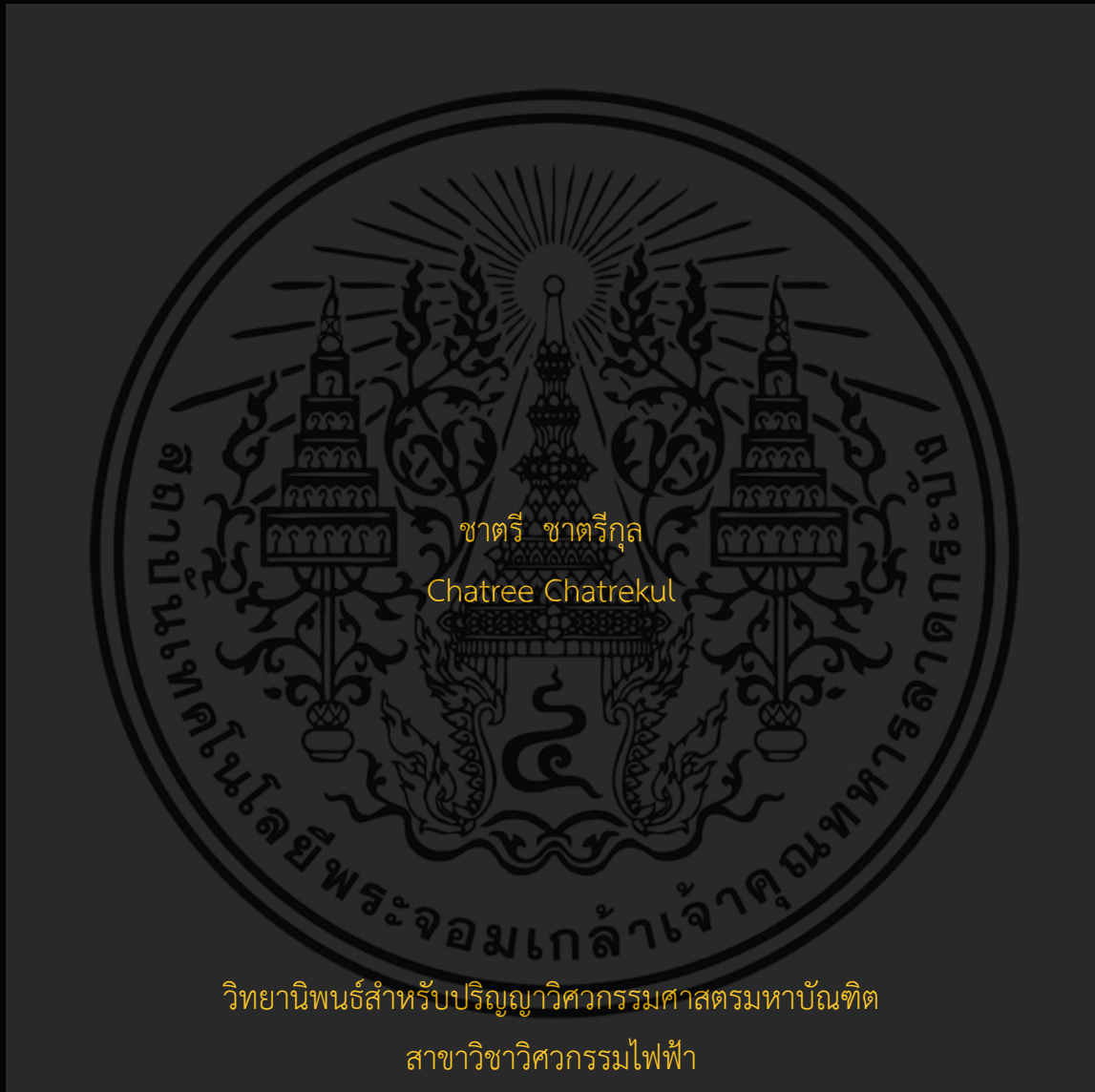


การตรวจวัดและกำจัดการรบกวนต่อวิทยุสื่อสารเนื่องจากไฟฟ้าแรงสูง
MEASUREMENT AND ELIMINATION OF RFI FROM OVER HEAD HIGH

VOLTAGE POWER LINE



วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

ISBN 974-8155-27-7

**การตรวจวัดและกำจัดการรบกวน
ต่อวิทยุสื่อสารเนื่องจากไฟฟ้าแรงสูง**

**MEASUREMENT AND ELIMINATION
OF RFI FROM OVER HEAD HIGH
VOLTAGE POWER LINE**

**ชาตรี ชาตรีกุล
CHATREE CHATREKUL**

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.เจเร สุรวิวัฒน์ปัญญา

วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2533

ISDN 974-8155-27-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
แบบฟอร์มการให้คะแนนการสอบบัณฑิตวิทยาลัย

หัวข้อบัณฑิตวิทยาลัย การตรวจวัด และกำจัดการรบกวนของวิทยุสื่อสารเนื่องจากไฟฟ้าแรงสูง
Measurement And Elimination Of RFI From Over Head
High Voltage Power Line

ชื่อนักศึกษา นายชาติรี ชาติรีกุล รหัสประจำตัว 29126-004
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา โทรคมนาคม
อาจารย์ผู้ควบคุมบัณฑิตวิทยาลัย ผศ.ดร.จเร สุรวัดณ์ปัญญา

ชื่ออาจารย์ผู้ควบคุมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จเร สุรวัดณ์ปัญญา	
รศ.ถวิล พึ่งมา	
รศ.ตุลิต บรบรรจงจิตร	
ผศ.ณรงค์ เหมกรณ์	
อ.นิทัศน์ กฤษณจินดา	

ค่าระดับคะแนนรวมที่เป็น เอกฉันท์จากคณะกรรมการสอบ OUTSTANDING

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 1 เมษายน 2534 เวลา 13.00 น.

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ (A-305) ตึก 6 ชั้น

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว



(บัณฑิตวิทยาลัย - ทร.ในคจส.)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่... 3... เดือน... เมษายน... พ.ศ. 2534..

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ ได้มีปัญหาของการรบกวนจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในงานและอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระบบการจ่ายไฟฟ้าแรงสูง การรบกวนนี้เกิดขึ้นในย่านความถี่ปานกลาง ไปจนถึงความถี่สูง ในวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นการศึกษาสาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวน การค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน และการแก้ไขปัญหา เนื่องจากระบบไฟฟ้าแรงสูง การรบกวนมีสาเหตุใหญ่ 2 ประการคือ ประการแรกเกิดการคายประจุผ่านอากาศที่มีความชื้นสูงที่เรียกว่าโคโรน่า ประการที่สองเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าบนเสาไฟฟ้าแรงสูงอยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ เช่น แตก ร้าว ขั้วตัวนำต่อไม่แน่นสนิท ทำให้เป็นสาเหตุของการเกิดแก๊ปดีสชาร์จ (gap discharge)

สำหรับวิธีการค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณจะใช้เครื่องรับวิทยุเสาอากาศหาคิศ เมื่อตรวจพบแหล่งกำเนิดของสัญญาณรบกวนแล้วการแก้ไขจะใช้วิธีการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ไม่สมบูรณ์ หรือแก้ไขการติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ถูกต้อง การศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการและในภาคปฏิบัติได้ทำการวัดตรวจสอบหาข้อมูลการรบกวนโดยพบว่าปัญหาส่วนใหญ่มาจากแก๊ปดีสชาร์จ ที่เกิดจากจุดสัมผัสไม่ดี โดยมีสาเหตุจากสภาพการใช้งานและการติดตั้งอุปกรณ์ไม่ดีพอ ปัญหารองลงมาเกิดจากอุปกรณ์ชำรุดของลูกถ้วย แตก ร้าว ในการค้นหาโดยการใช้วิทยุจะใช้ความถี่ย่าน 3 MHz ซึ่งสามารถรับสัญญาณรบกวนได้ดี ทั้งการรบกวนที่เกิดจากไฟฟ้าแรงดันต่ำและแรงดันสูง จากการใช้วิทยุตรวจรับสัญญาณรบกวนจะทำให้ตรวจพบอุปกรณ์ที่เริ่มขัดข้อง การแก้ไขและเก็บข้อมูลเหล่านี้ได้ทำในพื้นที่หลายจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ABSTRACT

The radio frequency communication at present faces to the problems of interference of noises which are generated from electric hardwares and over head power line. This interference is appeared in the frequency range from medium frequency to ultra high frequency range.

This thesis presents the study of the cause of interference, techniques for locating RFI source and the method of noise elimination that come from over head power lines. Radio frequency interference from over head power lines can be classified into two general categories : Partial electrical discharges (corona) and Complete electrical discharge across small gap (gap discharge). The best way to locate the noise source is accomplished by the use of directional finding antenna. When the noise source is found, noise elimination method is performed by replacing faulty apparatus or improving improper hardware and construction.

The results reporting in this thesis are obtained from experimentation in laboratory and from field measurement in many province of the north eastern part of Thailand. For the case of finding RFI signal, we use 3 MHz band which can cover the problem from low and high voltage system. The main source of interference comes from gap discharge at connection point and faulty insulator.

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาและวิจัย เพื่อทำการตรวจวัด และกำจัดการรบกวนของวิทยุสื่อสาร เนื่องจากไฟฟ้าแรงสูงนี้ ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.จเร สุรวัฒน์ปัญญา อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้แนวความคิดในการศึกษา และทดลอง ของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสมบูรณ์

อีกทั้งต้องขอขอบคุณ ท่านผู้จัดการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอีกหลายจังหวัด เช่น ขอนแก่น หนองคาย สุรินทร์ มุกดาหาร ลำปาง ฯลฯ ซึ่งท่านได้จัดส่งเจ้าหน้าที่ไฟฟ้าชุดปฏิบัติการฮอตไลน์มาช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลอง และร่วมแก้ไขปัญหาจากไฟฟ้าแรงสูง จนสามารถทำให้การแก้ปัญหาแต่ละจุดประสบความสำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์สินชัย สันนิตร์ปรีชา ที่ได้ให้คำแนะนำ และที่ปรึกษา เกี่ยวกับสายอากาศแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อทำการตรวจวัดจนทำให้การศึกษาและวิจัยมีผลสมบูรณ์ทั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
ABSTRACT	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
บทที่ 1. บทนำ	1
1.1 สัญญาณรบกวนและแหล่งกำเนิด	1
1.1.1 สัญญาณรบกวนจากดวงดาว	2
1.1.2 สัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ	2
1.1.3 สัญญาณรบกวนจากมนุษย์ทำขึ้น	2
1.1.4 สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากไฟฟ้าสถิตย์	3
1.1.5 สัญญาณรบกวนจากอุณหภูมิต่ำ	3
1.1.6 สัญญาณรบกวนในเครื่องรับ	3
1.2 การจัดกลุ่มของสัญญาณรบกวน	4
1.3 จุดประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์	6
บทที่ 2. ต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน	7
2.1 สาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวน	7
2.2 การเกิดดีสชาร์จแบบโคโรนา	9
2.3 แก๊ปดีสชาร์จ	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.4 ลักษณะเฉพาะของการรบกวน	16
2.5 ผลการรบกวน	19
2.5.1 การแพร่กระจาย	20
2.5.2 การแผ่คลื่น	21
2.5.3 การคำนวณระดับสัญญาณรบกวน	22
2.5.4 หน่วยสำหรับกาวัด	24
2.6 ลักษณะทางเดินของสัญญาณรบกวนไปยังเครื่องรับวิทยุ	28
2.6.1 ส่งผ่านโดยการนำ	28
2.6.2 ส่งผ่านโดยการเหนี่ยวนำ	29
2.6.3 ส่งผ่านโดยการแผ่คลื่น	29
2.7 ปัจจัยที่อยู่นอกวงเขตควบคุม	29
2.7.1 ผลที่มีต่อโคโรนา	29
2.7.2 ผลที่มีต่อแก๊ปดีสชาร์จ	30
2.8 เขตจำกัดของสัญญาณรบกวน	30
บทที่ 3 การค้นหาและการป้องกันการเกิดการรบกวน	35
3.1 การค้นหาและการป้องกันการเกิดการรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงในการปฏิบัติ	35
3.2 คุณสมบัติด้านความถี่	35
3.2.1 คุณสมบัติด้านความถี่	35
3.2.2 การแปรเปลี่ยนระดับความแรงหรือความเร็วของสัญญาณ	36
3.2.3 เส้นทางเดินของสัญญาณรบกวน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3 อุปกรณ์ที่จะเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนบนเสาไฟฟ้า	37
3.3.1 สายตัวนำ	38
3.3.2 ลูกถ้วย	40
3.3.3 เครื่องโลหะที่เป็นส่วนประกอบของเสาไฟ	45
3.3.4 สวิตช์เกียร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายไฟฟ้า	46
3.4 เสียงของการรบกวนที่เกิดขึ้น	47
บทที่ 4. เครื่องมือที่ใช้ในการช่วยค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน	51
4.1 ลักษณะของเครื่องมือ	51
4.2 เครื่องรับวิทยุ	51
4.3 สายอากาศ และอุปกรณ์สำหรับการทดสอบการรบกวน	53
4.3.1 การเลือกชนิดของสายอากาศ	53
4.3.2 รูปร่างของสายอากาศแบบต่าง ๆ	58
4.3.3 สายอากาศลูป	61
4.3.4 สายอากาศขากี้	63
4.4 เครื่องพีแควนซ์ สเป็คตรัม	63
4.4.1 ลักษณะของสัญญาณรบกวนที่วัดได้จากจอภาพ ของเครื่องพีแควนซ์ สเป็คตรัม	64
4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภาคสนาม	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5. การตรวจวัดและแก้ไขปัญหาสัญญาณรบกวนในบริเวณ สถานีสื่อสาร	74
5.1 สถานีสื่อสาร จุดที่ 1	74
5.2 สถานีสื่อสาร จุดที่ 2	78
5.3 สถานีสื่อสาร จุดที่ 3	83
5.4 สถานีสื่อสาร จุดที่ 4	86
5.5 การวัดสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Noise Reciever NM - 25T	93
5.6 สัญญาณรบกวนที่วัดโดยสายอากาศเซอรัคัวร์อาเวย์	97
บทที่ 6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	111
6.1 การพัฒนา แก้ไข สัญญาณรบกวนจากลูกถ้วยไฟฟ้า	111
6.1.1 การแก้ไขลูกถ้วยก้านตรง	111
6.1.2 การแก้ไขลูกถ้วยแขวน	112
6.2 การพัฒนาวิทยุในการรับ	114
6.3 สรุป	116
เอกสารอ้างอิง	118
ประวัติผู้เขียน	121

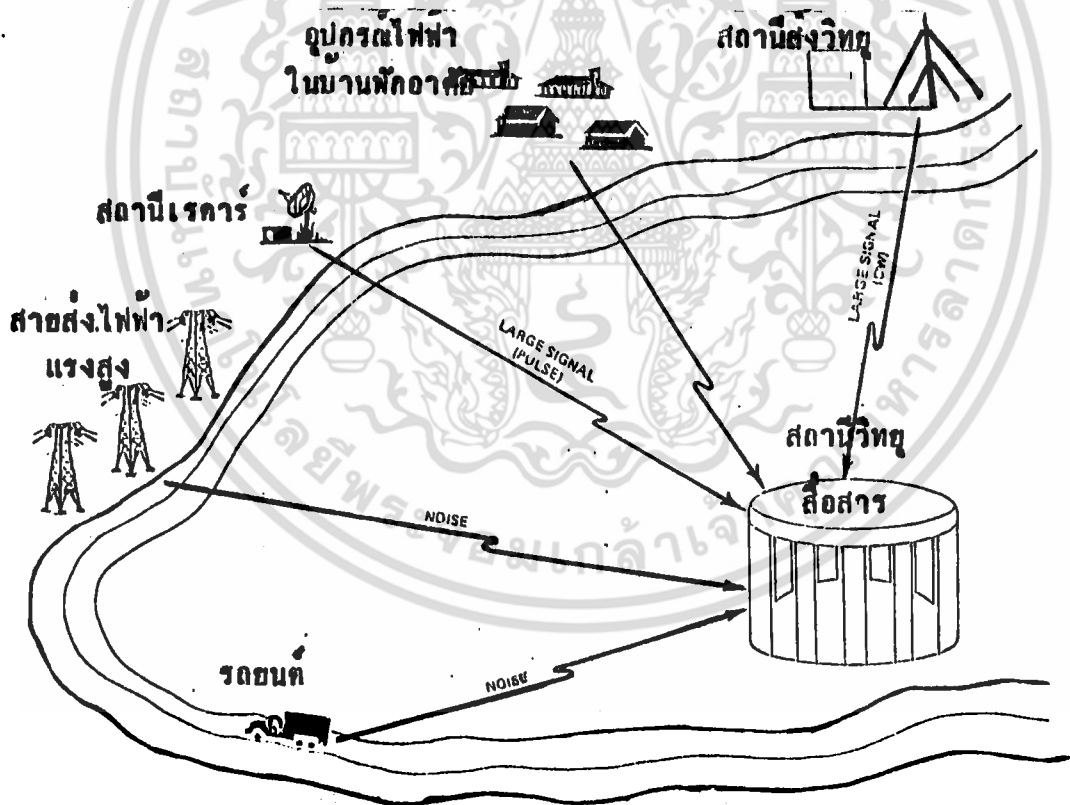
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 สัญญาณรบกวนและแหล่งกำเนิด [1] แหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นและมีผลกระทบต่อสื่อสาร เราเรียกว่าแหล่งกำเนิดการรบกวนและเรียกปรากฏการณ์การรบกวนต่อระบบสื่อสารในย่านความถี่วิทยุจากแหล่งกำเนิดการรบกวนนี้ว่า RFI (Radio Frequency Interference)

สัญญาณรบกวนในระบบสื่อสารเกิดจากหลายสาเหตุเช่น สัญญาณรบกวนที่มาจากดวงดาว (Galactic Noise) สัญญาณรบกวนที่มาจากบรรยากาศของโลก (Atmospheric Noise) สัญญาณรบกวนที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้น (man made noise) และสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในเครื่องรับ (Receiver Noise) โดยทั่วไปการบอกระดับสัญญาณรบกวนมักจะทำให้วิธีการเปรียบเทียบกำลังของสัญญาณรบกวนที่เข้ามาต่อกำลังสัญญาณรบกวนที่อุณหภูมิอ้างอิง 290 องศาเคลวิน



รูปที่ 1. ชนิดของสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแหล่งต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1 สัญญาณรบกวนจากดวงดาว (Galactic Noise)

สัญญาณรบกวนที่รับได้ในย่านความถี่วิทยุ ซึ่งมีจุดกำเนิดมาจากนอกโลก แหล่งสัญญาณรบกวนที่สำคัญก็คือ ดวงอาทิตย์ สัญญาณรบกวนนี้จะมาถึงยังพื้นโลกในช่วงความถี่ประมาณ 15 MHz. - 10 GHz. ซึ่งการรบกวนนี้จะถูกกำจัดที่ความถี่ต่ำโดยการดูดซึมที่ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟีย และด้านความถี่สูงโดยการดูดซึมของชั้นบรรยากาศของโลก สัญญาณรบกวนจากดวงดาวที่เกี่ยวกับอนุกรมจะมีผลที่ความถี่ 40 - 200 MHz. [2] แต่ถ้าความถี่เกินกว่า 250 MHz สัญญาณรบกวนในเครื่องรับวิทยุจะมีค่าสูงกว่า

1.1.2 สัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Noise)

สัญญาณรบกวนชนิดนี้ เกิดจากการถ่ายประจุระหว่างก้อนเมฆหรือก้อนเมฆกับพื้นดิน ในระหว่างที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง ระดับของสัญญาณรบกวนขึ้นอยู่กับ ความถี่ ช่วงเวลาของวัน สภาพอากาศ ฤดูของปี และสภาพภูมิประเทศ สัญญาณรบกวนชนิดนี้จะมีระดับสัญญาณลดลง เมื่อเกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่เส้นรุ้งมากขึ้น สัญญาณรบกวนนี้จะเกิดขึ้นรุนแรงในฤดูฝนในพื้นที่แถบเส้นศูนย์สูตร ความถี่ของสัญญาณรบกวนนี้ อยู่ในย่าน 0.03 MHz. ถึง 30 MHz. [2],[3]

1.1.3 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้นมา (man made noise)

สัญญาณรบกวนชนิดนี้ เกิดจากอุปกรณ์ที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า หลอดฟลูออเรสเซนต์ ระบบไฟฟ้าแรงสูง ระบบการจุดระเบิด รวมไปถึง อุปกรณ์บางอย่างของเครื่องมือแพทย์ ลักษณะของสัญญาณรบกวนชนิดนี้จะมีค่าสูงของสัญญาณรบกวนลดน้อยลง เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น และอยู่กับระยะห่างจากตำแหน่งที่เกิดสัญญาณรบกวน ความถี่ที่เกิดขึ้นจะต่ำกว่าสัญญาณรบกวนที่เกิดจากดวงดาว (Galactic Noise)

1.1.4 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากไฟฟ้าสถิตย์ (Static Noise)

การรบกวนชนิดนี้จะเกิดขึ้นในช่วงฝนตก หิมะตก หรือมีฝนลงของจำนวนมาก ๆ อยู่ใกล้กับสายอากาศรับ การรบกวนนี้จะมีค่าต่ำกว่า 10 MHz ลงมา การรบกวนนี้เราสามารถทำให้ลดลงได้โดยทำให้รูปร่างของสายอากาศและตัวนำที่อยู่ใกล้สายอากาศมีลักษณะไม่เป็นเหลี่ยมหรือมีมุมแหลมและจะต้องหาทางกระจายประจุที่เกิดขึ้นไม่ให้อยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง

1.1.5 สัญญาณรบกวนจากอุณหภูมิ (Thermal Noise)

มีสาเหตุมาจากอิเล็กตรอนภายในตัวต้านทาน หรือโลหะที่ทำสายอากาศ เกิดการเคลื่อนที่อย่างไม่มีทิศทางแน่นอนเนื่องจากความร้อน

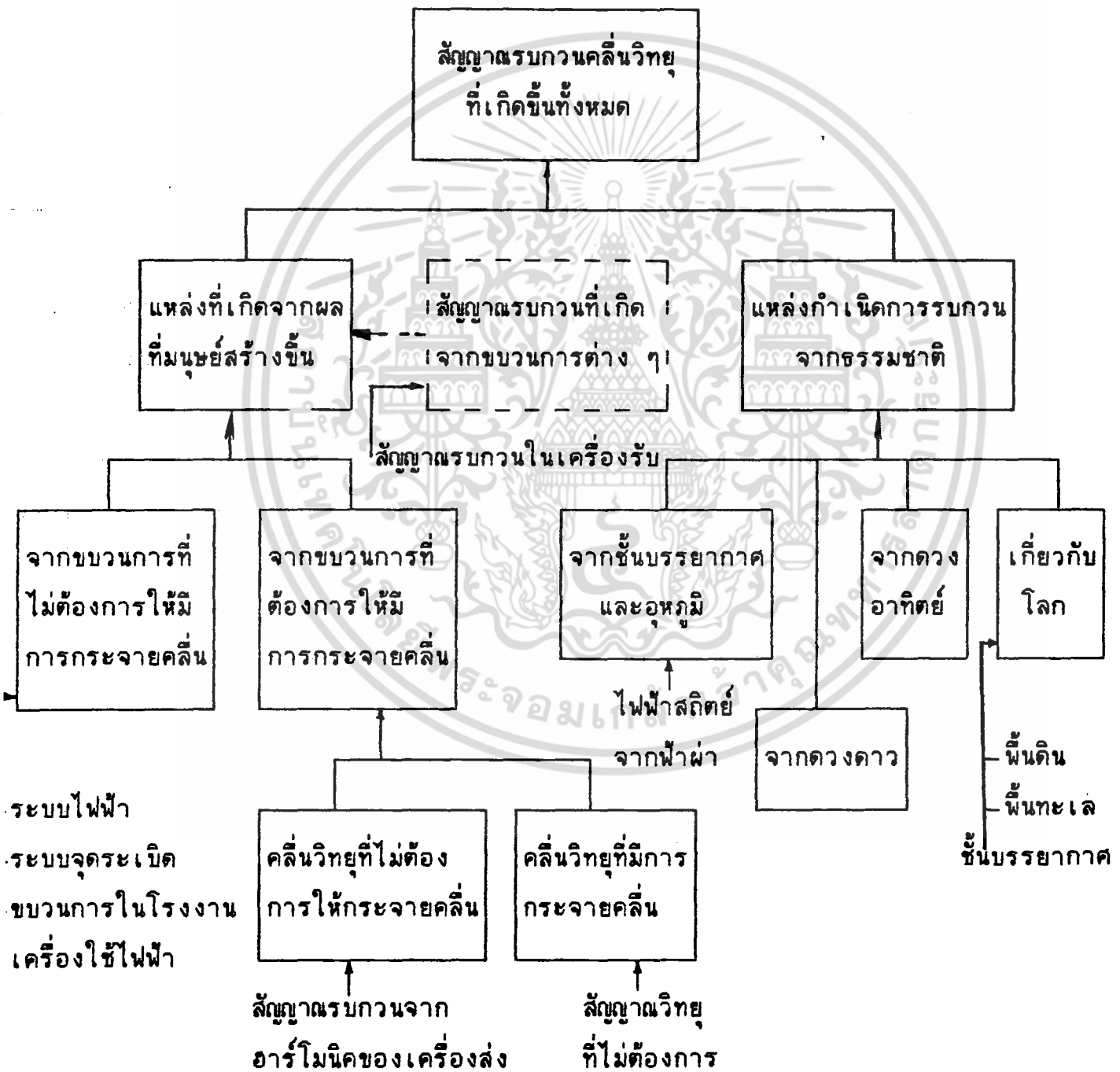
1.1.6 สัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์ในเครื่องรับ (Noise in Amplifier)

เป็นการรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ภายในเครื่องรับ เช่น หลอดสูญญากาศ สารกึ่งตัวนำ ตัวต้านทาน เป็นต้น ซึ่งทั่วไปเรียกว่าเป็น Noise figure ของอุปกรณ์

นอกจากนี้แล้วยังมีสัญญาณรบกวนที่มาจากเครื่องมือสื่อสารระบบอื่น ๆ ด้วยเช่น เรดาร์ (Radar) และสถานีวิทยุกระจายเสียง เป็นต้น

1.2 การจัดกลุ่มของสัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนต่าง ๆ นั้น แยกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากผลมนุษย์สร้างขึ้นมา กลุ่มที่สอง เกิดจากธรรมชาติ สำหรับสัญญาณรบกวนที่เกิดจากธรรมชาตินั้น เป็นสัญญาณที่ไม่สามารถควบคุมแหล่งกำเนิดได้ ดังนั้นเราจึงให้ความสนใจและพิจารณาเฉพาะแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากผลที่มนุษย์สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนประเภทที่เกิดจากขบวนการที่ไม่ต้องการให้มีภาวกระจาย

เป็นสัญญาณที่เราให้ความสนใจในการศึกษาและแก้ไข ซึ่งสัญญาณรบกวนประกอบด้วยสัญญาณที่เกิดจาก

- ระบบส่งไฟฟ้าที่แขวนลอยในอากาศ
- การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม และขบวนการต่าง ๆ รวมทั้งการอาร์คของเครื่องเชื่อมโลหะ
- มอเตอร์ไฟฟ้า และเจนเนอเรเตอร์
- รถไฟฟ้า และรถไฟ
- อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีหน้าสัมผัสของไฟฟ้า เช่น เทอร์โมสแตต, กระจับ และถอด
- อุปกรณ์ทางควบคุมไฟฟ้า เช่น อุปกรณ์ในการตัดต่อไฟ และเครื่องในการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้า เช่น SCR และ ac/dc
- เครื่องมือไฟฟ้าทางการแพทย์ และทางการวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ
- หลอดไฟฟ้า เช่น หลอดชนิดแก๊บบดิสชาร์จ และนีออน
- เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 จุดประสงค์ในการทำวิทยานิพนธ์

จากการที่ได้ทำการศึกษาและวัดสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง NM - 26T Noise RECIVER พบว่าสัญญาณรบกวนที่มีขนาดความแรงมากที่สุดจะมาจากสัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ จากฟ้าแลบฟ้าร้อง และที่สัญญาณรบกวนที่ถัดมาจะเป็นสัญญาณรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูง

และจากรายงานจากเจ้าหน้าที่ประจำสถานีสื่อสารต่าง ๆ จำนวนหลายสถานี พบว่าการรบกวนมีลักษณะเสียงเหมือนการรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูง แต่เจ้าหน้าที่เหล่านั้นไม่ทราบว่า เป็นสัญญาณรบกวนจากอะไร ดังนั้นสัญญาณรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงจึงเป็นเป้าหมายที่น่าสนใจในการทำการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพและผลดีในการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

ในระบบส่งกำลังของไฟฟ้าแรงสูง ยิ่งระบบไฟฟ้ามีแรงเคลื่อนสูงมากเท่าไร ก็จะมีโอกาสเกิดการรบกวนมากขึ้นเท่านั้น แต่ระบบไฟฟ้าแรงสูงของฝ่ายผลิตหรือของการไฟฟ้าภูมิภาคที่เชื่อมโสมระหว่างจังหวัดหนึ่งไปยังอีกจังหวัดหนึ่งซึ่งเป็นระบบสายส่งหลักนั้นโอกาสที่จะเข้าไปทำการศึกษาวิจยนั้นค่อนข้างจะยาก เนื่องจากไม่สามารถทำการทดลองหรือหยุดจ่ายกระแสไฟฟ้า เพื่อทำการแก้ไขได้

ดังนั้นในการทำการศึกษาวิจยครั้งนี้ จึงทำเฉพาะไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่ใกล้กับระบบสื่อสารมากที่สุดได้แก่ ไฟฟ้าระดับแรงดัน 22KV ซึ่งระบบไฟฟ้าระบบนี้ เป็นตัวปัญหาหลักในการก่อการรบกวนขึ้นซึ่งไม่ว่าจะมีสถานีสื่อสารวิทยุอยู่ที่ใด ก็จะมีไฟฟ้าแรงสูงระดับนี้อยู่ที่บริเวณนั้นด้วย ซึ่งบางครั้งอาจอยู่ห่างจากสายอากาศไม่ถึง 10 เมตร ด้วยซ้ำ

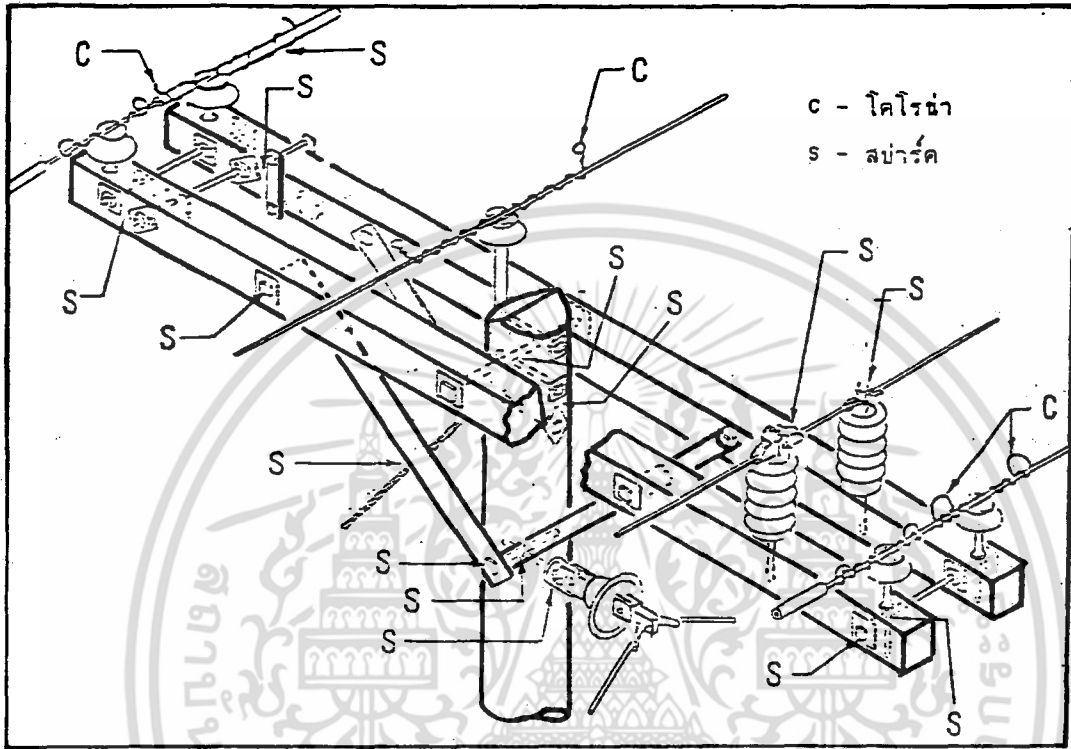
บทที่ 2

ต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน

2.1 สาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวน

ตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะสร้างทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้าเป็นตัวการสำคัญมากอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดสัญญาณรบกวนวิทยุและทีวี เราสามารถแบ่งการรบกวนจากไฟฟ้าออกได้เป็น 2 ชนิด คือ การคายประจุในอุปกรณ์ และภายนอกอุปกรณ์ การคายประจุภายในเกิดขึ้น ภายในอุปกรณ์ เช่น หม้อแปลง คาปาซิเตอร์ วงจรตัดไฟ และอื่น ๆ ส่วนการคายประจุภายนอกเกิดขึ้นได้กับอุปกรณ์ตัวนำต่าง ๆ เช่น ลูกถ้วย นีออนซีด คอนรองรับอุปกรณ์ไฟฟ้า (gay wire) รั้วโลหะซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง สำหรับอากาศปกติ เราจะถือว่าเป็นฉนวนสำหรับการคายประจุภายนอก สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุที่เกิดจากการคายประจุภายนอกบางส่วนที่สายส่งกำลังซึ่งในอากาศนั้นยังแยกออกเป็นสองแบบ คือ แบบแรกเกิดจากการคายประจุบางส่วนที่เรียกว่า โครโนรา แบบที่สองเป็นการคายประจุทั้งหมด ที่ตกคร่อมช่องว่างเล็ก ๆ เรียกว่า แก๊ปดีสชาร์จหรือที่เรียกว่า สปาร์ค ส่วนของโลหะซึ่งเกิดมีช่องว่างซึ่งไม่ได้เกี่ยวพันถึงกันเอาไว้ จะถูกทำให้อยู่ได้อานาจของสนามไฟฟ้า เกิดศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกัน ซึ่งถ้ามากพอ จะทำให้เป็นต้นเหตุของสัญญาณรบกวนชนิดแก๊ป (gap type noise) ส่วนของโลหะปลายแหลมซึ่งปล่อยลอสไว้ เช่น บริเวณสลักเกลียวลวดที่พันสายไฟติดกับลูกถ้วย ซึ่งไม่ได้ขัดมีวนปลายเอาไว้ให้ดีก็เกิดการสร้างสัญญาณรบกวน "โครโนรา" (Corona noise) รูปที่ 2.1 แสดงถึงส่วนบนของเสาในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งแสดงบริเวณที่ง่ายต่อการเกิด "โครโนรา" และการสปาร์คเนื่องจากช่องว่างระหว่างขั้วโลหะซึ่งเป็นอิเล็กทรอนิกส์

การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ถ้าไม่ดีพอ เช่น ปล่อยให้จุดเชื่อมต่อหลวมหรือเกิดสิ่งสกปรกขึ้นที่สายไฟที่พันกันไว้เป็นเกลียวโดยไม่มีการดูแล และที่สำคัญการปล่อยให้มีปลายแหลมของเส้นลวดหรือโลหะต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.1 ย่อมทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ง่ายมาก



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งต่าง ๆ บนเสาไฟฟ้าที่เป็นจุดกำเนิดของโคโรนา (C) และการสปาร์ค (S)

โดยปกติแล้วโคโรนาเกิดขึ้นได้ง่ายกว่ากับดีสชาร์จ เนื่องจากมูลเหตุใหญ่ของโคโรนามักมาจากความสกปรกเปราะเปื้อนที่เกิดขึ้นกับตัวนำ นอกจากนี้สภาพดินฟ้าอากาศที่ชื้นแฉะ เช่น ฝน หิมะ หรือสภาพที่ปกคลุมด้วยน้ำแข็งเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดโคโรนาได้มากขึ้นอีกด้วย

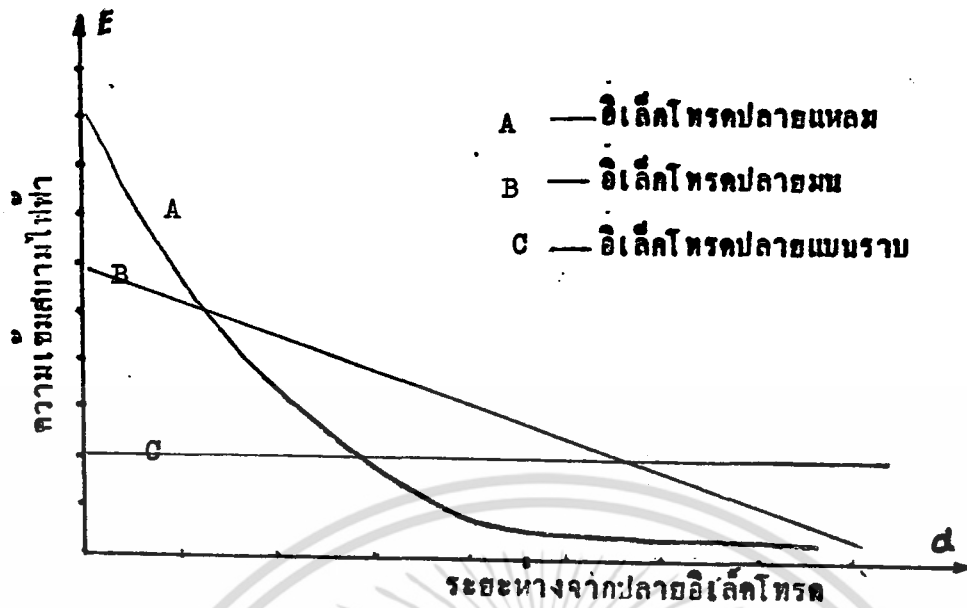
2.2 การคายประจุแบบโคโรนา (Corona Discharges)

การคายประจุที่เกิดขึ้นในอากาศ จัดเป็นการคายประจุในก๊าซ อย่างหนึ่ง การคายประจุในก๊าซ เป็นปรากฏการณ์การไหลของกระแสไฟฟ้า ผ่านก๊าซโดยอาศัยการเคลื่อนที่ของอนุภาคประจุ (อิเล็กตรอน, ไอออน) ที่เกิดจากการไอออไนเซชัน ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

ไอออไนเซชัน (Ionization) [4] เป็นกระบวนการแตกตัว ของอิเล็กตรอนจากโมเลกุล กล่าวคือ อะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซ เมื่อได้รับ พลังงานเพียงพอ จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกไปหนึ่งอิเล็กตรอน อะตอมหรือ โมเลกุลนั้นจะมีประจุเป็นบวก ไอออไนเซชันจะเกิดขึ้นได้จะต้องมีสนามไฟฟ้า เป็นต้นเหตุ ให้อนุภาคหรือประจุมีพลังงานและเคลื่อนที่ไปสู่อิเล็กโทรดได้ ซึ่งนั่นก็หมายถึงก๊าซได้เสียสภาพการเป็นฉนวนและเปลี่ยนไปสู่สภาพนำไฟฟ้า จึงทำให้เกิดกระแสไหลในก๊าซ

บริเวณผิวอิเล็กโทรดที่มีสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอและมีค่าสูงหรือ กล่าวว่ามีค่าความเครียดสนามไฟฟ้า (E) สูง จนกระทั่งเกินค่าวิกฤต (Critical value) อากาศในบริเวณรอบ ๆ อิเล็กโทรดซึ่งปกติเป็นตัวกลางที่เป็นฉนวน สำหรับ การคายประจุภายนอกจะมีบางส่วนเสียสภาพการเป็นฉนวน ทำให้เกิด ไอออไนเซชันขึ้นได้บางที่เรียกว่าเป็นการคายประจุบางส่วน หรือฟริตติสชาร์จสำหรับการ คายประจุแบบโคโรนาจะจัดเป็นฟริตติสชาร์จอย่างหนึ่ง กล่าวคือโคโรนาจะ เกิดขึ้นเฉพาะบริเวณที่มีความเครียดสนามไฟฟ้าสูงของอิเล็กโทรดที่เป็นแบบ ไม่สมมาตร เช่น อิเล็กโทรดปลายแหลมส่วนที่ระยะห่างจากปลายแหลมออกไป ความเครียดสนามไฟฟ้าต่ำเกินไปที่จะเกิดไอออไนเซชัน

รูปที่ 2.2 แสดงถึงค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้น ที่ปลายอิเล็กโทรดลักษณะต่าง ๆ จะเห็นว่า อิเล็กโทรดปลายแหลม จะมี ความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดมากกว่าแบบอื่น



รูปที่ 2.2 ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า E ที่ปลายอิเล็กโทรด ลักษณะต่าง ๆ

และจะเห็นว่าที่ระยะห่างจากปลายอิเล็กโทรดมากขึ้น สำหรับ A และ B จะมีค่าสนามไฟฟ้าลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนอิเล็กโทรดที่มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอกว่าในแบบ C จะมีค่าสนามไฟฟ้าคงที่ ลักษณะปลายอิเล็กโทรด A และ B จึงง่ายต่อการเกิดโคโรนาอย่างยิ่ง โดยเฉพาะปลายแหลมรูป A

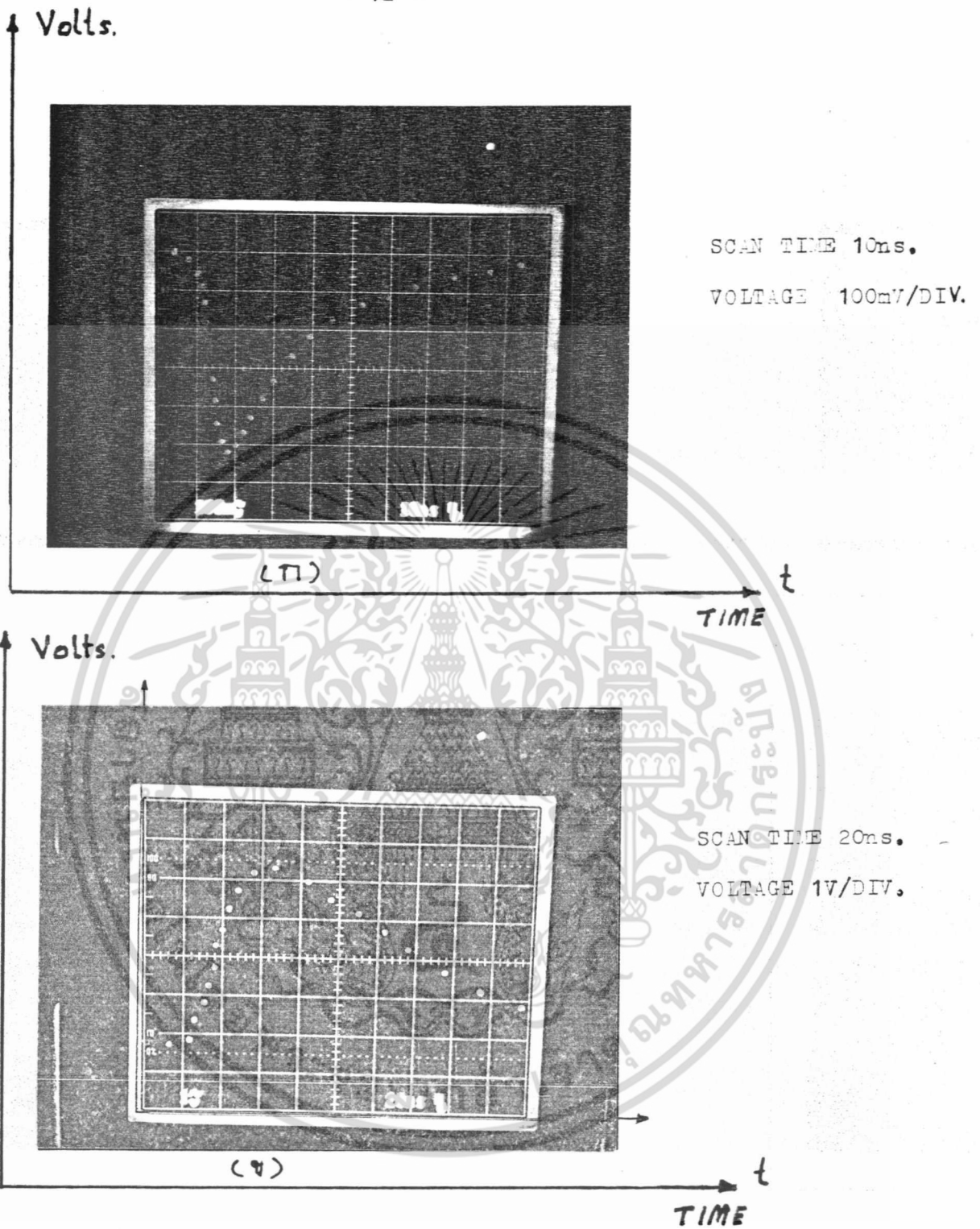
ดังกล่าวแล้วว่าโคโรนาเกิดขึ้นเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้าที่ปลายอิเล็กโทรดมีค่าสูงมาก ๆ จากนั้นกระบวนการผ่อนคลาย (Relaxation process) เพื่อที่จะลดค่าความเครียดสนามไฟฟ้าที่สูงมากนี้จะเกิดขึ้น นำไปสู่การเกิดไอออนในเซชัน ทำให้ได้อิเล็กตรอนอิสระ (ประจุลบ) และโฟตอนเกิดขึ้นใหม่ กระบวนการสำคัญที่ตามมาคือการชนกันของอนุภาคอิสระต่าง ๆ เหล่านี้ (Particle collision) และการเกิดโฟโตไอออนในเซชัน (Photoionization) [5]

สำหรับการเกิดโฟโตไอออนในเซชัน อธิบายได้ว่าอะตอมบางส่วนได้รับพลังงานจากการชนของอนุภาคอิสระที่เกิดขึ้นอย่างมากมาดังกล่าว

แต่พลังงานที่ได้รับจากการชนยังไม่มากพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมเพียงแต่ทำให้อิเล็กตรอนวงนอกสุด แยกตัวออกห่างมากขึ้น ทำให้วงโคจรใหญ่ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า อะตอมอยู่ในสภาพ excitation พลังงานจะคงอยู่ในช่วงเวลาอันสั้น แล้วอะตอมจะกลับเข้าสู่สภาพเดิม โดยอิเล็กตรอนจะกระโดดกลับเข้ามายังวงโคจรเดิม พร้อมทั้งปล่อยพลังงานที่ได้รับออกมา ซึ่งเป็นขบวนการที่เรียกว่าการดิซซาร์จนั่นเอง พลังงานที่ปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปของโฟตอน (Photon) พลังงานนี้ถ้าไปกระทบกับอะตอมหรือโมเลกุลเป็นกลาง จะทำให้เกิดสภาพ excitation ได้อีกหรือถึงกับเกิดไอออไนเซชันคืออิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมไปเลย



รูปที่ 2.3 ขบวนการโฟโตไอออไนเซชัน



รูปที่ 2.4 รูปแบบของ ดิซีโคโรน่า
(ก) โคโรนาลบ
(ข) โคโรनावก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการดิสชาร์จดังกล่าวนี้เอง ถ้าเราสังเกตในยามมืดสนิทในบริเวณที่เกิดโคโรนาจะเห็นเป็นแสงเรืองอย่างชัดเจน

โคโรนาเกิดขึ้นได้กับขั้วแรงดันบนอิลเล็กโทรดทุกรูปแบบ คือ ดีซี, เอซี และอิมพัลส์ ในกรณีเป็นขั้วแรงดันไฟ ดี ซี ก็จะเรียกว่า ดีซีโคโรนา (DC corona) ซึ่งยังแบ่งเป็นคาโอดโคโรนา หรือโคโรนาลบ และอโนดโคโรนา หรือโคโรนาบวก [6]

รูปที่ 2.4 แสดงถึงรูปแบบของ ดีซีโคโรนา ซึ่งแสดงค่าระดับแรงดันเป็นฟังก์ชันของเวลาบนออสซิลโลสโคป

เมื่อเปรียบเทียบโคโรนาบวกกับโคโรนาลบ จะเห็นว่าพัลส์ของโคโรนาบวก จะมีขนาดใหญ่กว่าโคโรนาลบและเมื่อพิจารณาช่วงระยะเวลาการเกิด (Duration) โคโรนาบวกก็มีช่วงระยะเวลาการเกิดที่ค่อนข้างยาวนานกว่า

สำหรับเอซีโคโรนา (AC Corona) ความเครียดสนามไฟฟ้าของอิลเล็กโทรดจะเปลี่ยนแปลงขั้วของมันในแต่ละครึ่งไซเคิล แต่อย่างไรก็ตามรูปร่างของพัลส์ที่สังเกตได้ในแต่ละครึ่งไซเคิล ก็จะคล้ายคลึงกับดีซีโคโรนานั่นเอง แต่ช่วงระยะเวลาการเกิดของเอซีโคโรนาจะยาวนานกว่า ดีซีโคโรนา แต่ไม่ว่าจะเป็นโคโรนาในลักษณะใดก็ตาม จะเห็นว่าโคโรนาดิสชาร์จ จะเกิดในรูปพัลส์สั้น ๆ ซึ่งมีสเปกตรัมความถี่สูงถึงระดับ 100 MHz คลื่นความถี่สูงนี้จะเป็น RIV (Radio Influence Voltage) ซึ่งจะไปรบกวนเครื่องรับวิทยุได้

2.3 แก๊ปดิสชาร์จ (Gap Discharges)

แก๊ปดิสชาร์จ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างผิวอิลเล็กโทรดสองผิวซึ่งวางตัวอยู่ใกล้ชิดกัน เกิดเป็นช่องว่างเล็ก ๆ ที่เรียกว่า gap แก๊ปดิสชาร์จเป็นลักษณะของการเบรคดาวนอย่างสมบูรณ์ (Complete breakdown) ของช่องว่างระหว่างอิลเล็กโทรด หรือบางทีเรียกว่า

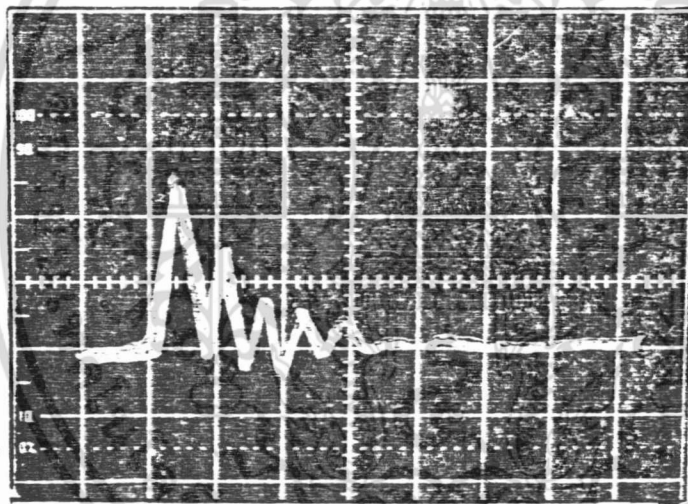
การดีสชาร์จอย่างสมบูรณ์ หรือการสปาร์ค (Sparking) ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อ
วัสดุฉนวน เช่น อากาศเสียสภาพการเป็นฉนวนหมดสิ้น

เมื่อพิจารณาถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นอธิบายได้ดังนี้ เมื่ออิเล็กโทรด
อันหนึ่งต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูง ส่วนอีกอันหนึ่งปล่อยลอยไว้ ลักษณะนี้จะเกิด
สนามไฟฟ้าขึ้นระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง และอิเล็กโทรดที่ปล่อยลอยไว้นี้
จะเริ่มมีการสะสมประจุมากขึ้น เมื่อความต่างศักย์ระหว่างแท่งอิเล็กโทรดทั้งสอง
สูงขึ้น จนกระทั่งความเครียดสนามไฟฟ้าสูงขึ้นเกินค่าวิกฤตก็จะเกิดขบวนการ
ที่เรียกว่า Avalanche ionization คือได้ไอออนเกิดขึ้นใหม่จำนวน
มากมาย จากนั้นไอออนก็จะแพร่กระจาย จากอิเล็กโทรดทั้งสองไปยังช่องว่าง
ระหว่างอิเล็กโทรด จนในที่สุดช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรดก็จะเต็มไปด้วยไอออน
จนเข้าสู่สภาวะพลาสมา (Plasma) ทำให้มีกระแสไหลอย่างมากมายผ่านช่องว่าง
ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง ซึ่งจะมองเห็นเป็นลำอาร์คอย่างชัดเจน จนกระทั่ง
ความต่างศักย์ลดลงการอาร์คที่เกิดขึ้นก็จะดับลง

ลำดับเหตุการณ์ที่กล่าวมาสามารถเกิดขึ้นได้ใหม่อีกครั้ง โดย
อิเล็กโทรดซึ่งปล่อยลอยไว้ จะเริ่มสะสมประจุใหม่ ช่องว่างระหว่างอิเล็กโทรด
จะเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าและเกิดการดีสชาร์จได้ใหม่อีกครั้งสำหรับอัตรา
การเกิดประจุที่อิเล็กโทรด ซึ่งปล่อยลอยไว้ ขึ้นอยู่กับสนามไฟฟ้ารอบ ๆ
อิเล็กโทรด และค่าความจุไฟฟ้า (Capacitance) ของอิเล็กโทรด ซึ่งเป็น
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดซ้ำ (Repetition rate) ของแก๊ปดีสชาร์จ
นอกจากนี้ระยะห่างระหว่างอิเล็กโทรดก็เป็นปัจจัยสำคัญ ถ้าช่องว่างระหว่าง
อิเล็กโทรดห่างมาก อัตราการเกิดซ้ำก็จะลดน้อยลงมาก

การเกิดแก๊ปชาร์จ ซึ่งเกิดขึ้นบนระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า สามารถ
เกิดขึ้นกับลวดยึดสายไฟฟ้า ซึ่งมีดันทันตัวนำไว้บนบนลูกถ้วย เมื่อผิวของลวดยึด
เกิดออกไซด์ขึ้นทำให้การยึดตัวนำไม่แน่นพอ โดยลวดยึดนี้จะทำหน้าที่เหมือนกับ
อิเล็กโทรดที่ปล่อยลอยไว้ และสามารถเกิดแก๊ปดีสชาร์จระหว่างลวดยึดกับตัว
นำได้ นอกจากนี้การเกิดแก๊ปดีสชาร์จ ยังสามารถเกิดขึ้นกับอิเล็กโทรดทั้งสอง

แห่ง ซึ่งปล่อยลอยไว้ในบริเวณที่มีความต่างศักย์ เช่น หลุกด้วยชนิดตั้ง เมื่อแกนของหลุกด้วยชนิดนี้เกิดออกไซด์ขึ้นจะทำให้เกิดช่องว่างเล็ก ๆ ก็สามารถทำให้เกิดแก๊ปติสชาร์จขึ้นได้ ส่วนหลุกด้วยชนิดแบนก็จะเกิดแก๊ปติสชาร์จได้ ขณะที่หลุกด้วยมีการแกว่งไปมา นอกจากนี้แล้วแก๊ปติสชาร์จยังเกิดขึ้นจากชั้นส่วนที่เป็นโลหะเป็นสนิม จุดเชื่อมต่อต่อบกพร่อง หรืออุปกรณ์เสียหาย เช่น หลุกด้วยมีการแตกร้าว รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสติสชาร์จ ซึ่งการออสซิลเลตที่เห็นเกิดจากการถูกกระตุ้นโดยขบวนการติสชาร์จนั่นเอง สิ่งที่เป็นนัยสำคัญของรูปคลื่นก็คือ ค่า Rise Time ซึ่งจะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาขาขึ้นรวดเร็วมาก ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตาม รูปที่ 2.6

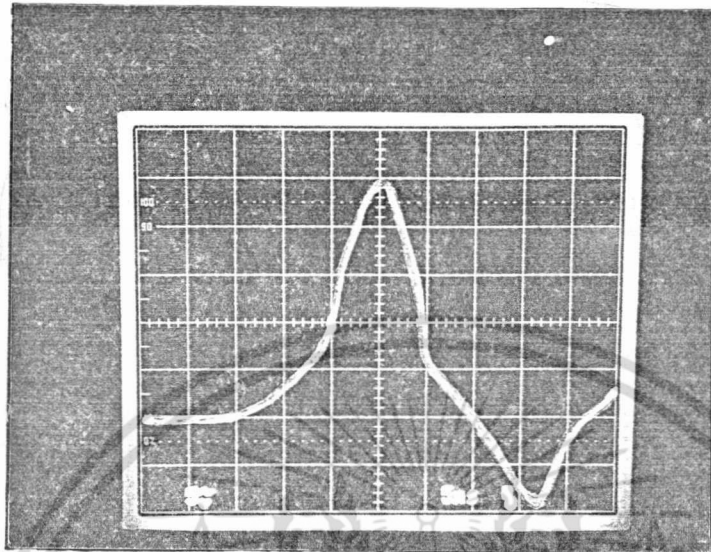


SCAN TIME 50 ns/div

VOLTAGE 1V/div.

รูปที่ 2.5 การเปลี่ยนแปลงของกระแสติสชาร์จในแก๊ปติสชาร์จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SCAN TIME 5 nS/DIV , VOLTAGE 5V/DIV

รูปที่ 2.6 ขยายให้เห็นส่วนเริ่มต้นของกระแสชาร์จ

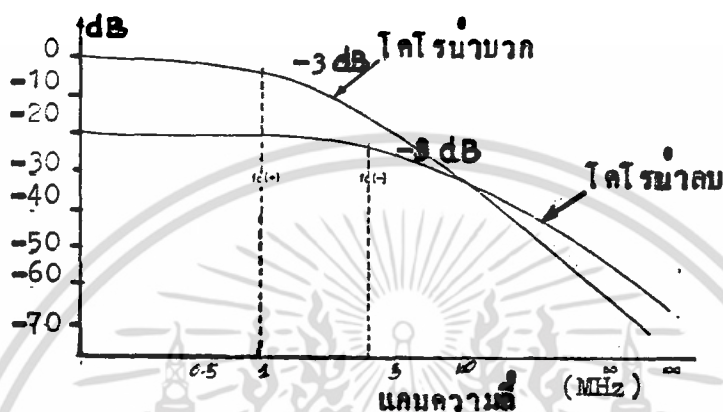
2.4 ลักษณะเฉพาะของการรบกวน (Interference Characteristics)

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป ต้องทำความเข้าใจเสียก่อนว่า การรบกวนคลื่นวิทยุ (Radio Interference , RI) จะหมายถึงการรบกวนในช่วงความถี่ต่ำกว่า 30 MHz ซึ่งอยู่ในขอบข่ายของงานโครงการนี้ ส่วนช่วงการรบกวนจากความถี่ตั้งแต่ 30 MHz ถึง 1 GHz จะหมายความถึงการรบกวนย่านความถี่ของทีวี (Television Interference , TVI)

ในกรณีที่สายส่งและสถานีไฟฟ้ากำลังเป็นแหล่งกำเนิดการรบกวน ขอบเขตความถี่ของการรบกวนจะขึ้นอยู่กับชนิดของการดีสชาร์จ และรูปคลื่นของสัญญาณรบกวนนั้นจะสามารถใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น Fourier Integral หรือ Laplace Transform ช่วยในการวิเคราะห์หาสเปกตรัมของสัญญาณรบกวนแต่ละรูปคลื่นได้

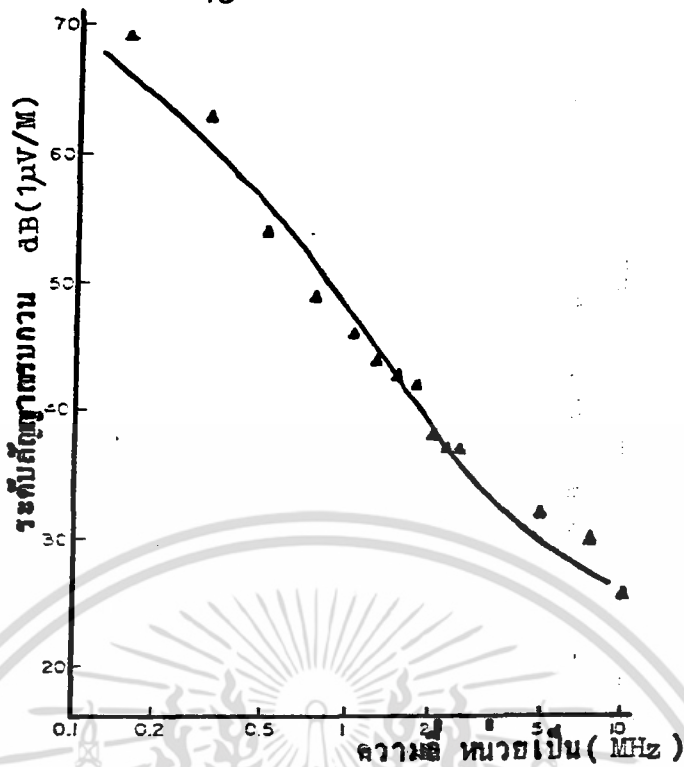
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปคลื่นของโคโรนาบวกและลบที่กล่าวผ่านมาแล้วนั้น เมื่อใช้ Laplace Transform ช่วยในการวิเคราะห์ จะได้สเปกตรัมของสัญญาณรบกวน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 สเปกตรัมความถี่ของพัลส์ของดีซีโคโรนา (โคโรนาบวกและโคโรนาลบ)

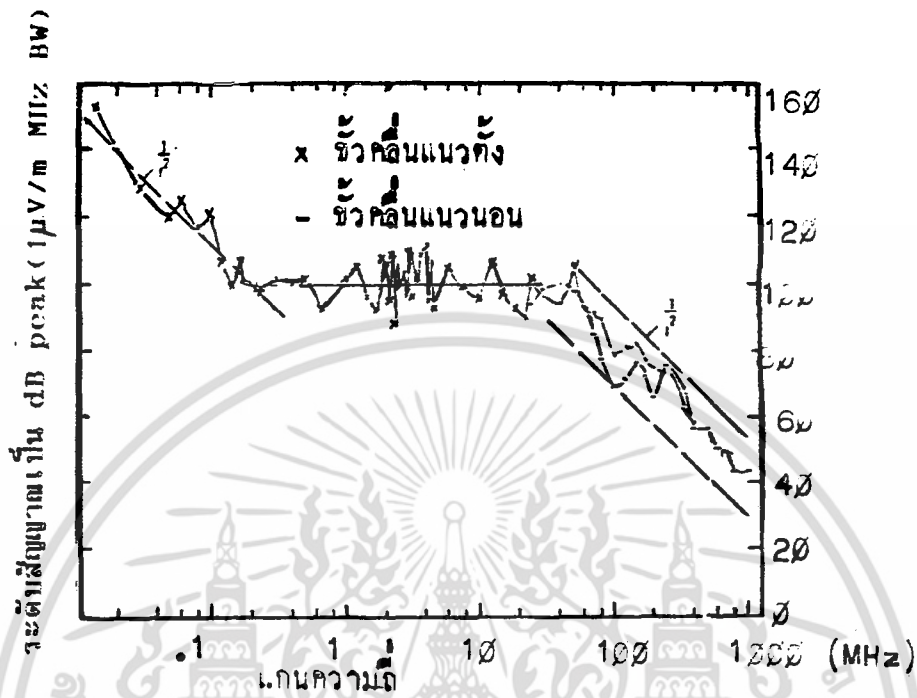
จากรูปที่ 2.7 จะเห็นว่าสเปกตรัมของโคโรนาบวกในช่วงเริ่มต้นนั้น มีระดับสูงกว่าโคโรนาลบ ทั้งนี้เนื่องจากโคโรนาบวกมีขนาดความสูงของพัลส์มากกว่า แต่สำหรับช่วงกว้างแถบความถี่ (Band width) โคโรนาบวกจะมีช่วงกว้างแถบความถี่แคบกว่าโคโรนาลบ (ช่วงกว้างแถบความถี่ของโคโรนาบวกประมาณ 1 MHz) ส่วนช่วงกว้างแถบความถี่ของโคโรนาลบประมาณ 2 MHz) เพราะเมื่อสังเกตรูปคลื่นของโคโรนาบวก (รูปที่ 2.4 ข) จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงขาขึ้นที่ช้ากว่า โคโรนาลบ (รูปที่ 2.4 ก) และจากรูปที่ 2.7 นี้ ทำให้ทราบว่าแถบความถี่การรบกวนของโคโรนาอยู่ในช่วงความถี่วิทยุเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.8 สเปกตรัมความถี่ของโคโรนาในระบบสายส่ง EHV (AC Corona) [7]

จากรูปที่ 2.8 เป็นสเปกตรัมของเอซีโคโรนา ซึ่งเกิดระหว่าง เครื่องไซเคิลทางบวกของคลื่นเอซี สเปกตรัมที่ได้มานี้ ได้มาจาก การใช้เครื่องมือวัด "Stoddart NM 25 T" ซึ่งสามารถวัดการรบกวนที่ตำแหน่งใกล้กับสายส่ง แรงดันสูงชนิดที่เรียกว่า Extra High Voltage (EHV) Transmission Line ภายใต้สภาพอากาศที่แจ่มใสเป็นปกติ จากตอนท้ายของหัวข้อ 2.2 ได้กล่าวแล้วว่า รูปคลื่นของเอซีโคโรนา มีช่วงระยะเวลาการเกิดนานมากกว่าดีซีโคโรนา และมีช่วงระยะเวลาขาขึ้นที่ช้า (Slow initial rise time) ดังนั้นจากรูปที่ 2.8 จึงเห็นได้ว่าสเปกตรัมความถี่มีระดับการเปลี่ยนแปลงที่ลดลงอย่างรวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับดีซีโคโรนา จะเห็นว่าเอซีโคโรนามีแถบความถี่ของการรบกวน แคบมากกว่า เมื่อพิจารณารูปคลื่นของแก๊ปดิสชาร์จดังรูป 2.5 และ 2.6 จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับแอมพลิจูดถึงระดับสูงสุด แต่ละช่วงของรูปคลื่นใช้เวลาที่สั้นกว่ารูปคลื่นของโคโรนามาก ดังนั้นช่วงกว้างแถบความถี่ของสเปกตรัม จึงกว้างมากครอบคลุมถึงย่านความถี่เป็นกิกะเฮิรตซ์ ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงถึง

สเปกตรัมความถี่ของแก๊ปดิสชาร์จซึ่งได้มาจากการวัด และการสังเกตจากระบบสายส่งและสายแยกกำลังโดย Pakala และ Chartier [8]



รูปที่ 2.9 สเปกตรัมความถี่ของแก๊ปดิสชาร์จจากแก๊ปธรรมชาติบนเสาไม้สายไฟฟ้าแรงเคลื่อน 345 KV. วัดห่างจากสายไฟ 200 ฟุต

จากการพิจารณาสเปกตรัมความถี่ จะเห็นว่าการรบกวนจากโคโรนาจะรบกวนถึงช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า 30 MHz เป็นส่วนใหญ่ เราจึงกล่าวได้ว่าโคโรนาเป็นสาเหตุของ RI ขณะเดียวกันแก๊ปดิสชาร์จ จะเป็นต้นเหตุของทั้ง RI และ TVI

2.5 ผลการรบกวน (Interference Effects)

การเกิดโคโรนาและแก๊ปดิสชาร์จ ต่างก็ทำให้เกิดการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ซึ่งจะเข้าแทรกแซงการทำงานของเครื่องรับวิทยุ และระบบสื่อสารอื่น ๆ ซึ่งทำงานที่ความถี่ในช่วงที่โคโรนาและแก๊ปดิสชาร์จสามารถรบกวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกที่ใช้อธิบายการเข้ามารบกวนของโคโรนา และแก๊ปดิสชาร์จ มี 2 อย่างคือ การแพร่กระจาย (Propagation) และการแผ่ (Radiation)

2.5.1 การแพร่กระจาย

ในการแพร่กระจายนี้ สภาพทางเรขาคณิตของสายส่งไฟฟ้าซึ่งเป็นตัวนำวางตัวในแนวขนานกับพื้นดิน คลื่นรบกวนจะเดินทางไปตามตัวนำสายส่งระบบ 3 เฟส รวมทั้งกราวด์ จะเปรียบเสมือนเป็นท่อนำคลื่น (Waveguides) ซึ่งมีโหมดของการแพร่กระจายขึ้นอยู่กับกรอกแบบระบบสายส่ง ในกรณีสายวงจรคู่ (Double Circuit Lines) จะให้จำนวนโหมดที่มากกว่า สำหรับสายวงจรเดี่ยวระบบ 3 เฟสจะมีโหมดพื้นฐานสำคัญคือ กราวด์โหมดกับไลน์โหมด (Ground mode and Line mode)

- กราวด์ โหมด จะประกอบด้วยสายตัวนำ 3 เส้น และพื้นดิน (อาจจะรวมสายกราวด์ด้วยถ้ามี) ซึ่งจะเป็นขอบเขตในลักษณะท่อนำคลื่น เนื่องจากขอบเขตมีส่วนที่เป็นพื้นดินอยู่ด้วย โหมดนี้จึงมีผลของการลดทอน (attenuation) รวมอยู่ด้วย

- ไลน์ โหมด มีอยู่ 2 รูปแบบ แบบแรกสายส่งไฟฟ้าด้านนอกทั้งสองเส้นเป็นตัวนำกระแส ในขณะที่แบบที่สอง กระแสจะไหลไปตามสายส่งไฟฟ้าด้านนอกทั้งสองเส้นและไหลกลับมาทางสายส่งไฟฟ้าเส้นที่อยู่กลาง

แม้ว่าลักษณะของ Line modes ทั้ง 2 แบบจะแตกต่างกัน แต่ทั้งคู่หรือทั้งสอง 2 โหมดนี้ ก็พิจารณาได้ว่าการลดทอนเกิดขึ้นน้อยกว่าที่เกิดในกราวด์โหมด [9]

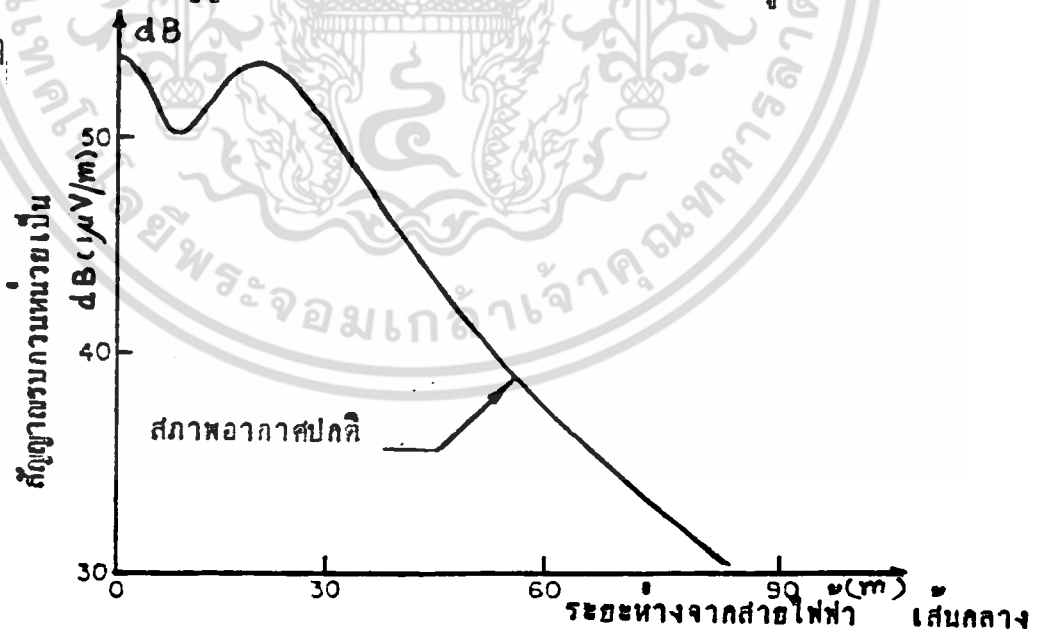
การพิจารณาถึงการแพร่กระจายไปตามความยาวสายส่งนี้ การพิจารณาถึงโหมดพื้นฐานของระบบวงจรเดี่ยว ก็นับว่าเพียงพอต่อการทำความเข้าใจอยู่แล้วไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงระบบวงจรคู่ก็ได้

สำหรับการลดทอน (attenuation) ที่เกิดขึ้นในการแพร่กระจายขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์สำคัญคือ นอกจากลักษณะทางเรขาคณิตแล้วยังขึ้นอยู่กับความถี่ของสัญญาณรบกวนที่แพร่กระจายไปตามสายส่งไฟฟ้า โดยที่ความถี่สูงขึ้น

การลดทอนจะยิ่งมากขึ้น และที่สำคัญมาก คือ ขึ้นอยู่กับความต้านทานของพื้นดิน ผลของความแตกต่างในการลดทอน ทำให้ผลการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแปรเปลี่ยนไปได้ในช่วงกว้าง ตัวอย่าง เช่น ที่ความถี่ของคลื่นรบกวนประมาณ 1 MHz ซึ่งอยู่ในย่านการรับวิทยุ AM กราวด์โหมดจะมีผลเพียงเล็กน้อย จนสามารถตัดทิ้งจากการพิจารณาไปได้ (ประมาณน้อยกว่า 40 dB) เมื่อมันแพร่กระจายไปได้เพียงไม่กี่ไมล์ ในขณะที่ที่ความถี่เดียวกันนี้ สำหรับไลน์โหมดทั้งสอง การแพร่กระจายจะถูกลดทอนน้อยกว่าจึงแพร่ไปได้ไกลตั้งแต่ 10 ไมล์ ไปจนถึงเป็นร้อยไมล์ และเมื่อพิจารณาความถี่ของคลื่นรบกวนในย่านความถี่วิทยุ FM และย่านของทีวี การลดทอนของแต่ละโหมดจะเพิ่มขึ้นมาก ระยะทางการแพร่กระจายของแต่ละโหมดอาจลดลงไปถึง 100 เท่าหรือมากกว่า

2.5.2 การแผ่คลื่น

นอกจากการแพร่กระจายไปตามความยาวของสายส่งแล้ว การรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ยังได้มาจากการแผ่ออกไปในอากาศรอบ ๆ ตัวนำนั้นด้วย การแผ่คลื่นรบกวนในย่านความถี่ของวิทยุแสดงไว้ดังรูป 2.10 ซึ่งก็คือขอบเขตของสัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุ ที่แผ่ออกไปด้านข้าง จากรูปนี้ทำให้ทราบถึงระดับความแรงของสัญญาณรบกวนที่ระยะห่างจากสายส่งเส้นที่อยู่ตรงกลางเป็นระยะต่าง ๆ



รูปที่ 2.10 ระดับความแรงของสัญญาณรบกวนจาก Radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 การคำนวณระดับสัญญาณรบกวน

ในการประมาณค่าของสัญญาณรบกวนที่ออกมาด้านข้างของสายไฟฟ้าแรงสูงนั้นสามารถคำนวณได้ จากสูตรของ Norton [10] การคำนวณของสมการนี้ จะอยู่ในเทอมของ Space Wave จะมีทั้งคลื่นตรงและคลื่นสะท้อน อย่างไรก็ตาม สมการนี้ยังค่อนข้างยุ่งยากและไม่สามารถเลียนแบบ การกระจายคลื่นจากสายส่งไฟฟ้าได้

$$\frac{E}{E_0} = \frac{f(\rho)}{\beta - 1} - \frac{1}{(\beta - 1)^3} + j \frac{1}{(\beta - 1)^2} \quad < 1 >$$

- เมื่อ E = ความเข้มสนามที่ระยะห่าง r_1
- E_0 = ความเข้มสนามที่จุดระยะห่างอ้างอิง
- r_1 = ระยะห่างเป็นรัศมีจากสายอากาศไปยัง สายไฟตัวนำ
- β = ค่าคงที่ $\frac{2\pi}{\lambda}$
- λ = ค่าของความยาวคลื่น

เทอมของ $f(\rho)$ เป็นค่าที่ได้จากการทดลองของคลื่นผิวของ Van der Pol's

$$f(\rho) = \frac{2 + 0.3\rho}{2 + \rho + 0.6\rho^2} \quad < 2 >$$

เมื่อ $\rho = \frac{16d}{\sigma\lambda^2}$ < 3 >

- เมื่อ d = ระยะห่างในแนวตั้งจากสายไฟ หน่วยเป็นฟุต
- λ = ความยาวคลื่น หน่วยเป็นเมตร
- σ = ความนำของพื้นดิน (ground) หน่วยเป็น m mho/meter

สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 10 MHz สมการ (1) จะไม่สามารถใช้คำนวณได้ เนื่องจาก ความถี่ที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลของคลื่นตรงกับคลื่นสะท้อนจาก กระจาวนด์ มีผลมากขึ้น

จากสมการ Norton เราสามารถแก้ไขให้ใกล้เคียงกับการกระจายคลื่นแบบเส้นตรง โดยทำให้เทอมของ cosine มีค่าเท่ากับ หนึ่ง เหมือนกับสายอากาศต่างแบบ Vertical electric doublet หรือ Vertical magnetic doublet โดยให้ระยะห่าง 50 ถึง 200 ฟุต สมการ Norton สามารถทำให้ง่ายขึ้นเป็น

$$\frac{E}{E_0} = \frac{1}{r} \quad (4)$$

โดย

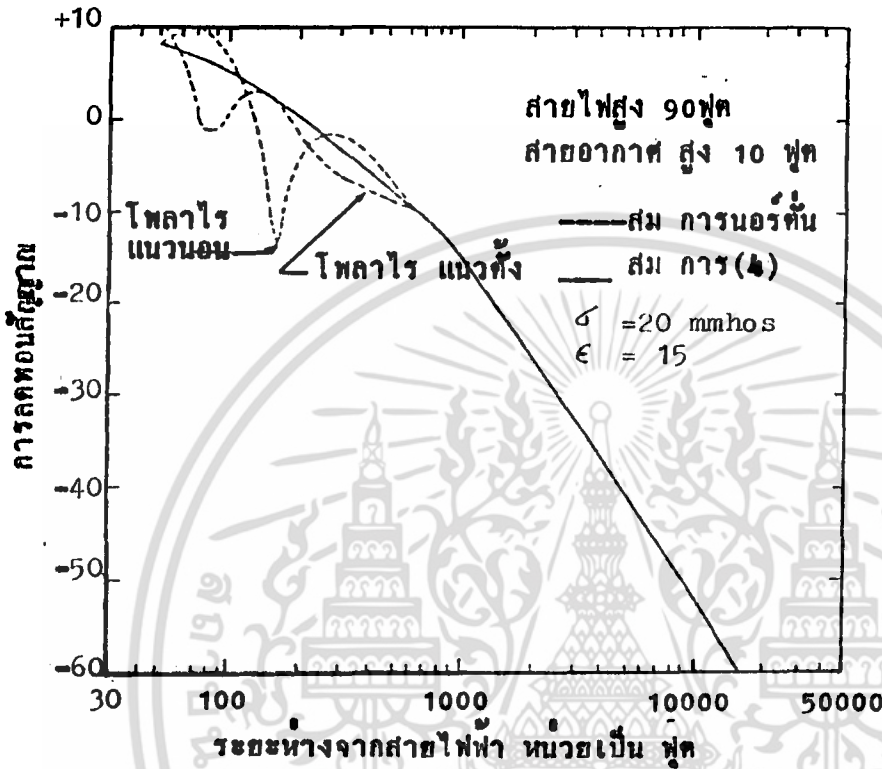
$$50 < d < 200$$

$$f > 10 \text{ MHz}$$

และค่าของสัญญาณจะสามารถแปลงเป็น dB โดยใช้สูตร

$$\text{dB} = 20 \log_{10} \frac{E}{E_0}$$

$$\text{dB} = 20 \text{ Log}_{10} \frac{1}{r}$$



รูปที่ 2.11 แสดงค่าลดทอนสัญญาณ จากสมการของ Norton และจากสมการ (4) ที่มีการแก้ไขแล้ว

2.5.4 หน่วยสำหรับการวัดสัญญาณรบกวน

การวัด Noise นั้นใช้มาตรฐานของ SI เป็นหน่วยของเมตริก การวัดจะอยู่ในรูปของ ปริมาณ, หน่วย, ขนาด และสัญลักษณ์ เช่นค่าแรงดัน โวลท์ สามารถอยู่ในรูปหน่วยของ SI (International System Unit) คือ

$$1V = 1m^{\frac{1}{2}} \cdot Kg^{\frac{1}{2}} \cdot S^{-1} \cdot A^{-1} \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของโวลท์จะแสดงอยู่ด้านขวาของสมการ เทอมของ EMI เช่น V (peak) และ V (r.m.s) อยู่ในรูปของปริมาณที่ได้มาจากการวัดหรือคำนวณ ไม่ใช่พื้นฐานในหน่วย ทางไฟฟ้าของ SI การใช้แรงแดันพีดและ r.m.s เป็นหน่วย อาจทำให้สับสนได้ เมื่อสัญลักษณ์เดียวกัน แทนทั้งปริมาณและหน่วย เพื่อป้องกันการสับสนจึงใช้ U แทนแรงแดันในรูปของ เดซิเบล (dB) เช่น การหาค่าแรงแดัน (r.m.s) ของ U มีค่า $10\mu\text{v}$ จะได้เป็น

$$\begin{aligned} \text{dB} &= \text{Urms. (เทียบ } 1 \mu\text{v)} = 20 \text{ dB} \\ U(\text{r.m.s}) &= 20\text{dB (} 1 \mu\text{v)} \end{aligned}$$

การวัดแรงแดันในหน่วยของโวลท์ของสนามไฟฟ้า E อยู่ในรูปของ V/m ความเข้มสนามเป็น $\mu\text{V/m}$ และเมื่อคิดเป็น dB ได้เป็น dB (1 $\mu\text{V/m}$) และของเพาเวอร์ได้เป็น W/m^2 หรือ dB ที่เทียบกับ 1 W/m^2 การวัดสัญญาณรบกวนอาจจะทำให้แบนด์วิดท์ของความถี่กำหนดหนึ่งซึ่งอาจเป็น 1 Hz, 1 KHz หรือ 1 MHz ซึ่งจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมเห็นการทาน้อยซ์ เพาเวอร์ แบนด์วิดท์

ข้อมูลที่สำคัญของแหล่งกำเนิดก็คือ การกำหนดระยะห่างจากแหล่งกำเนิด ชนิดของขั้วคลื่นที่รับได้, ความสูงของสายอากาศที่ใช้รับ และสภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นถนนในชนบท, แหล่งพักอาศัยหรือย่านธุรกิจ ซึ่งที่ยากลำบากในการกำหนดอีกอย่างคือลักษณะของการใกล้หรือไกลจากแหล่งกำเนิด บางครั้งอาจอยู่ไกลแหล่งหนึ่ง แต่จะอยู่ใกล้อีกแหล่งหนึ่ง จึงกำหนดเป็นการวัดแบบ Near field หรือ far fieldลำบาก

สายอากาศโมโนโพลที่ใช้วัดสนามไฟฟ้าจะรับได้ดีมีความไวสูงกว่าสายอากาศคู่ที่ใช้วัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หน่วยที่ใช้ในการรายงานผลสัญญาณรบกวน

1. CW.noise เช่น ฮาร์โมนิคของไฟ กำลัง หรือคลื่นนำสัญญาณวิทยุที่ไม่ต้องการสัญญาณรบกวนแบบนี้ไม่สามารถกำหนดเป็นบรรทัดฐานกับความถี่ได้ การวัดจึงใช้แบบไหนก็ได้ เป็นพีค, r.m.s, หรือเฉลี่ย แต่ต้องเทียบกับ เครื่องผลิตสัญญาณ ไซน์เวฟ หน่วยที่นิยมใช้เป็น $\mu\text{V}/\text{m}$
2. White Gaussian Noise เช่น สัญญาณรบกวนจากดวงดาว โดยวัด ในรูปของปริมาณความหนาแน่นของกำลังของสัญญาณรบกวน หน่วยที่ใช้ เป็น dB เทียบกับ KTo วัดแรงดันเป็นค่า r.m.s เป็น dB ($1\mu\text{V}$)
3. สัญญาณรบกวนพัลส์ที่เกิดขึ้น ๆ กัน เช่น รูปคลื่นของเรดาร์ การวัดจะเป็น แบบพีค มีหน่วยเป็น $\mu\text{V}/\text{m}/\text{MHz}$ แต่การวัดเป็นแบบ r.m.s ก็เพื่อจะหาค่าเฉลี่ยของกำลังงานโดยหน่วยเป็น dB ($1\mu\text{V}/\text{m}$) ความถี่ของการเกิดซ้ำของพัลส์จะอยู่ในรูปพัลส์ต่อวินาที
4. สัญญาณรบกวนแบบไม่แน่นอน เป็นการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นหน่วยเป็น dB โดยเทียบกับ KTo สำหรับสัญญาณแบบ White Noise และเทียบกับ KToB กับสัญญาณที่ไม่ใช่ White Noise การวัดแรงดันเป็น r.m.s ของปริมาณสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เทียบค่าเป็น $1\mu\text{V}/\text{m}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางเปลี่ยนหน่วยระหว่างสัญญาณรบกวน (NOISE) และการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI)

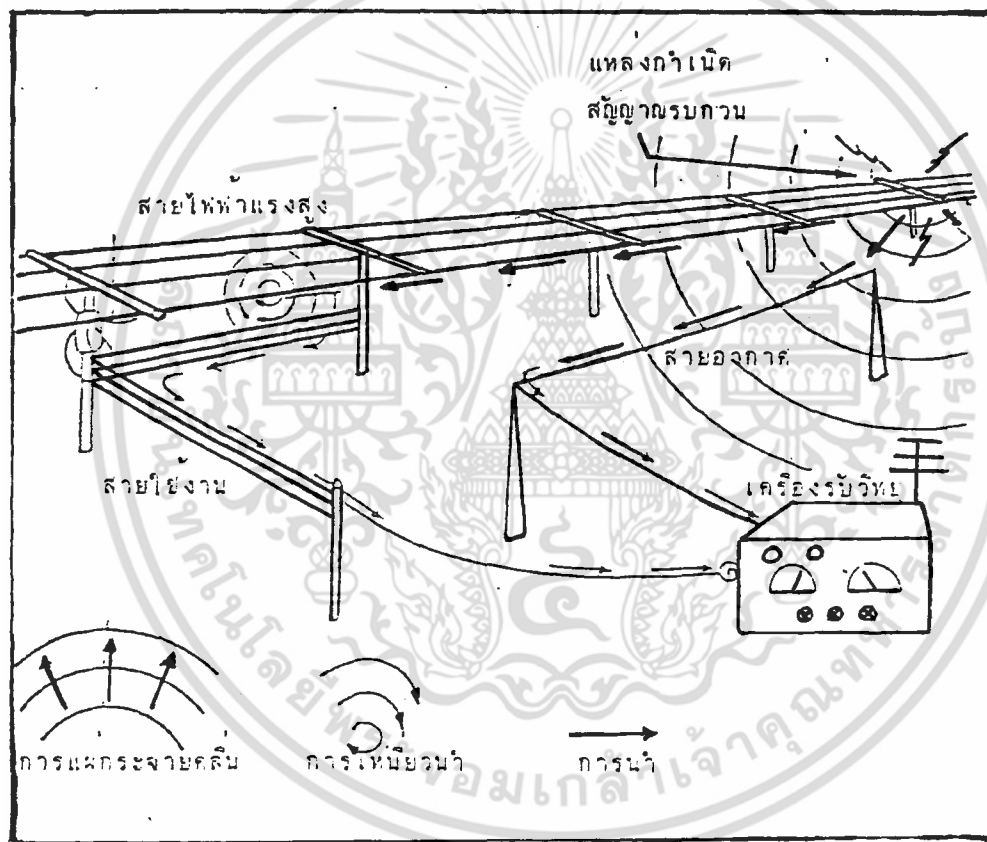
<u>เปลี่ยนจาก</u>	<u>เปลี่ยนเป็น</u>	<u>ต้องกระทำดังนี้</u>
dBm	dB (1 μ V)	เพิ่มอีก 107 dB
dB (1 μ V)	dB	ลบด้วย 107 dB
dBm/m ²	dB (1 μ V)/m	เพิ่มอีก 115.77 dB
dB (1 μ V)m	dBm/m ²	ลบด้วย 115.77 dB
mW/cm ²	W/m ²	คูณด้วย 10
W/m ²	mW/cm ²	คูณด้วย 0.1
dB (1 μ V)	ไมโครโวลต์	$\text{Log}_{10}^{-1} \left[\frac{\text{dB (1}\mu\text{V)}}{20} \right]$
ไมโครโวลต์	dB (1 μ V)	$20 \text{ Log}_{10} U (\mu\text{V})$
μ V/MHz	μ V/KHz	คูณด้วย 0.001
μ V/KHz	μ V/MHz	คูณด้วย 1000
dB (1 μ V)/MHz	dB (1 μ V)/KHz	ลบด้วย 60 dB
V/m	W/m ²	$377 \times W/m^2$
mW/m ²	mW/cm ²	คูณด้วย 10^{-4}
mW/cm ²	mW/m ²	คูณด้วย 10^{-4}
dBm/m ²	dBm/cm ²	ลบด้วย 40 dB
dBm/cm ²	dBm/m ²	บวกด้วย 40 dB

- หมายเหตุ
1. dB (1 μ V) เทียบกับเดซิเบลที่สูงจากหนึ่งไมโครโวลต์
 2. dB ของโวลต์ เมื่อระบบมีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ลักษณะทางเดินของสัญญาณรบกวนไปยังเครื่องรับวิทยุ

เราทราบจากหัวข้อ 2.5 แล้วว่า สัญญาณรบกวนจากแหล่งกำเนิด ถูกนำไป ตามความยาวของระบบสายส่ง ทั้งยังสามารถแผ่ออกไปบริเวณรอบ ๆ ได้อีกด้วยการที่พลังงานของสัญญาณรบกวนจะถูกส่งผ่านเข้าเครื่องรับวิทยุได้ ย่อมต้องอาศัยทางเดินที่จะเข้ามาอีกต่อหนึ่ง ในรูปที่ 2.12 แสดงถึงทางเดินของ พลังงานการรบกวนจากแหล่งกำเนิดไปยังเครื่องรับวิทยุ



รูปที่ 2.12 ทางเดินของสัญญาณรบกวนไปยังเครื่องรับวิทยุ

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าพลังงานของการรบกวนสามารถส่งผ่าน โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีพร้อมกันก็ได้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.6.1 ส่งผ่านโดยการนำ (Conduction) ไปตามตัวนำจาก หม้อแปลงไฟฟ้าหรือทางสายนิวตรอนไปยังแหล่งจ่ายไฟของเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ส่งผ่านโดยการเหนี่ยวนำ (Induction) เมื่อสายส่งกำลังเหนี่ยวนำให้เกิดพลังงานของการรบกวนไปยังสายอากาศที่อยู่ใกล้เคียงเพียงพหรือบางส่วนของวงจรเครื่องรับที่อยู่ใกล้เคียง ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำพลังงานการรบกวนเข้าไปในเครื่องรับได้ หรือในกรณีที่สายในระบบจ่ายไฟที่อยู่ใกล้กับสายส่งกำลัง ก็สามารถที่จะเกิดการเหนี่ยวนำพลังงานการรบกวนผ่านสายไฟในระบบจ่ายเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟของเครื่องรับได้เช่นกัน

2.6.3 ส่งผ่านโดยการแผ่คลื่น (Radiation) พลังงานของการรบกวนถูกปลดปล่อยไปในอากาศ โดยสายส่งกำลังจะเสมือนเป็นสายอากาศกระจายคลื่นออกไปรอบ ๆ พลังงานสามารถแผ่ออกจากสายส่งกำลัง และสามารถที่จะสะท้อนกลับ หรือแผ่จากรีฟไลนสายส่งกำลังหรือโครงสร้างที่เป็นโลหะที่อยู่ใกล้ไปยังสายอากาศเครื่องรับวิทยุได้

2.7 ปัจจัยที่อยู่นอกวงเขต การควบคุม (Extraneous Effects)

โดยทั่วไปสำหรับ โครนา และแก๊ปดิสชาร์จ เราสามารถควบคุมหรือลดผลของมันลงได้ โดยออกแบบระบบสายส่ง โดยกำจัดจุดอ่อนที่จะเป็นต้นเหตุของแหล่งกำเนิดการรบกวนทั้งสอง แต่อย่างไรก็ตามยังมีแฟกเตอร์บางอย่างที่มีผลต่อแหล่งกำเนิดการรบกวนนี้ ซึ่งเราไม่อาจควบคุมได้ หรือได้อย่างยากลำบาก ซึ่งได้แก่

- สภาพอากาศ (Weather)
- การกระทำของสิ่งแวดล้อม (Operating Environment) [11]

2.7.1 ผลที่มีต่อโครนา

แม้จะมีการออกแบบเป็นอย่างดีที่จะไม่ให้เกิดโครนาเกิดขึ้นหรือเกิดได้น้อยที่สุดก็ตาม เช่น ตัวนำที่มีผิวราบเรียบสะอาดปราศจากสิ่งสกปรก ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะอยู่คงเมื่อสภาพอากาศเป็นปกติเท่านั้น นอกจากนั้นในทางปฏิบัติแล้วตัวนำไม่เพียงแต่ถูกพันเป็นเกลียวเท่านั้น แต่มันยังถูกทำให้สกปรกจากการตกค้างของฝุ่นละอองต่าง ๆ จะทำให้เกิดความไม่ราบเรียบสม่ำเสมอกับพื้นผิวตัวนำมีผลทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของสนามไฟฟ้าเกิดขึ้น สนามไฟฟ้าจะรวมกันหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณผิวหน้าที่เป็นลักษณะอิเล็กทรอนิกส์ เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าเกินขีดจำกัด ที่อากาศจะต้านทานไว้ได้ ก็เกิดโคโรนาขึ้นมาได้ [12]

สำหรับสภาพอากาศที่มีผลกับโคโรนา พิจารณาได้ตามตัวแปรต่าง ๆ กัน การเกิดของโคโรนา จะเป็นสัดส่วนผกผันกับอุณหภูมิ (Temperature) แต่จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันบรรยากาศ (Air pressure)

นอกจากนั้นสภาพอากาศที่มีความชื้นที่เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว เช่น มีฝนตก น้ำแข็ง หิมะปกคลุมพอกพูนบนตัวนำ และพื้นผิวอุปกรณ์ ก็จะมีผลทำให้เกิดโคโรนาได้ง่าย เนื่องจากพื้นผิวดำนำมีความไม่สม่ำเสมอทางไฟฟ้า [13]

2.7.2 ผลที่มีต่อแก๊ปดิสชาร์จ

ความสกปรก การตกค้างของสิ่งเจือปนต่าง ๆ ระหว่างอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสองไม่มีใครจะสร้างปัญหาหรือมีผลต่ออย่างใด ตราบเท่าที่ขั้วอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสองยังแยกกันอย่างโดดเดี่ยวทางไฟฟ้าโดยไม่ทำให้มีช่องว่างที่เล็กพอต่อการเกิดดิสชาร์จระหว่างอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อพิจารณาสภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น มีความชื้นสูง ช่องว่างระหว่างขั้วอิเล็กทรอนิกส์ หรือแก๊ปซึ่งเคยง่ายต่อการเกิดแก๊ปดิสชาร์จ ไอ้ น้ำหรือความชื้นอาจเข้าแทรกระหว่างแก๊ปจนกระทั่งไม่สามารถเกิดการดิสชาร์จได้ ดังนั้นสภาพอากาศที่ชื้นจึงมักจะกดผลการรบกวนจากแก๊ปดิสชาร์จลงไป

2.8 เขตจำกัดของสัญญาณรบกวน

มีการวิจัยของเชคโกสโลวาเกียที่ได้ประมาณการเขตจำกัดสัญญาณรบกวนจากสายส่งไฟฟ้า [15] สำหรับแรงดัน HV และ EHV โดยระยะของภาคโซน (Guard Zone) ที่ไกลสุดมีระดับสัญญาณ 40 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ ที่ความถี่ 0.5 MHz

<u>แรงดันไฟฟ้าที่สายไฟ</u>	<u>ระยะไกลสุดของ Guard Zone</u>
20 - 35 kV	10 เมตร
60 - 110 KV	15 เมตร
220 KV	20 เมตร
400 KV	25 เมตร

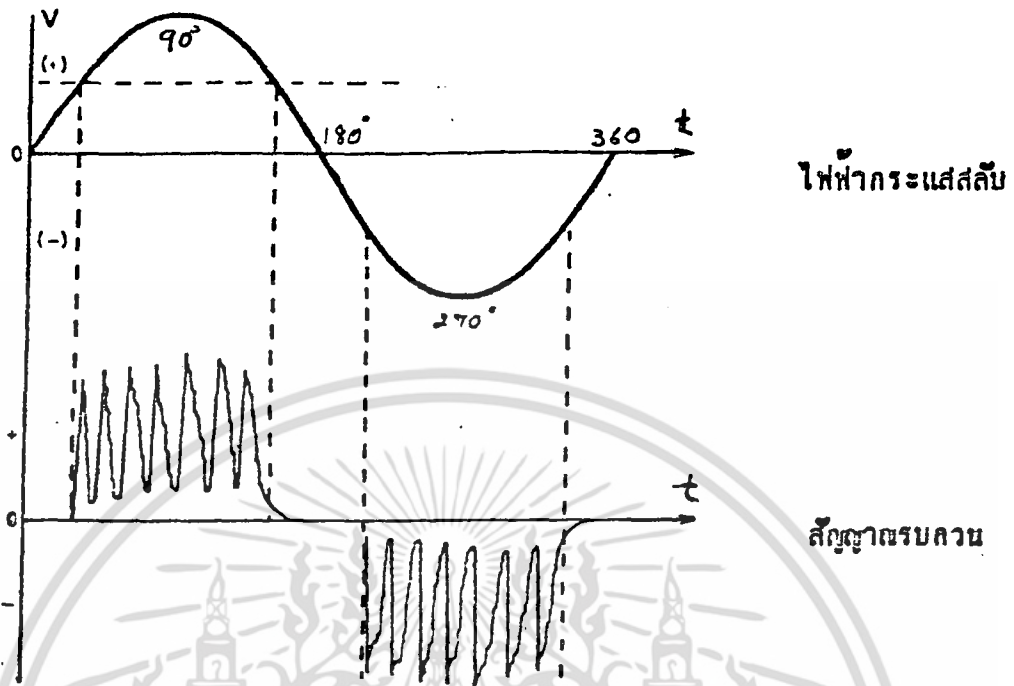
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่ากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของอัตราส่วนสัญญาณเทียบกับสัญญาณรบกวนที่ยอมรับกัน
ในมาตรฐานของการส่งกระจายเสียงของวิทยุระบบเอเอ็ม โดยใช้การวัด
สัญญาณรบกวนแบบ หนึ่งในสี่ของพีคของสัญญาณ

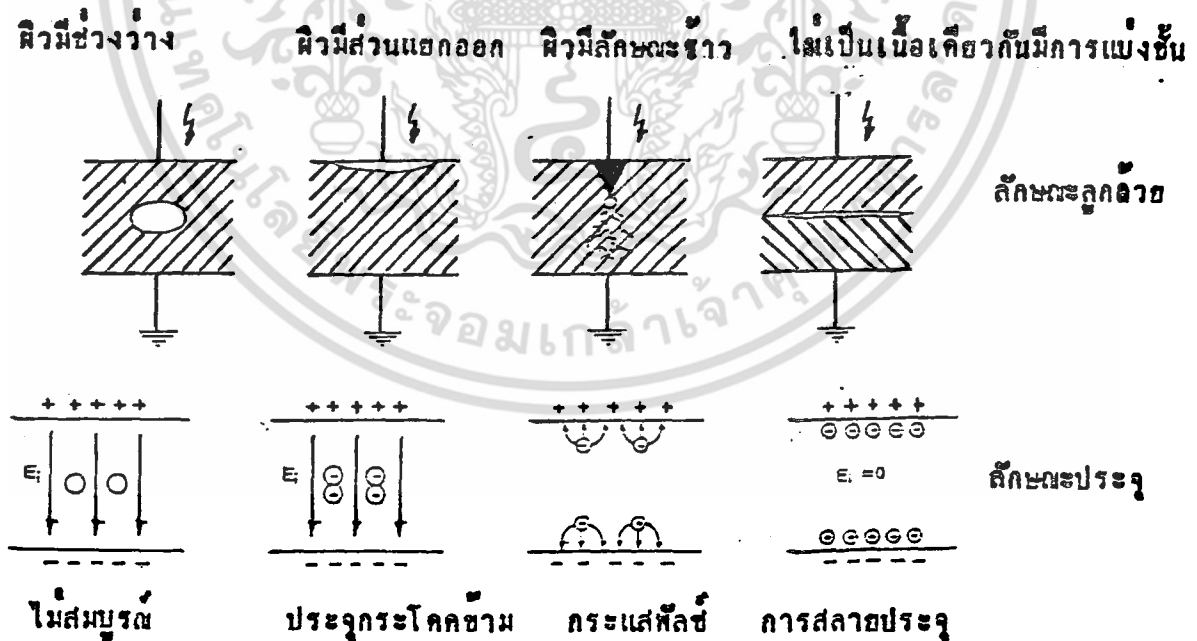
<u>ชั้นของการยอมรับ</u>	<u>อัตราส่วนสัญญาณเทียบสัญญาณรบกวน (S/N)</u>	
	(dB)	(Voltage Ratio)
A1 เป็นที่พอใจสำหรับการฟังเพลง คลาสสิก	40	100/1
A2 เป็นที่พอใจสำหรับการฟังทั่ว ๆ ไป	32	40/1
B มีเสียงสัญญาณรบกวน แต่ไม่เด่นชัด	27	22.4/1
C มีเสียงสัญญาณรบกวนชัดขึ้น	22	12.6/1
D มีเสียงสัญญาณรบกวนชัดมาก	16	6.3/1
E การรับฟังยากที่จะรู้เรื่อง	10	3.2/1

จากมาตรฐานของ FCC อัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนต้องไม่ต่ำกว่า 24 dB

ลักษณะของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันของสายไฟฟ้า



รูปที่ 2.13 สัญญาณรบกวนเทียบกับสัญญาณไฟฟ้ากำลัง
ลักษณะของผิวลูกถ้วยที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน



รูปที่ 2.14 ลักษณะลูกถ้วยชำรุด และประจุที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน

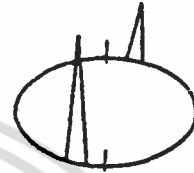
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 ลักษณะสัญญาณรบกวนแบบต่าง ๆ [14] โดยวัดด้วย CRO

1. สัญญาณรบกวนจากหน้าสัมผัส ไม่นิ่ง
และเมื่อเพิ่มแรงดันขึ้น



2. สัญญาณที่เกิดจากซิลิคอนไดโอด เรกติไฟเออร์



3. ฮาร์โมนิค ดิสแอสชั่น



4. สัญญาณรบกวน จากหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์

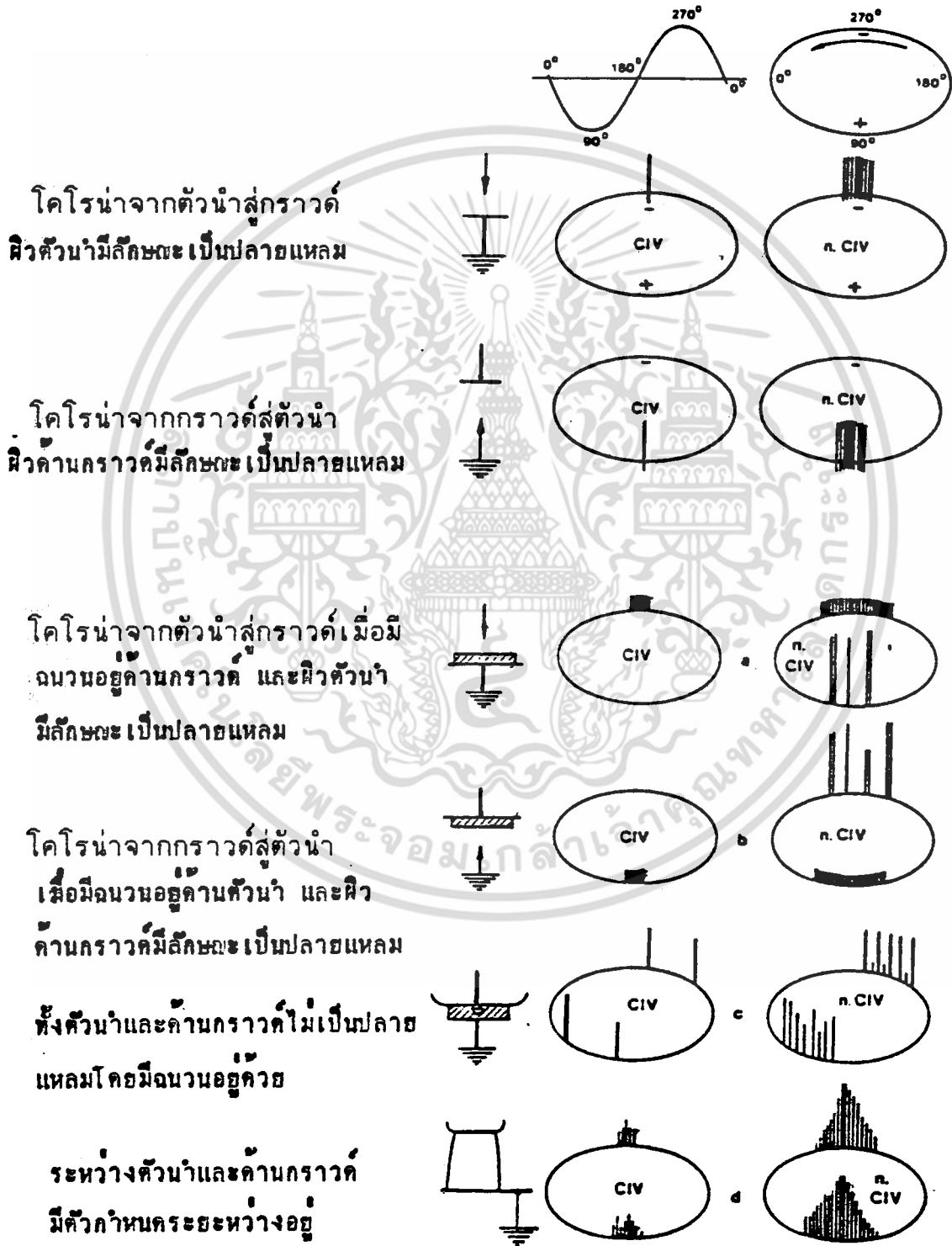


5. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากโคโรน่า



รูปที่ 2.16 ผลของการเกิดโคโรน่า ที่ทำการวัดจากจอของ scope [14]

เมื่อ CIV = เป็นโคโรน่า ในสภาพแรงดันปกติที่เริ่มเกิด
 n.CIV = เป็นโคโรน่าที่เมื่อเพิ่มแรงดันให้สูงเพิ่มขึ้นมาก ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การค้นหาและการป้องกันการเกิดการรบกวน

3.1. การค้นหาและการป้องกันการเกิดการรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงในภาคปฏิบัติ

การทำการศึกษาค้นคว้าและทดลองในภาคปฏิบัตินี้ จะทำที่สายไฟแรงสูงแรงดัน ขนาด 22 kv เท่านั้น เพราะเป็นแรงดันที่อยู่ใกล้กับผู้ใช้วิทยุสื่อสารมากที่สุด และเป็นตัวการใหญ่ในการเกิดสัญญาณรบกวนนี้ พร้อมทั้งเราสามารถจะทำการทดลองและแก้ไขได้ แต่ถ้าเป็นไฟฟ้าแรงสูงที่มีค่าสูงเกินค่านี้ ซึ่งอาจเป็นแรงส่งของไฟฟ้าฝ่ายผลิต หรือ เป็นแรงสูง Main ใหญ่ระหว่างจังหวัด ซึ่งไม่สามารถที่จะทำการทดลองหรือ ตัดไฟฟ้าเพื่อทำการการแก้ไขได้

จากประสบการณ์ ในการแก้ปัญหานี้ พบว่าไม่จำเป็นที่เราจะต้องหาเครื่องมือวัดที่จะบอกค่า หรือระดับสัญญาณ ของการรบกวนโดยถูกต้องแม่นยำ แต่เราจะใช้เทคนิคและความรู้ เรื่องคุณสมบัติ ของสัญญาณรบกวนและ โครงสร้าง ต่าง ๆ บนเสาไฟฟ้าแรงสูง เป็นสิ่งชี้บอกจุดกำเนิดของสัญญาณรบกวน ส่วนขอบเขตของบริเวณที่ทำการแก้ไขปัญหา จะทำเฉพาะในส่วนที่จำเป็นจริง ๆ ที่มีผลกระทบหรือส่งการรบกวนถึงวิทยุสื่อสารเท่านั้น

3.2. คุณสมบัติของสัญญาณรบกวนที่สำคัญ ในการที่จะใช้การแก้ไขปัญหาในทางปฏิบัติ ได้แก่

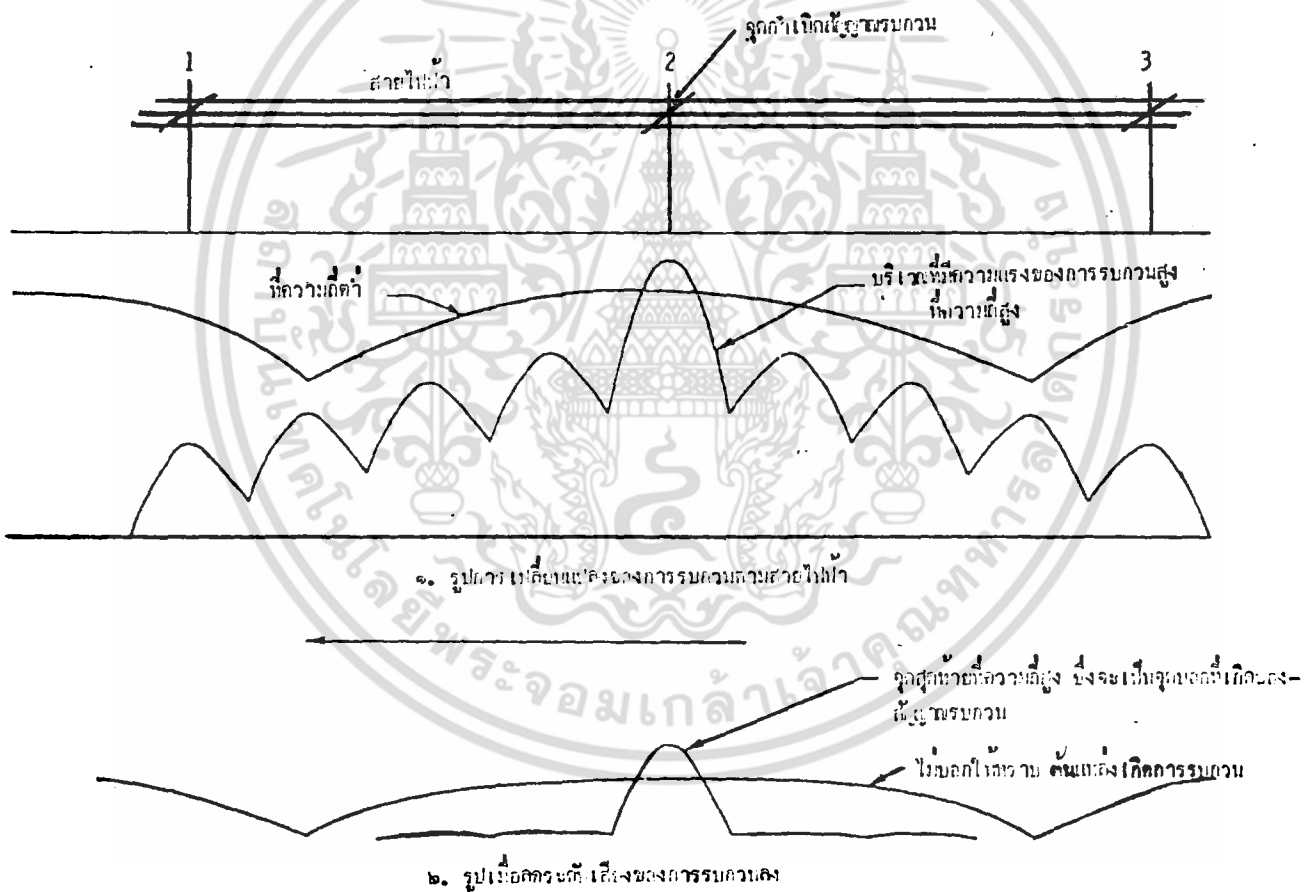
ความถี่ ความแรงหรือความหนาแน่นในการเกิดทางเดินที่เป็นไปได้ ของสัญญาณรบกวนที่จะมายังระบบสื่อสาร
เสียงของการรบกวนที่เกิดขึ้น

3.2.1 คุณสมบัติด้านความถี่

สัญญาณรบกวนนั้น มักจะเกิดขึ้นในแถบความถี่ย่านกว้างมากซึ่งเรารับในระยะใกล้แหล่งกำเนิด จึงรับได้ โดยไม่ว่าจะเปลี่ยนความถี่ไป ก็ยังรับการรบกวนได้ แต่คุณสมบัติของแต่ละความถี่จะส่งผล การแพร่กระจายคลื่นออกไปแรงและระยะทางไกลได้ไม่เท่ากัน เราจึงจำเป็นต้องเลือกความถี่ในการค้นหาให้เหมาะสม ความถี่ที่พบว่าสัญญาณรบกวนมีค่าระดับสูง จะอยู่ในย่านความถี่ 3-4 เมกกะเฮิร์ต

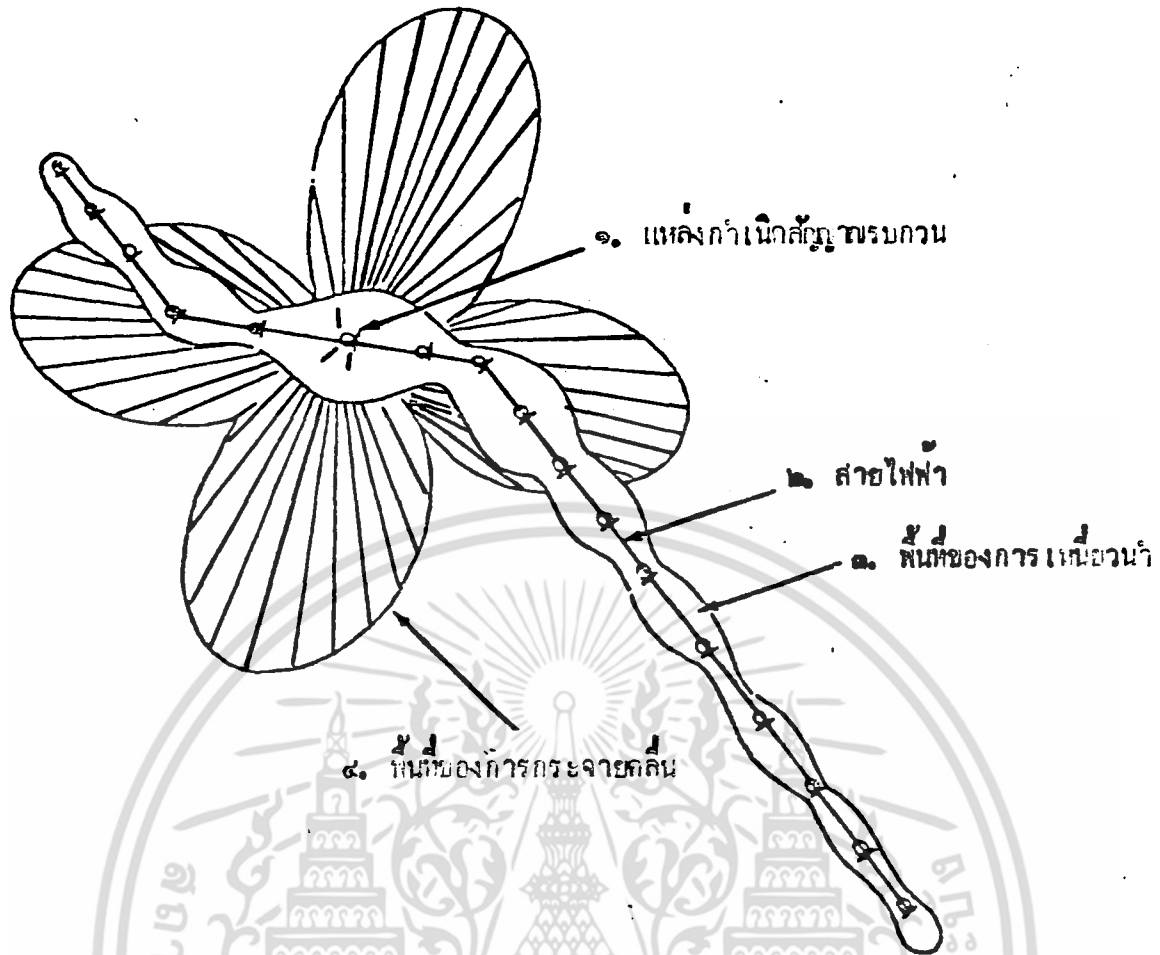
3.2.2 การแปรเปลี่ยน ระดับความแรงหรือความเข้มของสัญญาณ

ความแรงของสัญญาณรบกวน นั้นเราจะทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับระดับสัญญาณที่ต้องการ โดยวัดสัญญาณที่มาจากสายอากาศเครื่องรับ สำหรับการรับคลื่นในระบบ AM ถ้าอัตราส่วนของสัญญาณกับการรบกวนของไฟฟ้าแรงสูง มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 24:1 ก็ถือว่าเป็นที่ยอมรับได้ แต่ถึงแม้ อัตราส่วน เป็น 10:1 ในการสื่อสารด้วยคำพูดก็ยังสามารถ รับฟังและติดต่อกันรู้เรื่องได้ เราสามารถวัดความแรงของสัญญาณรบกวนไปตามแนวสายไฟฟ้าได้ถึงแม้จุดเกิดสัญญาณรบกวนจะมีเพียงจุดเดียว



รูป 3.1 แสดงผลของการวัดสัญญาณรบกวนที่มีต่อพื้นที่ใกล้กับสายไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงสนามการเหนี่ยวนำ และการแพร่กระจายคลื่น

3.2.3 เส้นทางเดินของสัญญาณรบกวน

ส่วนใหญ่จะเป็นการแพร่กระจายคลื่นไปยังเสาอากาศ และเข้ามายังเครื่องรับส่วนการเดินทางโดยการนำมาจากไฟฟ้ากำลังเข้าสู่ภาคจ่ายไฟนั้นจะถูกกั้นไว้ด้วย ตัวกรองคลื่นวิทยุและในภาคแรกของอุปกรณ์จ่ายกำลังของเครื่อง

3.3. อุปกรณ์ที่จะเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนบนเสาไฟฟ้า

เราสามารถ แบ่ง แหล่งกำเนิด เหล่านั้นได้ เป็น

1. สายตัวนำ
2. ลูกถ้วย
3. อุปกรณ์ อาร์ตแวร์อื่น ๆ ของเสา
4. สวิตช์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายไฟฟ้า
5. อุปกรณ์ สาธารณประโยชน์ บนเสา
6. สายอื่น ๆ ที่ต่ออยู่กับเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

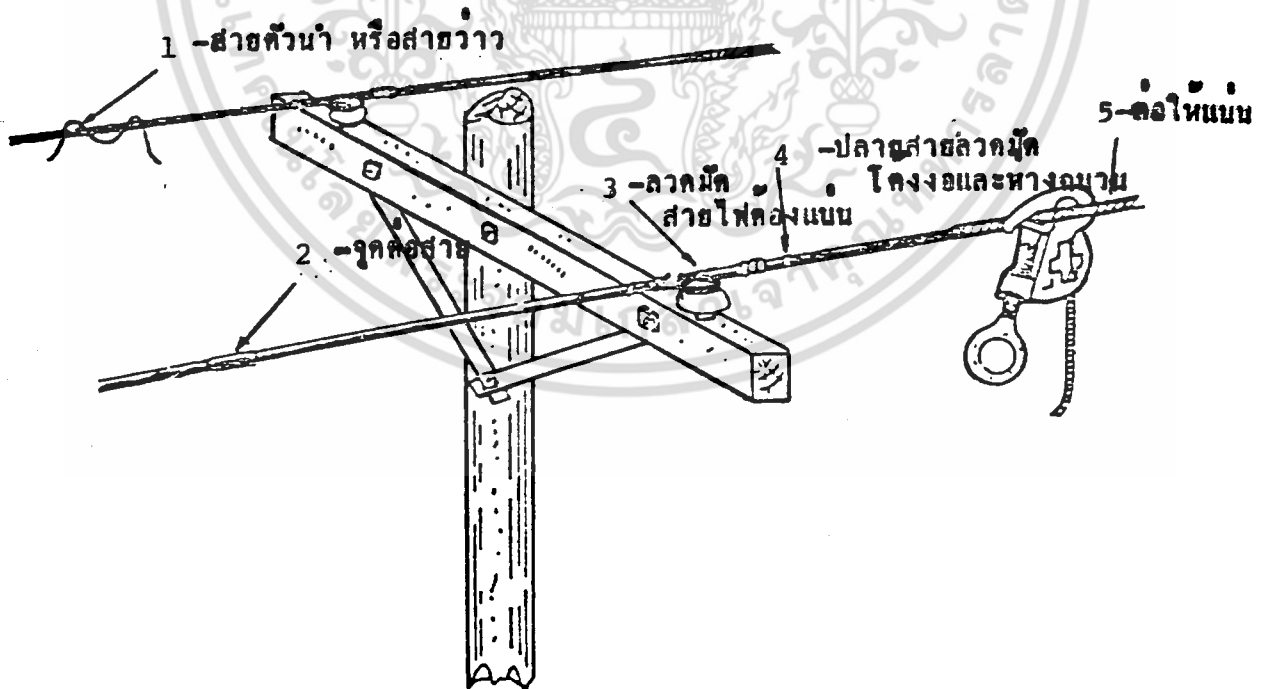
3.3.1. สายตัวนำ

ในที่นี้ เราจะรวมถึงสายไฟฟ้า ลวดมัดสาย และตัวยึดต่อสายไฟ ขบวนการที่จะทำให้เกิดสัญญาณรบกวน มี 2 อย่างคือ

แบบ แรก เป็นการคายประจุด้วยการ สปาร์ค เนื่องจากความเครียดของแรงดันที่สูง ๆ เกิน

แบบที่สอง เป็นขบวนการ ของการคลายประจุโคโรนา เป็นการไอไอในของอากาศที่อยู่ใกล้ตัวนำ

ในการที่เกิดแรงดันที่สูงเกินค่า ความเข้ม และ เกิดสปาร์คขึ้นจะเป็นเมื่อตัวนำถูกกั้นฉนวนไว้บางส่วน โดยผลของการผุกร่อนการเป็นสนิม การทำป้องกัน weather proof หรือมีช่องอากาศเล็ก ๆ ระหว่างโลหะอื่น ๆ บนเสา เมื่อแรงดันบนสาย แปรเปลี่ยนตามไซเคิล เมื่อค่าสูงถึงจุดที่จะทำให้ ฉนวนทนทานไม่ได้ ก็จะมีการแตกประจุ ซึ่งขณะเป็นการคายประจุผ่านค่า คาปาซิแตนซ์ของฉนวน การคายประจุอาจเกิดครั้งเดียวหรือหลายครั้งในหนึ่งไซเคิล ในความถี่ 50 Hz อาจมีพัลส์ เกิดขึ้น 100 ครั้งต่อวินาที หรือมากกว่า



รูปที่ 3.3 จุดที่มีโอกาสเกิดการรบกวนบนสายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระแสของการคายประจุ ซึ่งเปลี่ยนแปลง อย่างรวดเร็ว ในแต่ละพัลส์ ซึ่งจาก พัลส์นี้ สามารถแตกความถี่ของอาร์โมนิคออกไปได้กว้างมาก ซึ่งกลายเป็น สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุออกมาได้ กระแสของการคายประจุ จะถูกถ่ายทอดเข้าไป ในสายไฟทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ และการแพร่กระจายพลังงานออกไปปัญหาอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่สายตัวนำ นั้นเราเรียกว่า การข้ามผสมความถี่ภายนอก (cross-modulation) ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากจุดต่อที่เป็นสนิมถ้าสายไฟตัวนำที่มี สัญญาณวิทยุแรง ๆ ตั้งแต่สองหรือมากกว่าตรงรอยต่อที่เป็นสนิมจะทำให้เกิด non-linear rectification ของสองกระแส ปรากฏการณ์นี้จะทำให้เกิดการ ผสมความถี่ขึ้น เหมือนการผสมความถี่ในเครื่องรับวิทยุ ความถี่ที่บีทกันออกมา จะถูกเหนี่ยวนำ และแพร่กระจายออกมาจากสายเกิดการเกิดการผุกร่อนนี้มักจะเกิด แถบชายทะเล หรือบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม ที่รอยเชื่อมต่อของสายเป็นแบบการมัด ตีเกลียว หรือการต่อด้วยตัวนำ 2 ชนิด การเชื่อมสายตัวนำโลหะ ที่ต่างชนิดต่อกัน การเกิดสนิม มักจะเกิดขึ้น ยกเว้นการใช้ ตัวต่อที่ออกแบบมาพิเศษ ซึ่งใช้กับการ ต่อสายอลูมิเนียม เข้ากับสายทองแดง และการต่อสายดิน ทองแดงเข้ากับ ขั้วต่อเหล็กของแท่งโลหะกราวนด์ (Ground rod)

ในการตรวจสอบ สายตัวนำ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดสัญญาณรบกวน เราจะทำการป้องกัน การรบกวน จากตัวนำได้ดังนี้

1. ให้แน่ใจว่ารอยเชื่อมต่อของสายตัวนำ อยู่ในสภาพจุดต่อที่ดีโดยการใช้ อุปกรณ์ต่อสายแบบที่ใช้ปลอกหุ้มแล้วบีบกดต่อไม่ใช้การต่อสาย แบบมัดตีเกลียว
2. ลวดมัดสายไฟ ปกติ ต้องใช้สายแบบไม่มีฉนวนและเป็นสายอ่อน
3. ทำการมัดสายไฟด้วยลวดมัดสาย โดยไม่ให้เกิดการหลวมด้วยแรง ลมพัดหรือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
4. ใช้ตัวจับต่อไฟแรงสูงแบบสปริง ที่ป้องกันการเกิดการผุกร่อน และต้องแน่ใจว่ายึดต่อแน่นและต้องไม่เป็นสนิม
5. แน่ใจว่าสายดินสายเชื่อมต่อ และตัวยึดต่าง ๆ รวมทั้งส่วนที่อยู่ใน เนื้อไม้ ต้องอยู่ห่างอย่างน้อย 1 1/2" จากโลหะที่ไม่ต่อลงดิน เช่น ตัวยึด หม้อแปลงเหล็กเท้าแขน น๊อตที่ร้อยยึดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวยึดต่อสายไฟหรือสายดิน ควรจะใช้แหวนรอง หรือน็อตล็อคเพื่อป้องกันการหลุดตัวของมันี้จะทำให้จุดต่อยึดหลวม

7. สายตัวนำที่ไม่ได้ใช้งาน เพื่อความปลอดภัยและป้องกันการเกิดการรบกวนคลื่นวิทยุจะต้องทำการต่อลงดินหลาย ๆ จุด ในหลาย ๆ ช่วงของความยาวของสาย

8. ลวดรัดสายไฟหรือสายตัวนำ จะต้องทำให้ไม่เกิดจุดปลายแหลมโดยทำการโค้งเป็นห่วงที่ตรงปลายสาย

9. สายไฟที่มีฉนวนหุ้ม ตรงจุดที่สัมผัสกับลูกถ้วย ให้ปลอกฉนวนออก แต่วิธีนี้อาจจะสร้างปัญหาอื่นขึ้นได้ เช่น จากฟ้าผ่าลงสายจะทำให้สายเกิดขาดบริเวณที่ปลอกสาย

10. ดูแลให้สายไฟฟ้าปราศจากสิ่งที่ไม่ต้องการ เช่น ว่าง สายว่าง เศษสายไฟ และอื่น ๆ

11. สายไฟที่ต่างชนิดกัน จะต้องใช้ตัวต่อพิเศษ ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ

12. สายไฟที่ใช้กับแรงดันต่ำกว่า 69 kv มักจะต้องใช้สายขนาดใหญ่เพื่อสามารถรับกระแสได้สูง จึงมักจะไม่เกิดปัญหาโคโรนา เนื่องจากตัวนำใหญ่ ความเครียดที่ผิวของตัวนำจึงไม่เกิดขึ้น

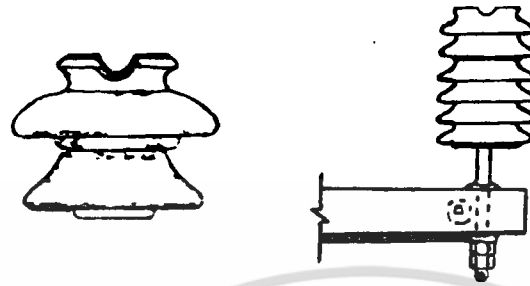
13. ในจุดที่เกิดการรบกวน ทำให้เกิดอิมพีแดนซ์ของสาย นิวตรอน และสายกราวด์ของวงจรยุติภูมิ กับกราวด์มีค่าต่ำ

3.3.2 ลูกถ้วย

ลูกถ้วยไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า ที่มีแรงดันไม่เกิน 22 kv ส่วนมากจะใช้กันอยู่แค่ 2 ชนิด คือ

1. ลูกถ้วยก้านตรงหรือลูกถ้วยตั้ง (pin type)

ตัวลูกถ้วยทำด้วย porcelsin มีลักษณะเป็นชั้น แต่ละชั้นจะมีการต่อเชื่อมด้วยซีเมนต์หรือวัสดุเช่นเดียวกัน เมื่อติดตั้งใช้งาน ต้องใช้ร่วมกับก้านลูกถ้วยซึ่งเป็นโลหะ



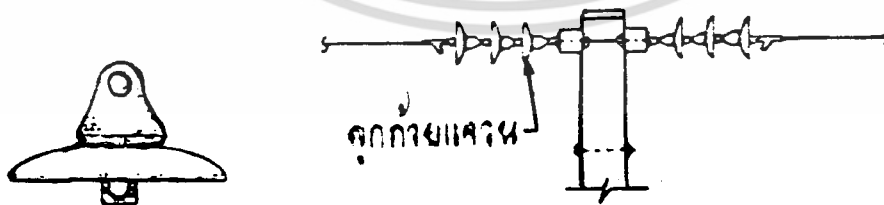
การประกอบใช้งาน



รูปที่ 3.4 ลูกถ้วยก้านตรง

2. ลูกถ้วยแขวน (Suspension หรือ strain type)

ตัวลูกถ้วยทำด้วย porcelain เป็นจานกลม มีโลหะยึด เพื่อสามารถต่อกันได้ ลูกถ้วยชนิดนี้ ส่วนมากใช้สำหรับยึดสายไฟฟ้า ตามแนวอนตันสุดท้าย (dead end) หรือต้นที่มีการต่อสาย ลักษณะการติดตั้งใช้งานสามารถนำมาต่อกันเป็นชั้น ๆ เพื่อเพิ่มค่าฉนวน



รูปที่ 3.5 ลูกถ้วยแขวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดสัญญาณรบกวน คลื่นวิทยุ จากลูกถ้วยนั้นก็มิมีลักษณะคล้ายที่เกิดกับสายตัวนำการเกิดกระแสเบรคดาวน์ ในทันทีทันใด ขึ้นอยู่กับความเค้นของแรงดันไฟฟ้าเมื่อเกิดการรั่วของกระแสไฟฟ้า เนื่องมาจากเกิดความสกปรก หรือความชื้นบนสายเคเบิล และมีความชื้นที่พื้นผิวของลูกถ้วยสูงหรืออาจเกิดจาก ลูกถ้วยมีรอยแตกร้าวที่ผิว

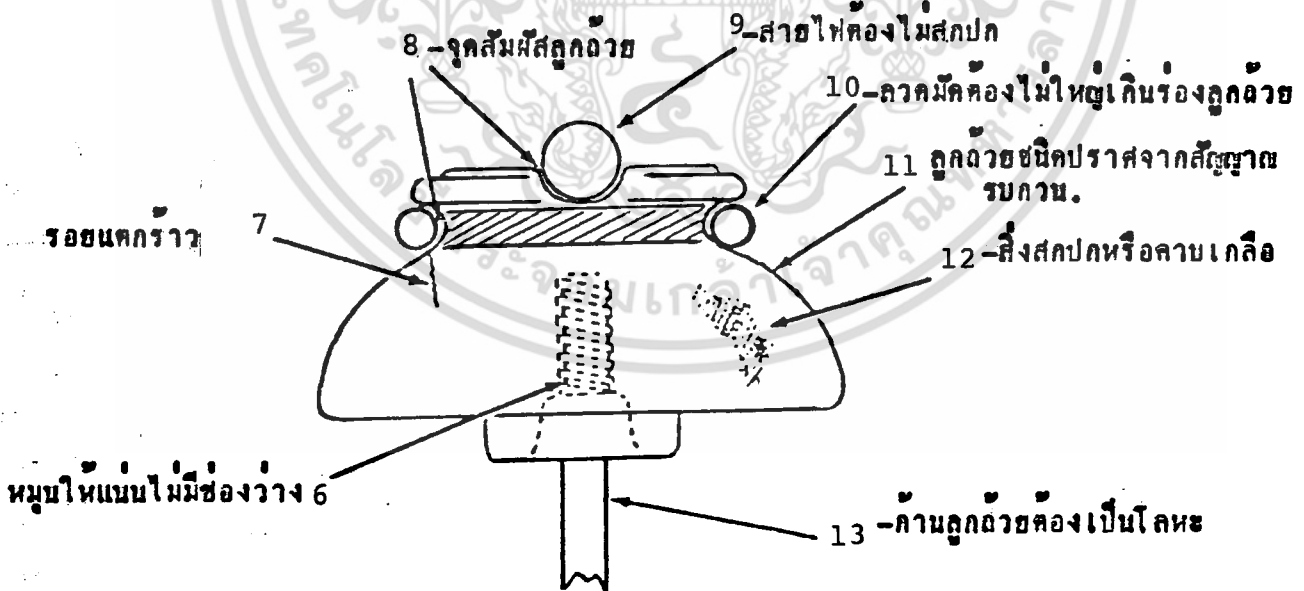
อีกประการหนึ่งที่จะเป็นสาเหตุของการเกิดการรบกวน ก็เนื่องจากการคายประจุ เป็นช่วง ๆ ซึ่งจะเกิดก็ต่อเมื่อลูกถ้วยกับก้านยึดลูกถ้วย หมุนชันไว้ไม่แน่นทำให้เกิดมีช่องว่างระหว่างก้านลูกถ้วยและลูกถ้วย จึงเกิดการโคตข้ามของประจุไฟฟ้าขึ้น

ในการจะทำการลดการรบกวน ที่เกิดจากลูกถ้วยจำเป็นจะต้องใช้เทคนิคพิเศษ ซึ่งวัสดุพิเศษและยังต้องมีอุปกรณ์ใส่เพิ่มเติมเข้าไป จากการตรวจสอบสาเหตุของการเกิดการรบกวนพบว่าเกิดจากการกระจายความเค้นของแรงไฟ เป็นไฟไม่สม่ำเสมอ แฉกไม่สม่ำเสมอไม่เป็นรูปแบบ ดังนั้นในการแก้ไขเราอาจจะใช้ลูกถ้วยที่ผลิตด้วยแก้วที่มีตัวนำอยู่ที่ผิวของลูกถ้วยและที่รูของแกนยึดลูกถ้วย ดังนั้นลูกถ้วยที่ไม่ต้องการจะให้เกิดสัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุจึงจำเป็นต้องระบุไว้ ให้ทำมาจากโรงงานเลย เช่น แบบ "silent type" แบบ "radio-free" แบบ "Radio proofed" ลูกถ้วยที่จะใช้เพื่อลดการเกิดการรบกวนนั้น จะต้องมีการทดสอบจากโรงงาน โดยเมื่อใช้กับแรงไฟขนาด 79kv จะต้องมิมีสัญญาณรบกวน ออกมาไม่เกิน 50µV [17]

สำหรับวัสดุพิเศษ ซึ่งเราสามารถนำมาช่วยป้องกันได้ ได้แก่ การทาด้วยตัวนำ บริเวณรอบ ๆ ลูกถ้วยใต้สายตัวไฟและลวดรัดสายไฟซึ่งเราอาจจะทาด้วยแปรง แล้วปล่อยให้แห้งจึงนำไปใช้ได้การกระทำเช่นนี้ จะช่วยให้ลดความเค้นของแรงไฟ และยังเป็นผลให้ลูกถ้วยสามารถใช้ได้ทนทานกว่าลูกถ้วยปกติ

สำหรับลูกถ้วยที่ใช้กับแรงเคลื่อนที่สูงมาก ๆ กว้านี้ ไม่สามารถใช้วิธีการนี้ได้ เพราะจะเกิดตัวนำขึ้นใกล้สายไฟเกินไป

ส่วนในกรณีที่มีวาล์วจะเกิดความสกปรกมาก เนื่องจากละอองคายเกลือ
ฝุ่นละอองควันจากโรงงานหรือฝุ่นจากท้องถนน กรณีดังกล่าวไม่เป็นอันตราย
เพราะถ้าเกิดฝนตกหนักติดต่อกันนาน ๆ ลูกล้างจะลากล้างไป แต่ในกรณีที่ฝน
ไม่ตกหนักหรือเกิดหมอกขึ้น ความสกปรกที่สะสมไว้จะเกิดความขึ้นขึ้นจนเป็น
สาเหตุของการเกิด สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุได้ การแก้ปัญหานี้เจ้าหน้าที่ทางการ
ไฟฟ้าจะต้องทำการล้างลูกล้างด้วยการใช้น้ำที่แรงดันสูงฉีดล้าง ซึ่งปัญหานี้
ที่พบบ่อยก็เป็น บริเวณที่มีโรงงานแบริ่งมัน ซึ่งไม่ใช่สาเหตุของการเกิดสัญญาณ
รบกวนอย่างเด็ดขาดแต่ยังเป็นสาเหตุ ให้เกิดไฟฟ้าดับขึ้นได้ สำหรับสายไฟที่
ไม่สามารถตัดไฟเพื่อทำความสะอาดได้ พนักงานที่ทำการฉีดล้างจะต้องต่อสาย
หัวฉีดลงดิน และสวมใส่ชุดป้องกันไฟฟ้าอย่างดี และต้องได้รับการอบรมมา
อย่างดี โดยใช้เวลาในการล้างในระยะเวลานั้น ๆ ในบางครั้งสิ่งสกปรก
ที่เคลือบอยู่ที่ผิว ของลูกล้างไม่สามารถชำระล้างด้วยแรงดันของน้ำได้
จึงจำเป็นต้องใช้ silicon เช่น insulcone เคลือบที่ผิวของลูกล้างก่อน
เมื่อทำการล้างสิ่งสกปรกก็สามารถออกได้ง่าย



รูปที่ 3.6 แสดงจุดกำเนิดสัญญาณรบกวนบนลูกล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการแก้ไขลูกถ้วยที่เกิดสัญญาณรบกวน สามารถทำได้ โดยการตรวจสอบ ดังนี้

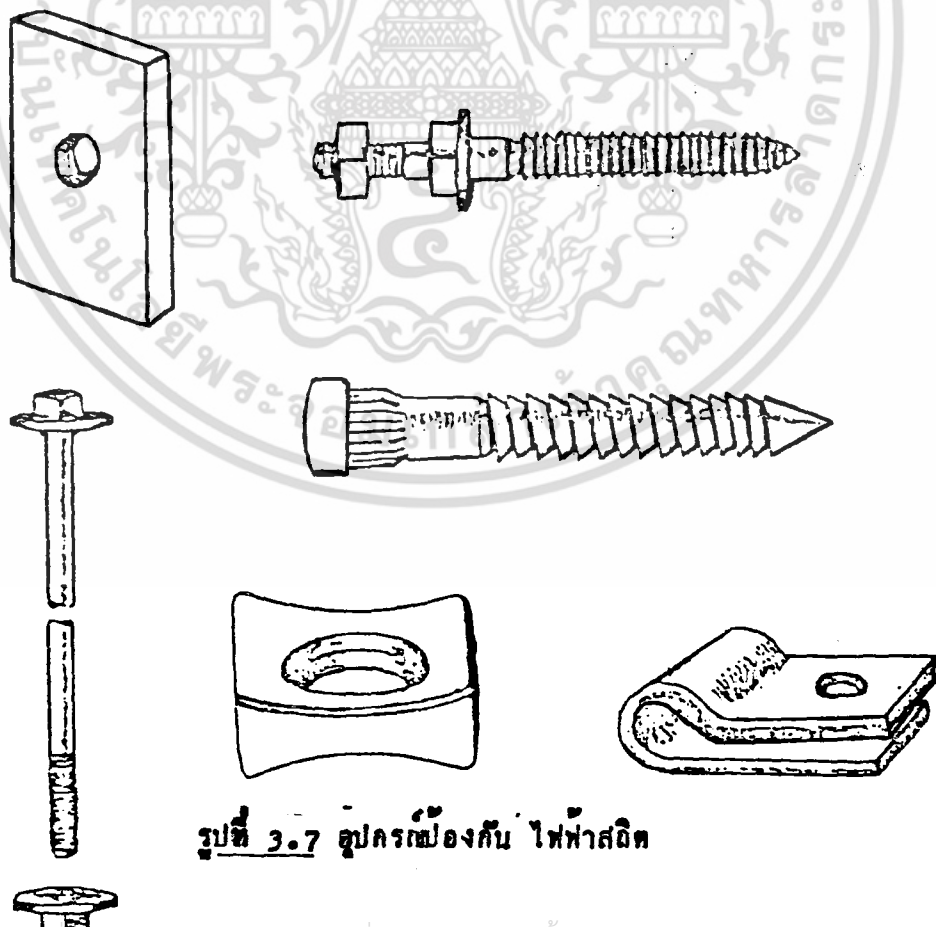
1. สำหรับการติดตั้งใหม่ หรือเมื่อต้องการเปลี่ยนลูกถ้วยใหม่ ให้กำหนดใช้แต่ลูกถ้วยที่สามารถป้องกันการเกิด สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุ ทั้งตัวลูกถ้วยและ ก้านยึดลูกถ้วยด้วย
2. ในพื้นที่ที่มีหมอก ความเค็มจากอากาศ ฝุ่นละอองมากหรือควันจาก โรงงาน จะต้องทำการฉีดล้างด้วยน้ำที่มี แรงดันสูงโดย ทำอย่างสม่ำเสมอ
3. ก่อนการติดตั้งจะต้องมีการตรวจสอบลูกถ้วยก่อน ให้อยู่ในสภาพที่ดี และมีการรบกวนไม่เกินที่กำหนด
4. ก้านลูกถ้วยโลหะที่ใช้ต้องมีขนาดพอดีกับลูกถ้วย เพื่อป้องกันการหลวม หรืออาจจะใช้ยางมะตอย ด้านในของลูกถ้วย เพื่อลดการรบกวนคลื่นวิทยุ แต่ วิธีนี้ใช้ได้แค่ชั่วคราวไม่สามารถช่วยได้ถาวร
5. ในพื้นที่ที่มีความเค็ม และความชื้นในอากาศสูง เนื่องจากหมอก จะต้องใช้ลูกถ้วยพิเศษ ซึ่งสามารถทนต่อศักดาไฟฟ้าได้สูงกว่าลูกถ้วยทั่วไป
6. ทำการต่อสายดิน ให้กับก้านยึดลูกถ้วย
7. ใช้ลวดรัดสายที่มีขนาดพอเหมาะ เพื่อป้องกันการแตกเสียหาย ต่อลูกถ้วย
8. เพื่อป้องกันการเกิดการรบกวนจาก สิ่งสกปรกจากฝุ่น หรือการเกิด สนิมผุกร่อนที่จุดรัดสายให้ทาผิวด้วยสีตัวนำ
9. ถ้าแรงไฟฟ้าสูงกว่า 23kv ให้ยึดกับลูกถ้วยที่ส่วนบนของลูกถ้วย เพื่อทำให้เกิดสัมผัสของตัวนำมากขึ้น
10. ที่เสาตอนปลาย ซึ่งต้องมีการโตัดสาย ต้องใช้ลูกถ้วยจานขนาด 6 นิ้ว 2 ตัว แทนขนาด 10 นิ้ว 1 ตัว สำหรับแรงไฟ ขนาด 2 ถึง 4 kv และขนาด 6 นิ้ว 3 ตัว แทน 10 นิ้ว 2 ตัว กับแรงไฟ ขนาด 7 ถึง 10kv
11. ในกรณีใช้ลูกถ้วยแขวนในสายไฟ ขนาด 24 ถึง 65kv ให้ใส่สปริง แค้มที่ข้อต่อของลูกถ้วย แต่ไม่สามารถใช้ได้ถาวร เพราะสปริง แค้มอาจเสื่อมสภาพได้ แต่อาจใช้แปรงแสตนเลสใส่เพิ่มทำให้สามารถใช้ได้นานขึ้นมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑.๓.๓ สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุที่เกิดจากเครื่องโลหะต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของเสาไฟฟ้า

1. ก้านยึดลูกถ้วยอยู่ใกล้กับโลหะอื่น ๆ
ทำการแก้ไข ให้ระยะห่าง อย่างน้อย $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ในกรณี
ตัวกลางเป็นอากาศ และระยะห่าง 2 นิ้ว เมื่ออยู่บนไม้
2. อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า, ตัวยึดพิวส์ อยู่ใกล้กับโลหะอื่น ๆ
ทำการแก้ไข ให้ระยะห่างเป็น หนึ่งนิ้วครึ่ง ในตัวกลางเป็น
อากาศ ระยะห่าง สองนิ้ว เมื่ออยู่บนไม้ และระยะห่างเป็น
สามนิ้ว ในบริเวณที่สกปรก มีการเปื้อนเปียกมาก ๆ
3. ตัวหม้อแปลงอยู่ใกล้โลหะอื่น หรือสายดิน
ก็ต้องจัดระยะห่าง ให้ไม่น้อยกว่า หนึ่งนิ้วครึ่ง ในตัวกลาง
เป็นอากาศ สองนิ้ว เมื่ออยู่บนไม้ และ สามนิ้ว ในบริเวณ
ที่สกปรกมีการเปื้อนเปียกมาก ๆ
4. สายยึดเสาก็ต้องจัดระยะห่าง ให้อยู่ห่างจากโลหะอื่น ๆ
เช่นเดียวกัน
5. ในกรณีที่มีการยึดเสาต้นเดียวกัน ด้วยสายมากกว่าหนึ่งเส้น
ให้ทำการแยกแผ่นเหล็กยึดเสาออกจากกัน
6. สายยึดเสาที่มีสภาพหย่อน ต้องมีการปรับให้ตึง
7. สายยึดเสาที่มีอยู่ใกล้กับสายไฟเกินไป ต้องเปลี่ยนระยะห่าง
ใหม่แล้วปรับให้ตึง
8. สายยึดเสาที่ไม่จำเป็น ให้ถอดสายยึดเสาส่วนเกินนั้นออก

9. โลหะยึดอุปกรณ์แสงสว่างไฟฟ้าถนน อยู่ใกล้เครื่องโลหะอื่น ๆ หรือท่อโลหะ ก็ต้องรักษาระยะห่างให้ได้มาตรฐาน
10. แกนลูกถ้วยเป็นสนิม ทำการเปลี่ยนใหม่ โดยระบุให้ใช้ชนิดที่ทนทานมีการป้องกันการเกิดสนิม
11. เหล็กกาทะบาด ยึดไม้คอนเป็นสนิมหรือหลวม ใช้ชนิด ชนิดป้องกันไฟฟ้าสถิตย์เป็นตัวยึด หรือ ช่อมตัวยึด ให้แน่นถาวร หรือใช้ไม้เป็นตัวยึดแทน
12. เครื่องโลหะต่าง ๆ ที่ใช้ในการยึดจับเกิดหลวม เนื่องจากไม้หดตัว หรือเกิดจากลมพัด ให้เลือกใช้อุปกรณ์ เหล่านั้นชนิดที่เป็นแบบ static proof



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ป้องกัน ไฟฟ้าสถิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 สัญญาณรบกวนคลื่นวิทยุ ที่เกิดจากการ SWITCH GEAR และอุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายไฟ

1. ฟิวส์ เป็นสนิม หรือหลวม
เปลี่ยนใช้ฟิวส์ ที่มีปลอกขั้วที่สามารถต้านการกร่อน เป็นสนิม และตรวจสอบการยึดฟิวส์ จะต้องอยู่แน่นกับตัวยึดฟิวส์
2. หม้อแปลง ชัดข้อง ฉนวนป้องกันชำรุด
ทำการตรวจสอบโดยตรวจระดับน้ำมัน ตรวจสอบสภาพของหม้อแปลง และทดสอบการใช้งาน
3. ส่วนของสวิตช์อยู่ใกล้กับเครื่องโลหะอื่น ๆ เกินไป
รักษาระยะห่างให้ได้มาตรฐาน
4. เกิด โคโรน่า ที่สายไฟแรงสูง
ให้หลีกเลี่ยงส่วนที่ยื่นแหลมของสายไฟ โดยทำให้เป็นรูปของปลายโค้ง
5. เกิด โคโรน่า ที่สวิตช์
เลือกใช้สวิตช์ที่มีค่าทนแรงดันไฟฟ้า ให้ถูกต้องตามที่ใช้งาน หรือหลีกเลี่ยง การเกิดขอบที่แหลมตามจุดต่าง ๆ บนสวิตช์ และอุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ
6. สัญญาณรบกวนที่เกิดจาก อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า
ให้ทำการเปลี่ยนใหม่

3.4 เสียงของการรบกวนที่เกิดขึ้น

เราสามารถแยกสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์ต่าง ๆ และจากสายไฟฟ้าแรงสูงโดยอาศัยคุณสมบัติของเสียงที่รับฟังได้ จากเครื่องรับวิทยุ โดยอาศัยประสบการณ์ในการฟังเป็นตัวแบ่งแยก เสียงที่เกิดจากโคโรน่าจะมีลักษณะเหมือนการทอดดั่งต่อเนื่อง แต่อาจมีการหยุดแบบเฉียบพลันเป็นช่วง ๆ ก็ได้ ส่วนสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการโดนข้ามช่องว่างที่ตัวกลางเป็นอากาศทุกชนิด และช่องว่างที่เกิดการผูกרון เสียงที่เกิดขึ้นจะดังเบิซท ซึ่งจะเกิดตลอดเวลาหรือเป็นช่วง ๆ แต่จะมีระดับเสียงสูงกว่าของโคโรน่า สำหรับสัญญาณรบกวนที่เกิดจากจุดต่อ จุดสัมผัสไม่ดี หรืออุปกรณ์โครงเหล็กของเสาต่าง ๆ เกิดการหลวม จะทำให้เกิดเป็นเสียง ชีพ ๆ เป็นช่วง ๆ หรือเสียงเบือ ๆ ตลอดเวลา หรือ ปลือก ๆ เสียงของคอมมิวเตเตอร์ดังหึ่ง และเปลี่ยนแปลงระดับเสียงตามความเร็วเสียงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ดังแกรก ๆ เป็นเสียงอัมที่มีระดับเสียงสูง เสียงจากการจุดระเบิดของเครื่องยนต์จะดังบับ ๆ เป็นห้วง กระแทกรก ๆ โดยเสียงจะเปลี่ยนตามรอยของเครื่องยนต์

ลักษณะของเสียงรบกวนที่เกิดขึ้นจะสามารถบ่งชี้ขอบพร้อมของอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ

ลักษณะของเสียง	ต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน
1. นาน ๆ ครั้งหนึ่งจะเกิดสัญญาณรบกวน	- เจนเนอ์เตอร์ของเครื่องยนต์ดีเซล - หม้อแปลงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเสียง	ต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน
2. เสียงดังฉับเหมือนเสียงทอดอาหาร ซึ่งอาจจะต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง และปนด้วยเสียงฮัมของอาร์โมนิคของเพาเวอร์	<ul style="list-style-type: none">- หลอดฟลูออเรสเซนต์- เครื่องชาร์จแบตเตอรี่- การอาร์คของเมอร์คูรี เรคตีไฟเออร์- การทำงานของเอส ซี อาร์- วงจรที่กราวด์ของวิทยุกับเพาเวอร์แยกกัน- ผลจากกราวด์ในฤดูแล้ง- กระจกฟิวส์ร้อนหรือไหม้- หน้าสัมผัสของสวิตช์หรือเบรกเกอร์ร้อนหรือไหม้- ฉนวนเปียกชื้น เช่น สายไฟขาดต้นไม้ในช่วงที่มีความชื้นสูง- อุปกรณ์ในเครื่องทำความร้อนบกพร่อง- หลอดไฟชนิดไส้ เมื่อไส้หลอดขาดแต่ยังสัมผัสกัน หรือขั้วหลอดหลวม
3. เสียงดังฉับเหมือนทอดอาหาร เป็นเสียงฮัมของอาร์โมนิคของเพาเวอร์ โดยเกิดและหยุดเป็นช่วง ๆ	<ul style="list-style-type: none">- เทอร์โมสแตท- เครื่องรักษาระดับแรงไฟฟ้าสลับ- การทำงานของมอเตอร์ขณะเริ่มทำงาน- อุปกรณ์ของเครื่องทำความร้อนบกพร่อง- หลอดไฟชนิดไส้เมื่อไส้หลอดยาวแต่ยังสัมผัสกัน หรือขั้วหลอดหลวม- เครื่องเอ็กซ์เรย์- เครื่องผลิตรังสีไอโอเล็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของเสียง	ต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน
4. เสียงเหมือนแมลงบรีอ ๆ	<ul style="list-style-type: none">- มอเตอร์เล็ก ๆ ที่มีคอมมิวเตเตอร์ เช่น- เครื่องโกนหนวด- ล้วนไฟฟ้า- เครื่องดูดฝุ่น- ถ้ารวมเสียงมีการเปลี่ยนแปลง จากช้า พุก - พุก จนเร็วขึ้นมา เป็นเครื่อง ยนต์หรือมอเตอร์ ชนิดที่เปลี่ยนรอบ ความเร็วของคอมมิวเตเตอร์- เครื่องยนต์เบนซิล
5. เสียงดังกริกแบบไม่แน่นอน โดยมีระดับความเข้มหลายระดับ	<ul style="list-style-type: none">- สวิทช์ที่เริ่มจะปิดหรือเปิด- การเสียบปลั๊กหรือถอดปลั๊ก- เทอร์โมสแตท- ไดแอ็ลของโทรศัทพ์- อุปกรณ์ที่ไม่ได้ต่อกราวนด์
6. เสียงดังกริกสม่ำเสมอ หรือดังตึก ๆ ๆ ๆ	<ul style="list-style-type: none">- เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ เฟนซ์ ความถี่ช่วงละ 1 วินาทีของนาฬิกา
7. เสียงดังฮิส หรือซิดเบา ๆ ซึ่งปน หรือไม่ปนกับฮัม ผสมสัญญาณกัน	<ul style="list-style-type: none">- ช่วงอากาศแห้ง เหมือนสัญญาณรบกวน จากวิทยุที่ปิดสถานี- หลอดนีออนโฆษณา ในช่วงอากาศแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

เครื่องมือที่ใช้ในการช่วยค้นหาแหล่งกำเนิด

สัญญาณรบกวน

4.1 ลักษณะของเครื่องมือ

เครื่องมือที่จำเป็นที่สุดสำหรับการหาสัญญาณรบกวนนั้นได้แก่ เครื่องรับวิทยุ ซึ่งเครื่องรับวิทยุควรจะได้รับได้ ในย่านความถี่ 0.54 ถึง 100 MHz แต่ในการที่จะใช้เครื่องรับที่มีขายในท้องตลาด จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเพิ่มเติมอีกเล็กน้อย ก็สามารถนำมาใช้ค้นหาแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้ โดยเครื่องรับวิทยุ ควรเป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้ สะดวก และทำงานโดยใช้แบตเตอรี่แห้งขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในสถานที่ ซึ่งรถยนต์ไม่สามารถเข้าถึงได้ สำหรับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นตลอดย่านความถี่ เช่น ที่มาจาก ระบบไฟฟ้าแรงสูง เครื่องรับวิทยุแบบธรรมดาที่ขายในท้องตลาดจึงสามารถรับได้ แต่สำหรับความถี่ที่สูงกว่าการรับของ AM และ CW ก็จำเป็นต้อง ใช้เครื่องรับวิทยุที่รับได้ย่านสูง กว่า ซึ่งเครื่องรับวิทยุ อาจจะต้องติดตั้ง ในรถยนต์ แล้วต่อเข้ากับสายอากาศ สำหรับ ค้นหา การรบกวน ที่อยู่บนหลังคารถยนต์ซึ่งจะดีกว่าที่ติดอยู่กับที่กันชน

4.2 เครื่องรับวิทยุ

ในการทำงานของเครื่องรับวิทยุ จะต้องทำงานโดยไม่ใช้การควบคุม การขยายอัตโนมัติ (AGC) และมีมิเตอร์บอกระดับ มิลลิโวลท์หรือหุฟฟ์ เพื่อสามารถ ฟังเสียงของการรบกวนที่ค้นหาได้ ซึ่งเราอาจจะสรุปความต้องการของเครื่องมือ ที่ใช้ในการค้นหาสัญญาณรบกวน ได้ดังนี้

1. ไม่จำเป็นต้องรับคลื่นได้แถบความถี่แคบ ๆ
2. ไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพเสียงดีเลิศ
3. ต้องการเครื่องที่มีความไว ในการรับสูง และสามารถลดความไว ให้มีค่าต่ำลงมาได้
4. ไม่จำเป็นต้องรับความถี่ที่ต้องการรับได้คงที่ดีมาก
5. สามารถควบคุมการขยายของภาครับได้ หรือจะไม่ควบคุมเอง แต่ให้เป็นอัตโนมัติก็ได้

6. ต้องการเครื่องที่มีความแข็งแรงทนทาน
7. มีการป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายในเครื่อง ไม่ให้แพร่ออกสู่ภายนอก
8. มีภาคแสดงระดับความแรงของสัญญาณ เพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในการวัด
9. ไม่ต้องการเครื่องที่มีวงจรตัดเสียงรบกวนได้
10. ต้องการให้ภาคสุดท้ายมีลำโพง หรือหูฟัง
11. ทำงานได้ด้วย แบตเตอรี่ที่สามารถ ถู้อ หรือ หิ้ว ไปมาได้สะดวก
12. ไม่จำเป็นต้องปรับความถี่ได้ถูกต้องแม่นยำ

เครื่องรับวิทยุนี้เรานำมาใช้งานเพื่อประโยชน์ในการค้นหาสัญญาณรบกวน

2 อย่าง ด้วยกันคือ

- เพื่อรับฟังชนิดของเสียงรบกวนที่เกิดขึ้น จากเสียงของสัญญาณรบกวน ทำให้สามารถหาแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้ง่ายขึ้น ซึ่งมีรายละเอียดอยู่ในบทที่ 3 หัวข้อ 3.4

- เพื่อบอกระดับถึงความแรงของกการรบกวน จากความดังมากหรือน้อย เมื่ออยู่ใกล้แหล่งกำเนิดการรบกวน

เครื่องรับวิทยุที่มีการดีเทคแบบ เอเอ็ม จะฟังการรบกวนได้ชัดเจนมากกว่าการดีเทคแบบอื่น ๆ

วิทยุที่ใช้ควรมีขนาดเล็กเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้ายออกค้นหาสัญญาณรบกวน และยังสามารถรับสัญญาณได้ย่านความถี่กว้าง เพื่อจะได้รับสัญญาณรบกวนในความถี่ที่ใกล้เคียงกับเครื่องรับวิทยุสื่อสารประจำสถานี

4.3 สายอากาศ และ อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการรบกวน

ในการที่จะใช้สายอากาศวัดผล ของการรบกวนที่เกิดขึ้น จะต้องคำนึงถึง จุดประสงค์ของการวัดและทดสอบ ถ้าต้องการจะวัดสัญญาณ เพื่อหาแหล่งกำเนิด ของสัญญาณรบกวนจะต้องเลือกใช้สายอากาศแบบที่สามารถกำหนดและควบคุมทิศทาง ในการรับสัญญาณของสายอากาศได้ แต่ถ้าจะวัดเพื่อการทดสอบ อุปกรณ์ต่าง ๆ ว่ามี คุณสมบัติที่จะทำให้เกิดการรบกวนมากน้อยแค่ไหน ก็จะต้องเลือกใช้สายอากาศอีก ประเภทหนึ่ง ซึ่งสามารถกำหนดมาตรฐานความแรงของสัญญาณได้ ในแต่ละความถี่ ดังนั้นในการใช้สายอากาศจึงมีหลัก ในการเลือกให้เหมาะสมดังนี้ [*] [16]

4.3.1 การเลือกชนิดของสายอากาศ

ชนิดของการทดสอบ		ย่านความถี่	ชนิดของสายอากาศ
ชนิดของมาตรฐาน	ลักษณะของการปล่อยคลื่น		
FCC15	การแพร่กระจายคลื่น (Radiated)	20MHz-200MHz 28MHz-1000MHz 100MHz-1100MHz	ไบโคนิคอน (Biconical) ไดโพล (Dipole) ล็อกพีริโอดิก(Log Periodic)
	การคลื่นนำ (Conducted)	450KHz-30MHz 450KHz-100MHz	(Line Probe) (LISN)

[* Antennas and Accessories for EMI/RFI testing EMCO

The Electro - Mechanics Company Copy right]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของการทดสอบ		ย่านความถี่	ชนิดของสายอากาศ
ชนิดของมาตรฐาน	ลักษณะของการปล่อยคลื่น		
FCC18	การแพร่กระจายคลื่น (Radiated)	10KHz-200MHz	ไบโคนิคอน (Biconical)
		1GHz-18GMHz	(Double Ridgeride)
		28GHz-1000MHz	(Dipole)
VDE 0871,0875	การแพร่กระจายคลื่น (Radiated)	100MHz-1100MHz	(Log Periodic)
		30Hz-50MHz	(Active Rod Field)
		10KHz-300MHz	(Active Loop Magnetic Field)
VDE 0871,0875	การแพร่กระจายคลื่น (Radiated)	28MHz-1000MHz	ไดโพล (Diple)
		100MHz-1000MHz	(Log Periodic)
		10MHz-30MHz	Active LOP Magnetic Field
SAE J 113	การซึมซับ (Susceptibility) ของการแพร่กระจายคลื่น	10MHz-30MHz	Active LOP Magnetic Field
		10KHz-100MHz	LISN
		200MHz-1000MHz	Conical Log Spiral
SAE J 113	การซึมซับ (Susceptibility) ของการแพร่กระจายคลื่น	30Mhz-300MHz	Biconical, High Power
		10KHz-100MHz	LISN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MIL-STD 461	การแพร่กระจายคลื่น	200MHz-1000MHz 20MHz-200MHz 30Hz -50MHz 20Hz -50KHz 0.1Hz-50KHz	Conical Log Spiral Biconical Active Rod Electric Magnetic Field Pick Magnetic Field Intensity Meter
	การนำคลื่น	10KHz-100MHz	LISN
MIL-STD 285	ความเข้มสนามไฟฟ้า	1KHz-50MHz	Set of Ref Antennas
	ไมโครเวฟ	1GHz-10GHz 1GHz-40GHz	Conical Log Spiral Double Ridge Guide
	ความเข้มสนามแม่เหล็ก	1KHz-30MHz	Set of Loop Antennas
	ระนาบของคลื่น (Plane Wave)	28MHz-1000MHz 100MHz-1000MHz	Dipole Set Conical Log Spiral
TEMPEST	การแพร่กระจายคลื่น	200MHz-10GHz 20MHz-200MHz 28MHz-1000MHz 100MHz-1100MHz 30Hz-50MHz	Conical Log Spiral Biconical Dipole Log Periodic Active Rod Electric
	การนำคลื่น	5KHz-1GHz	PLISN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของระดับสัญญาณในการทดสอบแบบต่างๆ

มาตรฐานของการทดสอบ	ชนิดของการปล่อยคลื่น	ความถี่	ความแรงของสัญญาณ	ระยะความห่าง
FCC A	การนำคลื่น	0.45-1.6 MHz	60 dB μ v	
		1.6 - 30 MHz	69 dB μ v	
FCC B	การนำคลื่น	0.45 - 30 MHz	48 dB μ v	10 เมตร
FCC A	การแพร่กระจายคลื่น	30 - 88 MHz	39 dB μ v	10 เมตร
		88 - 216 MHz	43.5 dB μ v	10 เมตร
		216 - 1000 MHz	46.5 dB μ v	10 เมตร
	การแพร่กระจายคลื่น	30 - 88 MHz	29.5 dB μ v	30 เมตร
		88 - 216 MHz	34 dB μ v	30 เมตร
		216 - 1000 MHz	37 dB μ v	30 เมตร
FCC B	การแพร่กระจายคลื่น	30 - 88 MHz	40 dB μ v	3 เมตร
		88 - 216 MHz	43.5 dB μ v	3 เมตร
		216 - 1000 MHz	46 dB μ v	3 เมตร

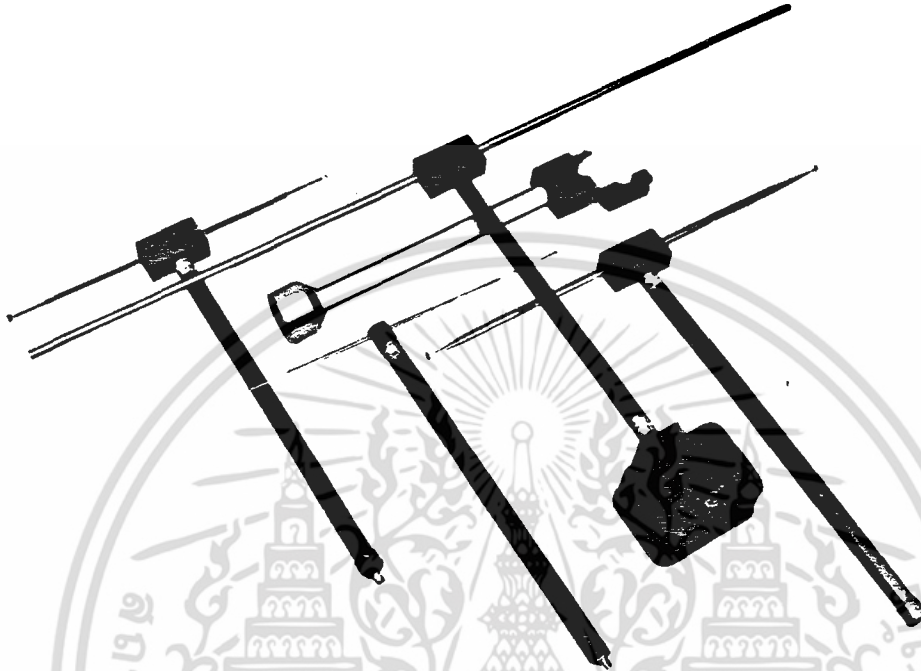
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานของการทดสอบ	ชนิดของการปล่อยคลื่น	ความถี่	ความแรงของสัญญาณ	ระยะความห่าง
VDE A	การนำคลื่น	10 - 150 MHz	89 - 67.5 dB μ v	
		150 - 500 MHz	60 dB μ v	
		0.5 - 30 MHz	58 dB μ v	
	การแพร่กระจายคลื่น	0.01 - 30 MHz	101.5 - 53 dB μ v	3 เมตร
		0.01 - 30 MHz	32 dB μ v	100 เมตร
		30 - 41 MHz	52 dB μ v	30 เมตร
		41 - 68 MHz	27.5 dB μ v	30 เมตร

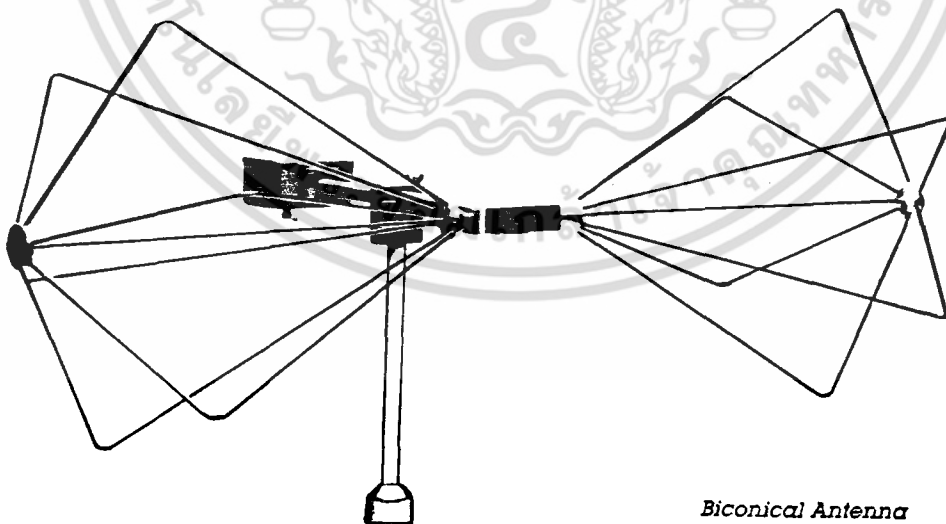
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 รูปร่างของสายอากาศแบบต่าง ๆ

รูปที่ 4.1 สายอากาศไดโพล **Dipole**



รูปที่ 4.2 สายอากาศไบโคนิคอล **Biconicals**



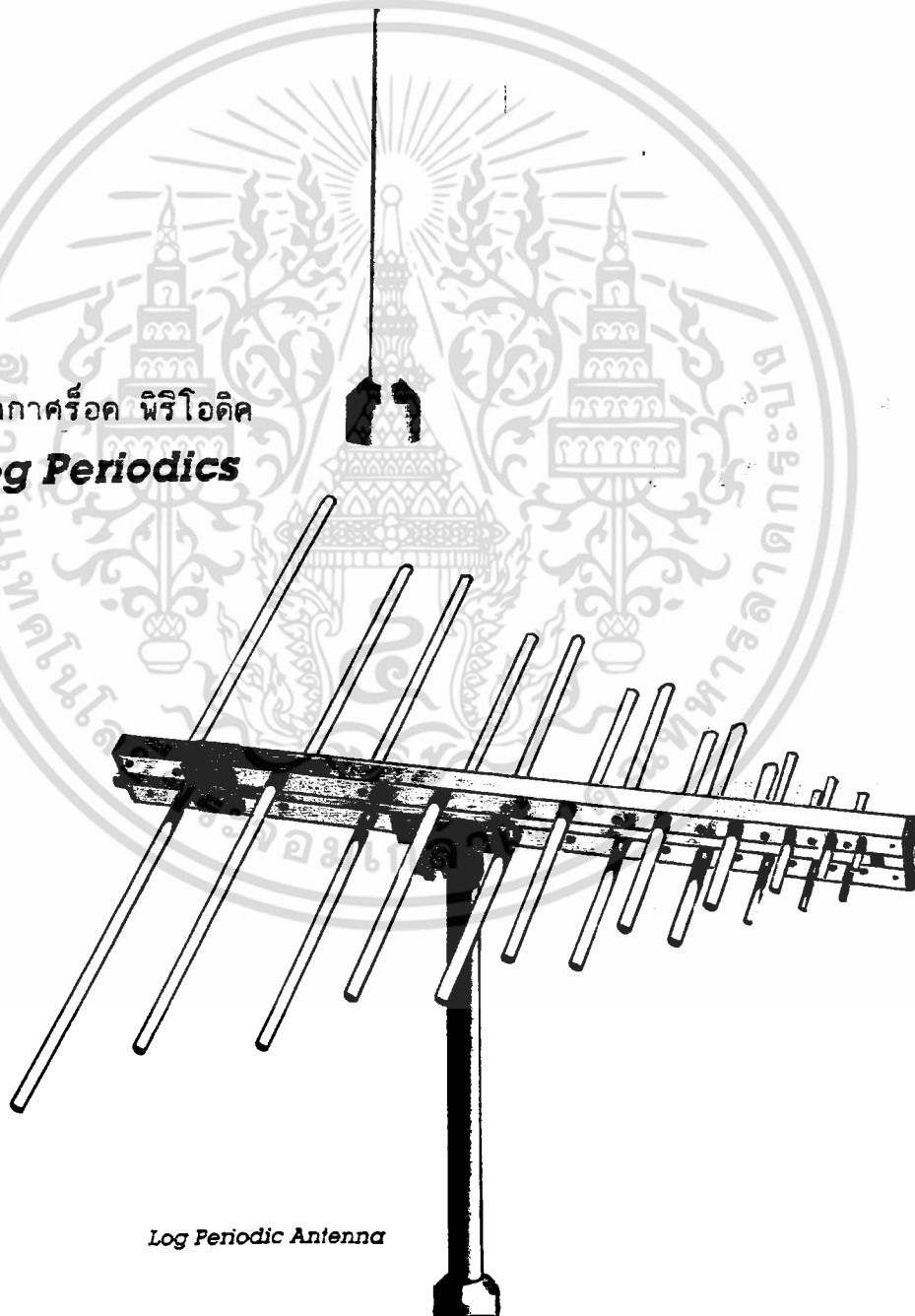
Biconical Antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 สายอากาศโคเนคอลล็อกสไปเรียล **Conical Log Spirals**



รูปที่ 4.4 สายอากาศรีด นิริโอดิค **Log Periodics**

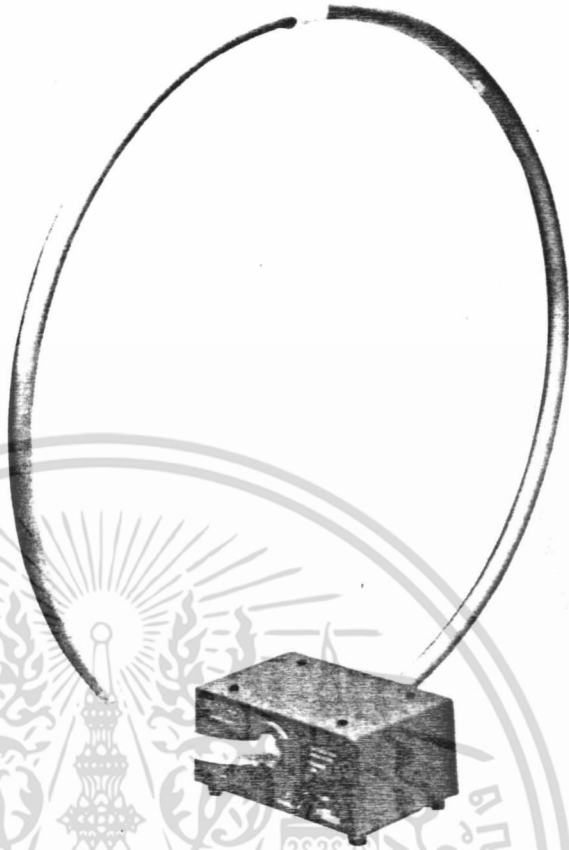


Log Periodic Antenna

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 สายอากาศลูป

Loop Antennas



รูปที่ 4.6 สายอากาศสำหรับวัดไฟฟ้าและแม่เหล็กใกล้ ๆ

E & H Near-Field Probes



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 สายอากาศลูป (Loop Antenan)

เป็นสายอากาศที่มีคุณสมบัติที่ดีเหมาะสำหรับใช้เป็นสายอากาศหาทิศทางหนึ่ง แต่ถ้าจะให้ได้มุมทิศถูกต้องจะต้องใช้สายอากาศที่มีขนาดเล็ก ๆ ประมาณ 0.01 ของความยาวคลื่นหรือน้อยกว่า แต่ผลของสายอากาศที่มีขนาดเล็กก็ทำให้ในการรับสัญญาณน้อยลง ดังนั้นอัตราการขยายจึงมีน้อยตามไปด้วย

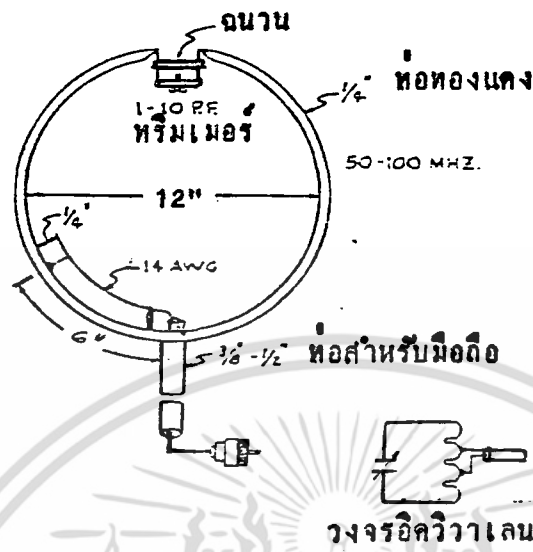
สำหรับการทดลองค้นหาสัญญาณรบกวนนี้จำเป็นจะต้องใช้สายอากาศทั้งที่มีอัตราการขยายสูง และอีกทั้งต้องการสายอากาศที่มีมุมทิศถูกต้องแน่นอน จึงจำเป็นต้องสร้างสายอากาศขึ้นมาหลายขนาด



รูปที่ 4.7 รูปของสายอากาศลูปที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ค้นหาสัญญาณรบกวน

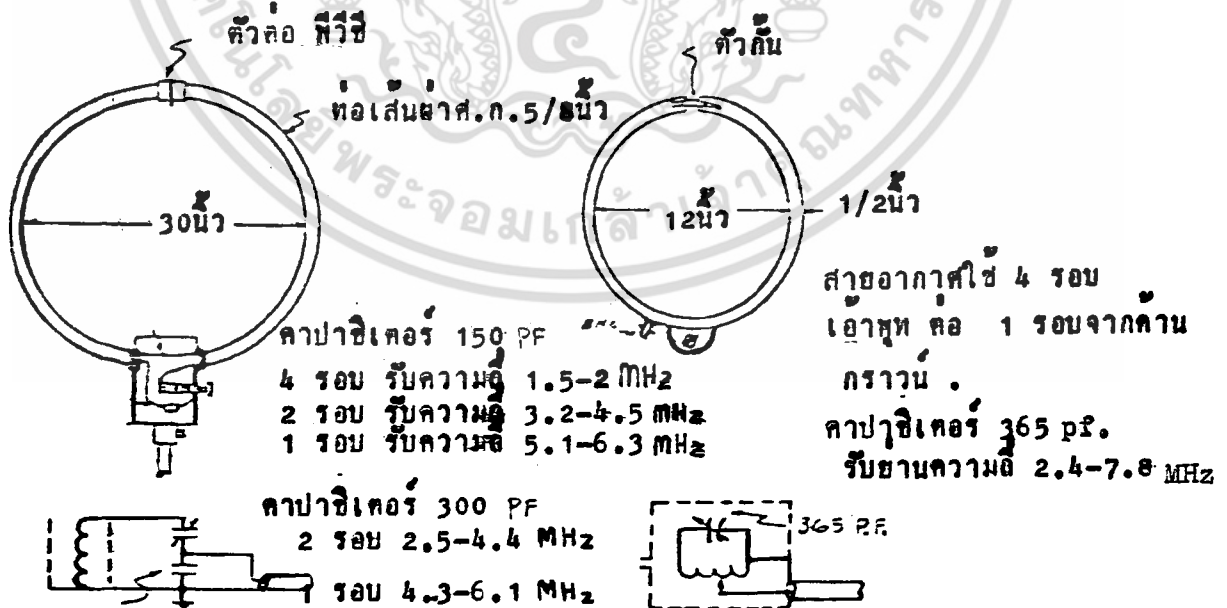
สายอากาศลูปที่ต้องการให้ได้อัตราการขยายดี ๆ ต้องมีขนาดใหญ่ถึง $1/4$ ของความยาวคลื่นต่อต้าน ซึ่งที่ความถี่ต่ำ ๆ จะทำให้สายอากาศ มีขนาดใหญ่เกินไปในการใช้งาน

เราอาจจะใช้ คาปาซิเตอร์ช่วยปรับแต่ง โดยต่อคาปาซิเตอร์ดังรูป



รูปที่ 4.8 สายอากาศลูปที่ใช้คาปาซิเตอร์ช่วยลดขนาดลง

สายอากาศลูปสามารถรับความถี่ต่ำได้ถึง 50 MHz โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางของลูปเพียง 12 นิ้ว ใช้คาปาซิเตอร์ประมาณ 10 pF แต่ถ้าเราเพิ่มค่าคาปาซิเตอร์มากขึ้น ค่าความถี่ รีโซแนนท์ก็ต่ำลง แต่ผลของอัตราขยายของสายอากาศก็จะลดต่ำลงตาม



รูปที่ 4.9 รูปสายอากาศลูปแบบ ซิลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

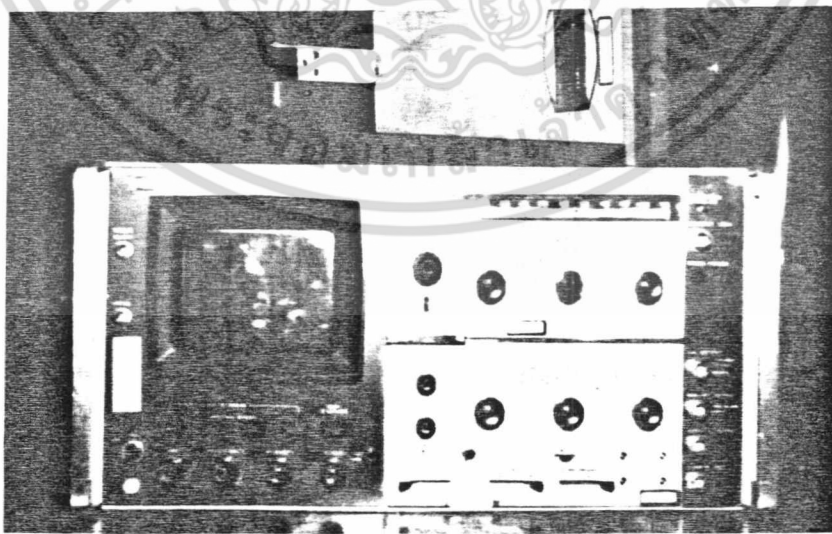
สายอากาศแบบ ซีลท์ ดังรูป จะสามารถลดขนาดของสายอากาศลงได้มากโดยสายอากาศขนาด 2 ฟุต จะสามารถรับได้ในย่าน 1.5 MHz ถึง 4 MHz ถ้าขนาด 1 ฟุต จะสามารถรับได้จากความถี่ 4 MHz ถึง 18 MHz และขนาด 6 นิ้ว จะสามารถรับความถี่จาก 18 MHz ถึง 36 MHz

4.3.4 สายอากาศ ยากิ (Yagi)

สายอากาศยากิ เป็นสายอากาศแบบ อาเรย์ โดยการจัดวางสายอากาศให้รับสัญญาณได้ดีในทิศทางหนึ่ง แต่ลดการรับสัญญาณในทิศทางตรงข้ามลง โดยสายอากาศเป็นแบบ ไดโพล จะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ซึ่งจากการที่สายอากาศมีอัตราขยายสูงในทิศทางเดียว จึงเหมาะที่จะใช้ค้นหาสัญญาณรบกวนที่มีระดับสัญญาณต่ำ ๆ แต่ถ้าการรับสัญญาณที่ความถี่ 27 MHz ขนาดของสายอากาศ ต้องมีความยาวถึง 12 ฟุต และใช้อิลีเมนต์ อย่างน้อย 3 อิลีเมนต์

ดังนั้นสายอากาศนี้ จึงไม่เหมาะสำหรับการค้นหาสัญญาณรบกวนที่ความถี่ต่ำ ควรจะใช้ตั้งแต่ความถี่สูงกว่า 50 MHz ขึ้นไป แต่ถ้าเราใช้สายอากาศของความถี่สูงมารับที่ความถี่ต่ำ ๆ ก็ยังคงรับสัญญาณได้ดี แต่ทิศทางของการรับสัญญาณจะผิดไปจึงทำให้เกิดความผิดพลาดของการหาแหล่งสัญญาณรบกวน

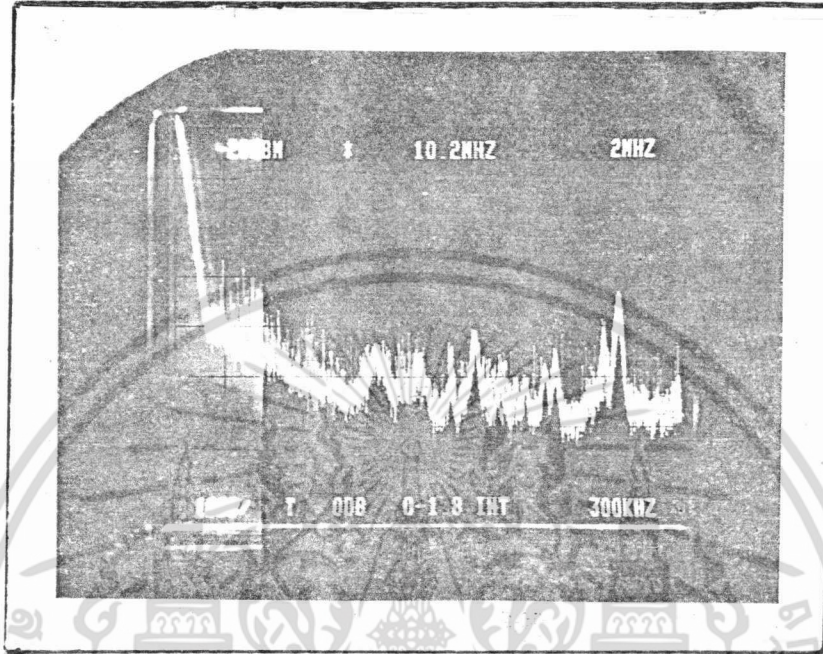
4.4 เครื่องฟรีควอนซี สเป็คตรัม (Frequency Spectrum)



รูปที่ 4.10 เครื่องฟรีควอนซี สเป็คตรัมที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

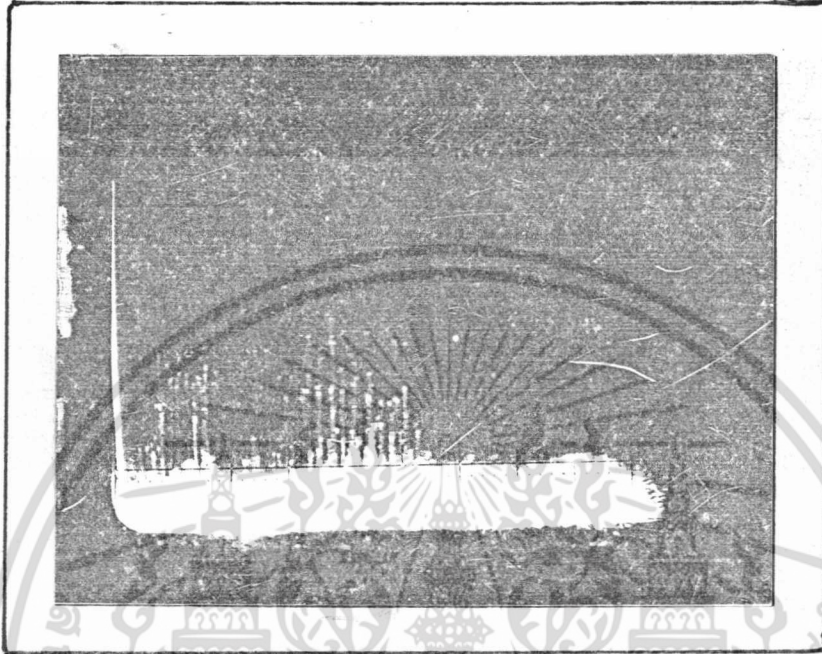
4.4.1 ลักษณะของสัญญาณรบกวนที่วัดได้จากจอภาพของเครื่องฟรีควอนซีสเปคตรัม



รูปที่ 4.11 สัญญาณรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงที่รบกวนสัญญาณวิทยุ

จากรูปจะเห็นลักษณะของสัญญาณรบกวนที่ปรากฏบนจอเครื่องฟรีควอนซีสเปคตรัมอนาล็อยเซอร์ มีระดับสัญญาณสูงกว่าระดับสัญญาณวิทยุมาก และการเกิดการรบกวนมีความหนาแน่นของการเกิดสูงมาก ทำให้เป็นอุปสรรคในการสื่อสารทางวิทยุมาก ภาพของการรบกวนนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่ามีลักษณะของสัญญาณมองเห็นได้ยากกว่าของสัญญาณวิทยุ สัญญาณรบกวนนั้นมีลักษณะเป็นพัลส์แคบ ๆ ซึ่งการเกิดจะไม่ต่อเนื่องตลอดเวลาเหมือนสัญญาณของคลื่นวิทยุ ภาพที่เกิดขึ้นจึงต้องขึ้นอยู่กับจังหวะของการเกิดพัลส์ และจังหวะของการสแกนของจอภาพ ถ้าพัลส์เกิดขึ้นนอกจังหวะการสแกนของภาพก็จะไม่สามารถมองเห็นการเกิดการรบกวนขึ้น แต่บางช่วงขณะที่จอภาพกำลังสแกนอยู่แต่ไม่ใช่จังหวะการเกิดก็จะมองไม่เห็นภาพของการรบกวน ดังนั้นภาพของการรบกวนที่ปรากฏขึ้นมาจึงมีลักษณะของความเข้มของภาพน้อยกว่าปกติมาก

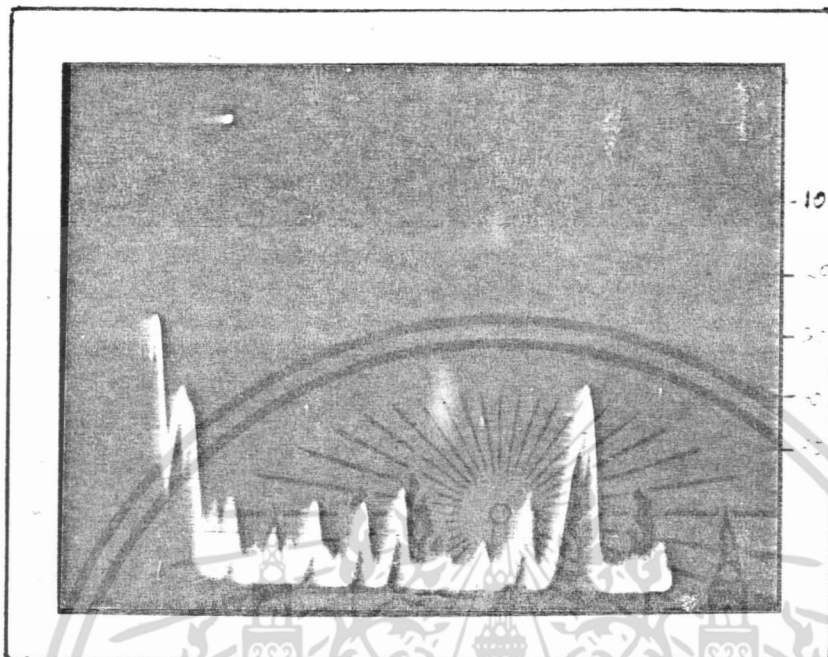
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงถึงกลุ่มของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

จากภาพเป็นการเลื่อนตำแหน่งของความถี่ โดยเลือกจุดที่มีสัญญาณวิทยุต่ำ เพื่อให้เห็นลักษณะของสัญญาณรบกวนได้ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



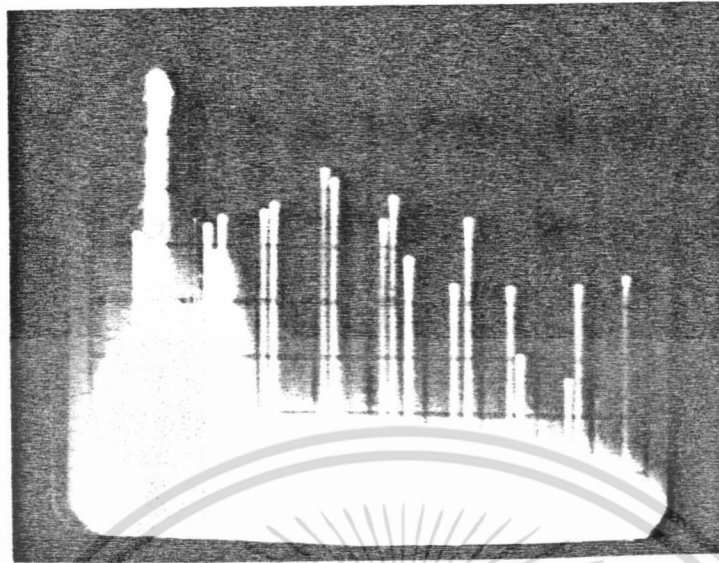
Ref. 0dB
Fr span 200KHz
BW 30KHz

รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณรบกวนชนิดหนึ่งเมื่อเทียบกับสัญญาณวิทยุ

จากในรูปเป็นสัญญาณรบกวนวิทยุ ที่วัดจากสายอากาศของเครื่องรับ ซึ่งสามารถรับการรบกวนได้ตั้งแต่ความถี่ 2 MHz ถึง 20 MHz แต่จะสังเกตเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนมีภาพปรากฏอยู่เป็นเส้นบาง ๆ เพียง 3 เส้น ซึ่งแสดงถึงความหนาแน่นหรือการเกิดซ้ำ ๆ ของสัญญาณมีน้อยมาก และเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเพียงแหล่งเดียว โดยมีระยะห่างของการเกิดสัญญาณรบกวนมีค่าคงที่ จากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้ถ้าฟังด้วยสัญญาณเสียงก็ทราบได้แต่เพียงว่าเกิดการรบกวนขึ้น แต่ไม่สามารถแยกแหล่งกำเนิดการรบกวนว่าเป็นชนิดใดที่แน่นอน แต่เมื่อดูจากภาพที่ปรากฏบนจอของสเปกตรัมอนาล็อกเซอร์ก็ทำให้ทราบแน่ชัดว่าไม่ใช่ลักษณะที่เกิดจากไฟฟ้าแรงสูง

เมื่อทำการค้นหาสัญญาณรบกวน ก็ได้พบว่าสัญญาณรบกวนนี้เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า โดยการนำวงจรหรือไฟที่ใช้ไทรแอด มาทำงานร่วมกับขดลวดความร้อนไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องฟักไข่ ซึ่งเครื่องนี้จะเปิดทำงานไว้ตลอดเวลา

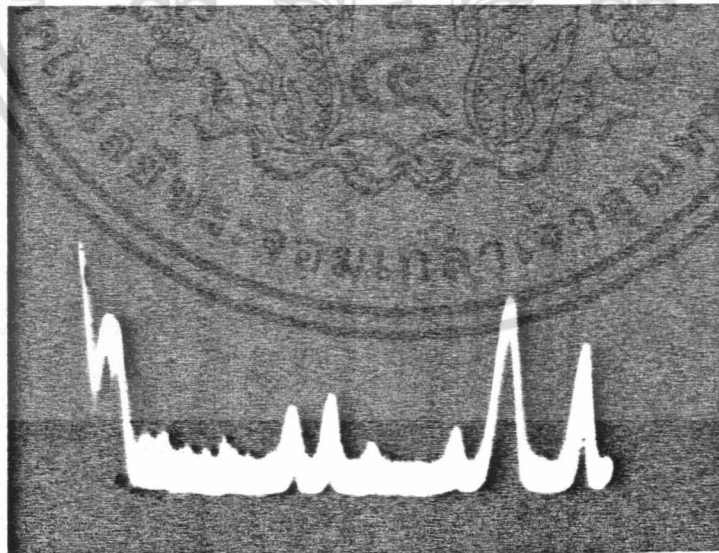
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Ref level 0dB
Fr span 1MHz
BW 30 KHz

รูปที่ 4.14 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของโทรแอคในเครื่องฟักไข่

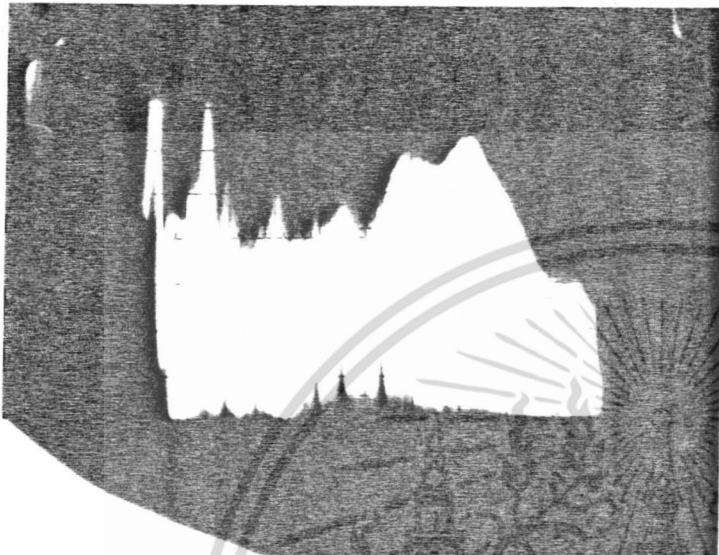
จากรูปเป็นสัญญาณที่วัดจากการรบกวนบริเวณใกล้กับเครื่องฟักไข่ โดยใช้สายไฟยาว 1 ฟุต แกนสายอากาศ สัญญาณวิทยุจึงมีระดับสัญญาณต่ำ แต่การรบกวนที่บริเวณใกล้แหล่งกำเนิดมีระดับสูงมาก



Ref level 0 dB
Fr span 200KHz
BW 30KHz

รูปที่ 4.15 เป็นสัญญาณจากสายอากาศ หลังจากปรับปรุงแก้ไขเครื่องฟักไข่แล้ว

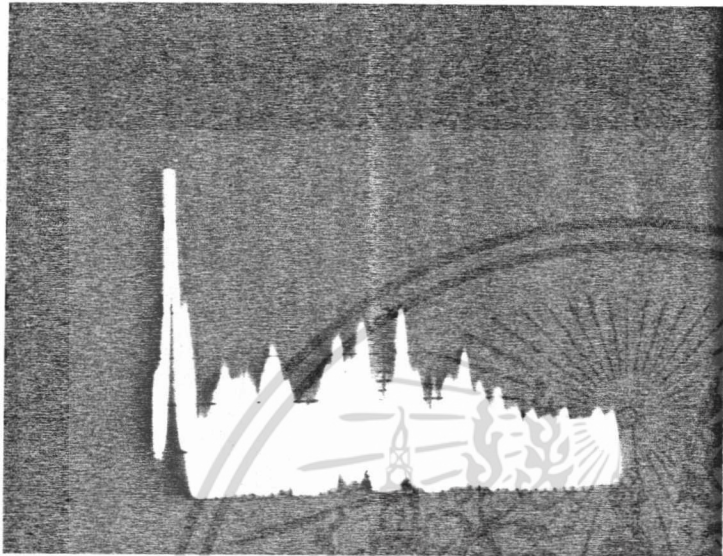
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Ref Level -20 dB
Scan Width 5 MHz
Band Width 300 KHz
Frequency Rang 0-50 MHz

รูปที่ 4.16 เป็นรูปของสัญญาณรบกวนจากเครื่อง UPS ปรนกับสัญญาณวิทยุ

จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณรบกวนกับสัญญาณวิทยุแทบจะมองแยกกันไม่ออก เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเครื่อง UPS มีลักษณะที่แตกต่างจากแหล่งกำเนิดจากไฟฟ้าแรงสูง เครื่อง UPS เป็นเครื่องจ่ายกำลังไฟฟ้าสัญญาณของพัลส์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการจ่ายกำลังงาน ดังนั้นความกว้างของพัลส์ มีความมากกว่าพัลส์ของการเกิดของแก๊ปดิสชาร์จของไฟฟ้าแรงสูง ความเข้มของสัญญาณรบกวนนี้ จึงมีค่าใกล้เคียงกว่าสัญญาณวิทยุ แต่ก็ยังสังเกตเห็นความแตกต่างของสัญญาณรบกวนนี้ได้ เนื่องจากสัญญาณรบกวนจะมีลักษณะการเต้นของภาพสูง เมื่อเทียบกับสัญญาณวิทยุ

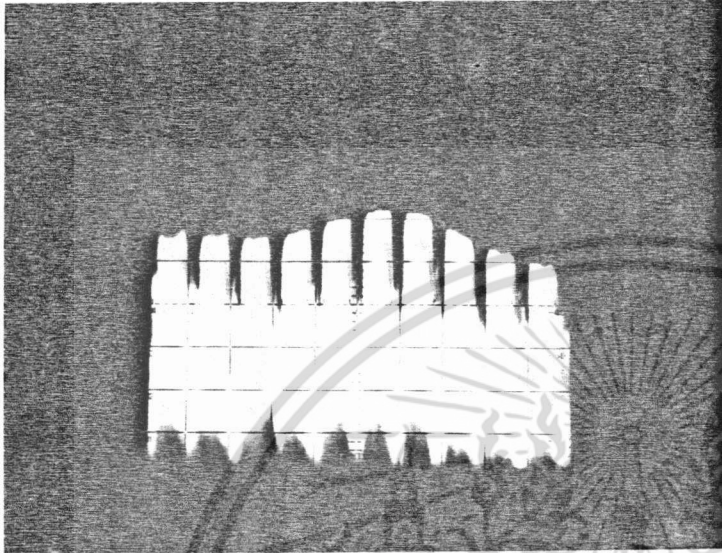


Ref Level -20 dB
Scan Width 5 MHz
Band Width 300 KHz
Frequency Rang 0-50 MHz

รูปที่ 4.17 เป็นสัญญาณที่สลายอากาศหลังจากปิดเครื่อง UPS

หลังจากปิดเครื่อง UPS ก็จะทำให้สัญญาณรบกวนนั้นหายไป แต่ภาพที่ปรากฏก็จะมีสัญญาณวิทยุ และสัญญาณรบกวนที่เกิดจากไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งยังคงมีอยู่ แต่ระดับไม่แรงมากนัก มีขนาดใกล้เคียงกับสัญญาณวิทยุ แต่ในภาพจะสังเกตเห็นค่อนข้างยากเพราะมีความเข้มน้อยและความถี่ที่ทำการวัดมีช่วงกว้างมากจาก 0-50 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

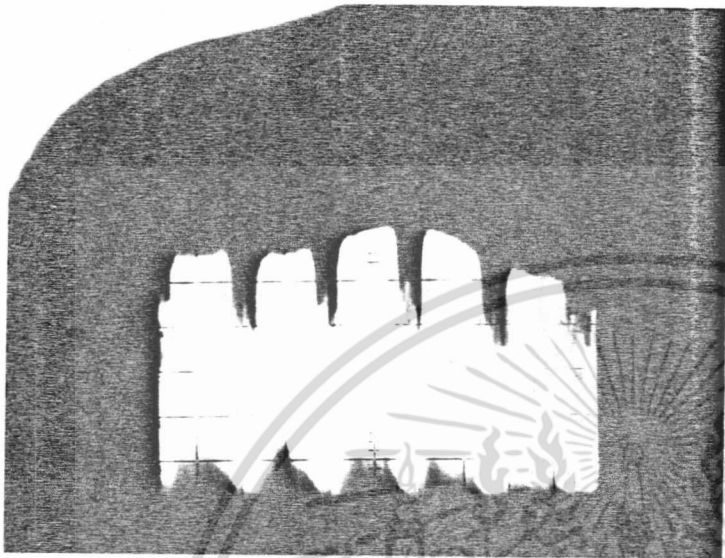


Ref Level -20 dB
Scan Width 1 MHz
Band Width 300 KHz
Frequency Rang
25-35 MHz
Scan Time 10 ms

รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณรบกวนจากเครื่อง UPS เมื่อปรับการวัดให้ละเอียดขึ้น

จากรูปเมื่อดูรายละเอียดของสัญญาณรบกวน จะเห็นการเกิดของพัลส์ แยกได้เป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งในภาพจะปรากฏเป็น 10 กลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยพัลส์อยู่จำนวนมาก
สิ่งที่สังเกตได้ของภาพของพัลส์ที่เกิดขึ้น จะขึ้นอยู่กับเวลาของการสแกนภาพ ถ้าเราเปลี่ยนเวลาของการสแกนเหลือ 5 msce. กลุ่มของพัลส์จะขยายใหญ่ขึ้น และเหลือแค่ 5 กลุ่ม ถ้าลดเวลาลงไปอีก กลุ่มของการเกิดก็จะลดลง แต่ขยายขนาดของกลุ่มพัลส์ขึ้นมาอีก ซึ่งปกติการเปลี่ยนเวลาในการสแกนไปนั้น ความถี่ของคลื่นวิทยุจะไม่มีการเปลี่ยน เพียงแต่รายละเอียดของสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงไปเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Ref Level -20 dB
Scan Width 1 MHz
Band Width 300 KHz
Frequency Rang
25-35 MHz
Scan Time 10 ms

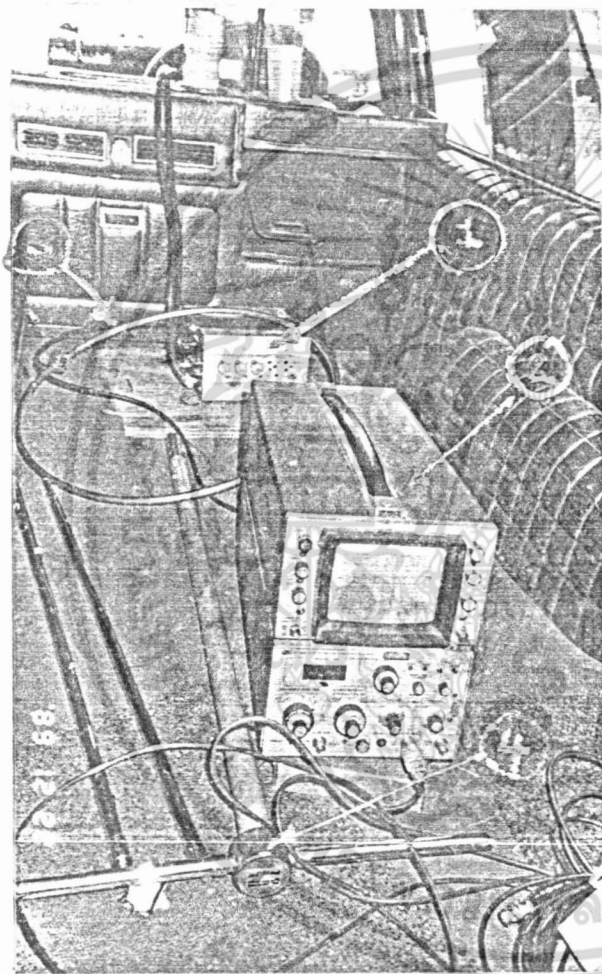
รูปที่ 4.19 สัญญาณทำการเปลี่ยนค่าเวลาของการสแกน
ของเครื่องวัดฟรีควอนซีสเปคตรัม ลดลง

ดังนั้นจึงเห็นความแตกต่างของสัญญาณรบกวนกับสัญญาณวิทยุได้ชัดเจน
หรืออีกนัยหนึ่ง ถ้าทำการปรับฟรีควอนซีสเปคตรัม โดยเลื่อนตำแหน่ง
ของความถี่เคลื่อนที่ไป สัญญาณของวิทยุก็จะเคลื่อนที่ตาม แต่สัญญาณของการ
รบกวนที่เกิดจากไฟฟ้าแรงสูง หรือพัลส์จากอื่น ๆ จะไม่เคลื่อนที่ตาม เพราะภาพ
ที่เกิดขึ้นอยู่กับจังหวะของการเกิดพัลส์ และการสแกนของจอภาพแต่จะเปลี่ยน
แปลงก็เฉพาะระดับสัญญาณที่เกิดในแต่ละความถี่นั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดภาคสนาม

การวัดสัญญาณรบกวน ถ้าจะวัดภายในห้องสื่อสารก็จะไม่ค่อยเป็นอุปสรรคในการวัด แต่ในการวัดภายนอกอาคารบริเวณใต้เสาไฟฟ้าแรงสูงหรือบริเวณสนามเสาอากาศก็ค่อนข้างจะมีปัญหามาก บางครั้งจำเป็นต้องออกสำรวจสัญญาณรบกวนภายในรัศมี 2 กิโลเมตร รอบ ๆ สถานีสื่อสาร ดังนั้นรถที่เลือกใช้ก็ควรเป็นรถที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล



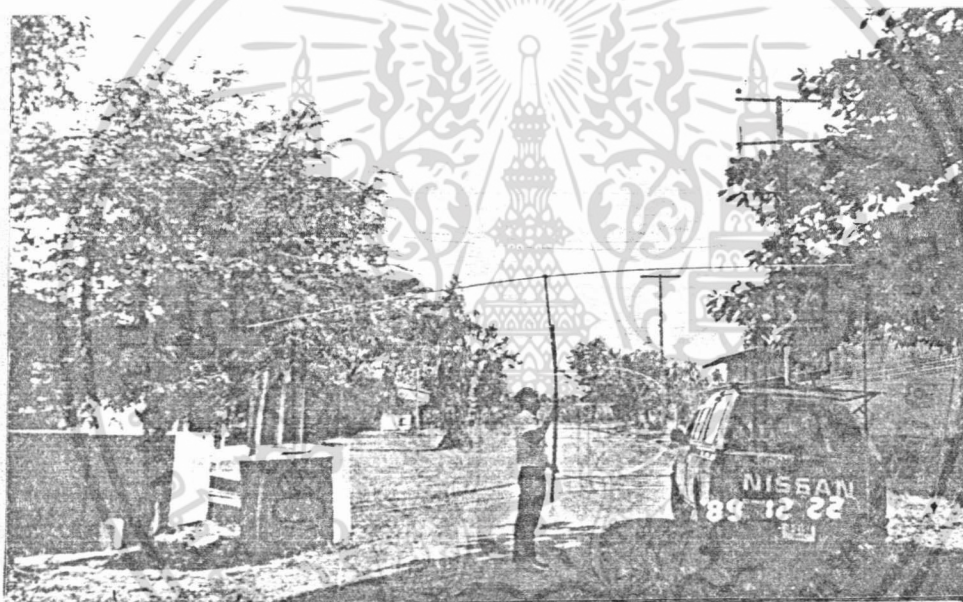
1. เครื่องเปลี่ยนแรงไฟจาก DC 12V เป็น AC 220V
2. เครื่องฟรีควีนซีสเปคตรัม
3. สายอากาศลูปสำหรับหาทิศทาง
4. สายอากาศไดโพล

รูปที่ 4.20 อุปกรณ์ที่ใช้ออกวัดระดับสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของรถ ถ้าเป็นรถตู้ก็จะทำให้สะดวกในการต่อสายเข้าแบตเตอรี่ การติดตั้งเสาอากาศบนหลังคารถและการอ่านระดับสัญญาณจากเครื่องได้สะดวกขึ้น กระจกรถก็ควรติดฟิล์มกรองแสงชนิดทึบ เพื่อจะได้สามารถมองเห็นสัญญาณรบกวนได้ชัดเจนขึ้น

ในการขับรถจำเป็นต้องขับช้า ๆ หรือหยุดเป็นช่วง ๆ เนื่องจากเมื่อเร่งเครื่อง ระบบการชาร์จแบตเตอรี่จะส่งคลื่นรบกวนออกมาทำให้การรับฟังด้วยวิทยุ หรืออ่านจากเครื่องฟรีควอนซีสเปคตรัมค่อนข้างยาก



รูปที่ 4.21 การใช้สายอากาศไดโพลรับเพื่อให้ได้สัญญาณที่แรงพอ

การวัดจะต้องสังเกตสัญญาณรบกวนที่เกิดจากเครื่องแปลงไฟจากแบตเตอรี่เป็น 220V เพื่อป้องกันการสับสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การตรวจวัดและแก้ไขปัญหาสัญญาณรบกวน
ในบริเวณสถานีสื่อสาร

5.1 สถานีสื่อสารจุดที่ 1

แผนผังเสาไฟฟ้าแรงสูงในบริเวณสถานีสื่อสารจุดที่ 1 จะมีลักษณะดังที่แสดงในรูปที่ 5.1 การวัดตรวจสอบหาข้อมูลของสัญญาณรบกวนและการแก้ไขจะมีขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มการทดลองเมื่อตรวจพบการรบกวนขึ้นในการสื่อสารด้านวิทยุ สัญญาณรบกวนนี้เป็นย่านกว้าง ตั้งแต่ความถี่ 2 MHz ถึง 5 MHz ลักษณะสัญญาณรบกวนจะเป็นเส้นบาง ๆ เห็นได้ในบางความถี่ การรบกวนจริง ๆ จะเกิดขึ้นตลอดย่านความถี่ แต่เนื่องจากสัญญาณที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดแบบต่อเนื่อง ภาพที่ปรากฏบนจอภาพของพริคเอนซ์ สเป็คตรัมจึงขึ้นอยู่กับจังหวะของการเกิดและการสแกนของเครื่อง เมื่อเราเลื่อนความถี่ในการวัดไป สัญญาณของวิทยุจะเลื่อนตาม แต่สัญญาณรบกวนจะไม่เลื่อนตาม

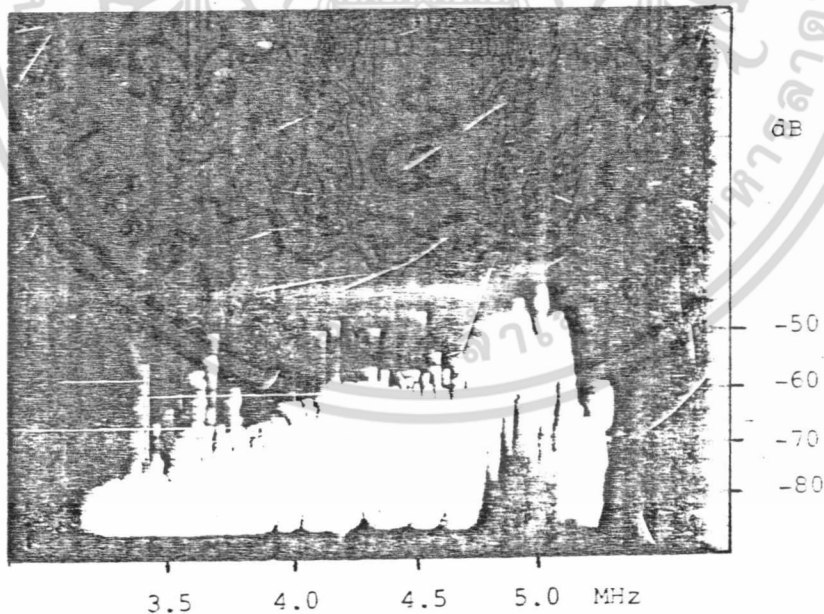


รูปที่ 5.1 แผนผังเสาไฟฟ้าแรงสูงในบริเวณสถานีสื่อสารจุดที่ 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการทดลองหาทิศทางของสัญญาณรบกวนโดยใช้สายอากาศ
ไดโพลมาติดตั้งทำมุมต่าง ๆ กันแล้ววัดระดับสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 3 MHz
ได้ผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระดับของสัญญาณรบกวนวัดจากสายอากาศไดโพลที่ความถี่ 3 MHz

มุมทิศ (องศา)	ระดับสัญญาณ (dB)
0	- 68
45	- 66
90	- 70
135	- 76
180	- 68



รูปที่ 2 แสดงสัญญาณรบกวนกับสัญญาณวิทยุที่วัดด้วยฟรี เควนซีส เป็คตรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงระดับสัญญาณรบกวน (dB) ที่วัดได้ในบริเวณสถานีสื่อสารจุดที่ 1

เสาไฟฟ้า	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เบอร์เสา	26047	26844	26843	26852	24839	-	28592	48675	95357	29522
วัดห่างเสา 10 เมตร	-80	-80	-78	-79	-74	-76	-85	-85	-80	-76
วัดห่างเสา 5 เมตร	-70	-75	-72	-70	-68	-74	-74	-78	-70	-64
วัดห่างเสา 3 เมตร	-64	-68	-66	-64	-63	-68	-68	-75	-64	-62
วัดติดสายกรานด์ ที่โคนเสา	-50	-54	-52	-51	-58	-59	-57	-56	-50	-40

3) เมื่อทราบทิศทางของการรบกวนว่ามาจากแนวสายไฟฟ้าแรงสูง
แน่นอนแล้วทำการทดลองใช้เครื่องรับวิทยุ และเครื่องฟรีควีนซีส เบ็คตรัมทำการ
วัดระดับสัญญาณที่บริเวณใต้สายไฟฟ้าแรงสูง ได้ผลการวัดตามตารางที่ 2

4) ทำการทดลองโดยการเขย่าสายยึดเสาไฟฟ้าของเสาดั้งที่ 10
(#29522) พบว่าสัญญาณรบกวนที่มีกลุ่มของความหนาแน่นสูง ระดับสัญญาณ -62 dB
มีการเปลี่ยนแปลงตามจังหวะการแกว่งของสายไฟฟ้า แสดงว่าการรบกวนกลุ่มนี้
เกิดที่บริเวณลูกถ้วยแขวน ทำการเขย่าสายยึดเสาดั้งที่ 9 (#95357) ปรากฏว่า
ไม่มีผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณรบกวน แสดงว่าการรบกวนนี้เกิดจากลูกถ้วยตั้ง
หรือการแพร่กระจายมาจากบริเวณอื่น และทดลองเขย่าสายยึดเสาไฟฟ้าของเสา
ดั้งที่ 8 (#48675) พบว่าสัญญาณรบกวนที่มีระดับ -64 dB มีการเปลี่ยนแปลง
เป็นบางครั้ง

5) ทำการแจ้งจุดที่จะเป็นสาเหตุของการรบกวนให้หน่วย hot line ของการไฟฟ้า ขึ้นเสาไปทำการตรวจแก้ไข โดยจะทำการขึ้นเสาไฟฟ้าทั้ง 10 ต้น แต่จะเน้นต้นที่จะเป็นสาเหตุมากที่สุด โดยการเปลี่ยนลูกถ้วยที่แตกชำรุด ทำการขันจุดต่อต่าง ๆ ให้แน่น จัดตั้งสายไฟฟ้าให้ตึงไม่แกว่ง ใส่สารประกอบตัวนำ (Conductive Compound) ตามจุดต่าง ๆ ใส่แปรงลวดและแหวนสปริง ที่ก้านลูกถ้วยแขวน

ระหว่างการตัดไฟฟ้าในการแก้ไขนั้น พบว่าไม่มีการรบกวนเกิดขึ้นเลย เมื่อทำการแก้ไขเสร็จ ทำการวัดระดับสัญญาณรบกวนอีกครั้ง พบว่าสัญญาณรบกวนส่วนใหญ่หายไป คงเหลืออีกเล็กน้อยที่ระดับสัญญาณ -80dB ซึ่งมีระดับสัญญาณต่ำมาก สัญญาณรบกวนที่สถานีสื่อสารแห่งนี้ได้ทำการตรวจวัดอีกครั้งในช่วงฤดูฝนที่อากาศที่มีความชื้นสูง ไม่ตรวจพบการเกิดการรบกวน

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากไฟฟ้าแรงสูงนี้ ส่วนมากเราจะพบในช่วงของเวลาที่อากาศมีสภาพร้อนและมีความชื้นต่ำ แต่การรบกวนนี้ก็อาจจะลดน้อยลงไปเองเมื่ออากาศมีความชื้นสูง เช่น ในช่วงฤดูฝน เนื่องจากผลของแกมมาสสารต์

5.2 ทำการตรวจพบสัญญาณรบกวนในจุดที่ 2

1. จากการตรวจพบที่เกิดสัญญาณขึ้น ได้ทำการตรวจสอบ
ขั้นแรก โดยใช้เครื่องรับวิทยุทำการเปิดรับสัญญาณรบกวนได้ ฟังเสียง
ลักษณะของการรบกวน พบว่าเสียงการรบกวนนั้น มาจากแหล่งกำเนิด
ประเภทแหล่งจ่ายไฟฟ้า
หลังจากนั้น ได้ทำการตรวจย่านความถี่ ในการรบกวน โดยใช้เครื่อง
ฟรีควเอนซีสเป็คตรัมอานาไลเซอร์ รุ่น HP 141 ทำการตรวจย่านความถี่
3 MHz ถึง 6 MHz



รูปที่ 5.3 การใช้วิทยุมือถือออกสำรวจรับฟังเสียงสัญญาณรบกวน

ลักษณะของการรบกวน พบว่าภาพที่ปรากฏบนจอของฟรีเคเวนซีส เบ็คตรัม
อนาไลเซอร์ เป็น แถบความถี่ 4 เส้น ติดกัน วิ่งเป็นช่วง ๆ และ
การเกิดสัญญาณรบกวน จะไม่เกิดต่อเนื่อง บางครั้งสัญญาณรบกวน
ก็ขาดหายไปเป็นช่วง ๆ

- ทำการสำรวจแหล่งสัญญาณรบกวน
โดยการตรวจสอบจากเสาไฟฟ้า ในบริเวณใกล้จุดรับสัญญาณรบกวน
ซึ่งได้แผนผังของการรบกวนดังแผนผังในรูป

- ทำการสำรวจการรบกวนในเบื้องต้น
โดยใช้วิทยุแบบมือถือ เปิดรับสัญญาณรบกวนในย่านความถี่ 3 MHz
ทำการรับฟังสัญญาณรบกวน พบว่าสัญญาณรบกวนจากสายไฟฟ้า
บริเวณเสาต้นที่ 14, 15, 16, 17, 18 มีการเกิดการรบกวน
วิทยุ โดยมีระดับสัญญาณรบกวนแรงมากกว่าบริเวณอื่น ๆ โดยระดับ
การรบกวนจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ ในทิศทางตามเสาต้นที่
บริเวณปากทางแยกเข้ามา

- ทำการสำรวจสภาพของการติดตั้งอุปกรณ์และสายไฟฟ้าพบว่า
บริเวณเสาต้นที่ 15 และสายแยกไฟ มีลักษณะของการติดตั้งที่มี
โอกาสเกิดการรบกวนได้สูงโดยสายไฟที่ต่อไป โดยมีลูกถ้วยแขวน
ลักษณะของสายนั้นหย่อนมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.4 และเสาต้น
ที่แยกถัดจากต้นที่ #15 มีลูกถ้วยตั้งขำรุคอยู่ 1 ลูก โดยผิวของ
ลูกถ้วยแตกกระเทาะออกเห็นได้ชัดเจน



รูปที่ 5.4 การติดตั้งสายไฟฟ้าที่มีลักษณะหย่อนเกินไป

- ทำการทดลองโดยการเขี่ยสายที่ยึดคั่นเสาไฟฟ้า ต้นที่ถัดจากต้นที่ 15 มา โดยเขี่ยให้แรงจนอุปกรณ์ต่าง ๆ ลื่น พบว่าการเกิดการรบกวนมีการเปลี่ยนแปลง โดยเสียงของการเกิดการรบกวนจะเกิดเป็นจังหวะตามลักษณะของการแกว่งของสาย จึงสามารถสรุปได้โดยคร่าว ๆ ว่า การเกิดสัญญาณรบกวนคงจะเกิดจากบริเวณจุดนี้ โดยสัญญาณรบกวนบางส่วนอาจเกิดที่ลูกถ้วยที่ชำรุดหรือเกิดจากลูกถ้วยแขวน ซึ่งการติดตั้งสายหย่อนเกินไป จะทำให้จุดสัมผัสระหว่างโลหะกับโลหะ เกิดการนำที่ไม่ดีขึ้น โดยที่ลูกถ้วยต่าง ๆ ได้ติดตั้งใช้งานมาเป็นเวลานานแล้ว ส่วนลูกถ้วยตั้งที่ชำรุด ถ้าในสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมที่มีความชื้นยังไม่สูง และสิ่งสกปรกเกาะลูกถ้วยไม่มากนัก การรบกวนก็อาจจะยังไม่เกิด แต่ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ และจะเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้ภายหลังแน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

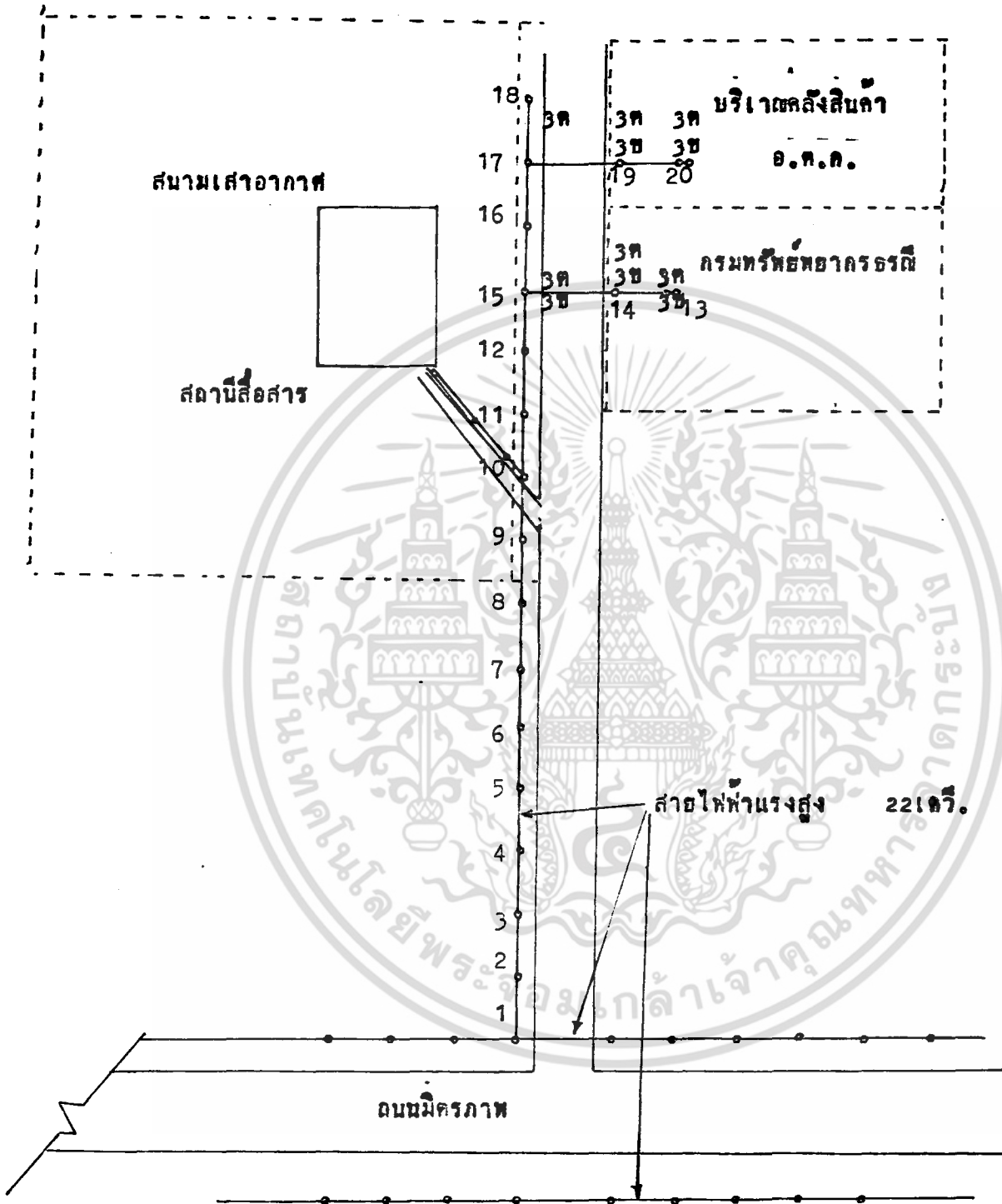
การแก้ไขขั้นต่อไป

ทำการติดต่อเจ้าหน้าที่การไฟฟ้า เพื่อขอความร่วมมือในการแก้ไข โดยเริ่มจากการเปลี่ยนลูกถ้วยที่ชำรุดแก้ไขลักษณะของการติดตั้งให้ดีขึ้น โดยชิงสายไฟให้ตึงมากขึ้น ตัวลูกถ้วยแขวนควรจะนำลงมาทำความสะอาด ส่วนที่เป็นโลหะต่าง ๆ แล้วใส่อุปกรณ์ป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวน เช่น แปรงลวด คลิป อาร์ไอวี และแกนสลักแบบหกเหลี่ยม โดยอุปกรณ์เหล่านี้ จะช่วยให้การสัมผัสของโลหะ เกิดการนำไฟฟ้าที่ดีในทุก ๆ สภาพของการใช้งาน และในการแก้ไข จุดรัศยิตสายไฟด้วยสายรัดต้องแน่น

หลังจากการแก้ไขก็พบว่าสัญญาณรบกวนที่ตรวจพบนั้นหายไป และทำการทดลองอีกครั้ง โดยการเขย่าสายยึดเสาไฟฟ้า ก็ไม่พบสัญญาณรบกวน



แผนผังจุดเสาไฟฟ้าแรงสูงบริเวณ อ.ค.ค. และกรมทรัพย์สิน



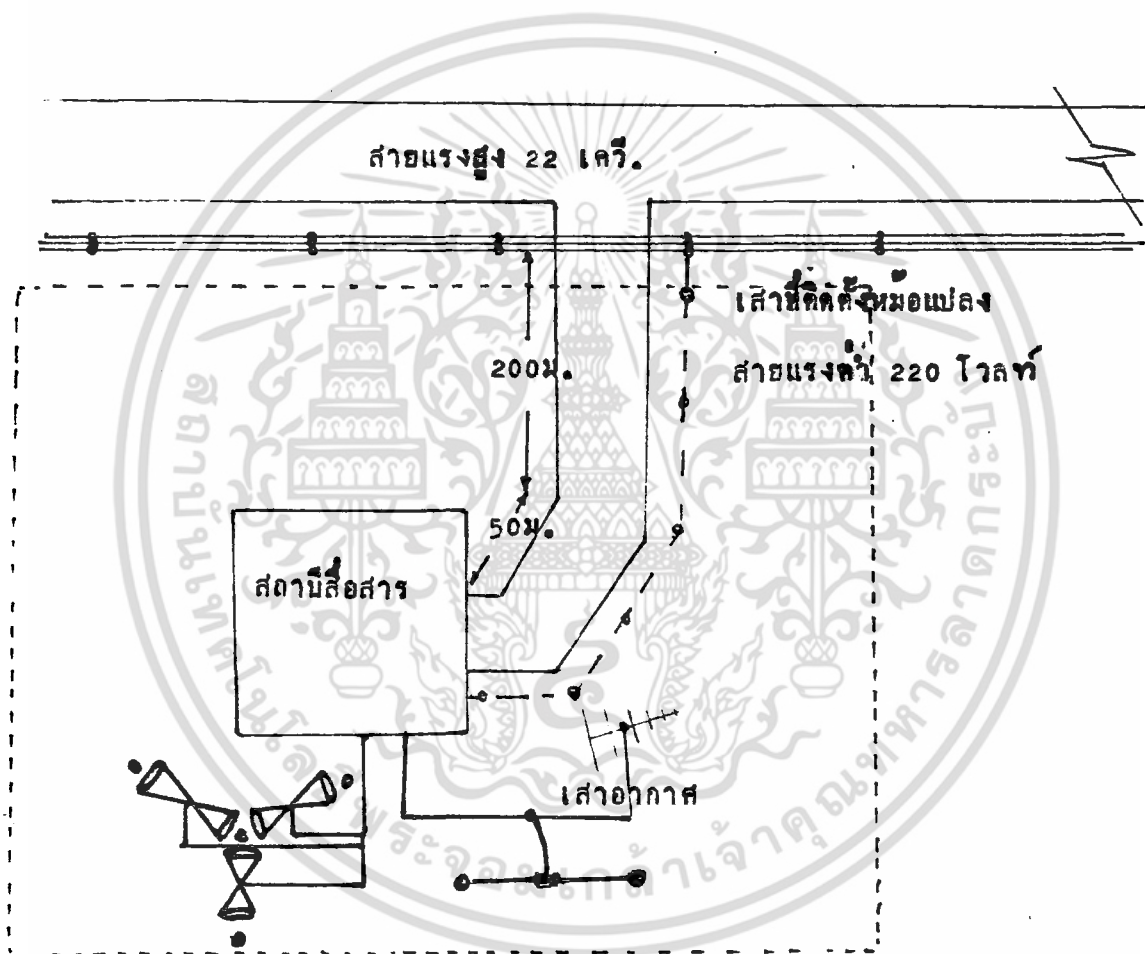
หมายเหตุ **ท** คือ ลูกถ้วยตั้ง
 ข คือ ลูกถ้วยแขวน
 จุดที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ลัดลัดสามารถรับความคือจุดที่มีลูกถ้วยแขวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สถานีสื่อสารจุดที่ 3

ผลของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

- ทำการตรวจสัญญาณรบกวน ที่เครื่องรับวิทยุสื่อสาร พบว่ามีสัญญาณรบกวนแรงมาก เมื่อเทียบกับสัญญาณที่ต้องการรับ
- ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องฟรีควอนซ์สเปคตรัม พบการรบกวนมีย่านกว้างมากตั้งแต่ 1 MHz จนถึง 100 MHz



รูปแผนผังของสถานีสื่อสารจุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบเบื้องต้น

- เริ่มทำการตรวจสอบสัญญาณรบกวนเบื้องต้น โดยใช้วิทยุขนาดเล็กเพื่อรับที่ความถี่ 3 MHz และ 3.5 MHz ทำการสำรวจรอบ ๆ สถานีสื่อสารและบริเวณใต้เสาไฟฟ้าแรงสูง
- พบว่าเกิดสัญญาณรบกวนตั้งแต่ใต้บริเวณสายไฟฟ้าแรงสูง เมื่อเขย่าสายยึดเสาแรงสูง ก็พบการเปลี่ยนแปลงของเสียงตามลักษณะการแกว่งของอุปกรณ์บนเสาไฟฟ้า แต่ที่เกิดแรงมากอยู่ที่ต้นที่ 3 และ ที่ 4 ซึ่งมีลูกถ้วยแขวนอยู่
- ส่วนใต้บริเวณสายแรงต่ำ ก็พบว่าเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นด้วย ซึ่งการรบกวนจะเกิดรอบ ๆ สายแรงต่ำ ตลอดแนวไปจนถึงสถานีสื่อสาร
- การตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ในสถานีที่สื่อสาร พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ บางหลอดก็ส่งคลื่นรบกวนออกมา แต่ระดับยังไม่แรงมากนัก
- ทำการตรวจสอบสายแรงต่ำ ของหม้อแปลงลูกอื่นที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ ปรากฏว่าไม่พบสัญญาณรบกวนที่สายไฟแรงต่ำ แสดงว่าอุปกรณ์ด้านแรงต่ำ ที่เสาต้นที่มีหม้อแปลงของสถานีสื่อสารเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน
- เสียงของสัญญาณรบกวนที่สายแรงต่ำจะมีเสียงที่ความถี่ต่ำกว่า และเสียงมีลักษณะกระแทกมากกว่าของสายแรงสูง

การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน

- จากการสำรวจด้วยวิทยุขนาดเล็กพบว่าแหล่งที่เป็นต้นกำเนิดสัญญาณรบกวนนั้นมีอยู่หลายจุดทั้งที่เป็นสายไฟฟ้าแรงสูง และสายไฟฟ้าแรงต่ำ
- การรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงของสถานีนี้มีผลไม่รุนแรงมากนักเนื่องจากลักษณะของแนวสายแรงสูง และตำแหน่งของสถานีสื่อสารอยู่ห่างกันพอสมควร และเสาไฟฟ้าแรงสูงต้นที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นจุดแยกสายเพื่อติดตั้งหม้อแปลง ซึ่งห่างกันประมาณ 10 เมตร ดังนั้นโอกาสแกว่งของสายจึงมีน้อย
- ในการตรวจสอบสภาพลูกถ้วยไม่พบการแตกหรือชำรุด แต่ประการใด
- ดังนั้นเสาที่จำเป็นต้องขึ้นไปตรวจสอบบนเสาและใส่อุปกรณ์ป้องกันการเกิดการรบกวน ก็จะเป็นบริเวณเสาต้นที่ 3 และ 4 ส่วนต้นอื่น ๆ ไม่สามารถจะทำการตรวจสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าจะทำจะต้องทำการดับไฟฟ้าแนวเมนใหญ่ ซึ่งจะทำให้ไฟฟ้าดับทั้งอำเภอ และต้องใช้เวลาเตรียมการล่วงหน้าก่อนดับไฟหลายวัน

- การรบกวนที่พบที่สายไฟแรงต่ำนั้น แสดงว่าจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ชำรุด ที่เป็นต้นกำเนิดสัญญาณรบกวน อาจจะเป็นหม้อแปลงหรืออุปกรณ์ป้องกันฟ้า ซึ่งจะต้องทำการตรวจสอบโดยการตัดอุปกรณ์ออกจากวงจร ขณะที่การ ไฟฟ้ามาช่วยดำเนินการแก้ไข

การดำเนินการติดต่อการไฟฟ้าเพื่อดำเนินการแก้ไข

- การแก้ไขที่สายไฟฟ้าแรงสูง ได้ทำการตัดไฟที่เสาต้นที่ 3 แล้วทำการ ตรวจสอบจุดต่อต่าง ๆ ให้แน่น ใส่อุปกรณ์ป้องกันการเกิดการรบกวน ที่ถูกถ้วยแขวนทั้งที่ต้นที่ 3 และต้นที่ 4 และบริเวณจุดต่อต่าง ๆ ได้ใส่ จารบีตัวนำสำหรับไฟฟ้าแรงสูง
- เมื่อแก้ไขเสร็จเรียบร้อย ได้ทำการต่อไฟฟ้า เพื่อทำการทดสอบพบว่าการรบกวนจากไฟฟ้าแรงสูงได้ลดลงไปมาก แต่สัญญาณรบกวนที่รับฟังได้ ที่สายไฟแรงต่ำ ยังคงมีปกติ
- ทำการทดลองต่อโดยการดึงฟิวส์ไฟแรงต่ำออก พบว่าสัญญาณรบกวนก็ยังคงมีอยู่ จึงได้ดึงฟิวส์แรงสูงที่จะป้อนเข้าหม้อแปลงออก ก็พบว่าสัญญาณรบกวนได้หายไป จึงแสดงว่าสัญญาณรบกวนที่เกิดจาก ภายในหม้อแปลง
- ทำการถอดหม้อแปลงลงมาเพื่อเปิดทำการแก้ไข เมื่อเปิดฝาหม้อแปลง ออก พบว่าน้ำมันหม้อแปลงซึ่งปกติจะมีสีใสกลับมีสีขุ่น เข้มเหมือนสีน้ำมัน เครื่อง และอุณหภูมิก็สูงกว่าปกติ เมื่อถ่ายน้ำมันออก พบว่าจุดที่ต่อ ด้านไฟแรงสูงมีการขันไว้ไม่แน่น ที่ตัวน็อตมีการอาร์คเป็นสีดำ ส่วนภายในชดลวดของหม้อแปลงไม่สามารถตรวจสอบได้ เมื่อทำการ ประกอบกลับเข้าที่แล้วทำการทดสอบใหม่ ก็พบว่ายังมีสัญญาณรบกวนอยู่ ดังนั้นจึงต้องติดต่อการไฟฟ้าทำเรื่องขอเปลี่ยนหม้อแปลงเป็นลูกใหม่แทน

5.4 สถานีสื่อสารจุดที่ 4

ผลของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

- จากการทำงานของเจ้าหน้าที่สถานีสื่อสาร พบว่าเกิดมีการรบกวนขึ้นในระบบ โดยช่วงเวลาตอนเช้าการรับสัญญาณยังได้ดี เพราะสัญญาณมีระดับสูง แต่เมื่อเวลาสายขึ้นระดับสัญญาณก็เริ่มลดลง แต่ในเวลาเดียวกันสัญญาณรบกวนจะมีระดับสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงเวลาประมาณ 10 โมงเช้า สัญญาณวิทยุ จะถูกสัญญาณรบกวนกดทับจนไม่สามารถรับฟังได้ จนกระทั่งถึงเวลา ประมาณ 5 โมงเย็น ก็จะเริ่มรับสัญญาณได้อีกและดีขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงเวลากลางคืน แต่สัญญาณรบกวนก็ยังคงมีอยู่ การรบกวนนี้จะเกิดขึ้นทุกปีแต่จะเกิดเฉพาะช่วงอากาศแห้งหลังฤดูหนาว

การตรวจสอบเบื้องต้น

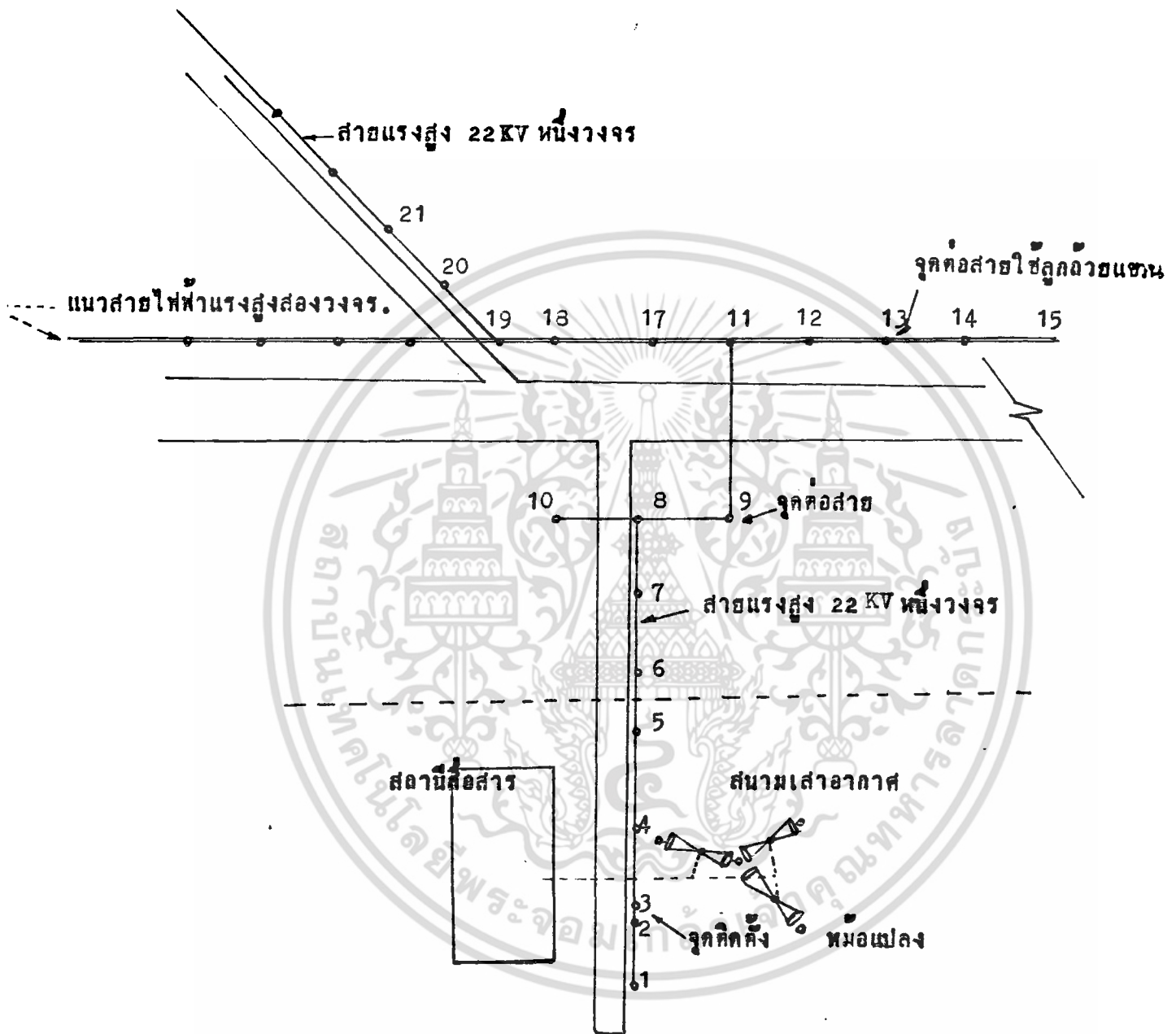
- ทำการตรวจสอบสัญญาณรบกวนจากสายอากาศวิทยุสื่อสารด้วยเครื่องฟรีควอนตัมสเปคตรัม โดยทำการวัดสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าระบบของสายอากาศ แต่ละต้นได้สัญญาณรบกวนออกมาไม่เหมือนกัน และบางต้นมีการรบกวนที่ไม่แน่นอนขึ้น ๆ ลง ๆ จึงต้องทำการตรวจสอบสายอากาศก่อน พบว่าสายอากาศชำรุดไป 1 ต้น สายส่งสัญญาณที่เป็นทวิลิตของสายอากาศ ขาดไปหนึ่งเส้น เนื่องจากการแกว่งของสาย ทำให้สายอากาศเปลี่ยนสภาพมาเป็นสายอากาศ "Long Wire" แทน ทำให้สามารถรับสัญญาณรบกวนที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ ได้ดียิ่งขึ้น
- ทำการสำรวจรอบ ๆ สถานีสื่อสารด้วยวิทยุขนาดเล็ก พบว่าที่ไฟฟ้าแรงต่ำก็มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น โดยจะรับการรบกวนได้ในช่วงความถี่ 1 MHz จนถึง 7 MHz พบว่าต้นกำเนิดสัญญาณรบกวนนั้นมาจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอซีเร็กกูเลเตอร์ สัญญาณรบกวนย่านนี้ก็จะหายไปทันที และเนื่องจากมีการเดินสายไฟ เอซี 220 โวลต์ นี้ผ่านสนามเสาอากาศจึงทำให้สัญญาณรบกวนสามารถแพร่กระจายจากสายไฟฟ้าไปยังเสาอากาศได้ง่ายและแรงขึ้น ทำการตรวจสอบสัญญาณรบกวนบริเวณใต้เสาไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งจากแผนผังจะเห็นแนวสายไฟแรงสูงห่างจากเสาอากาศ ต้นใกล้ที่สุดไม่เกิน 5 เมตร ในช่วงเวลาเช้า จนถึงเวลา 9.00 น. พบว่าสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นเบาบางมาก เนื่องจากในช่วงเช้าอากาศค่อนข้างเย็นและมีความชื้นสูงมาก แต่เมื่ออากาศร้อนขึ้นสัญญาณรบกวนก็มากขึ้นตาม

การวัดระดับสัญญาณบริเวณใต้สายไฟฟ้าแรงสูง

1. ทำการวัดโดยการใช้สายอากาศแบบโมโนโพล โดยการตัดแปลงกราวนด์รูด ซึ่งใช้ทองแดง แทนสายอากาศ
2. ทำการอ่านค่าโดยอ่านจากเครื่องฟรีควอนซีส์เปคโตรัม
3. จุดทำการวัดอยู่บนถนน ซึ่งอยู่แนวตั้งฉากกับสายไฟ โดยห่างจากเสาไฟฟ้าออกมา 3.50 เมตร



แผนผังของสถานีสื่อสาร สถานีที่ 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการวัดสัญญาณเพื่อใช้เปรียบเทียบระดับการรบกวน

เสาไฟฟ้าต้นที่	ความถี่ที่วัด		
	5 MHz	24 MHz	40 MHz
1	- 70 dB	- 54 dB	- 52 dB
2 *	- 65 dB	- 55 dB	- 50 dB
3	- 70 dB	- 65 dB	- 60 dB
4	- 70 dB	- 62 dB	- 66 dB
5 **	- 50 dB	- 70 dB	- 65 dB
6	- 68 dB	- 67 dB	- 66 dB
7	- 62 dB	- 67 dB	- 62 dB
8	ไม่สามารถทำการวัดได้เพราะพื้นที่เป็นท้องนา มีน้ำขัง		
9	" " "		
10	" " "		

หมายเหตุ

1. เสาอากาศที่ทำชั่วคราวมีความยาวสั้นเกินไปทำให้รับสัญญาณที่ความถี่ต่ำได้ไม่ดี
2. บริเวณสถานีสื่อสารที่มีสายไฟแรงสูงอยู่ nearby ทิศทางก็ไม่จำเป็นต้องใช้สายอากาศรูปในการวัด เพราะอัตราการขยายของสายอากาศค่อนข้างจะต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางอุปกรณ์ที่อยู่บนเสาไฟฟ้า

เสาต้นที่	เบอร์เสา	อุปกรณ์บนเสา
1	STC 5509	ปลายสายไฟ มีลูกถ้วยแขวน 3 ชั้น 3 ชุด
2,3	3620	เสา 2 ต้นคู่ : - ติดตั้งหม้อแปลง - อุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่า - ครอบพิวแรงสูงและแรงต่ำ - ลูกถ้วยตั้ง 6 ลูก
4	0613	ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก
5	-	ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก
6	0613 1,3	ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก
7	0613 1,2	ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก
8	0613 1,1	- ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก - ลูกถ้วยแขวน 3 ชุด - แคลมต่อสาย 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสาต้นที่	เบอร์เสา	อุปกรณ์บนเสา
9	-	- ลูกถ้วยตั้ง 3 ลูก - ลูกถ้วยแขวน 3 ชุด
10	-	ปลายสาย - ลูกถ้วยแขวน

การวิเคราะห์แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน

แหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนที่สายไฟฟ้าแรงต่ำ ตัวการใหญ่ก็คือ เครื่องเอซี เรกกูเลเตอร์ แนนอน

ส่วนสัญญาณรบกวนที่มาจากไฟฟ้าแรงสูงซึ่งอยู่ใกล้กับระบบสายอากาศมาก และจากการวัดจะเห็นว่า เสาต้นที่ 2 และ 5 มีสัญญาณรบกวนสูงมากกว่าต้นอื่นมาก ดังนั้นที่เสาทั้งสองต้น จะต้องมีแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนมากกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ในการตรวจสอบจะต้องตรวจให้ละเอียดมากกว่าปกติ และเสาที่มีลูกถ้วยแขวนทุกต้นจะต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวน

การดำเนินการแก้ไข

- ในการดำเนินการแก้ไขสามารถทำได้เฉพาะเสาต้นที่ 1 ถึงต้นที่ 10 เท่านั้นเนื่องจากสายไฟที่แนวสายเมนใหญ่เป็นระบบไฟแรงสูงสองวงจร ดังนั้นในการแก้ไข จะต้องดึงไฟทั้งสองวงจร ซึ่งทำไม่ได้เพราะจะทำให้โรงงานที่ใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นได้รับความกระทบกระเทือน

- เมื่อดำเนินการแก้ไข โดยการตัดไฟฟ้าออกที่เสาต้นที่ 11 แล้วเริ่มดำเนินการตั้งแต่ต้นที่ 1 ออกมาถึงต้นที่ 10 โดยการถอดลูกถ้วยแขวน แล้วนำลงมาทำความสะอาด ใส่อุปกรณ์ป้องกันการเกิดการรบกวน ส่วนลูกถ้วยตั้งได้ทำความสะอาดบนเสาใส่จารนิตัวนำและตรวจสอบลวดมัดสายไฟให้แน่น จุดต่อสายทุกจุดทำการขันให้แน่น

บริเวณเสาไฟต้นที่ 9 พบว่าที่ลูกถ้วยแขวนชำรุดโดยผิวของลูกถ้วย เป็นรอยแตกร้าวบนผิวมาก โดยลูกที่อยู่ใกล้สายไฟจะมีมากกว่าลูกที่อยู่ห่างออกมา ได้ให้ทางการไฟฟ้าเปลี่ยนใหม่ แต่เนื่องจากมีลูกถ้วยใหม่อยู่แค่ 7 ลูก จึงไม่ได้ เปลี่ยน 2 ลูก

การทดสอบหลังการแก้ไข

- เมื่อต่อไฟฟ้าใช้งานตามปกติพบว่าสัญญาณรบกวนตอนกลางวัน ซึ่งมีระดับ สัญญาณรบกวนสูงสุด ระดับสัญญาณได้ลดลงไป 35 dB จากเดิมมีระดับที่ - 40dB เหลือ - 75dB ซึ่งเป็นระดับใกล้เคียงกับเมื่อตัดไฟฟ้าที่เสาต้นที่ 11
- จากการตรวจสอบการรับของวิทยุสื่อสาร พบว่าสัญญาณที่รับได้ จากเดิมที่มีแต่เสียงสัญญาณรบกวนก็สามารถทำการติดต่อได้ แต่ก็ยังมีเสียงรบกวน อยู่ แต่ไม่เป็นอุปสรรค ในการสื่อสาร
- การตรวจสอบด้วยวิทยุขนาดเล็ก ไม่พบการรบกวนของสัญญาณที่ได้ เสาไฟฟ้า จากต้นที่ 1 ถึงต้นที่ 8 แต่ต้นที่ 9 ยังมีการรบกวนเล็กน้อย แต่ได้เสา ไฟฟ้าสายเมนยังมีการรบกวนอยู่

ลำดับอุปกรณ์ที่เป็นต้นเหตุของสัญญาณรบกวนจากทั้ง 4 สถานี

1. การมัดสายไฟกับลูกถ้วยไม่แน่น
2. ลูกถ้วยตั้งชำรุด
3. จุดสัมผัสของลูกถ้วยแขวน และลูกถ้วยแตกร้าว
4. จุดสัมผัสของ Drop fuse
5. หม้อแปลงชำรุด
6. คาปาซิเตอร์ชำรุด
7. บาลาสของหลอดฟลูออเรสเซนต์
8. การทำงานของเครื่อง UPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การวัดสัญญาณรบกวนด้วยเครื่อง Noise Receiver NM - 25T

เป็นการวัดระดับสัญญาณรบกวนทั้งหมด ในแต่ละสถานีสื่อสาร โดยกำหนดจุดรอบสถานีสื่อสาร แบ่งออกเป็น 3 จุด ในการวัด คือ A, B, C ในการวัดแต่ละวัน จะวัดวันละสองครั้ง คือ ช่วงเช้า และช่วงบ่าย โดยแบ่งความถี่ในการวัดเป็นห้าย่านความถี่ ทำการวัดความถี่ละ 10 ข้อมูล ต่อเนื่องกัน โดยห่างกันช่วงละ 15 วินาที ในการทำการวัดต้องวัดติดต่อกันไม่ต่ำกว่า 7 วัน ในการทำการวัด เมื่อวันแรกเริ่มวัดที่จุด A แล้วไปจุด B และจุด C ในวันที่สองต้องเริ่มที่จุด B แล้วไปจุด C และจุด A ในวันที่สามต้องเริ่มที่จุด C แล้วไปจุด A และจุด B หมุนสลับกันไปเรื่อย ๆ จน จนการเก็บข้อมูล แล้วจึงนำข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยออกมา ในการวัดนั้นได้บันทึกชนิดของสัญญาณรบกวนด้วยโดยใช้ตัวย่อดังนี้ [17]

- A : ไม่มีสัญญาณปนเข้ามา
- B : มีสัญญาณปนเข้ามา
- C : มีสัญญาณปนเข้ามาพอสมควรไม่รุนแรง
- D : มีสัญญาณปน เข้ามามากเกินไป
- E : มีเสียงฟ้าร้องเกิดขึ้นเป็นบางครั้งบางคราว
- F : มีเสียงฟ้าร้องเกิดไม่รุนแรงและรุนแรง
- G : สัญญาณรบกวนจากดวงดาว
- H : จากระบบจุดระเบิด
- I : เสียงเหมือนทอดอาหาร
- L : เสียงเหมือนแมลง บรีอ ๆ
- M : เสียงบ๊อ๊ก ๆ เหมือนข้าวโพดคั่ว
- P : เสียงฮัมของเพาเวอร์
- Q : เสียงเรดาร์ดังฟริด ๆ
- R : เสียงของเซ็ทนอยส์

NOISE SURVEY DATA

BASE KKN SITE A FREQUENCY 5MHZ TEST NO. 891 DATA PTS = 152

VD(dB)	MR(dBuV)	NC	VD(dB)	MR(dBuV)	NC	VD(dB)	MR(dBuV)	NC
6.3	-9	GM	6.5	-9.5	GM	6.2	-9	GM
6.2	-9	-	6.3	-9.8	GM	6.5	-9	GM
6.2	-8.5	GM	6.1	-9	GM	6.1	-9.5	GM
6.3	-9.5	GM	6	0	B	6.2	.5	B
6.3	1	B	6.2	-2	B	6.3	-3	B
6.3	-3	B	6.5	-2.5	B	6.2	-2.3	B
6.3	-2.5	B	6.3	-3.5	B	6.3	-2	B
6	-2	BM	6	-1.5	BM	6.2	-2	BM
6	-.3	BM	6	.5	BM	6	1.5	BM
6.3	-2.5	BM	6.3	-2.5	BM	6	-2.5	BM
6.3	-2.5	BM	6.5	-2	BM	4.5	0	C
4.5	1	C	5	2	C	4.5	1	C
4.5	1	C	5	2	C	5	2.5	C
5	3.5	C	5	4	C	5	0	C
5	-1	C	6	-1.5	G	5.3	-2	G
5.3	-2	G	6	0	M	5.3	-2	G
5.3	-2	G	6.3	1	M	5.3	-2	G
5.3	-2	G	5.3	-2	G	5.3	-2	G
5.5	0	GM	5.5	0	GM	5.8	-.3	M
5.5	.2	M	5.8	-1	M	6	-.2	M
5.5	-1.8	G	5.5	-1.8	G	5.5	-1.5	G
5.5	-1.5	G	5.5	-1.5	G	6	0	PR
6.2	1	PR	6	0	PR	6	-.8	PR
6	0	PR	6	-.5	PR	6	0	PR
6	0	PR	6.2	0	PR	6	0	PR
6	-.2	PR	5.3	.5	G	5.3	.2	G
5.2	.2	G	5.3	.2	G	5.3	.2	G
5.2	0	G	5.2	.1	G	5.2	.5	G
5.2	.8	G	5.2	1	G	5.2	1	G
5	-1.5	G	5	-1	G	5	1	G
5	1.5	G	5	1.5	G	5	.5	G
5.2	-.5	G	5.2	.5	G	5.2	.3	G
5.3	.3	G	5	1	G	6	3.5	G
6	3.5	G	6	4	M	6	7	M
6	9	M	5.8	6	M	6	3	G
6	2.5	G	6	3	G	6	2.5	G
6	2.5	G	5.5	1.5	B	5.7	1.5	B
6	2.5	B	5.5	2.8	B	5.8	2	B
6.5	8	B	7	7	M	6	3	B
5.8	3	B	5.8	1.5	B	6.2	2	B
6	.2	P	6	.2	P	6	.5	P
6	.5	P	6	.2	P	6	0	P
6	.5	P	6.5	2	P	6.2	0	P
6.5	1.5	P	6	1	P	6.2	1	PE
6.5	1	BE	7	6	E	4	16	E
6.5	3	R	7	7	E	6.2	1	R
6	2	B	3	12	E	4	15	E
6	1	R	5	12	E	1	15	E
1	17	E	2	17	E	4	13	E
3	30	E	3	11	E	4	16	E
3	14	E	3	14	E			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าระดับสัญญาณรบกวน Vd และ Mr

DATA COLLECTION AND STATISTIC ANALYSIS OF VD(dB)

SITE A. FREQUENCY 5 MHZ DATA PTS = 152 VD MEDIAN = 6

VD (dB)	FREQ	PDF	1-CDF	HISTOGRAM
1.0-1.5	2	0.013	0.987	
1.5-2.0	0	0.000	0.987	
2.0-2.5	1	0.007	0.980	
2.5-3.0	0	0.000	0.980	
3.0-3.5	5	0.033	0.947	*
3.5-4.0	0	0.000	0.947	
4.0-4.5	4	0.026	0.921	*
4.5-5.0	4	0.026	0.895	*
5.0-5.5	38	0.250	0.645	*****
5.5-6.0	17	0.112	0.533	*****
6.0-6.5	68	0.447	0.086	*****
6.5-7.0	9	0.059	0.026	***
7.0-7.5	4	0.026	0.000	*

NOISE STATISTIC RESULTS

BASE KKN , SITE A, FREQ 5MHZ DATE 04-10-1989

MR-LOW	MR-MEDIAN	MR-HIGH	VD-MEDIAN
-2.8	0.2	6.7	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOISE DATA CONVERSION

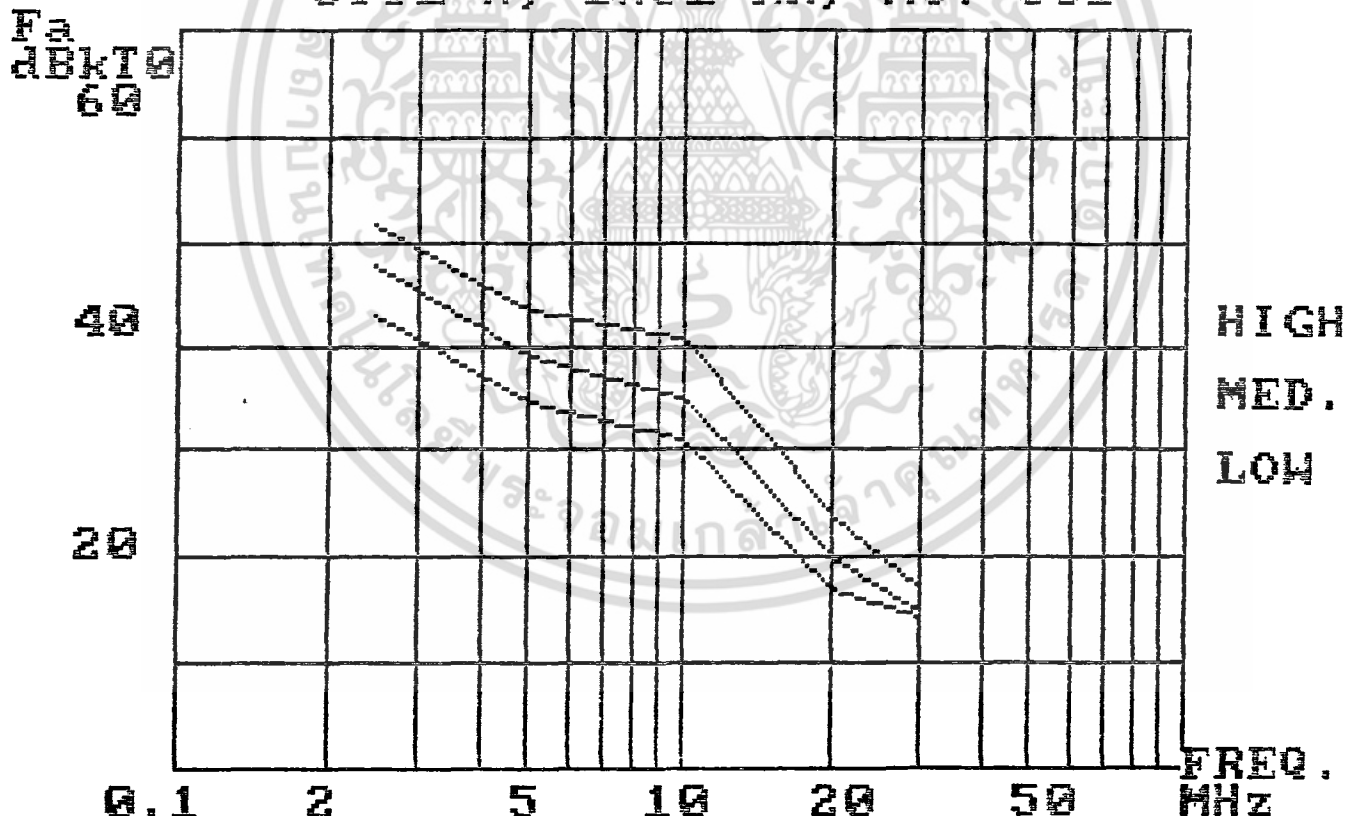
ระดับของสัญญาณรบกวนกลาง ของจุดวัดที่ 1

NOISE SERVEY DATA , BASE KK , SITE A DATE 01-01-1989

NOISE CONVERTED BY FORMULA : $F_a = MR(f) + K(f)$ [dBK10]

FREQ. (MHz)	VD (dB)	Fa-LOW	Fa-MEDIAN	Fa-HIGH
2.5	2.2	42.8	47.3	51.3
5.0	2.0	34.2	38.7	43.2
10.0	2.0	31.0	35.0	40.5
20.0	1.2	16.8	19.8	23.8
30.0	1.0	14.3	14.8	16.8

SITE A, BASE KK, NO. 861



Ctrl+PrtSc TO PRINT, ANY KEY TO GO ON? ■

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 สัญญาณรบกวนที่วัดโดยสายอากาศ เซอร์คูรา อาเรย์

เป็นการวัดสัญญาณรบกวน โดยใช้สายอากาศซึ่งสามารถกำหนดทิศทางได้ โดยการวัดด้วยเครื่องฟรีควีนซีสเปคตรัม อานาไลเซอร์ โดยจะทำการวัดความถี่แบ่งออกเป็น 5 ย่านความถี่ ได้แก่ 2.5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 20 MHz และ 30 MHz โดยวัดด้วยสายอากาศทั้งหมด 24 ทิศทาง ซึ่งแต่ละทิศทางจะห่างกันอยู่ 15 องศา

การเก็บข้อมูลก็จะทำการเก็บทั้งเช้าและบ่าย โดยติดต่อกันไม่ต่ำกว่า 1 อาทิตย์ แล้วจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งจะสามารถทราบทิศทางที่เกิดสัญญาณรบกวนสูง และชนิดของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

จากการเก็บข้อมูล จึงทำให้ทราบว่าสัญญาณรบกวนที่มีระดับสัญญาณสูง ๆ จะเป็นสัญญาณจากที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ยกเว้นสัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ จากฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า และทิศทางของการรบกวนจะชี้ไปทางที่เป็นชุมชนที่อยู่อาศัย หรือสายไฟฟ้าแรงสูงที่อยู่ใกล้ ๆ

PUSHER CDAА BEAM EMI/RFI NOISE
MEASUREMENT

BASE KK, TEST NO 891 TEST DATE P12 COLUMN : BEAM (dB) ; ROW : FREQUENCY (MHz)

FREQ BEAM	2.5	3	5	10	20	30
1	-98	-90	-96	-89	-97	-102
2	-98	-96	-96	-81	-97	-100
3	-98	-98	-94	-92	-97	-100
4	-98	-102	-94	-99	-98	-100
5	-99	-102	-93	-91	-99	-99
6	-99	-100	-95	-91	-100	-100
7	-99	-102	-96	-81	-101	-101
8	-98	-102	-95	-97	-100	-100
9	-96	-100	-94	-88	-101	-100
10	-88	-96	-96	-83	-100	-100
11	-82	-90	-92	-75	-99	-100
12	-86	-92	-90	-75	-99	-100
13	-88	-97	-90	-85	-99	-99
14	-90	-94	-90	-75	-98	-99
15	-86	-88	-88	-89	-99	-100
16	-96	-96	-94	-93	-103	-100
17	-84	-86	-86	-73	-97	-97
18	-96	-100	-96	-103	-101	-100
19	-80	-88	-88	-85	-94	-98
20	-80	-89	-90	-93	-94	-98
21	-98	-102	-96	-85	-93	-101
22	-80	-80	-88	-89	-101	-101
23	-86	-88	-90	-87	-103	-100
24	-104	-104	-98	-105	-103	-101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนที่วัดจากเสาอากาศ CIRCULAR ARRAY วัดที่ความถี่ 3 MHz

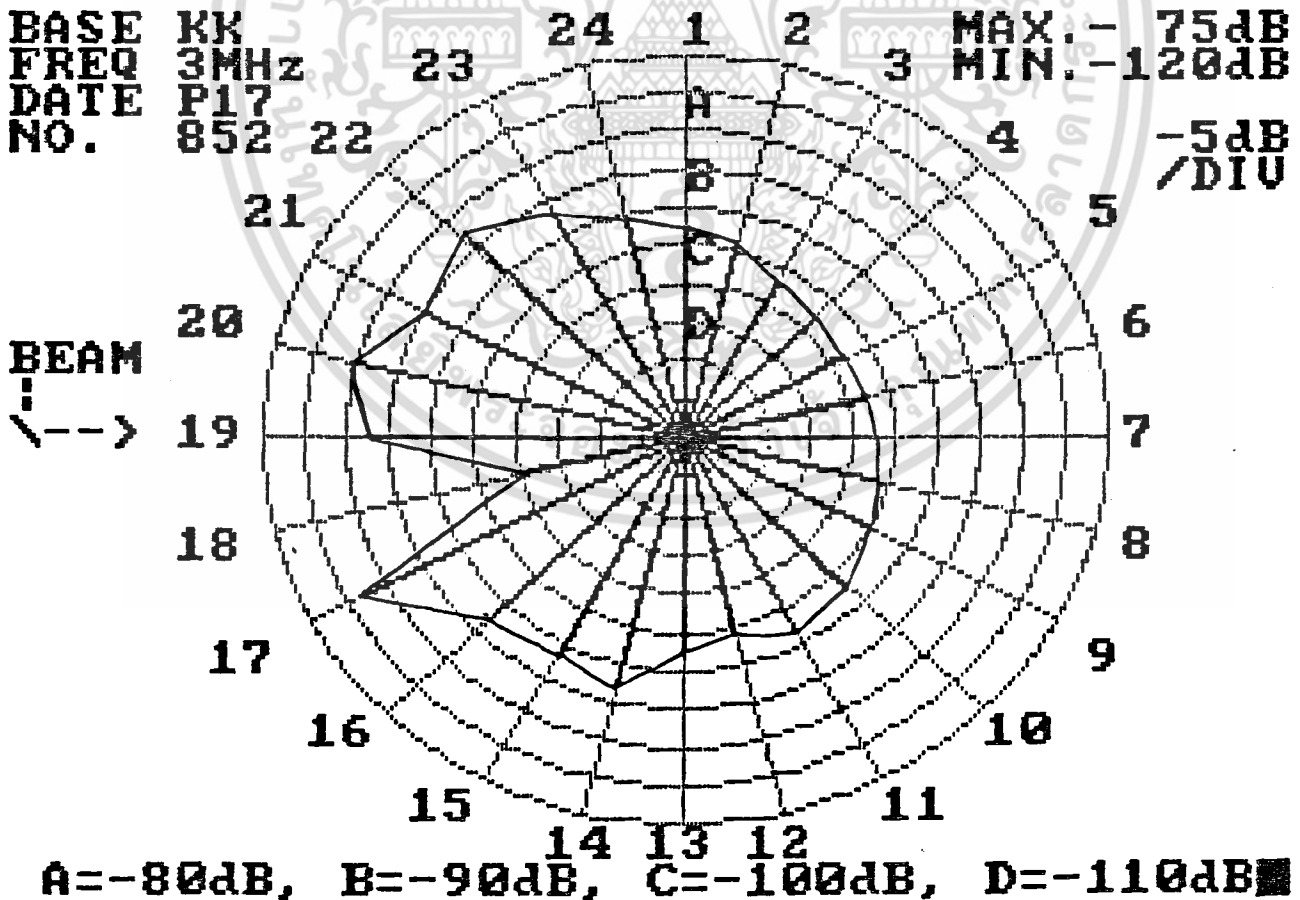
NOISE SOURCE DATA

DATE 10-17-1985

BASE KK, FREQUENCY 3MHz, TEST NO. 852
 SAVED IN FILE A:3KKP17.852

TEST DATE = P17

BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC	BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC
1	15	-98	F	2	30	-100	F
3	45	-102	G	4	60	-103	G
5	75	-104	G	6	90	-103	G
7	105	-103	G	8	120	-102	G
9	135	-100	G	10	150	-99	GB
11	165	-96	GB	12	180	-99	GB
13	195	-98	GI	14	210	-92	P
15	225	-94	P	16	240	-92	F
17	255	-82	PI	18	270	-106	G
19	285	-88	FI	20	300	-85	F
21	315	-90	PB	22	330	-88	PB
23	345	-92	FB	24	360	-96	B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOISE SOURCE DATA

DATE 10-13-1985

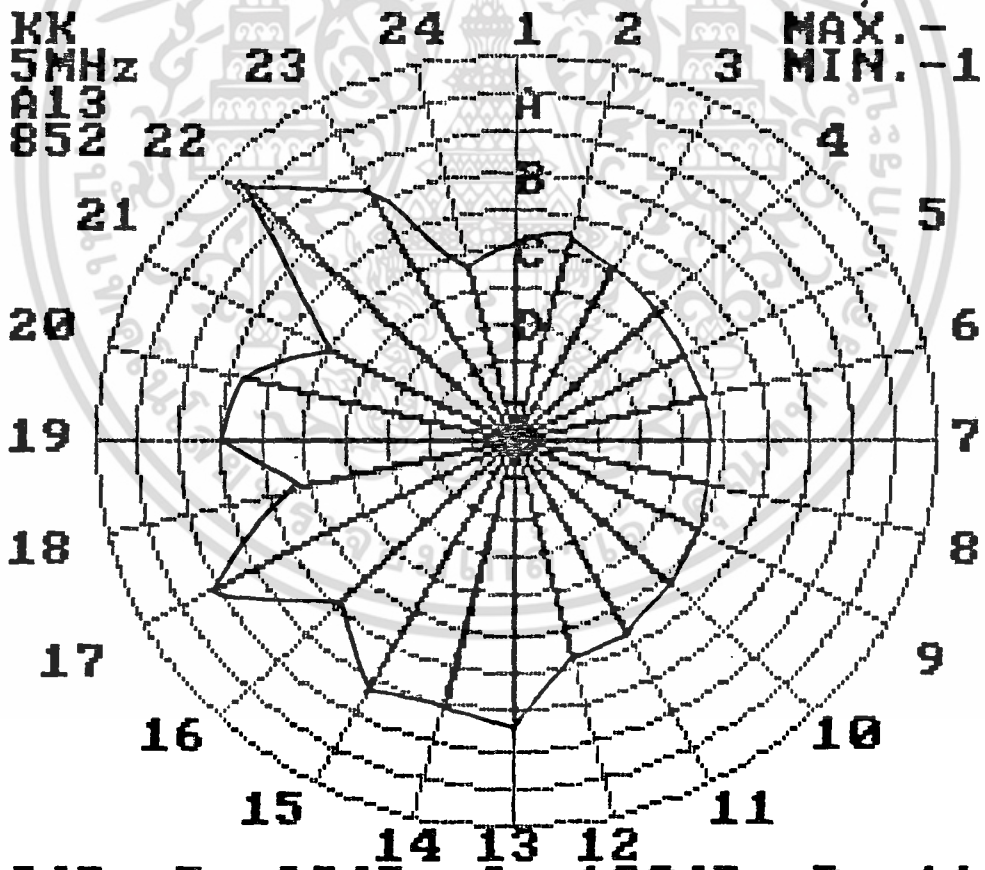
BASE KK, FREQUENCY 5MHz, TEST NO. 852
 SAVED IN FILE A:5KKA13.852

TEST DATE = A13

BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC	BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC
1	15	-100	GF	2	30	-98	G
3	45	-100	G	4	60	-100	P
5	75	-102	G	6	90	-102	G
7	105	-102	G	8	120	-102	G
9	135	-100	G	10	150	-99	G
11	165	-97	C	12	180	-96	G
13	195	-88	P	14	210	-90	P
15	225	-88	P	16	240	-96	P
17	255	-84	P	18	270	-99	G
19	285	-90	P	20	300	-92	P
21	315	-100	G	22	330	-78	P
23	345	-88	P	24	360	-102	G

BASE KK 24 1 2 MAX. - 75dB
 FREQ 5MHz 23 3 MIN. -120dB
 DATE A13 22 4 -5dB
 NO. 852 21 5 /DIU

BEAM
 \-->



A=-80dB, B=-90dB, C=-100dB, D=-110dB

สัญญาณรบกวนวัดที่ความถี่ 5 MHz ในช่วงเวลาตอนเช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

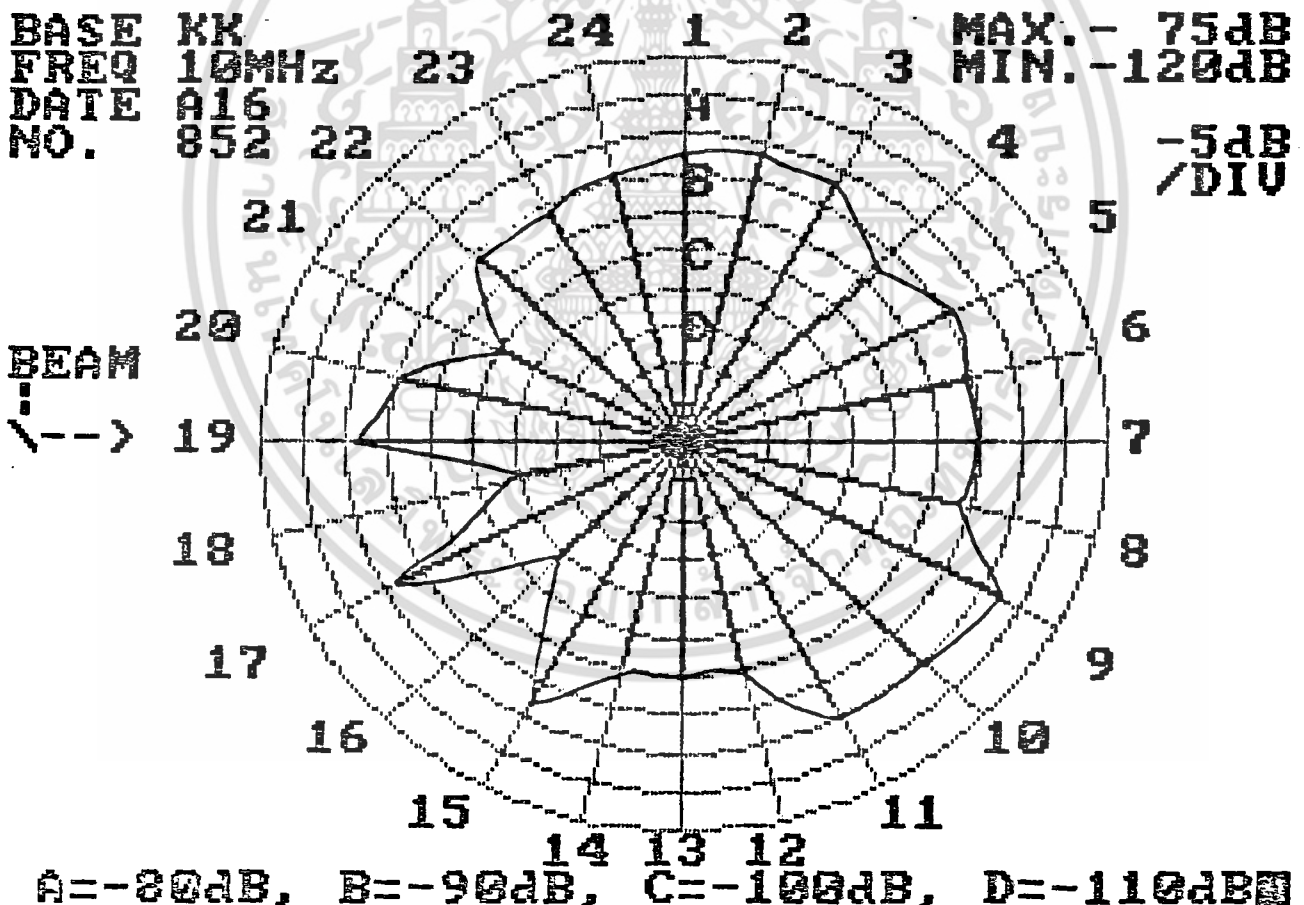
NOISE SOURCE DATA
~~~~~

DATE 10-16-1985  
~~~~~

BASE KK, FREQUENCY 10MHz, TEST NO. 852
SAVED IN FILE A:10KKA16.852

TEST DATE = A16

BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC	BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC
1	15	-87	P	2	30	-87	P
3	45	-87	P	4	60	-93	P
5	75	-89	P	6	90	-91	P
7	105	-91	P	8	120	-92	P
9	135	-83	P	10	150	-85	P
11	165	-87	P	12	180	-95	P
13	195	-95	P	14	210	-96	P
15	225	-87	P	16	240	-106	G
17	255	-87	P	18	270	-105	P
19	285	-87	P	20	300	-91	P
21	315	-101	G	22	330	-91	P
23	345	-91	P	24	360	-89	P



สัญญาณรบกวนวัดที่ความถี่ 10 MHz ชนิดสัญญาณรบกวนส่วนมากมาจากไฟฟ้าแรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

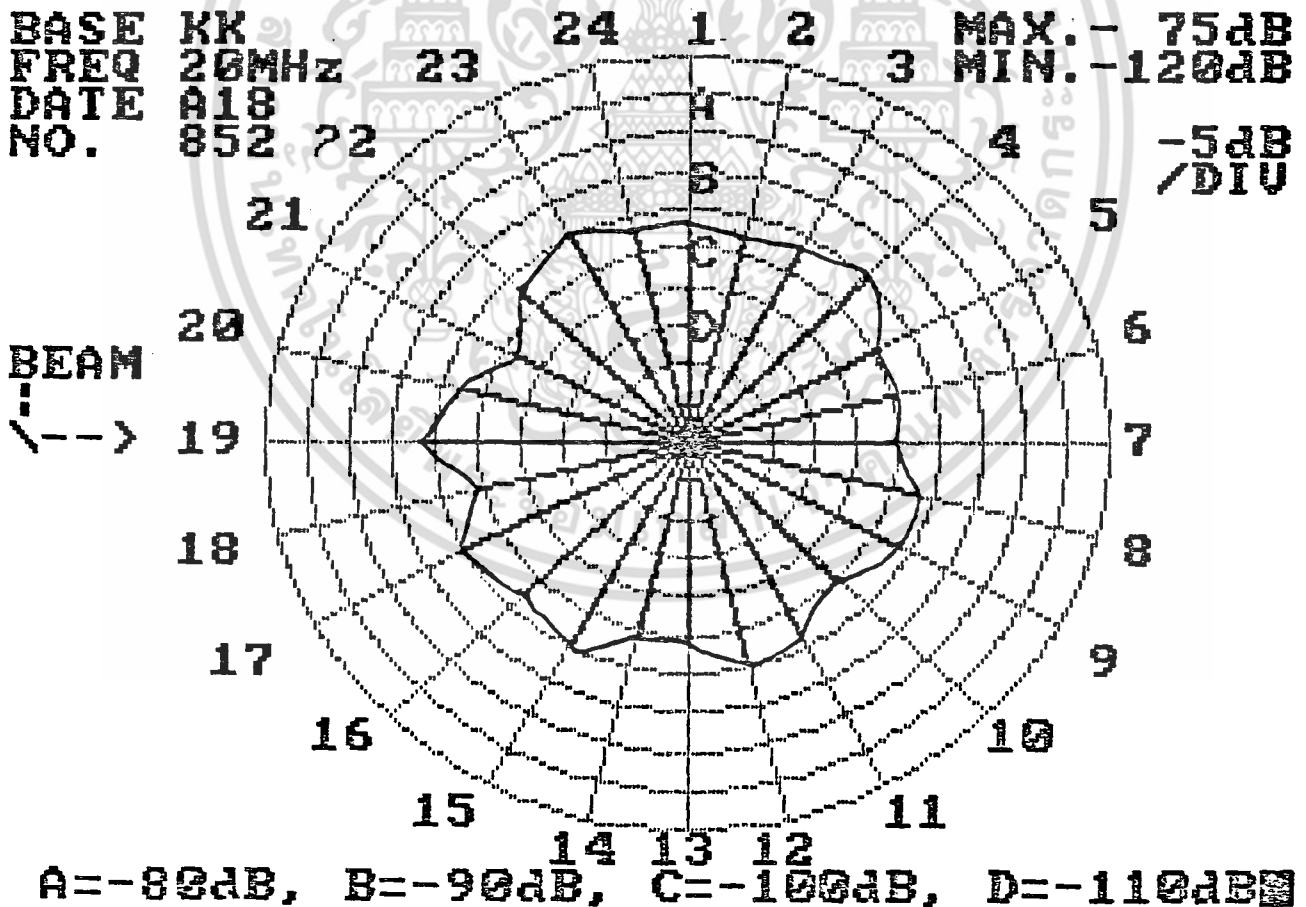
NOISE SOURCE DATA

DATE 10-18-1985

BASE KK, FREQUENCY 20MHz, TEST NO. 852
 SAVED IN FILE A:20KKA18.852

TEST DATE = A18

BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC	BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC
1	15	-97	G	2	30	-98	G
3	45	-97	G	4	60	-95	G
5	75	-100	G	6	90	-100	G
7	105	-101	G	8	120	-97	G
9	135	-97	G	10	150	-100	G
11	165	-97	G	12	180	-95	G
13	195	-99	G	14	210	-99	G
15	225	-95	G	16	240	-97	G
17	255	-95	G	18	270	-100	G
19	285	-94	G	20	300	-98	G
21	315	-102	G	22	330	-97	G
23	345	-95	G	24	360	-97	G



: สัญญาณรบกวนวัดที่ความถี่ 20 MHz ส่วนมากเป็นสัญญาณรบกวนชนิดมาจากดวงดาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า /
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

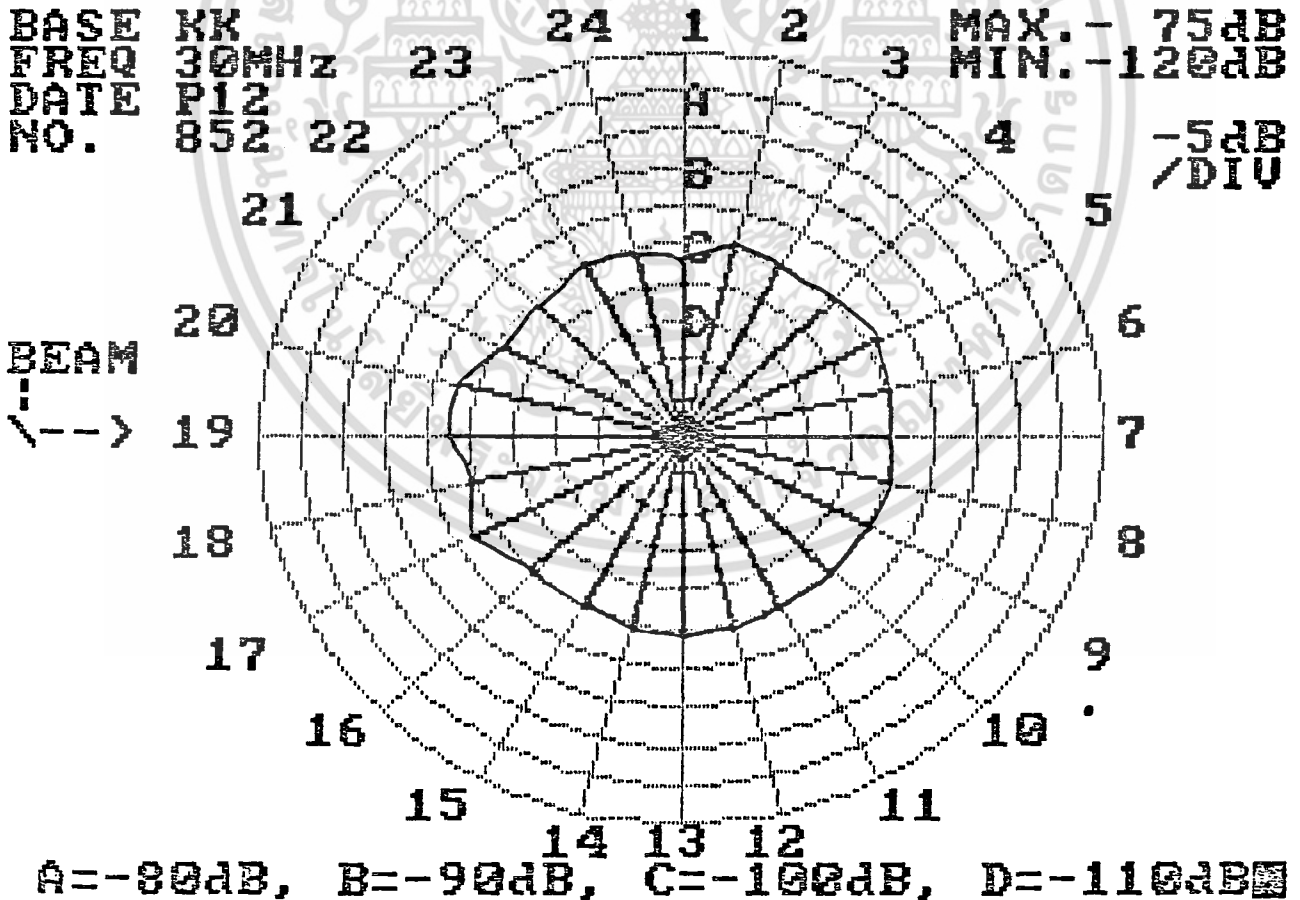
NOISE SOURCE DATA

DATE 10-12-1985

BASE KK, FREQUENCY 30MHz, TEST NO. 852
 SAVED IN FILE A:30KKP12.852

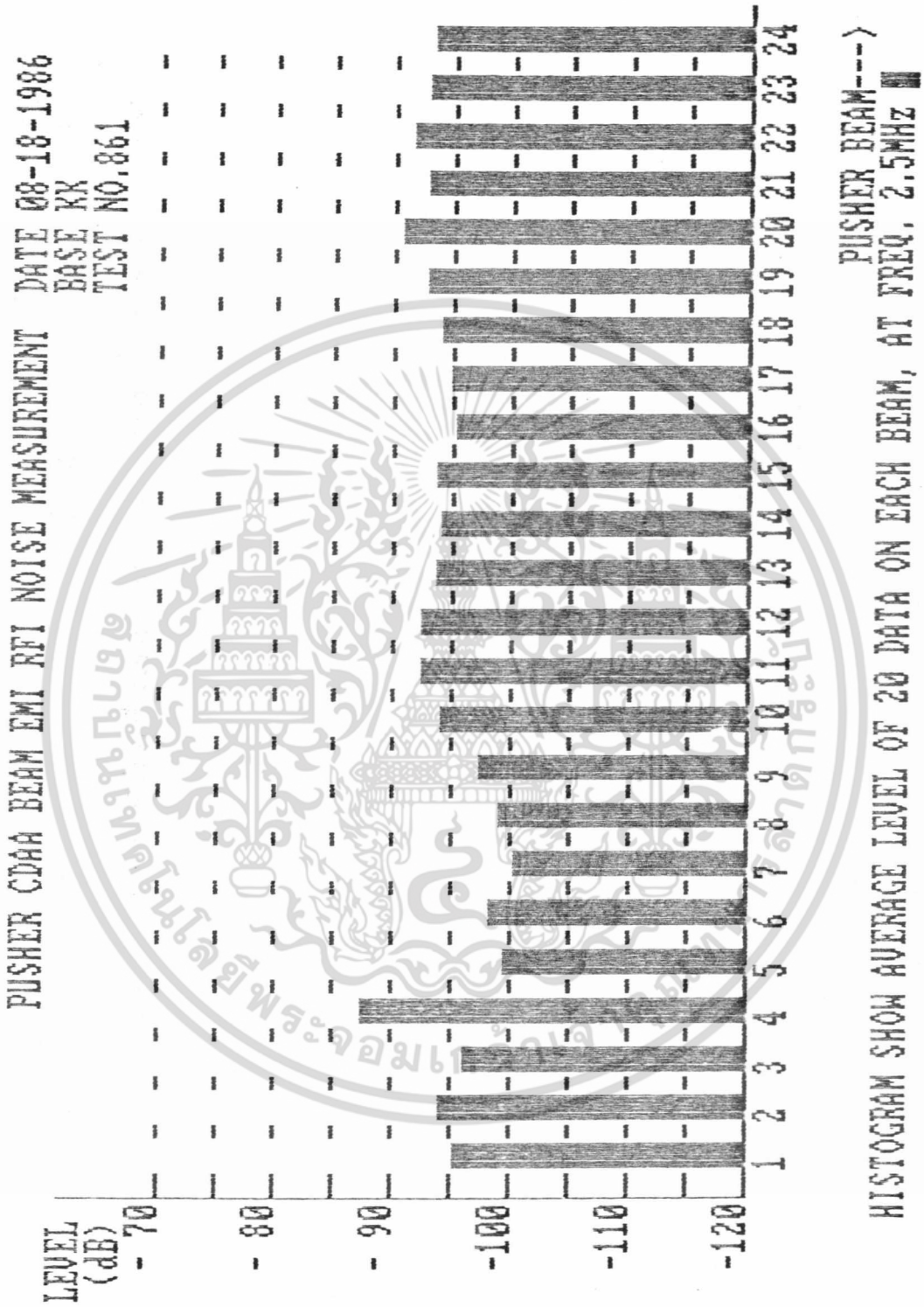
TEST DATE = P12

BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC	BEAM	DEG.	LEVEL (dB)	NC
1	15	-102	G	2	30	-100	G
3	45	-100	GI	4	60	-100	G
5	75	-99	G	6	90	-100	G
7	105	-101	G	8	120	-100	G
9	135	-100	GE	10	150	-100	GE
11	165	-100	GI	12	180	-100	GI
13	195	-99	GI	14	210	-99	GI
15	225	-100	G	16	240	-100	G
17	255	-97	G	18	270	-100	G
19	285	-98	GI	20	300	-98	G
21	315	-101	G	22	330	-101	G
23	345	-100	G	24	360	-101	G



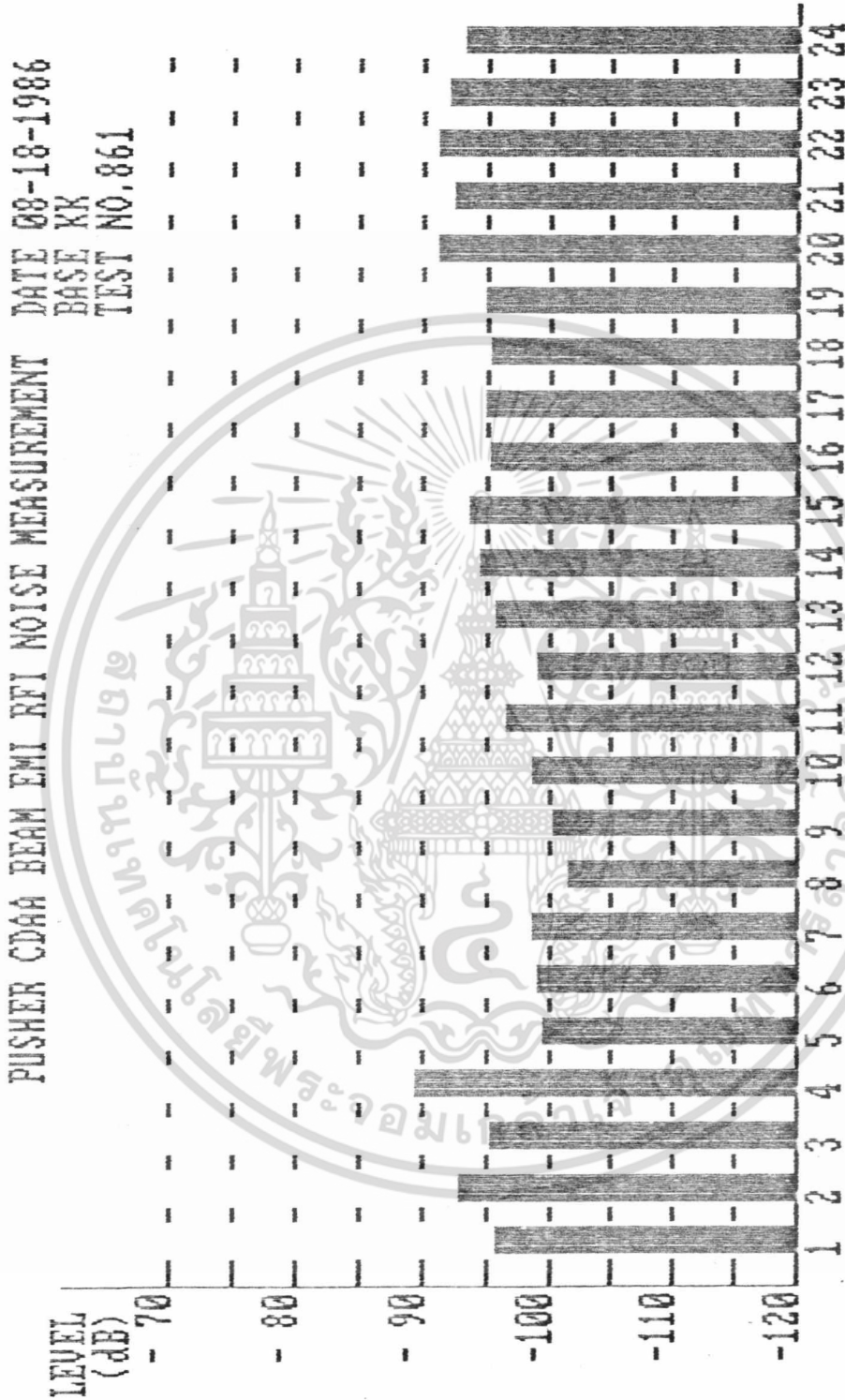
สถานีวิทยุความถี่ 30 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าเฉลี่ยของระดับสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 2.5 MHz จากการทำการวัดช่วงเข้าแคบย้ายเป็นเวลาที่ต่อกัน 10 วัน

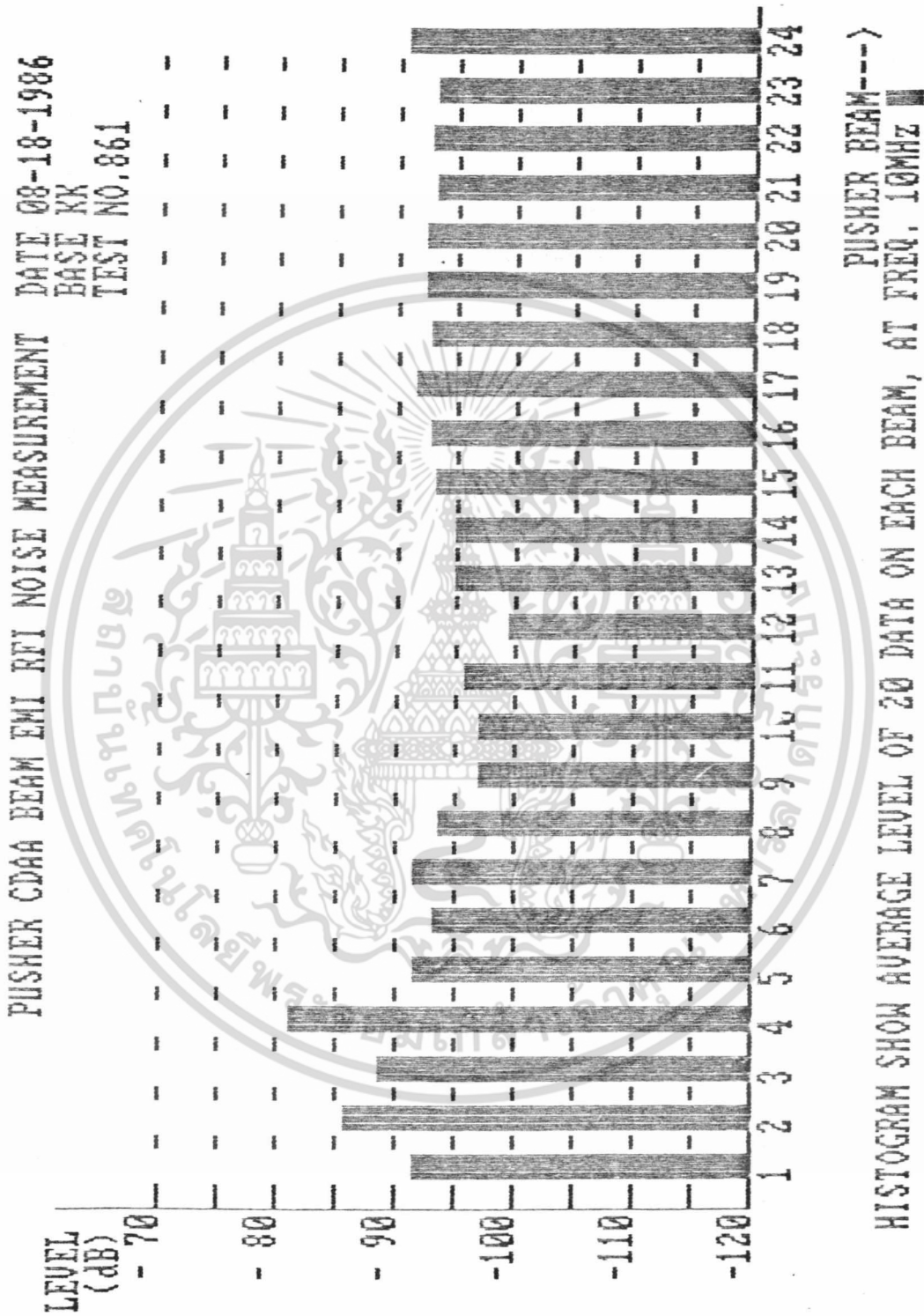
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



HISTOGRAM SHOW AVERAGE LEVEL OF 20 DATA ON EACH BEAM, AT FREQ. 5MHZ

ค่าเฉลี่ยของระดับสัญญาณรบกวนที่ความถี่ 5 MHz จากการทำการวัดช่วงเช้าและบ่ายเป็นเวลาติดต่อกัน 10 วัน

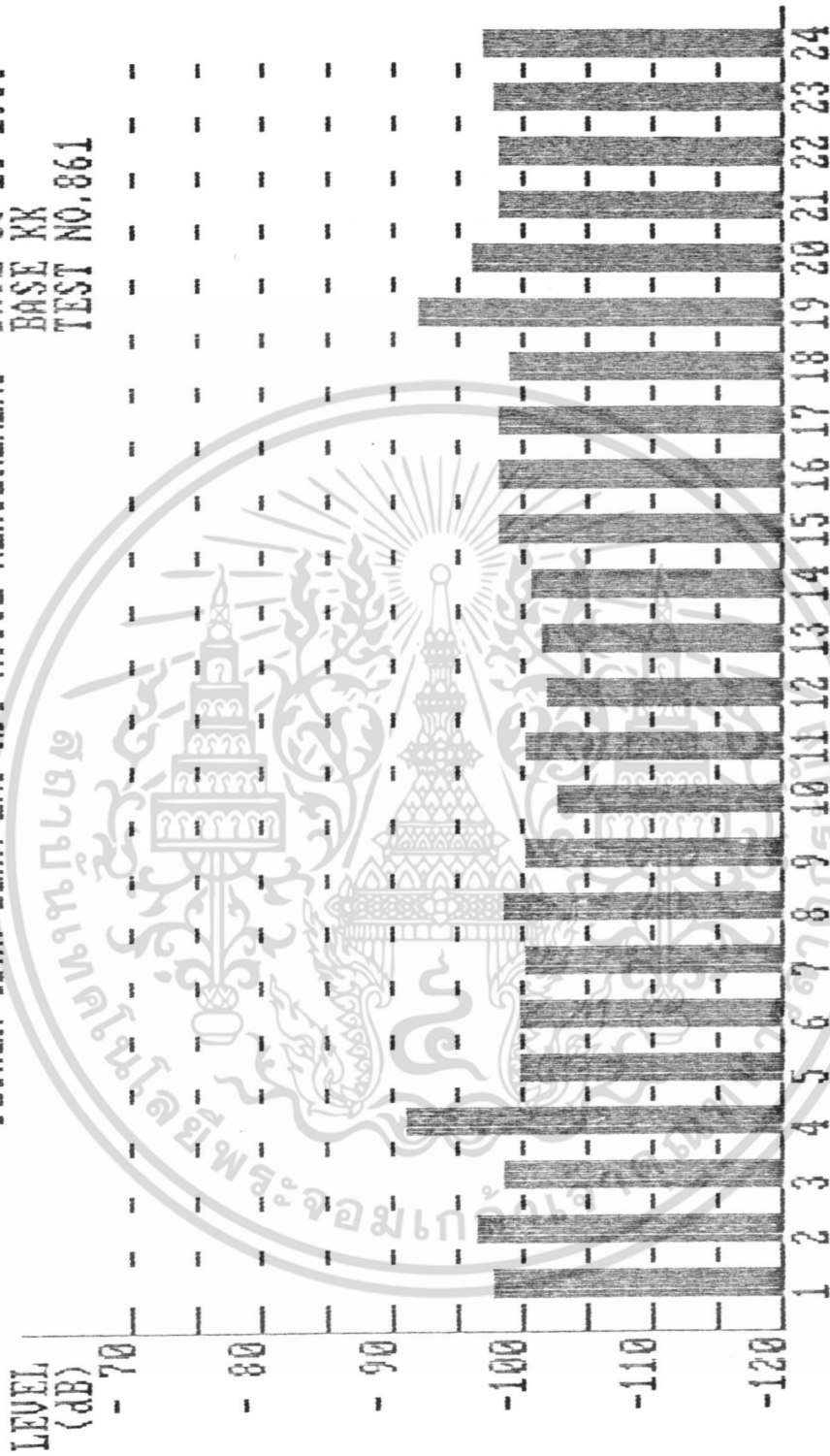
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าระดับสัญญาณเฉลี่ยจากกวาดที่ความถี่ 10 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSHER CDAA BEAM EMI RFI NOISE MEASUREMENT
DATE 08-18-1986
BASE KK
TEST NO. 861



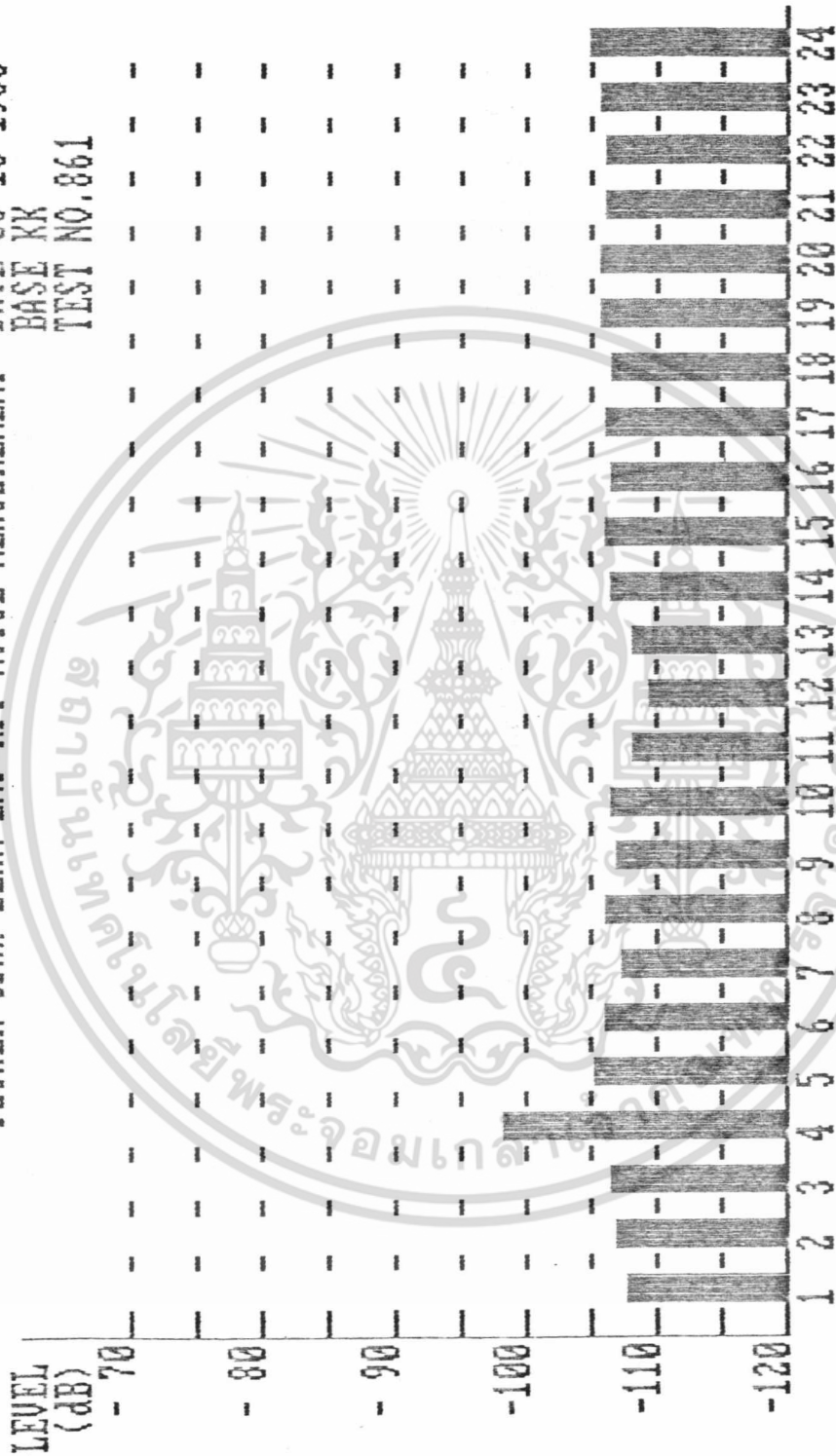
HISTOGRAM SHOW AVERAGE LEVEL OF 20 DATA ON EACH BEAM, AT FREQ. 20MHZ
PUSHER BEAM---->

ค่าระดับสัญญาณเฉลี่ยจากการวัดที่ความถี่ 20 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSHER CDA4 BEAM EMI RFI NOISE MEASUREMENT
DATE 08-18-1986
BASE KK
TEST NO. 861

PUSHER CDA4 BEAM EMI RFI NOISE MEASUREMENT



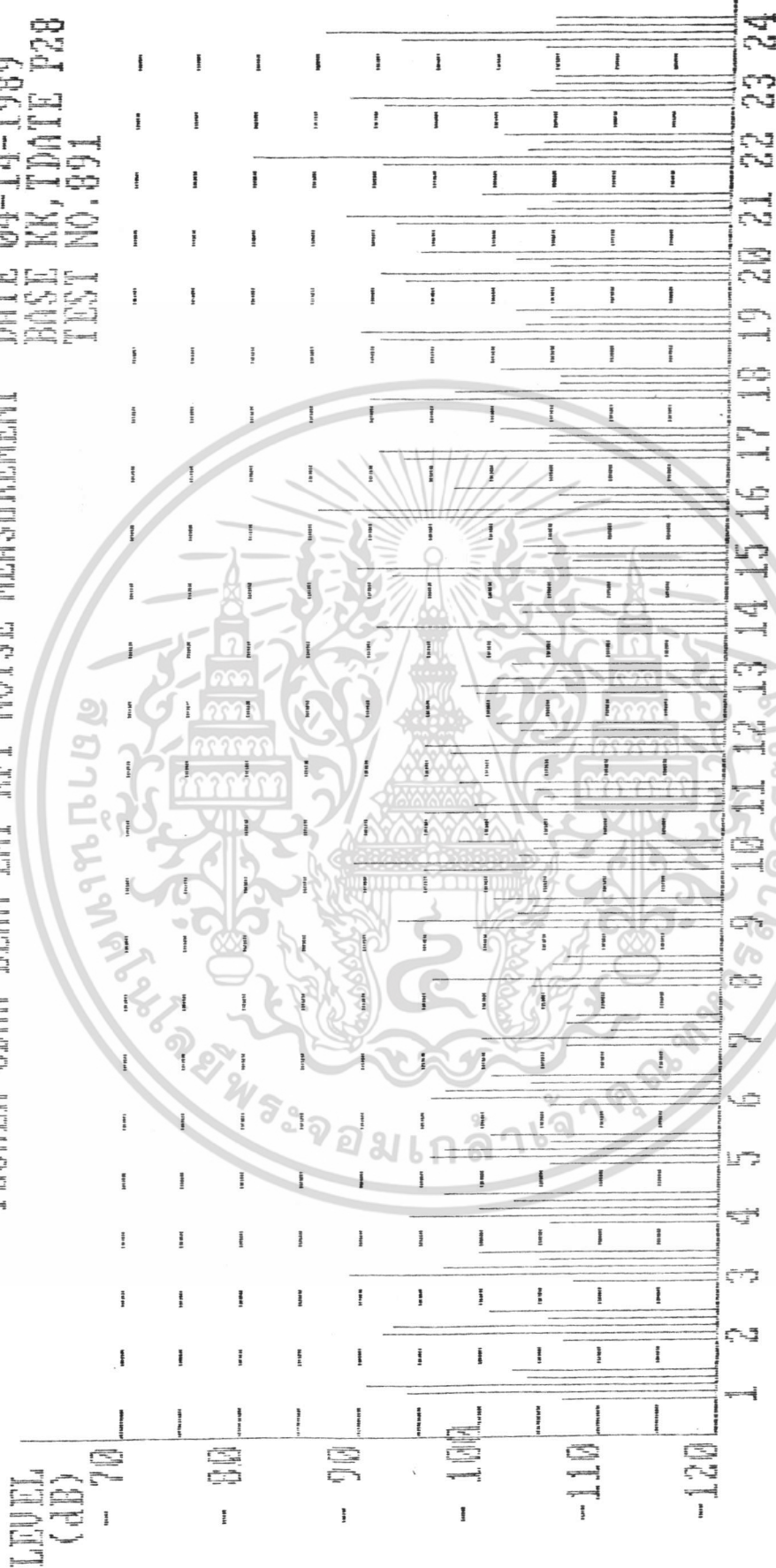
HISTOGRAM SHOW AVERAGE LEVEL OF 20 DATA ON EACH BEAM, AT FREQ. 30MHZ
PUSHER BEAM--->

ค่าระดับสัญญาณเฉลี่ยจากการวัดที่ความถี่ 30 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSHER CDDA BEAM EMI RFI NOISE MEASUREMENT

DATE 04-14-1989
BASE KK, TDATE P28
TEST NO. 891



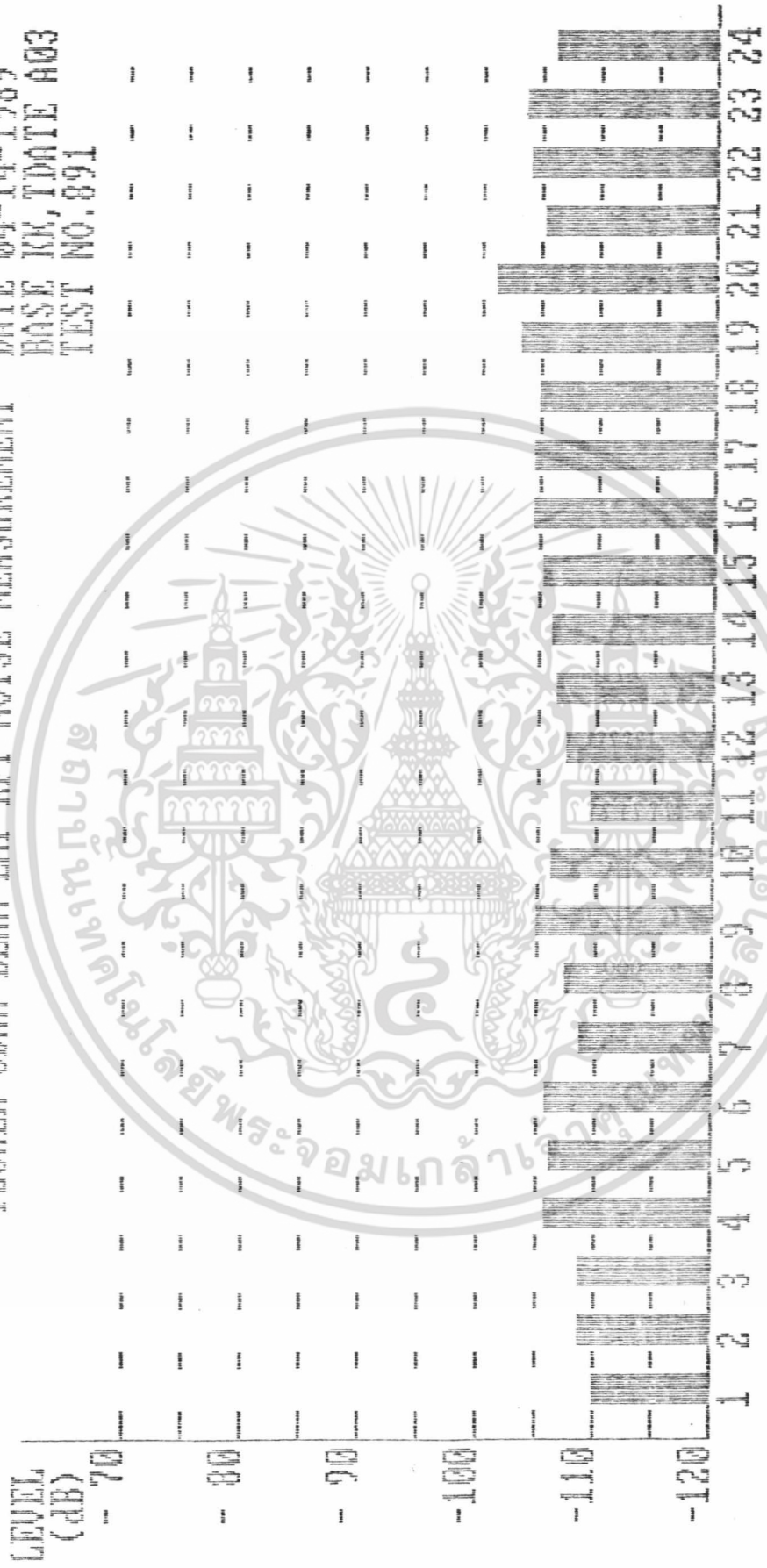
EACH BEAM IS COMPOSED OF FIVE FREQUENCIES (2.5, 5, 10, 20, & 30 MHz) PUSHER BEAM--->

รหัสนี้ของสัญญาณรบกวนในแง่ของความถี่ วัดจากสายอากาศ 24 ทิศทาง รอยทั้ง 360 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSHER CDMM BEAM EMI RFI NOISE MEASUREMENT

DATE 04-14-1989
BASE KK, TDATE A03
TEST NO. 891



EACH BEAM IS AVERAGE OF FIVE FREQUENCIES (2.5, 5, 10, 20, & 30 MHz) PUSHER BEAM--->

ค่าเฉลี่ยของสัญญาณรบกวน จากการวัดความถี่ (2.5, 5, 10, 20, และ 30 MHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 การพัฒนาแก้ไขสัญญาณรบกวนจากลูกถ้วยไฟฟ้า

เหตุผลของการเกิดสัญญาณรบกวน จากลูกถ้วยนั้น จะเหมือนกับที่เกิดที่สายตัวนำ โดยการเกิดการเบรคดาวน ที่กระแสเกิดขึ้นโดยทันทีทันใด จากความเครียดและเค้นของแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเกิดได้หลายทาง เช่น เกิดการรั่ว ของทางเดินไฟฟ้า จากเกิดความสกปรก หรือความเกลื่อ และมีความชื้นที่ผิวของลูกถ้วยสูง

ประการที่สอง อาจเกิดจากมีรอยแตกที่ผิวของลูกถ้วย สัญญาณรบกวนที่เกิดแบบอื่น ๆ ก็เป็นประเภทการคายประจุเป็นช่วง ๆ ซึ่งจะเกิดก็ต่อเมื่อลูกถ้วยกับก้านสลักยึดชั้นกันไม่แน่น หรือระหว่างก้านยึดลูกถ้วยของลูกแขวน แต่ละลูกสัมผัสกันไม่ดี ทำให้เกิดมีการกระโดดข้ามของประจุไฟฟ้าขึ้น

การแก้ไขและการป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวน

6.1.1 การแก้ไขของลูกถ้วยก้านตรง ส่วนมากปัญหาของการชำรุดของลูกถ้วย ซึ่งเราสามารถตรวจสอบได้ด้วยตา เช่นการแตก หรือบิ่น ของลูกถ้วย ซึ่งเราจะสังเกตเห็นได้ ถึงแม้เราจะอยู่ที่บริเวณโคเสา ส่วนการรั่วของลูกถ้วยนั้นจำเป็นต้องปีนขึ้นไปตรวจสอบบนเสาไฟฟ้า เมื่อพบการพบพร่องก็จำเป็นต้องเปลี่ยนใหม่ ส่วนลูกถ้วยที่ตรวจสอบด้วยตาว่าเป็นปกติ ก็จะต้องทำการป้องกันการเกิดการรบกวน โดยเริ่มจากการทำความสะอาดผิวของลูกถ้วย และตรวจการติดตั้งให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อย ส่วนลูกถ้วยที่อยู่ในข่ายสงสัยว่าอาจเป็นต้นกำเนิดสัญญาณรบกวนก็จำเป็นต้องถอดลูกถ้วยออกจากก้านลูกถ้วย เพื่อตรวจสอบสภาพการสัมผัสบริเวณเกลียว แล้วจึงทาด้วย conductive Compound แล้วจึงติดตั้งกลับคืนในสภาพที่แน่นและเรียบร้อย

6.1.2 การแก้ไขและการป้องกันของลูกถ้วยแขวน

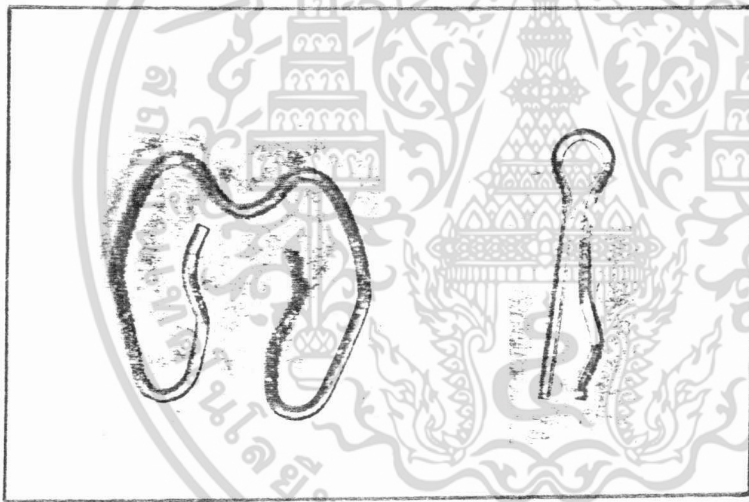
ลูกถ้วยแขวนจะเป็นลูกถ้วยที่พบว่า เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวน ได้ง่ายมากกว่าลูกถ้วยก้านตรง เนื่องจากสัญญาณรบกวนจะเกิดจากการชำรุดของลูกถ้วยแล้ว สัญญาณรบกวนยังเกิดได้จากลูกถ้วยปกติ แต่อยู่ในสภาพที่ถูกใช้งานมาเป็นเวลานาน จนทำให้โลหะที่ยึดลูกถ้วย เมื่อนำมาประกอบต่อกัน เกิดการสัมผัสกันไม่ดี ในการจะพยายาม แก้ไขปัญหานี้ ก็อาจจะทำได้ โดยการนำลูกถ้วยลงมาทำความสะอาด ขั้วโลหะต่าง ๆ แล้วทาโลหะช่วงสัมผัสกันด้วย conductive Compound ด้วยวิธีนี้ก็สามารรถแก้ปัญหาไปได้ช่วงหนึ่ง เมื่อฝนตกก็จะ ชะล้าง conductive Compound ออกไปหมด เมื่อนานเข้าจุดสัมผัส ก็สกปรกขึ้นมาอีก ก็มีการแก้ไข โดยการเปลี่ยนแกนสลักของลูกถ้วย ซึ่งของการไฟฟ้า ใช้เป็นแบบแกนกลม โดยเปลี่ยนมาเป็นแกนเหลี่ยม โดยเลือกใช้แบบหกเหลี่ยม ซึ่งจะทำให้จุดสัมผัสจากเดิมมีแค่จุดเดียว ก็เพิ่มมาเป็นสองจุดแทน



รูปที่ 6.1 แกนสลักหกเหลี่ยม และ แปรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ,
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ก็ยังมีปัญหา เมื่อลูกถ้วยเกิดการแกว่งจุดสัมผัส ก็มีการขยับไปมา ก็ทำการแก้ไขโดยใช้แหวนเป็นแบบแหวนสปริง และนำแปรงลวด แบบที่ใช้ล้างกระบอกปืนมาสอดใส่ระหว่างขั้วยึดของลูกถ้วย โดยเลือกใช้แปรงที่ทำจากสแตนเลส เพื่อป้องกันปัญหาจากการเกิดสนิม หลังจากการติดตั้ง เราสามารถทดสอบได้ โดยการเขย่าสายยึด เสาไฟฟ้า ให้ลูกถ้วยเกิดการแกว่ง ปกติถ้าเราไม่ใส่อุปกรณ์ลงไป ลูกถ้วยจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น โดยสัญญาณรบกวนจะเกิดเป็น จังหวะตามลักษณะของการแกว่งของลูกถ้วย แต่ถ้าใส่อุปกรณ์ลงไปแล้ว ก็จะเกิดการรบกวนขึ้น



รูปที่ 6.2 แหวนสปริง และ แปรงลวด

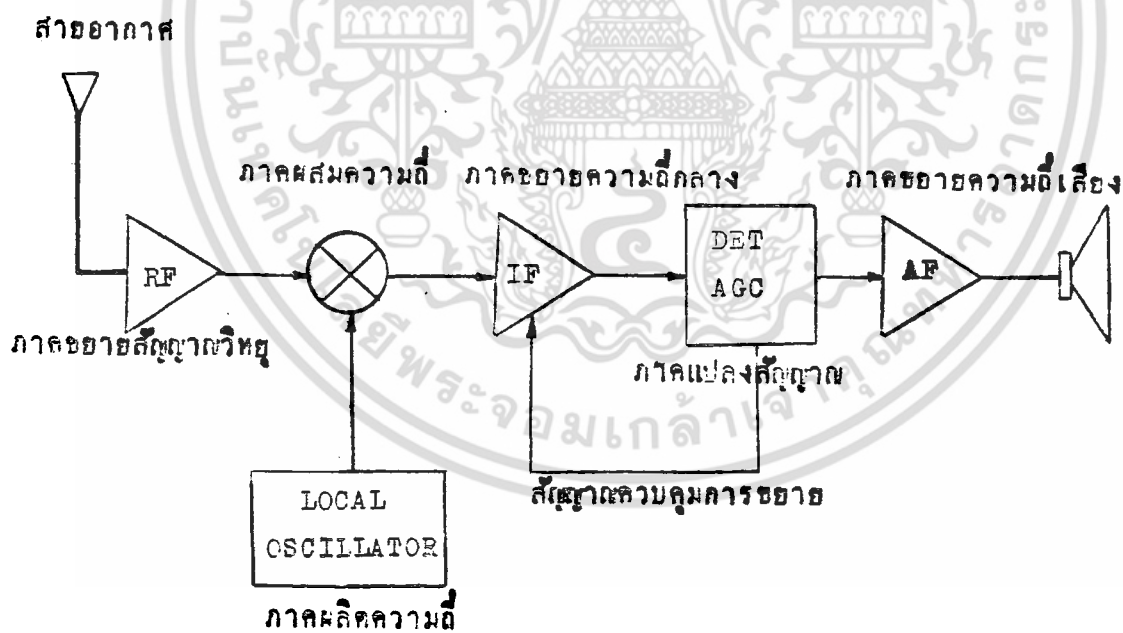
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 การพัฒนาวิทยุที่ใช้ค้นหาสัญญาณรบกวน

การตัดแปลงวิทยุที่จะนำมาใช้งาน โดยมีค่าใช้จ่างที่ต่ำนั้นควรจะใช้วิทยุแบบเอเอ็ม ซึ่งสามารถตัดแปลงได้ง่าย แต่สามารถรับความถี่ได้แค่ 1.6 MHz ซึ่งพอที่จะสามารถรับสัญญาณรบกวนได้

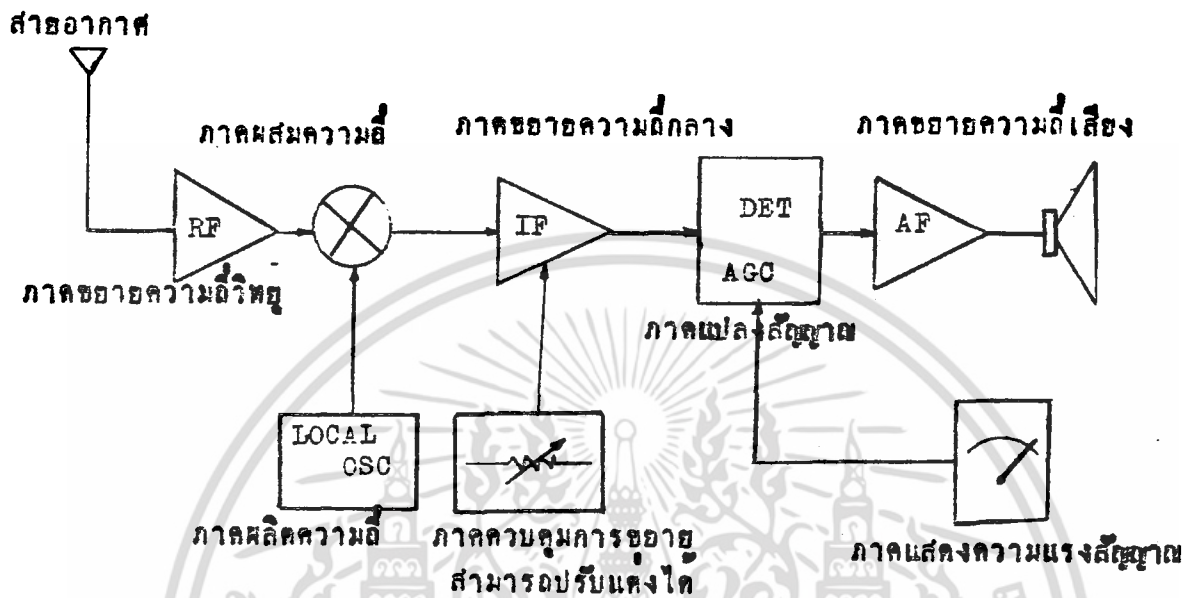
สิ่งที่จะต้องปรับปรุงเพิ่มเติม คือ

1. เพิ่มประสิทธิภาพในการบอกระดับของสัญญาณที่รับ โดยการใส่มิเตอร์วัดระดับของความเข้มสัญญาณลงไป โดยอาจจะใช้เป็นเข็ม หรือแบบ LED ก็ได้
2. การตัดภาคควบคุมการขยาย แบบอัตโนมัติออก เพื่อให้ได้ระดับสัญญาณที่แท้จริง ซึ่งอาจปรับค่าการขยายโดยการปรับค่าความต้านทานซึ่งเป็นตัวบ่อนแรงไฟแทนสัญญาณจากภาค AGC



รูปที่ 6.3 แผนผังของเครื่องรับวิทยุแบบเอเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แผนผังของเครื่องรับวิทยุหลังจากการตัดแปลงแล้ว

ในการที่ต้องการให้รับความถี่ได้สูงขึ้นอาจจะทำโดยการปรับความถี่ของ Local Oscillator และการจูนที่ภาคขยายสัญญาณวิทยุใหม่ หรืออาจจะเลือกวิทยุที่นำมาตัดแปลงใหม่ โดยเลือกชนิดที่สามารถรับวิทยุคลื่นสั้นได้ด้วย ก็จะทำให้สามารถรับสัญญาณครบถ้วนได้ย่านกว้างขึ้น ถ้าเป็นวิทยุแบบดีตรอนด์ ก็จะทำให้สะดวกในการวิ่งรถตระเวนตรวจสอบซึ่งจะเหมาะสำหรับการไฟฟ้า ซึ่งมีระยะทางที่จะต้องตรวจสอบเป็นระยะทางไกล และสามารถตรวจสอบได้ก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้นจริง ๆ แต่ถ้าปล่อยให้เกิดปัญหาขึ้นแล้วจึงจะตรวจหา นั้น จะต้องใช้เวลามาก เพราะจะต้องใช้เจ้าหน้าที่ทำการขึ้นตรวจสอบอุปกรณ์บนเสาเป็นระยะเกือบทุกต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า / ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 สรุป

สัญญาณรบกวนที่แพร่กระจายคลื่นออกมาจากเสาอากาศแรงสูงนั้นจะออกมาในย่านความถี่กว้างมาก ไม่มีการปรับแต่งความถี่เหมือนเครื่องส่งวิทยุและในการปฏิบัติไม่มีอุปกรณ์ที่จะกรองผลการรบกวนจากการแพร่กระจายคลื่นนี้

เราจึงจะต้องใช้วิธีการป้องกัน หรือลดการเกิดเป็นอันดับแรก แต่ในการแก้ไขก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย ประสิทธิภาพ และประหยัดทางด้านค่าใช้จ่าย สิ่งที่สำคัญคือ จะต้องเริ่มศึกษาการเกิดการรบกวน ลักษณะของการเกิดการรบกวนของการไฟฟ้าจะมาช่วยทำการแก้ไข เพื่อให้พื้นที่ของการแก้ไขนั้นน้อยลง และสิ่งที่จะขาดเสียไม่ได้คือการถ่ายทอดความรู้ หรือการอบรมให้เจ้าหน้าที่ผู้เป็นผู้ปฏิบัติ ให้มีความเข้าใจกับปัญหาที่กำลังจะทำการแก้ไข เนื่องจากปัญหาของสัญญาณรบกวนนั้น เป็นปัญหาหลักของการสื่อสารวิทยุแต่ไม่ใช่ปัญหาใหญ่ของระบบไฟฟ้า

แต่เทคนิคของการตรวจวัดสัญญาณรบกวนนี้ เป็นวิธีการที่จะช่วยทางการไฟฟ้าหาอุปกรณ์ที่กำลังเสื่อมสภาพได้โดยง่าย และเป็นการลงทุนที่ต่ำกว่าการจัดการกล้องอินฟราเรด ในการตรวจการอาร์คของลูกถ้วย การวัดสัญญาณรบกวนยังสามารถทราบการชำรุดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หม้อแปลง ซึ่งสามารถทราบก่อนที่หม้อแปลงจะระเบิดได้

การเตรียมเอกสารในทางการไฟฟ้า จะแบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกเป็นการเตรียมเพื่อใช้อธิบายให้กับผู้จัดการไฟฟ้าแต่ละพื้นที่ ที่จะขอเจ้าหน้าที่ไฟฟ้าแรงสูงมาทำการแก้ไข ชุดที่สองเป็นรายละเอียดทางด้านเทคนิค ในการปฏิบัติการตรวจสอบและการแก้ไขอุปกรณ์ต่าง ๆ บนสายและเสาไฟฟ้า ซึ่งบางครั้งเจ้าหน้าที่ไฟฟ้าแรงสูงมีเวลามาช่วยทำการแก้ไขน้อย ดังนั้นการแก้ไขจึงจำเป็นต้องหาแบบตรวจสอบจุดต่าง ๆ ที่เป็นโอกาสการเกิดสัญญาณรบกวนทั้งหมด

ในช่วงระหว่างการดำเนินการแก้ไข ก็จำเป็นต้องทำการตรวจวัดไฟด้วย เช่น ระหว่างการตัดไฟฟ้าออกที่ละเฟส ก็ต้องวัดเพื่อให้ทราบว่า เฟสใดเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนมาก ในการแก้ไขจะได้ให้ความละเอียดมากขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวทวไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า , ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางครั้งการแก้ไขก็จำเป็นต้องทำระหว่างที่สายไฟยังมีไฟอยู่ เพื่อจะหาแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนได้ถูกต้อง เช่น การตรวจสอบสายวัดไฟกับลูกถ้วยที่มีการหลวม

ช่วงที่ทำการดับไฟฟ้า หรือการตัดสายแรงสูงออกจากสายไฟหลักนั้น จะเป็นจุดที่จะแก้ไขการรบกวน ให้ลดลงได้สูงสุด

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวัดการรบกวน และตรวจสอบดูว่าพอเพียงกับความต้องการของการสื่อสารหรือไม่ แต่ถ้ายังมีการรบกวนจากสายไฟฟ้าเมนหลักสูงมาก ก็จำเป็นต้องหันมาทำการแก้ไขปัญหา ทางด้านวิทยุสื่อสาร เช่น การใช้สายอากาศที่มีทิศทางในการรับ โดยเปลี่ยนจุดเส้าอากาศ ให้ทิศทางการรับคลื่นไม่ผ่านแนวสายไฟแรงสูง เป็นต้น

จากการศึกษาวิจัย พบว่าถ้าสัญญาณรบกวนอยู่เฉพาะย่านความถี่ต่ำ จาก 1 MHz แต่ไม่เกิน 10 MHz จะเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากแก๊ปดิสชาร์จของไฟฟ้าแรงดันต่ำ จากจุดต่อบกพร่อง หรือภายในอุปกรณ์ เช่น หม้อแปลง แต่ถ้าเกิดที่แรงดันสูง ผลของโคโรนาดีสชาร์จจะมีความถี่สูงถึง 100 MHz และ ของแก๊ปดิสชาร์จจะสูงได้ถึง 1 GHz ลักษณะการเกิดซ้ำๆ ของพัลส์ต่อเฮิร์ตโคโรนา บ จะเกิดได้หลายแสนครั้ง โคโรนาบวกจะเกิดจากไม่กี่ครั้งจนถึงหลายพันครั้ง แต่ถ้าเป็นแก๊ปดิสชาร์จจะเกิดจากหลายร้อยครั้งถึงสองสามพันครั้ง

สัญญาณรบกวนที่เกิดบริเวณลูกถ้วยส่วนใหญ่เป็นแก๊ปดิสชาร์จ ซึ่งจะเกิดจากทั้งลูกถ้วยชำรุด และความบกพร่องของลวดมัดสายไฟบนลูกถ้วยไม่แน่น ซึ่งการรบกวนจะเป็นแบบต่อเนื่องตลอดเวลา การรบกวนจะหยุดเมื่อ อุณหภูมิหรือความชื้นเปลี่ยนแปลงทำให้สภาพของแก๊ปถูกขี้อัด แต่ถ้าสัญญาณรบกวนเกิดเป็นช่วงๆ ซึ่งอาจสังเกตได้จากการแกว่งของสายไฟ และจะทำการทดสอบโดยการเขย่าสายยึดสายไฟ การรบกวนนี้ส่วนใหญ่จะเกิดจากแก๊ปดิสชาร์จ ที่บริเวณลูกถ้วยแขวนในการเขย่าสายบางครั้งอาจทำให้การรบกวนหยุดลงเพราะจุดสัมผัสดีขึ้น แต่บางครั้งอาจเกิดการรบกวนมากขึ้นเพราะสายไฟฟ้าหย่อนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] "Reference Data for Radio Engineering" (Howard W. SAMS & CO.INC)
- [2] CCIR, "World Distribution and Characteristics of Atmospheric Radio Noise," Report 322, Interational Radio Consultative Comitte (CCIR) International Telecommunication union, Geneva Switerland (1964)
- [3] URSI "The Measurement of Characteristics of Terrestrial Radio Noise" Special Report T, Internation Union of Radio Science, Brusscls Elsevier Publishing CO; Amsterson, 1962
- [4] The IEEE Power Engineering Society, "The location and Prevention of RI and TVI Source from Overhead Power line." IEEE TUTORIAL COURSE, TEXT 76 CH 1163-5 PWR.
- [5] E. Nasser, "Fundamental's of Gaseous Ionigation and Plasma Electronics" (book, John Wiley E Sons, New York 1971
- [6] W. Janischewskyj (Course Coordinator), "EHV Transmission Line Corona Effects", IEE Tutorial Course 72 CHO 644-5 PWR Winter Power Meeting, New York, Jan 1972, PP 56

- [7] P. Sarma Maruvada, N. Giao Trinb, "A Basis for Setting limits to Radio Interference from High Voltage Transmission Lines" IEEE Trans. on PAES, Vol. 94 NO. 5, Sept./Oct 1975 PP. 1714-24
- [8] W.E Pakala, V.L.Chartier, "Radio Noise Measurements of Overhead Power line from 2.4 to 800 KV", IEEE Trans.on PAES, Vol. 90, May/June 1971, PP 1155-65
- [9] M.C Perz, "Natutal Modes of Power line Carrier on Horizontal Thru - Phase Lines", IEEE Trans. on PAES, Vol. 85 No. 7, July 1964, PP 679-86
- [10] K.A. Norton, "Propagation of Radio Waves the surface of the earth and in the upper atmosphere", Part I, Proc. IRE, Vol. 24, PP. 1367-1387, Oct. 1936; PART II, Proc, IRE, Vol. 25, PP. 1203-1236; Sept. 1937
- [11] L. Boulet etal., "Enviromental Studies of Radio Interference from Conductors and Hardware", CIGRE Paper No. 408, Paris, France, June 1966, PP. 1-30
- [12] F. Hirsh, E. Schafer, "Progress Report on the HVDC Test Line of the 400 Kv - Forschungsge mien schaft - Corona Losscs and Radio Interference" IEEE Trans. on PAGS, Vol. 85 No. 9, July 1969, pp. 1061-69
- [13] W. Janischewakyj, J. Beattie, "Effects of Humidity Upon Discharge Processes of Negative AC Corona" IEEE Conference on Gas Discharger, London Eng, Sept. 1972, PP. 391-93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Prof. Dr. Ing Hans - Gerd Kranz. "Partial Discharge Seminary (16-17. 03. 1989)" King Mongkut's Institute of Technology - North Bangkok
- [15] D. Kohoutoua and J. Vokalck, "Radio and TV Interference arising from High Voltage Line" 1973 IEEE Electromagnetic Compatibility Symposium Record, IEEE 73CH0751-8EMC
- [16] Antennas and Accessories for EMI/RFI testing EMCO The Electro - Mechanic Company Copy right
- [17] G.H.Hagn "INTERIM DOD RADIO NOISE AND ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) SURVEY HAND BOOK" Final Report July 1979 SRI International.

ประวัติผู้เขียน

นายชาติรี ชาติกรกุล เกิดวันพฤหัสบดี ที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2497

เป็นชาวอำเภอพรหมบุรี จังหวัดสิงห์บุรี

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อ พ.ศ. 2519

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2520 - 2523 เข้าทำงานตำแหน่งวิศวกรโครงการ

บริษัท เค็นทไทยแลนด์ (Kent Thailand)

แล้วลาออกเข้าทำงานกับบริษัท Essell ทำหน้าที่วิศวกรที่ปรึกษาของ

ศูนย์รักษาความปลอดภัย กองบัญชาการทหารสูงสุดจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้