกแยะสัญญาณของวงจรวัด (นั่นคือลดขนาดของ Detection Impedance) ถึงแม้ว่าตามทฤษฎี ความไวของวงจรทดสอบเมื่อยังไม่มีแรงดันจะถูกทำให้ลดลง

รายการที่ต้องตรวจสอบจะแสดงถึงความยากในการทำให้ทราบว่าสัญญาณอิมพัลส์ที่เห็นนั้น จะไม่ใช่ที่เกิดจากสัญญาณรบกวน ถึงแม้ว่าจะวิเคราะห์รูปแบบสัญญาณได้ว่าเป็นสัญญาณรบกวน ก็ยังยากที่จะตรวจจับและหาตำแหน่งที่มาของสัญญาณรบกวนเป็นข้อควรปฏิบัติเมื่อทำการทดสอบดิสชาร์จ (โดยเฉพาะวงจรที่ไม่รู้จักหรือวงจรใหม่) จะต้องสังเกตแหล่งที่เป็นไปได้ที่จะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณรบกวน สำหรับดิสชาร์จภายนอกบริเวณทดสอบสามารถชี้ตำแหน่งที่เกิดได้ โดยใช้ไมโครโฟนแบบทิศทาง เพื่อรับสัญญาณ Ultrasonic ที่อยู่ในช่วง 36 – 44 Hz มาแปลงเป็นสัญญาณเสียง

วิธีทดสอบวงจรวัด ให้ใช้ Test Object ที่ไม่มีดิสชาร์จต่อเข้าในวงจรทดสอบ อย่างไรก็ตามหลังจากที่พิสูจน์แล้วว่า วงจรทดสอบปราศจากดิสชาร์จแล้ว เราจึงทำการ Test Object จริงๆเข้าในวงจรทดสอบสัญญาณรบกวนก็อาจเกิดขึ้นได้อีก [6]

ตารางที่ 2.1 ต่อไปนี้จะแสดงรายการที่ต้องตรวจสอบ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน

	แหล่งที่มาสัญญาณรบกวน	สิ่งที่ต้องควบคุม
จากภายนอก	แหล่งป้อนแรงดันให้เครื่องวัดหรือหม้อแปลงทดสอบ	ใส่ฟิลเตอร์แหล่งจ่ายแรงดันก่อนเข้าเครื่องวัด, ใส่ฟิลเตอร์จุดออกของหม้อแปลงไปยัง test object หรือวงจรแบบบาลานซ์
	การทดสอบแรงดันสูงจากที่อื่น	ชิลด์ หรือกำจัดแหล่งกำเนิด
	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, สัญญาณรบกวนวิทยุ	ชิลด์, ใช้เครื่องมือวัดที่มีแบนวิทต่ำกว่า 100 KHZ, ใส่ฟิลเตอร์ในวงจรวัด
	ดิสชาร์จที่ถูกเหนี่ยวนำ	กำจัดต้นเหตุ, ชิลด์
จากภายในวงจรทดสอบ	แหล่งป้อนแรงดันสูง	ใช้หม้อแปลงไม่มีดิสชาร์จ, ใส่ฟิลเตอร์จุดป้อนแรงดันสูง, ใช้วงจรวัดแบบบาลานซ์
	สายป้อนแรงดันสูง	ใช้สายไม่มีดิสชาร์จ, ใส่ฟิลเตอร์ก่อนต่อไปยัง Test Object, ใช้วงจรวัดแบบบาลานซ์
	Coupling Capacitor (C_k)	ใช้ C_k ที่ไม่มีดิสชาร์จ, ใช้วงจรวัดแบบ Test Object 2 ตัวพร้อมกัน
	จุดปลายต่อ, ดิสชาร์จจากปลายเคเบิล, บุชชิ่ง ฯลฯ	จุดปลายต่อ, ปลายเคเบิล, จะต้องไม่มีดิสชาร์จ, ใช้วงจรวัดแบบบาลานซ์
จากจุดต่อ, สัมผัส	สัญญาณรบกวนจากจุดต่อในวงจรทดสอบ	จุดต่อในวงจรและจุดต่อกราวด์ต้องแน่น
	จุดต่อ Foil กับขั้วต่อคาปาซิเตอร์	ป้อน Impulse Current ด้วยวิธีป้อนแรงดันกระแสตรงเข้าไปในคาปาซิเตอร์ แล้วลัดวงจรคาปาซิเตอร์นั้นๆ
	สัญญาณรบกวนจากจุดต่อในบุชชิ่ง, ตัวเปลี่ยนแทป, จุดกราวด์แกนเหล็กในตัวหม้อแปลง	ก่อนทดสอบให้ตรวจสอบก่อน
	จุดต่อระหว่างชั้นของสารกึ่งตัวนำกับ Metallic sheath ของเคเบิล	ใช้เครื่องวัดที่มี Smaller time content (= higher resolution)

2.9 การวัดสัญญาณรบกวน

มีขั้นตอนดังนี้

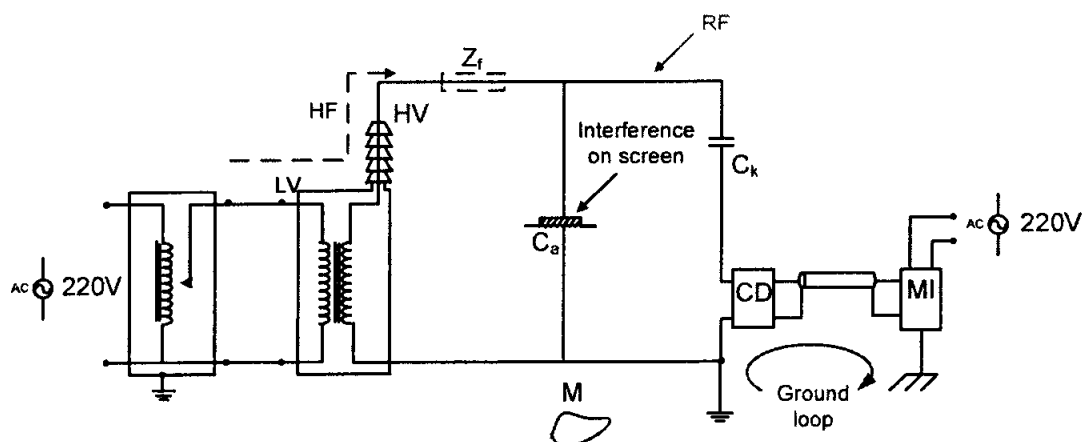
1. สัญญาณรบกวนสามารถอ่านได้จากเครื่องวัด เมื่อยังไม่ขึ้นแรงดันทดสอบ
2. ถ้าระดับสัญญาณรบกวนเกิน 50% ของขนาดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้กำหนดไว้ จะไม่สามารถทำการทดสอบต่อไปได้จนกว่าจะทำการลดสัญญาณรบกวนลง
3. ไม่สามารถที่จะทำให้สัญญาณรบกวนเป็นศูนย์ได้ในการวัดดิสชาร์จบางส่วน [7]

2.10 เทคนิคการลดสัญญาณรบกวน

เนื่องจากสัญญาณ PD มีขนาดเล็ก ดังนั้นในการทดสอบ PD สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นย่อมมีผลต่อค่าที่วัดได้ แต่เราสามารถลดสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยลงเพื่อให้วงจรทดสอบมีความไวสูงขึ้นได้

2.10.1 สัญญาณรบกวนที่มีผลกระทบในการวัดดิสชาร์จบางส่วน

สัญญาณรบกวนประกอบด้วย สัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางอากาศ และทางแหล่งจ่าย นอกจากนี้ยังมีสัญญาณรบกวนเนื่องจากการดิสชาร์จของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะและวางอยู่ใกล้วงจรทดสอบ หรือการวัดไม่ถี่ การเกิดกราวด์ลูปและเกิดสัญญาณออสซิลเลตเนื่องจากการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ไม่ถี่หรือหลวม เป็นต้น รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างสัญญาณรบกวนที่ตำแหน่งต่างๆ

โดยที่	HF	คือ สัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เข้ามาจากแหล่งจ่ายได้แก่ ฮาร์มอนิกสูงๆ จากเมนโดยตรง จากอุปกรณ์พวกริซิสเตอร์ และ PD จากหม้อแปลงทดสอบ เป็นต้น
	RF	คือ คลื่นรบกวนวิทยุซึ่งอาจจะเป็นคลื่นวิทยุโดยตรง คลื่นรบกวนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันสูง หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่อยู่ใกล้เคียง
	EMP	คือ สัญญาณรบกวนจากการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก มีลักษณะเป็นพัลส์ เนื่องจากการทำงานของริซิสเตอร์ หรือ การดิสชาร์จประจุ
	Interference	คือ สัญญาณรบกวนที่ซัลด์ หรือสกรีนที่ขั้วแรงดันต่ำของวัสดุ on screen ที่มีซัลด์ขนาดใหญ่ เช่น เคเบิล เป็นต้น
	Ground loop	คือ การเกิดครบวงรอบของสายดิน
	Underground	คือ เกิดดิสชาร์จของโลหะที่ไม่ได้ต่อลงดินวางอยู่ใกล้วงจรทดสอบ
	M	คือ การดิสชาร์จของพวกโลหะที่ไม่ได้ต่อลงดินวางอยู่ใกล้วงจรทดสอบ

2.10.2 การลดสัญญาณรบกวน

การลดสัญญาณความถี่สูง เช่น พวกริซิสเตอร์สูงๆ จะใช้ตัวกรองแรงดันต่ำ และอาจจะเพิ่มหม้อแปลงขดลวดแยก (Isolation Transformer) ช่วยก็ได้ โดยต่อไว้ทางด้านขดลวดแรงดันต่ำของหม้อแปลงทดสอบ ในกรณีที่เกิด PD ในหม้อแปลงทดสอบจะต้องใช้ตัวกรองแรงดันสูงต่อทางด้านขดลวดแรงดันสูงของหม้อแปลงทดสอบ การลดสัญญาณรบกวน RF และ EMP ซึ่งเข้ามาทางอากาศ ทำได้โดยการทดสอบในห้องซัลด์ การแก้ปัญหาเรื่องกราวด์ร่วมกันเพียงจุดเดียว ตัวอย่างการแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนในข้อ 2.9.1 มีวิธีการลดสัญญาณรบกวนเบื้องต้นดังนี้ [3], [7]

ก) การ Screening and filtering

การทำ Screening and filtering ต้องมีการนำทุกจุดตัวนำของวงจรทดสอบต่อลงกราวด์ และไม่ควรมีจุดแหลมคมในวงจรและบริเวณที่ทำกราวด์ การทำ filtering ต้องมีการทำการป้องกันสัญญาณรบกวนจากแหล่งแรงดันของวงจรทดสอบและวงจรวัด แสดงในรูปที่ 2.19 การทำ Screening วัสดุที่นำมาทำ screen อาจทำมาจากเหล็ก หรือ ทองแดงที่มีความหนาอย่างน้อย 0.1 mm ความหนาขึ้นอยู่กักระดับสัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบ ลักษณะการ Screening มีการนำขดลวดมาขดเป็นตาข่าย (wire-mesh) อาจจะทำเป็น single-mesh หรือ double-mesh ก็ได้

ข) วงจรทดสอบแบบสมดุล (Balanced circuit)

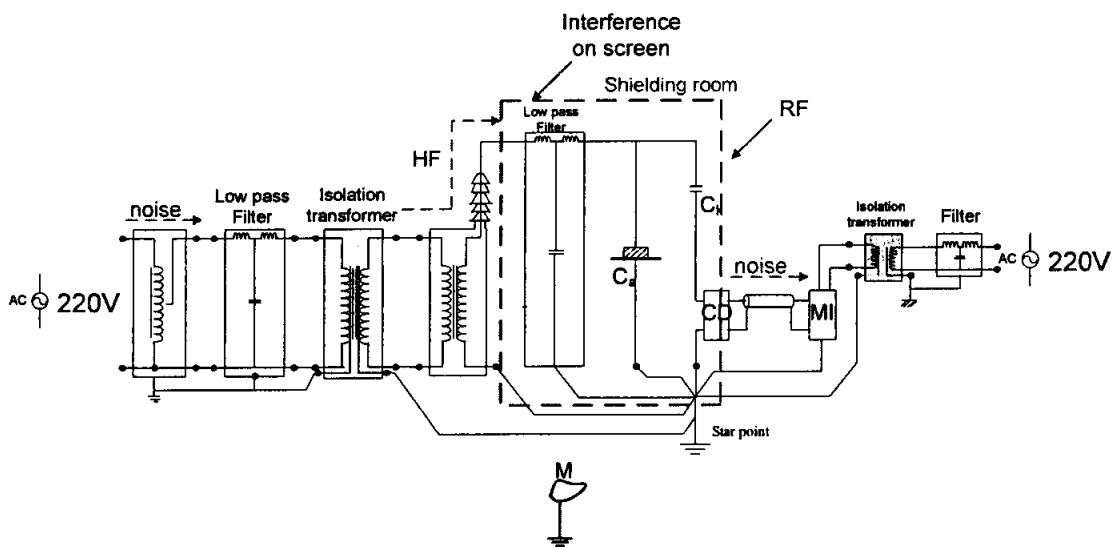
ใช้ลดสัญญาณรบกวนแบบคอมมอนโหมด เช่นสัญญาณรบกวนที่เข้ามาทางแหล่งจ่าย เป็นต้น วงจรทดสอบแบบสมดุลวงจรแบบนี้จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องการลดสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากแหล่งจ่ายหรือสัญญาณแบบคอมมอนโหมด (Common mode) เนื่องจากมีการหักล้างกันของสัญญาณ ดังรูปที่ 2.20

ค) การลดสัญญาณรบกวนโดยวิธี “หน้าต่างเวลา” (Time window method)

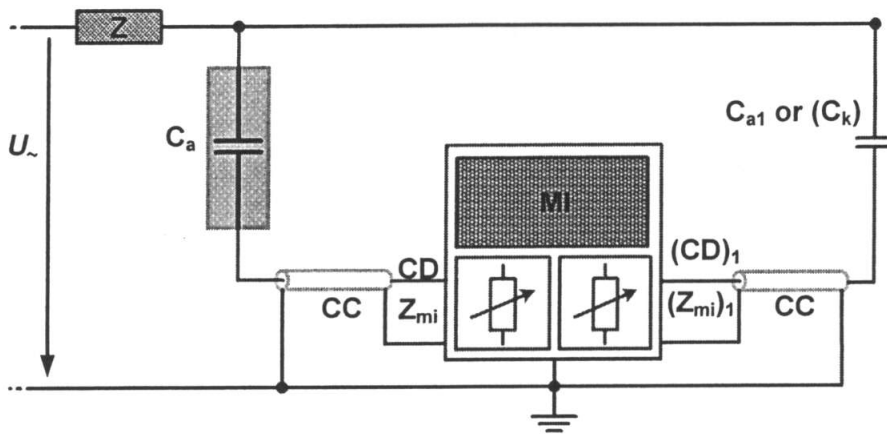
วิธีนี้เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน โดยจะลดสัญญาณรบกวนที่ซิงโครไนซ์กับความถี่ของแหล่งจ่ายเท่านั้น เช่น สัญญาณรบกวนเนื่องจากการทำงานของไริสเตอร์ เป็นต้น ด้วยการใช้สวิตช์ตัดหรือเปิดวงจรตรงตำแหน่งที่มีสัญญาณรบกวน เพื่อไม่ให้ไปปรากฏที่เอาต์พุตของเครื่องจับ PD

ง) การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital signal processing, DSP)

วิธีนี้นิยมใช้ในการลดสัญญาณรบกวนแบบแถบความถี่แคบ (narrow-bandnoise) เช่นสัญญาณวิทยุ AM (แบนวิดธ์ของแต่ละสถานีประมาณ 9 kHz) ออกจากสัญญาณ PD ซึ่งมีความถี่กว้างหลายร้อยกิโลเฮิรตซ์



รูปที่ 2.19 ตัวอย่างการลดสัญญาณรบกวน



รูปที่ 2.20 วงจรทดสอบแบบสมดุล

2.11 คุณสมบัติของเครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน

ข้อกำหนดของเครื่องตรวจจับ ดิสชาร์จบางส่วนตามมาตรฐาน IEC 60270

1. เวลาแยกชุดของเครื่องตรวจจับ ดิสชาร์จบางส่วน กำหนดไว้ว่าต้องไม่เกิน 100 s ในกรณีที่ไม่เกิดความผิดพลาดเนื่องจากการชอนทับของพัลส์ ดิสชาร์จบางส่วน
2. เครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานใช้สำหรับจ่ายกระแสพัลส์มาตรฐาน กำหนดให้ใช้แรงดันที่มีช่วงเวลายาวขึ้นไม่เกิน 0.1 s และลดลงด้วยค่าคงตัวเวลาอยู่ในช่วง 100 – 100 s
3. ความไวของเครื่องตรวจจับ จะต้องมีความสามารถตรวจจับพัลส์ต่ำสุดเป็น 2 เท่าของสัญญาณรบกวน
4. เครื่องกำเนิดพัลส์คู่ที่ใช้ในการตรวจสอบคุณสมบัติซูเปอร์โพสิชันของเครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน นั้นต้องสามารถสร้างพัลส์ขนาดเท่ากัน 2 พัลส์ ซึ่งมีช่วงเวลายาวขึ้นไม่เกิน 20 ns และมีความกว้างของพัลส์จากค่า 10% ของหน้าคลื่นถึงหางคลื่นต้องไม่เกิน 150 ns โดยทั้ง 2 พัลส์สามารถปรับระยะห่างได้อย่างน้อย 0.2-100 s สำหรับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ปกติประมาณ 50 – 60 Ω ตัวเก็บประจุที่ใช้ในการปรับเทียบต้องมีค่าไม่เกิน 150 pF สำหรับการทดสอบในเคเบิล
5. เครื่องตรวจจับดิสชาร์จบางส่วนที่ใช้ในการทดสอบเคเบิลยอมให้เกิดซูเปอร์โพสิชันทางลบได้ไม่เกิน 10% ในกรณีที่เกิน 10% จะต้องนำผลอันนี้มาพิจารณาในการวัดด้วย

บทที่ 3

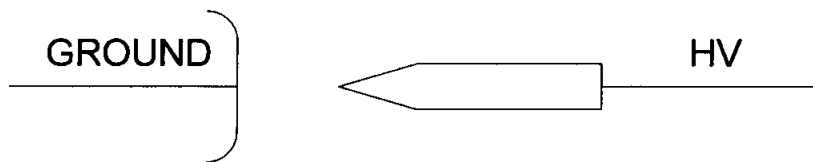
การออกแบบการทดสอบสัญญาณรบกวนต่อการวัดดิสชาร์จบางส่วน

3.1 สัญญาณรบกวนแบบผสม

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง RATING 460 V, 75 kV 40 kVA ,Frequency 50/60 Hz, PD < 2 pC
2. Coupling Capacitor 100 kV
3. เครื่อง PD DETECTOR DDX – 9101
4. COMPUTER
5. วัสดุทดสอบ แบบดิสชาร์จภายใน, ดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จวัสดุทดสอบจำลองอคริลิกมีโพรงอากาศ 1 โพรง จำลองอคริลิกมีโพรงอากาศ 5 โพรง
6. แผ่นตัวนำทองแดง
7. ตัวเก็บประจุคาบเกี่ยว
8. ขดลวดตัวนำ

3.1.1 การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(HV) - Plate(G) ที่ระยะ 3 cm

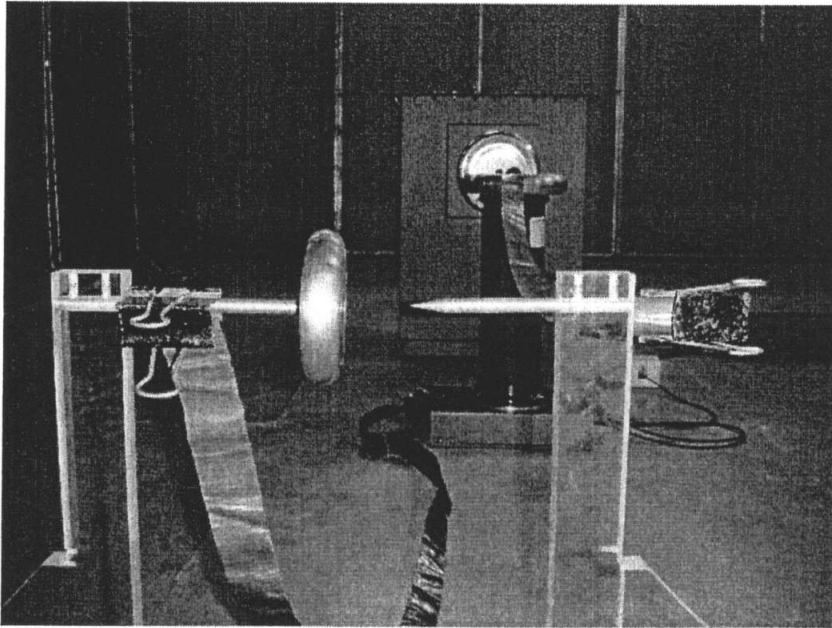


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(HV) - Plate(G)

ขั้นตอนการทดสอบ

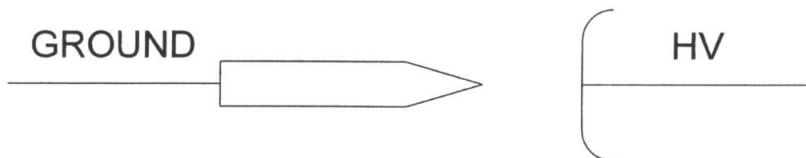
1. ใช้วัตถุทดสอบประเภท Rod(HV) - Plate(G)
2. ป้อนแรงดันสูงทางด้าน Rod
3. ต่อวงจรทดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลกาทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.2 วงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod (HV) - Plate (G)

3.1.2 การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod(G) - Plate(HV) ที่ระยะ 3 cm

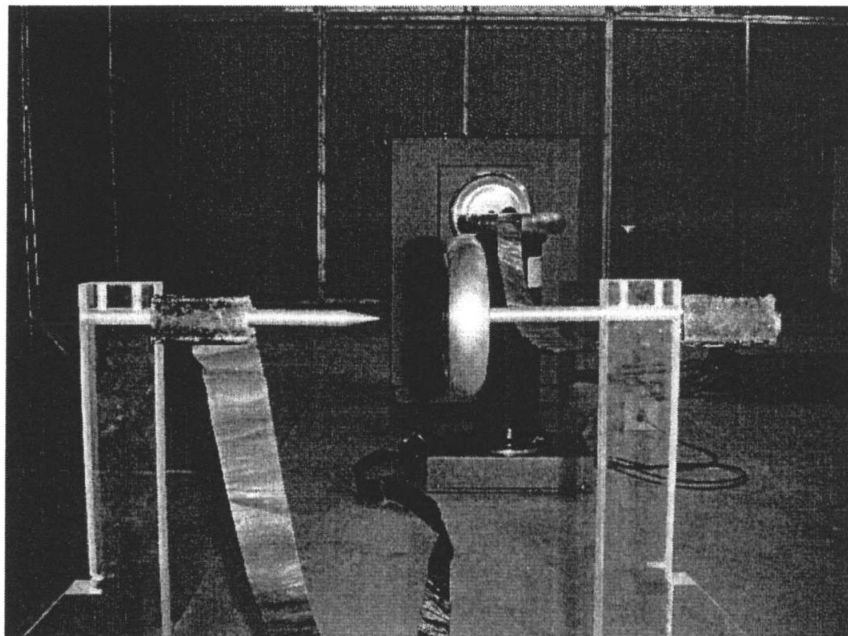


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จแบบ Rod (G) - Plate(HV)

ขั้นตอนการทดสอบ

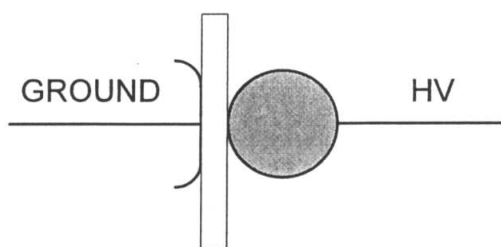
1. ใช้วัดทดสอบประเภท Rod(G) - Plate(HV)
2. ป้อนแรงดันสูงทางด้าน Plate
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดีสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดีสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลกาทดสอบ

รูปวงจรการทดสอบจริง



รูปที่ 3.4 วงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod (G) - Plate (HV)

3.1.3 การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere ที่ฉนวนหนา 1 cm.

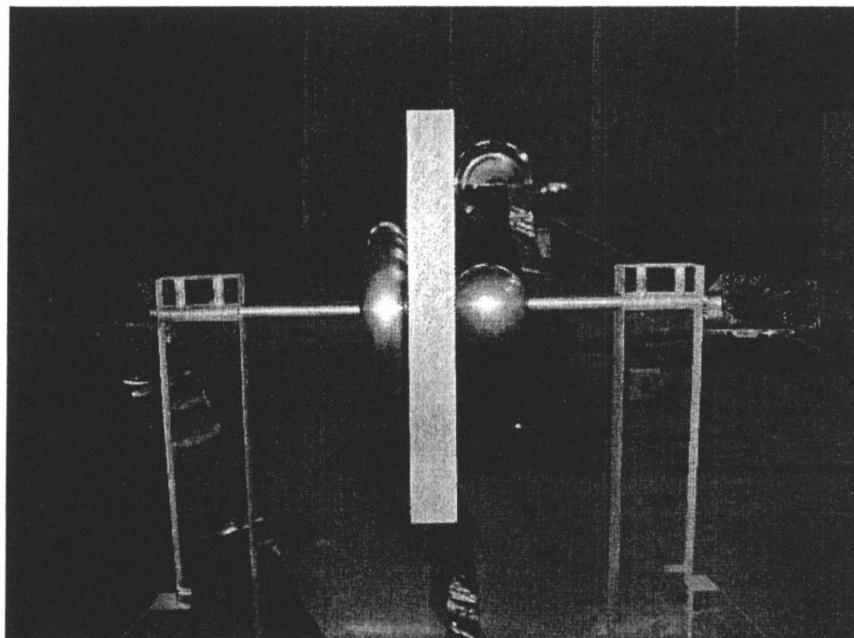


รูปที่ 3.5 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere

ขั้นตอนการทดสอบ

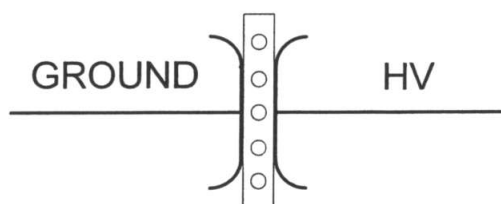
1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิค หนา 1 cm. ป้อนแรงดันสูงด้าน Sphere
3. ต่อวงจรถดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถดสอบจริง



รูปที่ 3.6 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere

3.1.4 การทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Multi void จำนวน 5 โพรง

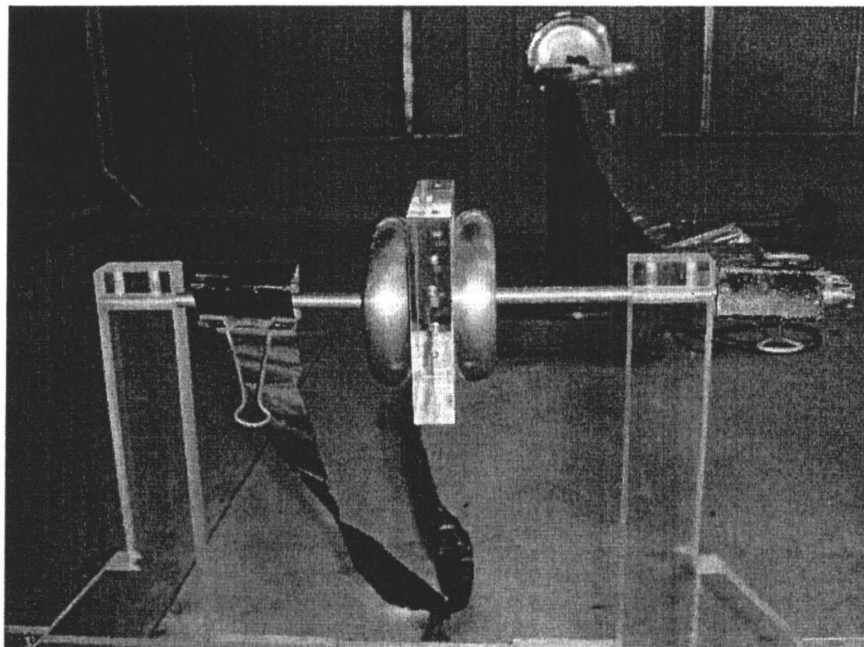


รูปที่ 3.7 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Multi void จำนวน 5 โพรง

ขั้นตอนการทดสอบ

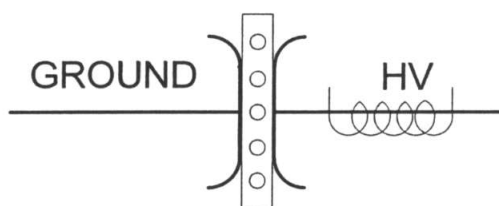
1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 และ 5 mm. จำนวน 5 โพรง
3. ต่อวงจรถดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.8 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Multi void จำนวน 5 โพรง

3.1.5 การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง

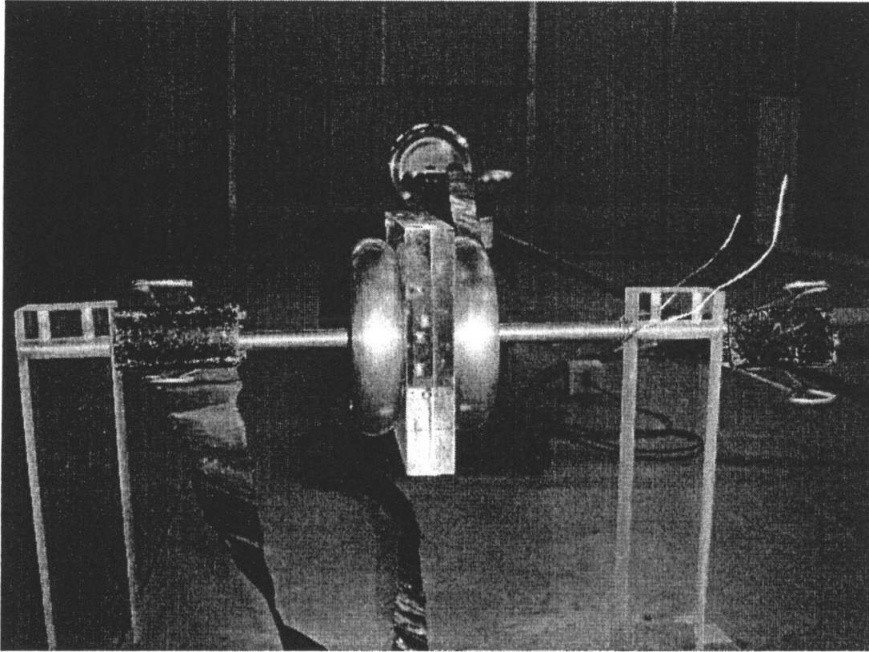


รูปที่ 3.9 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง

ขั้นตอนการทดสอบ

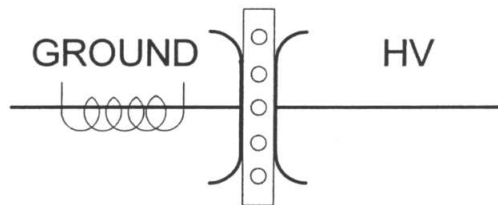
1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate(พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 5 โพรง
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิสชาร์จและดิสชาร์จภายใน สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.10 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนา

3.1.6 การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

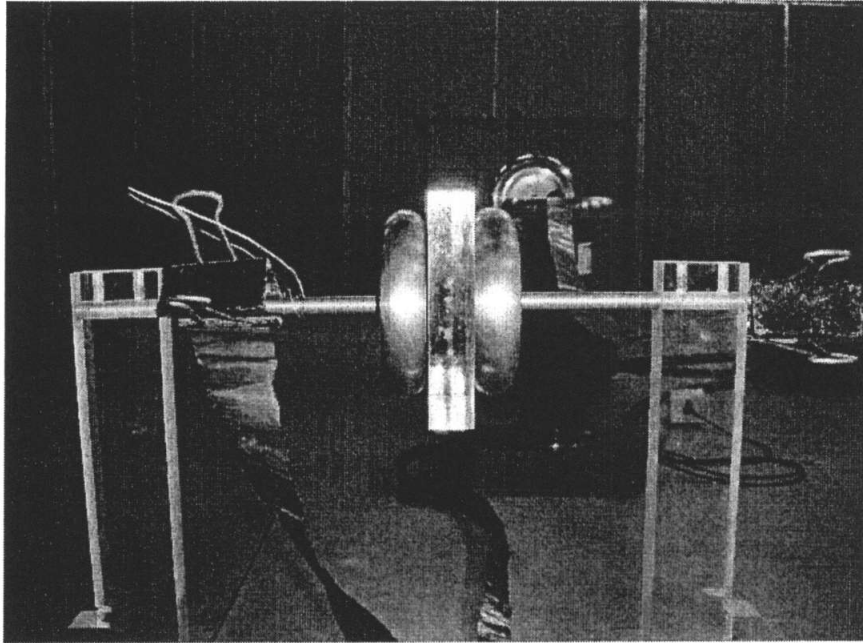


รูปที่ 3.11 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

ขั้นตอนการทดสอบ

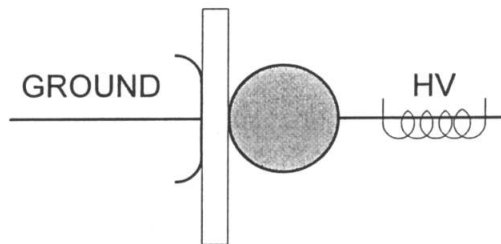
1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-Plate (พื้นลวด) ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวด์
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 5 โพรง
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิสชาร์จและดิสชาร์จภายใน สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.12 วงจรที่ทำการทดสอบดิซชาร์จภายในร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

3.1.7 การทดสอบดิซชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง

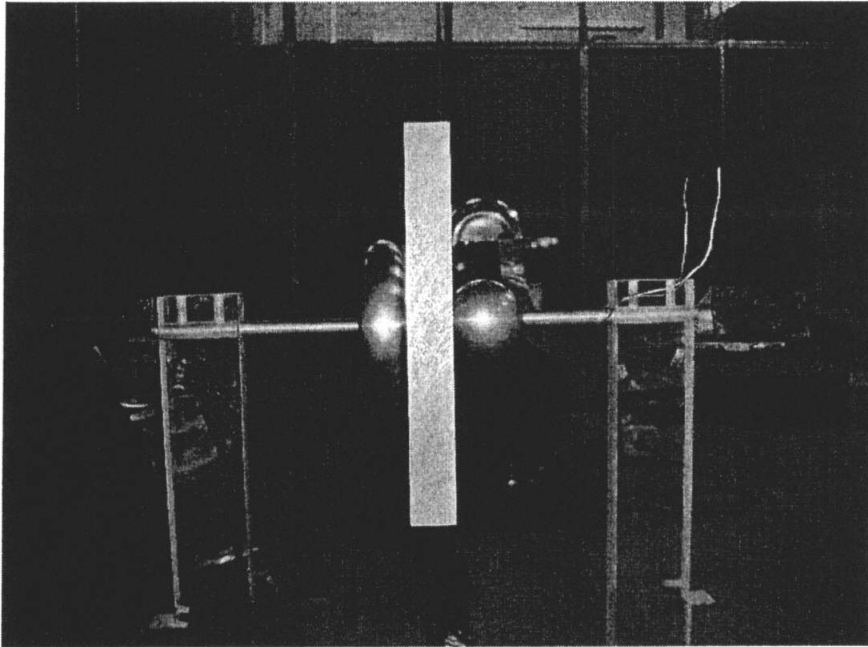


รูปที่ 3.13 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิซชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง

ขั้นตอนการทดสอบ

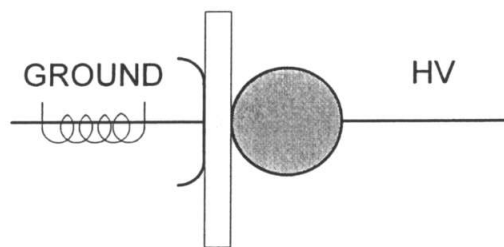
1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบออคิลิค หน้า 1 cm.
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิซชาร์จและดิซชาร์จตามผิว สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิซชาร์จบางส่วน และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.14 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงสูง

3.1.8 การทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

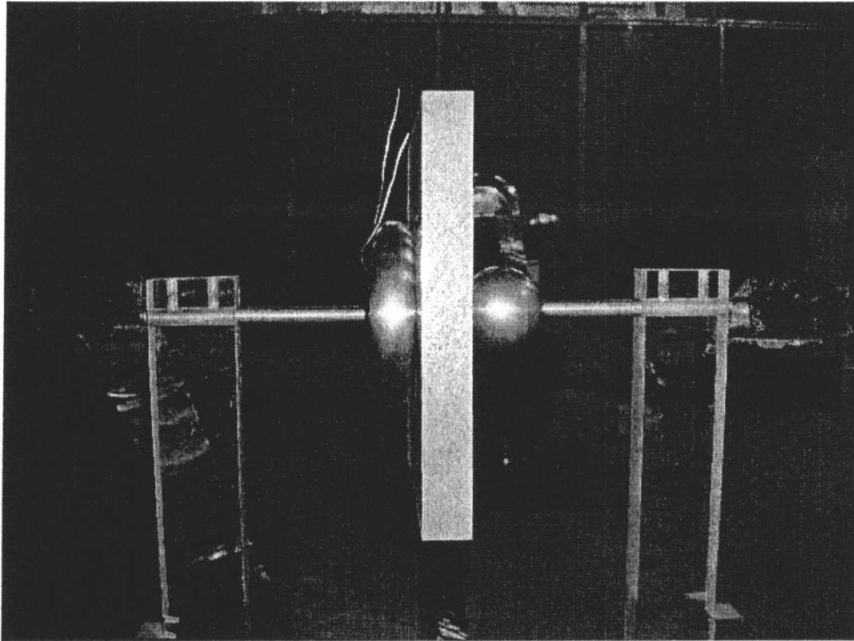


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

ขั้นตอนการทดสอบ

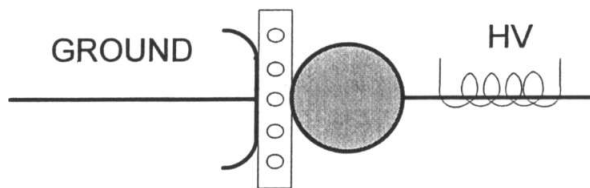
1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวด์
2. ฉนวนที่ใช้ทดสอบ อคิลิก หนา 1 cm.
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิสชาร์จและดิสชาร์จตามผิว สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.16 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับโคโรนาด้านแรงต่ำ

3.1.9 การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงสูง

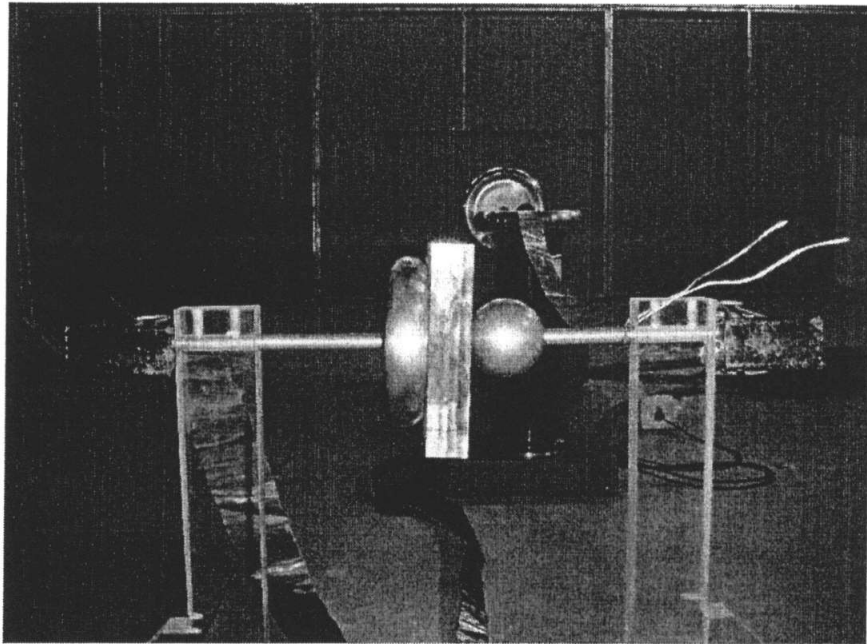


รูปที่ 3.17 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับ
ดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงสูง

ขั้นตอนการทดสอบ

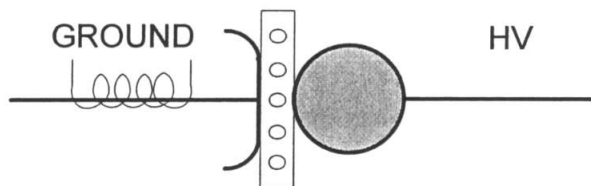
1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ด้านที่พื้นขดลวดทำการป้อนแรงดัน
2. ฉนวนในข้อคิลิค หนา 2 cm มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 5 โพรง
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิสชาร์จ ดิสชาร์จตามผิว และดิสชาร์จภายใน สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



รูปที่ 3.18 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงสูง

3.1.10 การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงต่ำ

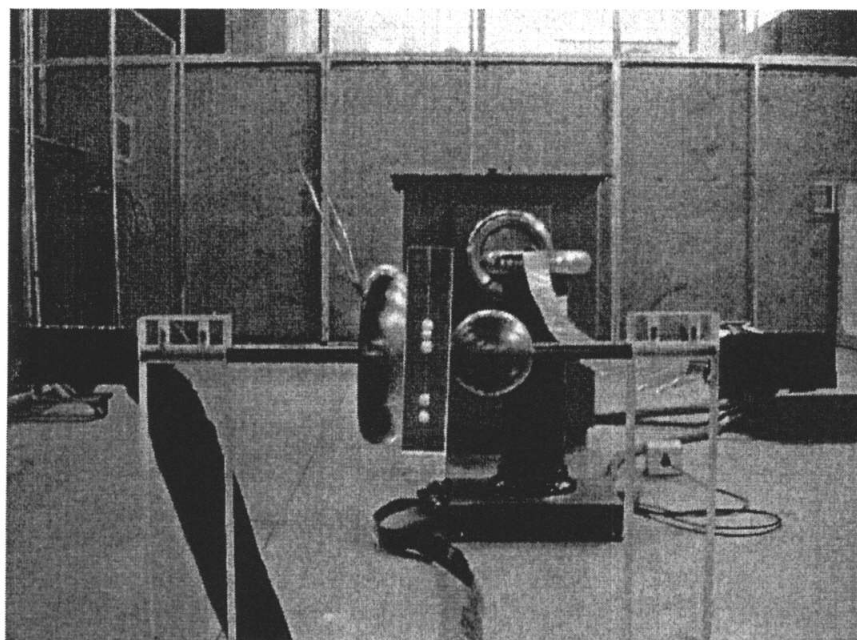


รูปที่ 3.19 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับ
ดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงต่ำ

ขั้นตอนการทดสอบ

1. วัสดุทดสอบประเภท Sphere-Plate ด้านที่พื้นขดลวดลงกราวด์
2. ฉนวนใช้ซิลิโคนหนา 2 cm. มีโพรงอากาศเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm. จำนวน 5 โพรง
3. ต่อวงจรถ่ายทอดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
4. เพิ่มระดับแรงดันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเริ่มเกิด PD ขึ้นทั้งโคโรนาดิสชาร์จ ดิสชาร์จตามผิว และดิสชาร์จภายใน สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่เกิดขึ้น
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทอดสอบจริง



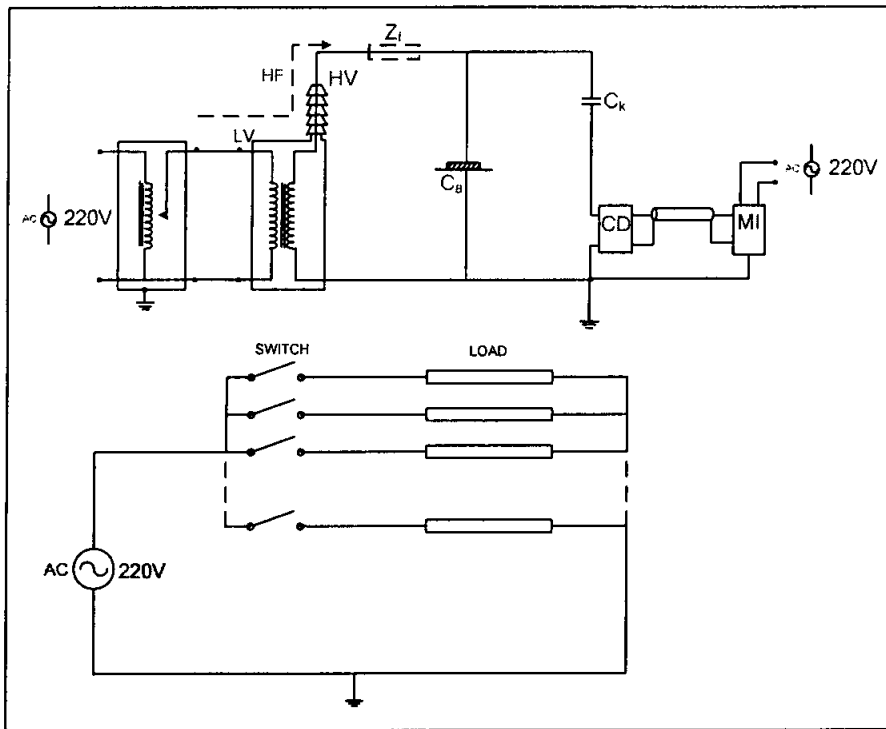
รูปที่ 3.20 วงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับดิสชาร์จตามผิวและโคโรนาด้านแรงต่ำ

3.2 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดไฟ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง RATING: 460 V, 75 kV @ 40 kVA ,
Frequency: 50/60 Hz, PD < 2 pC
2. Coupling Capacitor 100 kV
3. เครื่อง PD DETECTOR DDX – 9101
4. COMPUTER
5. วัสดุทดสอบ แบบโคโรนาดิสชาร์จ
6. หลอดไส้
7. แผ่นตัวนำทองแดง
8. ตัวเก็บประจุคาบเกี่ยว
9. หลอดฟลูออเรสเซนต์ 5 หลอด
10. ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบบัลลาสต์แกนเหล็ก 5 ชุด
ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 5 ชุด

3.2.1 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

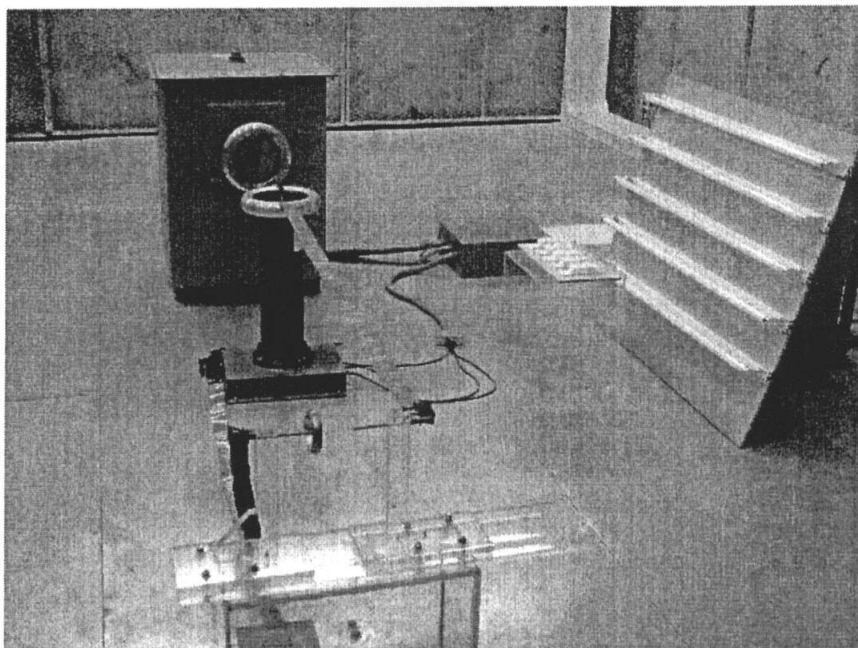


รูปที่ 3.21 ตัวอย่างวงจรทดสอบสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

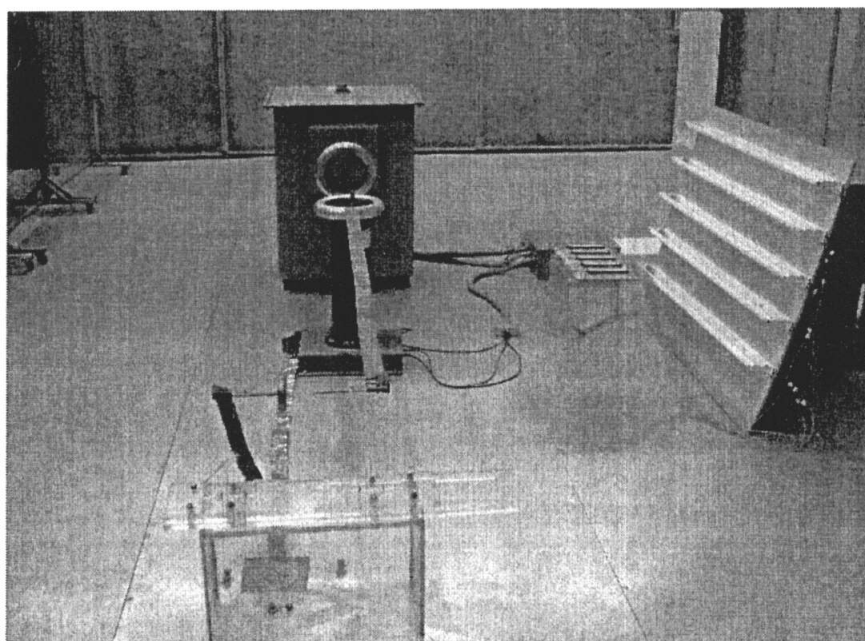
ขั้นตอนการทดสอบ

1. ต่อวงจรทดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่ได้
2. เปิดไฟ 1 หลอดแล้วดูสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
3. เปิดหลอดไฟเพิ่มเป็น 5 หลอด แล้วดูสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
4. ทำเช่นเดียวกันนี้กับบัลลาสต์ทั้งสองชนิด
5. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนในการเปิด 1 หลอดกับ 5 หลอด และเปรียบเทียบบัลลาสต์ทั้งสองชนิดว่ามีผลต่างกันอย่างไรมาก่อนวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถอดสอบจริง

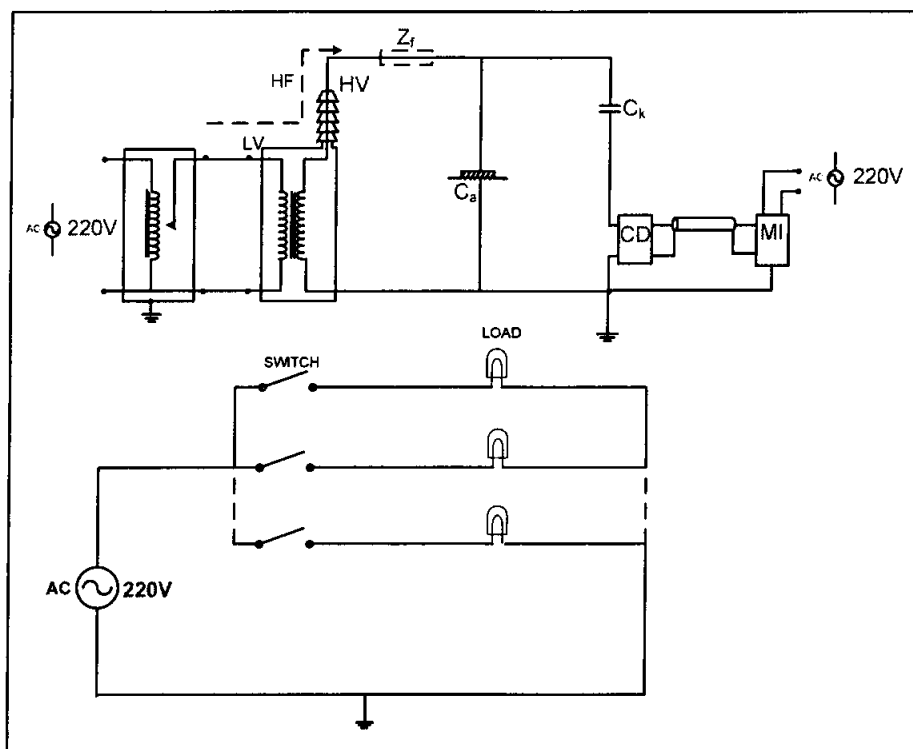


รูปที่ 3.22 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก



รูปที่ 3.23 วงจรหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดเผาไส้

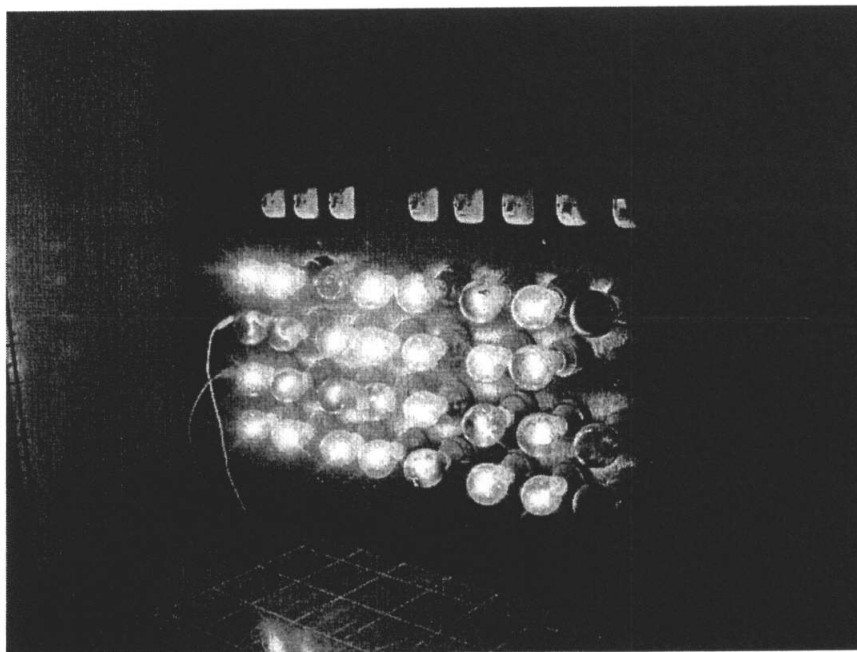


รูปที่ 3.24 ตัวอย่างวงจรทดสอบสัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดเผาไส้

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ต่อวงจรทดสอบ PD และทำการทดสอบ PD โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น เพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณ PD ที่ได้
2. เปิดไฟ 4 หลอดแล้วดูสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
3. เปิดหลอดไฟเพิ่มเป็น 28 หลอด แล้วดูสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น สังเกตได้จากเครื่องวัด พร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
4. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าที่เกิดจากสัญญาณรบกวนในการเปิด 4 หลอดกับ 28 หลอด จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดสอบ

รูปวงจรถ่ายทดสอบจริง



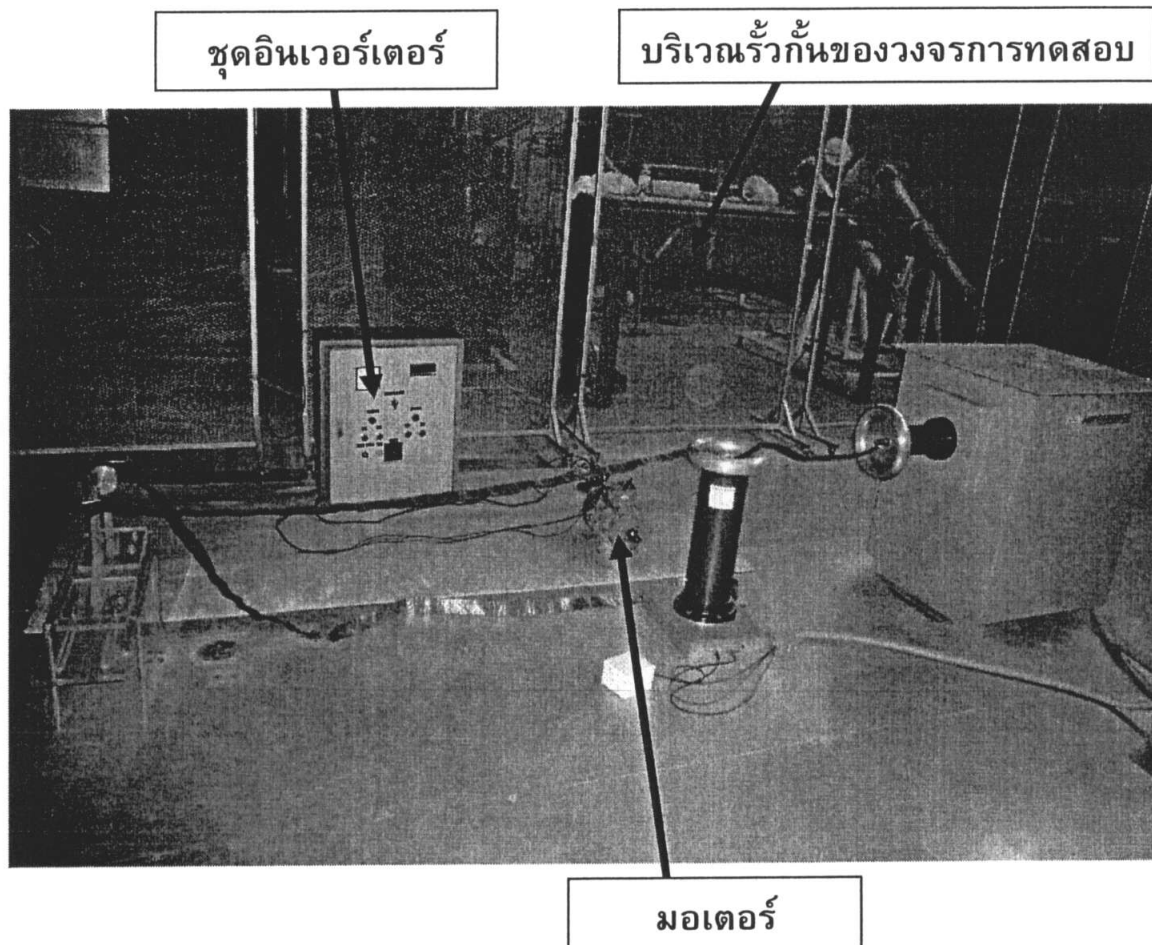
รูปที่ 3.25 วงจรสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้

3.3 ผลของสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัดดิซชาร์จบางส่วน ที่เกิดสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

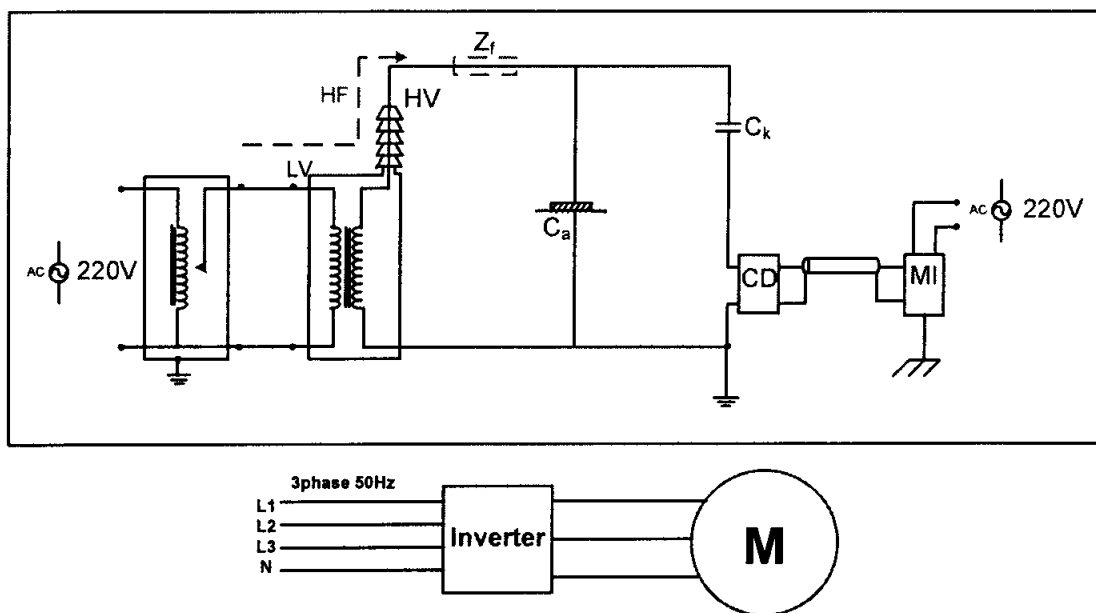
1. หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง RATING: 460 V, 75 kV @ 40 kVA ,
Frequency: 50/60 Hz, PD < 2 pC
2. Coupling Capacitor 100 kV
3. เครื่อง PD DETECTOR DDX – 9101
4. COMPUTER
5. วัสดุทดสอบ แบบ plate
6. วัสดุทดสอบจำลองอครีลิกมีโพรงอากาศ 1 โพรง
7. แผ่นตัวนำทองแดง
8. ตัวเก็บประจุคาบเกี่ยว
9. มอเตอร์
10. อินเวอร์เตอร์

รูปวงจรถวายการทดสอบจริง



รูปที่ 3.27 วงจรสัญญาณรบกวนจาก มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์
ภายในวงจรถวายการทดสอบ

3.3.2 กรณีที่ มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ อยู่ภายนอกห้องวงจรทดสอบ

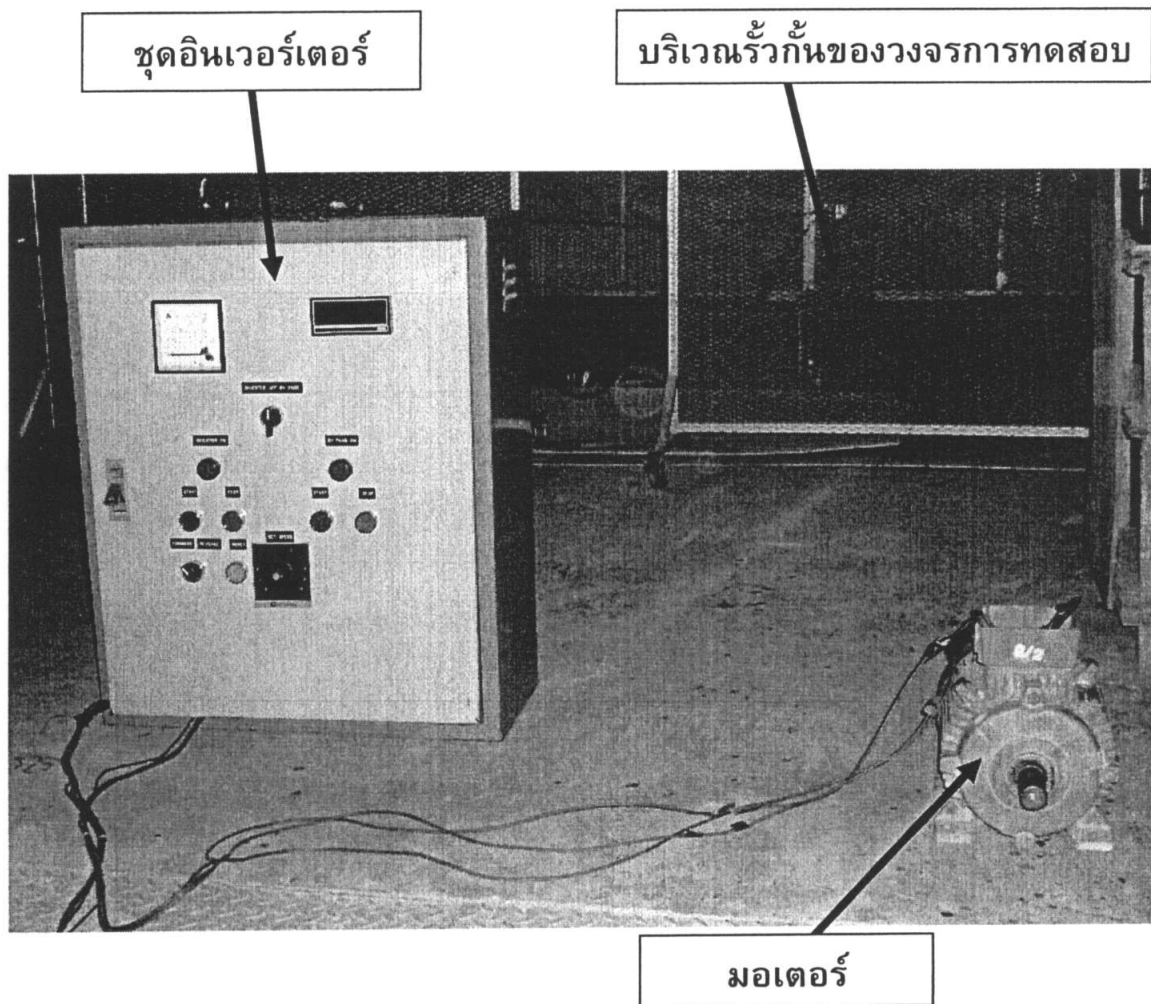


รูปที่ 3.28 วงจรสำหรับการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจาก มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ ภายนอกห้องวงจรทดสอบ

ขั้นตอนการทดลอง

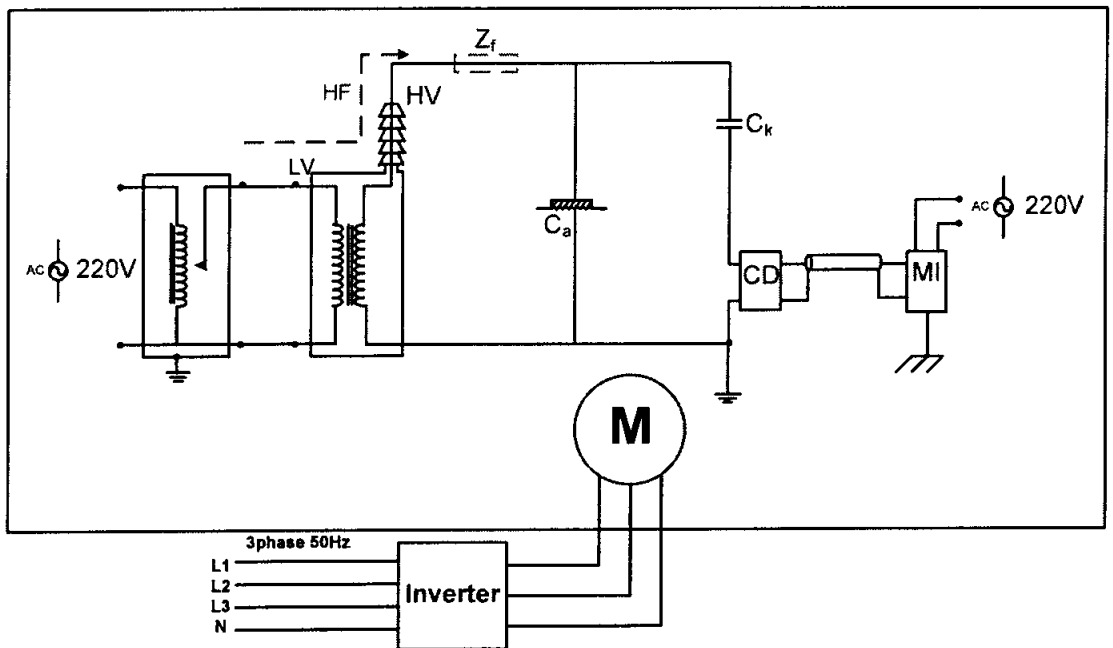
1. ต่อวงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนและทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
2. ทำการติดตั้งตัวกำเนิดสัญญาณรบกวน (มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์) ให้อยู่ภายนอกห้องของวงจรทดสอบ
3. ทำการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยปรับความถี่จากชุดอินเวอร์เตอร์ ที่ความเร็วรอบ 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000 rpm แล้วทำการบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ(โดยการปรับความเร็วรอบแต่ละครั้งผู้ทำการปรับจะต้องออกนอกบริเวณการทดสอบก่อนจึงทำการบันทึกค่าที่ได้)

รูปวงจรถวายการทดสอบจริง



รูปที่ 3.29 วงจรสัญญาณรบกวนจาก มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์
ภายนอกวงจรถวายการทดสอบ

3.3.3 กรณีที่ มอเตอร์อยู่ในรั้ววงจรการทดสอบ

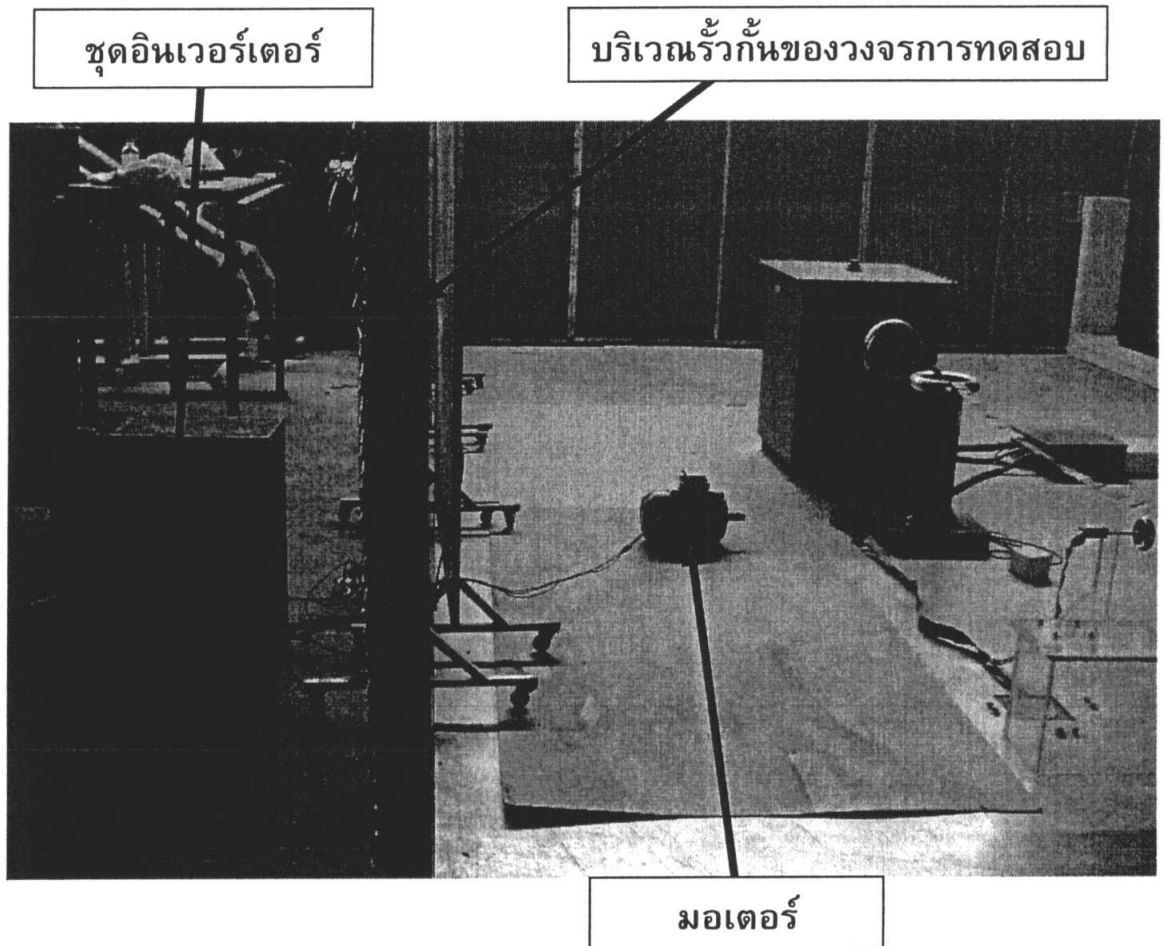


รูปที่ 3.30 วงจรสำหรับการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ภายในวงจรทดสอบ

ขั้นตอนการทดลอง

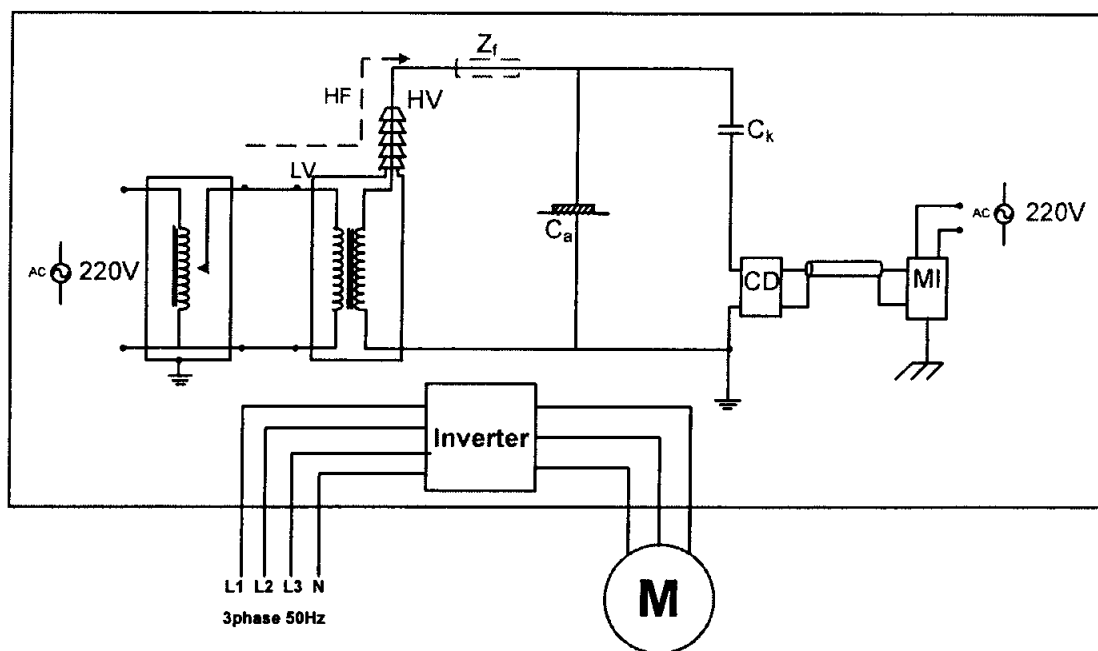
1. ต่อวงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนและทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
2. ทำการตั้งตัวกำเนิดสัญญาณรบกวน (มอเตอร์) ให้อยู่ภายในรั้วของวงจรการทดสอบและชุดอินเวอร์เตอร์ อยู่ภายนอกวงจรการทดสอบ
3. ทำการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยปรับความถี่จากชุดอินเวอร์เตอร์ ที่ความเร็วรอบ 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000 rpm แล้วทำการบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ(โดยการปรับความเร็วรอบแต่ละครั้งผู้ทำการปรับจะต้องออกนอกบริเวณการทดสอบก่อนจึงทำการบันทึกค่าที่ได้)

รูปวงจรถ่ายทอดสดจริง



รูปที่ 3.31 วงจรสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ ภายในวงจรทดสอบ

3.3.4 กรณีที่ ชุดอินเวอร์เตอร์อยู่ในรั้ววงจรการทดสอบ

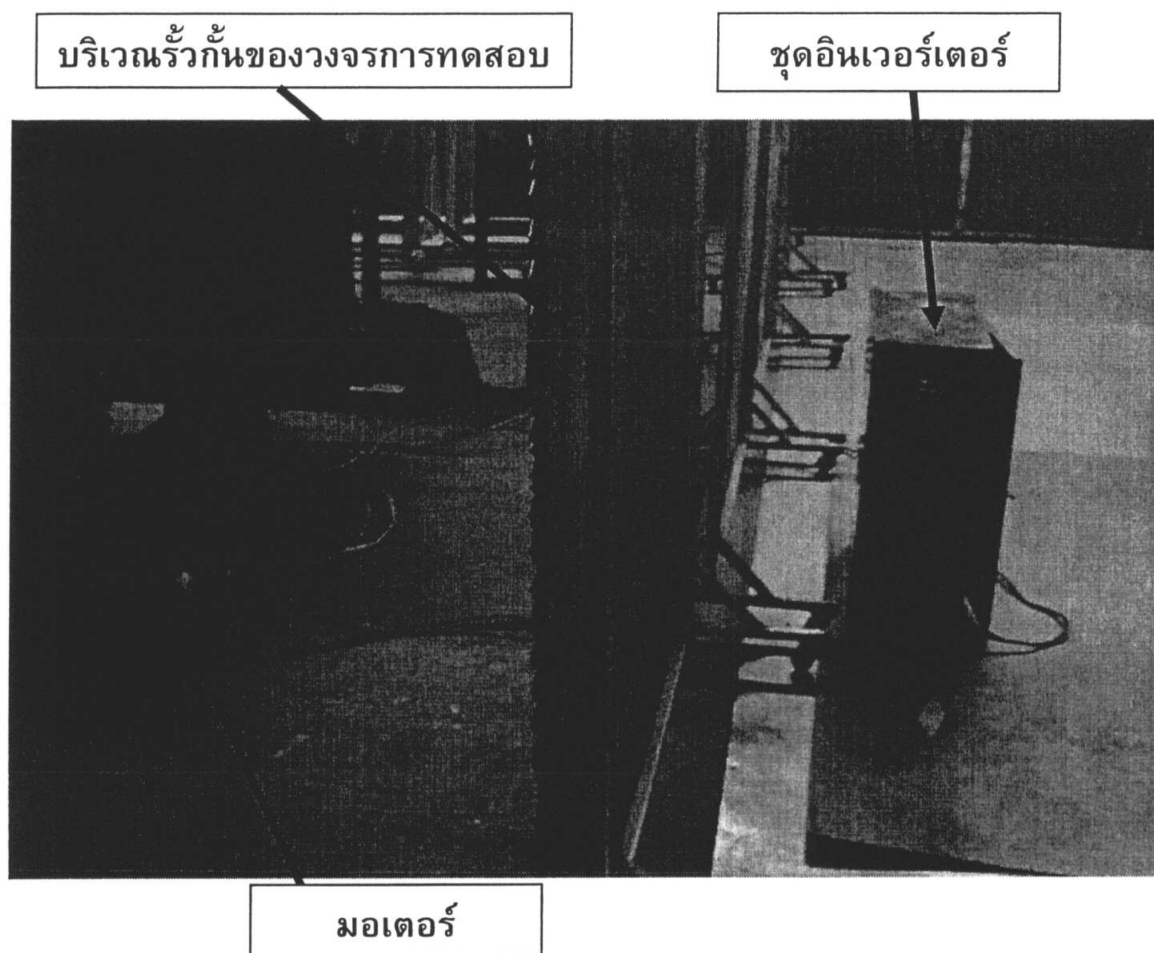


รูปที่ 3.32 วงจรสำหรับการตรวจวัดดิสชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์ภายในวงจรทดสอบ

ขั้นตอนการทดลอง

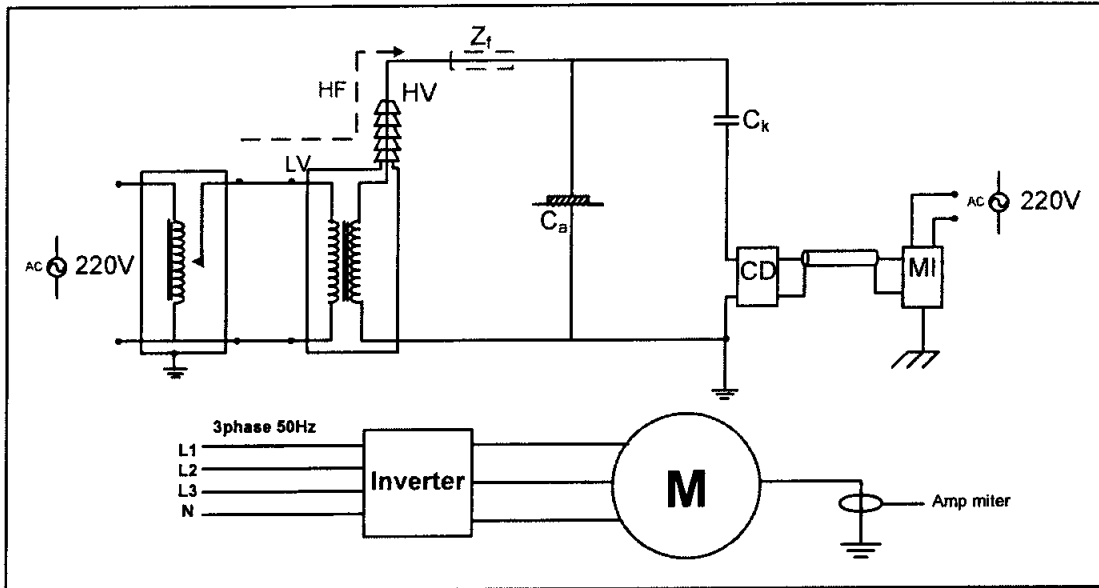
1. ต่อวงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนและทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
2. ทำการตั้งตัวกำเนิดสัญญาณรบกวน (ชุดอินเวอร์เตอร์) ให้อยู่ภายในรั้วของวงจรการทดสอบและมอเตอร์ อยู่ภายนอกวงจรการทดสอบ
3. ทำการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยปรับความถี่จากชุดอินเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบ 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000 rpm แล้วทำการบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนรอบต่างๆ ตามลำดับ(โดยการปรับความเร็วรอบแต่ละครั้ง ผู้ทำการปรับจะต้องออกนอกบริเวณการทดสอบก่อนจึงทำการบันทึกค่าที่ได้)

รูปวงจรถวายการทดสอบจริง



รูปที่ 3.33 วงจรสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์ ภายในวงจรทดสอบ

3.3.5 กรณีที่ มอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์อยู่ในรั้ววงจรการทดสอบและเกิดกระแสรั่วลงกราวด์

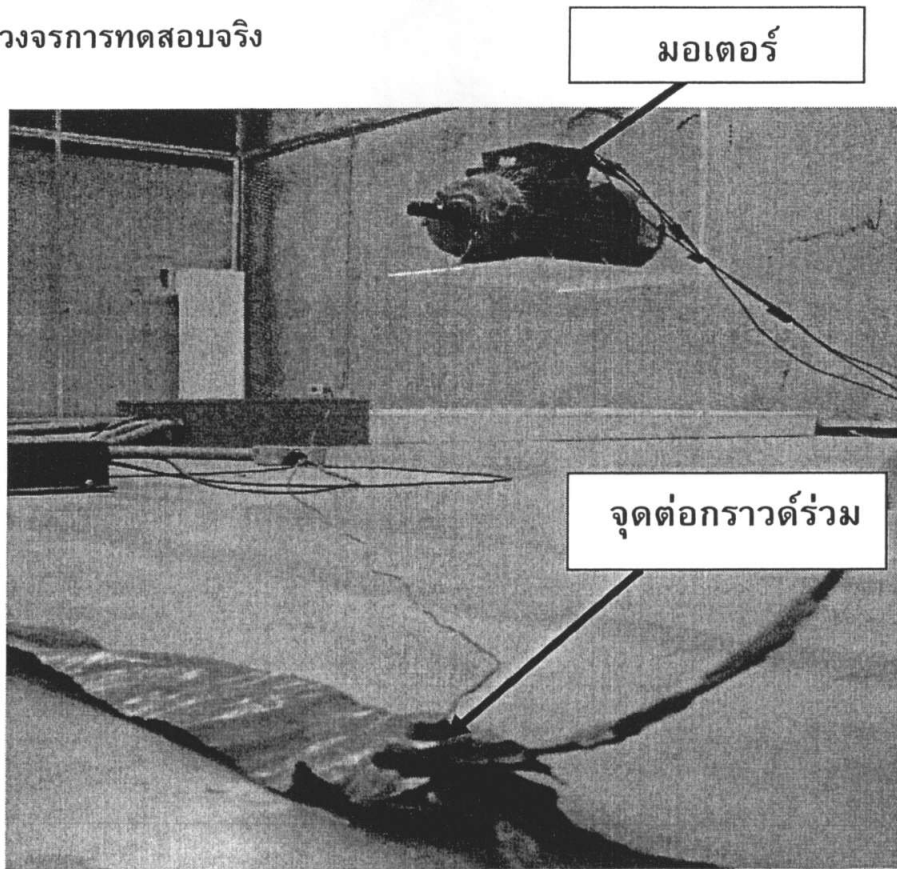


รูปที่ 3.34 วงจรสำหรับการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจาก มอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์ ภายในวงจรการทดสอบและเกิดกระแสรั่วลงกราวด์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ วงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนและทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้งบันทึกรูปคลื่นสัญญาณ PD ที่ได้
2. ทำการติดตั้งกำเนิดสัญญาณรบกวน (มอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์) ให้อยู่ภายในรั้วของวงจรการทดสอบ
3. ทำการควบคุมความเร็วมอเตอร์โดยปรับความถี่จากชุดอินเวอร์เตอร์ ที่ความเร็วรอบ 1500, 1800, 2100, 2400, 2700, 3000 rpm แล้วทำการบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ (โดยการปรับความเร็วรอบแต่ละครั้งผู้ทำการปรับจะต้องออกนอกบริเวณการทดสอบก่อนจึงทำการบันทึกค่าที่ได้)
4. นำแอมมิเตอร์แบบคล่องสายทำการวัดกระแสที่รั่วลงกราวด์โดยวัดกระแสหลังจากทำการปรับค่าความเร็วรอบที่ค่าต่างๆหลังจากนั้นบันทึกค่ากระแสรั่วที่ได้

รูปวงจรถวายการทดสอบจริง



รูปที่ 3.35 วงจรสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์
ภายในวงจรถวายการทดสอบ ขณะเกิดกระแสรั่วลงกราวด์



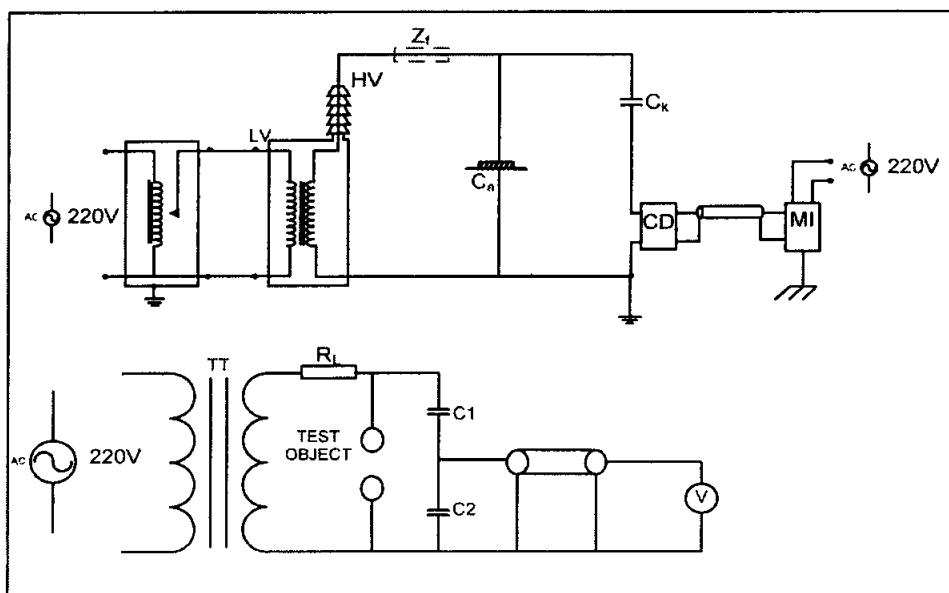
รูปที่ 3.36 การวัดกระแสรั่วลงกราวด์

3.4 ผลของสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัดดิซชาร์จบางส่วน ที่เกิดสัญญาณรบกวนจากการทดสอบแรงดันสูงจากวงจรใกล้เคียง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. หม้อแปลงทดสอบแรงดันสูง RATING: 460 V, 75 kV @ 40 kVA ,
Frequency: 50/60 Hz, PD < 2 pC
2. Coupling Capacitor 100 kV
3. Insulator
4. ลูกถ้วย
5. เครื่อง PD DETECTOR DDX – 9101
6. Computer
7. วัสดุทดสอบ แบบ plate และแบบปลายแหลม
8. แผ่นตัวนำทองแดง
9. ตัวเก็บประจุคาบเกี่ยว
10. เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับขนาด 100 kV 40 mA
11. ชุดควบคุมการป้อนแรงดัน
12. เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรงขนาด 600 kV 50 mA
13. ตู้ควบคุมการป้อนแรงดันให้กับเครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง

3.4.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับ

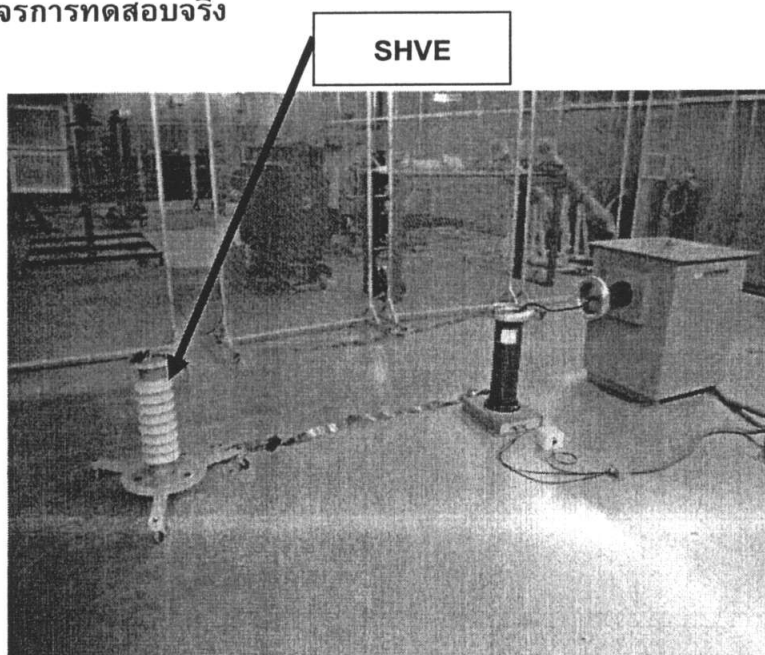


รูปที่ 3.37 วงจรสำหรับการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับวงจรใกล้เคียง

ขั้นตอนการทดลอง

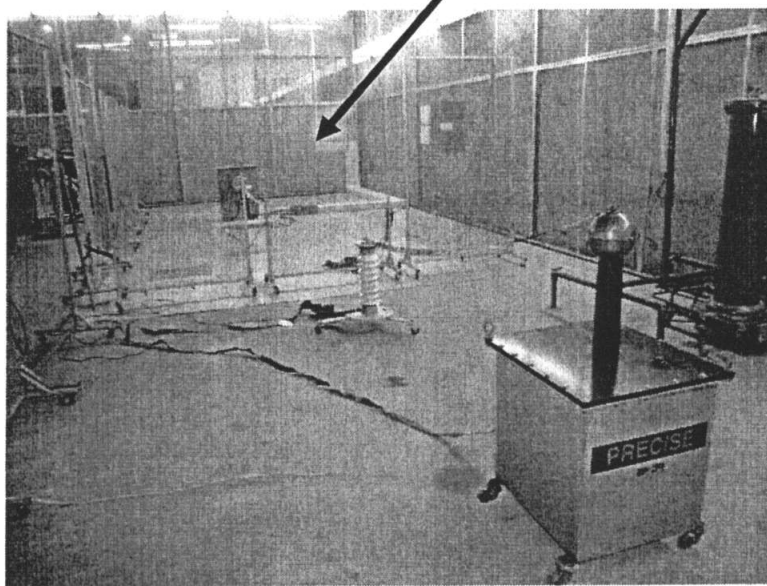
1. นำอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงจำลอง (SHVE : Simulated High Voltage Equipment) มาทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน เพื่อหาค่าแรงดันที่เกิด PD ก่อนที่จะนำไปทดสอบแรงดันกระแสสลับพร้อมทั้งบันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้
2. ป้อนแรงดันกระแสสลับให้กับ SHVE ด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับที่ 50 60 70 80 90 100 kV ภายนอกโรงจรรยาการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา โดยที่ไม่ได้ทำการป้อนแรงดันที่โรงจรรยาการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา
3. บันทึกรูปคลื่นแรงดัน PD ที่ได้ที่ขณะแรงดันค่าต่างๆ ตามลำดับ
4. ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์
5. ป้อนแรงดันกระแสสลับให้กับ SHVE ด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับที่ 50 60 70 80 90 100 kV ภายในโรงจรรยาการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา โดยที่ไม่ได้ทำการขึ้นแรงดันที่โรงจรรยาการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน
6. บันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้ที่ขณะแรงดันค่าต่างๆ ตามลำดับ
7. ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์
8. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่5-7 แต่ทำการขึ้นแรงดันที่โรงจรรยาการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา
9. เปรียบเทียบรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้ทั้งหมด สังเกตความแตกต่างของรูปคลื่นสัญญาณ PD และวิเคราะห์ผลการทดลอง

รูปวงจรรยาการทดสอบจริง

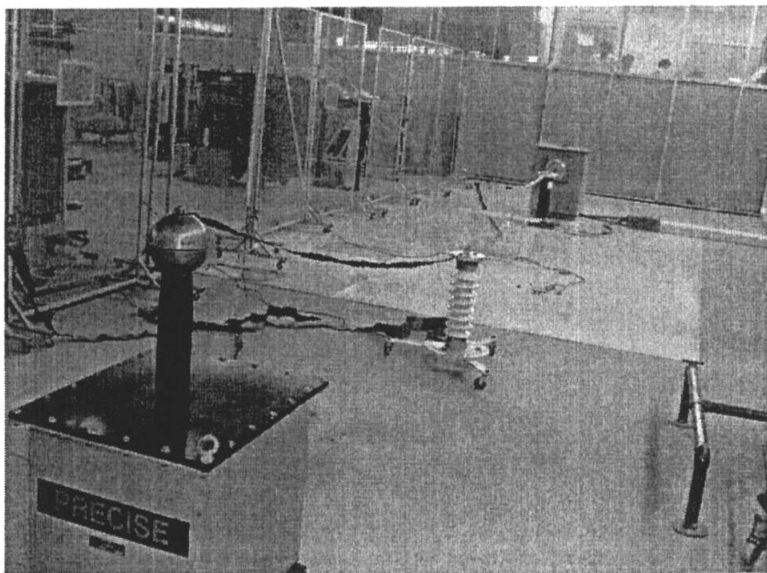


รูปที่ 3.38 วงจรรยาการทดสอบหาค่าดิสชาร์จบางส่วนของ Insulator

รั้วกั้นวงจร PD และวงจรกระแสสลับ

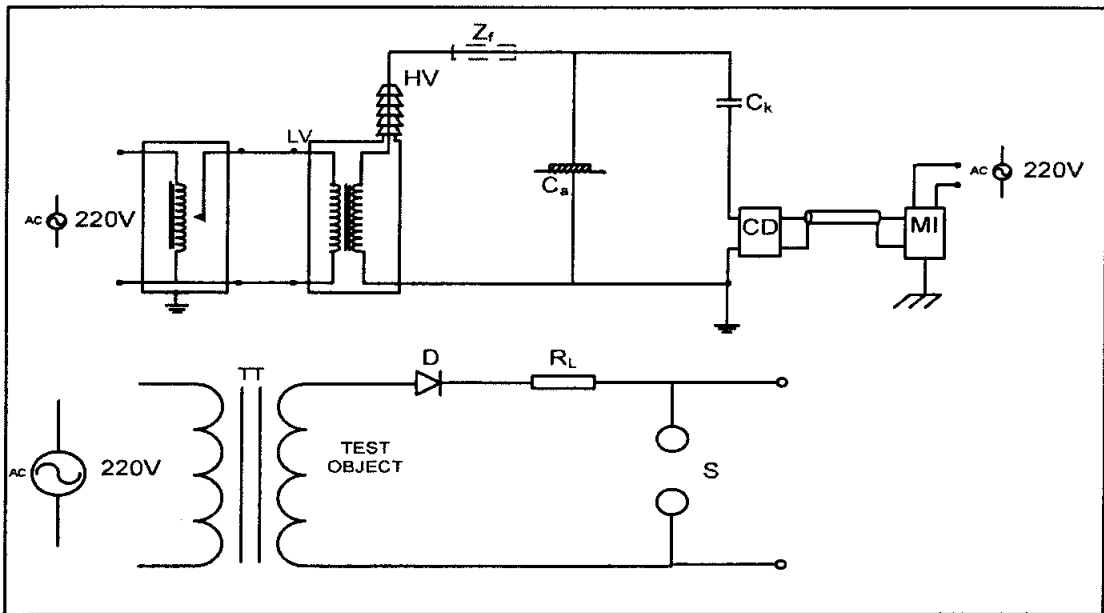


รูปที่ 3.39 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับของ Insulator ภายนอกรั้ววงจรการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา



รูปที่ 3.40 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสสลับของ SHVE ภายในรั้ววงจรการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา

3.4.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงกระตราง



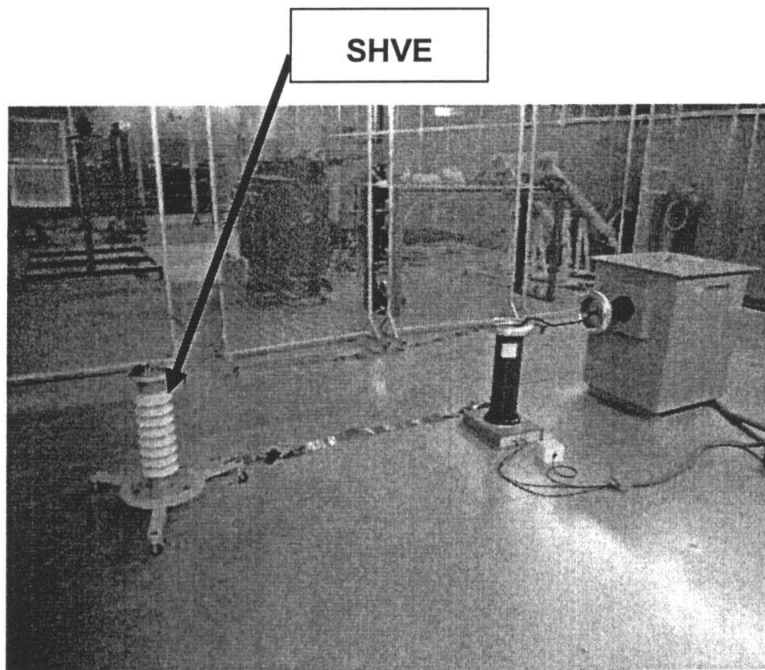
รูปที่ 3.41 วงจรสำหรับการตรวจจับ PD สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระตรางแหล่งจ่ายวงจรใกล้เคียง

ขั้นตอนการทดลอง

- นำอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงจำลอง (SHVE : Simulated High Voltage Equipment) มาทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน เพื่อหาค่าแรงดันที่เกิด PD ก่อนที่จะนำไปทดสอบแรงดันกระตรางพร้อมทั้งบันทึกกรุปรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วน
- ป้อนแรงดันกระตรางให้กับ SHVE ด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระตรางที่ 40 60 80 100 200 300 kV ภายนอกรั้ววงจรการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา โดยที่ไม่ได้ทำการขึ้นแรงดันที่วงจรถิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา
- บันทึกกรุปคลื่นแรงดันที่ได้ที่ขณะแรงดันค่าต่างๆ ตามลำดับ
- ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์
- ป้อนแรงดันกระตรางให้กับ SHVE ด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระตรางที่ 40 60 80 100 200 300 kV ภายในรั้ววงจรการทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา โดยที่ไม่ได้ทำการขึ้นแรงดันที่วงจรถิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา
- บันทึกกรุปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้ที่ขณะแรงดันค่าต่างๆ ตามลำดับ
- ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์

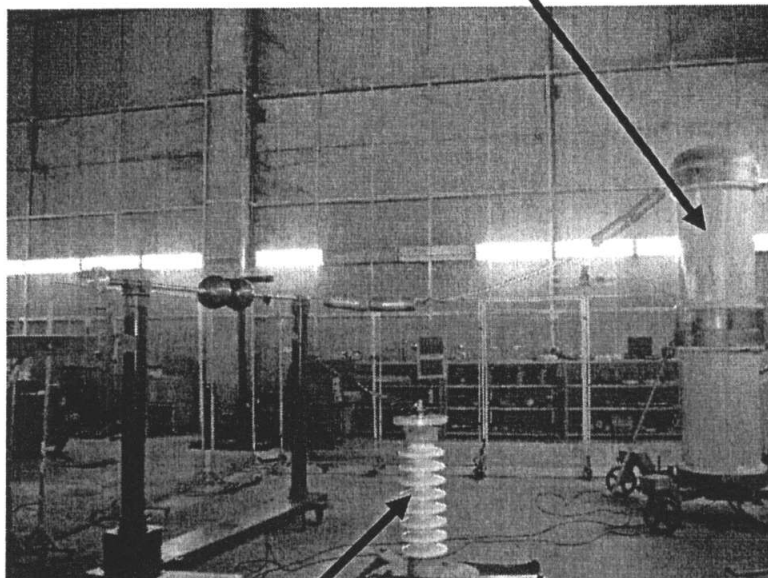
8. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 5-7 แต่ทำการขึ้นแรงดันที่วงจรถีสารจางบางส่วนแบบโคโรนาด้วย
9. เปรียบเทียบรูปคลื่นสัญญาณรบกวนที่ได้ทั้งหมด สังเกตความแตกต่างของรูปคลื่นสัญญาณ PD และวิเคราะห์ผลการทดลอง

รูปวงจรการทดสอบจริง



รูปที่ 3.42 วงจรการทดสอบหาค่า PD ของ Insulator

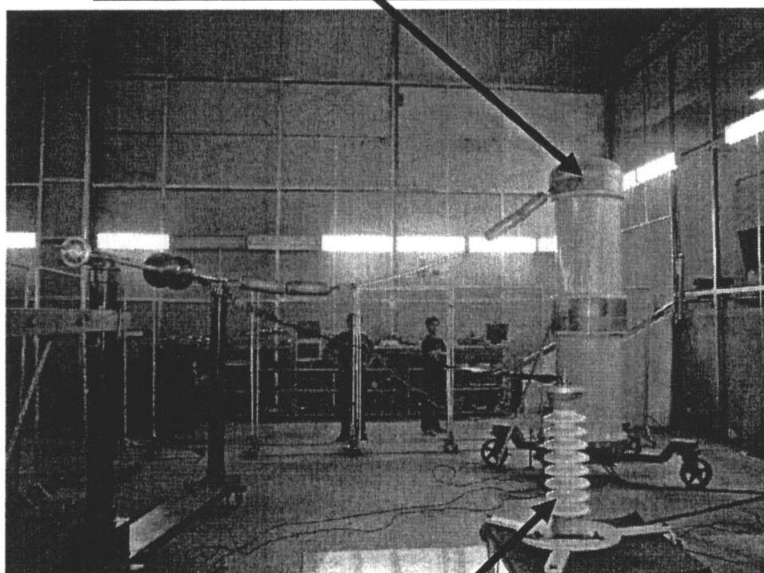
เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง



SHVE

รูปที่ 3.43 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสตรงของ Insulator ภายนอกห้องวงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา

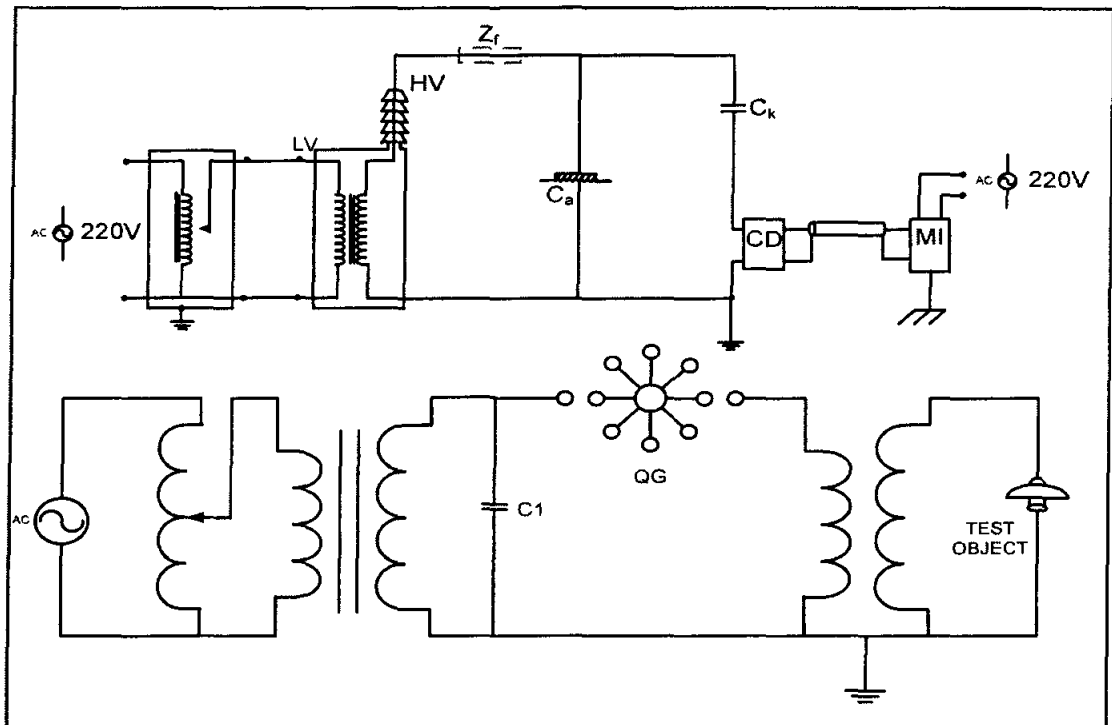
เครื่องกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง



SHVE

รูปที่ 3.44 วงจรการทดสอบแรงดันสูงกระแสตรงของ Insulator ภายในห้องวงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา

3.4.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงความถี่สูง

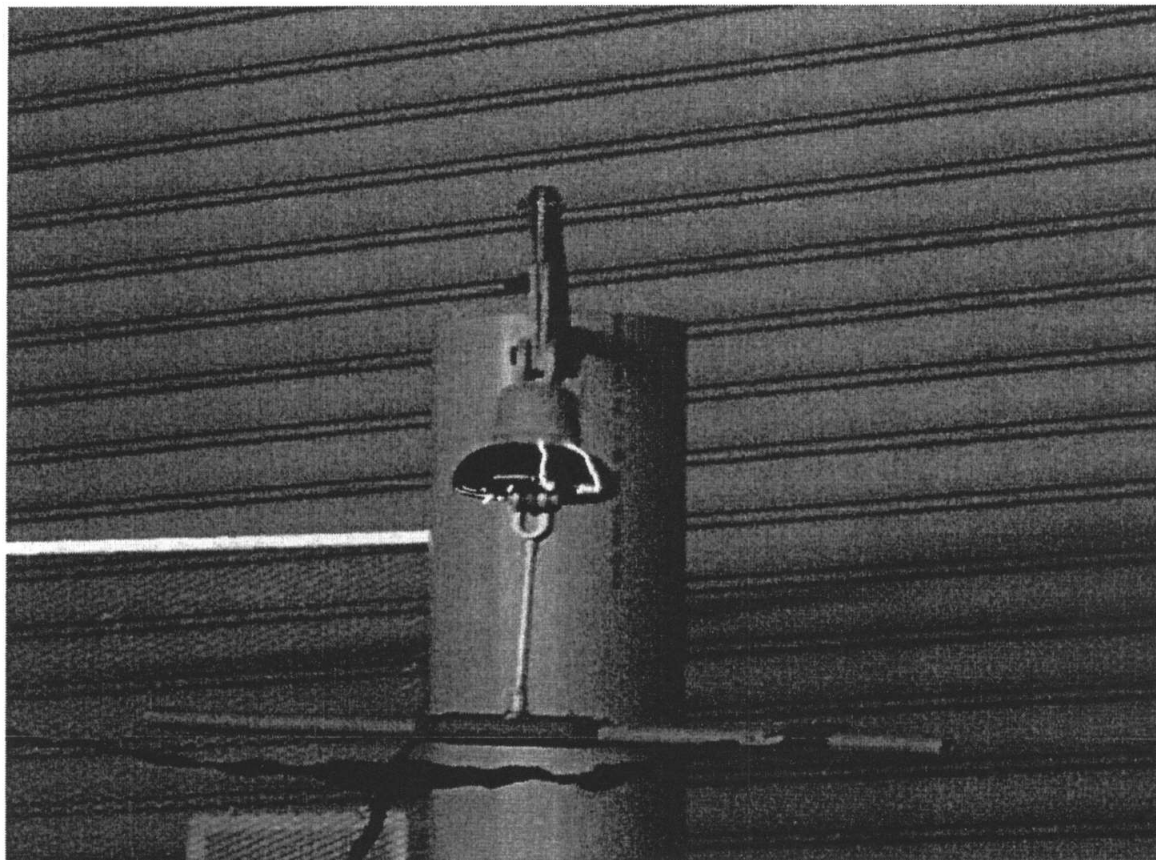


รูปที่ 3.45 วงจรสำหรับการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน สัญญาณรบกวนจาก เครื่องกำเนิดแรงดันสูงความถี่สูง

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ วงจรทดสอบดิสชาร์จบางส่วนตามรูปที่ 3.45 และทำการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน โดยปราศจากสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้นเพื่อดู Background noise ของวงจร พร้อมทั้ง บันทึกรูปสัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนที่ได้
2. ทำการขึ้นแรงดันเครื่องกำเนิดแรงดันสูงความถี่สูง โดยที่ไม่ทำการขึ้นแรงดันวงจร ดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา
3. บันทึกรูปคลื่นแรงดันที่ได้ที่ขณะที่ Test Object (ลูกถ้วย) เกิดการวาบไฟตามผิว
4. ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์
5. ทำการป้อนแรงดันด้วยเครื่องกำเนิดแรงดันสูงความถี่สูง โดยป้อนแรงดันวงจรดิสชาร์จ บางส่วนแบบโคโรนาด้วย
6. บันทึกรูปคลื่นแรงดันที่ได้ที่ขณะที่ Test Object (ลูกถ้วย) เกิดการวาบไฟตามผิว
7. ทำการลดแรงดัน และเกี่ยวกราวด์
8. เปรียบเทียบรูปคลื่นสัญญาณรบกวนที่ได้ทั้งหมด สังเกตความแตกต่างของรูปรูป สัญญาณและค่าการเกิดดิสชาร์จบางส่วนและวิเคราะห์ผลการทดลอง

รูปวงจรถอดสอบจริง



รูปที่ 3.46 แสดงการวาวไฟตามผิวของลูกถ้วยจากการขึ้นแรงดันสูงความถี่สูง

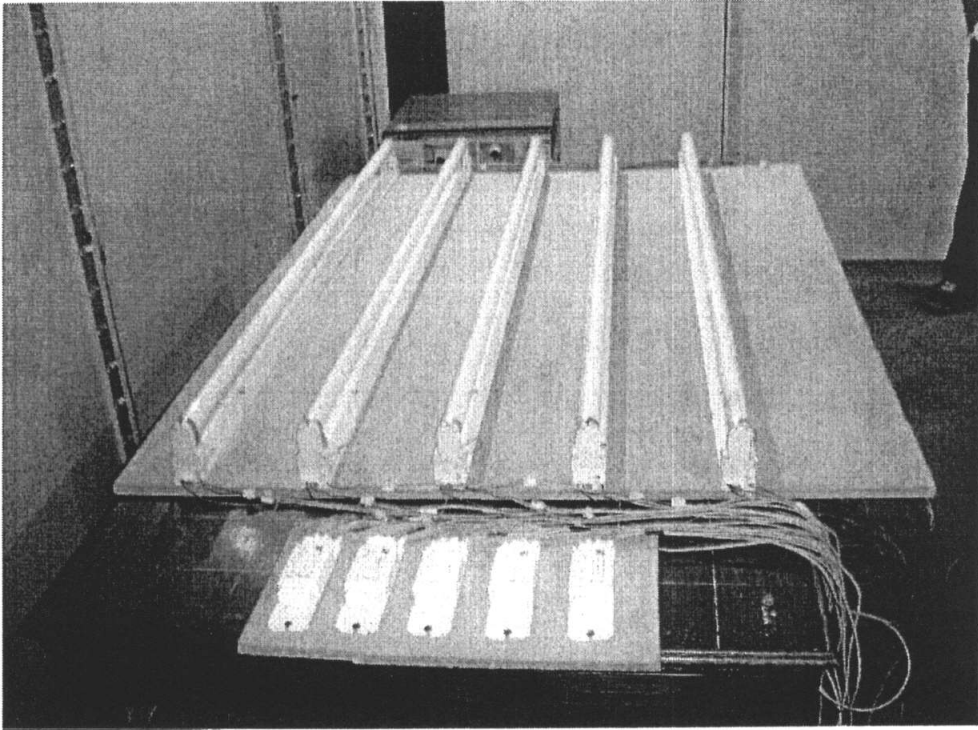
3.5 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

3.5.1 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนที่มาทางสายตัวนำ (Conducted Emission)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ห้องทดสอบ Conducted Emission จากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)
2. เครื่อง Spectrum Analyzer
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์แกนเหล็ก จำนวน 5 ชุด
5. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ชุด
6. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟเผาไส้ (Incandescent Lamps)
7. วัสดุทดสอบมอเตอร์กระแสสลับและชุดขับมอเตอร์ (Inverter) 1 ชุด
8. Tachometer

3.5.1.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

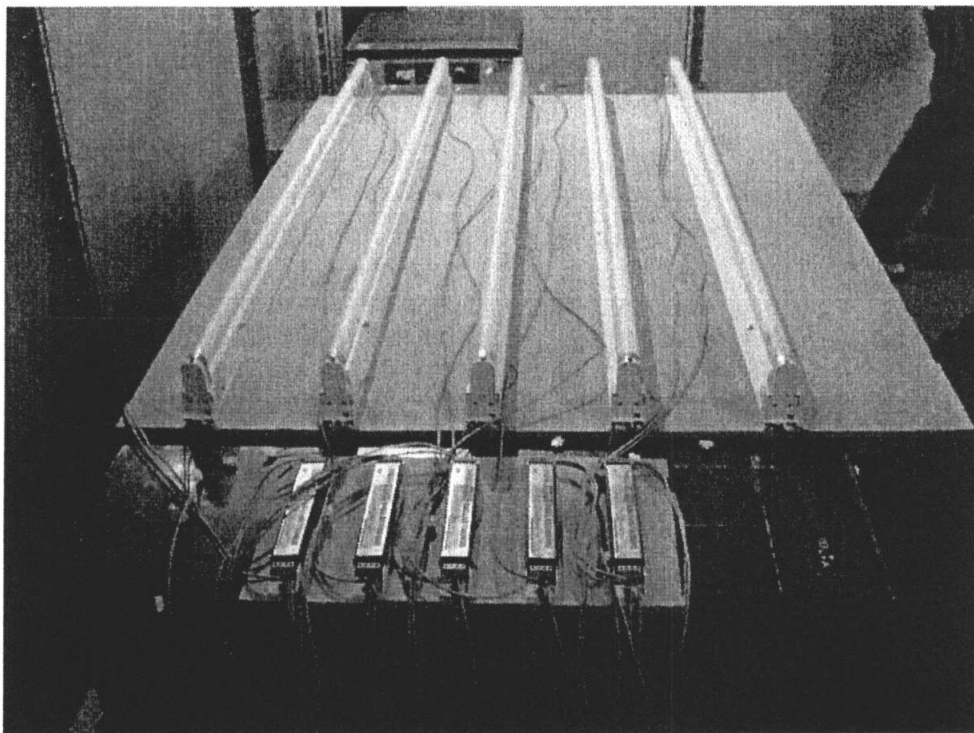


รูปที่ 3.47 ชุดหลอดไฟ + บัลลาสต์แกนเหล็ก

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์แกนเหล็ก จัดเตรียมในห้องทดสอบ Conducted Emission
2. เปิดชุดหลอดไฟ 1 หลอด แล้วปิดห้องชีลด์
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกรูปผลการทดสอบจากสาย Line และ Neutral
5. เปิดชุดหลอดไฟ 5 หลอด แล้วปิดห้องชีลด์
6. ทำตามข้อ 3 และ 4 อีกครั้ง

3.5.1.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

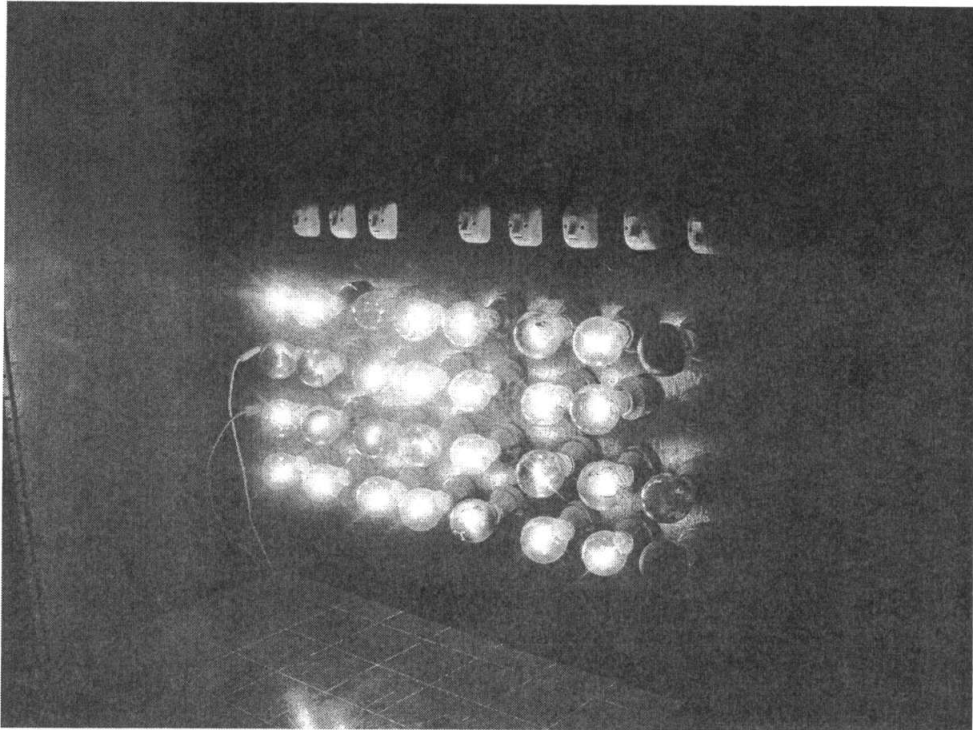


รูปที่ 3.48 ชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จัดเตรียมในห้องทดสอบ Conducted Emission
2. เปิดชุดหลอดไฟ 1 หลอด แล้วปิดห้องซีลด์
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกรูปผลการทดสอบจากสาย Line และ Neutral
5. เปิดชุดหลอดไฟ 5 หลอด แล้วปิดห้องซีลด์
6. ทำตามข้อ 3 และ 4 อีกครั้ง

3.5.1.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากหลอดไฟไส้ (Incandescent Lamps)

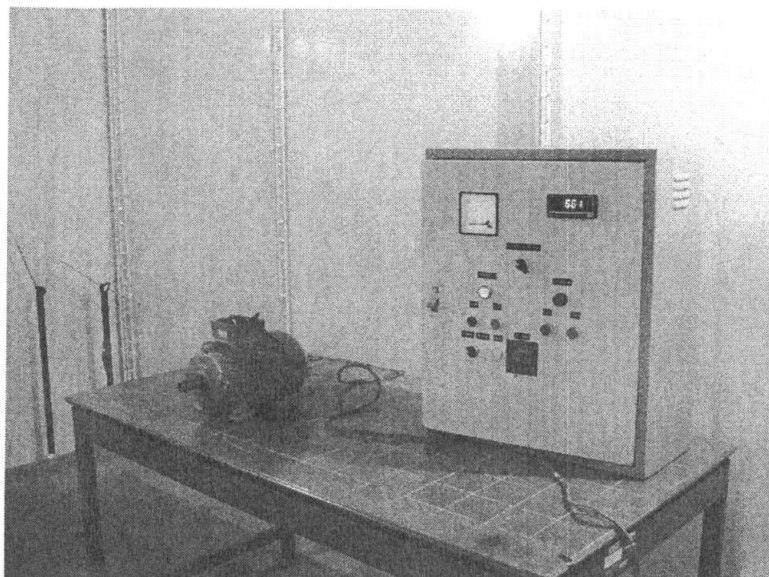


รูปที่ 3.49 ชุดหลอดไฟเผาไส้ (Incandescent Lamps)

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟเผาไส้ (Incandescent Lamps) จัดเตรียมในห้องทดสอบ Conducted Emission
2. เปิดชุดหลอดไฟ แล้วปิดห้องชิลด์
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกกรุปผลการทดสอบจากสาย Line และ Neutral

3.5.1.4 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.50 ชุดการทดสอบมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์

ขั้นตอนการทดสอบ

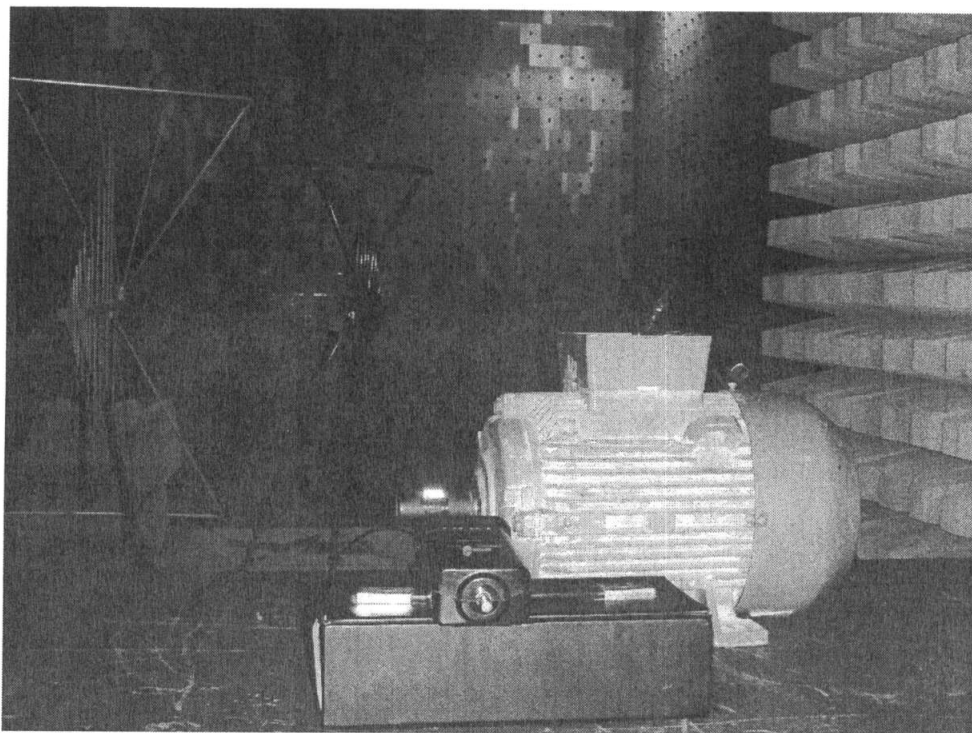
1. ใช้วัสดุทดสอบชุดการทดสอบมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์ จัดเตรียมในห้องทดสอบ Conducted Emission
2. ควบคุมอินเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1000, 1500, 2000, 2500, 3000 rpm)
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกกรุปผลการทดสอบจากสาย Line ทั้ง 3 เฟส และ สาย Neutral ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ

3.5.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนที่มาจากอากาศ (Radiated Emission)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. ห้องทดสอบ Anechoic room จากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)
2. เครื่อง Spectrum Analyzer
3. เครื่องคอมพิวเตอร์
4. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์แกนเหล็ก จำนวน 5 ชุด
5. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ชุด
6. วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟเพาไส้ (Incandescent Lamps)
7. วัสดุทดสอบมอเตอร์กระแสสลับและชุดขับมอเตอร์ (Inverter) 1 ชุด
8. Tachometer

3.5.2.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

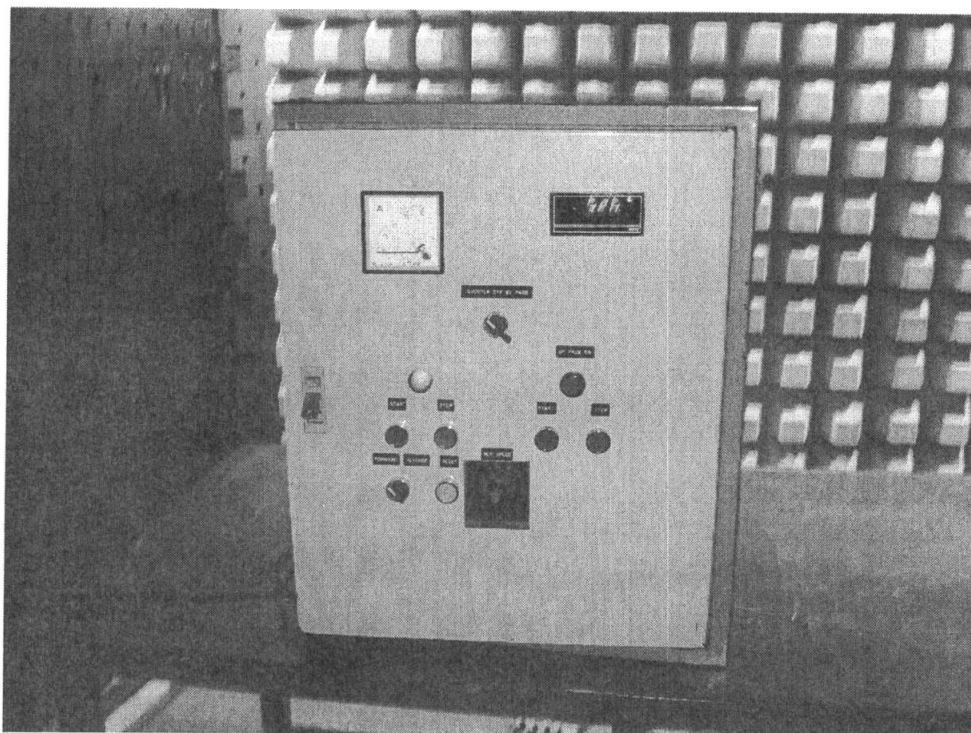


รูปที่ 3.51 ชุดการทดสอบมอเตอร์ในห้องชิลด์

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดการทดสอบมอเตอร์ จัดเตรียมในห้องทดสอบ Anechoic room
2. ควบคุมอินเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1000, 1500, 2000, 2500, 3000 rpm)
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกรูปผลการทดสอบจากสายอากาศ ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ

3.5.2.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากอินเวอร์เตอร์

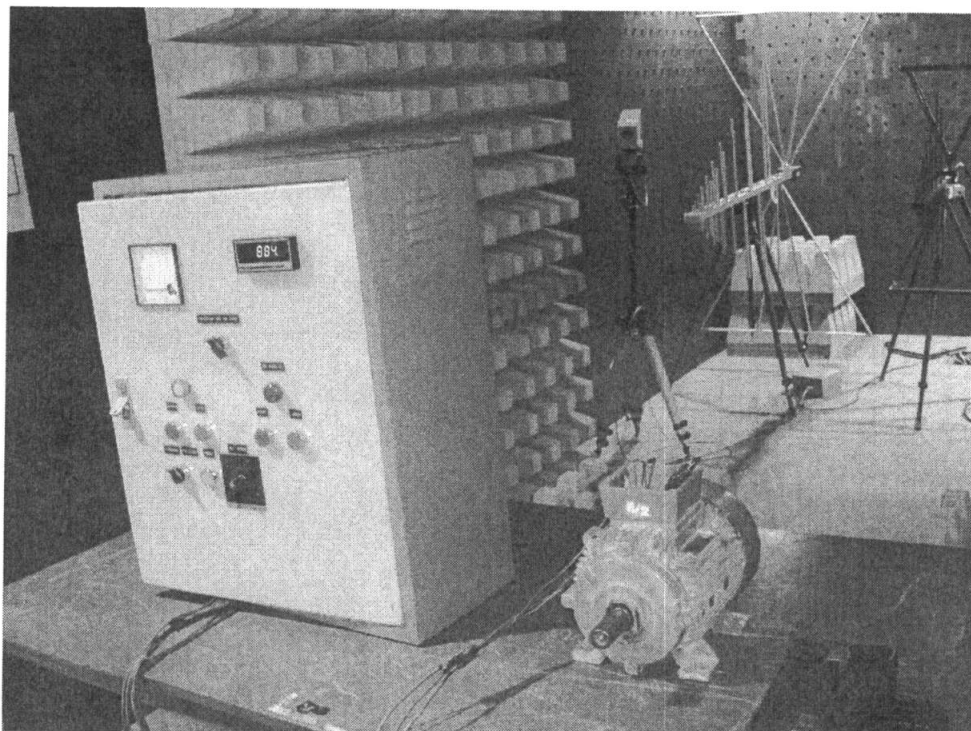


รูปที่ 3.52 ชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์ ในห้องซิลด์

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์ จัดเตรียมในห้องทดสอบ Anechoic room
2. ควบคุมอินเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1000, 1500, 2000, 2500, 3000 rpm)
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกกลุ่มผลการทดสอบจากสายอากาศ ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ

3.5.2.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับอินเวอร์เตอร์

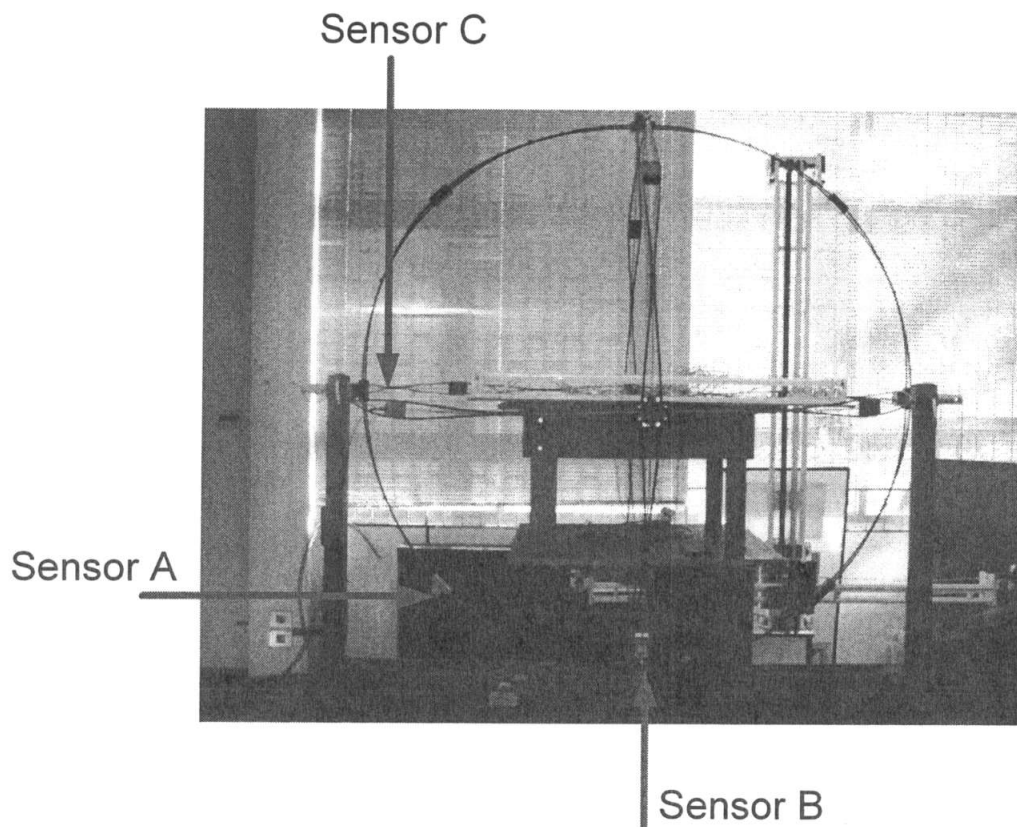


รูปที่ 3.53 ชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ ในห้องชิลด์

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดการทดสอบอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ จัดเตรียมในห้องทดสอบ Anechoic room
2. ควบคุมอินเวอร์เตอร์ที่ความเร็วรอบต่างๆ (1000, 1500, 2000, 2500, 3000 rpm)
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกรูปผลการทดสอบจากสายอากาศ ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามลำดับ

3.5.2.4 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.54 ชุดทดสอบบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ในชุดทดสอบ Magnetic Field Disturbance

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ใช้วัสดุทดสอบชุดหลอดไฟและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ จัดเตรียมในชุดทดสอบ Magnetic Field Disturbance
2. เปิดชุดหลอดไฟ 5 หลอด แล้วปิดห้องซีลด์
3. ประมวลผลและตรวจจับสัญญาณรบกวนที่เกิดโดย เครื่อง Spectrum Analyzer
4. บันทึกรูปผลการทดสอบจากสาย Line และ Neutral

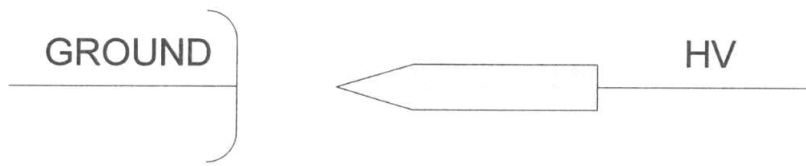
บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การทดสอบการเกิดดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม

4.1.1. การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จ (Corona discharge) Rod ด้าน HV.

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) – Plate ป้อนแรงดันด้าน Rod ที่ระยะห่าง 3 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 28.72 kV

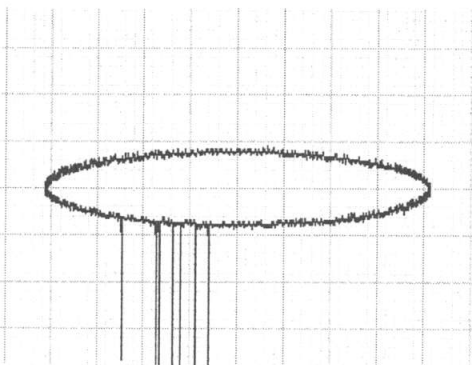


รูปที่ 4.1 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จ ด้านแรงสูง

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

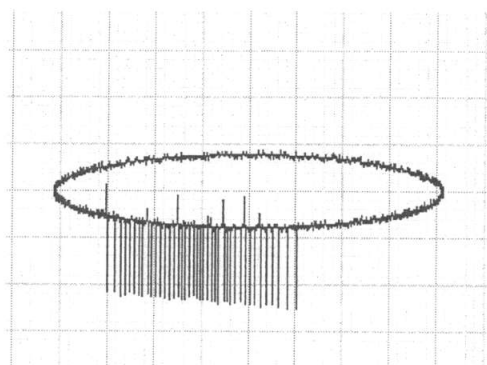
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.2 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =37.58 pC, Voltage =6.80 kV

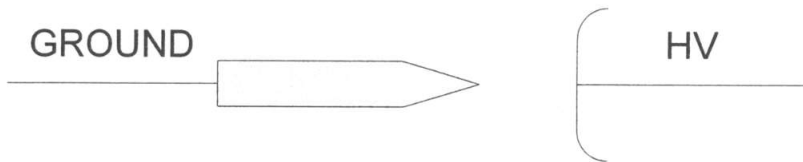


รูปที่ 4.3 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =85.22 pC, Voltage =8.03 kV

4.1.2. การทดสอบโคโรนาดีสชาร์จ (Corona discharge) Rod ด้าน LV.

1. วัสดุทดสอบประเภท Rod (หัวแหลม) – Plate ป้อนแรงดันด้าน Rod ที่ระยะห่าง 3 cm.
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 28.72 kV

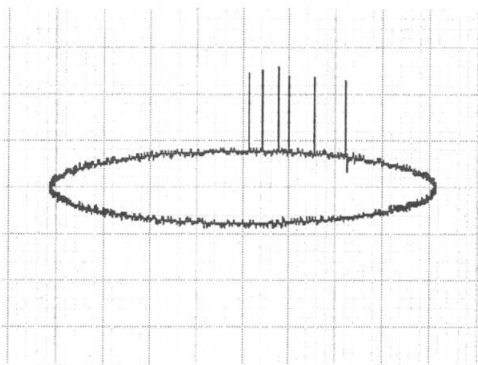


รูปที่ 4.4 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบโคโรนาดีสชาร์จด้านแรงต่ำ

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

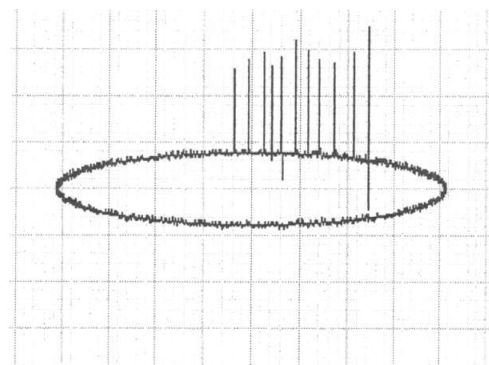
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดีสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.5 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =128.75 pC, Voltage =8.60 kV

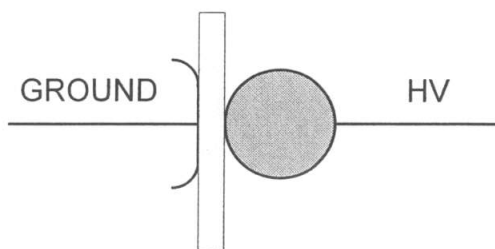


รูปที่ 4.6 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =80.12 pC, Voltage =9.19 kV

4.1.3. การทดสอบดิสชาร์จตามผิว (Surface discharge)

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-อซิลิค-Plate
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV

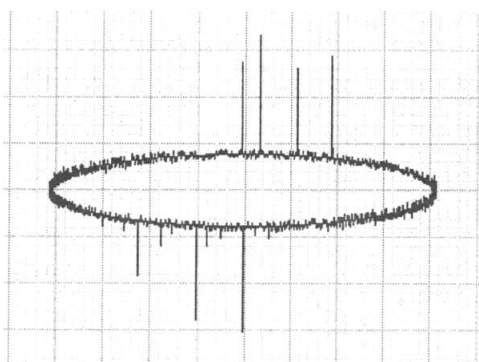


รูปที่ 4.7 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิว

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

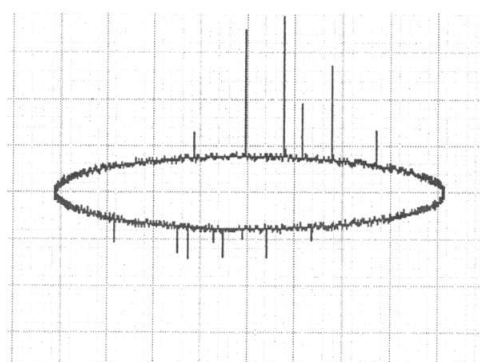
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.8 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =20.19 pC, Voltage =6.17 kV

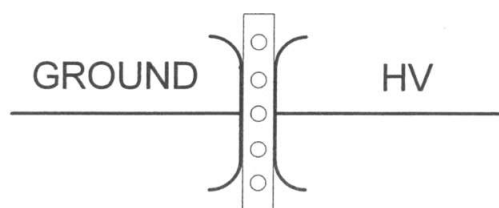


รูปที่ 4.9 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =53.29 pC, Voltage =7.32 kV

4.1.4. การทดสอบดิสชาร์จภายใน

1. วัสดุทดสอบประเภท Internal 5 รู
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV

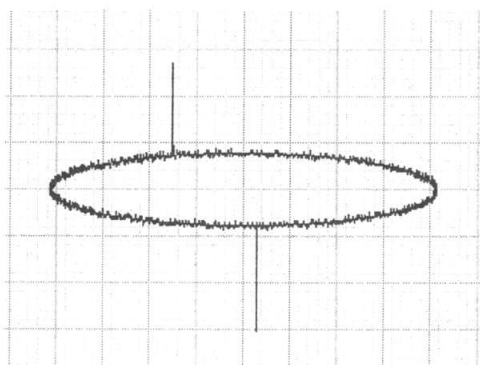


รูปที่ 4.10 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายใน

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

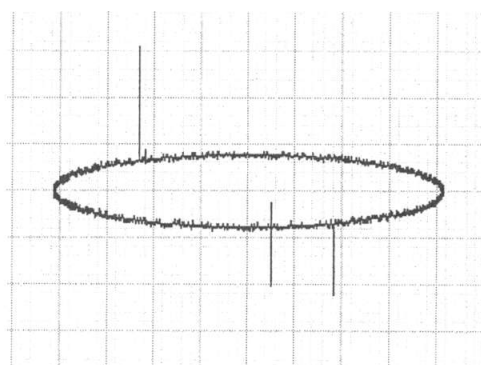
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.11 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge =66.40 pC, Voltage =14.49 kV

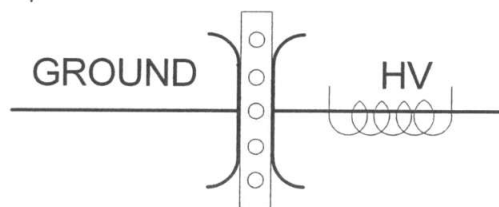


รูปที่ 4.12 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge =69.71 pC, Voltage =16.04 kV

4.1.5. การทดสอบดิสชาร์จภายใน เมื่อมีโคโรนาดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบ ทางด้านแรงสูง

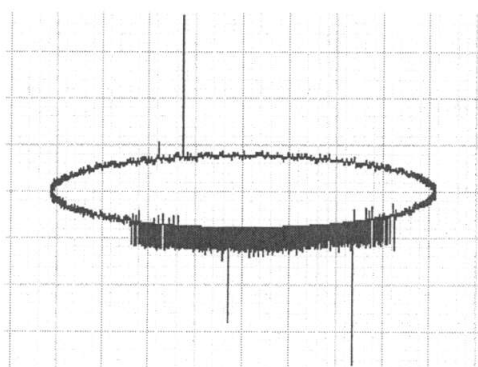
1. วัสดุทดสอบประเภท Internal 5 รู, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายใน โคโรนาดิสชาร์จผสมทางด้านแรงสูง

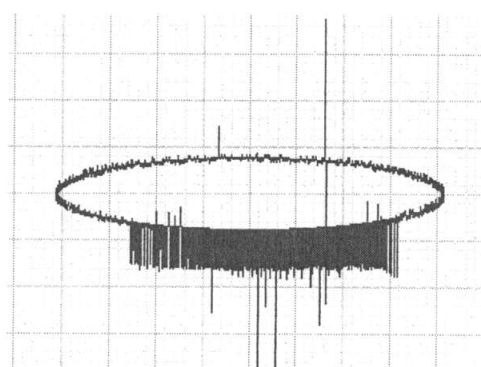
4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
 - 4.4 Background Noise 0.89 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.14 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =56.68 pC, Voltage =14.88 kV

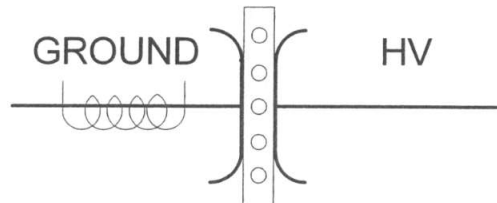


รูปที่ 4.15 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =30.75 pC, Voltage =14.95 kV

4.1.6. การทดสอบดิสชาร์จภายใน เมื่อมีโคโรนาดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบ ทางด้านกราวด์

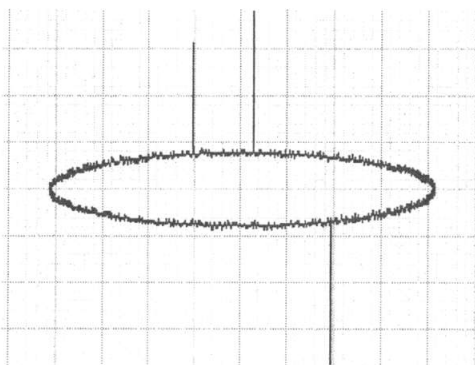
1. วัสดุทดสอบประเภท Internal 5 รู, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



รูปที่ 4.16 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จภายใน โคโรนาดิสชาร์จผสมทางด้านแรงต่ำ

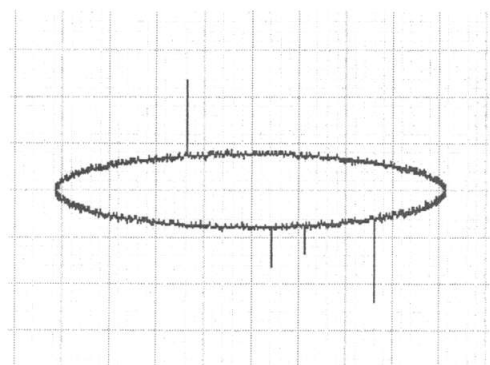
4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
 - 4.4 Background Noise 0.89 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.17 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =49.98 pC, Voltage =15.41 kV

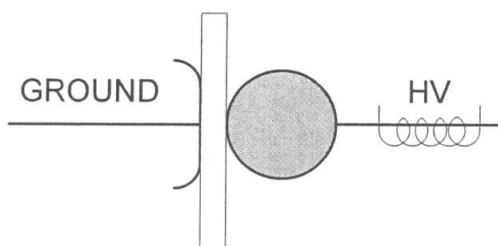


รูปที่ 4.18 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =90.80 pC, Voltage =16.01 kV

4.1.7. การทดสอบดิสชาร์จตามผิว เมื่อมีโคโรนาดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบ ทางด้านแรงสูง

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-อซิลิค-Plate, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV

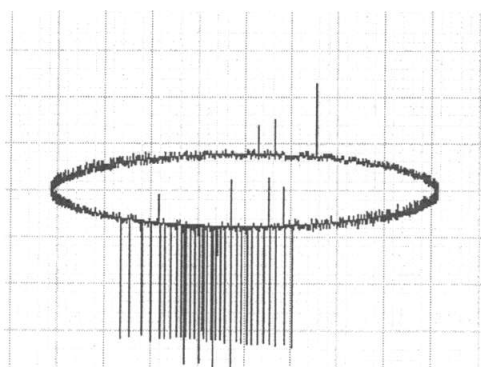


รูปที่ 4.19 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิว โคโรนาดิสชาร์จทางด้านแรงสูง

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

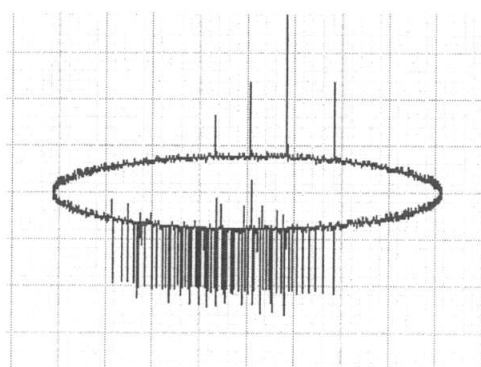
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.20 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =22.32 pC, Voltage =6.31 kV

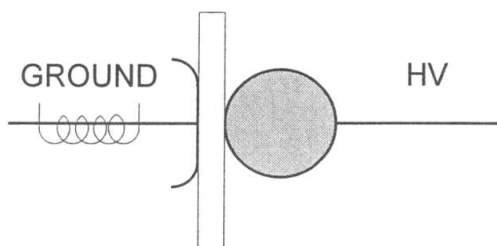


รูปที่ 4.21 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =68.84 pC, Voltage =6.98 kV

4.1.8. การทดสอบดิสชาร์จตามผิว เมื่อมีโคโรнадิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบ ทางด้านแรงต่ำ

1. วัสดุทดสอบประเภท Plate-อคลิก-Plate, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV

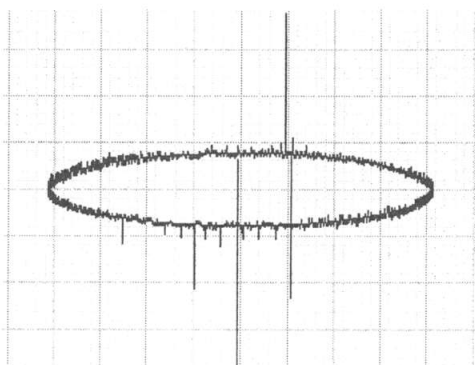


รูปที่ 4.22 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จตามผิว โคโรнадิสชาร์จทางด้านแรงต่ำ

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

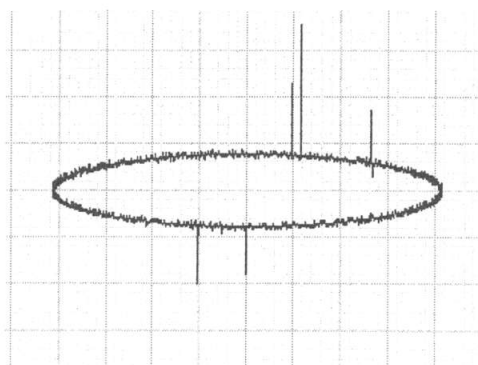
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.23 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 58.04 pC, Voltage = 6.90 kV

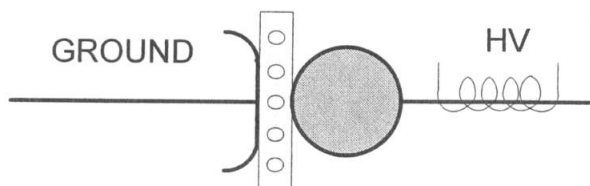


รูปที่ 4.24 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 59.84 pC, Voltage = 6.95 kV

4.1.9. การทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงสูง (ดิสชาร์จภายใน, ดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงสูง)

1. วัสดุทดสอบประเภท Internal 5 รู, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา), Sphere
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV

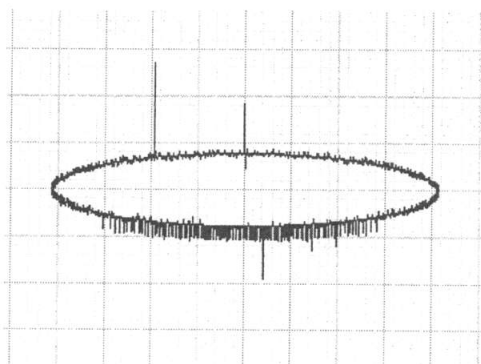


รูปที่ 4.25 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงสูง (ดิสชาร์จภายใน, ดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงสูง)

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

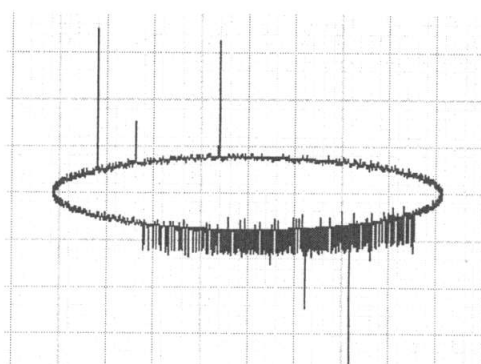
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
- 4.4 Background Noise 0.89 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.26 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =92.31 pC, Voltage =9.80 kV

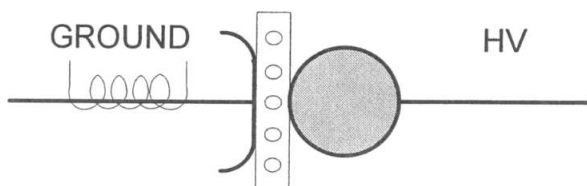


รูปที่ 4.27 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =85.22 pC, Voltage =10.50 kV

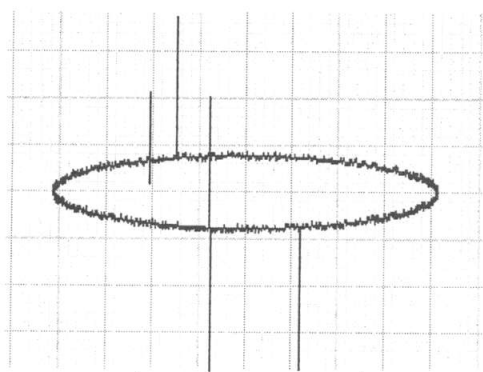
4.1.10. การทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงสูง (ดิสชาร์จภายใน ดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงต่ำ)

1. วัสดุทดสอบประเภท Internal 5 รู, ขดลวดปลายแหลม (สร้างโคโรนา), Sphere
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบ 29.49 kV



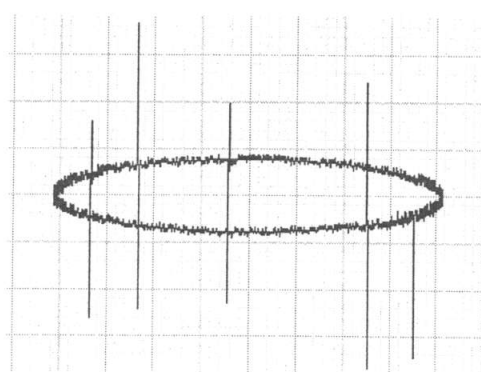
รูปที่ 4.28 ตัวอย่างวงจรที่ทำการทดสอบดิสชาร์จผสมในวงจรทดสอบทางด้านแรงต่ำ (ดิสชาร์จภายในดิสชาร์จตามผิว และโคโรนาดิสชาร์จด้านแรงต่ำ)

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 762.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 24 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 57.5 %
 - 4.4 Background Noise 0.89 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %
5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.29 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =42.79 pC, Voltage =9.83 kV



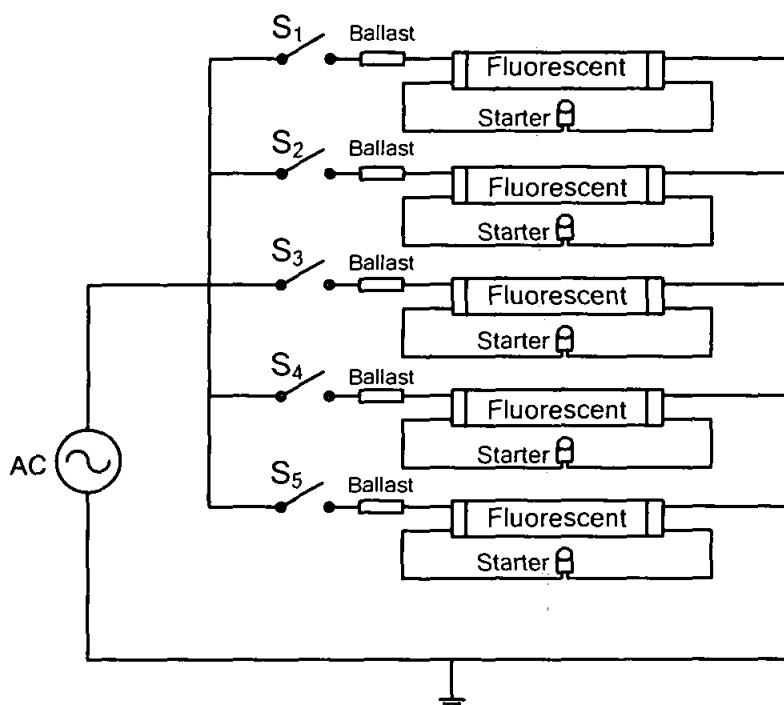
รูปที่ 4.30 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge =18.84 pC, Voltage =10.41 kV

4.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากชุดหลอดไฟฟ้า

4.2.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก

1. วัสดุทดสอบชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์แกนเหล็ก)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณรบกวน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดสัญญาณรบกวน

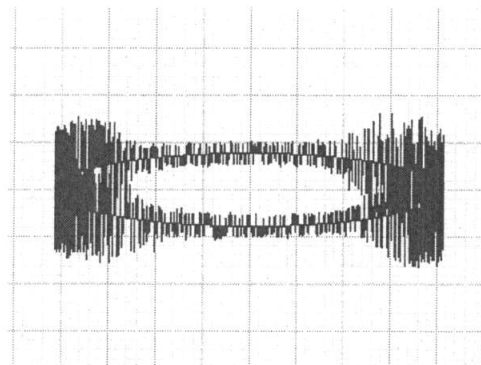


รูปที่ 4.31 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

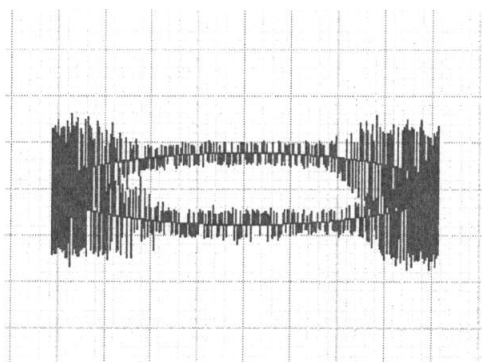
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.79 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลของสัญญาณรบกวน

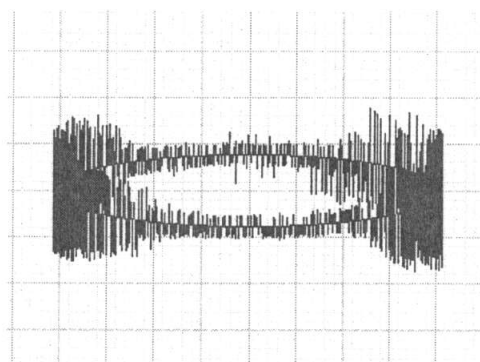


รูปที่ 4.32 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

5.1 กรณีเมื่อทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 1 หลอด

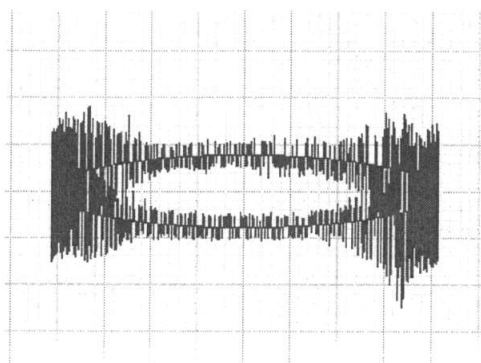


รูปที่ 4.33 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์
Discharge = 1.29 pC, Voltage = 0.00 kV

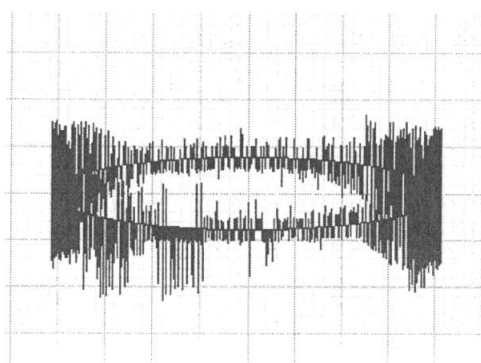


รูปที่ 4.34 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์
Discharge = 1.84 pC, Voltage = 0.00 kV

5.2 กรณีเมื่อทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 5 หลอด

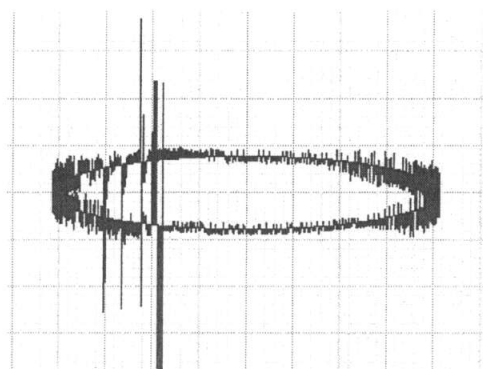


รูปที่ 4.35 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์
Discharge = 1.68 pC, Voltage = 0.00 kV



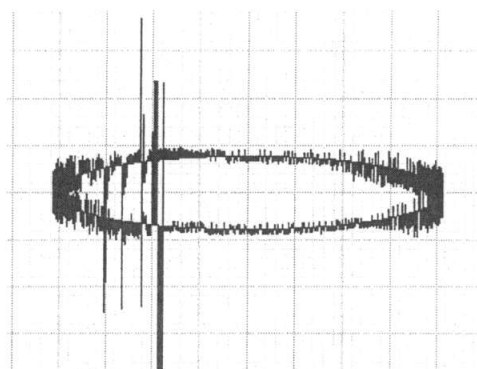
รูปที่ 4.36 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์
Discharge = 1.84 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานแล้วเกิดการกระพริบกรณีที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก



รูปที่ 4.37 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 4.39 pC, Voltage = 0.00 kV

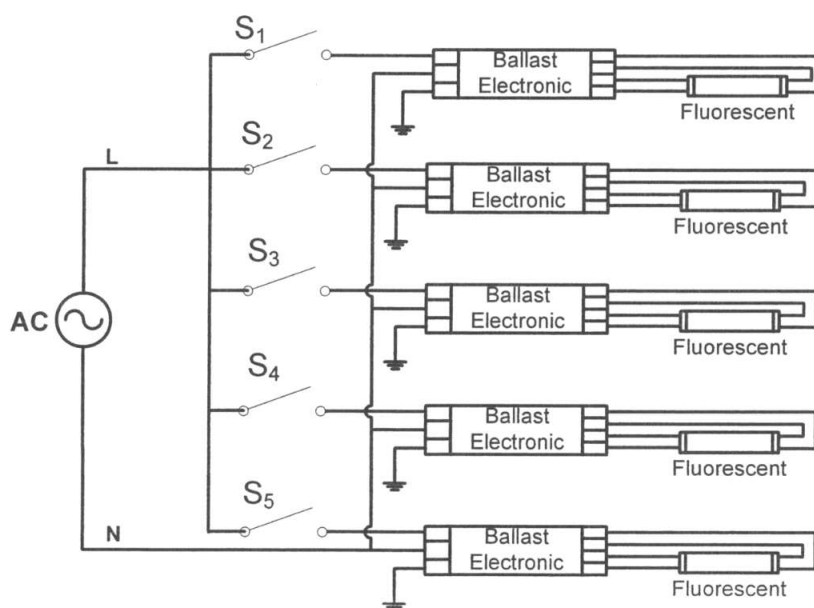


รูปที่ 4.38 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 4.84 pC, Voltage = 0.00 kV

4.2.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1. วัสดุทดสอบชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดฟลูออเรสเซนต์, บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์)
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสสารจางบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดสสารจางบางส่วน

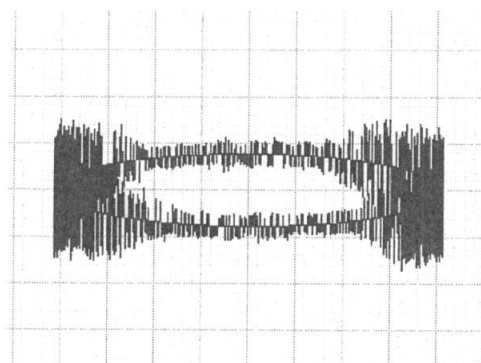


รูปที่ 4.39 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

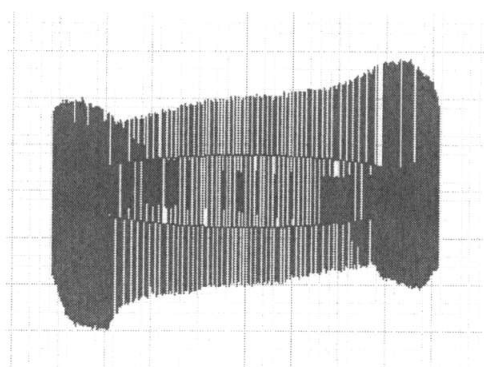
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.68 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลของสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.40 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 0.68 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

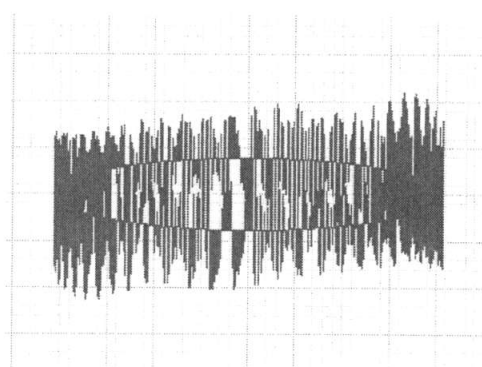
5.1 กรณีเมื่อทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 1 หลอด



รูปที่ 4.41 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 20.61 pC, Voltage = 0.00 kV

ขณะเปิดหลอดไฟ

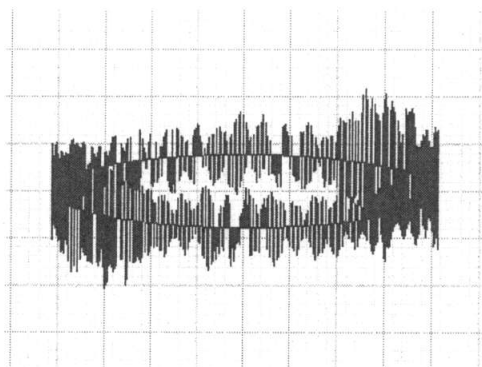


รูปที่ 4.42 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

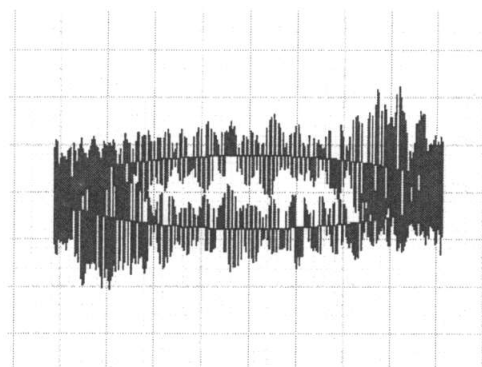
Discharge = 57.78 pC, Voltage = 0.00 kV

ขณะหลอดไฟทำงาน

5.2 กรณีเมื่อทำการเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ จำนวน 5 หลอด



รูปที่ 4.43 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์



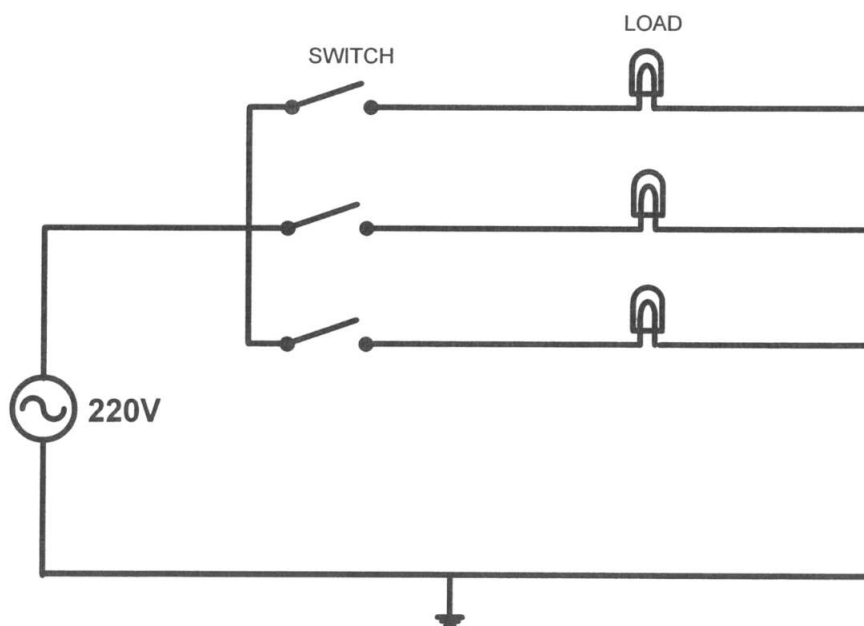
รูปที่ 4.44 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 170.19 pC, Voltage = 0.00 kV

Discharge = 215.46 pC, Voltage = 0.00 kV

4.2.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้

1. วัสดุทดสอบชุดหลอดเผาไส้
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.45 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดหลอดเผาไส้

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท

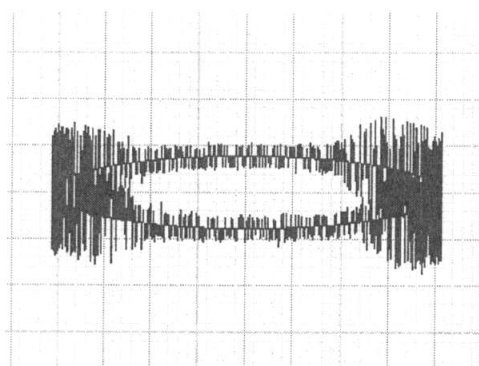
4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23 องศาเซลเซียส

4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %

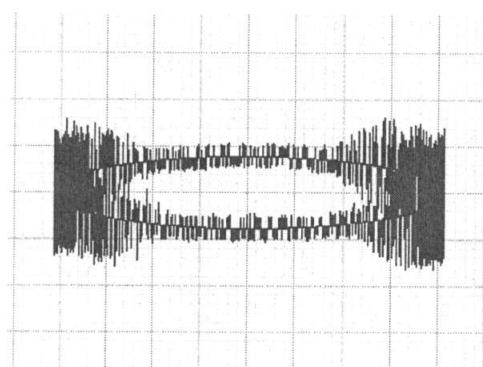
4.4 Background Noise 0.75 pC

4.5 Scale Factor 99.7 %

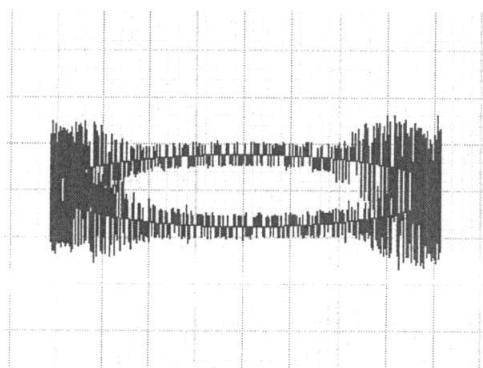
5. ผลของสัญญาณรบกวน



รูปที่ 4.46 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV ก่อนการทดสอบ



รูปที่ 4.47 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV

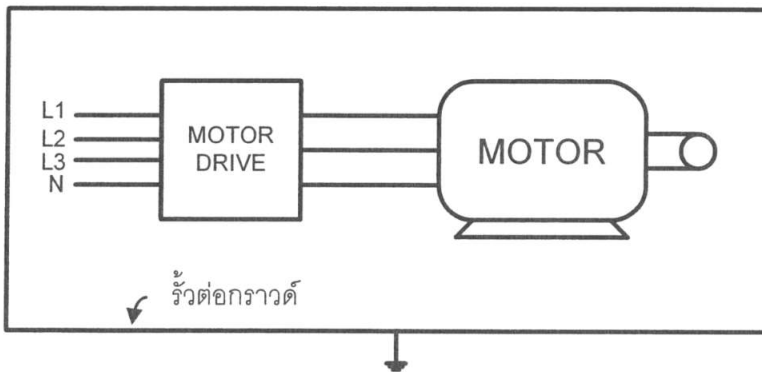


รูปที่ 4.48 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage =0.00 kV

4.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์

4.3.1 การทดสอบมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์อยู่ในรั้ว

1. วัสดุทดสอบมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดสัญญาณรบกวน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดสัญญาณรบกวน

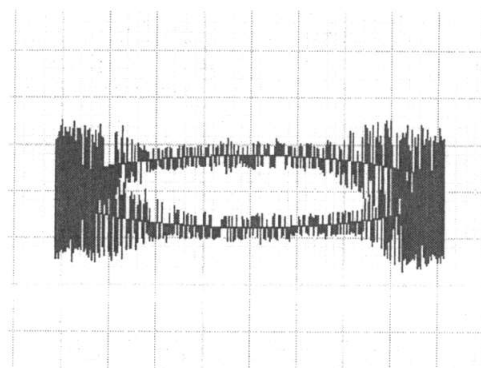


รูปที่ 4.49 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์
อยู่ในระบบวัดสัญญาณรบกวนบางส่วน

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

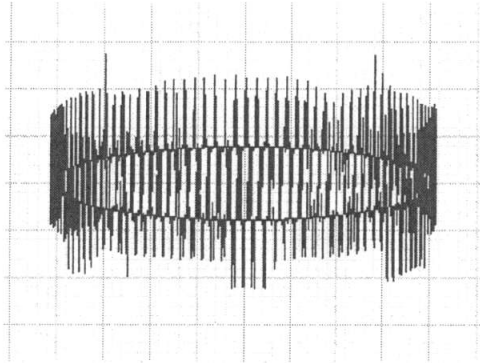
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.75 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจวัดสัญญาณรบกวน และผลของสัญญาณรบกวน



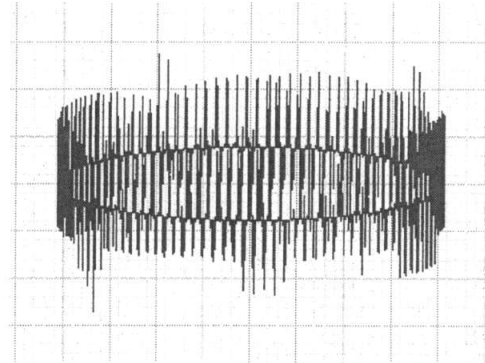
รูปที่ 4.50 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

5.1 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.51 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

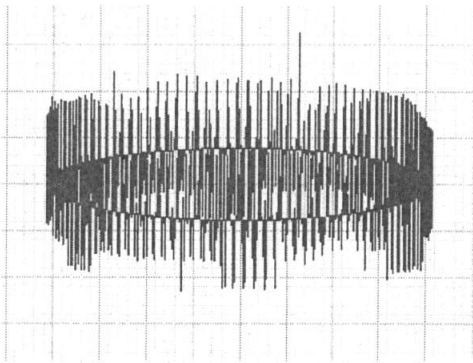
Discharge = 287.36 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.52 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

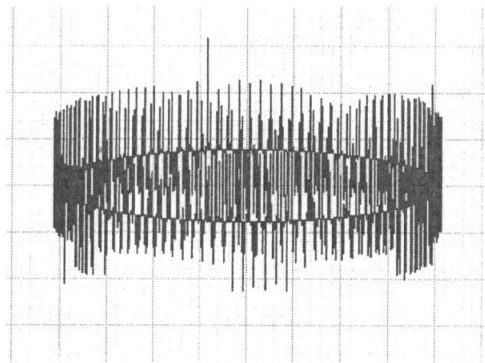
Discharge = 287.55 pC, Voltage = 0.00 kV

5.2 ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.53 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

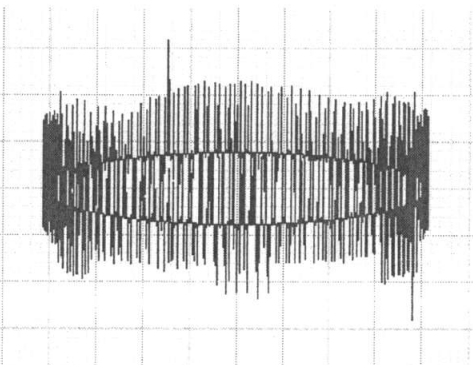
Discharge = 280.28 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.54 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

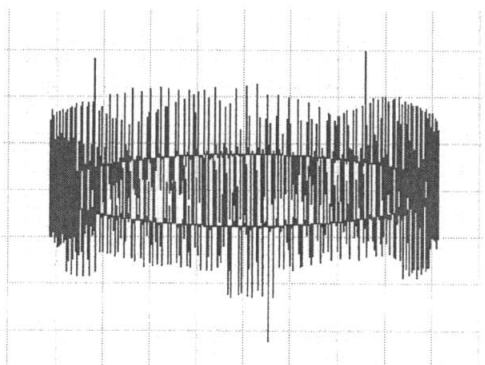
Discharge = 280.63 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.55 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

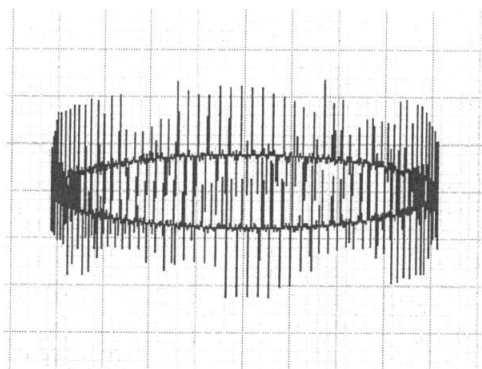
Discharge = 280.63 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.56 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

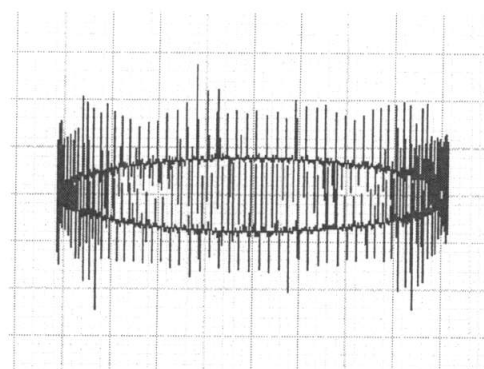
Discharge = 280.73 pC, Voltage = 0.00 kV

5.4 ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.57 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

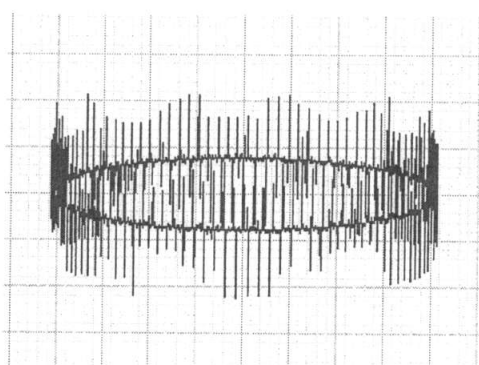
Discharge = 232.01 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.58 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

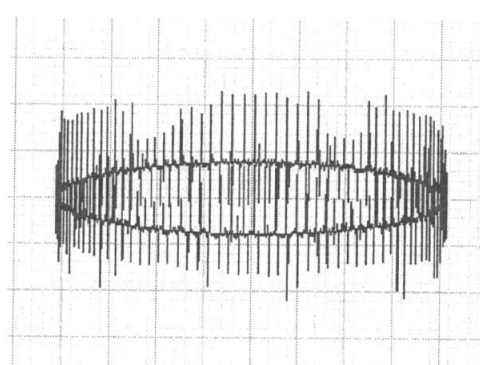
Discharge = 244.45 pC, Voltage = 0.00 kV

5.5 ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.59 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 230.87 pC, Voltage = 0.00 kV

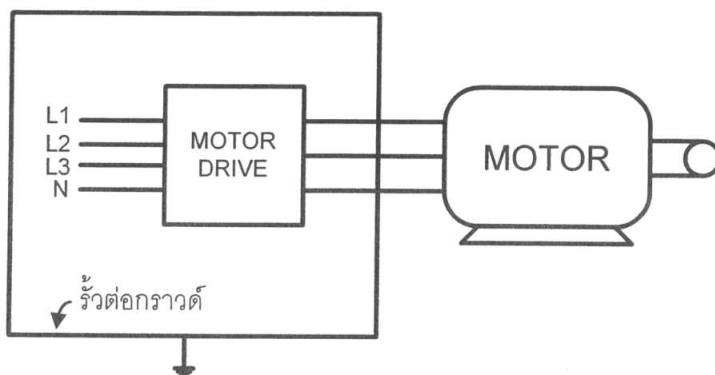


รูปที่ 4.60 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 231.10 pC, Voltage = 0.00 kV

4.3.2 การทดสอบมอเตอร์อยู่นอกกริ่ง ชุดอินเวอร์เตอร์อยู่ในกริ่ง

1. วัสดุทดสอบมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสราร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดดิสราร์จบางส่วน

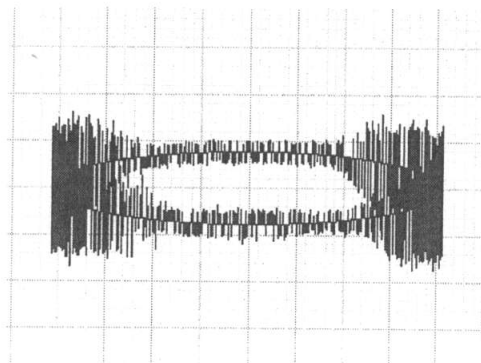


รูปที่ 4.61 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์อยู่นอกระบบวัดดิสราร์จบางส่วน และอินเวอร์เตอร์ อยู่ในระบบวัดดิสราร์จบางส่วน

4. สภาพแวดล้อมและการเปรียบเทียบวงจรทดสอบ

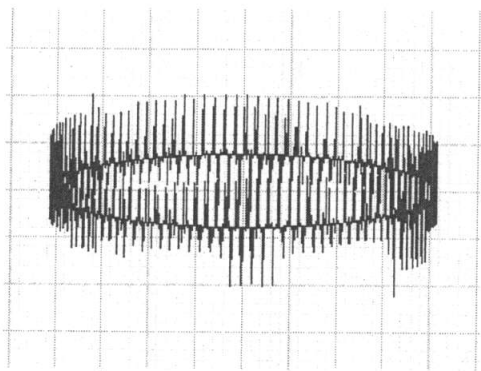
- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.78 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

5. ผลการตรวจจับดิสราร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน



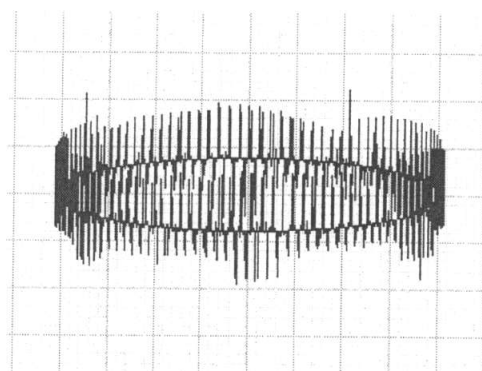
รูปที่ 4.62 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.78 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

5.1 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.63 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

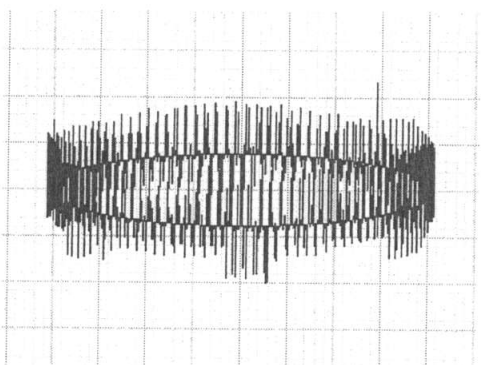
Discharge = 35.09 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.64 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

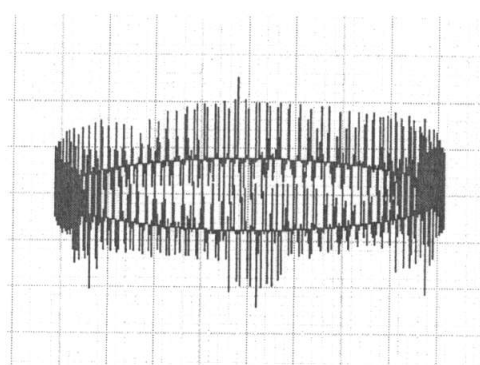
Discharge = 35.13 pC, Voltage = 0.00 kV

5.2 ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.65 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

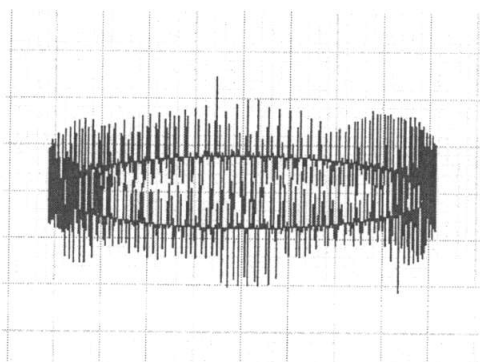
Discharge = 34.24 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.66 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

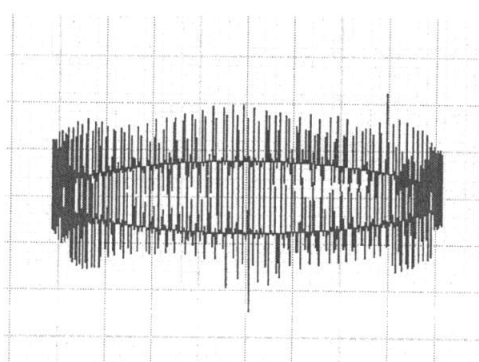
Discharge = 34.52 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.67 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

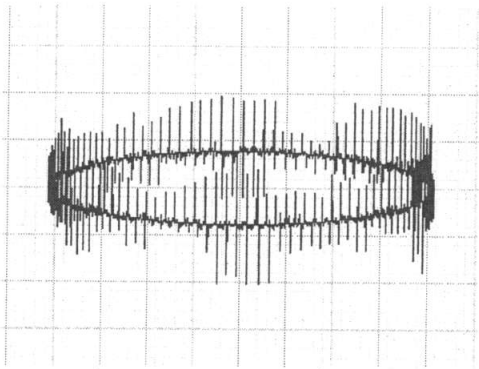
Discharge = 32.86 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.68 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

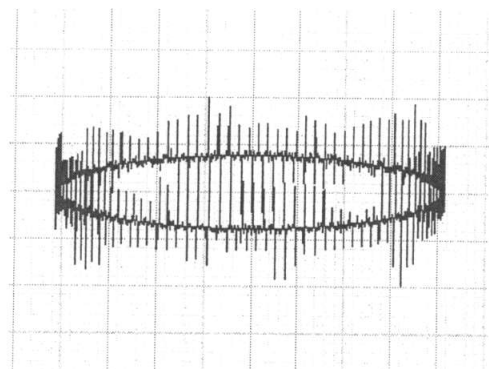
Discharge = 32.90 pC, Voltage = 0.00 kV

5.4 ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.69 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

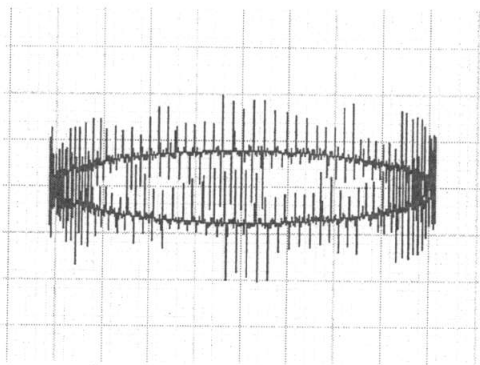
Discharge = 27.88 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.70 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

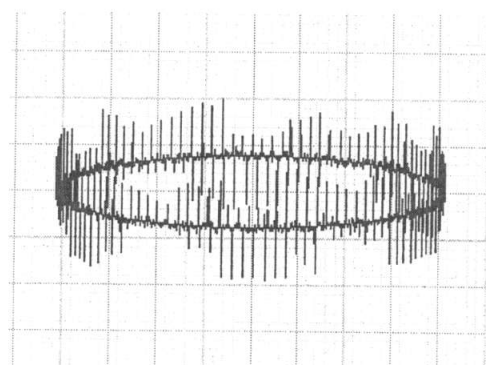
Discharge = 28.01 pC, Voltage = 0.00 kV

5.5 ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.71 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 26.61 pC, Voltage = 0.00 kV

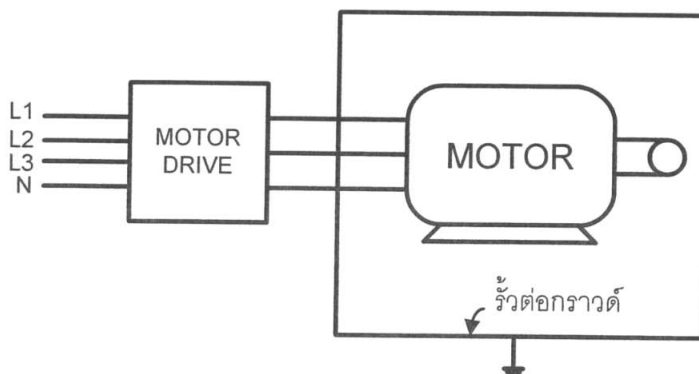


รูปที่ 4.72 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 26.63 pC, Voltage = 0.00 kV

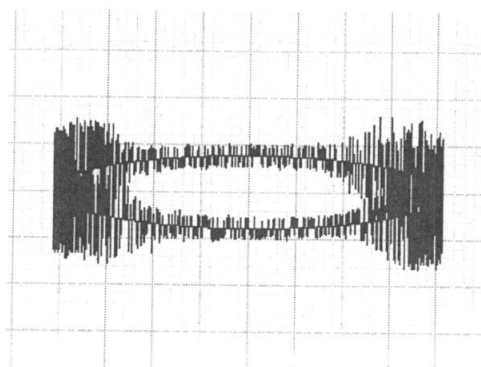
4.3.3 การทดสอบมอเตอร์อยู่ในรั้ว ชุดอินเวอร์เตอร์อยู่นอกรั้ว

1. วัสดุทดสอบมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดดิสชาร์จบางส่วน



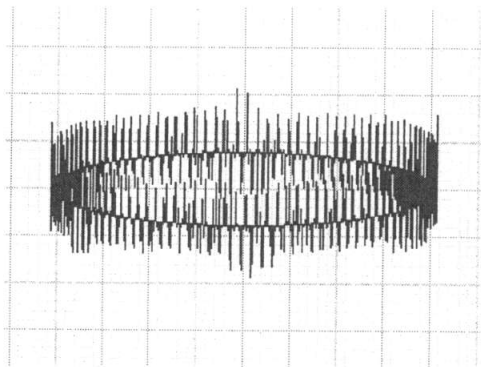
รูปที่ 4.73 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน และอินเวอร์เตอร์ อยู่นอกระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
 - 4.4 Background Noise 0.79 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %
5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน



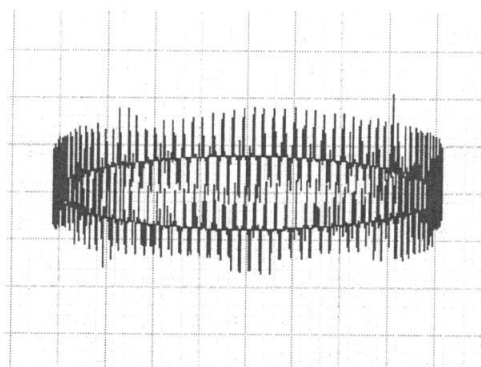
รูปที่ 4.74 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

5.1 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.75 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

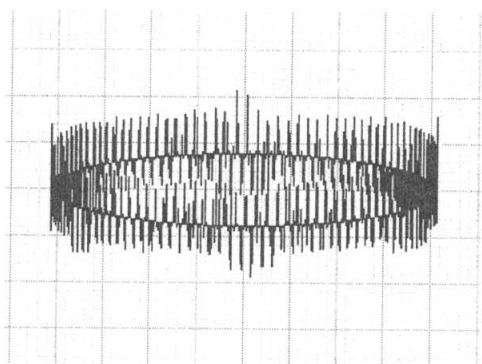
Discharge = 182.48 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.76 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

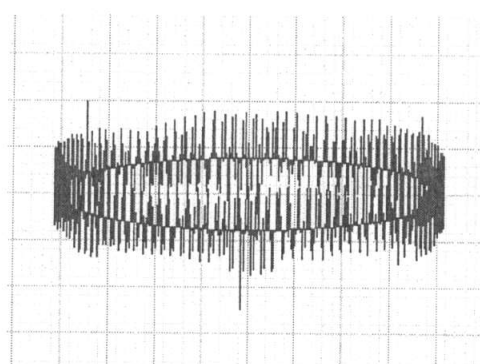
Discharge = 183.05 pC, Voltage = 0.00 kV

5.2 ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.77 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

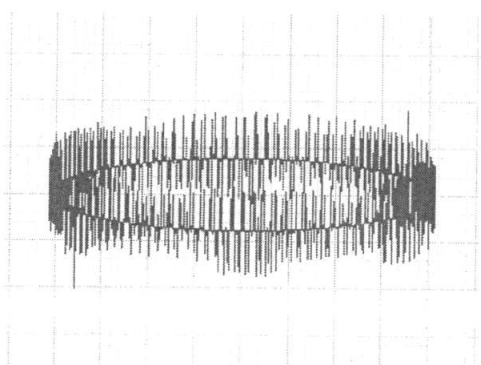
Discharge = 179.17 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.78 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

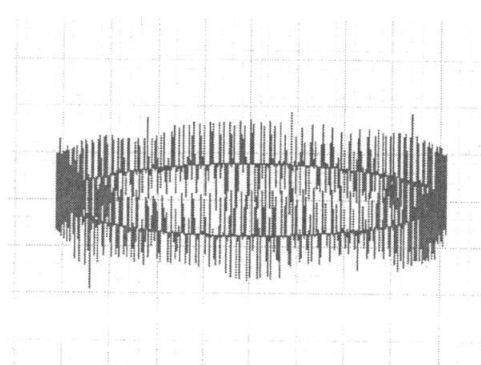
Discharge = 179.29 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.79 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

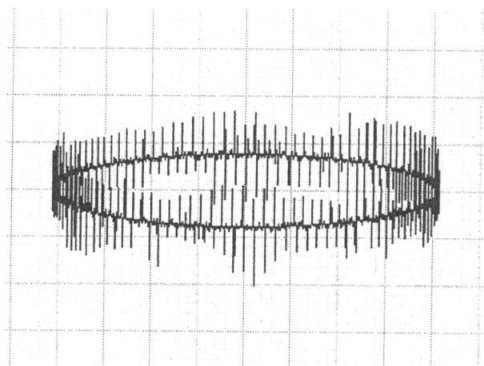
Discharge = 181.91 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.80 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

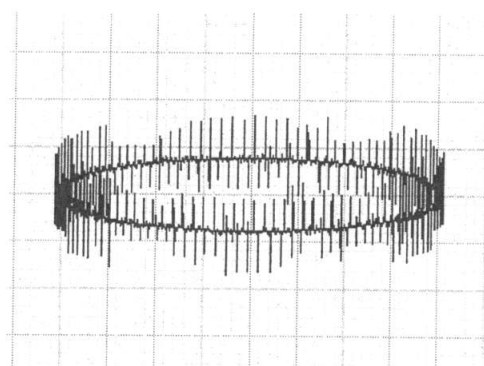
Discharge = 181.25 pC, Voltage = 0.00 kV

5.4 ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.81 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

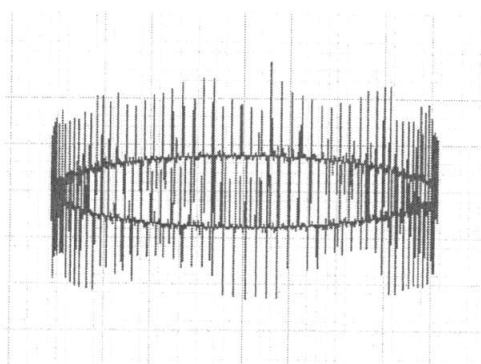
Discharge = 157.03 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.82 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

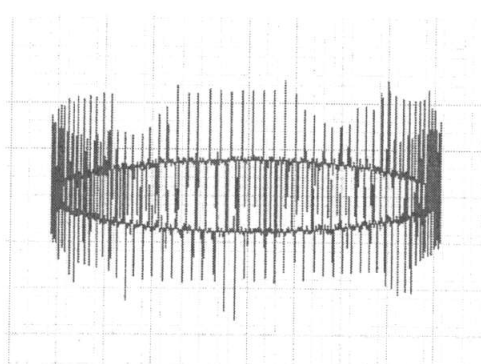
Discharge = 158.86 pC, Voltage = 0.00 kV

5.5 ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.83 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 153.38 pC, Voltage = 0.00 kV

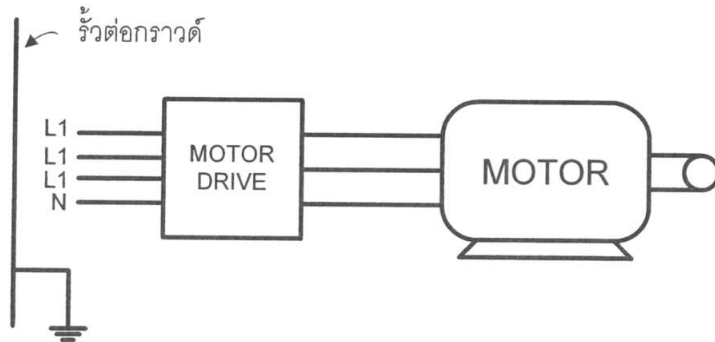


รูปที่ 4.84 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 153.76 pC, Voltage = 0.00 kV

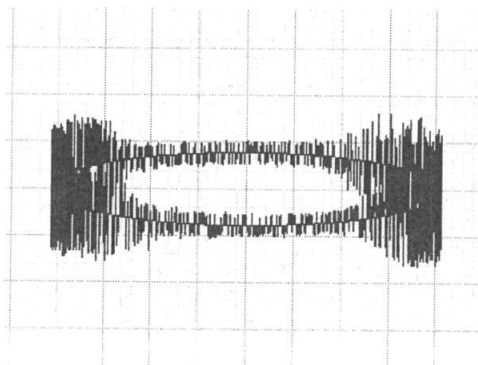
4.3.4 การทดสอบมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์อยู่นอกกรง

1. วัสดุทดสอบมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดดิซชาร์จบางส่วน



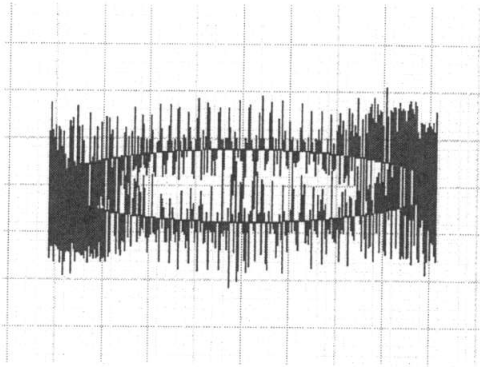
รูปที่ 4.85 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และอินเวอร์เตอร์
อยู่นอกระบบวัดดิซชาร์จบางส่วน

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
 - 4.4 Background Noise 0.82 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %
5. ผลการตรวจจับดิซชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน



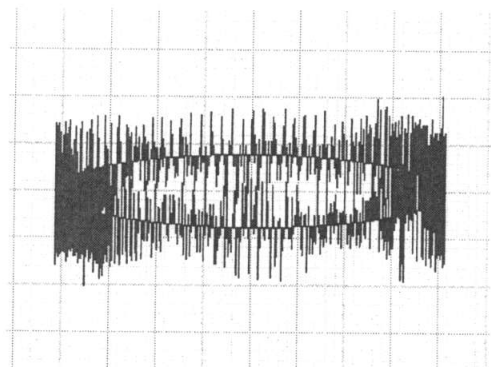
รูปที่ 4.86 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.82 pC, Voltage = 0.00 kV ก่อนการทดสอบ

5.1 ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.87 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

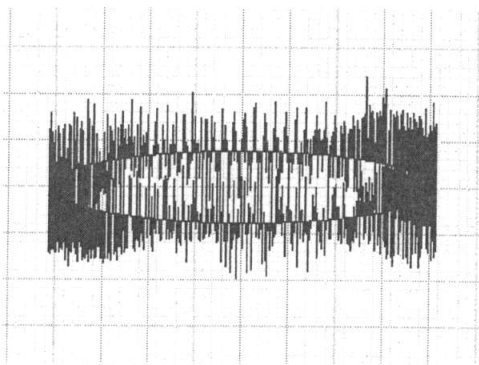
Discharge = 0.99 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.88 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

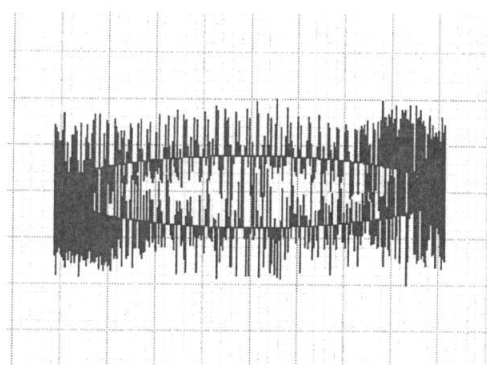
Discharge = 1.02 pC, Voltage = 0.00 kV

5.2 ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.89 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

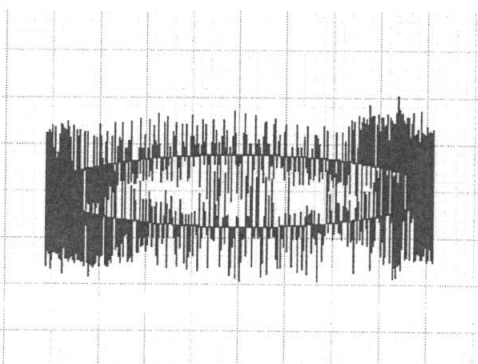
Discharge = 1.01 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.90 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

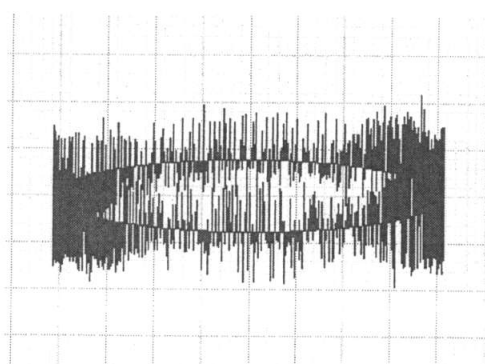
Discharge = 1.03 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.91 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

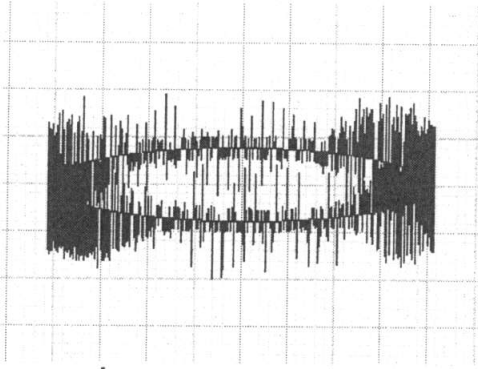
Discharge = 0.95 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.92 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

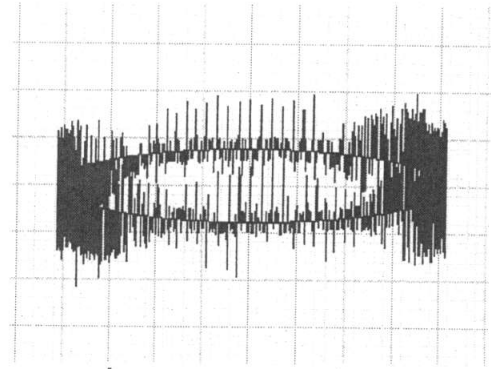
Discharge = 0.96 pC, Voltage = 0.00 kV

5.4 ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.93 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

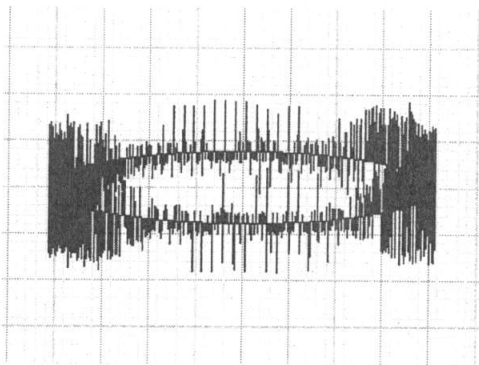
Discharge = 0.91 pC, Voltage = 0.00 kV



รูปที่ 4.94 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

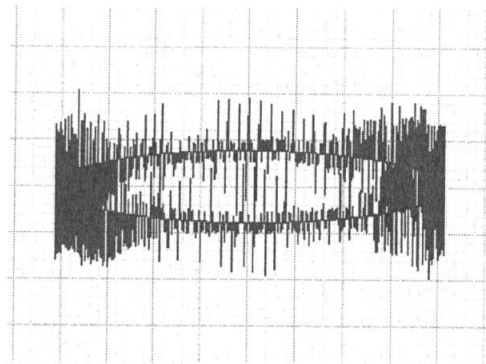
Discharge = 0.92 pC, Voltage = 0.00 kV

5.5 ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.95 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.93 pC, Voltage = 0.00 kV

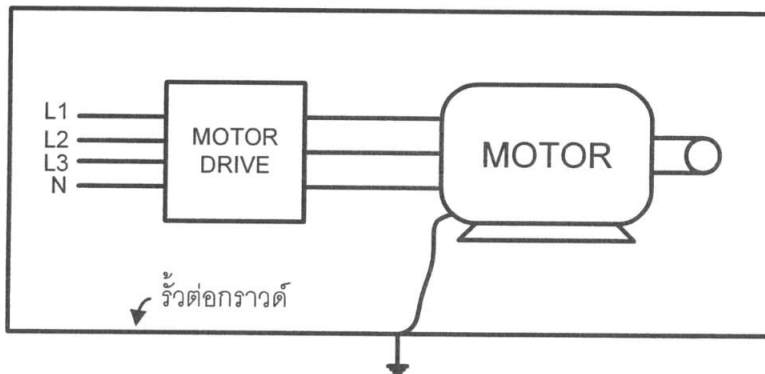


รูปที่ 4.96 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.95 pC, Voltage = 0.00 kV

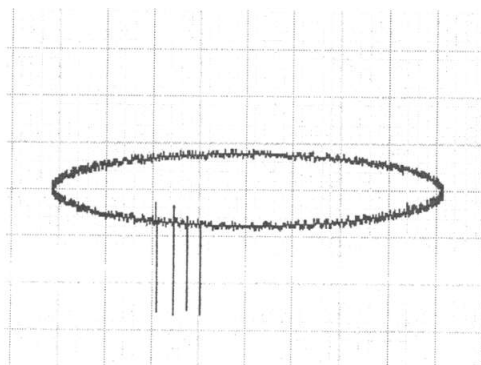
4.3.5 การทดสอบมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์อยู่ในรั้วและขณะสตาร์ทมอเตอร์แล้วกระแสรั่วลงกราวด์

1. วัสดุทดสอบมอเตอร์ และอินเวอร์เตอร์
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. การทดสอบสัญญาณรบกวนโดยไม่ป้อนแรงดันจากเครื่องวัดดิสชาร์จบางส่วน



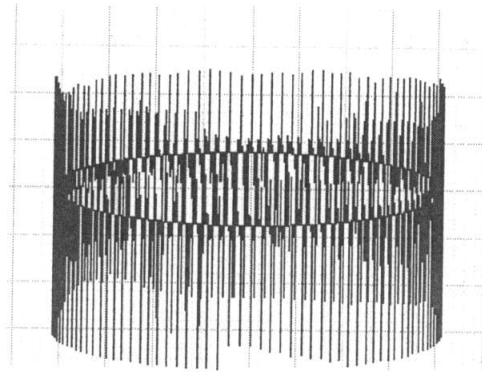
รูปที่ 4.97 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน มอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์ อยู่ในระบบวัดดิสชาร์จบางส่วน ขณะสตาร์ทมอเตอร์แล้วกระแสรั่วลงกราวด์

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
 - 4.4 Background Noise 0.82 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %
5. ผลการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน
 - 5.1 ผลการทดสอบโคโรนาดิสชาร์จ



รูปที่ 4.98 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 22.74 pC, Voltage = 4.8 kV

5.2 ผลการทดสอบขณะสตาร์ทมอเตอร์ โดยที่ทำการทดสอบพร้อมกับการทดสอบการเกิดโคโรนา

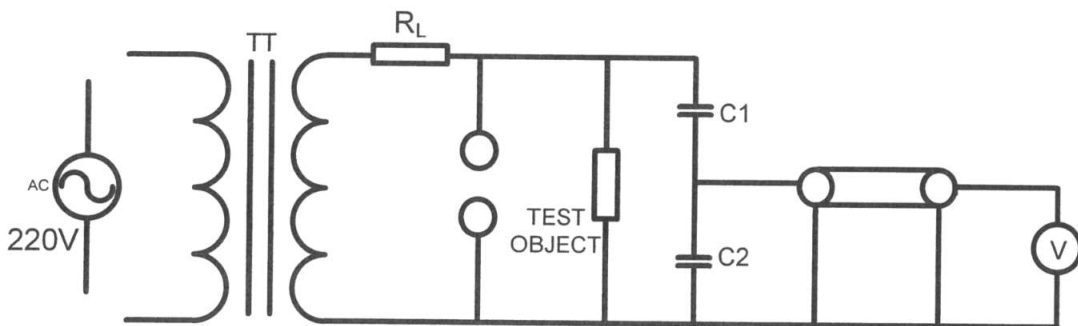


รูปที่ 4.99 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 35.74 pC, Voltage = 4.8 kV

4.4 การทดสอบสัญญาณรบกวนแรงดันสูง จากวงจรอื่น

4.4.1 การทดสอบสัญญาณรบกวนจากการทดสอบแรงดันสูงกระแสลับ

1. วัสดุทดสอบชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสลับ
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบเมื่อเริ่มเกิดโคโรนา 27.97 kV



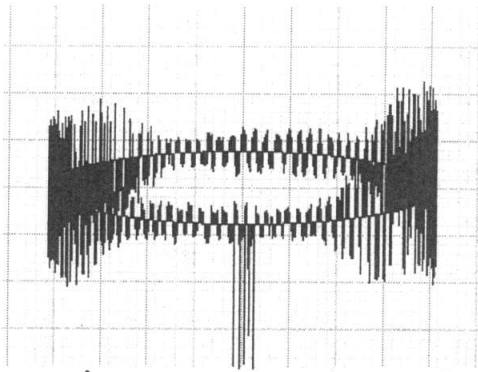
รูปที่ 4.100 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสลับ

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.82 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

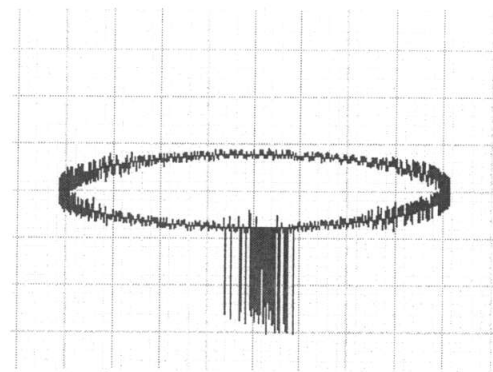
5. ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน

5.1 ผลการทดสอบหาค่าดิสชาร์จบางส่วนของ SHVE



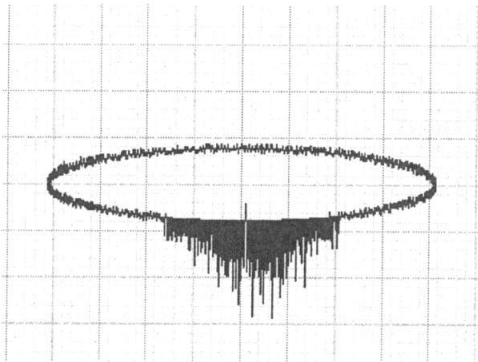
รูปที่ 4.101 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 2.8 pC, Voltage = 27.97 kV



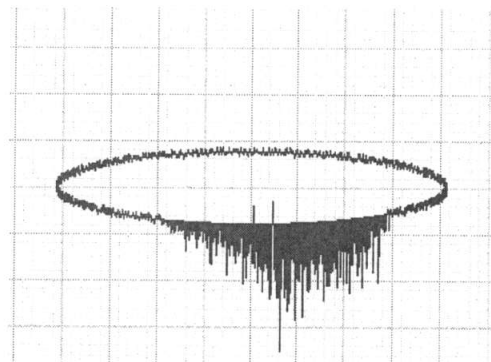
รูปที่ 4.102 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 8.68 pC, Voltage = 30.34 kV



รูปที่ 4.103 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 27.99 pC, Voltage = 32.95 kV

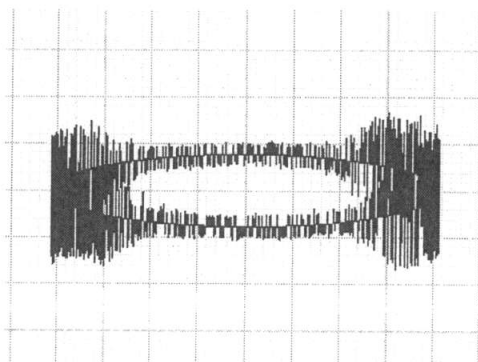


รูปที่ 4.104 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 46.15 pC, Voltage = 36.29 kV

5.2 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE กระแสสลับมาทดสอบด้วยแรงดันสูง กระแสสลับ โดยที่ไม่ป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (นอกกรั้ว)

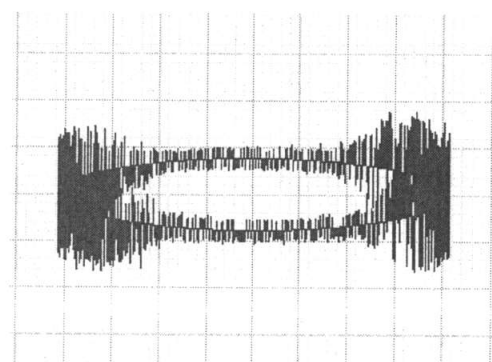
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 30 kV



รูปที่ 4.105 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV

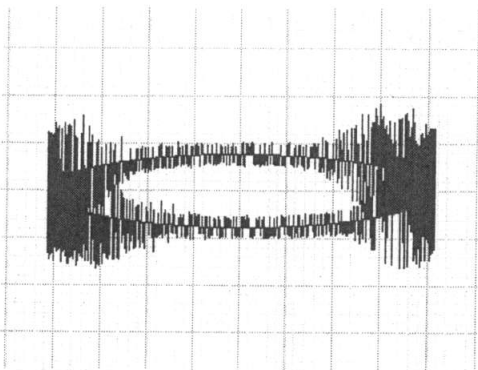
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 40 kV



รูปที่ 4.106 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.83 pC, Voltage = 0.00 kV

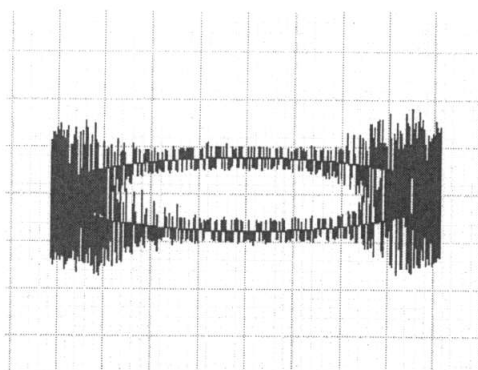
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 50 kV



รูปที่ 4.107 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.81 pC, Voltage = 0.00 kV

- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 60 kV

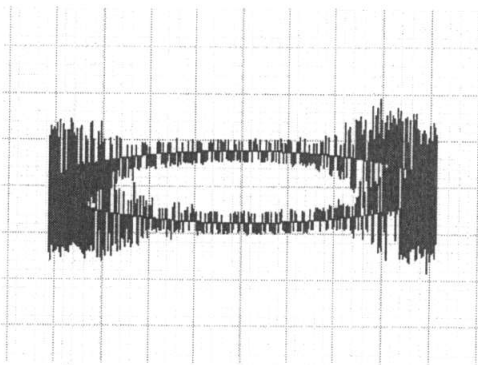


รูปที่ 4.108 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE กระแสสลับมาทดสอบด้วยแรงดันสูง กระแสสลับ โดยไม่ป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (ในรั้ว)

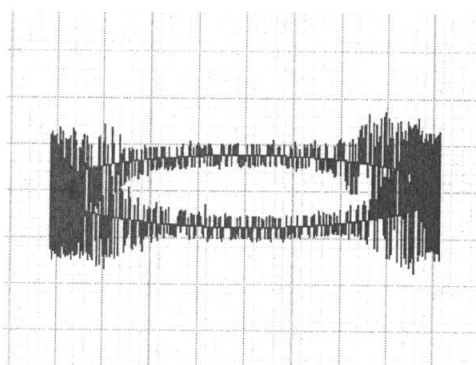
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 30 kV



รูปที่ 4.109 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

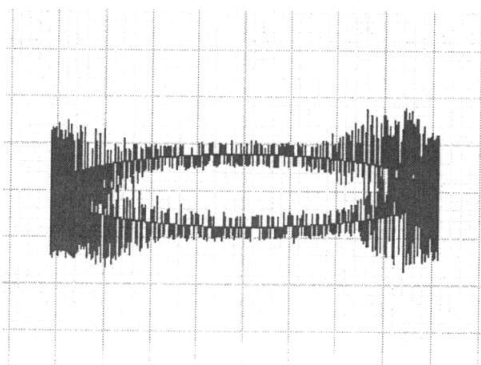
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 40 kV



รูปที่ 4.110 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

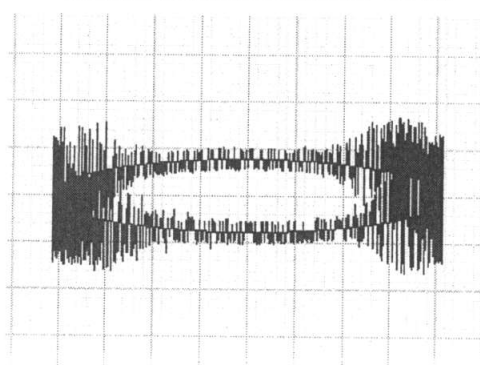
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 50 kV



รูปที่ 4.111 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.80 pC, Voltage = 0.00 kV

- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 60 kV

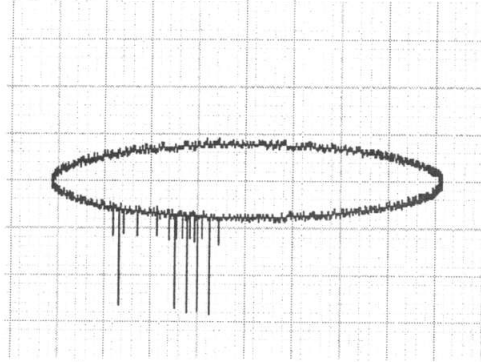


รูปที่ 4.112 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 0.84 pC, Voltage = 0.00 kV

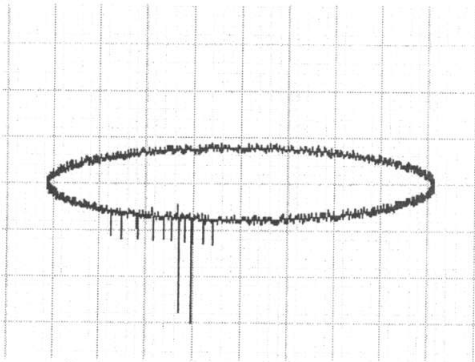
5.4 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE มาทดสอบด้วยแรงดันสูงกระแสลับ โดยป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (ในรั้ว)

- ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน
- แรงดันกระแสลับ 0 kV



รูปที่ 4.113 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 25.08 pC, Voltage = 4.96 kV

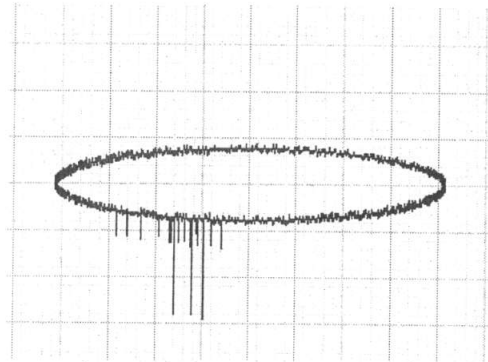
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 30 kV



รูปที่ 4.114 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 25.55 pC, Voltage = 5.02 kV

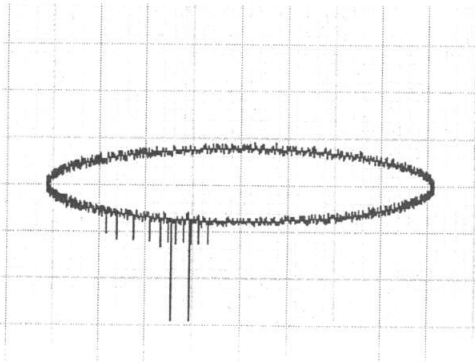
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 40 kV



รูปที่ 4.115 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 25.78 pC, Voltage = 5.04 kV

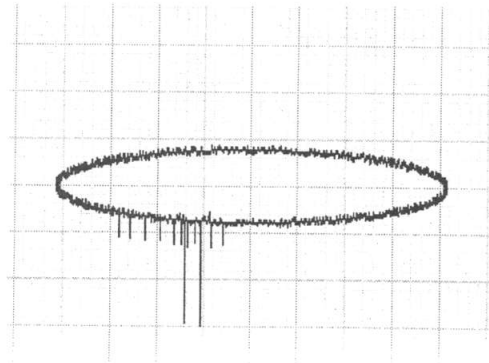
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 50 kV



รูปที่ 4.116 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 25.80 pC, Voltage = 5.03 kV

- แรงดันทดสอบกระแสลับ 60 kV

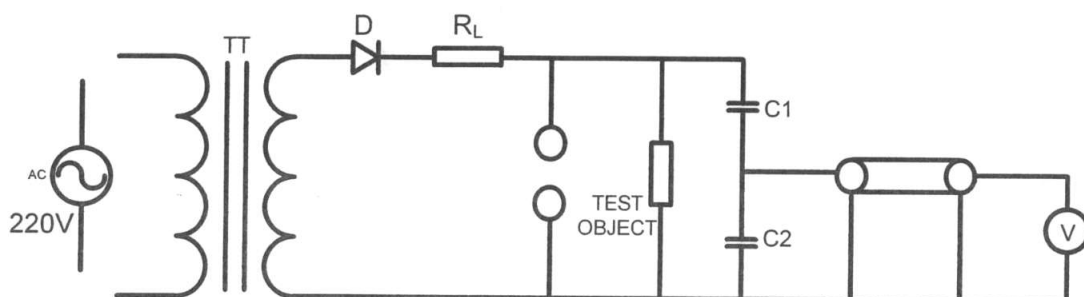


รูปที่ 4.117 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 25.87 pC, Voltage = 5.02 kV

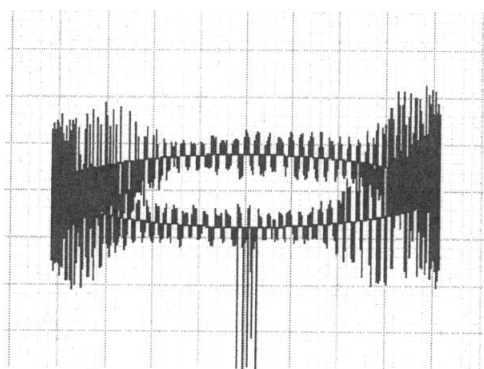
4.4.2 การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงกระแสตรง

1. วัสดุทดสอบชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสตรง
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. พิกัดแรงดันของวัสดุทดสอบเมื่อเริ่มเกิดโคโรนา 27.97 kV



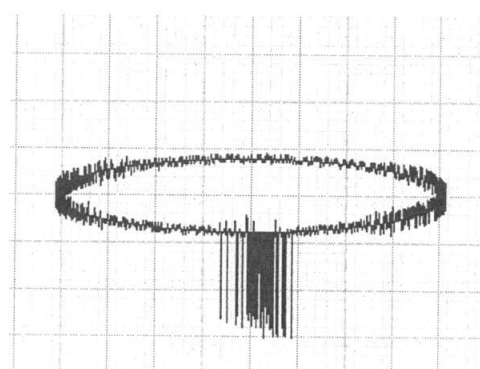
รูปที่ 4.118 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวน ชุดทดสอบแรงดันสูงกระแสตรง

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ
 - 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
 - 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
 - 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
 - 4.4 Background Noise 0.85 pC
 - 4.5 Scale Factor 99.7 %
5. ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน
 - 5.1 ผลการทดสอบหาค่าดิสชาร์จบางส่วนของ SHVE



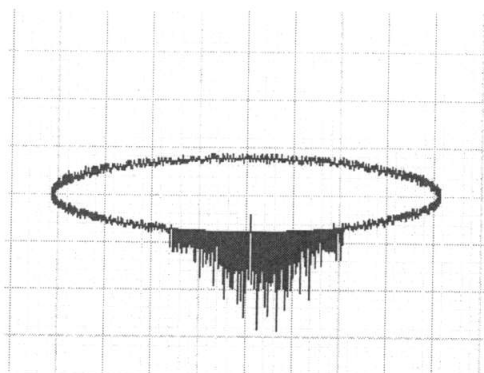
รูปที่ 4.119 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 2.80 pC, Voltage = 27.8 kV



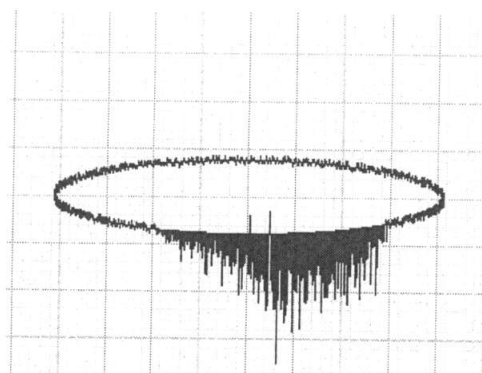
รูปที่ 4.120 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 8.68 pC, Voltage = 30.34 kV



รูปที่ 4.121 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 27.99 pC, Voltage = 32.95 kV

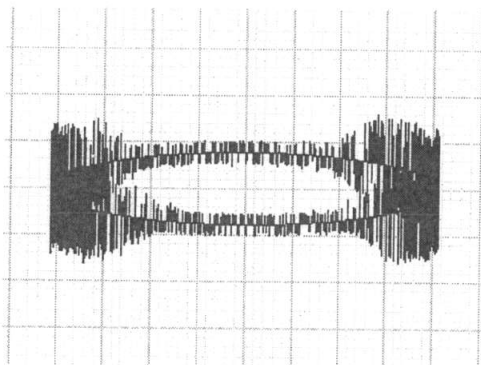


รูปที่ 4.122 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 46.15 pC, Voltage = 36.29 kV

5.2 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE มาทดสอบด้วยแรงดันสูงกระแสตรง โดยไม่ป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (นอกรั่ว)

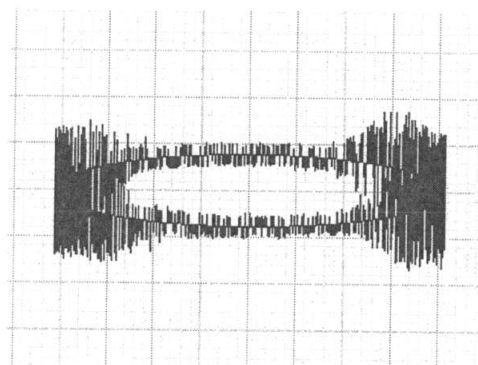
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 30 kV



รูปที่ 4.123 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.77 pC, Voltage = 0.00 kV

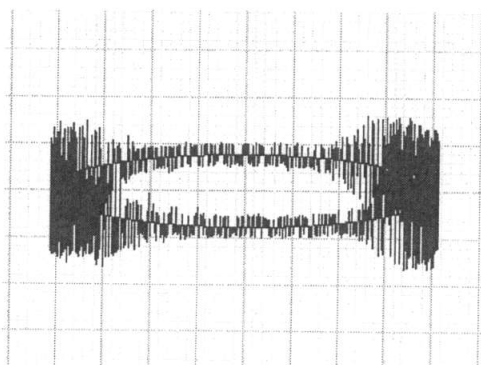
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 40 kV



รูปที่ 4.124 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.78 pC, Voltage = 0.00 kV

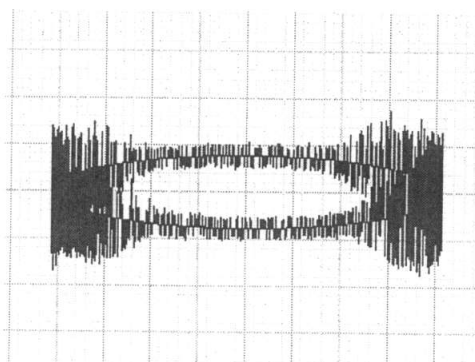
- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 50 kV



รูปที่ 4.125 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.84 pC, Voltage = 0.00 kV

- แรงดันทดสอบกระแสสลับ 60 kV

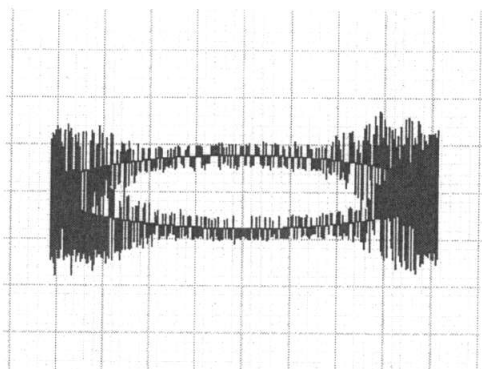


รูปที่ 4.126 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.77 pC, Voltage = 0.00 kV

5.3 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE มาทดสอบด้วยแรงดันสูงกระแสตรง โดยไม่ป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (ในรั้ว)

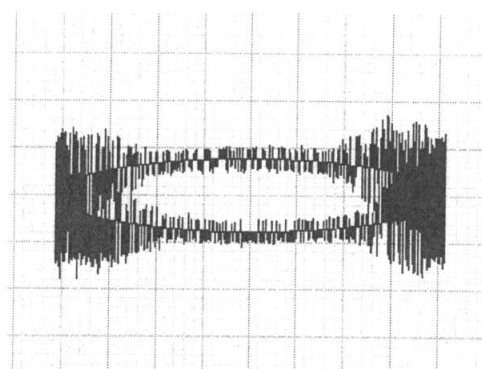
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 30 kV



รูปที่ 4.127 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

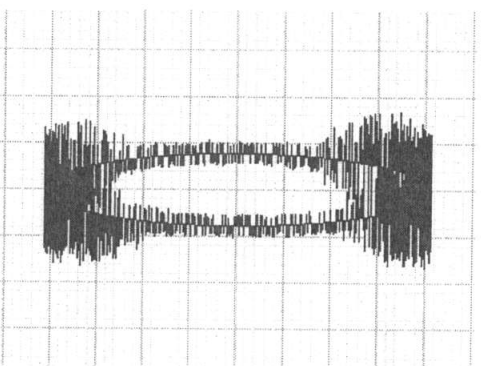
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 40 kV



รูปที่ 4.128 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

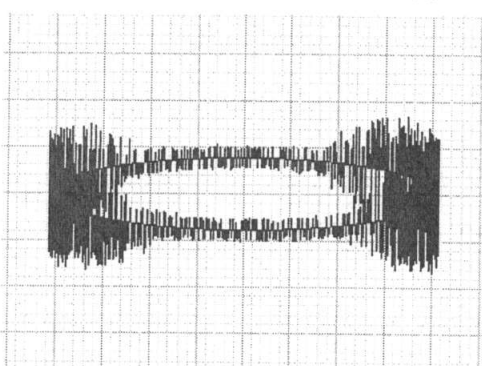
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 50 kV



รูปที่ 4.129 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

- แรงดันทดสอบกระแสลับ 60 kV

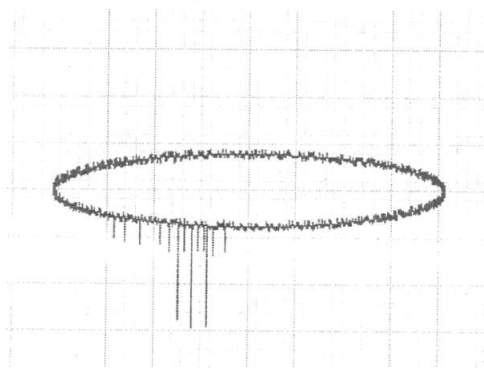


รูปที่ 4.130 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 0.79 pC, Voltage = 0.00 kV

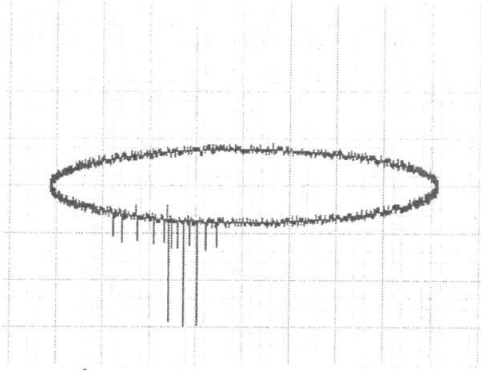
5.4 ผลของสัญญาณรบกวน เมื่อนำ SHVE มาทดสอบด้วยแรงดันสูงกระแสตรง โดยป้อนแรงดันทดสอบดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา (ในรั้ว)

- ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน (แรงดันทดสอบกระแสลับ 0 kV)



รูปที่ 4.131 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 36.62 pC, Voltage = 5.19 kV

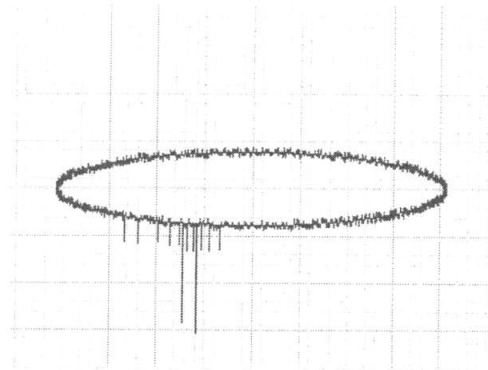
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 30 kV



รูปที่ 4.132 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 26.05 pC, Voltage = 5.13 kV

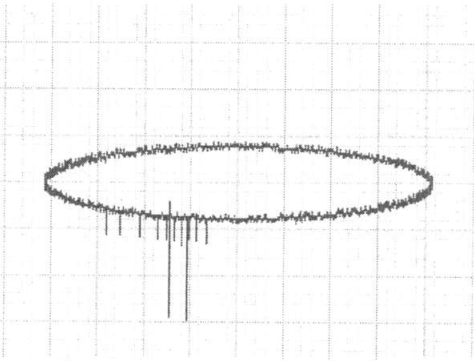
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 40 kV



รูปที่ 4.133 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 26.43 pC, Voltage = 5.13 kV

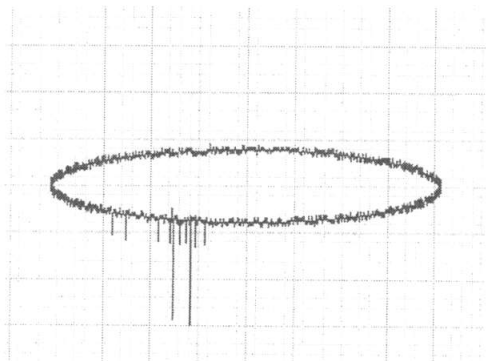
- แรงดันทดสอบกระแสลับ 50 kV



รูปที่ 4.134 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 26.25 pC, Voltage = 5.15 kV

- แรงดันทดสอบกระแสลับ 60 kV

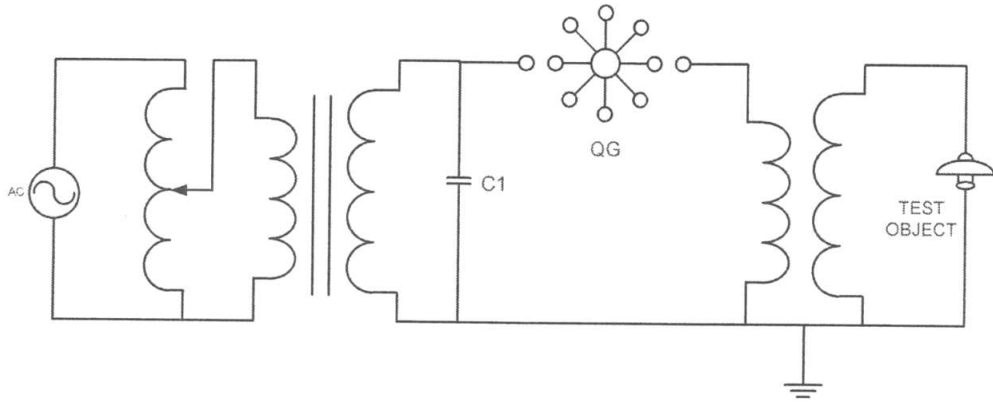


รูปที่ 4.135 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 25.64 pC, Voltage = 5.08 kV

4.4.3 การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงความถี่สูง

1. วัสดุทดสอบชุดทดสอบแรงดันสูงความถี่สูง
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับดิสชาร์จบางส่วน เครื่อง DDX DETECTOR 9101
3. วัสดุทดสอบเป็นลูกถ้วยฉนวนแขวน



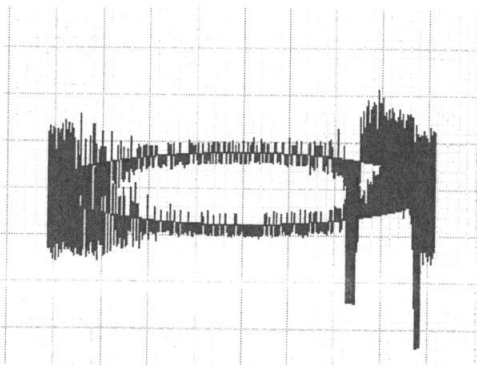
รูปที่ 4.136 ชุดกำเนิดสัญญาณรบกวนแรงดันสูงความถี่สูง

4. สภาพแวดล้อมและการปรับเทียบวงจรทดสอบ

- 4.1 ความดันบรรยากาศ 763.9 มิลลิเมตรปรอท
- 4.2 อุณหภูมิแวดล้อม 23.5 องศาเซลเซียส
- 4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ 63 %
- 4.4 Background Noise 0.85 pC
- 4.5 Scale Factor 99.7 %

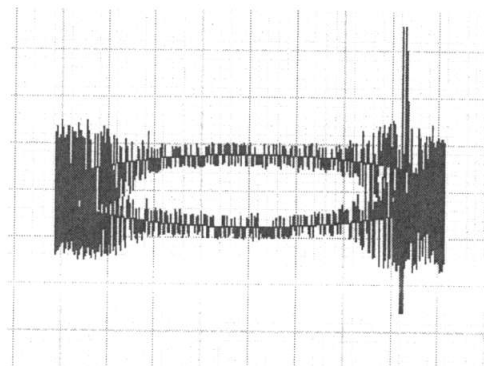
5. ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน และผลของสัญญาณรบกวน

5.1 ผลการทดสอบหาแรงดันสูงความถี่สูงขณะเกิดวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยฉนวนแขวนและไม่ป้อนแรงดันดิสชาร์จบางส่วน



รูปที่ 4.137 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 1.19 pC, Voltage = 0.00 kV

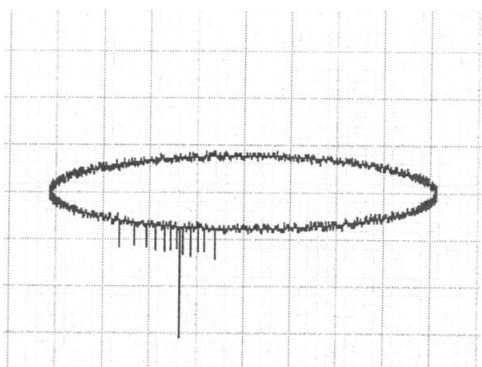


รูปที่ 4.138 PD บนรูปคลื่นอิลิปส์

Discharge = 1.20 pC, Voltage = 0.00 kV

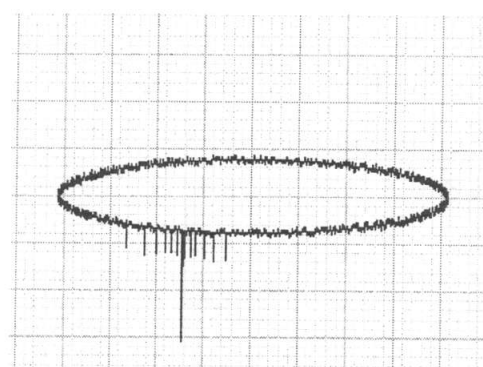
5.2 ผลการทดสอบหาแรงดันสูงความถี่สูง โดยขึ้นแรงดันดิสชาร์จบางส่วน

- ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน (โคโรนาดิสชาร์จ) ขณะยังไม่ป้อนแรงดันสูงความถี่สูง



รูปที่ 4.139 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

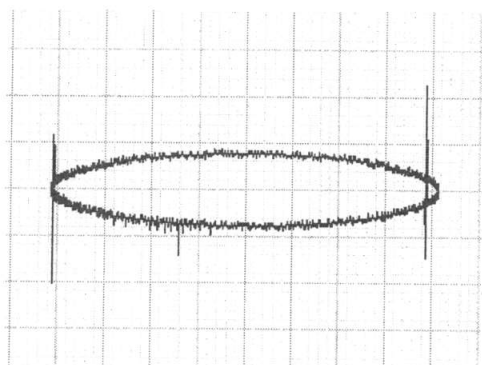
Discharge = 49.54 pC, Voltage = 4.94 kV



รูปที่ 4.140 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

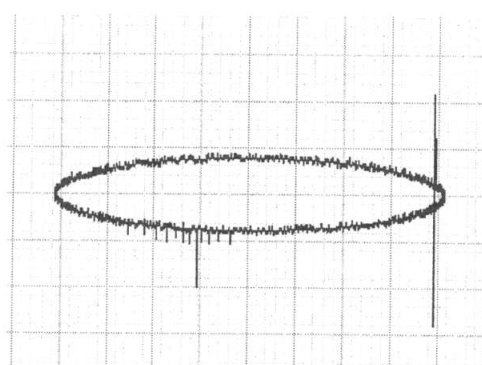
Discharge = 27.20 pC, Voltage = 5.00 kV

- ผลการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน (โคโรนาดิสชาร์จ) กับการทดสอบแรงดันสูงความถี่สูง ขณะเกิดวาบไฟตามผิวที่ลูกล้อด้วยฉนวนแขวน



รูปที่ 4.141 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

Discharge = 77.63 pC, Voltage = 4.87 kV

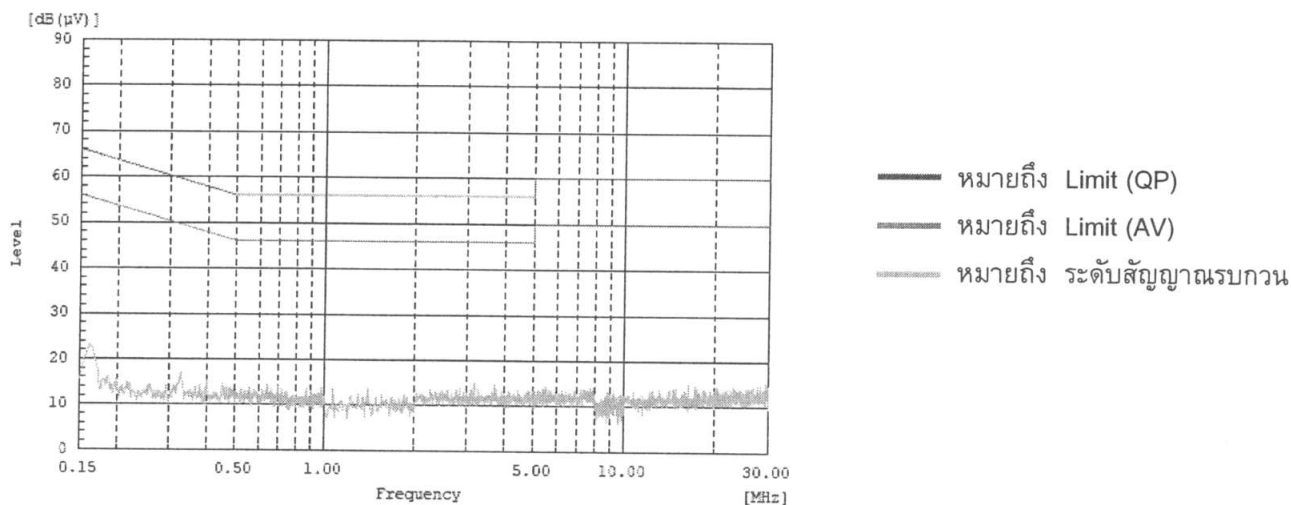


รูปที่ 4.142 PD บนรูปคลื่นอีลิปส์

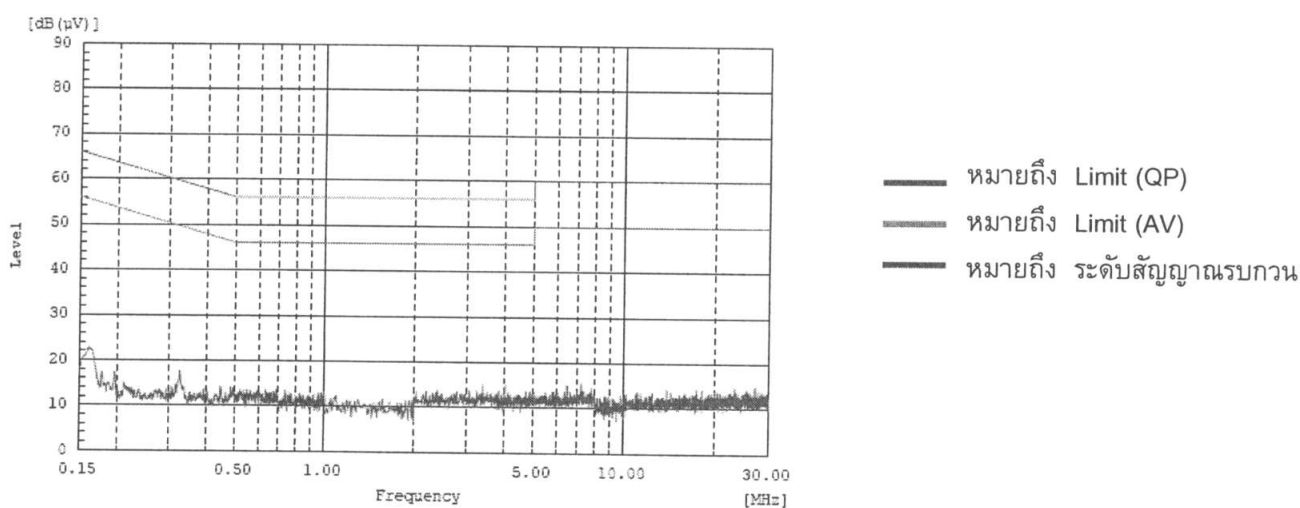
Discharge = 48.06 pC, Voltage = 4.88 kV

4.5 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

4.5.1 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนที่มาทางสายตัวนำ (Conducted Emission) เกิดที่ย่านความถี่ (150 kHz – 30MHz)



รูปที่ 4.143 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนแวดล้อม (Background noise) สาย Line



รูปที่ 4.144 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนแวดล้อม (Background noise) สาย Neutral

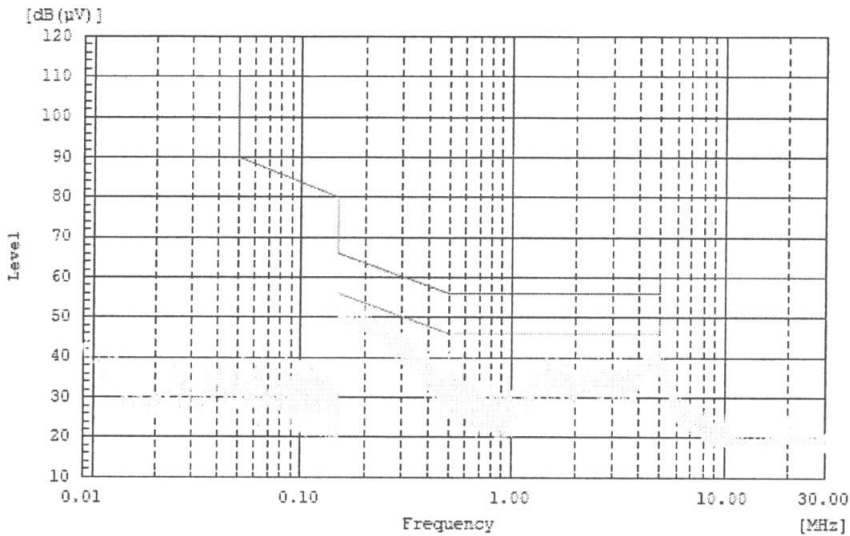
4.5.1.1 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

แรงดันทดสอบ 220 V 50 Hz

- กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก 1 ตัว ทางสาย Line

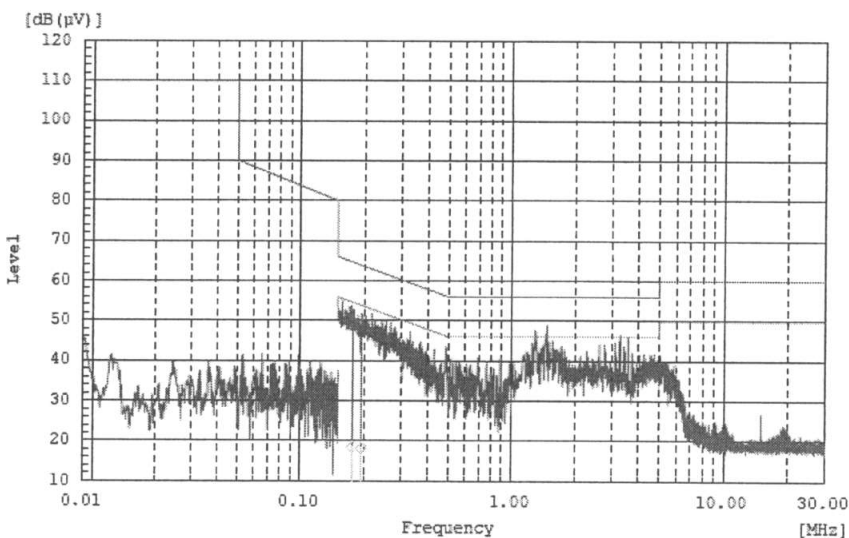


- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน

- ที่ความถี่ 177 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน = 51.4 dB(μV) มาตรฐานกำหนด 65.7 dB(μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 19.6 dB(μV) มาตรฐานกำหนด 55.7 dB(μV)

รูปที่ 4.145 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

- กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก 1 ตัว ทางสาย Neutral

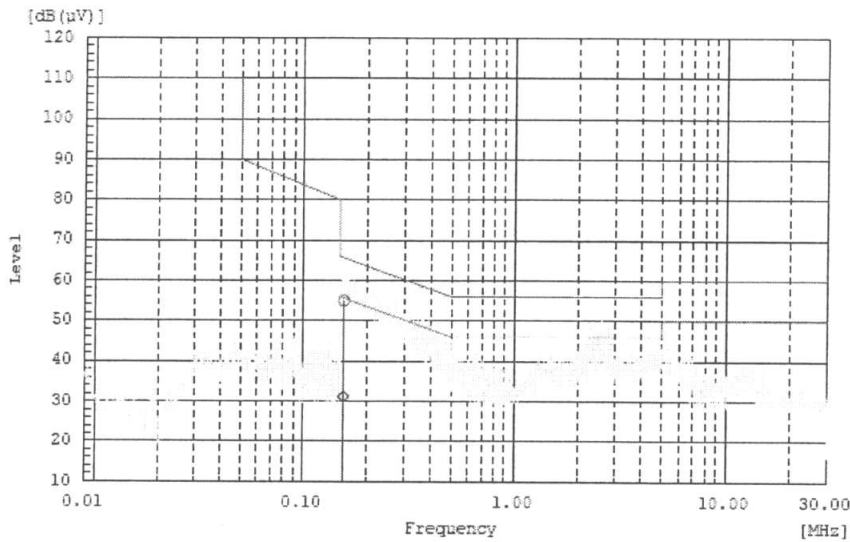


- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน

- ที่ความถี่ 195.1 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน = 48.4 dB(μV) มาตรฐานกำหนด 65.7 dB(μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 18.4 dB(μV) มาตรฐานกำหนด 55.7 dB(μV)

รูปที่ 4.146 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

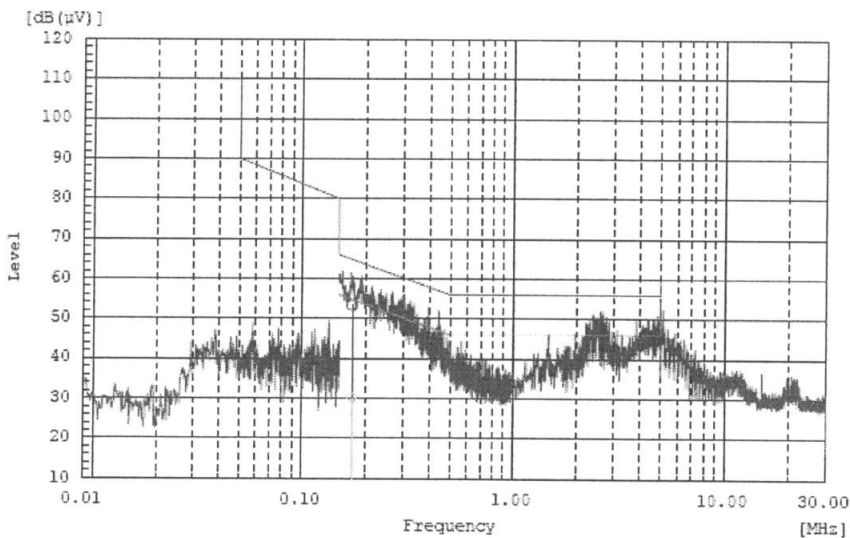
— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก 5 ตัว ทางสาย Line



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 156.36 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 49.8 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 64.6 dB (μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 21.0 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 54.6 dB (μV)

รูปที่ 4.147 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก 5 ตัว ทางสาย Neutral

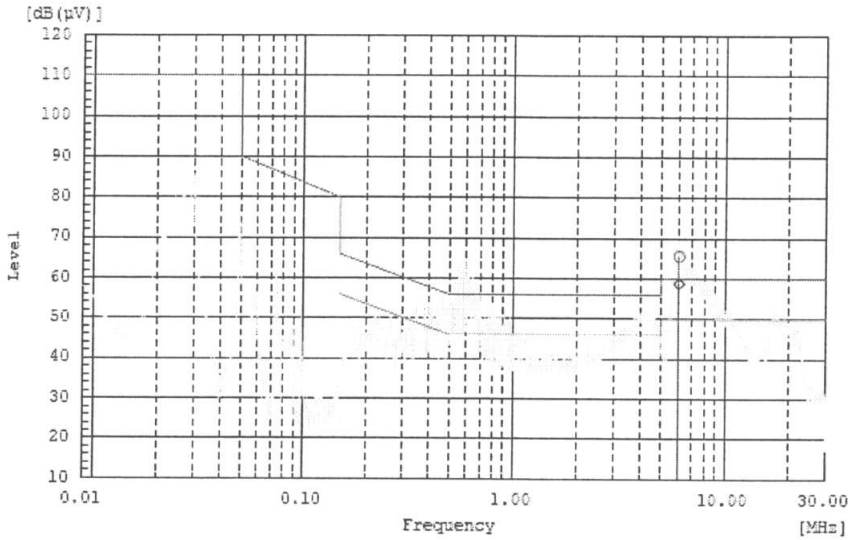


- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 173.1 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 43.2 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 65.7 dB (μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 20.0 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 55.7 dB (μV)

รูปที่ 4.148 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

4.5.1.2 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

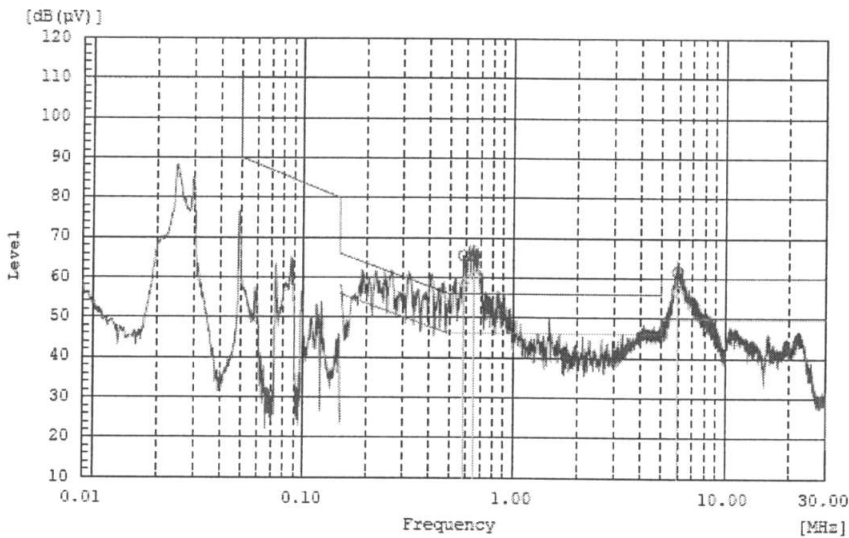
— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 1 ตัว ทางสาย Line



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 6.070 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 55.1 dB(µV) มาตรฐานกำหนด 58.8 dB(µV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 48.3 dB(µV) มาตรฐานกำหนด 50.0 dB(µV)

รูปที่ 4.149 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

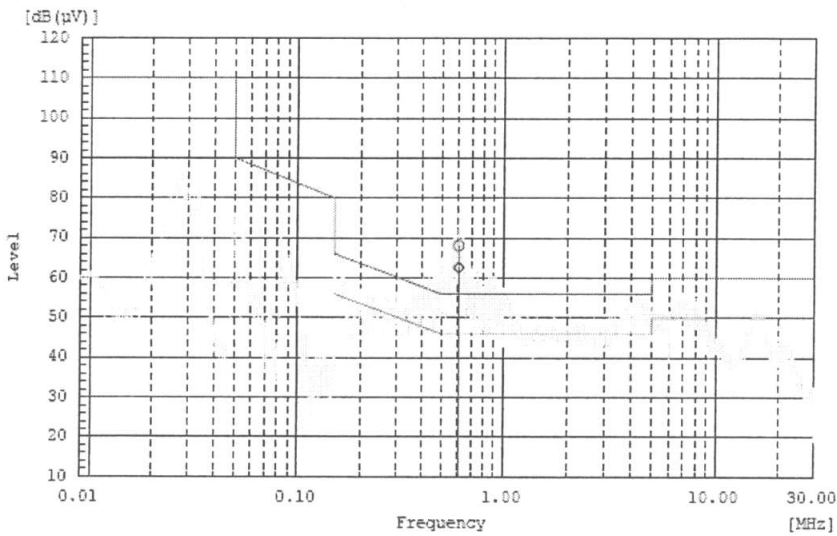
— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 1 ตัว ทางสาย Neutral



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 653.5 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 55.2 dB(µV) มาตรฐานกำหนด 56.0 dB(µV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 50.1 dB(µV) มาตรฐานกำหนด 46.0 dB(µV)

รูปที่ 4.150 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

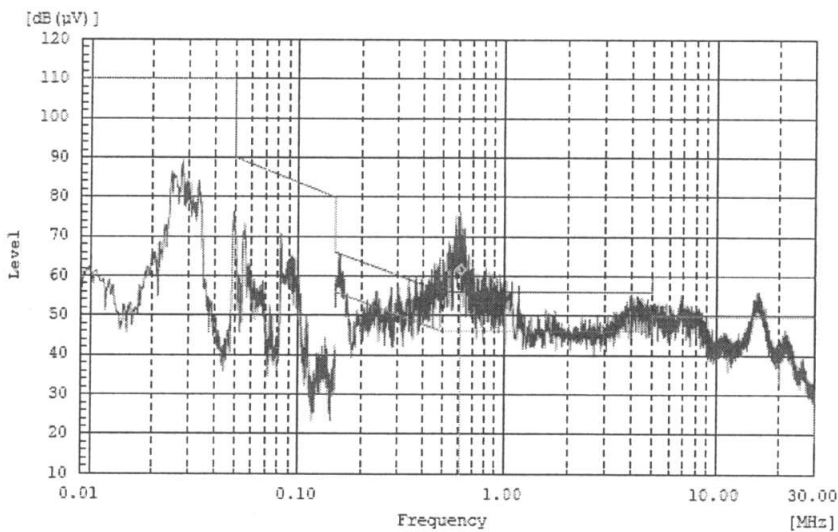
— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 5 ตัว ทางสาย Line



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 606.55 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 57.8 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 56.0 dB (μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 52.3 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 46.0 dB (μV)

รูปที่ 4.151 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

— กรณีสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 5 ตัว ทางสาย Neutral



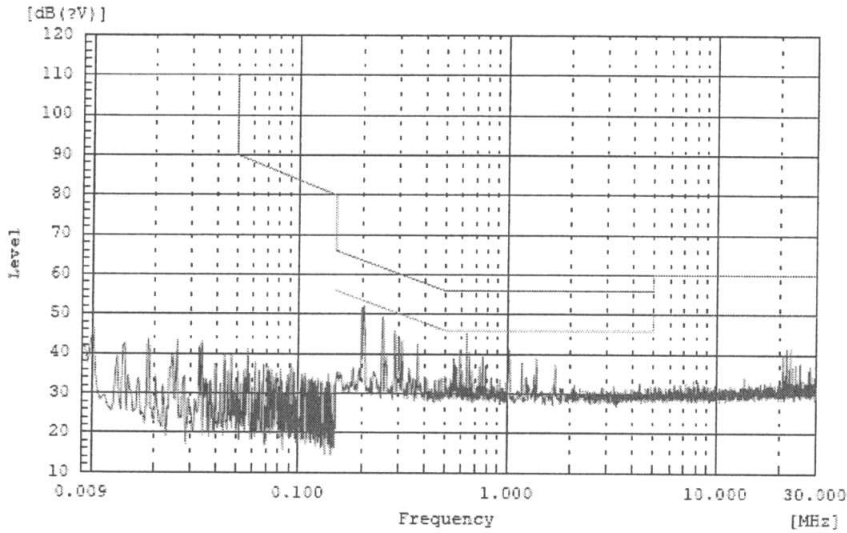
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 612.0 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 56.6 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 56.0 dB (μV)
- ค่าสัญญาณรบกวนเฉลี่ย = 51.4 dB (μV) มาตรฐานกำหนด 46.0 dB (μV)

รูปที่ 4.152 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

4.5.1.3 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้ (Incandescent

Lamps)

— กรณีสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้ ทางสาย Line

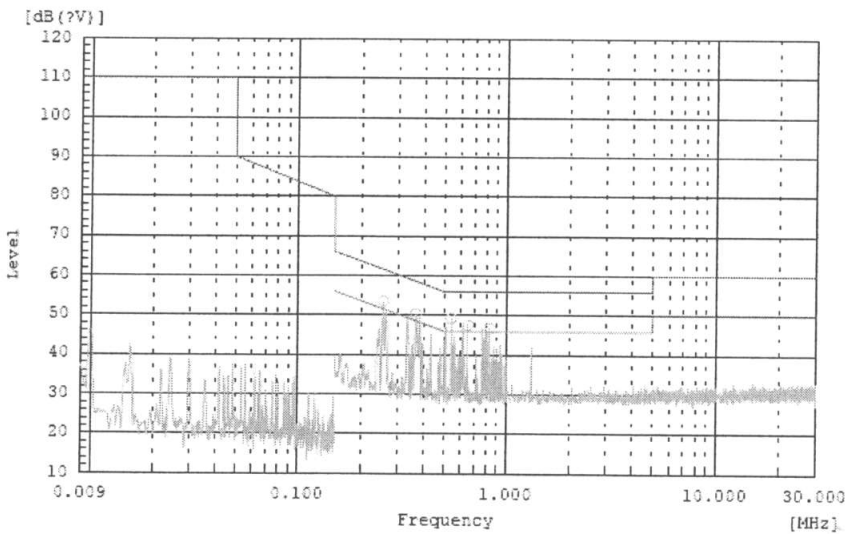


- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน

- ที่ความถี่ 612.0 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
ที่มากที่สุด = 50.3 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 56.0 dB (μV)

รูปที่ 4.153 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

— กรณีสัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้ ทางสาย Neutral



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน

- ที่ความถี่ 366.78 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
ที่มากที่สุด = 50.1 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 58.6 dB (μV)

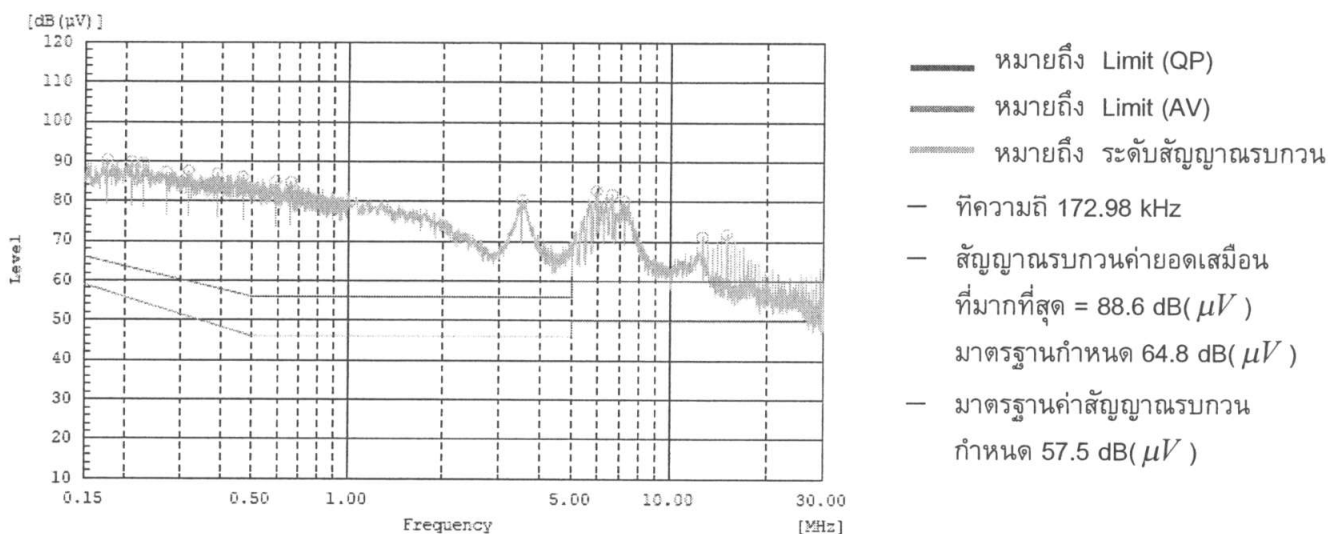
รูปที่ 4.154 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์แกนเหล็ก

หมายเหตุ 1:

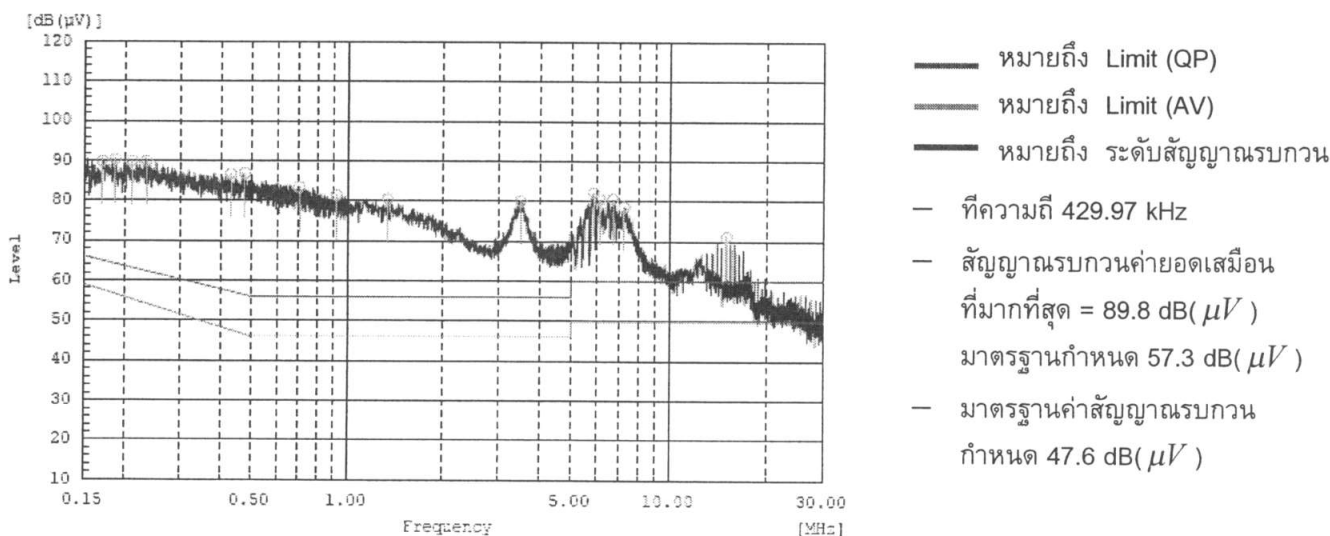
- Limit (QP) ตามมาตรฐาน TIS 1995 หมายถึง เส้นกำหนดสัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
- Limit (AV) ตามมาตรฐาน TIS 1995 หมายถึง เส้นกำหนดสัญญาณรบกวนเฉลี่ย
- เส้นทั้ง 2 เป็นเส้นกำหนดขนาดของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นตามมาตรฐาน TIS 1995 (มาตรฐาน TIS 1995 ดูในภาคผนวก)

4.5.1.4 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

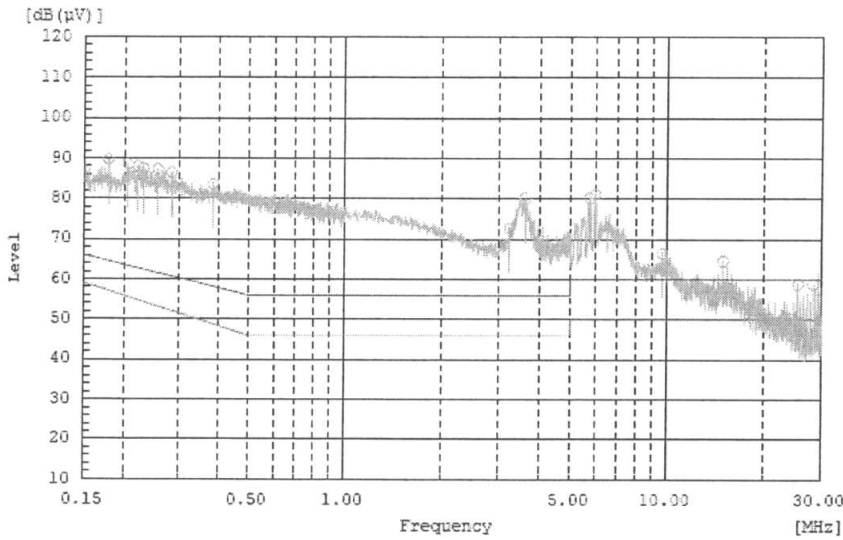
- ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.155 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 1

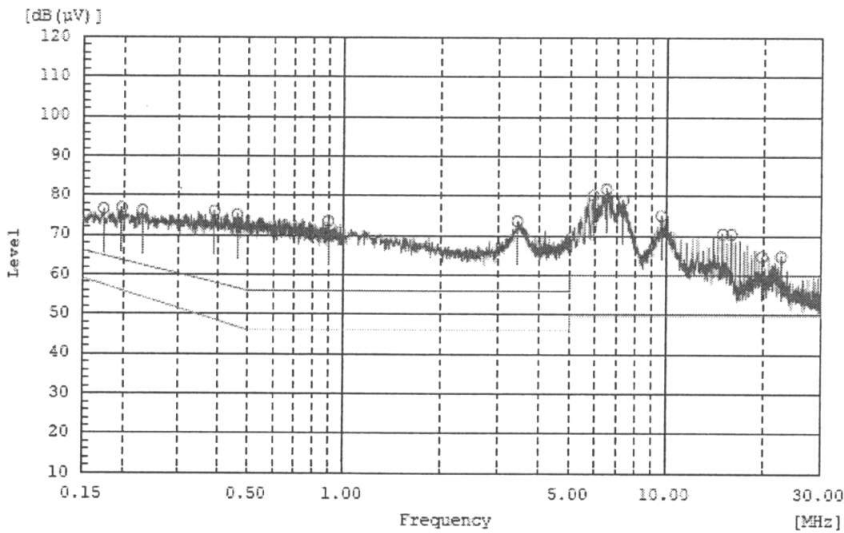


รูปที่ 4.156 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 2



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 178.28 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.6 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 64.6 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 57.1 dB(μV)

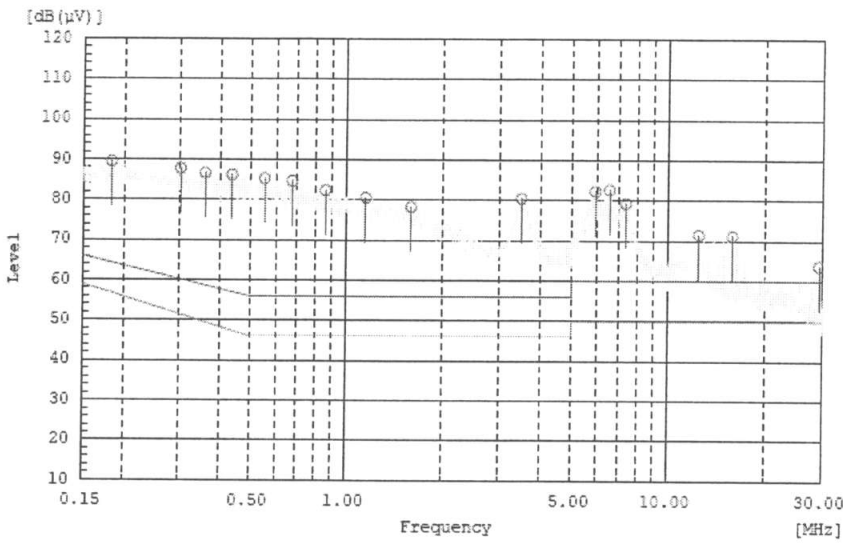
รูปที่ 4.157 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 3



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 6.616 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 81.3 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 60 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 50 dB(μV)

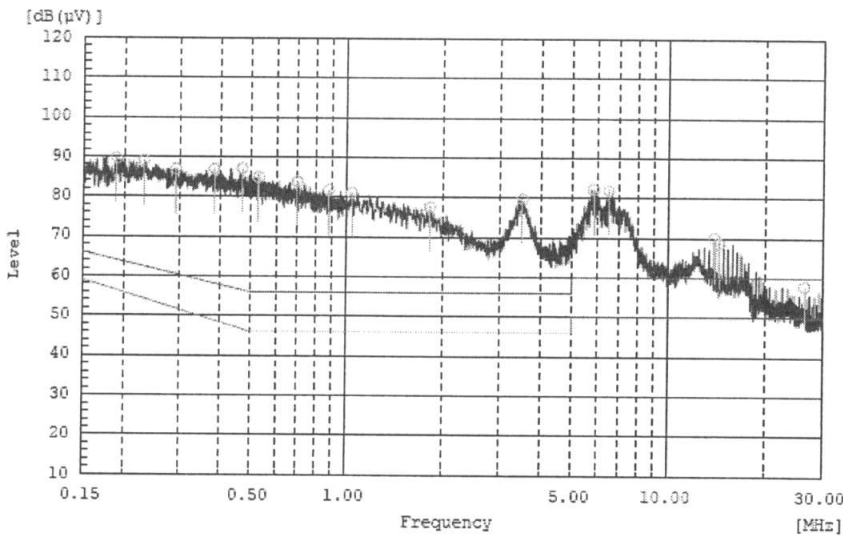
รูปที่ 4.158 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Neutral

— ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



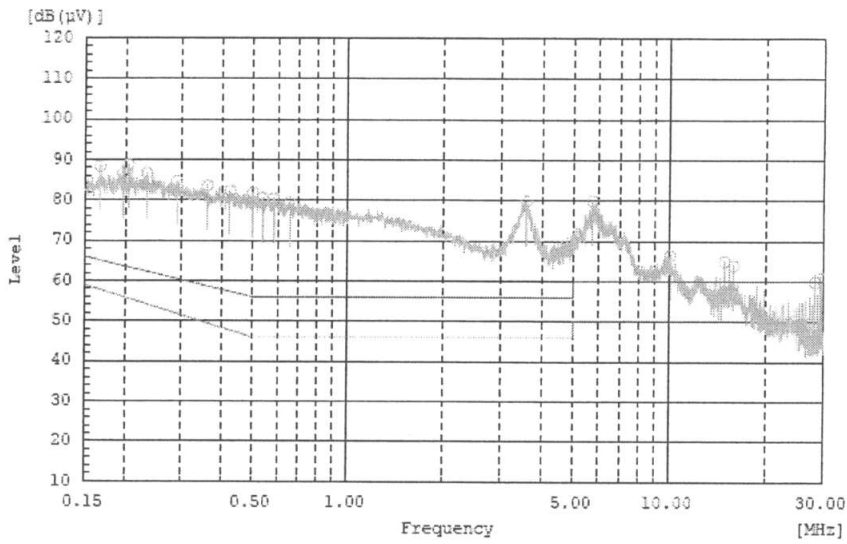
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 182.88 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.3 dB(μV)
- มาตรฐานกำหนด 64.4 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 56.9 dB(μV)

รูปที่ 4.159 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 1



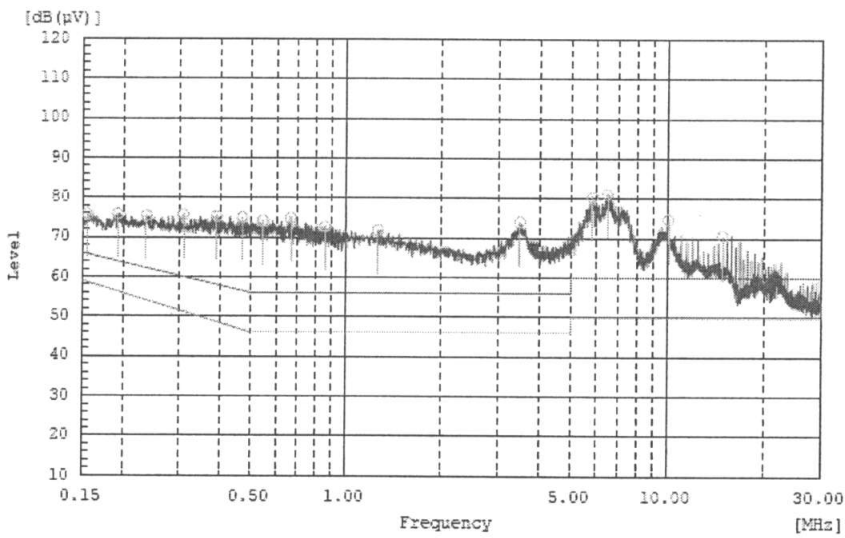
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 189.24 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.5 dB(μV)
- มาตรฐานกำหนด 64.1 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 56.5 dB(μV)

รูปที่ 4.160 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 2



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 166.97 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 88.3 dB (μV)
- มาตรฐานกำหนด 65.1 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 57.8 dB (μV)

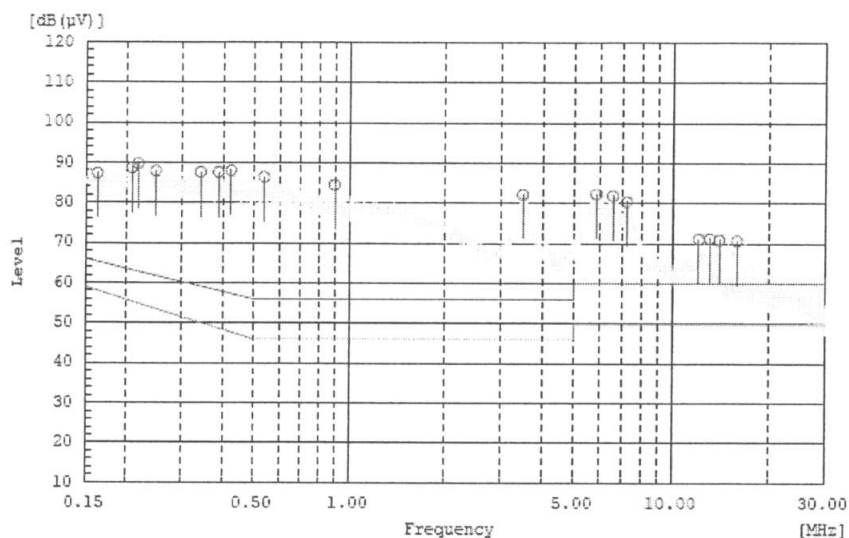
รูปที่ 4.161 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 3



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 6.4746 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 80.6 dB (μV)
- มาตรฐานกำหนด 60 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 50 dB (μV)

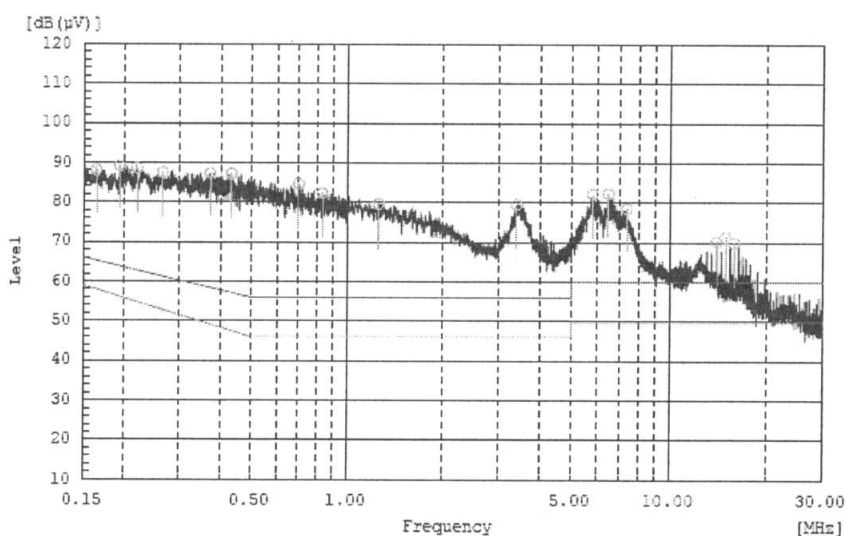
รูปที่ 4.162 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Neutral

— ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



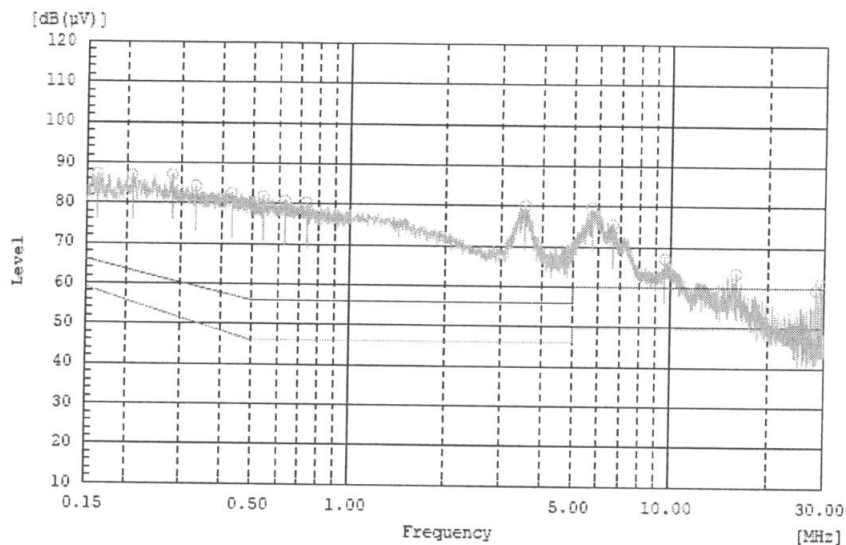
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 217.87 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.5 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 61.8 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 53.6 dB(μV)

รูปที่ 4.163 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 1



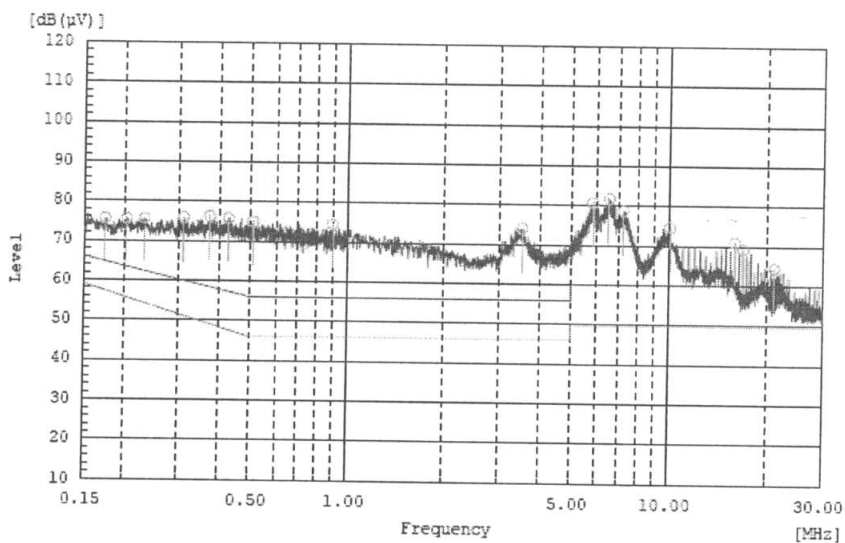
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 193.83 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.1 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 63.9 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 56.2 dB(μV)

รูปที่ 4.164 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 2



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 161.31 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 87.1 dB(µV)
มาตรฐานกำหนด 65.4 dB(µV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 58.2 dB(µV)

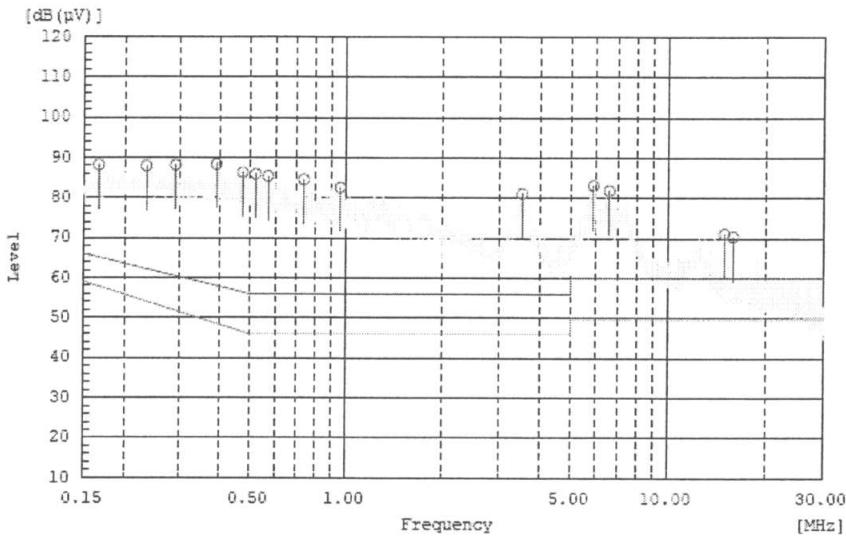
รูปที่ 4.165 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 3



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 6.5395 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 81.3 dB(µV)
มาตรฐานกำหนด 60 dB(µV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 50 dB(µV)

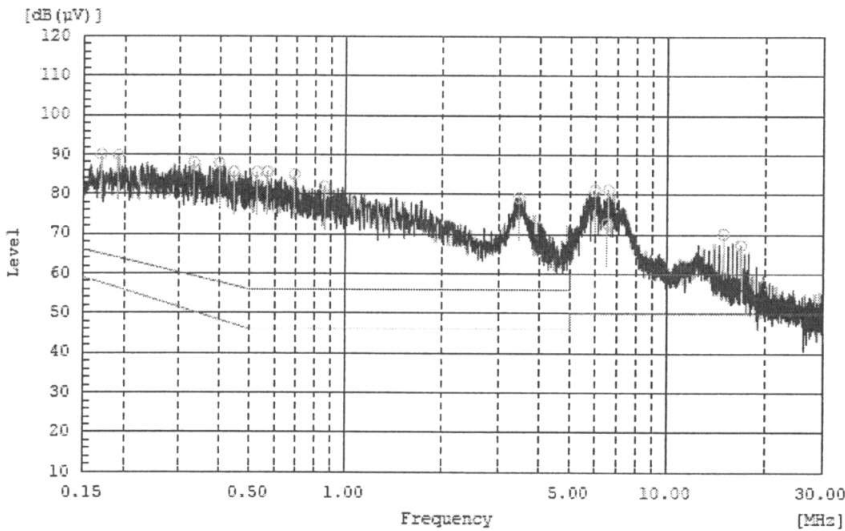
รูปที่ 4.166 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Neutral

— ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



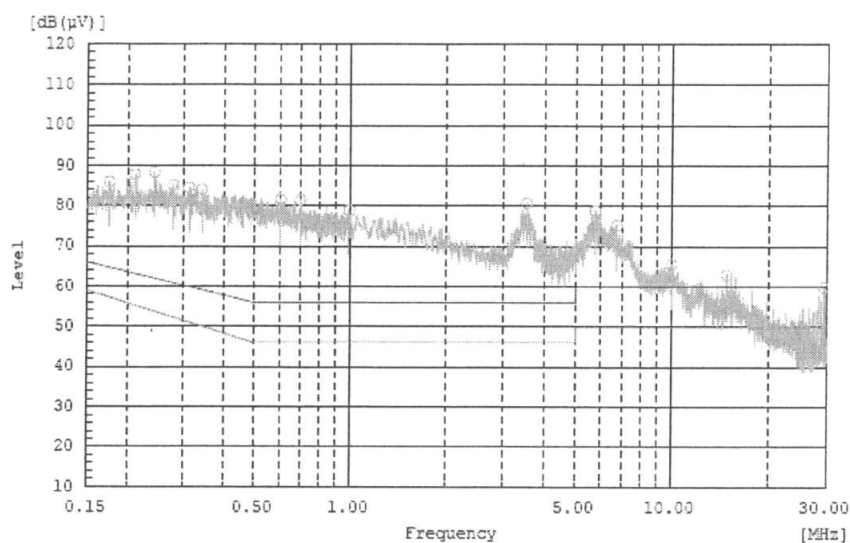
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 390.73 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 88.2 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 58.0 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 48.7 dB (μV)

รูปที่ 4.167 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 1



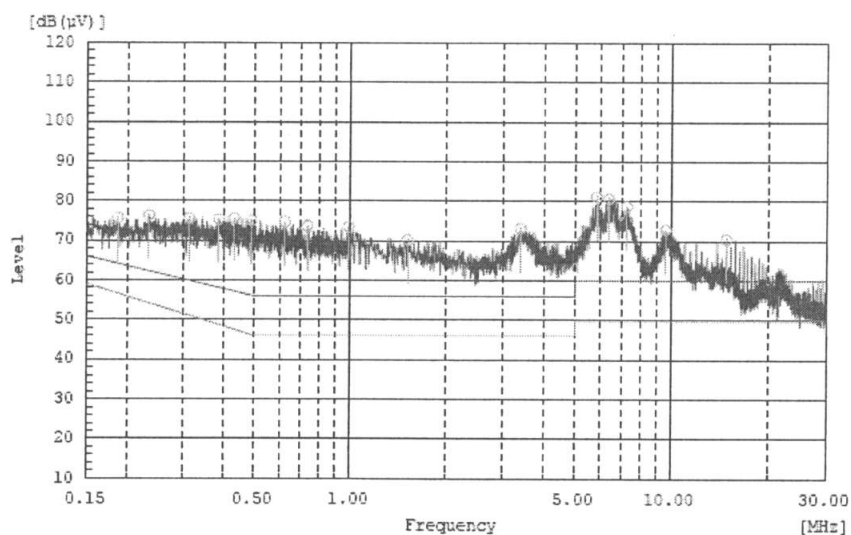
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 169.8 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.9 dB (μV)
มาตรฐานกำหนด 65.0 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 57.7 dB (μV)

รูปที่ 4.168 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 2



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 243.68 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 88.2 dB (μV)
- มาตรฐานกำหนด 62.0 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 53.8 dB (μV)

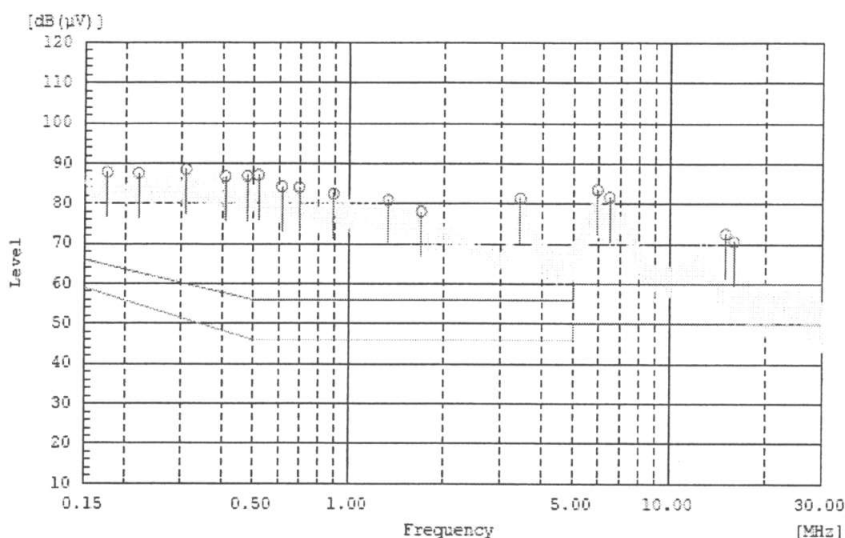
รูปที่ 4.169 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 3



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 5.8383 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 80.7 dB (μV)
- มาตรฐานกำหนด 60 dB (μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 50 dB (μV)

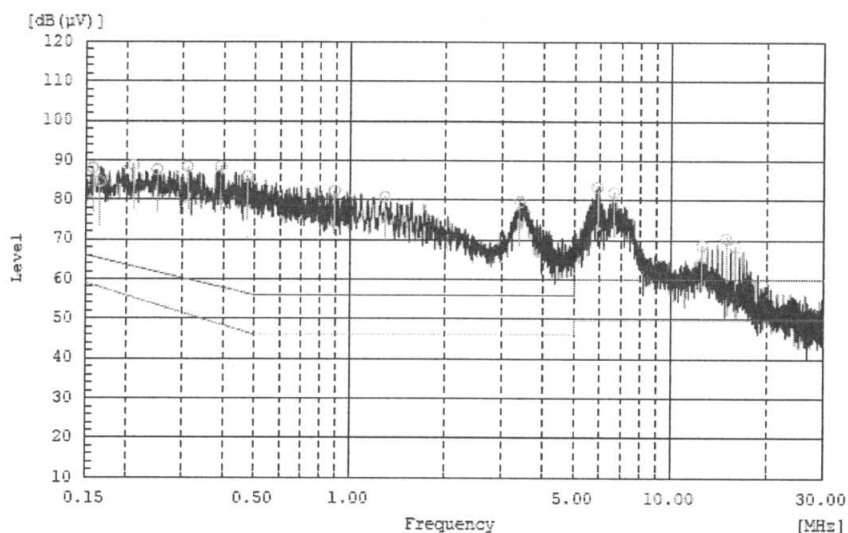
รูปที่ 4.170 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Neutral

— ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



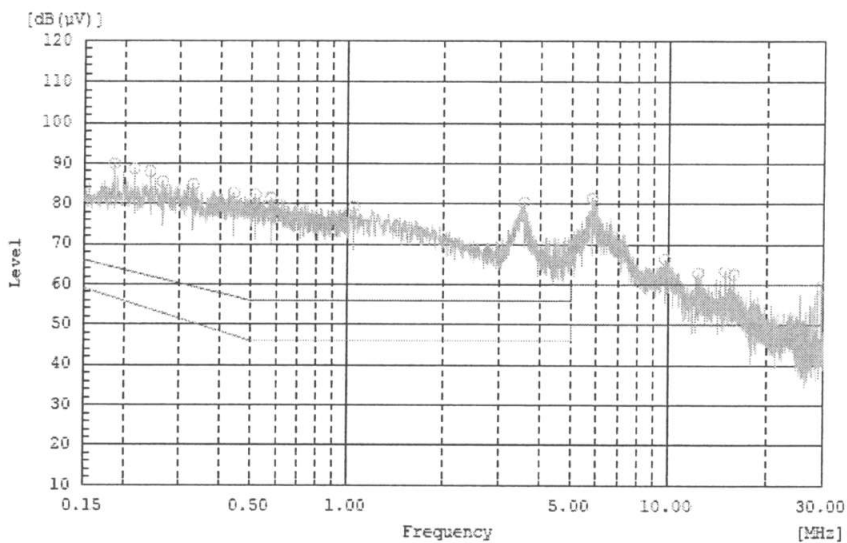
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความเร็ว 307.08 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 88.3 dB (µV) มาตรฐานกำหนด 60.0 dB (µV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 51.2 dB (µV)

รูปที่ 4.171 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 1



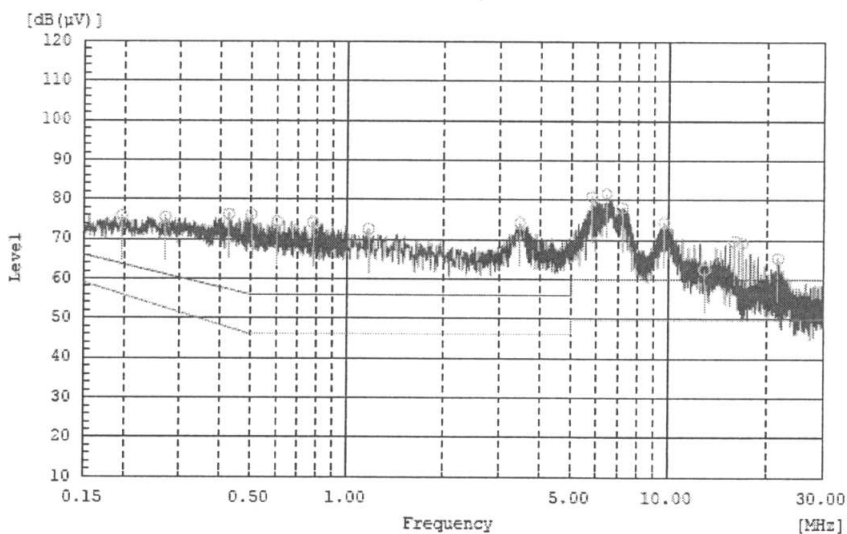
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความเร็ว 210.8 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 88.6 dB (µV) มาตรฐานกำหนด 63.2 dB (µV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 55.3 dB (µV)

รูปที่ 4.172 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 2



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 186.06 kHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 89.8 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 64.2 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 56.7 dB(μV)

รูปที่ 4.173 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Line 3



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง Limit (AV)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 6.4241 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = 81.2 dB(μV)
มาตรฐานกำหนด 60 dB(μV)
- มาตรฐานค่าสัญญาณรบกวนกำหนด 50 dB(μV)

รูปที่ 4.174 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์ Neutral

หมายเหตุ 2:

- Limit (QP) ตามมาตรฐาน CISPR 14-1:2000+A1+A2:2002 หมายถึง เส้นกำหนดสัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
- Limit (AV) ตามมาตรฐาน CISPR 14-1:2000+A1+A2:2002 เส้นกำหนดสัญญาณรบกวนเฉลี่ย
- เส้นทั้ง 2 เป็นเส้นกำหนดขนาดของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นตามมาตรฐาน CISPR 14-1:2000+A1+A2:2002 (มาตรฐาน CISPR 14-1:2000+A1+A2:2002 คูณในภาคผนวก)

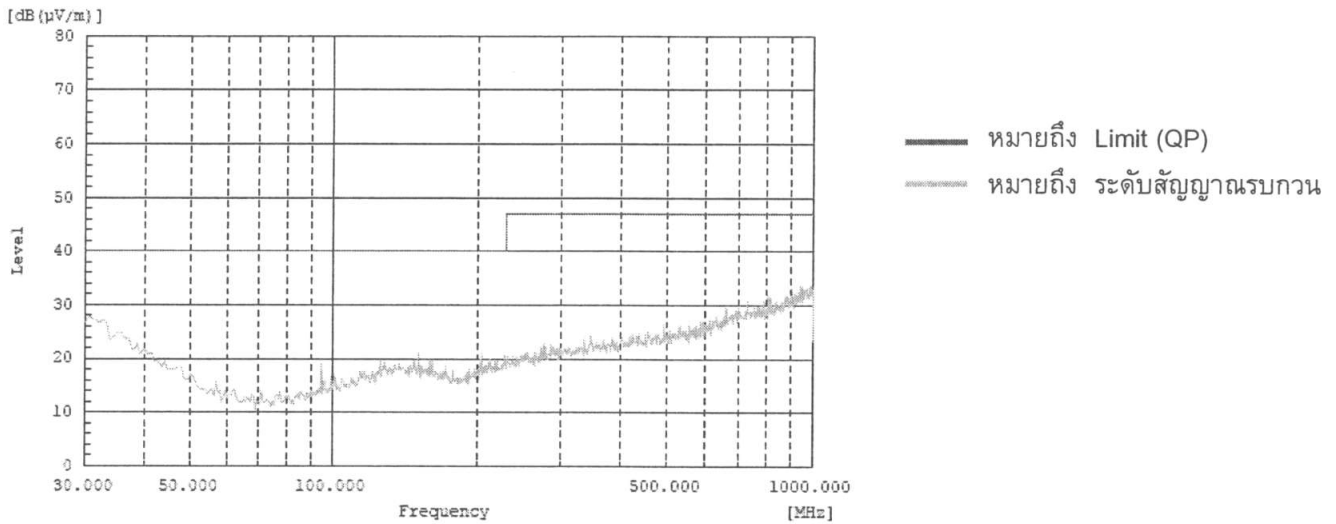
4.5.2 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนที่มาจากอากาศ (Radiated Emission) เกิดที่ย่านความถี่ (30MHz – 1GHz)

อุณหภูมิแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส

ความชื้นสัมพัทธ์ 60 %

แรงดันทดสอบ 220 V 50 Hz

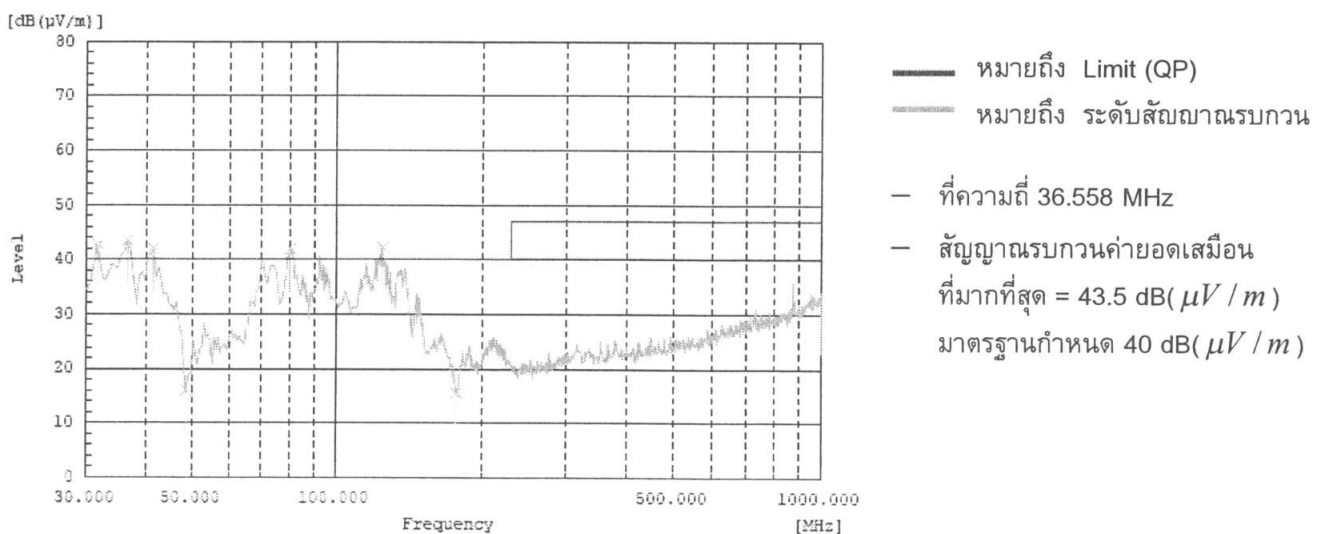
— ผลของสัญญาณรบกวนแวดล้อม (Background noise)



รูปที่ 4.175 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนแวดล้อม (Background noise)

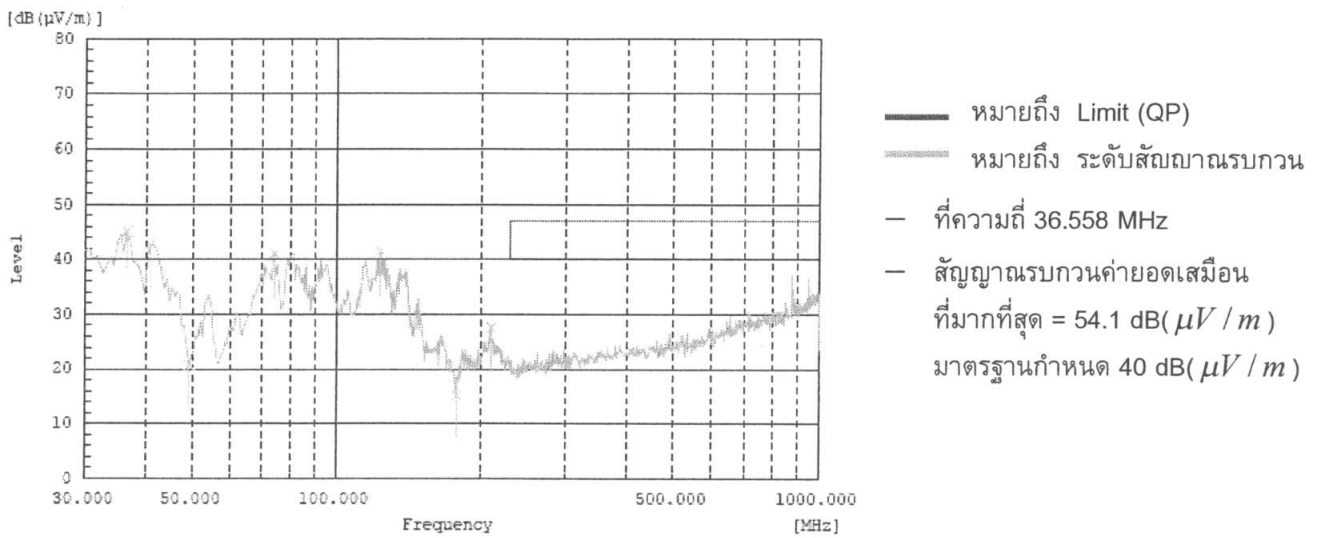
4.5.2.1 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



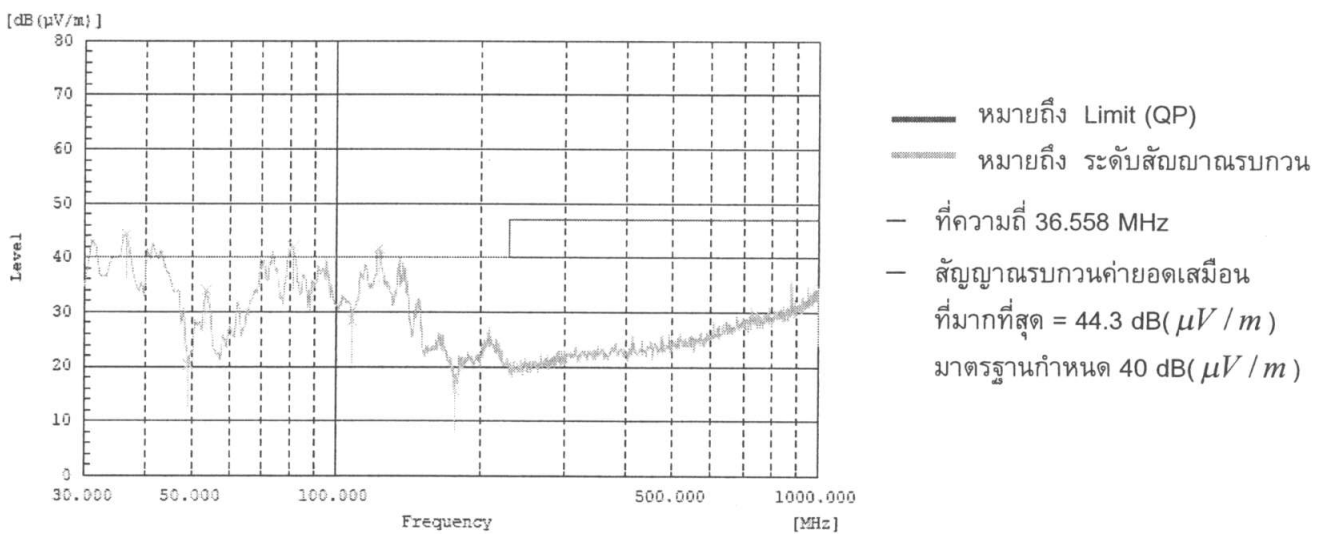
รูปที่ 4.176 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



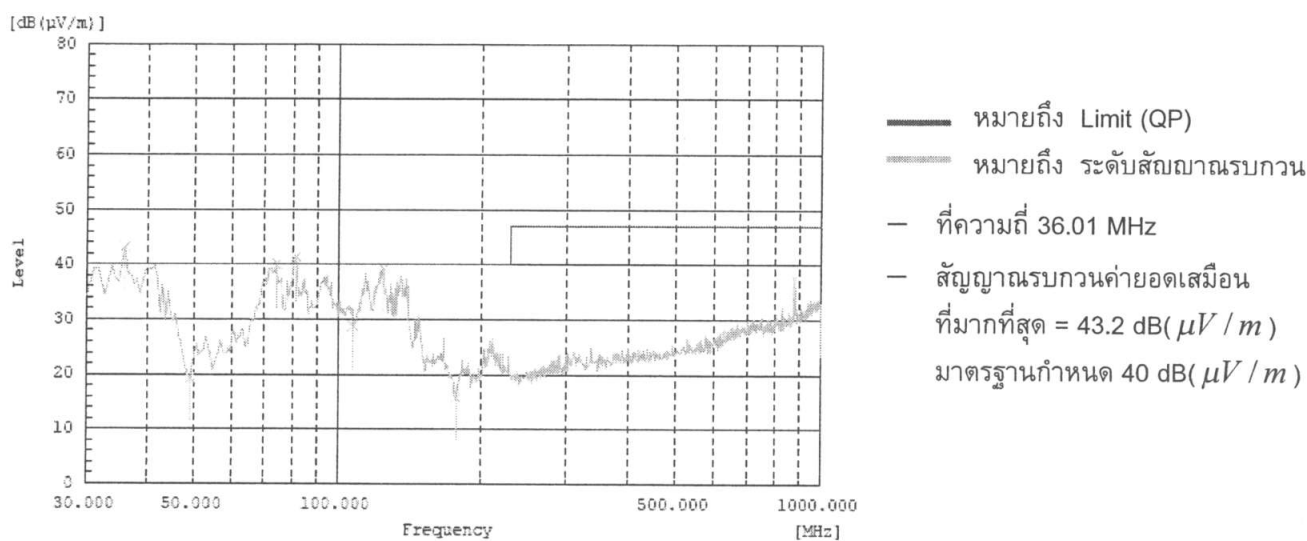
รูปที่ 4.177 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



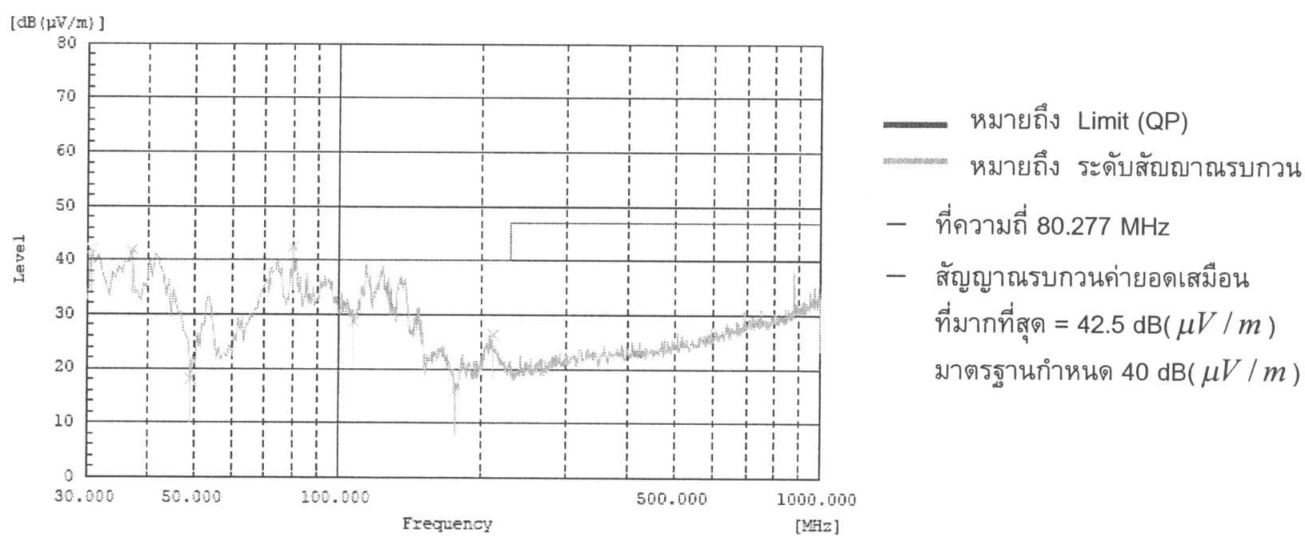
รูปที่ 4.178 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.179 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

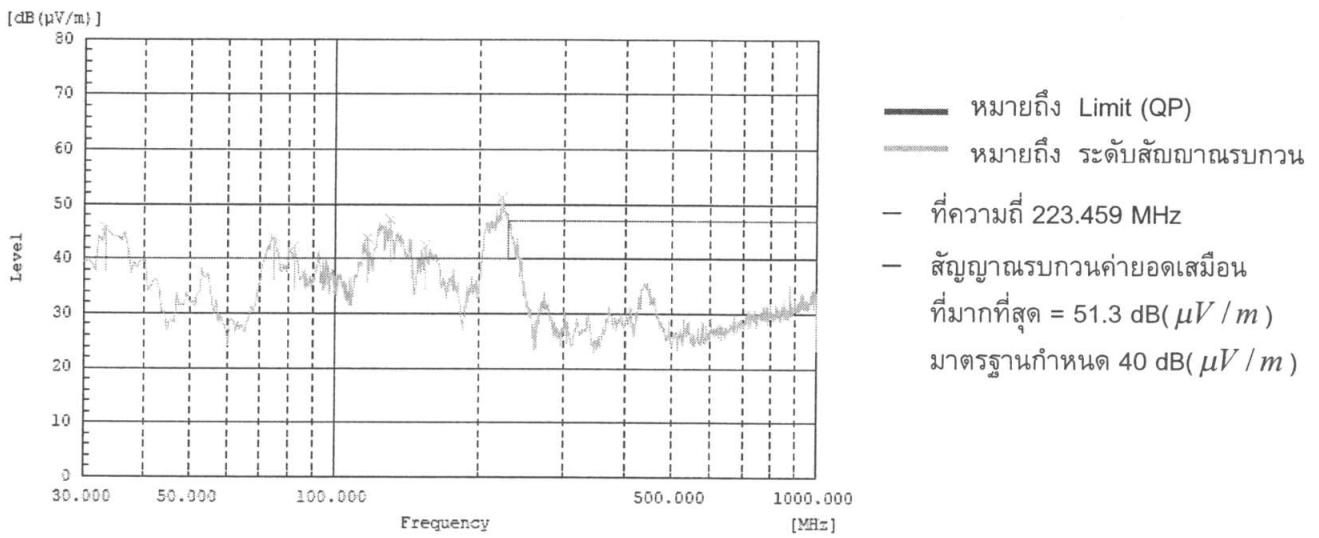
— ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.180 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์

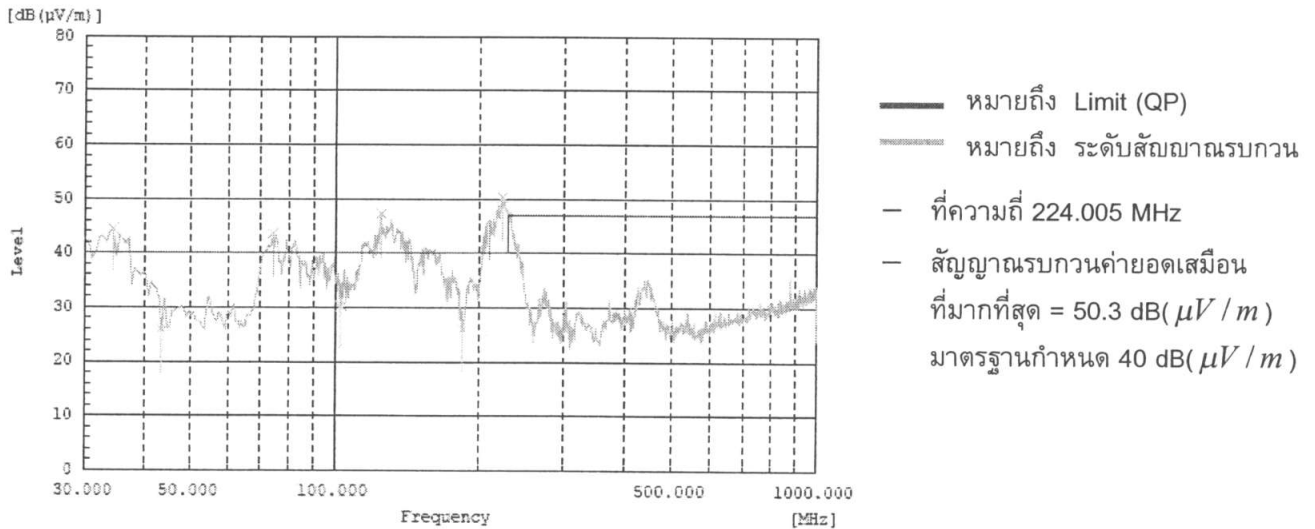
4.5.2.2 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



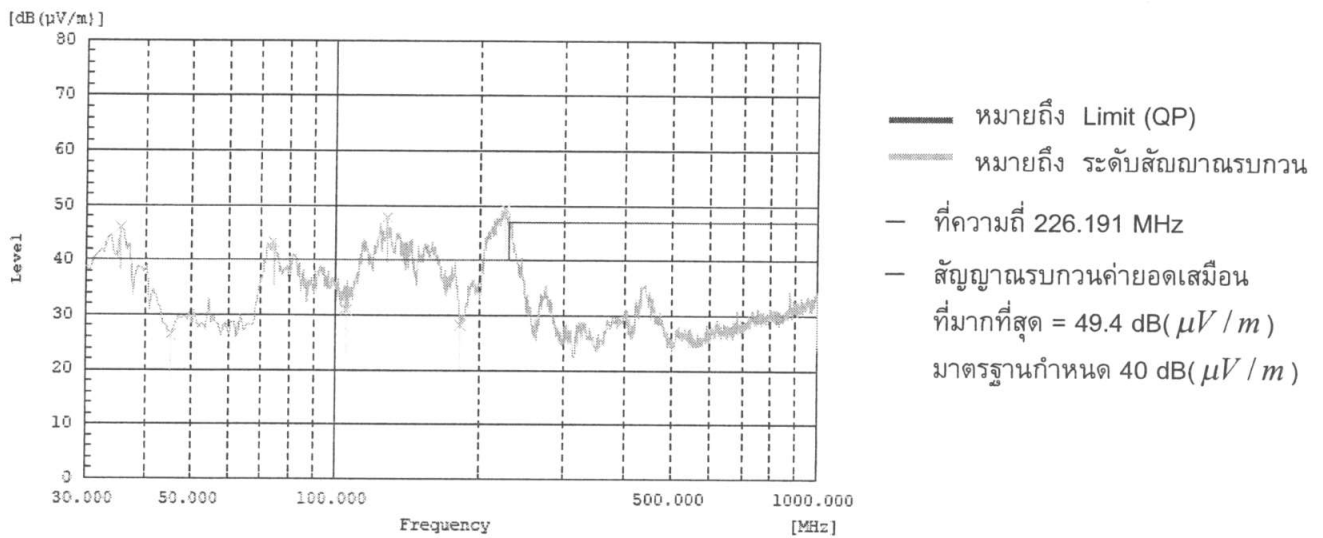
รูปที่ 4.181 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



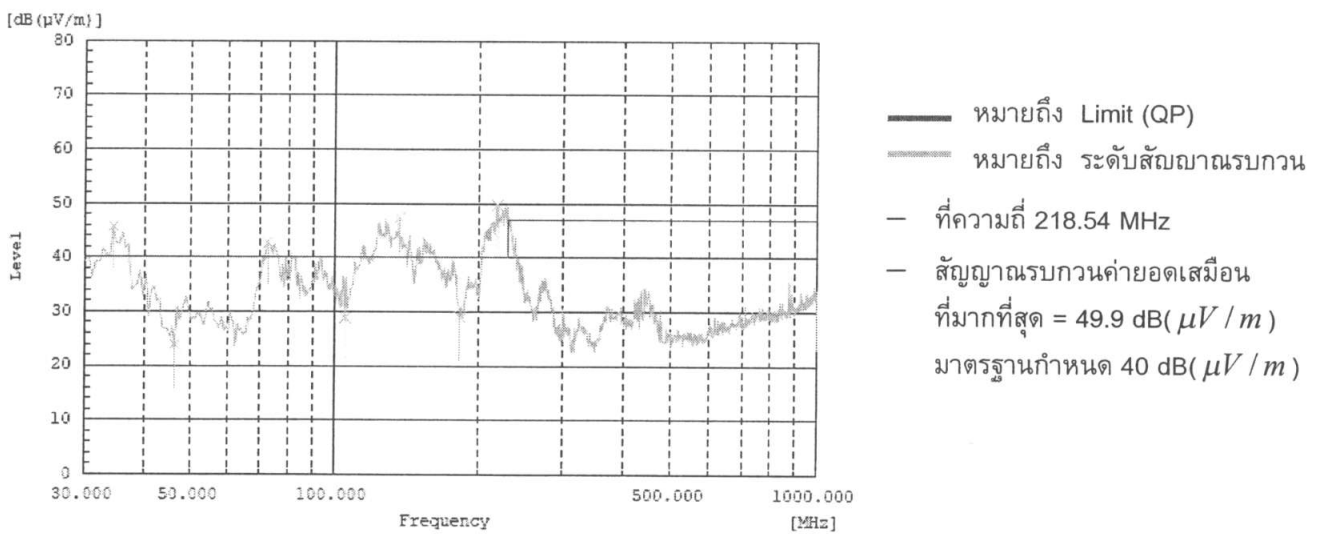
รูปที่ 4.182 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



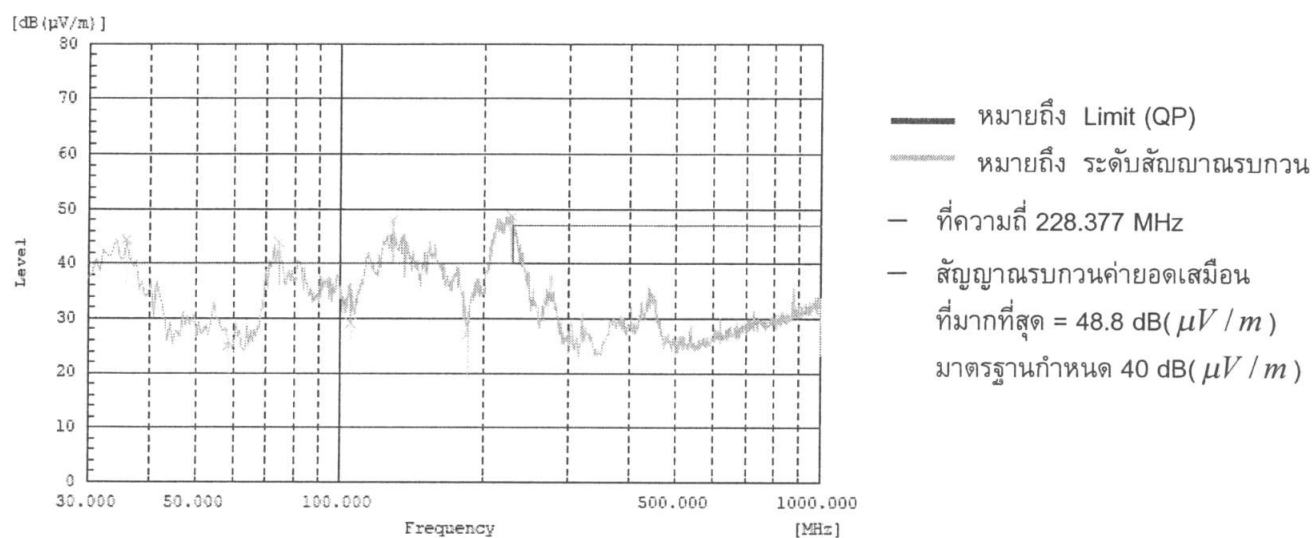
รูปที่ 4.183 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.184 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

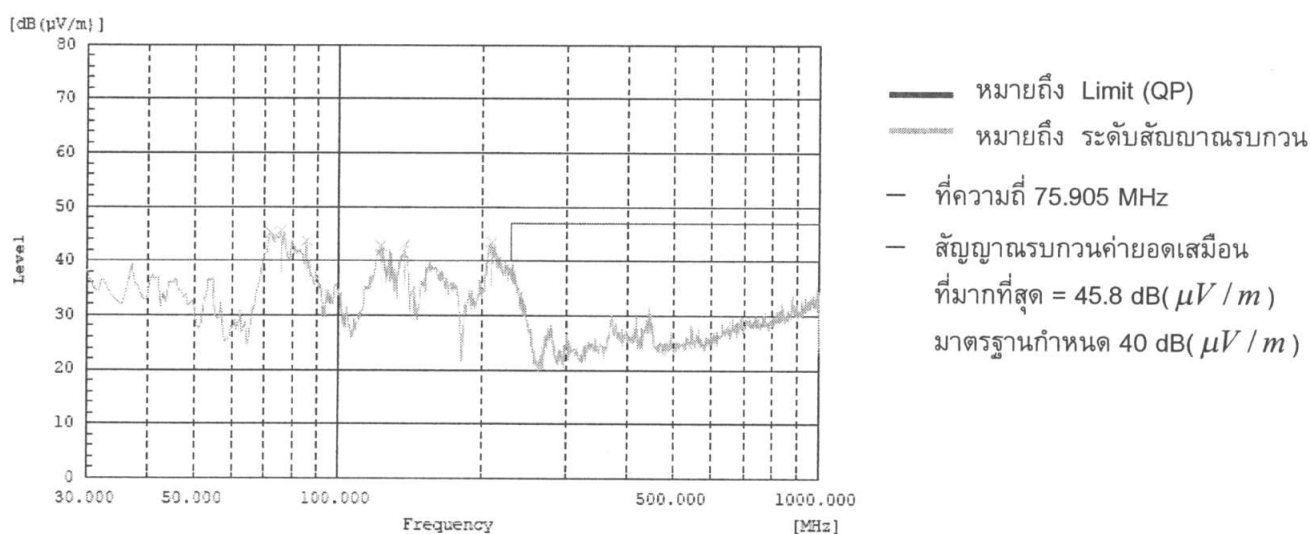
— ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.185 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์

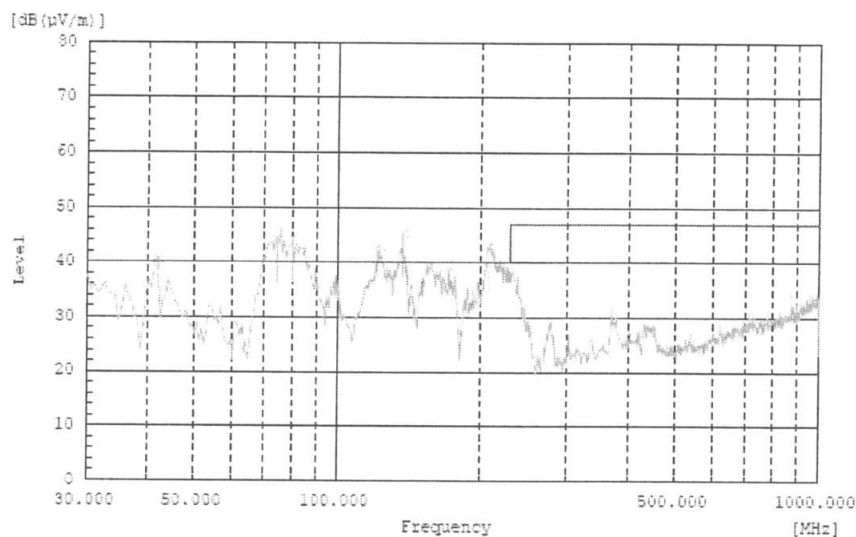
4.5.2.3 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.186 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

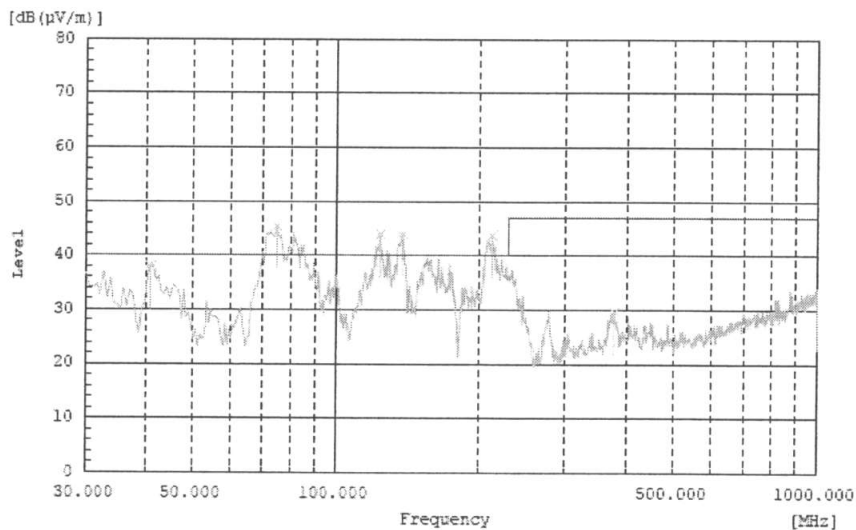
— ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 137.659 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
ที่มากที่สุด = $45.4 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$
มาตรฐานกำหนด $40 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$

รูปที่ 4.187 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

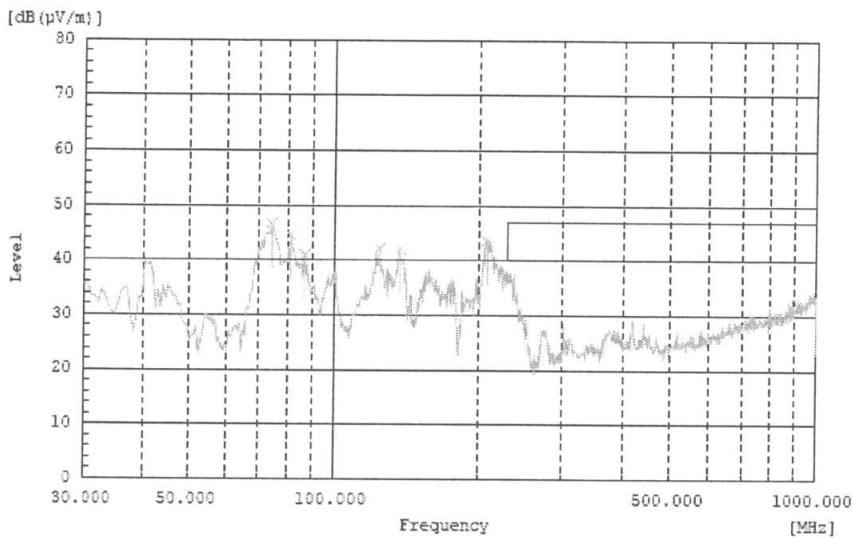
— ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 74.812 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
ที่มากที่สุด = $45.5 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$
มาตรฐานกำหนด $40 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$

รูปที่ 4.188 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

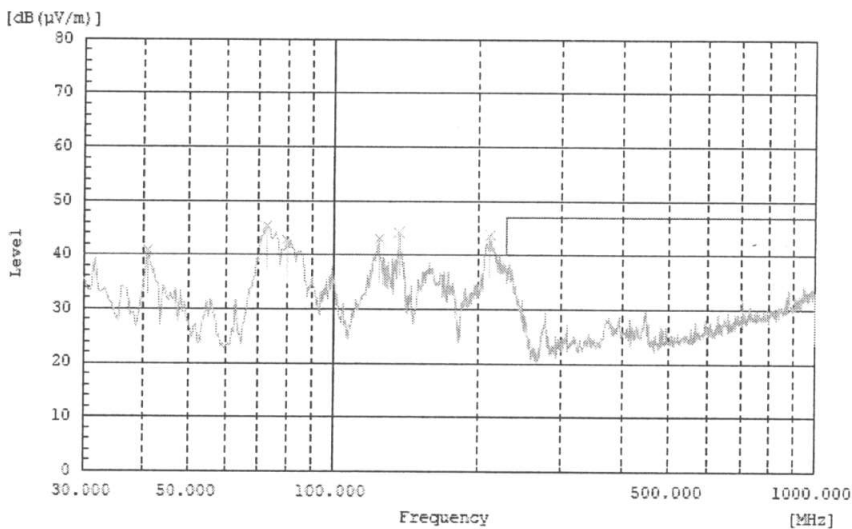
— ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที



- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 74.266 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = $46.7 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$
- มาตรฐานกำหนด $40 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$

รูปที่ 4.189 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

— ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที



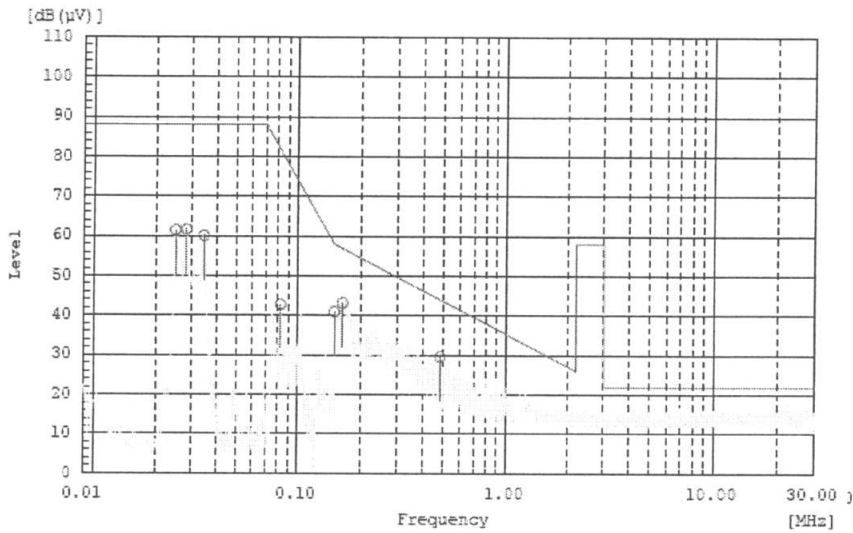
- หมายถึง Limit (QP)
- หมายถึง ระดับสัญญาณรบกวน
- ที่ความถี่ 72.626 MHz
- สัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือนที่มากที่สุด = $45.4 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$
- มาตรฐานกำหนด $40 \text{ dB}(\mu\text{V}/\text{m})$

รูปที่ 4.190 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ กับชุดอินเวอร์เตอร์

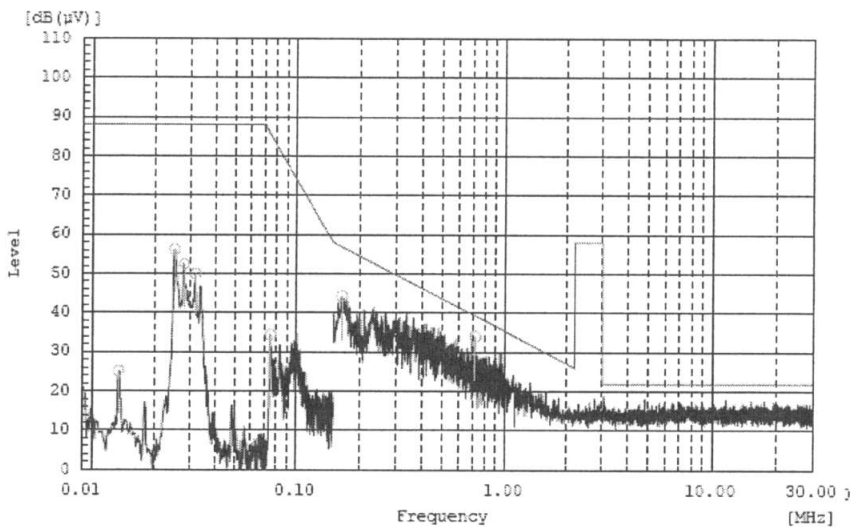
หมายเหตุ 3:

- Limit (QP) มาตรฐาน EN55022 Class B หมายถึง เส้นกำหนดสัญญาณรบกวนค่ายอดเสมือน
- มาตรฐาน EN55022 Class B ดูในภาคผนวก

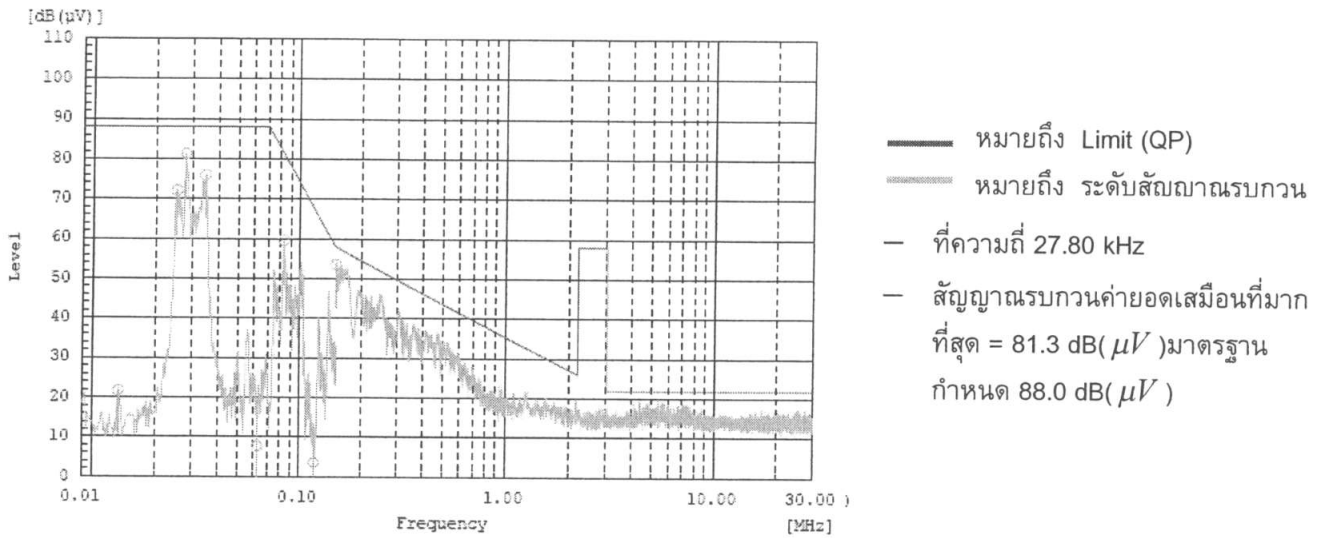
4.5.2.4 ผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 4.191 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวน จากเซนเซอร์ A



รูปที่ 4.192 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวน จากเซนเซอร์ B



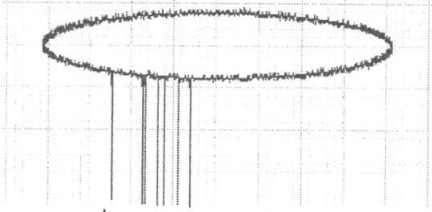
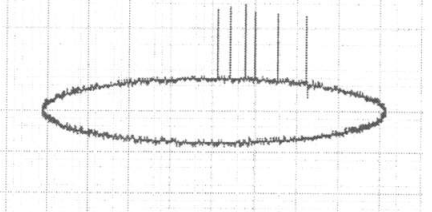
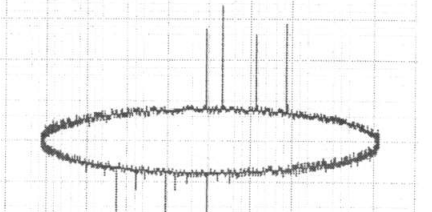
รูปที่ 4.193 กราฟแสดงระดับของสัญญาณรบกวน จากเซนเซอร์ C

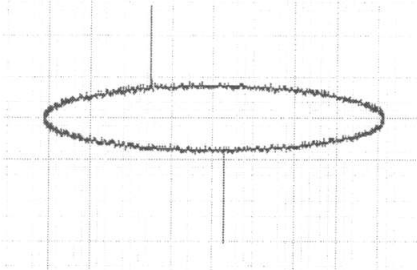
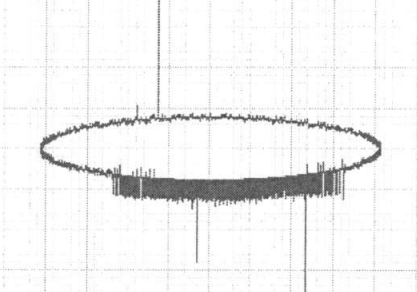
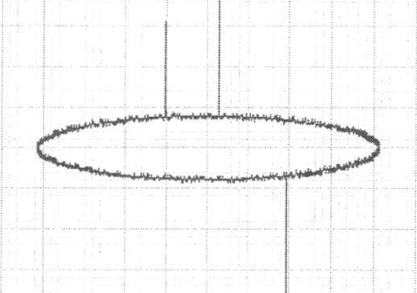
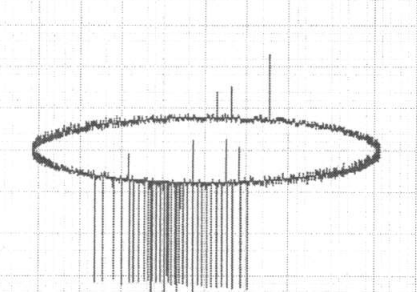
หมายเหตุ 4:

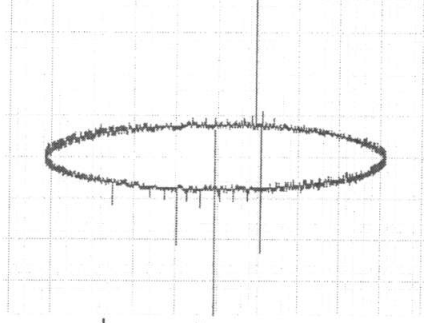
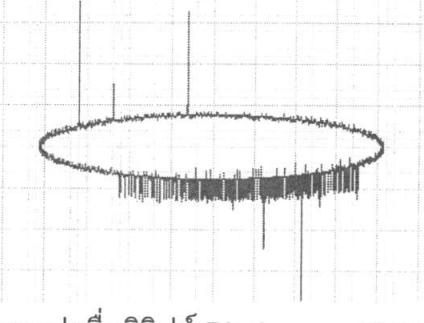
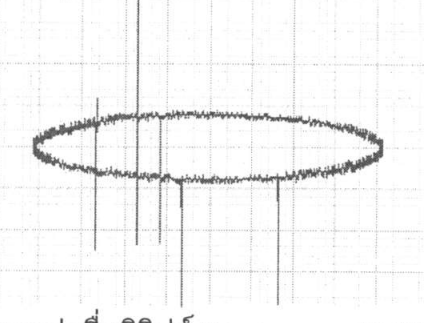
- Limit (QP) ตามมาตรฐาน TIS1955 Loop หมายถึง เส้นกำหนดสัญญาณรบกวน ค่ายอดเสมือน
- มาตรฐาน TIS1955 Loop มีการใช้เซนเซอร์ (sensor) ในการตรวจวัด 3 ตัว
- มาตรฐาน TIS1955 Loop ดูในภาคผนวก

4.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

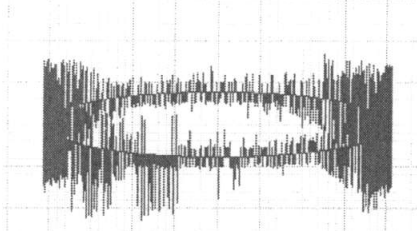
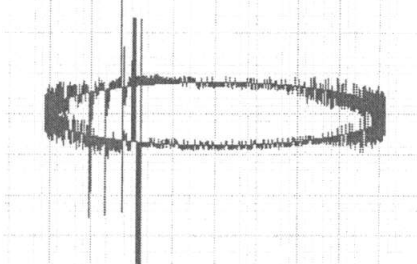
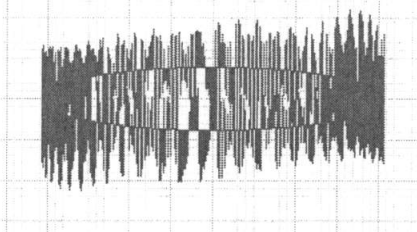
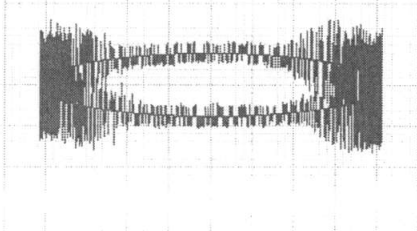
4.6.1 สรุปผลการทดสอบที่เกิดขึ้นในการทดสอบดิสชาร์จบางส่วน

ชนิดของการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น
<p>ดิสชาร์จแบบโคโรนา</p> <p>Rod(หัวแหลม) HV – Plate ground</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =37.58 pC Voltage =6.80 kV ที่มุม 220 – 330 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จแบบโคโรนา</p> <p>Plate HV – Rod(หัวแหลม) ground</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =128.75 pC Voltage =8.60 kV ที่มุม 90 – 145 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนตามผิว</p> <p>Sphere(HV) – Plate</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge =20.19 pC Voltage =6.17 kV ที่มุม 85 – 135, 270 – 325 องศา</p>

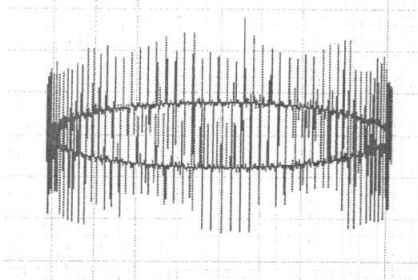
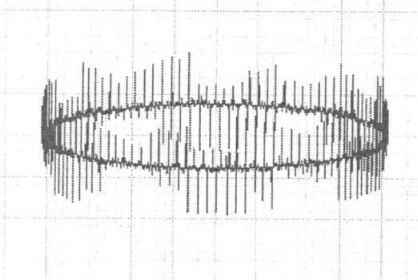
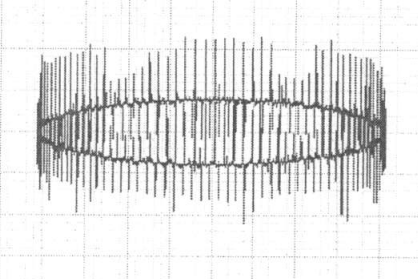
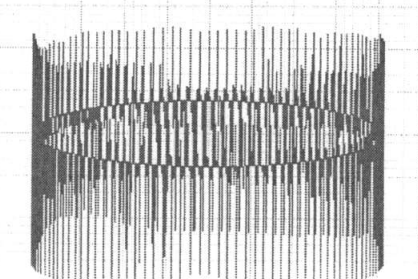
<p>ดิสชาร์จบางส่วนภายใน 5 รู</p> <p>Plate – Plate</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =66.40 pC Voltage =14.49 kV ที่มุม 55,260 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Internal + Corona โดยใช้ Internal แบบ 5 รู และ ทางด้าน HV พื้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =56.68 pC Voltage =14.88 kV ที่มุม 65,196 – 285 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Internal + Corona โดยใช้ Internal แบบ 5 รู และ ทางด้าน Ground พื้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =49.98 pC Voltage =15.41 kV ที่มุม 67,100,225 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Surface + Corona ทางด้าน HV พื้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =22.32 pC Voltage =6.31 kV ที่มุม 95 – 125,245 – 330 องศา</p>

<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Surface + Corona</p> <p>ทางด้าน Ground พ้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =58.04 pC Voltage =6.90 kV ที่มุม 112,247 – 330 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Surface + Corona + Internal</p> <p>ใช้ Internal 5 รู และ ทางด้าน HV พ้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =85.22 pC Voltage =10.50 kV ที่มุม 20,36,100,190 – 325 องศา</p>
<p>ดิสชาร์จบางส่วนแบบผสม</p> <p>Surface + Corona + Internal</p> <p>ใช้ Internal 5 รู และ ทางด้าน Ground พ้นขดลวดทองแดง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge =18.15 pC Voltage =10.47 kV ที่มุม 32 – 55,235 – 290 องศา</p>

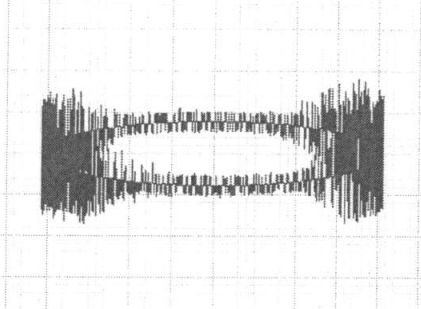
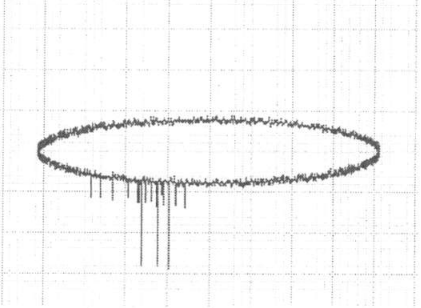
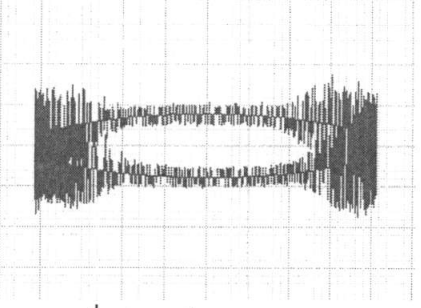
4.6.2 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากชุดหลอดไฟฟ้า

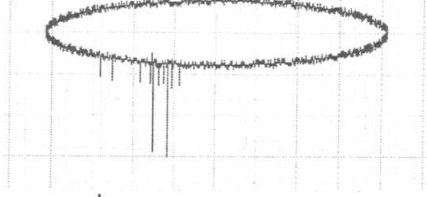
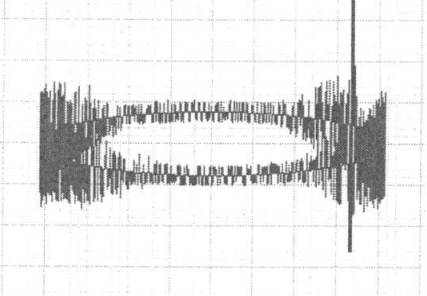
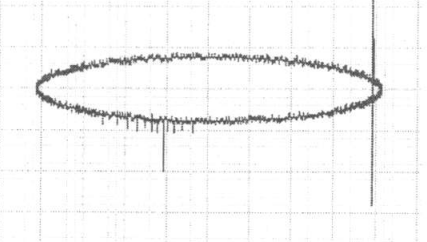
ชนิดของการทดสอบ	รูปสัญญาณที่เกิดขึ้น
สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 1.84 pC ที่มุม 280 – 360 องศา</p>
สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก กรณีหลอดไฟกระพริบ	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 4.84 pC ที่มุม 40 – 50, 290 – 320 องศา</p>
สัญญาณรบกวนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 57.78 pC เกิดทุกองศา</p>
สัญญาณรบกวนจากหลอดเผาไส้	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.75 pC ไม่เกิดผลของสัญญาณรบกวน</p>

4.6.3 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์

<p>สัญญาณรบกวนจากมอเตอร์ ทำงานที่พิกัด</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 153.38 pC เกิดทุกองศา, แปรตามความถี่</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากชุดอินเวอร์เตอร์ ทำงานที่พิกัดมอเตอร์</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 26.63 pC เกิดทุกองศา, แปรตามความถี่</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และ ชุดอินเวอร์เตอร์ทำงานที่พิกัด</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 231.10 pC เกิดทุกองศา, แปรตามความถี่</p>
<p>ขณะสตาร์ทมอเตอร์แล้ว กระแสรั่วลงกราวด์</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 35.74 pC เกิดทุกองศา, ไม่แปรตามความถี่</p>

4.6.4 สรุปผลการทดสอบสัญญาณรบกวนแรงดันสูง จากวงจรอื่น

<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงกระแสสลับ</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.80 pC ไม่ขึ้นแรงดัน ไม่เกิดผลของสัญญาณรบกวน</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงกระแสสลับ ขณะทดสอบ ดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 25.78 pC Voltage = 5.04 kV ไม่เกิดผลของสัญญาณรบกวน</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงกระแสตรง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอิลิปส์ Discharge = 0.77 pC ไม่ขึ้นแรงดัน ไม่เกิดผลของสัญญาณรบกวน</p>

<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงกระแสตรง ขณะทดสอบ ดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 25.64 pC Voltage = 5.08 kV ไม่เกิดผลของสัญญาณรบกวน</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงความถี่สูง</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 1.23 pC ที่มุม 160 – 220 องศา</p>
<p>สัญญาณรบกวนจากการทดสอบ แรงดันสูงความถี่สูง ขณะทดสอบ ดิสชาร์จบางส่วนแบบโคโรนา</p>	 <p>PD บนรูปคลื่นอีลิปส์ Discharge = 48.06 pC Voltage = 4.88 kV ที่มุม 160 – 220 องศา</p>

ตารางการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ชนิดการทดสอบ	รูปแบบการวิเคราะห์สัญญาณรบกวน			
	เกิดภายนอก วงจรทดสอบ	เกิดภายใน วงจรทดสอบ	รบกวนทาง สายตัวนำ	รบกวนทาง อากาศ
1. การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod (HV.)-Plate (G)		✓	✓	✓
2. การทดสอบโคโรนาดิสชาร์จแบบ Rod(G)-Plate(HV.)		✓	✓	✓
3. การทดสอบดิสชาร์จภายในแบบ Multi void จำนวน 5 โพรง		✓	✓	✓
4. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวแบบ Plate-Sphere		✓	✓	✓
5. การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับ โคโรนา (HV.)		✓	✓	✓
6. การทดสอบดิสชาร์จภายในร่วมกับ โคโรนา (G)		✓	✓	✓
7. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับ โคโรนา (HV.)		✓	✓	✓
8. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับ โคโรนา (G)		✓	✓	✓
9. การทดสอบดิสชาร์จตามผิวร่วมกับ ดิสชาร์จภายใน		✓	✓	✓
10. การทดสอบดิสชาร์จตามผิว ร่วมกับดิสชาร์จภายใน และโคโรนา (HV.)		✓	✓	✓
11. การทดสอบดิสชาร์จตามผิว ร่วมกับดิสชาร์จภายใน และโคโรนา (G)		✓	✓	✓
12. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก หลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้ บัลลาสต์ แกนเหล็ก	✓		✓	

ชนิดการทดสอบ	รูปแบบการวิเคราะห์สัญญาณรบกวน			
	เกิดภายนอก วงจรทดสอบ	เกิดภายใน วงจรทดสอบ	รบกวนทาง สายตัวนำ	รบกวนทาง อากาศ
13. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก หลอดฟลูออเรสเซนต์ กรณีที่ใช้ บัลลาสต์ อิเล็กทรอนิกส์	✓		✓	✓
14. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก หลอดเผาไส้	✓			
15. การทดสอบมอเตอร์และชุด อินเวอร์เตอร์ ในวงจรทดสอบ	✓		✓	✓
16. การทดสอบมอเตอร์ ในวงจรทดสอบอย่างเดียว	✓		✓	✓
17. การทดสอบชุดอินเวอร์เตอร์ ในวงจรทดสอบอย่างเดียว	✓		✓	✓
18. การทดสอบมอเตอร์และชุด อินเวอร์เตอร์ นอกวงจรทดสอบ	✓			
19. ขณะสตาร์ทมอเตอร์แล้วกระแส ลงกราวด์	✓		✓	
20. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงกระแสลับ	✓			✓
21. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงกระแสตรง	✓			✓
22. การทดสอบสัญญาณรบกวนจาก การทดสอบแรงดันสูงความถี่สูง	✓			✓

การวินิจฉัยสาเหตุของสัญญาณรบกวน

1. สัญญาณรบกวนจากภายนอกวงจรทดสอบ วิเคราะห์จากอุปกรณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับ
วงจรทดสอบ
2. สัญญาณรบกวนจากภายในวงจรทดสอบ วิเคราะห์จากสัญญาณที่ส่งออกมาจาก
วงจรทดสอบ
3. สัญญาณรบกวนทางสายตัวนำ วิเคราะห์จากผลการทดสอบสัญญาณรบกวนทาง
สายตัวนำที่ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)
4. สัญญาณรบกวนทางอากาศ วิเคราะห์จากผลการทดสอบสัญญาณรบกวนทาง
อากาศที่ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

จากการศึกษาสัญญาณรบกวนที่มีผลต่อการวัดดิซาร์จบางส่วน โดยได้มีการออกแบบการทดสอบ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นสัญญาณรบกวนทางอากาศ(Radiation) และสัญญาณรบกวนทางสายตัวนำ (Conduction) พร้อมทั้งทำการทดลองโดยมีแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ดังนี้ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ พร้อมทั้งบัลลาสต์แกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์, สัญญาณรบกวนที่เกิดจากหลอดเผาไส้สัญญาณรบกวนจากมอเตอร์และชุดอินเวอร์เตอร์, สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับ, สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสตรง, สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิดแรงดันสูงกระแสสลับความถี่สูง และสัญญาณรบกวนแบบผสม ทำให้ได้ผลการทดลองออกมาหลายรูปแบบ โดยได้ทำการแยกแยะรูปแบบของสัญญาณรบกวนที่แสดงในรูปฐานเวลารูปคลื่นออสิลิปส์ ออกตามกรณีของแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนและค่าของสัญญาณรบกวน รวมทั้งรูปแบบของมุมที่เกิดสัญญาณรบกวนแต่ละแบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการพัฒนา นำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแยกแยะชนิดของการเกิดดิซาร์จบางส่วนและสัญญาณรบกวน
2. ผู้ที่ทำการศึกษาวิจัยเรื่องการเกิดดิซาร์จบางส่วนควรจะมีความรู้ความเข้าใจเรื่องพฤติกรรมการเกิดดิซาร์จบางส่วนและระบบวัดดิซาร์จบางส่วนเป็นอย่างดี

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] IEC 60270 " High – Voltage test techniques – Partial discharge measurement "
- [5] รศ.ดร.วีระเชษฐ ชันเงิน, วุฒิพล ชาราธิ์รเศรษฐ์, "บทความความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า:ภาค 1", สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- [6] Cigre' Task Force 15.11/33.03.02 "Knowledge Rules for Partial Discharge Diagnosis in Service" April, 2003
- [7] นรเศรษฐ์ พัฒนเดช, "เอกสารประกอบการสอน วิชาเลือกทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง: การบำรุงรักษา การตรวจสอบ และวินิจฉัยการฉนวนในระบบไฟฟ้าแรงสูง" ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550
- [8] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TIS 1995) : บริษัทส่องสว่างและบริษัทที่คล้ายกัน:ขีดจำกัดสัญญาณรบกวนวิทยุ
- [9] CISPR14-1 "Electromagnetic compatibility - Requirements for household Appliances, electric tools and similar apparatus - Part 1: Emission"
- [10] CISPR 22 "Information technology equipment – Radio equipment characteristics - Limits and method measurement"

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

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

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

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 ได้กำหนดให้แรงดันรูปขึ้นของเครื่องปรับเทียบดิสชาร์จมาตรฐานมีช่วงเวลาดำเนิน (rise time) ไม่เกิน 0.1 ไมโคร วินาที และแรงดันค่อยๆ ลดลงด้วยเวลาลดถอย (decay time) อยู่ในช่วง 100 ไมโครวินาที ถึงหลักพันของไมโคร วินาที และ $C_0 \leq 0.1(C_d + C_k)$

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_i และ Time, t_i ของพัลส์ PD ที่เกิดขึ้น กำหนดดังนี้

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

โดยที่ t_i คือ เวลาที่เริ่มมุมเฟสของแรงดันทดสอบ เริ่มที่มุมศูนย์องศาจนถึงเวลาที่เกิดพัลส์ PD

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 ที่มีค่าสูงสุดและเกิดขึ้นๆ 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

$$30kHz \leq f_1 \leq 100kHz$$

$$f_2 \leq 500kHz$$

$$100kHz \leq \Delta f \leq 400kHz$$

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

$$9kHz \leq \Delta f \leq 30kHz$$

$$50kHz \leq f_m \leq 1MHz$$

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

4) ความเป็นเชิงเส้นของระบบวัด มาตรฐานยอมให้สเกลแฟกเตอร์ k ผิดพลาดได้น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์

2.3 ระบบวัด PD แบบดิจิตอล สำหรับวัดประจุที่ปรากฏ

ข้อกำหนดของระบบวัด PD แบบดิจิตอล สำหรับวัดประจุที่ปรากฏ มีดังนี้

1) ระบบวัดนี้จะต้องใช้หลักการระบบวัดแบบแอนะล็อกที่กล่าวมาแล้วในข้อ

2.5.2.2 ส่วนภาคดิจิตอลนั้นจะวัดประจุที่ปรากฏโดยใช้การรับข้อมูลแบบดิจิตอลในการอ่านข้อมูลสัญญาณเพื่อนำไปแสดงผลและวิเคราะห์ต่อไป

2) ข้อกำหนดต่ำสุดของระบบวัด PD แบบดิจิตอล คือ ต้องสามารถแสดงผลค่าประจุที่ปรากฏได้ โดยค่าที่อ่านได้ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 2.5.2.2 เวลาแสดงผลใหม่แต่ละครั้งของการแสดงผลแบบดิจิตอลต้องไม่เกิน 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 และต้องมีอัตราซีกตัวอย่าง (sampling rate) ไม่น้อยกว่า 100 ตัวอย่างในหนึ่งคาบเวลาของความถี่ของแรงดันทดสอบ

ภาคผนวก ค

ข้อมูลศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ : ศทอ. (Electrical and Electronic Products Testing Center : PTEC) เป็นหน่วยงานของรัฐบาล สังกัด สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือ สวทช. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ดำเนินงานภายใต้ข้อบังคับคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ว่าด้วยการบริหารโครงการพิเศษที่ใช้ทุนประเดิมของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ พ.ศ. 2541 โดยมีมุ่งเน้นการให้บริการทดสอบแก่ผู้ประกอบการทั้งภาครัฐและเอกชน ที่ต้องการทดสอบในเรื่องความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า และการทดสอบเพื่อพัฒนามาตรฐานของสินค้า รวมถึงการดำเนินการวิจัยในสาขาความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ให้เกิดขึ้นภายในประเทศ โดยมีพันธกิจหลัก ดังนี้

- ให้บริการทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แก่หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วไป
- ให้บริการปรึกษาในการออกแบบผลิตภัณฑ์ และแก้ไขปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐาน
- ให้การสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยจัดให้มีการฝึกอบรมบุคลากรด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงแก้ไขและการออกแบบผลิตภัณฑ์แก่ทั้งภาครัฐและเอกชน ให้สามารถตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมได้
- ให้บริการสำรวจสภาพแวดล้อมทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเป็นที่ปรึกษาในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าแก่ทุกหน่วยงานทั้งภาครัฐ และเอกชน
- ทำการวิจัยและพัฒนาเทคนิคและวิธีการใหม่ๆ ในการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า การเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการทดสอบให้มีความถูกต้องแม่นยำด้วยต้นทุนที่ต่ำลง

1. ห้องทดสอบ และอุปกรณ์การทดสอบ

1.1 ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Shielded Room)

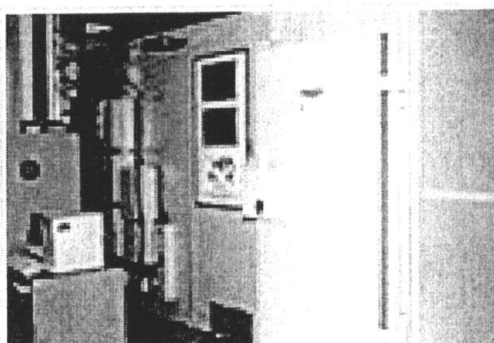
เป็นห้องที่ปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกปิดกั้นทั้ง 6 ด้าน วัสดุที่ใช้ทำผนังแต่ละด้านเป็นโลหะที่บสามารถป้องกันสนามไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ระบบทดสอบ และป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่ถูกทดสอบออกไปรบกวนระบบอื่นๆ ภายนอกภายนอกห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถูกติดตั้งตัวกรองสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำ (EMI Filter) เพื่อใช้กรองสัญญาณรบกวนที่มาจากแหล่งจ่ายไฟภายนอกให้มีระดับต่ำกว่าก่อนป้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ที่ถูกทดสอบที่ติดตั้งอยู่ในห้อง โครงสร้างของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงดังรูป



รูป ก. แสดงโครงสร้างของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการทดสอบสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำ

1.2 ห้องทดสอบการแพร่สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสายตัวนำ (Conducted Emission Room)

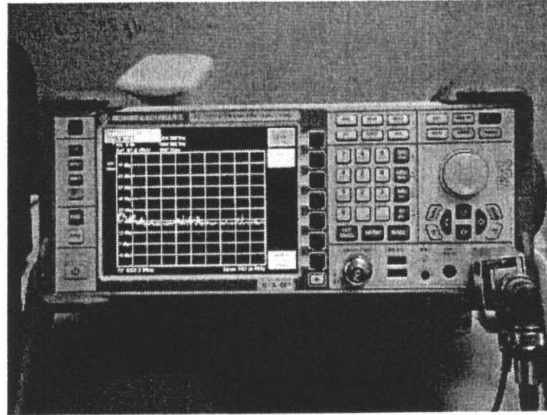
การทดสอบสัญญาณรบกวนที่นำตามสาย Conducted Emission เป็นการทดสอบสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ที่นำพาออกไปตามสายตัวนำไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง (Continuous Disturbance) ที่อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า ช่วงความถี่ทดสอบตั้งแต่ 150 kHz ถึง 30 MHz



รูป ข. Conducted Emission Room ที่ PTEC

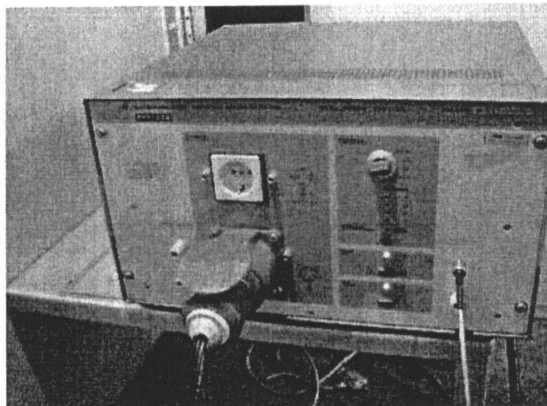
1.2.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ

- เครื่องมือวัด EMI ตามมาตรฐาน CISPR 16-1 (Spectrum Analyzer)
โหมดการวัด Peak, Quasi Peak และ Average



รูป ค. Spectrum Analyzer

- โครงข่ายสร้างเสถียรภาพอิมพีแดนซ์ (Line Impedance Stabilization Network:LISN) มีหน้าที่แยกสัญญาณรบกวนที่ต้องการวัด, รักษา impedance ของวัสดุทดสอบให้คงที่, ลดสัญญาณรบกวนจากระบบจ่ายไฟ, ลดสัญญาณรบกวนจากวัสดุทดสอบ



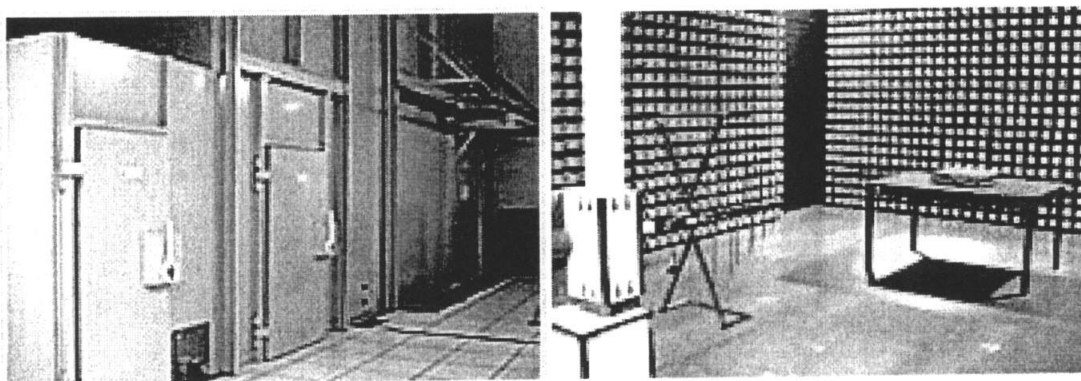
รูป ง. เครื่อง LISN

หมายเหตุ: CISPR หมายถึง คณะกรรมการใน IEC ที่จะคอยจัดการเกี่ยวกับปัญหาโดยเฉพาะและ
ย่อมาจาก The International Special Committee on Radio Interference (CISPR)

1.3 ห้องทดสอบการแพร่สัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านทางอากาศ (ห้องปิดกันกึ่งไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า: Semi Anechoic Chamber)

เป็นการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนที่ออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่แพร่กระจายออกไปในอากาศโดยมีอากาศเป็นตัวกลางในการส่งผ่าน การทดสอบนี้จะต้องนำอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบไปจัดวางในห้องปิดกันกึ่งไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi Anechoic Chamber) ที่มีระยะทดสอบ 3 เมตร และวัดสัญญาณรบกวนที่ออกมาจากอุปกรณ์ โดยใช้สายอากาศแบบไบ-ล็อก (Bi – log Antenna) เป็นตัวรับสัญญาณและแสดงผลการวัดที่ได้ที่เครื่องวัดสัญญาณรบกวน และเทียบผลที่วัดได้กับค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน สำหรับการทดสอบในหมวดนี้จะทดสอบที่ความถี่ 30MHz ถึง 1GHz

– ห้องปิดกันกึ่งไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi Anechoic Chamber)



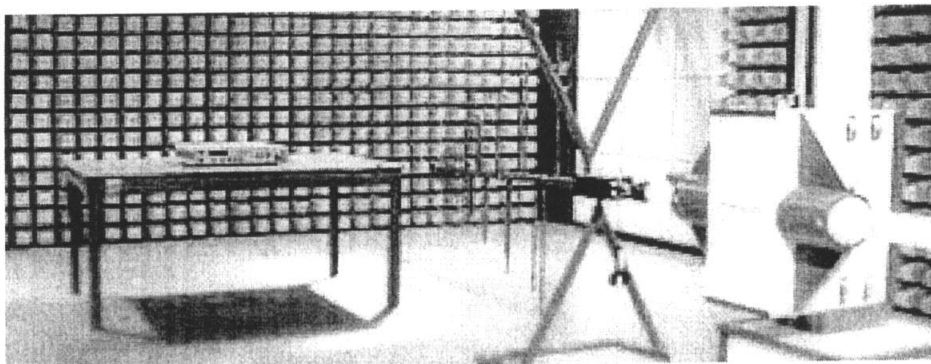
รูป จ. Semi Anechoic Chamber ที่ PTEC

เป็นห้องที่ปิดกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกออกสู่ภายนอก และป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกเข้ารบกวนอุปกรณ์ภายใต้การทดสอบภายในห้องประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. ผนังซีลด์ เป็นโลหะซึ่งมีค่าความซึมทราบทางแม่เหล็กสูง ใช้กันสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องทดสอบ
2. ผนังเฟอร์ไรต์ เป็นออกไซด์ของโลหะหลายชนิด ใช้ในการดูดซับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งสะท้อนภายในห้อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกดูดซับและไม่มี การสะท้อน
3. พื้นเป็นกราวด์เพลนเรียบ ใช้ในการสะท้อนสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
4. สายอากาศใช้รับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งแผ่ออกจากอุปกรณ์ทดสอบ สายอากาศจะถูกติดตั้งอยู่บนเสาอากาศที่เคลื่อนที่ได้ (Antenna Mast) ความสูง 4 เมตร

1.3.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ

- เครื่องมือวัด EMI ตามมาตรฐาน CISPR 16-1 (Spectrum Analyzer)
โหมดการวัด Peak, Quasi Peak และ Average ดังรูป ค.
- สายอากาศใช้รับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า (Antenna)



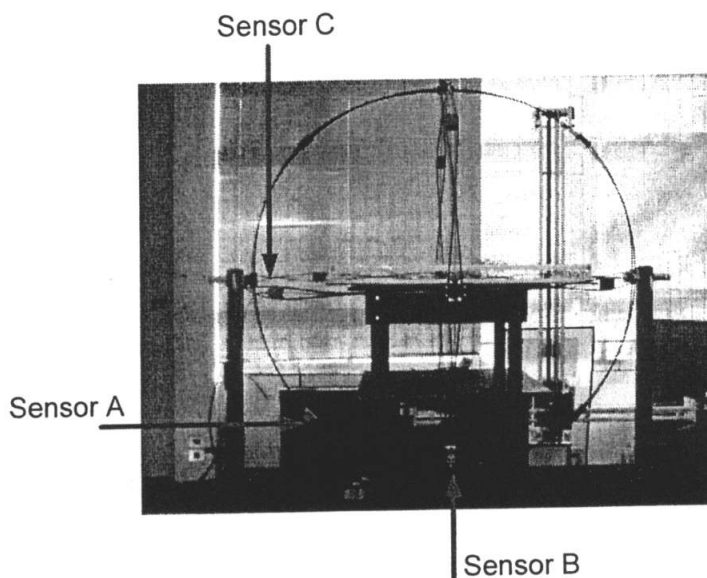
รูป ฉ. แสดงสายอากาศในการรับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า

1.4 Magnetic Field Emission Testing

การทดสอบสัญญาณรบกวนที่แพร่กระจายทางอากาศ Magnetic Field Emission เป็นการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่กระจายออกในอากาศที่อยู่ในรูปสนามแม่เหล็กระยะใกล้ เช่น การทดสอบสัญญาณรบกวนรบกวนจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ช่วงความถี่ที่ต้องการทดสอบ 9 kHz ถึง 30MHz มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ CISPR15

1.4.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ประกอบ

- เครื่องมือวัด EMI ตามมาตรฐาน CISPR 16-1 (Spectrum Analyzer)
โหมดการวัด Peak, Quasi Peak และ Average ดังรูป ค.
- สายอากาศแบบ Large Loop มี Sensor ในการตรวจจับ 3 ตัว ดังรูป ข.



รูป ช. สายอากาศแบบ Large Loop

2. มาตรฐานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยนี้

มาตรฐานทางแม่เหล็กไฟฟ้าเรื่องการทดสอบการแพร่กระจาย ของคลื่นได้แก่ CISPR11, CISPR 14, CISPR15, CISPR22 และ FCC เป็นต้น รายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

- มาตรฐาน CISPR11 เป็นมาตรฐานที่ใช้รับรองอุปกรณ์ประเภทเครื่องมือวิทยาศาสตร์ เครื่องมือทางการแพทย์และอุตสาหกรรม
- มาตรฐาน CISPR14 ใช้เป็นมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านหรือภายในอาคาร เช่น เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เป็นต้น
- มาตรฐาน CISPR15 บังคับใช้กับอุปกรณ์ส่องสว่าง เช่น หลอดไฟฟ้า หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดประหยัดไฟ เป็นต้น
- มาตรฐาน CISPR22 ใช้กับอุปกรณ์ประเภท อุปกรณ์สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ โมเด็ม แฟกซ์ เครื่องพิมพ์ และอุปกรณ์เสริมของคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เป็นต้น
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (TIS 1995) : ปรักณ์ส่องสว่างและปรักณ์ที่คล้ายกัน: ชีตจำกัดสัญญาณรบกวนวิทยุ

นอกจากมาตรฐานที่กล่าวมาแล้ว ยังมีมาตรฐานระดับชาติอื่น ๆ เช่น FCC part 15 บังคับใช้กับอุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นต้น

3. การพิจารณาค่า $dB (\mu V)$ และค่า $dB (\mu V/m)$

3.1 หน่วยและการแปลงหน่วยของระบบการวัด EMC

- ความสำคัญของการแสดงค่าต่างๆในรูปของเดซิเบลมีความสำคัญดังนี้
- ทำให้เราสามารถแสดงค่ามาก ๆ และค่าน้อย ๆ ให้อยู่ในรูปกราฟเดียวกันได้
- ทำให้สามารถเปรียบเทียบผลที่มีค่าน้อย ๆ ได้
- ทำให้สามารถคำนวณการคูณและหารได้ง่าย

3.2 ความหมายของเดซิเบล (dB)

เป็นการเปรียบเทียบระดับกำลังงานระหว่างทางเข้าและทางออกของระบบคืออัตราส่วนของกำลังงานระหว่างอินพุตและเอาต์พุต การเปรียบเทียบนี้เรียกว่า อัตราขยายสำหรับการเพิ่มขึ้นของกำลังงานและอัตราการลดทอนสำหรับการลดทอนของกำลังงาน การใช้งานในลักษณะเช่นนี้จะไม่มีหน่วย dB สำหรับเดซิเบล

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Voltage gain และ Power gain

- กำลังงานที่ป้อนเข้า $P_1 = (V_1)^2/R_1$
- กำลังงานที่ป้อนออก $P_2 = (V_2)^2/R_2$
- อัตราขยายของกำลังงาน
 - $G = 10\log(P_2/P_1) = 10\log[(V_2/V_1)^2/(R_2/R_1)]$
 - $G = 20\log(V_2/V_1) + 10\log(R_1/R_2)$
- สำหรับระบบที่มี $R_1 = R_2$, $G = 20\log(V_2/V_1)$
- ค่าที่ได้เป็นอัตราขยายโวลต์เดจ (Voltage gain) ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราขยายกำลังงาน (Power gain)

ระบบการวัดของ EMI หน่วยที่ใช้กันเสมอคือ $dB (\mu V)$ ซึ่งหมายถึงระดับโวลต์เดจที่สูงกว่า $1 \mu V$ เท่ากับที่ dB

ประวัติผู้เขียน



นายพีรพงษ์ แทนหิน เกิดวันที่ 4 ธันวาคม 2528 ที่จังหวัดอุดรธานี
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนบ้านหมากแข้ง อำเภอเมือง
จังหวัดอุดรธานี

สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอนุตรพิชัยรัักษ์พิทยา
อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี

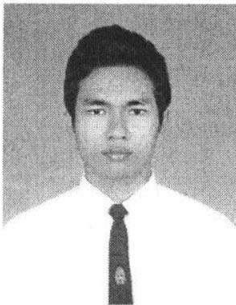
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2547

มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง

ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Finite element, Solidwork, MATLAB,
SPSS, AutoCAD, PSpice, Ansys, Microsoft office.

ทักษะทางภาษาต่างประเทศ คือ ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่บริษัท ซี.อาร์. เอ็นจิเนียริง แอนด์ เทคโนโลยี จำกัด ระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม
พ.ศ.2550



นายวีระวุฒิ คำสาสินธุ์ เกิดวันที่ 23 มีนาคม 2528 ที่จังหวัดกาฬสินธุ์

สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์

อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์

อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2547

มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง

ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Finite element, Solidwork, MATLAB,
SPSS, AutoCAD, PSpice, Ansys, Microsoft office.

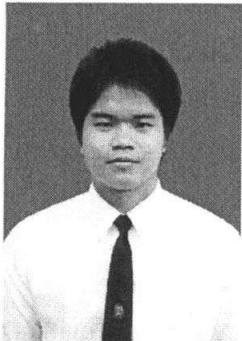
ทักษะทางภาษาต่างประเทศ คือ ภาษาอังกฤษ

ฝึกงานที่ Sitem Preparation Management Co. Ltd. ระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม
พ.ศ.2550



นายณัฐพล ศรีณรงค์ เกิดวันที่ 26 พฤศจิกายน 2528
ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
สำเร็จมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า
เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า
คุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2547

มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Finite element, Solidwork, MATLAB,
SPSS, AutoCAD, PSpice, Ansys, Microsoft office.
ทักษะทางภาษาต่างประเทศ คือ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่ กองหม้อแปลง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม พ.ศ.2550



นายวรเดช เจตนาเสน เกิดวันที่ 7 ตุลาคม 2527 ที่จังหวัดนครปฐม
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง
จังหวัดนครปฐม
สำเร็จมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง
จังหวัดนครปฐม
เข้าศึกษาที่คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ.2547

มีความสนใจและความถนัดในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
ความสามารถทางคอมพิวเตอร์และการใช้โปรแกรม Finite element, MATLAB, SPSS,
AutoCAD , PSpice, , Microsoft office , Microsoft Visio.
ทักษะทางภาษาต่างประเทศ คือ ภาษาอังกฤษ
ฝึกงานที่ Bangkok Aviation Fuel Services Public Company Limited ระหว่างเดือนเมษายน
ถึงพฤษภาคม พ.ศ.2550