




เอกสารอ้างอิง

1. Fink, D., G. and Beaty , H., W. Standard Handbook for Electrical Engineers , 11 th ed. McGraw-Hill , 1978
2. สมพันธ์ อาภาวัน. การศึกษา และทดสอบคุณสมบัติของลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้าภายใต้สภาพเปียกน้ำฝน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523
3. วิภา ทั้งไพศาล และวรเชษฐ ตันติศิริวัฒน์. การกระจายแรงดันบนลูกถ้วยรองรับบัสบาร์. โครงงานภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526
4. อาสา ทรัพย์ากร. ผลของการเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นทางไฟฟ้าที่มีต่อสมบัติการเป็นฉนวนของลูกถ้วยฉนวน. โครงงานภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525
5. อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ลูกถ้วยก้านตรง บอริชเลน มอก. 279-2521 . กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2521
6. อุตสาหกรรม, กระทรวง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ลูกถ้วยแขวน บอริชเลน มอก. 354-2523 . กรุงเทพมหานคร : กระทรวงอุตสาหกรรม, 2523
7. สรรวย สังข์สะอาด. วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ,2527
8. Nippon Gaishi Kaisha. NGK Insulator Catalogue No. 60. Nagoya Japan. Nippon Gaishi Kaisha,
9. Roth, A. Hochspannungstechnik. Wien Springer-Verlag, 1959
10. ปรีดา พิมพ์ขาว. เซรามิกส์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532
11. Naito, K and Suzuki, Y. "Insulator Selection Criteria for Transmission Line Reliability", NGK Review, No.14, pp.8-13, December,1990
12. Grzybowski, S and Kuffel, E. "Electric Surface Strength of High Voltage Insulators in Vacuum." IEEE Tran. Power Apparatus and System. Vol. PAS-99 No.5,pp. 1788-1794, Sept/Oct 1980

13. Naito, K. " Protection of Power Line against Lightning-against
Damage to Insulators and System Fault". IEEE THAILAND SECTION
and Electrical Engineering Branch, EIT Seminar
on ELECTROTECHNOLOGY - 88 , 1988
14. IEC. High Voltage Test Techiques . Publication 60-2 IEC, 1973
15. ANSI C 29.1. American National Standard Test Methods for
Electrical Power Insulators. New York : American National
Standard Institute, 1976



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

การหาค่าแรงดันในสภาวะมาตรฐาน

สภาวะบรรยากาศมาตรฐาน (standard reference atmosphere) หมายถึง ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิและความชื้นที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน เพื่อสะดวกแก่การเปรียบเทียบค่าผลที่ได้จากการทดสอบการรบกวนภายนอกในบรรยากาศ

ในกรณีที่ทำการทดสอบที่ไม่ใช่สภาวะบรรยากาศมาตรฐาน ต้องใช้แฟคเตอร์แก้ค่าที่วัดได้ไปสู่สภาวะมาตรฐาน คือ

$$U_{bn} = U_b \times k_n / k_d$$

- เมื่อ U_{bn} = ค่าแรงดันที่สภาวะมาตรฐาน
 U_b = ค่าแรงดันที่สภาวะของห้อง
 k_n = แฟคเตอร์แก้ความชื้น (หาได้จากกราฟรูปที่ 1, 2 หรือ 3)
 k_d = แฟคเตอร์แก้ความหนาแน่นบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นสัมพัทธ์ของอากาศที่คำนวณได้จากสมการ (ตามมาตรฐาน IEC No.52)

$$\begin{aligned} \delta &= (p/760) \cdot (273 + 20) / (273 + t) \\ &= 0.386 (p / (273 + t)) \end{aligned}$$

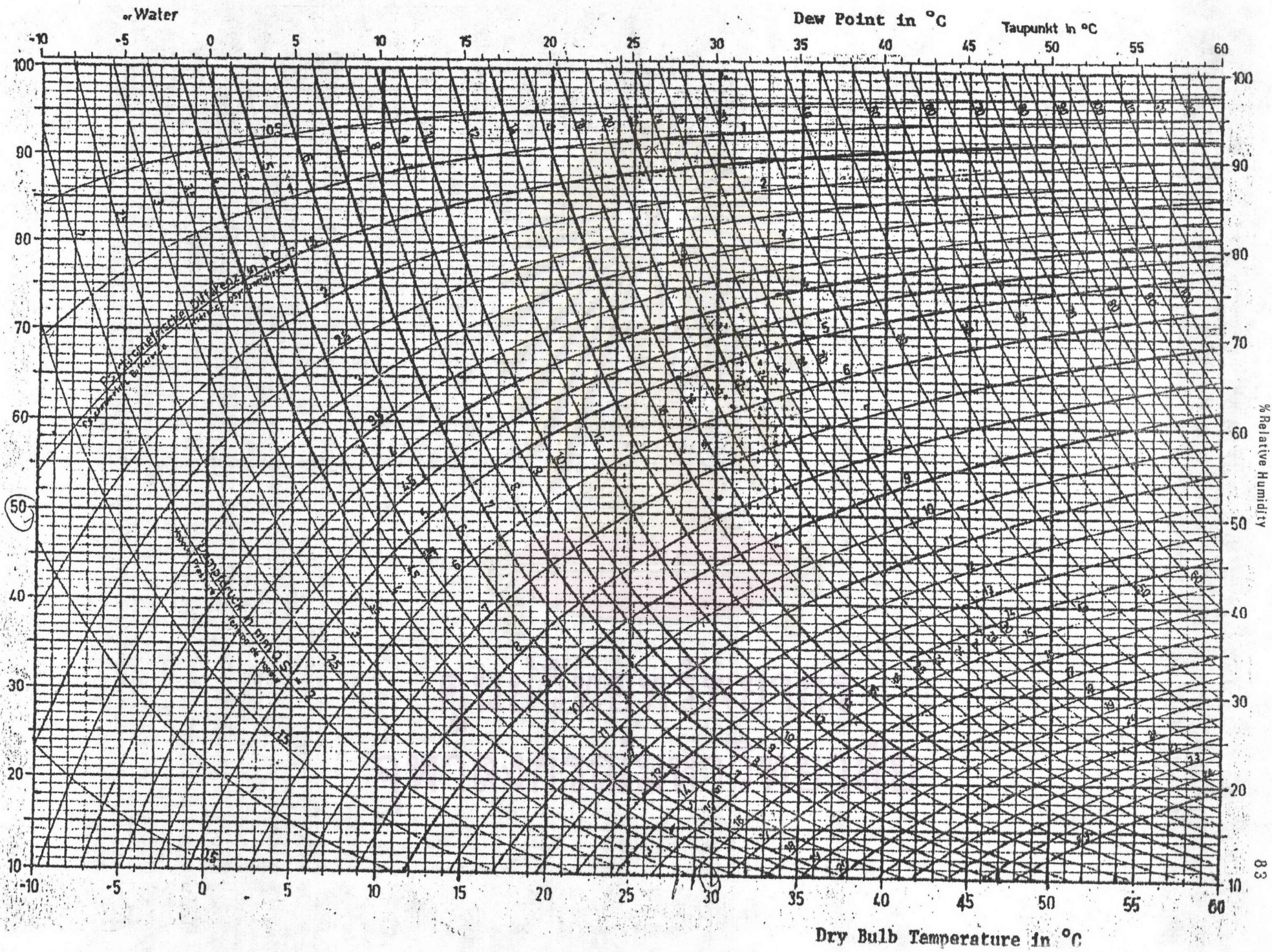
- โดยที่ p เป็น ความดันของอากาศอ่านจากบาริโอมิเตอร์ เป็น มม.ปรอท
 t เป็น อุณหภูมิของห้องในขณะที่วัดได้ เป็น °C
 k_d เป็น ตัวประกอบแปลงผันจะเท่ากับ δ เมื่อ δ มีค่าระหว่าง 0.9 ถึง 1.05

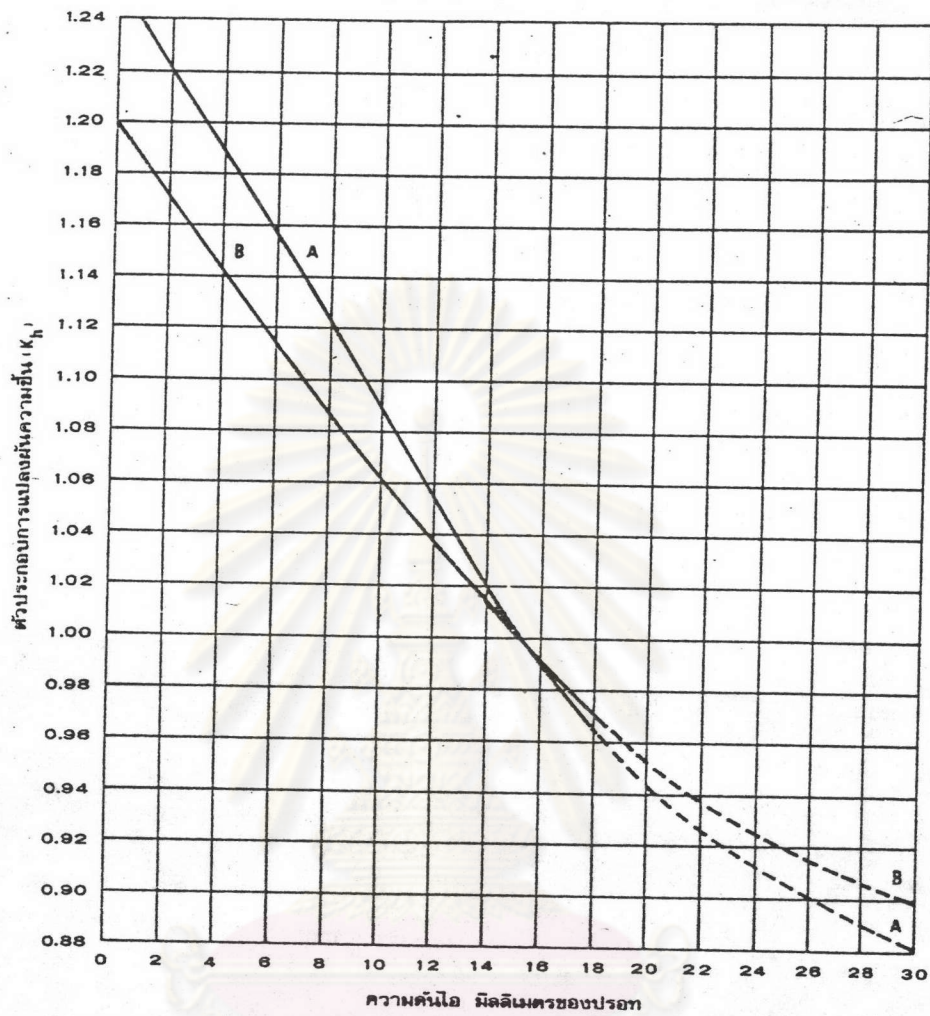
ตามมาตรฐาน ANSI (American National Standard) ภาวะมาตรฐาน
คือ ความดันอากาศ 760 mmHg, 25 °C และค่า ϵ คำนวณได้จากสมการ

$$\epsilon = (0.392) \cdot (p / (273 + t))$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ตัวประกอบแก้ความชื้นสำหรับแรงดันทดสอบกระแสสลับความถี่ต่ำ
(Low-frequency humidity correction factor)

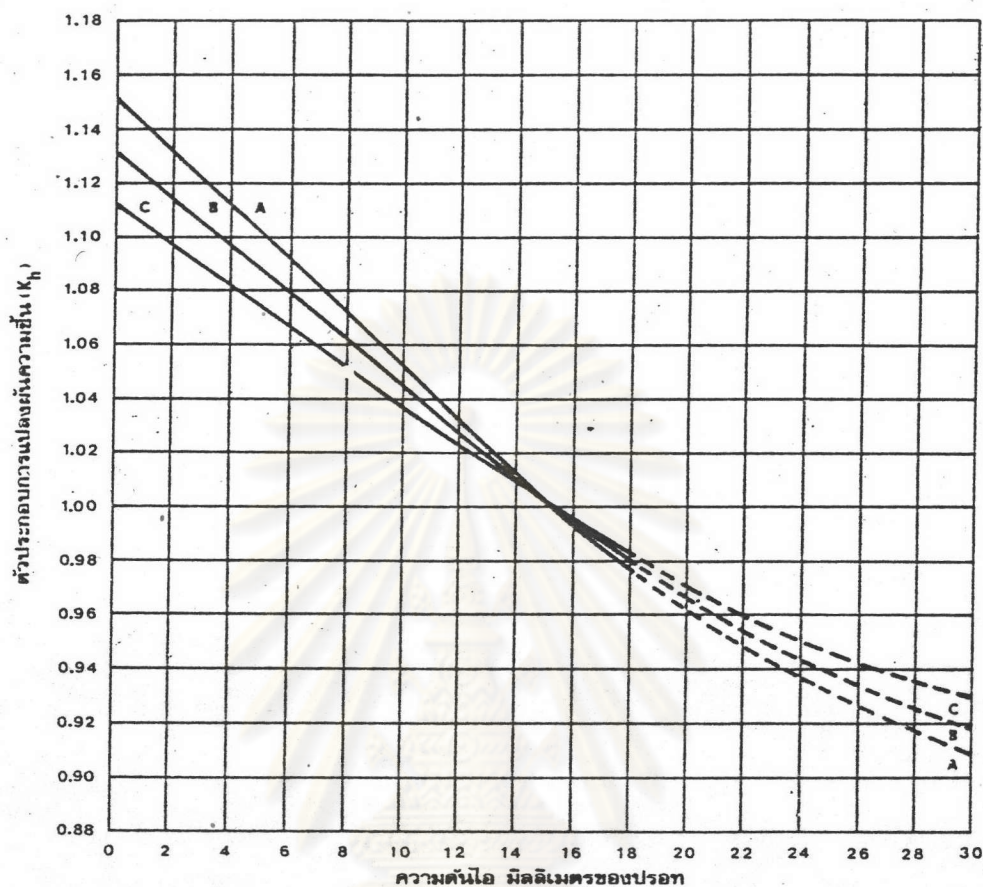
เส้น A สำหรับลูกถ้วยก้านตรง ลูกถ้วยหลัก

เส้น B สำหรับลูกถ้วยแขวน และลูกถ้วยอุปกรณ์สำเร็จรูป (apparatus insulators)

ในกรณีที่ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวต่ำกว่า 100 kV แฟคเตอร์แก้ความชื้นจะเป็น

$$k_h' = 1 + (U/100) \cdot (k_h - 1)$$

เมื่อ U คือ แรงดันไฟฟ้าความถี่ต่ำ kV



ตัวประกอบแก้ความชันสำหรับแรงดันทดสอบอิมพัลส์

- เส้น A สำหรับลูกถ้วยแขวน รูปคลื่นบวก
 ลูกถ้วยแขวน รูปคลื่นลบ
 ลูกถ้วยอุปกรณ์สำเร็จรูป รูปคลื่นบวก
- เส้น B สำหรับลูกถ้วยก้านตรง รูปคลื่นบวก
 ลูกถ้วยอุปกรณ์สำเร็จรูป รูปคลื่นบวก
- เส้น C สำหรับลูกถ้วยก้านตรง รูปคลื่นลบ
 ลูกถ้วยอุปกรณ์สำเร็จรูป รูปคลื่นลบ

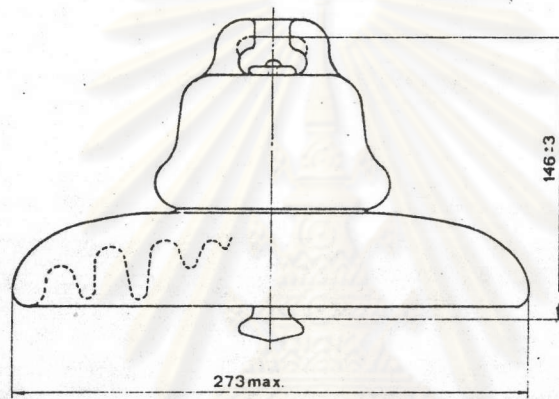
ในกรณีค่าแรงดันวาทไฟตามผิวต่ำกว่า 141 kV แฟคเตอร์แก้ความชันจะเป็น

$$k_h' = 1 + (U/141) \cdot (k_h - 1)$$

ภาคผนวก ข.

มาตรฐานของลูกถ้วยฉนวนที่ใช้ในการศึกษา

1. มาตรฐานทางไฟฟ้าของลูกถ้วยฉนวน แบบ 52-3 ตาม มอก. 354-2523



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

พิกัดทางมิติต่ำสุด

ระยะรั้ว มิลลิเมตร

292

พิกัดทางไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวแห้งความถี่ต่ำ กิโลโวลต์

80

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวเปียกความถี่ต่ำ กิโลโวลต์

50

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางบวก กิโลโวลต์

125

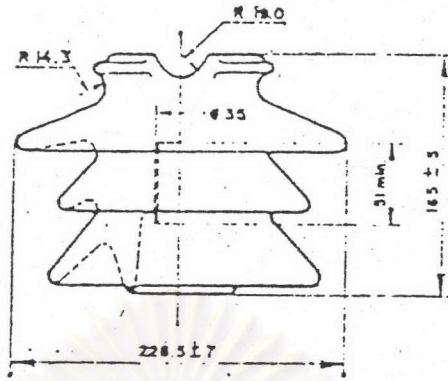
แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางลบ กิโลโวลต์

130

แรงดันไฟฟ้าเจาะผ่านความถี่ต่ำ กิโลโวลต์

110

2. มาตรฐานทางไฟฟ้าของลูกถ้วยก้านตรง แบบ 56-2 ตาม มอก. 279-2521



หน่วย : มิลลิเมตร

พิกัดทางมิติต่ำสุด

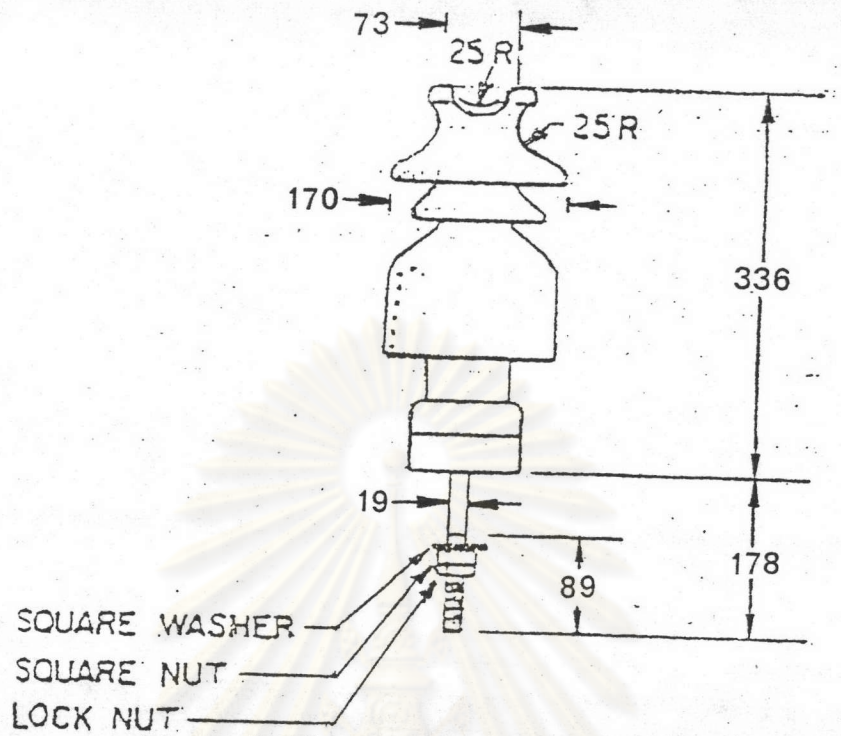
ระยะร้าว มิลลิเมตร	432
ระยะอาร์กแห้ง มิลลิเมตร	210
ความสูงของก้าน มิลลิเมตร	178

พิกัดทางไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวแห้งความถี่ต่ำ กิโลโวลต์	110
แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวเปียกความถี่ต่ำ กิโลโวลต์	70
แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางบวก กิโลโวลต์	175
แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางลบ กิโลโวลต์	225
แรงดันไฟฟ้าเจาะผ่านความถี่ต่ำ กิโลโวลต์	145

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. มาตรฐานทางไฟฟ้าของลูกถ้วยก้านตรงคอตัน แบบ NGK Cat. No. DA-69001



หน่วย : มิลลิเมตร

พิกัดทางมิติต่ำสุด

ระยะร้าว มิลลิเมตร

534

ระยะอาร์กแห้ง มิลลิเมตร

267

พิกัดทางไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวแห้งความถี่ต่ำ กิโลโวลต์

110

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวเปียกความถี่ต่ำ กิโลโวลต์

80

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางบวก กิโลโวลต์

180

แรงดันไฟฟ้าวาบไฟตามผิวอิมพัลส์วิกฤตทางลบ กิโลโวลต์

205

ภาคผนวก ค.

ค่าแรงดันการเกิดวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันรูปคลื่นต่าง ๆ

ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันรูปคลื่นต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบแสดง
อยู่ในตารางที่ 1 ถึง 25 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยฉนวนของแรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV _{rms})	U_{bn} (kV _{rms})
1	765.0	30.0	70.0	0.970	0.945	84.01	81.80
2	765.2	30.0	70.0	0.970	0.945	84.09	81.90
3	765.3	30.0	70.0	0.970	0.945	83.94	81.80
4	765.5	30.0	70.0	0.980	0.945	84.69	81.70
5	765.6	30.0	70.0	0.980	0.945	84.18	81.20
6	765.0	30.0	70.0	0.970	0.945	85.07	82.90
7	764.8	30.0	68.0	0.970	0.949	84.45	82.70
8	764.8	31.0	65.0	0.970	0.948	83.96	82.10
9	764.8	31.0	62.0	0.970	0.954	84.49	83.10
10	764.8	31.0	57.0	0.970	0.966	85.53	85.20

ตารางที่ 2 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง ขั้วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	759.0	32.0	59.0	0.960	0.953	122.0	121.1
2	761.0	32.0	63.0	0.963	0.944	124.0	121.6
3	761.0	32.5	58.0	0.962	0.953	123.0	121.8
4	761.0	32.5	58.0	0.962	0.953	124.0	122.8
5	760.0	33.4	50.0	0.960	0.965	125.0	125.7
6	760.0	33.2	52.0	0.958	0.960	125.0	125.3
7	760.0	33.0	52.0	0.958	0.963	122.0	122.6
8	759.5	33.0	52.0	0.958	0.963	124.0	124.7
9	759.4	33.0	53.0	0.958	0.960	130.0	130.3
10	759.2	32.6	56.0	0.960	0.956	124.0	123.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง ขั้วลบ

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	759.0	32.0	62.0	0.960	0.954	153.0	152.0
2	759.4	32.5	65.0	0.960	0.943	145.0	142.4
3	760.0	33.0	62.0	0.960	0.946	146.0	144.2
4	760.0	33.0	62.0	0.960	0.946	145.0	142.9
5	760.3	32.5	67.0	0.960	0.940	149.0	145.9
6	761.5	32.0	71.0	0.964	0.937	148.0	143.9
7	761.0	31.0	73.0	0.966	0.940	150.0	146.0
8	759.0	32.5	62.0	0.960	0.949	145.0	143.3
9	759.0	32.0	65.0	0.960	0.947	150.0	148.0
10	760.0	31.0	71.0	0.965	0.943	147.0	143.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ชั่วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.3	33.0	44.0	0.960	0.989	123.76	127.45
2	761.5	33.0	43.0	0.960	0.992	126.53	130.74
3	761.8	33.5	42.0	0.959	0.991	125.62	129.83
4	762.6	33.0	45.0	0.962	0.985	124.39	127.37
5	763.5	32.0	47.0	0.966	0.988	125.51	128.30
6	764.2	31.0	49.0	0.970	0.989	124.08	126.45
7	764.6	30.0	50.0	0.974	0.994	123.92	126.44
8	762.3	31.0	68.0	0.968	0.949	124.24	121.78
9	762.4	32.0	62.0	0.965	0.954	124.99	123.55
10	762.4	32.5	59.0	0.963	0.956	122.89	122.05

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ทั่วไป

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	762.0	34.0	45.0	0.960	0.979	138.20	140.99
2	762.6	33.5	46.0	0.960	0.980	137.37	140.17
3	763.0	33.0	48.0	0.960	0.978	138.87	141.52
4	763.8	32.5	52.0	0.965	0.970	139.11	139.89
5	764.3	31.5	58.0	0.970	0.963	139.59	138.63
6	764.4	30.0	61.0	0.970	0.969	138.48	138.28
7	760.7	32.5	49.0	0.960	0.979	139.71	142.50
8	760.6	33.5	45.0	0.960	0.981	139.19	142.27
9	760.8	34.0	43.0	0.957	0.984	138.83	142.79
10	761.2	33.5	43.0	0.960	0.987	138.12	142.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 ค่าแรงดันวายุไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ี้าบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.0	32.0	72.0	0.963	0.927	280.10	269.60
2	760.5	32.0	69.0	0.962	0.933	290.40	281.60
3	760.0	32.5	67.0	0.960	0.933	285.40	277.40
4	759.6	33.5	59.0	0.957	0.942	293.60	289.00
5	760.0	34.0	58.0	0.956	0.940	282.20	277.50
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ค่าแรงดันวาวไฟตามผิวลูกถ้วยแขวนของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น ฟ้าลบ

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	762.0	33.0	60.0	0.961	0.949	314.40	310.50
2	762.0	33.5	60.0	0.960	0.947	320.60	316.30
3	761.4	34.0	59.0	0.957	0.946	324.10	320.40
4	760.6	34.0	58.0	0.956	0.947	312.50	309.60
5	760.0	34.2	58.0	0.955	0.946	317.30	314.30
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันกระแสตรง หัวบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	763.0	30.5	55.0	0.970	0.963	180.00	178.70
2	763.0	30.5	58.0	0.970	0.952	182.00	178.60
3	764.0	30.0	63.0	0.970	0.942	177.00	171.90
4	762.0	29.0	66.0	0.970	0.944	178.00	173.20
5	762.0	30.0	63.0	0.970	0.942	179.00	173.80
6	762.0	30.0	66.0	0.970	0.934	181.00	174.30
7	762.0	29.5	63.0	0.970	0.949	179.00	175.10
8	762.6	30.0	62.0	0.970	0.952	178.00	174.70
9	763.0	30.0	62.0	0.970	0.944	181.00	176.10
10	763.0	29.5	64.0	0.970	0.944	181.00	176.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลวดล้วยก้านตรงของแรงดันกระแสตรง ขั้วลบ

ลวดล้วยก้าน	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	763.0	30.0	56.0	0.970	0.964	181.60	180.50
2	763.0	29.0	60.0	0.980	0.964	184.80	181.80
3	764.0	30.0	50.0	0.970	0.989	183.60	187.20
4	763.0	31.0	46.0	0.970	0.995	194.40	199.40
5	762.0	31.0	48.0	0.970	0.985	183.60	186.40
6	763.5	30.5	64.0	0.970	0.936	180.80	174.50
7	763.0	31.0	60.0	0.970	0.941	185.60	180.10
8	763.0	31.0	55.0	0.970	0.958	196.00	193.60
9	762.0	30.0	59.0	0.970	0.955	188.80	185.90
10	762.0	30.0	64.0	0.970	0.939	187.60	181.60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV _{rms})	U_{bn} (kV _{rms})
1	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	115.36	117.20
2	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	114.08	115.90
3	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	113.00	114.80
4	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	114.97	116.80
5	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	115.07	116.90
6	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	119.69	121.60
7	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	121.66	123.60
8	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	117.92	119.80
9	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	119.10	121.00
10	767.50	22.0	69.0	1.004	1.02	123.83	125.80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง ขั้วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	758.0	32.5	51.0	0.958	0.973	165.0	167.6
2	758.0	32.0	52.0	0.960	0.975	176.0	178.8
3	758.0	31.6	55.0	0.960	0.971	176.0	178.0
4	760.0	31.5	67.0	0.963	0.965	183.0	183.4
5	758.0	31.0	62.0	0.962	0.960	160.0	159.7
6	758.0	33.5	50.0	0.955	0.960	169.0	169.9
7	758.0	33.5	55.0	0.955	0.958	173.0	173.5
8	758.5	33.4	58.0	0.956	0.950	160.0	159.0
9	759.0	33.0	59.0	0.960	0.952	165.0	163.6
10	760.0	32.0	64.0	0.962	0.947	162.0	159.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง 110 kV

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	758.0	33.5	56.0	0.955	0.960	242.0	243.3
2	758.0	33.0	58.0	0.956	0.960	248.0	249.0
3	758.0	32.5	65.0	0.958	0.950	228.0	226.0
4	760.0	32.0	65.0	0.962	0.954	244.0	242.0
5	760.0	32.0	63.0	0.962	0.957	240.0	238.8
6	760.0	32.5	60.0	0.960	0.960	248.0	248.0
7	760.0	33.0	60.0	0.960	0.956	254.0	252.9
8	759.0	33.5	57.0	0.956	0.959	234.0	234.7
9	758.5	33.5	56.0	0.955	0.960	245.0	246.3
10	758.0	33.5	53.0	0.955	0.968	242.0	245.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ขั้วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	763.4	33.0	58.0	0.963	0.954	165.93	164.38
2	763.8	32.5	65.0	0.965	0.944	168.78	165.11
3	762.4	32.0	44.0	0.965	0.996	164.14	169.41
4	762.4	32.0	44.0	0.965	0.996	165.61	170.93
5	764.7	33.0	60.0	0.965	0.950	167.55	164.95
6	765.6	32.5	69.0	0.967	0.936	171.16	165.67
7	763.8	30.0	64.0	0.973	0.962	169.61	167.70
8	763.2	31.5	62.0	0.967	0.956	168.82	166.91
9	763.2	32.5	57.0	0.964	0.960	166.20	165.50
10	763.2	33.0	53.0	0.963	0.966	162.91	163.42

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 14 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ทั่วไป

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	762.5	32.5	70.0	0.963	0.942	236.97	231.80
2	762.5	32.5	70.0	0.963	0.942	241.89	236.61
3	763.2	33.0	70.0	0.960	0.940	238.40	233.43
4	761.8	30.0	47.0	0.970	1.001	246.96	254.86
5	761.8	31.5	49.0	0.966	0.988	246.25	251.86
6	761.7	32.0	48.0	0.964	0.988	247.68	253.85
7	762.0	32.0	43.0	0.964	1.000	244.59	253.72
8	762.8	32.0	45.0	0.965	0.995	246.41	254.07
9	763.6	30.0	50.0	0.970	0.995	241.97	248.22
10	762.5	32.0	70.0	0.965	0.946	241.09	234.60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น ชั่วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.0	32.8	69.0	0.961	0.934	383.20	372.40
2	760.4	33.0	67.0	0.959	0.938	388.30	379.80
3	760.4	33.5	65.0	0.958	0.938	374.30	366.50
4	760.0	33.8	63.0	0.956	0.938	380.90	373.70
5	760.0	34.0	62.0	0.956	0.939	384.70	377.90
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขั้น ฐวลบ

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.4	33.4	62.0	0.959	0.950	384.80	381.20
2	761.0	33.4	58.0	0.959	0.957	399.00	398.20
3	760.8	33.4	60.0	0.958	0.954	383.60	382.00
4	760.4	33.2	62.0	0.959	0.952	383.00	380.00
5	759.5	32.5	62.0	0.960	0.955	390.50	388.50
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 17 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันของแรงดันกระแสสลับความถี่ 50 Hz

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV _{rms})	U_{bn} (kV _{rms})
1	764.4	33.0	64.0	0.960	0.912	126.95	120.60
2	763.8	33.5	56.0	0.960	0.928	121.34	117.30
3	763.6	33.5	54.0	0.960	0.936	119.69	116.70
4	763.4	33.5	49.0	0.960	0.953	120.58	119.70
5	763.2	33.5	49.0	0.960	0.953	120.68	119.80
6	763.3	34.0	59.0	0.960	0.916	124.30	118.60
7	762.6	34.0	57.0	0.960	0.921	125.50	120.40
8	762.6	34.0	56.0	0.960	0.923	121.38	116.70
9	760.8	36.0	44.0	0.950	0.947	117.27	116.90
10	760.2	36.0	44.0	0.950	0.947	118.07	117.70

หมายเหตุ ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันที่นำไปวิเคราะห์ผล จะใช้ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยลูกที่ 1 ถึง 5 ส่วนลูกที่ 6 ถึง 10 ไม่นำไปวิเคราะห์ผล เพราะลูกถ้วยลูกที่ 6 ถึง 10 มียางครอบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนฐาน ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบข่ายการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอดันของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง ขั้วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.0	31.0	62.0	0.966	0.960	204.0	202.7
2	761.0	31.5	56.0	0.965	0.968	203.0	203.6
3	760.5	33.0	54.0	0.960	0.963	204.0	204.6
4	761.0	32.5	53.0	0.960	0.968	201.0	202.7
5	759.0	34.0	48.0	0.954	0.971	196.0	199.5
6	758.0	34.0	40.0	0.953	0.984	191.0	197.2
7	758.0	33.5	43.0	0.955	0.988	196.0	202.8
8	758.5	32.0	57.0	0.960	0.963	205.0	205.6
9	759.0	31.5	60.0	0.960	0.960	206.0	206.0
10	760.5	30.5	67.0	0.967	0.954	200.0	197.3

หมายเหตุ ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอดันที่นำไปวิเคราะห์ผล จะใช้ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวของลูกถ้วยลูกที่ 1 ถึง 5 ส่วนลูกที่ 6 ถึง 10 ไม่นำไปวิเคราะห์ผล เพราะลูกถ้วยลูกที่ 6 ถึง 10 มียางครอบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนฐาน ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบข่ายการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอดันของแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตซ์ชิ่ง 33 kV

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	761.0	30.0	65.0	0.970	0.966	242.0	241.0
2	761.4	30.5	63.0	0.968	0.966	234.0	233.5
3	761.8	31.0	61.0	0.967	0.967	262.0	262.0
4	761.6	31.5	58.0	0.965	0.969	254.0	255.1
5	761.0	33.0	50.0	0.960	0.977	236.0	240.2
6	758.5	34.5	43.0	0.953	0.984	284.0	293.2
7	758.5	34.5	44.0	0.952	0.982	292.0	301.2
8	758.0	32.0	54.0	0.956	0.975	290.0	295.8
9	759.0	31.5	64.0	0.962	0.958	258.0	256.9
10	759.0	31.0	68.0	0.964	0.955	248.0	245.7

หมายเหตุ ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอดันที่นำไปวิเคราะห์ผล จะใช้ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยลูกที่ 1 ถึง 5 ส่วนลูกที่ 6 ถึง 10 ไม่นำไปวิเคราะห์ผล เพราะลูกถ้วยลูกที่ 6 ถึง 10 มียางครอบบิเล็กโตรดส่วนฐาน ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบข่ายการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ขั้วบวก

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	763.4	33.5	53.0	0.960	0.962	201.55	201.97
2	765.8	33.0	73.0	0.966	0.927	199.33	191.28
3	765.2	33.0	71.0	0.965	0.930	203.25	195.88
4	764.4	34.0	68.0	0.960	0.929	203.45	196.88
5	763.8	34.0	67.0	0.960	0.931	198.85	192.84
6	763.8	34.0	66.0	0.960	0.932	196.95	191.20
7	763.4	34.0	62.0	0.960	0.939	195.32	191.05
8	763.2	34.0	58.0	0.960	0.947	200.67	197.96
9	762.2	32.0	62.0	0.965	0.954	200.28	197.99
10	759.8	34.0	49.0	0.955	0.967	201.82	204.36

หมายเหตุ ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันที่นำไปวิเคราะห์ผล จะใช้ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยลูกที่ 1 ถึง 5 ส่วนลูกที่ 6 ถึง 10 ไม่นำไปวิเคราะห์ผล เพราะลูกถ้วยลูกที่ 6 ถึง 10 มียางครอบอิเล็กทรอนิกส์ส่วนฐาน ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบข่ายการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันของแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ขั้วลบ

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	764.2	33.0	47.0	0.964	0.984	247.36	252.49
2	765.0	32.0	51.0	0.970	0.980	246.73	249.27
3	763.2	33.5	58.0	0.960	0.956	251.17	250.12
4	763.4	34.0	58.0	0.960	0.955	253.07	251.76
5	763.4	34.0	64.0	0.960	0.943	249.27	244.85
6	764.8	33.5	67.0	0.963	0.942	249.90	244.45
7	765.3	33.0	70.0	0.965	0.940	250.54	244.04
8	762.6	34.0	63.0	0.960	0.945	255.93	251.93
9	762.1	33.0	58.0	0.960	0.960	253.55	253.55
10	761.6	34.0	52.0	0.960	0.966	256.09	257.69

หมายเหตุ ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยก้านตรงคอตันที่นำไปวิเคราะห์ผล จะใช้ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวของลูกถ้วยลูกที่ 1 ถึง 5 ส่วนลูกที่ 6 ถึง 10 ไม่นำไปวิเคราะห์ผล เพราะลูกถ้วยลูกที่ 6 ถึง 10 มียางครอบอิลเล็กโตรดส่วนฐาน ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบข่ายการศึกษาวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 ค่าแรงดันวาทไฟตามผิวลูกถ้วยก้านตรงคอตันของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นชั้น ชั่วบาง

ลูกถ้วยลูกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	760.0	34.2	62.0	0.955	0.939	428.70	421.50
2	760.6	34.4	62.0	0.956	0.937	432.60	424.00
3	761.0	34.4	62.0	0.956	0.937	433.80	425.20
4	761.4	34.4	63.0	0.956	0.934	441.60	431.40
5	762.0	32.5	64.0	0.963	0.946	439.20	431.50
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 ค่าแรงดันวาบไฟตามพิวลุกด้วยก้านตรงคอตันของแรงดันอิมพัลส์หน้าคลื่นขึ้น ีวาลบ

ลุกด้วยลุกที่	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b (kV)	U_{bn} (kV)
1	760.0	31.8	64.0	0.963	0.956	439.50	436.30
2	760.5	31.5	66.0	0.964	0.955	437.40	433.30
3	760.4	31.2	67.0	0.965	0.955	436.60	432.10
4	761.0	31.0	70.0	0.966	0.951	449.60	442.60
5	762.0	32.8	63.0	0.962	0.951	445.10	439.60
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 24 ค่าแรงดันวาบไฟในช่องแกประหว่างอิเล็กโตรดหวัครอบ-ก้านตรงของแรงดันรูปคลื่น
ต่างชนิดกัน

รูปคลื่นแรงดัน	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_h	U_b	U_{bn}
กระแสดับความถี่ 50 Hz (kV_{rms})	759.2	36.0	59.0	0.950	0.914	93.80	90.25
อิมพัลส์แบบสวิทซ์ซิ่ง ซิวบวก (kV)	759.2	34.4	61.0	0.953	0.932	157.76	154.28
อิมพัลส์แบบสวิทซ์ซิ่ง ซิวลบ (kV)	760.2	34.0	65.0	0.956	0.934	185.04	180.78
อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซิวบวก (kV)	760.8	36.0	58.0	0.950	0.926	171.16	166.84
อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ซิวลบ (kV)	761.2	34.5	69.0	0.960	0.924	211.82	203.88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 ค่าแรงดันวาบไฟตามผิวลูกถ้วยแห้งผิวเรียบ เนื่องจากแรงดันรูปคลื่นต่างชนิดกัน

รูปคลื่นแรงดัน	P (mm.Hg)	T (°C)	H (%)	k_d	k_n	U_b	U_{bn}
กระแสสลับความถี่ 50 Hz (kV_{rms})	759.6	37.0	53.0	0.950	0.907	106.64	101.82
อิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่ง หัวบวก (kV)	759.5	34.8	52.0	0.950	0.954	182.39	183.16
อิมพัลส์แบบสวิตซ์ซึ่ง หัวลบ (kV)	759.4	35.0	52.0	0.950	0.960	215.33	217.60
อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า หัวบวก (kV)	760.0	36.0	68.0	0.950	0.918	198.02	191.35
อิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า หัวลบ (kV)	760.6	36.0	68.0	0.950	0.930	266.40	260.79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย อังกร วงษ์ภักดี เกิดวันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2508 ที่อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2529 และเข้าศึกษาต่อปริญญาโทในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาไฟฟ้าแรงสูง ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในปีการศึกษา 2530



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย