

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
ความสำคัญของปัญหาและมูลเหตุจูงใจ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
การตรวจเอกสาร	4
ปรากฏการณ์ “ฟ้าผ่า”	5
การต่อลงดิน	31
เครื่องวัดฟ้าผ่า	87
อุปกรณ์และวิธีการ	98
อุปกรณ์	98
วิธีการ	98
เทคนิคการปฏิบัติงานติดตั้ง	99
ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	131
ผลการวิจัย	131
ข้อวิจารณ์	137
สรุปและข้อเสนอแนะ	140
สรุป	140
ข้อเสนอแนะ	145
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	146
ภาคผนวก	148

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ต่างๆของฟ้าผ่า	26
2	ความลึกของกระแสที่ไหลเข้าไปในดิน	53
3	ความต้านทานจำเพาะของดินและน้ำ	54
4	ความสามารถ อุปกรณ์ป้องกันเสร็จไฟฟ้า เอซี	90
5	เก็บบันทึกข้อมูลฟ้าผ่า เมื่อทดลองติดตั้งเครื่องวัดฟ้าผ่า จำนวน 24 สถานี ครั้งที่ 1	113
6	ข้อมูลฟ้าผ่า เมื่อทดลองติดตั้งเครื่องวัดฟ้าผ่าครั้งที่ 2 จำนวน 44 สถานี ครั้งที่ 2	115

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงสภาพวงจรการเกิดฟ้าผ่า	7
2	แนวปะทะของอากาศทำให้เกิดสภาพ เมฆฟ้าผ่า	8
3	การเกิดประจุไฟฟ้าในก้อนเมฆ	9
4	การเพิ่มมากขึ้นของศักย์ไฟฟ้า	10
5	ศักย์ไฟฟ้าบวกแผ่กระจายขึ้นสู่อากาศ	11
6	เส้นทางไหลของกระแสฟ้าผ่า	12
7	กระแสฟ้าผ่า	13
8	ปรากฏการณ์ Streamer	14
9	พยายามเกิดการผ่าซ้ำใหม่	15
10	ภาพสเก็ตการขยายตัวของหัวนำร่อง	18
11	ภาพถ่ายลำดับชั้นความถี่หน้าของหัวนำร่องเป็นจังหวะก้าวฟ้าผ่า	19
12	ลำฟ้าผ่า ถ่ายด้วยฟิล์มอยู่นิ่ง	19
13	ลำดับชั้นความถี่หน้าของหัวนำร่องฟ้าผ่าขึ้น	20
14	ลำฟ้าผ่าขึ้นจากยอดเสาส่งสัญญาณทีวีตั้งอยู่บนยอดเขา	21
15	คลื่นกระแสฟ้าผ่า	22
16	รูปคลื่นฟ้าผ่าลบจากการบันทึกด้วยออสซิลโลสโคป	23
17	รูปคลื่นฟ้าผ่าบวกรูปคลื่นกระแสฟ้าผ่าจากการบันทึกด้วยออสซิลโลสโคป	24
18	ตัวอย่างสถิติของกระแสฟ้าผ่า	25
19	กระบวนการฟ้าผ่าซ้ำ	27
20	ฟ้าผ่าซ้ำหลายครั้ง	28
21	ฮิสโตรแกรมจำนวนฟ้าผ่าซ้ำสู่พื้นโลกของประเทศไทยในปี 2539	
	แยกเป็นชั่วลบและชั่วบวก	29
22	จำนวนฟ้าผ่าซ้ำชั่วลบชั่วบวกซึ่งนับด้วยเครื่องนับฟ้าผ่าซ้ำ	30
23	ระบบที่ไม่ต่อลงดิน	34
24	วงจรของระบบมีจุดนิวทรัลและวงจรสมมูลของ การต่อลงดินที่จุดนิวทรัล X_{go} =รีแอคแตนซ์ ลำดับศูนย์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือหม้อแปลง	35

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	ต่อลงดินอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านขาสายดินใต้รับของสายป้อนกำลัง	40
26	วงจรเครื่องวัดดิน	42
27	การวัดความต้านทานสายดิน	43
28	การวัดความต้านทานจำเพาะของดิน	44
29	กราฟเปรียบเทียบความต้านทานดิน (R_c) ของ แท่งรากสายดินขนาดต่างกัน	45
30	กราฟเปรียบเทียบความต้านทานดินของเหล็ก หุ้มทองแดงกับเหล็กธรรมดาที่ความลึกเท่าๆกัน	46
31	กราฟแสดงค่าความต้านทานดิน (R_c) ในเทอม ของระยะห่าง S ของการฝังแท่งรากสายดิน	47
32	กราฟแสดงความสัมพันธ์ความต้านทานดิน ในเทอมของระยะห่าง S	48
33	แสดงถึงแรงดันสัมผัสและแรงดันช่วงก้าว	50
34	หลักของการให้นิยาม RESISTIVITY (ρ) ด้วย การใช้ก่อนปริมาตรลูกบาศก์	52
35	การอธิบายค่า R จากกระจายกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งทรงกลม	58
36	การอธิบายค่าคำนวณ R ด้วยทฤษฎีทางคณิตศาสตร์	59
37	พิจารณาถึง cubical of soil ที่ประกอบขึ้นของพื้น แผ่นดินหรือโลกหรือเรียกว่า Earts model	60
38	การพิจารณาถึงความนำไฟฟ้าและ/หรือความต้านทาน ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจาก ปริมาตรชั้นดินที่ต่อร่วมถึงกันหรือ เรียกว่าแบบจำลองชั้นดิน	38
39	ผลรวมของปริมาตร (cubical) จำนวนมหาศาลส่งผลเป็น สภาพความนำไฟฟ้าและ/หรือความต้านทานไฟฟ้า	62
40	อิกิวาเลนส์แบบครึ่งวงกลมของการฝังแท่งหลักดิน	64
41	แท่งหลักดินต้นเดี่ยว	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
42	สภาพ Grounding ซึ่งแตกต่างกันระหว่างระบบ Rod Grounding และระบบ Earts Grounding	68
43	ตัวอย่างแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในส่วนต่างๆและส่งผลต่อ ช.ส ที่ใช้งาน Rod Grounding	69
44	กำหนดค่า R_g ที่เหมาะสมเพื่อควบคุม Ground potential ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเพื่อ่ายและสะดวกในการจัดการบริหารระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ	71
45	การใช้เครื่องมือชุดเจาะ	73
46	การใช้เครื่องมือวัด Earth Tester	74
47	สำรวจความต้านทานดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยเครื่องเจาะบาดาลแบบใช้น้ำหล่อก้านเจาะ	78
48	สำรวจความต้านทานดินภาคเหนือด้วยเครื่องเจาะบาดาลแบบใช้น้ำหล่อก้านเจาะ	79
49	สำรวจความต้านทานดินภาคกลาง กรุงเทพฯ ปริมณฑล ด้วยเครื่องเจาะบาดาลแบบใช้น้ำหล่อก้านเจาะ	80
50	สำรวจความต้านทานดินภาคกลาง กรุงเทพฯ ปริมณฑล โดยการตอกแท่งหลักดินด้วยก้อนไฟฟ้า	81
51	สำรวจความต้านทานดินภาคใต้ ด้วยเครื่องเจาะบาดาลแบบใช้ลมเป่าไล่เศษดิน	82
52	การติดตั้งใช้งานเครื่องวัดฟ้าผ่าที่ TOT ออกแบบ	88
53	เครื่องวัดฟ้าผ่าติดตั้งที่ สถานีโทรคมนาคม	89
54	ปัญหาเสิร์จ และการใช้งานอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จไฟฟ้า เอซี	92
55	รูปคลื่นของตัวป้องกันเมื่อทำงานทดสอบกับ สภาวะไฟฟ้าเอซี 50Hz (บน) สภาวะแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม อุปกรณ์ป้องกันเสิร์จไฟฟ้า เอซี (ล่าง) สภาวะกระแสไฟฟ้า ที่ไหลผ่านอุปกรณ์ป้องกันเสิร์จไฟฟ้า เอซี	94
56	รูปคลื่นของตัวป้องกัน เมื่อทำการทดสอบสภาวะ Impulsive Surge หรือเสิร์จฟ้าผ่า	94

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	AC Surge ที่ติดตั้งใช้งานที่สถานีโทรคมนาคม แบบที่ 1	97
58	AC Surge ที่ติดตั้งใช้งานที่สถานีโทรคมนาคม แบบที่ 2	97
59	วงจรเดินสายต่อลงดินของอาคารชุมสายที่ต่อเข้า O.C.G.B	106
60	วงจรต่อลงดินระบบป้องกันฟ้าผ่าแยกเป็นอิสระส่วนกับวงจรต่อลงดินระบบชุมสาย	111
61	ตัวอย่างเครื่องวัดจากการใช้งานที่ชุมสายคงหลวง	119
62	ตัวอย่างเครื่องวัดฟ้าผ่าที่ติดตั้งใช้งานที่ชุมสายภูตะแก	120
63	ข้อมูลฟ้าผ่าที่ได้หลังจากปรับปรุงระบบต่อลงดิน พ.ศ. 2536	121
64	ข้อมูลฟ้าผ่าที่ได้หลังจากปรับปรุงระบบต่อลงดิน พ.ศ. 2538	122
65	ต้นเหตุสัญญาณรบกวนอุปกรณ์สื่อสารสัญญาณที่เข้ามายังอุปกรณ์	122
66	การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันขณะเกิดแรงดันเกินช่วงสั้น	123
67	การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันขณะเกิดแรงดันช่วงสั้น	124
68	อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกฟ้าลงเสียหาย	124
69	อุปกรณ์เสริมที่ติดตั้งอุปกรณ์แสดงผลว่ายังใช้งานได้อยู่	125
70	แสดงการต่อ MOV ทั้งสองแบบ	125
71	การต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า Three Phases Four Wires 380/220v 50Hz	126
72	วงจรอุปกรณ์ป้องกันเสริมที่ติดตั้ง COUNTER	126
73	อุปกรณ์เสริมแบบ Spark Gap	127
74	อุปกรณ์เสริมแบบ Varistors	128
75	อุปกรณ์เสริมแบบ Zener Diode	128
76	วงจรป้องกันเสริมในระบบโทรศัพท์โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ (48 V)	129
77	อุปกรณ์ป้องกันเสริมที่ใช้ในระบบชุมสาย	129
78	อุปกรณ์ป้องกันเสริมที่ใช้ในระบบชุมสาย	130
79	การป้องกันเสริมโดยการติดตั้งระบบต่อลงดิน	130
80	การต่อหลักดินและจุดบ่อกราวด์	133
81	การใช้เครื่องขุดเจาะแท่งหลักดิน 2 แบบ	133
82	การขุดร่องดิน	134

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
83	รูปการทำกราวนด์เสาและเดินกราวนด์รอบชุมสายเคลื่อนที่	135
84	อุปกรณ์ทำกราวนด์	136
85	สายกราวนด์และแนวทางแก้ไข	142
86	สายกราวนด์ถูกตัด	143
87	การทำกราวนด์โดยใช้ลวดเหล็กชุบกัลวาไนซ์แทนสายทองแดง	143
88	สายกราวนด์ถูกตัด	144
ภาพผนวกที่		
1	แผ่น O.C.G.B. และ Lug แบบ 2 รู	149
2	แผ่น G.W.B. (Ground windows Bar)	149
3	การติดตั้ง แผ่น G.W.B.	150
4	Clamp พลาสติก รัดสายต่อลงดิน	150
5	ติดตั้ง O.C.G.B. ด้านหลังอาคาร	151
6	บ่อกราวด์ ชุมสาย (EXCHANGE HAND HOLE)	151
7	ติดตั้ง สายต่อลงดินที่ O.C.G.B.	152
8	วิธีการต่อสายระบบ Ground ring ของฐานเสาอากาศแบบ Gay Mast ด้วย LUG	152
9	สำรวจสายต่อลงดินเดิมก่อน แล้วค่อยเริ่มตัดถ่ายสายต่อลงดิน	153
10	วิธีเดินสายต่อลงดิน และการตัดถ่ายเป็นระบบปรับปรุงใหม่	155
11	ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าลงเสาอากาศและระบบสายดินแบบ1	156
12	ระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าลงเสาอากาศและระบบสายดินแบบ2	157
13	เครื่องวัด EARTH TESTER	158
14	การเชื่อมแท่งหลักกราวด์	158
15	วงจรไฟฟ้าเครื่องวัดฟ้าผ่า	159
16	การเดินสาย DOWN LEADER ลงมาที่โคนเสาอากาศ	160
17	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อกราวด์	161

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
18	การเชื่อมต่อ AIR TERMINAL ของยอดเสา	161
19	การเข้าบาร์กราวนด์	162
20	การเชื่อมต่อกราวนด์เป็นรูปสามเหลี่ยม	162

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

TOT	บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
ทศท	องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย
MOV	Metal Oxide Varistor
Rh	Rod Grounding
Rg	Earth Grounding
Td	Thunderstorm day
Ng	Ground stroke density
LFC	Lightning Flash Counter
LLS	Lightning Location System
PA	Position Analyser
ρ	Resistivity
R	Resistance
ช.ส	ชุมสายโทรศัพท์
LCC	Lightning Current Counter
ค.ต.ท	ความต้านทาน
DAS	Dissipation Array Systems
DTI	Digital Transmission Interface
ATS	Automatic Transfer switch
SPD	Surge Protective Device
G.W.B.	Ground windows Bar
O.C.G.B.	Out Side Common Ground Bar