

เอกสารอ้างอิง

1. Sangsaad, S., 1975, “Die Elektrische Festikeit von SF_6 im inhomogenen Feld bei Gleich-und Wechselspannungen”, **ETZ-A**, p. Bd.96 H.11.
2. Dielectric Gases. **Handbook of Electrical and Electronic Insulating Materials**.
3. E Önal, Ö Kalenderly, K Mardikyan., 2000, “Dielectric Strengths of CO_2 and N_2 containing SF_6 under Alternating Voltage in Non Uniform Field”, **Dielectric Materials, Measurements and Applications Conference Publication No.473, IEE**, pp.156-159
4. H. Saitoh, K. Morita, T. Kikkawa, N. Hayakawa and H. Okubo., 2002, “Impulse Partial Discharge and Breakdown Characteristics of Rod-Plane Gaps in NJSF, Gas Mixtures”, **IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation**, Vol. 9, No.4, August, pp.554-550
5. Hitoshi Okuhol, Naoto Koshino' and Naoki Hayakawa'., 2003, “Electrical Insulation Characteristics of CO_2 and CO_2 Gas Mixtures under Non Uniform Electric field”, **IEEE**, pp.538-541
6. Phinsen, N., Chayavanich, N. and Chenvidhya, D., 2004, “An Experimental Study of Arcing Breakdown at Micrometer Separations in SF_6 ” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า, ครั้งที่ 27, 11-12 พฤศจิกายน 2547 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, pp.67-70
7. Y. Hoshina, M. Sato, M. Shiiki, M. Hanai and E. Kaneko., 2006, “Lightning Impulse Breakdown Characteristics of SF_6 Alternative Gases for Gas Insulated Switchgear” **IEE Proc.-Sci. Meas. Technol.**, Vol. 153, No.1, January, pp.1-6

8. Hiroki Kojima, Osamu Kinoshita, Naoki Hayakawa, Fumihiko Endo, Hitoshi Okubo., 2007, "Breakdown Characteristics of N_2O Gas Mixtures for Quasi-uniform Electric Field under Lightning Impulse Voltage", **IEEE Transaction on Dielectrics and Electrical Insulation**, Vol. 14, No.6, December, pp.1492-1497
9. Cheong-Ho Hwang, Byung-Taek Lee, Chang-Su Huh, Nam-Ryul Kim, and Yong-Moo Chang, 2009, "Breakdown Characteristics of SF_6/CF_4 Mixtures in 25.8 kV", **IEEE**
10. Tekletsadik. K, and Campbell. L.C., 1996, " SF_6 Breakdown in GIS" , **IEE Proc.-Sci. Meas Technol.**, Vol. 143, No.5, September, pp.270-276
11. ตำรวย สังข์สะอาด, 2528, **วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง**, พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12. นรเศรษฐ พัฒนเดช, 2552, **วัสดุวิศวกรรมไฟฟ้า เล่ม1 ฉนวนและวัสดุฉนวนไฟฟ้า**, พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13. Arthur, R. and Von, Hippel., **Dielectric Materials and Applications**.
14. Kuffel, E., Zaengl, W., and Kuffel, J., 2000, **High Voltage Engineering Fundamentals** 2nd edition, Oxford, Newnes.
15. Ravindara, A., and Wolfgang, M., 1995, **Voltage Insulation Engineering**, Wiley Eastern Ltd., New Age International Publishers Ltd.
16. Kuchler, A., 1996, **Hochspannungstechnik, Grundlagen-Technologie-Anwendungen**, VDI Verlag, Germany, pp.155-160

17. Meek, J.M. and Cragg, J.D., 1953, **Electrical Breakdown of Gases**, Oxford Clarendon Press, pp.252-256
18. Rather, H., 1964, **Electron Avalanches and Breakdown in Gases**, Butterworths, London.
19. Thai Industrial Standards Institute, 1989, IEC 60-1, **High Voltage Test Techniques - Part 1: General Definitions and Test Requirement.**
20. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1995, IEEE std 4-1995, **Standard Techniques for High-Voltage Testing**, New York.
21. Naidu, M.S. and Kamaraju, V., 2004, **High Voltage Engineering** 3rd ed, Mcgraw Hill, Singapore, pp.42-61
22. Thai Industrial Standards Institute, 2002, IEC 60052, **Voltage measurement by means of standard air gaps.**
23. Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC) Radiative Forcing of Climate Change. **The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC.**
24. Clavreul, R., 1996, "Analysis of Gas Mixture Decomposition By-Products in Electric Discharges". 7th **International Conf. On Dielectric Materials Measurements and Applications** Conf. Pub., No.430, pp.176-179
25. Christophorou, L.G., and Van Brunt, R.J., 1995, "SF₆-N₂ Mixtures, Basic and HV Insulation Properties". **IEEE Trans. On Diel. and EI**, Vol. 2, No. 5, pp.952-1003

26. Graf, R., and Boeck, W., 1999, "Statistical Breakdown Behavior of N_2 - SF_6 Gas Mixtures Under LI Stress". **High Voltage Engineering Sym.**, Conf. Pub. No. 467
27. Qiu, X.Q., and et. al., "Effect of Initiatory Electrons on Breakdown Characteristics of and its Mixtures". **IEE Proc.-Sci. Meas Technol.**, Vol. 148, No. 2, pp.80-83
28. American Society for Testing and Materials, 1996, ASTM D 2477-96, **Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Insulating Gases at Commercial Power Frequencies.**, West Conshohocken, United States, pp.197-200
29. ปิ่นทักณเศ ล้าเลิศประเสริฐ, 2546, "คุณลักษณะแรงดัน-เวลาของก๊าซ SF_6 - N_2 ภายใต้แรงดันอิมพัลส์ไฟฟ้ามาตรฐานในสนามไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ", **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 26 (EECON-26)**, pp.453-458
30. Mardikyan, K., et al., 1996, "AC Breakdown Strength of N_2 , SF_6 and Mixtures of N_2 - SF_6 Containing a Small Amount of SF_6 ", Conf. Rec. **IEEE International Symposium on Electrical Insulation.**
31. Singha, S., Joy, T.M., and Naidu, M.S., "Study of Fast Transients generated in a GIS bus duct in compressed SF_6 - N_2 gas mixtures containing lower percentages of SF_6 ", **Dielectric Materials, Meas. and App.** Conf. Pub., No. 473
32. Graf, R., and Boeck, W., 2000, "Defect Sensibility of N_2 - SF_6 Gas Mixture with Equal Dielectric Strength", Conf. On El. **Ins and Diel. Phenimema.**

ภาคผนวก ก
การเผยแพร่ผลงานวิจัย

บทความที่ 1

sted2011

การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 9
วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพ (Science and Science for Health)
30 มิถุนายน – 1 กรกฎาคม 2554 อาคารบรรยายรวม 5
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต



003-12

ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าสำหรับเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบอัดอากาศและก๊าซไนโตรเจน

Voltage Withstand for Pressurized Air and N₂ Circuit Breakers

วิษพงษ์ เทียมกระโทก*, สุภกิตติ โชติโก

Witchapong Teamkratok*, Supakit Chotigo

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

*e-mail: keng.zest@gmail.com

บทคัดย่อ: ปัจจุบันเซอร์กิตเบรกเกอร์ใช้ฉนวนก๊าซ SF₆ เพราะมีความทนทางไฟฟ้าดีกว่า และสามารถดับอาร์คได้ดี อย่างไรก็ตามก๊าซ SF₆ ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีราคาแพง ดังนั้นในงานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของอากาศ และก๊าซไนโตรเจน โดยศึกษาค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าภายใต้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz โดยใช้ชุดทดสอบที่ออกแบบตามมาตรฐาน ASTM D 2477-96, อิเล็กโตรดปลายแหลม-ระนาบ และทรงกลม-ระนาบ ทำมาจากสแตนเลส, ระยะแก่งานที่ใช้ทดสอบ 5, 10, 15 และ 20 มิลลิเมตร, ความดันก๊าซ 1, 2 และ 3 บาร์ จากผลการทดสอบพบว่าอากาศและก๊าซไนโตรเจนมีค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันที่ระยะแก่งานและความดันเดียวกัน

Abstract: At present, circuit breaker used SF₆ as its insulation because of its better electrical withstand and arc quenching for circuit breaker used SF₆ as its insulation. However, SF₆ has high cost and causes green house effect, poisonous environment. In this research, the voltage withstand of Air and N₂ was studied. The voltage withstand of each gas under 50 Hz AC voltage was studied using a chamber designed following ASTM D 2477-96 which consists of rod-plane and sphere-plane gap made of stainless steel. Gap distances in this experiment were 5, 10, 15 and 20 mm while the gas pressures were varied to 1, 2 and 3 bars. The results show that Air and N₂ have voltage withstand similar at the same gap distance and pressure.

บทนำ: เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับเปิด และปิด วงจรไฟฟ้าแรงดันสูง ทั้งในสภาวะปกติ และในสถานการณ์ที่เกิดความผิดปกติในระบบไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์นิยมใช้ก๊าซ SF₆ (Sulphur Hexafluoride) เป็นฉนวนเนื่องจากมีคุณสมบัติที่สามารถดับอาร์คได้ดี (Arc Quenching) และมีความทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงแต่ก๊าซ SF₆ เป็นก๊าซที่ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก [1] มีราคาแพง และก๊าซผลพลอยได้ (by-product) ที่เกิดหลังจากการเบรกตัวของก๊าซ SF₆ เป็นสารประกอบของกำมะถันเป็นพิษต่อร่างกาย และสิ่งแวดล้อม เช่นกรดไฮโดรฟลูออริก, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และซัลเฟอร์เททระฟลูออไรด์ เป็นต้น [2] ดังนั้นจึงมีความพยายามลดปริมาณการใช้ก๊าซ SF₆ ด้วยวิธีต่างๆ ในงานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาค่าความทนต่อแรงดันของอากาศ และก๊าซไนโตรเจนเพื่อพยายามนำมาใช้ทดแทนก๊าซ SF₆



“ศูนย์ประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ ๑” “วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพ”
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต





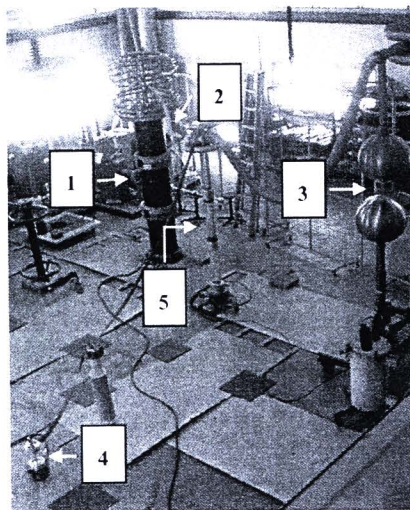
การทดสอบ:

1. ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

อากาศนำมาจากเครื่องอัดอากาศ(compressor) และก๊าซไนโตรเจนเกรด HP(High Purity) 99.995%
นำมาจากท่อก๊าซ

2. วงจรและอุปกรณ์ในการทดสอบ

วงจรที่ใช้ทดสอบประกอบไปด้วย หม้อแปลงไฟฟ้า 300 kV, โวลต์เตจดีไวเดอร์แบบตัวเก็บประจุ
พิกัด 300 kV, ตัวต้านทานน้ำ 8.47 M Ω , แกปป้องกัน, ออสซิลโลสโคป Tektronix TDS3400, ชุดทดสอบ
ประกอบไปด้วย ไมโครมิเตอร์สำหรับปรับระยะแกปความละเอียด 0.001 mm. สามารถปรับระยะแกปได้
0 ถึง 25 mm., อิเล็กโตรดแบบปลายแหลมขนาดมุม 30°, อิเล็กโตรดแบบทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
19 mm., อิเล็กโตรดแบบระนาบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 mm. และวาล์วปิด-เปิดสำหรับดูดก๊าซ และ
บรรจุก๊าซ

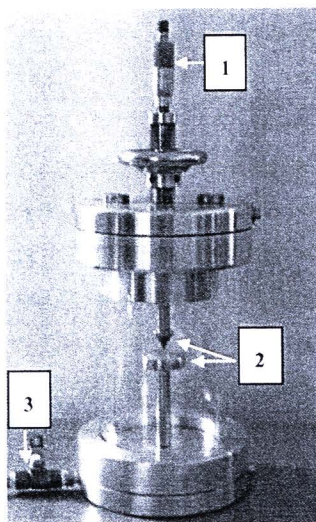


รูปที่ 1 วงจรที่ใช้ในการทดสอบ

1) หม้อแปลงแรงสูง, 2) ความต้านทานน้ำ, 3) แกปป้องกัน, 4) ชุดทดสอบ และ 5) โวลต์เตจดีไวเดอร์

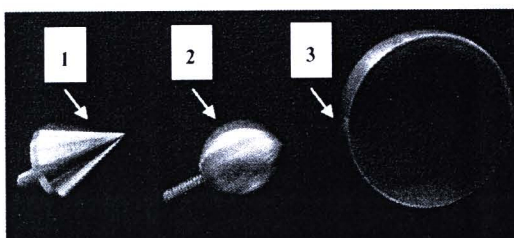
จากรูปที่ 1 ทำการปรับแรงดันให้กับหม้อแปลงแรงสูงโดยมีความต้านทานน้ำและแกปป้องกันเป็นตัวจำกัด
กระแสและป้องกันอุปกรณ์ไม่ให้เกิดความเสียหายขณะเกิดการเบรกดาวน์ที่ชุดทดสอบ ส่วนการวัด
ค่าแรงดันเบรกดาวน์จะใช้โวลต์เตจดีไวเดอร์ต่อขนานกับวงจร





รูปที่ 2 ชุดทดสอบ

1) ไมโครมิเตอร์ Mitutoyo , 2) อิเล็กโตรดปลายแหลม-ระนาบ และ 3) วาล์วปิด-เปิด



รูปที่ 3 อิเล็กโตรด

1) ปลายแหลม, 2) ทรงกลม และ 3) ระนาบ

3. ขั้นตอนการทดสอบ

วิธีการทดสอบค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าได้ศึกษาตามมาตรฐาน ASTM D 2477-96 [3]

1. ดูดอากาศภายในชุดทดสอบเพื่อให้ภายในชุดทดสอบมีก๊าซอื่น ๆ น้อยที่สุด
2. บรรจุก๊าซที่ใช้ทดสอบเข้าไปในชุดทดสอบที่ความดัน 1 บาร์ และดูดอากาศภายในชุดทดสอบซ้ำอีกครั้ง
3. บรรจุก๊าซที่ต้องการทดสอบเข้าสู่ชุดทดสอบที่ความดัน 3 บาร์ รอให้ความดันก๊าซคงที่
4. ปรับระยะแยกไปที่ 5 มม. ค่อยชุดทดสอบเข้ากับวงจร



การประจักษ์วิทยาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ ๑ "วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพ"
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต



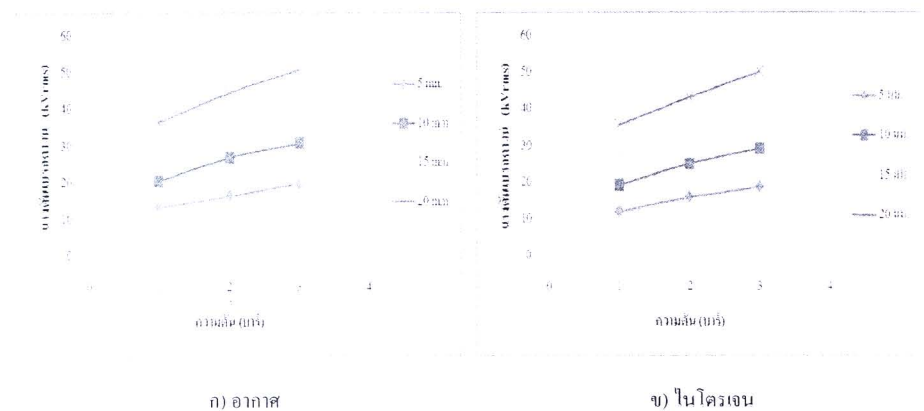


- 5. ทำการป้อนแรงดันจนเกิดการเบรคความถี่ บันทึกค่าแรงดันเบรคความถี่จำนวน 10 ค่า [4] และในแต่ละครั้งที่เกิดการเบรคความถี่รอเวลาประมาณ 3 นาที ก่อนที่จะป้อนแรงดันครั้งต่อไป เพื่อรอให้อากาศคืนสภาพการเป็นฉนวน [5]
- 6. ปรับระยะเกาปไปที่ 10, 15 และ 20 มม. ตามลำดับ และทำตามขั้นตอนที่ 5
- 7. ลดความดันก๊าซให้เหลือ 2 บาร์ รอให้ความดันก๊าซคงที่แล้วทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 4-6
- 8. ลดความดันก๊าซให้เหลือ 1 บาร์ รอให้ความดันก๊าซคงที่แล้วทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 4-6
- 9. เมื่อทำการทดสอบเสร็จ จะทำความสะอาดชุดทดสอบทุกครั้งด้วยสบู่น้ำแล้วเป่าให้แห้ง และเช็ดด้วยแอลกอฮอล์เพื่อกำจัดฝุ่นและคราบน้ำซึ่งอาจมีผลต่อสนามไฟฟ้า
- 10. เนื่องจากการเบรคความถี่แต่ละครั้งทำให้อิเล็กโตรดเกิดความเสียหาย ซึ่งความเรียบของอิเล็กโตรดมีผลต่อสนามไฟฟ้า จึงต้องขัดอิเล็กโตรดด้วยกระดาษทรายน้ำความละเอียดสูง เบอร์ 1500 แล้วเช็ดด้วยแอลกอฮอล์ทุกครั้งเมื่อทดลองเสร็จ

ผลการทดสอบ:

ผลการทดสอบค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของอากาศ และก๊าซไนโตรเจนแบ่งออกเป็นสองกรณีคือหนึ่งกรณีที่ทดสอบด้วยอิเล็กโตรดปลายแหลม-ระนาบ และสองอิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบ ที่ระยะเกาป 5, 10, 15 และ 20 มม. ที่ความดัน 1, 2, และ 3 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5

1. อิเล็กโตรดปลายแหลม-ระนาบ

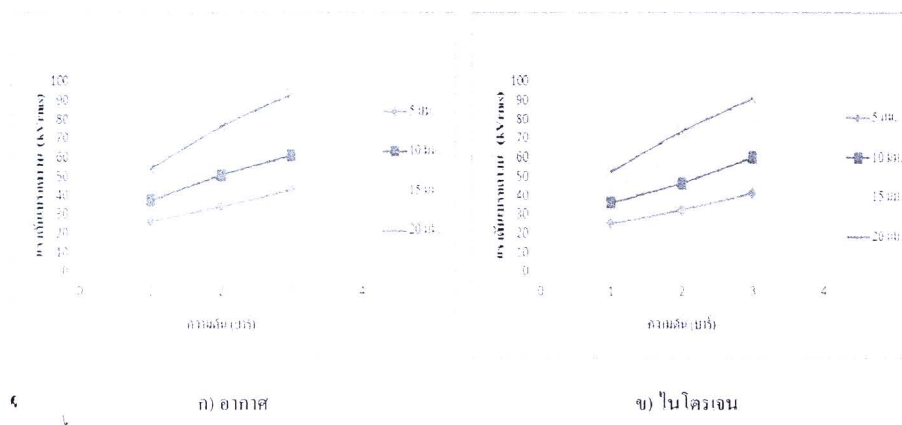


รูปที่ 4 แสดงค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้า



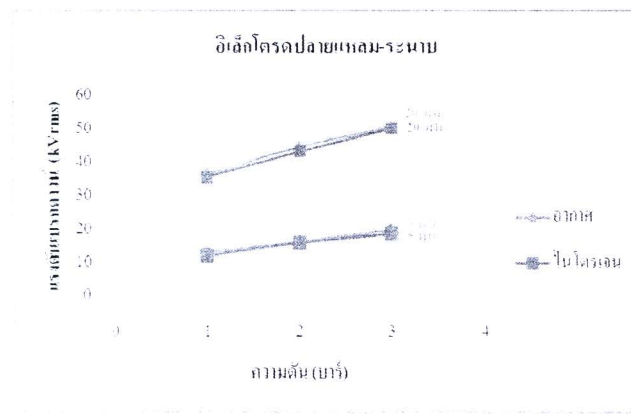


2. อิเล็กโตรดทรงกลม- ระนาบ



รูปที่ 5 แสดงค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้า

เปรียบเทียบผลการทดสอบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าของอากาศ และก๊าซไนโตรเจนที่ระยะแก๊ป 5 และ 20 มม. ที่ความดัน 1, 2, และ 3 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7

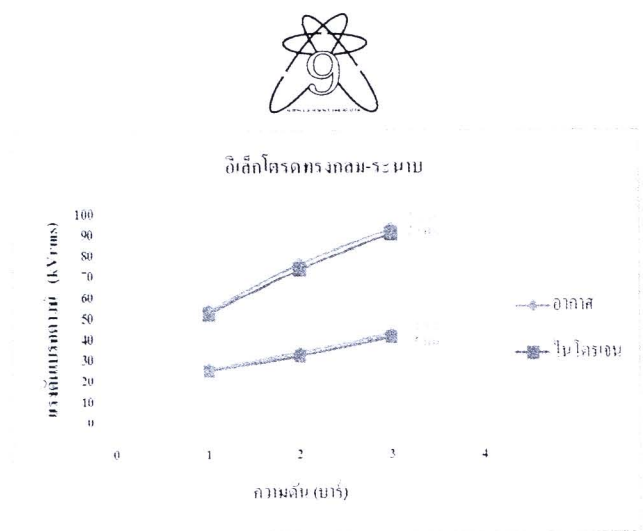


รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าความคงทนต่อแรงดันไฟฟ้าระหว่างอากาศ และก๊าซไนโตรเจน



การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 9 "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสุขภาพ"
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต





รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าระหว่างอากาศ และก๊าซไนโตรเจน

วิจารณ์ผลการทดสอบ:

รูปที่ 4 และ 5 พบว่าค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้นเนื่องจากความดันของก๊าซเพิ่มจำนวนโมเลกุลของก๊าซต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรมีค่ามากขึ้น(ความหนาแน่น) ส่งผลทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้ามีค่าไม่สูงพอ ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดเบรกดาวน์ในกรณีความดันต่ำจึงมีมากกว่าที่ความดันสูง และพบว่าค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระยะแยกมากขึ้น

รูปที่ 4 เปรียบเทียบกับรูปที่ 5 พบว่ารูปทรงของอิเล็กโตรดแรงสูงมีผลกระทบต่อค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้า เนื่องจากค่าความเครียดของสนามไฟฟ้าที่อิเล็กโตรดแรงสูงแบบปลายแหลมมีค่าสูงกว่าอิเล็กโตรดทรงกลมจึงทำให้ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า

รูปที่ 6 และ 7 พบว่าค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าของอากาศและก๊าซไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากอากาศมีส่วนผสมของก๊าซไนโตรเจนอยู่ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซออกซิเจน 21 เปอร์เซ็นต์ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน ไอน้ำ และอื่นๆ 1 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการทดลอง:

- 1. ค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อความดันก๊าซเพิ่มขึ้น และระยะแยกมีค่ามากขึ้น
- 2. อิเล็กโตรดทรงกลม-ระนาบมีค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าอิเล็กโตรดปลายแหลม-ระนาบที่ระยะแยกและความดันเดียวกัน
- 3. อากาศและก๊าซไนโตรเจนมีค่าความทนต่อแรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันที่ระยะแยกและความดันเดียวกัน



เอกสารอ้างอิง:

- [1] "Dielectric Gases", Handbook of Electrical and electronic Insulating Materials.
- [2] R. Clavreul, "Analysis of Gas Mixture Decomposition By Products in Electric Discharges" 7th International Conf. On Dielectric Materials Measurements & Applications Conf. Pup., no.430, pp. 176-179, 1996.
- [3] ASTM-D 2477-96, Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Insulating Gases at Commercial Power Frequencies¹.
- [4] IEC 60-1 International standard high-Voltage Test Technique, 2nd Edition, 1989
- [5] R. Graf, and W. Boeck, "Defect sensibility of N₂ – SF₆ Gas Mixtures with Equal Dielectric Strength" 2000 Conf. On El Ins. And Diel. Phenomena, 2000.
- [6] สรรวย สังข์สะอาด, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2, เมษายน 2547.

กิตติกรรมประกาศ:

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์ก๊าซไนโตรเจนสำหรับนำมาใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณ คุณเพ็ญพิมล เด็กชั้น และคุณนลินรัตน์ ลิ้มพานิช ที่ให้ความช่วยเหลือในการอัดก๊าซและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย

คำสำคัญ: คุณลักษณะการเกิดเบรกดาวน์, ก๊าซ, ฉนวน, แรงดันเบรกดาวน์, เซอร์กิตเบรกเกอร์



การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 9 "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่คุณภาพ"
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต



ภาคผนวก ข

ค่าแรงดันเบรกดาวนซ์และข้อมูลทางสถิติของค่าแรงดันเบรกดาวนซ์ของฉนวนก๊าซ
อิเล็กทรอนิกส์แบบปลายแหลม-ระนาบ

ตารางที่ ข.1 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
He	3	5	3.4	3.7	4.4	3.4	3.4	3.7	3.4	3.4	3.4	3.7	3.5
		10	5.9	5.9	5.7	5.9	5.7	5.7	5.9	5.9	5.9	5.9	5.8
		15	7.5	7.5	7.2	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.2	7.5	7.4
		20	8.9	8.9	9.2	8.9	7.5	9.2	8.6	9.2	9.2	8.9	8.9
	2	5	3.1	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	3.1	2.8	2.8	2.9
		10	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.7	4.7	4.8	4.7
		15	6.9	6.1	6.9	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.1	6.9	6.4
		20	7.9	7.9	7.8	7.9	7.9	7.8	7.9	7.5	7.9	7.9	7.9
	1	5	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
		10	3.7	3.7	3.7	4	3.5	3.7	3.7	3.5	3.7	3.7	3.7
		15	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
		20	6.8	6.8	6.9	6.9	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9

ตารางที่ ข.2 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ar	3	5	6.8	6.9	6.9	7.6	6.9	6.8	6.9	7.6	7.6	6.8	7.1
		10	9.1	9.3	9.3	9.6	9.1	7.6	9.1	9.6	9.1	9.1	9.1
		15	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
		20	11.0	11.3	11.6	11.0	11.3	11.0	11.0	11.6	11.0	11.0	11.2
	2	5	5.7	5.5	5.9	5.9	5.5	5.7	5.9	5.2	5.2	5.2	5.6
		10	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	8.2	7.9	7.9	7.9	7.9
		15	9.1	9.3	9.3	9.3	9.1	9.3	9.3	9.3	9.3	9.1	9.3
		20	10.2	10.2	10.2	10.2	9.9	10.2	10.2	9.9	10.2	9.9	10.1
	1	5	4.5	4.5	4	4	4.5	4.2	4.1	4.1	4.5	4.5	4.3
		10	7.1	7.4	6.5	6.2	6.2	6.5	6.2	6.2	6.5	5.9	6.5
		15	7.9	8.2	7.9	9.3	8.2	7.9	8.2	7.9	8.2	7.9	8.2
		20	8.5	9.1	9.1	9.1	9.3	9.1	9.3	9.1	8.5	9.1	9.0

ตารางที่ ข.4 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
O ₂	3	5	15.8	17.0	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	17.0	15.8	15.6	16.0
		10	22.1	21.5	22.6	22.1	21.5	22.1	22.1	22.1	21.5	21.5	21.9
		15	28.3	26.9	26.3	26.3	26.9	26.9	26.3	26.9	26.9	26.3	26.8
		20	35.4	33.9	32.5	33.9	35.4	32.5	32.5	35.4	32.5	32.5	33.7
	2	5	12.7	13.0	13.3	12.7	12.7	13.0	13.0	13.3	13.0	13.3	13.0
		10	18.7	18.1	17.5	17.5	18.1	18.1	18.1	18.7	18.1	17.5	18.0
		15	23.2	22.1	23.2	22.6	22.6	23.2	22.6	23.2	22.6	23.2	22.9
		20	28.3	28.9	26.9	26.9	26.9	28.3	26.9	26.9	26.9	28.3	27.5
	1	5	11.9	11.3	11.3	11.3	10.7	11.9	10.7	11.9	11.3	11.9	11.4
		10	16.1	15.8	16.1	16.1	16.1	15.8	16.1	15.8	16.1	16.1	16.0
		15	20.4	20.4	19.8	19.8	20.4	19.8	19.8	19.8	20.4	19.8	20.0
		20	23.8	22.6	23.8	23.8	23.2	22.6	22.6	23.2	22.6	23.2	23.1

ตารางที่ ข.5 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N ₂	3	5	18.7	18.5	18.1	19.0	18.1	18.5	18.5	19.0	19.0	18.5	18.6
		10	29.4	28.3	30.0	30.0	28.3	28.9	30.0	29.4	28.3	29.4	29.2
		15	41.0	39.6	39.6	41.0	41.0	39.6	41.0	42.4	39.6	39.6	40.5
		20	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2
	2	5	16.0	15.2	16.0	16.0	16.0	16.3	16.3	15.2	16.0	16.0	15.9
		10	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
		15	35.3	36.7	33.9	33.9	33.9	35.2	33.9	35.2	33.9	33.9	34.6
		20	44.8	42.1	46.2	42.1	43.5	42.1	43.5	43.5	42.1	42.1	43.2
	1	5	12.3	12.2	12.2	11.6	11.6	12.2	11.6	12.2	12.2	11.6	12.0
		10	19.5	19.5	19.0	19.5	19.0	19.5	19.0	19.5	19.0	19.0	19.2
		15	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	26.2	24.8	26.2	26.2	26.2	26.0
		20	36.1	36.1	34.7	36.1	36.1	36.1	34.7	36.1	34.7	36.1	35.6

ตารางที่ ข.6 ค่าแรงดันเบรกความถี่ของ Air อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความ ดัน (bar)	ระยะ แกป (mm)	แรงดันเบรกความถี่ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{sp0} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Air	3	5	19.2	19.2	19.2	20.4	19.8	19.8	19.2	20.9	19.2	20.9	19.8
		10	30.6	30.6	31.1	31.1	31.7	30.6	30.6	30.6	30.6	31.1	30.8
		15	43.8	42.4	42.4	42.4	43.8	42.4	42.4	42.4	42.4	42.4	42.7
		20	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9	50.9
	2	5	16.4	16.4	15.8	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4
		10	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9	26.9
		15	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8
		20	45.3	43.8	43.8	45.3	45.3	43.8	43.8	43.8	45.3	45.3	44.6
	1	5	12.4	13.0	13.6	13.0	13.0	13.0	13.6	13.6	13.0	13.6	13.2
		10	20.4	20.9	20.9	20.9	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.5
		15	28.3	28.3	28.3	28.3	26.9	26.9	26.9	28.3	26.9	28.3	27.7
		20	36.8	35.4	36.8	36.8	35.4	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	36.5

ตารางที่ ข.7 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SF ₆	3	5	46.2	44.8	48.9	46.2	46.2	46.2	44.8	46.2	46.2	46.2	46.2
		10	69.9	72.6	71.3	69.9	71.3	69.9	69.6	71.3	72.6	71.3	71.0
		15	96.4	93.7	92.3	96.4	93.7	96.4	96.4	93.7	96.4	92.3	94.8
		20	116.8	118.1	116.8	114.1	115.4	116.8	118.1	116.8	118.1	116.8	116.8
	2	5	40.7	42.1	40.7	40.7	42.1	40.7	42.1	40.7	40.7	42.1	41.3
		10	61.1	65.2	62.5	61.1	62.5	65.2	61.1	62.5	65.2	61.1	62.7
		15	84.2	86.9	86.9	84.2	86.9	86.9	84.2	86.9	86.9	84.2	85.8
		20	105.9	105.9	105.9	108.6	108.6	108.6	108.6	105.9	108.6	105.9	107.3
	1	5	28.5	32.6	32.6	33.9	32.6	32.6	32.6	33.9	33.9	32.6	32.6
		10	54.3	54.3	54.3	53.0	51.6	54.3	53.0	54.3	53.0	54.3	53.6
		15	73.3	76.0	73.3	78.8	76.0	76.0	76.0	78.8	78.8	76.0	76.3
		20	97.8	97.8	95.0	97.8	100.5	100.5	97.8	100.5	100.5	100.5	98.9

ตารางที่ ข.9 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
He	3	5	3.4	3.7	3.5	0.14
		10	5.7	5.9	5.8	0.09
		15	7.2	7.5	7.4	0.12
		20	7.5	9.1	8.9	0.51
	2	5	2.8	3.1	2.9	0.12
		10	4.7	4.8	4.7	0.04
		15	6.1	6.9	6.4	0.38
		20	7.5	7.9	7.9	0.12
	1	5	2.1	2.1	2.1	0.00
		10	3.5	3.7	3.7	0.13
		15	5.2	5.2	5.2	0.00
		20	6.8	6.9	6.9	0.05

ตารางที่ ข.11 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกควาน์ของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกควาน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
CO ₂	3	5	13.9	15.0	14.8	0.39
		10	19.0	21.0	20.4	1.02
		15	24.6	25.5	25.1	0.56
		20	32.0	32.5	32.3	0.38
	2	5	11.9	12.7	12.2	0.29
		10	16.7	17.3	17.0	0.30
		15	20.7	21.5	21.0	0.34
		20	26.3	26.9	26.4	0.26
	1	5	10.5	11.0	10.7	0.26
		10	14.4	16.1	15.3	0.89
		15	19.0	19.5	19.1	0.20
		20	21.8	21.8	21.8	0.00

ตารางที่ ข.12 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
O ₂	3	5	15.6	17.0	16.0	0.52
		10	21.5	22.6	21.9	0.38
		15	26.3	28.3	26.8	0.60
		20	32.5	35.4	33.7	1.33
	2	5	12.7	13.3	13.0	0.24
		10	17.5	18.7	18.0	0.44
		15	22.1	23.2	22.9	0.39
		20	26.9	28.9	27.5	0.81
	1	5	10.7	11.9	11.4	0.47
		10	15.8	16.1	16.0	0.14
		15	19.8	20.4	20.0	0.30
		20	22.6	23.8	23.1	0.52

ตารางที่ ข.13 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแก๊ป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
N ₂	3	5	18.1	19.0	18.6	0.33
		10	28.3	30.0	29.2	0.71
		15	39.6	42.4	40.5	0.97
		20	50.2	50.2	50.2	0.00
	2	5	15.2	16.3	15.9	0.38
		10	25.1	25.1	25.1	0.00
		15	33.9	36.7	34.6	0.97
		20	42.1	46.2	43.2	1.40
	1	5	11.6	12.3	12.0	0.31
		10	19.0	19.5	19.2	0.26
		15	24.8	26.2	26.0	0.44
		20	34.7	36.1	35.6	0.67

ตารางที่ ข.14 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกคาวนซ์ของ Air อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกคาวนซ์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
Air	3	5	19.2	20.9	19.8	0.71
		10	30.6	31.7	30.8	0.37
		15	42.3	43.8	42.7	0.59
		20	50.9	50.9	50.9	0.00
	2	5	15.8	16.4	16.4	0.18
		10	26.9	26.9	26.9	0.00
		15	36.8	36.8	36.8	0.00
		20	43.8	45.3	44.6	0.79
	1	5	12.4	13.6	13.2	0.40
		10	20.4	20.9	20.5	0.24
		15	26.9	28.3	27.7	0.72
		20	35.4	36.8	36.5	0.59

ตารางที่ ข.15 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ SF₆ อิเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแก๊ป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆	3	5	44.8	48.9	46.2	1.11
		10	69.9	72.6	71.0	1.10
		15	92.3	96.4	94.8	1.79
		20	114.1	118.1	116.8	1.26
	2	5	40.7	42.1	41.3	0.72
		10	61.1	65.2	62.7	1.79
		15	84.2	86.9	85.8	1.39
		20	105.9	108.6	107.3	1.42
	1	5	28.5	33.9	32.6	1.55
		10	51.6	54.3	53.6	0.94
		15	73.3	78.8	76.3	2.03
		20	95.0	100.5	98.9	1.91

ตารางที่ ข.16 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของสัดส่วนก๊าซ SF₆ ที่ 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อีเล็กโตรดแบบปลายแหลม-ระนาบ

สัดส่วน ของก๊าซ ผสม	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆ 100%	3	5	44.8	48.9	46.2	1.11
		10	69.9	72.6	71.0	1.10
		15	92.3	96.4	94.8	1.79
		20	114.1	118.1	116.8	1.26
SF ₆ 75% - N ₂ 25%	3	5	41.4	44.1	43.0	1.05
		10	65.9	68.6	67.3	1.00
		15	86.9	91.0	89.5	1.87
		20	110.0	115.4	112.0	2.13
SF ₆ 50% - N ₂ 50%	3	5	38.7	40.1	39.1	0.67
		10	63.1	65.9	63.8	0.98
		15	82.8	88.3	84.7	2.25
		20	104.6	110.0	107.5	1.53
SF ₆ 25% - N ₂ 75%	3	5	31.9	36.0	34.1	1.13
		10	57.7	60.4	59.2	0.99
		15	77.4	82.8	80.4	1.99
		20	96.4	101.8	99.7	2.12
N ₂ 100%	3	5	18.1	19.0	18.6	0.33
		10	28.3	30.0	29.2	0.71
		15	39.6	42.4	40.5	0.97
		20	50.2	50.2	50.2	0.00

ภาคผนวก ค

ค่าแรงดันเบรกดาวนและข้อมูลทางสถิติของค่าแรงดันเบรกดาวนของฉนวนก๊าซ

อิเล็กทรอนิกส์แบบทรงกลม-ระนาบ

ตารางที่ ค.1 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{sup_g} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
He	3	5	4.5	4.5	4.2	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		10	6.5	6.5	6.5	6.8	6.5	6.5	6.5	6.8	6.8	6.8	6.6
		15	7.9	8.3	7.9	8.3	8.3	7.8	8.3	7.9	7.9	8.3	8.1
		20	10.5	10.5	10.5	10.5	9.3	10.5	10.5	9.3	10.5	9.3	10.1
	2	5	4.1	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
		10	5.0	5.2	5.5	5.5	5.5	5.2	5.2	5.5	5.2	5.0	5.3
		15	6.6	7.0	7.5	7.0	6.6	7.5	7.0	6.6	7.0	7.0	7.0
		20	8.2	8.8	8.8	8.2	8.8	8.8	8.2	8.8	8.8	8.8	8.6
	1	5	3.0	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2	3.0	3.2	3.1
		10	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.0	4.2	4.2	4.0	4.1
		15	5.2	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.2	5.5	5.5	5.5	5.5
		20	7.5	7.5	6.9	7.5	6.9	7.5	6.9	6.9	6.9	7.5	7.2

ตารางที่ ค.2 ค่าแรงดันเบรกความถี่ของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกความถี่ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ar	3	5	8.8	8.8	9.3	8.8	8.8	9.3	8.8	9.3	8.8	8.8	8.9
		10	14.4	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
		15	19.5	20.1	19.5	19.5	19.0	19.0	19.5	19.0	19.5	19.0	19.3
		20	28.5	24.6	24.6	23.5	23.5	24.6	24.6	23.5	24.6	24.6	24.2
	2	5	7.8	7.2	8.3	7.8	8.1	8.3	8.3	7.5	8.3	8.1	8.0
		10	11.6	11.6	12.2	12.7	11.6	12.7	11.6	12.2	11.6	12.2	12.0
		15	15.6	15.6	15.6	16.1	16.7	16.1	16.1	15.6	16.7	16.1	16.0
		20	19.5	19.5	20.1	19.5	20.1	20.1	20.1	20.1	19.5	19.5	19.8
	1	5	6.9	6.6	6.9	7.2	6.4	6.9	6.6	6.4	6.9	6.9	6.8
		10	9.3	9.3	9.9	8.8	9.9	9.9	9.3	9.3	9.9	9.9	9.6
		15	12.7	12.7	12.2	12.7	12.2	12.2	12.7	12.2	12.2	12.7	12.4
		20	16.1	15.6	16.1	15.6	15.6	16.1	15.6	15.6	15.6	15.6	15.7

ตารางที่ ค.3 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CO ₂	3	5	35.2	35.2	38.0	32.6	32.6	33.9	32.6	32.6	33.9	33.9	34.1
		10	51.6	51.6	54.3	51.6	55.7	54.3	51.6	51.6	54.3	54.3	53.1
		15	65.2	67.9	73.3	73.3	73.3	67.9	73.3	73.3	70.6	70.6	70.9
		20	76.0	84.2	76.0	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2	82.6
	2	5	28.0	28.0	28.8	28.0	28.0	28.8	29.3	28.8	28.0	28.8	28.6
		10	43.5	40.7	42.1	43.5	42.1	43.5	42.1	42.1	40.7	43.5	42.4
		15	53.0	57.0	57.0	53.0	57.0	57.0	53.0	57.0	57.0	57.0	55.8
		20	66.5	76.9	66.5	67.9	66.5	70.6	66.5	67.9	70.6	70.6	68.2
	1	5	21.7	21.7	24.4	21.7	21.7	23.1	21.7	21.7	21.7	21.7	22.1
		10	32.6	32.6	32.6	32.6	35.2	33.9	33.9	32.6	32.6	32.6	33.1
		15	40.7	40.7	39.4	40.7	38.0	42.1	40.7	40.7	42.1	42.1	40.7
		20	50.2	50.2	48.9	50.2	53.0	50.2	51.6	51.6	50.2	48.9	50.5

ตารางที่ ค.4 ค่าแรงดันเบรกความถี่ของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกความถี่ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
O ₂	3	5	35.3	36.7	35.3	33.9	35.3	36.7	33.9	35.3	35.3	33.9	35.2
		10	53.0	53.0	54.3	55.7	53.0	54.3	54.3	53.0	53.0	53.0	53.6
		15	73.3	72.0	70.6	72.0	70.6	72.0	73.3	72.0	72.0	70.6	71.8
		20	84.2	81.5	81.5	84.2	84.2	86.9	81.5	84.2	81.5	84.2	84.4
	2	5	29.9	29.3	29.9	29.3	29.3	29.9	29.3	29.3	29.9	30.4	29.7
		10	44.8	40.7	40.7	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.0
		15	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	57.0	54.3	57.0	57.0	57.0	56.8
		20	70.6	67.9	70.6	67.9	73.3	70.6	67.9	67.9	67.9	67.9	69.3
	1	5	23.4	25.0	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	25.0	23.4	23.7
		10	33.9	35.3	33.9	35.3	33.9	33.9	33.9	35.3	33.9	33.9	34.4
		15	46.2	44.8	39.4	46.2	43.5	39.4	40.7	40.7	44.8	40.7	42.6
		20	51.6	50.2	54.3	50.2	51.6	54.3	50.2	54.3	50.2	51.6	51.9

ตารางที่ ค.5 ค่าแรงดันเบรกคาวนซ์ของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกคาวนซ์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N ₂	3	5	41.4	41.4	41.4	40.1	41.4	40.1	41.4	40.1	40.1	41.4	40.9
		10	59.1	59.1	59.1	60.4	60.4	59.1	60.4	60.4	59.1	60.4	59.7
		15	80.1	77.4	80.1	80.1	80.1	77.4	80.1	77.4	80.1	80.1	79.3
		20	93.7	91.0	93.7	93.7	91.0	93.7	91.0	91.0	93.7	93.7	92.6
	2	5	31.9	33.3	30.6	33.3	31.9	30.6	33.3	30.6	31.9	33.3	32.0
		10	46.8	48.2	48.2	46.8	48.2	48.2	46.8	48.2	48.2	46.8	47.7
		15	64.5	64.5	63.1	63.1	61.8	64.5	61.8	63.1	63.1	61.8	63.1
		20	74.7	72.0	74.7	74.7	74.7	74.7	72.0	74.7	74.7	74.7	74.1
	1	5	25.3	25.3	24.7	25.9	25.8	25.8	24.7	25.8	24.7	25.8	25.4
		10	36.0	36.0	37.3	33.3	37.3	37.3	33.3	37.3	36.0	33.3	35.7
		15	44.1	42.8	45.5	42.8	45.5	45.5	44.1	44.1	42.8	44.1	44.1
		20	50.2	52.3	53.6	50.9	53.6	50.9	52.3	50.9	52.3	53.6	52.1

ตารางที่ ก.6 ค่าแรงดันเบรกดาวนของ Air อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวนครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Air	3	5	42.1	39.4	44.8	44.8	42.1	43.5	43.5	40.7	43.5	42.1	42.6
		10	61.1	59.7	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1	59.7	61.1	61.1	60.8
		15	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1	80.1
		20	93.7	92.3	92.3	93.7	93.7	93.7	92.3	92.3	93.7	92.3	93.0
	2	5	33.9	31.2	33.9	35.3	31.2	33.9	31.2	33.9	35.3	31.2	33.1
		10	50.2	47.5	47.5	50.2	47.5	47.5	50.2	50.2	47.5	50.2	48.9
		15	65.2	65.2	63.8	62.5	63.8	63.8	65.2	65.2	65.2	63.8	64.4
		20	76.0	74.7	76.0	74.7	74.7	76.0	74.7	76.0	76.0	74.7	75.4
	1	5	27.2	25.8	25.8	25.8	25.8	27.2	25.8	27.2	25.8	24.4	26.1
		10	37.3	37.3	37.3	37.3	35.3	37.3	37.3	37.3	35.3	37.3	36.9
		15	44.8	44.8	44.8	44.8	45.5	45.5	44.8	45.5	45.5	44.8	45.1
		20	54.3	54.3	53.6	54.3	53.6	54.3	52.3	54.3	52.3	53.6	53.7

ตารางที่ ค.7 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ SF₆ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SF ₆	3	5	96.4	99.1	96.4	99.1	99.1	96.4	96.4	96.4	96.4	96.4	97.2
		10	141.2	143.9	143.9	149.4	146.6	146.6	141.2	143.9	141.2	141.2	143.9
		15	179.2	184.7	182.0	182.0	179.2	182.0	182.0	182.0	182.0	179.2	181.4
		20	211.8	209.1	211.8	209.1	209.1	211.8	209.1	211.8	209.1	209.1	210.2
	2	5	67.2	65.9	65.9	67.2	65.9	65.9	67.2	65.9	65.9	65.9	66.3
		10	104.6	107.3	107.3	104.6	104.6	104.6	107.3	107.3	107.3	107.3	106.2
		15	134.4	134.4	133.1	134.4	134.4	131.7	134.4	134.4	134.4	134.4	134.0
		20	162.9	160.2	157.5	162.9	157.5	160.2	160.2	162.9	160.2	160.2	160.5
	1	5	42.8	44.1	44.1	41.4	41.4	42.8	44.1	44.1	42.8	42.8	43.0
		10	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9	69.9
		15	88.3	91.0	88.3	88.3	91.0	91.0	88.3	91.0	88.3	88.3	89.3
		20	107.3	110.0	107.3	107.3	107.3	108.6	107.3	108.6	107.3	108.6	107.9

ตารางที่ ก.8 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของสัดส่วนก๊าซ SF₆ ที่ 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ใน
ก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความ ดัน (bar)	ระยะ แปล (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SF ₆ 100%	3	5	96.4	99.1	96.4	99.1	99.1	96.4	96.4	96.4	96.4	96.4	97.2
		10	141.2	143.9	143.9	149.4	146.6	146.6	141.2	143.9	141.2	141.2	143.9
		15	179.2	184.7	182.0	182.0	179.2	182.0	182.0	182.0	182.0	179.2	181.4
		20	211.8	209.1	211.8	209.1	209.1	211.8	209.1	211.8	209.1	209.1	210.2
SF ₆ 75% - N ₂ 25%	3	5	91.0	91.0	91.0	93.7	93.7	91.0	93.7	93.7	91.0	93.7	92.3
		10	139.9	142.6	139.9	142.6	134.4	139.9	134.4	139.9	142.6	137.1	139.3
		15	180.6	177.9	177.9	175.2	175.2	177.9	175.2	165.7	172.4	175.2	175.3
		20	191.5	207.8	207.8	205.0	205.0	205.0	194.2	194.2	207.8	205.0	202.3
SF ₆ 50% - N ₂ 50%	3	5	77.4	82.8	80.1	77.4	80.1	82.8	80.1	77.4	80.1	82.8	80.1
		10	134.4	129.0	134.4	126.3	126.3	134.4	129.0	129.0	126.3	126.3	129.5
		15	164.3	161.6	164.3	161.6	164.3	164.3	164.3	164.3	164.3	161.6	163.5
		20	191.5	191.5	180.6	191.5	191.5	183.3	183.3	180.6	180.6	183.3	185.8
SF ₆ 25% - N ₂ 75%	3	5	66.5	74.7	63.8	66.5	66.5	69.3	69.3	66.5	69.3	63.8	67.6
		10	118.1	115.4	104.6	112.7	110.0	120.8	107.3	101.8	99.1	120.8	111.1
		15	142.6	139.9	150.7	153.4	154.8	152.1	139.9	153.4	139.3	145.3	147.2
		20	180.6	180.6	164.3	161.6	164.3	177.9	164.3	172.4	169.7	164.3	170.0
N ₂ 100%	3	5	41.4	41.4	41.4	40.1	41.4	40.1	41.4	40.1	40.1	41.4	40.9
		10	59.1	59.1	59.1	60.4	60.4	59.1	60.4	60.4	59.1	60.4	59.7
		15	80.1	77.4	80.1	80.1	80.1	77.4	80.1	77.4	80.1	80.1	79.3
		20	93.7	91.0	93.7	93.7	91.0	93.7	91.0	91.0	93.7	93.7	92.6

ตารางที่ ค.9 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนซ์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนซ์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
He	3	5	4.2	4.5	4.5	0.09
		10	6.5	6.8	6.6	0.14
		15	7.9	8.3	8.1	0.21
		20	9.3	10.5	10.1	0.57
	2	5	3.8	4.1	3.8	0.09
		10	5.0	5.5	5.3	0.20
		15	6.6	7.5	7.0	0.32
		20	8.2	8.8	8.6	0.28
	1	5	3.0	3.2	3.1	0.10
		10	4.0	4.2	4.1	0.09
		15	5.2	5.5	5.5	0.12
		20	6.9	7.5	7.2	0.31

ตารางที่ ก.10 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์ของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
Ar	3	5	8.8	9.3	8.9	0.24
		10	13.9	14.4	13.9	0.15
		15	19.0	20.1	19.3	0.35
		20	23.5	24.6	24.2	0.56
	2	5	7.2	8.3	8.0	0.38
		10	11.6	12.7	12.0	0.45
		15	15.6	16.7	16.0	0.42
		20	19.5	20.1	19.8	0.30
	1	5	6.4	7.2	6.8	0.25
		10	8.8	9.9	9.6	0.39
		15	12.2	12.7	12.4	0.26
		20	15.6	16.1	15.7	0.24

ตารางที่ ค.11 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์ของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
CO ₂	3	5	32.6	38.0	34.1	1.72
		10	51.6	55.7	53.1	1.62
		15	65.2	73.3	70.9	2.97
		20	76.0	84.2	82.6	3.45
	2	5	28.0	29.3	28.6	0.49
		10	40.7	43.5	42.4	1.10
		15	53.0	57.0	55.8	1.93
		20	66.5	70.6	68.2	1.79
	1	5	21.7	24.4	22.1	0.91
		10	32.6	35.2	33.1	0.90
		15	38.0	42.1	40.7	1.28
		20	48.9	53.0	50.5	1.25

ตารางที่ ค.12 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนซ์ของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแก๊ป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนซ์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
O ₂	3	5	33.9	36.7	35.2	1.03
		10	53.0	55.7	53.6	0.94
		15	70.6	73.3	71.8	1.00
		20	81.5	86.9	84.4	1.82
	2	5	29.3	30.4	29.7	3.09
		10	40.7	44.8	44.0	1.72
		15	54.3	57.0	56.8	0.85
		20	67.9	73.3	69.3	1.90
	1	5	23.4	25.0	23.7	0.67
		10	33.9	35.3	34.4	0.67
		15	39.4	46.2	42.6	2.74
		20	50.2	54.3	51.9	1.79

ตารางที่ ค.13 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
N ₂	3	5	40.1	41.4	40.9	0.67
		10	59.1	60.4	59.7	0.68
		15	77.4	80.1	79.3	1.30
		20	91.0	93.7	92.6	1.39
	2	5	30.6	33.3	32.0	1.18
		10	46.8	48.2	47.7	0.72
		15	61.8	64.5	63.1	1.10
		20	72.0	74.7	74.1	1.13
	1	5	24.7	25.9	25.4	0.51
		10	33.3	37.3	35.7	1.75
		15	42.8	45.5	44.1	1.10
		20	50.2	53.6	52.1	1.28

ตารางที่ ค.14 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนของ Air อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
Air	3	5	39.4	44.8	42.6	1.72
		10	59.7	61.1	60.8	0.59
		15	80.1	80.1	80.1	0.00
		20	92.3	93.7	93.0	0.73
	2	5	31.2	35.3	33.1	1.72
		10	47.5	50.2	48.9	1.42
		15	62.5	65.2	64.4	0.95
		20	74.7	76.0	75.4	0.68
	1	5	24.4	27.2	26.1	0.88
		10	35.3	37.3	36.9	0.84
		15	44.8	45.5	45.1	0.36
		20	52.3	54.3	53.7	0.79

ตารางที่ ก.15 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแก๊ป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆	3	5	96.4	99.1	97.2	1.30
		10	141.2	149.4	143.9	2.86
		15	179.2	184.7	181.4	1.74
		20	209.1	211.8	210.2	1.39
	2	5	65.9	67.2	66.3	0.62
		10	104.6	107.3	106.2	1.39
		15	131.7	134.4	134.0	0.90
		20	157.5	162.9	160.5	1.99
	1	5	41.4	44.1	43.0	1.05
		10	69.9	69.9	69.9	0.00
		15	88.3	91.0	89.3	1.39
		20	107.3	110.0	107.9	0.94

ตารางที่ ก.16 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาว์ของสัดส่วนก๊าซ SF₆ ที่ 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบทรงกลม-ระนาบ

สัดส่วน ของก๊าซ ผสม	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาว์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆ 100%	3	5	96.4	99.1	97.2	1.30
		10	141.2	149.4	143.9	2.86
		15	179.2	184.7	181.4	1.74
		20	209.1	211.8	210.2	1.39
SF ₆ 75% - N ₂ 25%	3	5	91.0	93.7	92.3	1.42
		10	134.4	142.6	139.3	3.10
		15	165.7	180.6	175.3	4.06
		20	191.5	207.8	202.3	6.39
SF ₆ 50% - N ₂ 50%	3	5	77.4	82.8	80.1	2.20
		10	126.3	134.4	129.5	3.55
		15	161.6	164.3	163.5	1.30
		20	180.6	191.5	185.8	5.05
SF ₆ 25% - N ₂ 75%	3	5	63.8	74.7	67.6	3.21
		10	99.1	120.8	111.1	7.79
		15	139.9	154.8	147.2	6.28
		20	161.6	180.6	170.0	7.40
N ₂ 100%	3	5	40.1	41.4	40.9	0.67
		10	59.1	60.4	59.7	0.68
		15	77.4	80.1	79.3	1.30
		20	91.0	93.7	92.6	1.39

ภาคผนวก ง

ค่าแรงคั่นเบรกดาวนซ์และข้อมูลทางสถิติของค่าแรงคั่นเบรกดาวนซ์ของฉนวนก๊าซ

อิเล็กทรอนิกส์แบบระนาบ-ระนาบ

ตารางที่ ง.1 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{spio} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
He	3	5	5.0	5.2	5.5	5.2	5.2	5.2	4.7	5.0	5.2	5.5	5.2
		10	7.5	7.8	7.5	9.9	7.8	7.8	7.8	8.1	7.5	7.5	7.9
		15	9.5	9.8	9.8	9.5	9.5	9.8	9.5	9.5	9.5	9.8	9.6
		20	12.0	11.7	11.7	12.6	12.0	12.0	12.0	12.0	12.3	12.0	12.1
	2	5	4.1	4.4	4.7	4.1	4.4	4.0	4.4	4.4	4.7	4.4	4.3
		10	6.6	6.6	6.6	6.4	6.6	6.1	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
		15	8.3	8.6	8.1	8.3	8.3	8.3	8.6	8.6	8.1	8.1	8.3
		20	10.0	10.3	9.5	9.8	9.8	10.3	10.3	10.3	10.0	10.0	10.0
	1	5	3.8	3.8	3.5	3.8	3.8	4.1	3.8	4.1	4.1	4.1	3.9
		10	5.2	5.0	5.2	5.2	5.5	5.2	5.5	5.8	6.4	5.2	5.4
		15	6.9	6.9	6.9	6.6	6.6	6.9	6.6	6.9	6.9	6.9	6.8
		20	8.6	8.3	8.6	8.1	8.3	8.3	8.6	8.3	8.6	8.6	8.5

ตารางที่ ง.2 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{SP₀} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ar	3	5	8.9	9.5	9.5	8.9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.4
		10	16.7	16.1	16.7	16.1	16.7	16.4	16.4	16.7	16.4	16.7	16.5
		15	20.4	21.5	20.9	20.9	20.9	21.5	20.4	20.9	21.5	20.9	21.0
		20	24.9	25.2	25.2	25.2	24.9	24.9	24.9	25.2	25.2	25.2	25.1
	2	5	8.3	8.5	8.3	8.3	8.5	8.3	8.3	8.5	8.5	8.5	8.4
		10	14.1	13.9	14.1	13.9	14.1	13.9	13.9	14.1	13.9	14.1	14.0
		15	17.5	17.0	18.1	17.5	18.1	17.0	18.1	17.5	18.1	17.5	17.7
		20	20.4	20.9	21.5	20.4	21.5	21.5	20.9	21.5	21.5	20.9	21.1
	1	5	7.2	6.9	6.9	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.9	7.2	7.1
		10	10.3	10.0	10.5	10.0	10.0	10.3	10.3	10.5	10.3	10.3	10.3
		15	14.3	13.7	13.7	13.7	14.3	13.7	13.7	13.7	13.4	13.7	13.8
		20	16.7	16.1	16.1	16.7	16.7	16.7	16.1	16.1	16.7	16.7	16.6

ตารางที่ ง.3 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
CO ₂	3	5	38.7	36.0	38.7	37.3	37.3	37.3	38.7	36.0	37.3	37.3	37.5
		10	64.5	63.1	65.9	64.5	65.9	63.1	63.1	63.1	64.5	64.5	64.2
		15	82.8	82.8	81.5	85.5	81.5	82.8	81.5	81.5	81.5	82.8	82.6
		20	93.7	96.4	96.4	93.7	96.4	96.4	93.7	93.7	96.4	93.7	95.0
	2	5	29.2	29.2	29.2	27.8	27.8	30.6	30.6	29.2	30.6	29.2	29.3
		10	50.9	49.6	52.3	50.9	50.9	52.3	52.3	52.3	50.9	49.6	51.2
		15	66.5	69.3	66.5	66.5	66.5	63.8	63.8	69.3	66.5	63.8	66.3
		20	74.7	77.4	77.4	78.8	74.7	78.8	77.4	74.7	78.8	77.4	77.0
	1	5	25.1	23.8	26.5	23.8	25.1	23.8	26.5	23.8	22.4	23.8	24.4
		10	34.6	34.6	36	34.6	36.0	36.0	34.6	37.3	34.6	36.0	35.4
		15	48.2	46.8	44.1	48.2	48.2	46.8	44.1	46.8	48.2	45.5	46.7
		20	55.0	53.6	55.0	52.3	55.0	53.6	53.6	55.0	55.0	53.6	54.2

ตารางที่ ง.4 ค่าแรงดันเบรกดาวนซ์ของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวนซ์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
O ₂	3	5	40.1	38.7	38.7	38.7	38.7	37.3	38.7	40.2	38.7	37.3	38.7
		10	64.5	65.9	67.2	64.5	65.9	64.5	64.5	65.9	65.9	67.2	65.6
		15	82.8	85.5	82.8	82.8	82.8	82.8	85.5	85.5	85.5	82.8	83.9
		20	99.1	93.7	96.4	99.1	99.1	99.1	96.4	93.7	93.7	93.7	96.4
	2	5	30.6	30.6	30.6	29.2	30.6	31.9	31.9	30.6	31.9	30.6	30.8
		10	49.6	52.3	53.6	52.3	53.6	52.3	53.6	52.3	52.3	53.6	52.5
		15	69.3	66.5	63.8	69.3	69.3	66.5	69.3	66.5	66.5	69.3	67.6
		20	77.4	77.4	77.4	80.1	77.4	80.1	77.4	80.1	77.4	80.1	78.5
	1	5	23.8	25.1	26.5	25.1	26.5	25.1	26.5	25.1	26.5	26.5	25.7
		10	37.3	36.0	37.3	37.3	36.0	37.3	37.3	37.3	37.3	36.0	36.9
		15	49.6	46.8	48.2	48.3	49.6	49.6	49.6	48.2	46.8	46.8	48.3
		20	55.0	56.4	55.0	53.6	56.4	55.0	56.4	55.0	55.0	56.4	55.4

ตารางที่ ๓.5 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
N ₂	3	5	42.1	43.5	42.1	43.5	43.5	43.5	42.1	42.1	43.5	42.1	42.8
		10	72.0	69.3	70.6	72.0	69.3	72.0	70.6	70.6	72.0	72.0	71.0
		15	89.6	92.3	91.0	89.6	91.0	91.0	91.0	92.3	91.0	91.0	91.0
		20	101.8	101.8	104.6	104.6	101.8	104.6	101.8	104.6	101.8	104.6	103.2
	2	5	33.3	33.9	31.9	33.3	33.3	33.9	33.3	31.9	33.3	33.3	33.1
		10	55.0	56.4	56.4	57.7	56.4	56.4	55.0	55.0	56.4	55.0	55.9
		15	71.3	69.9	69.9	71.3	67.9	69.9	71.3	69.9	69.9	69.9	70.1
		20	81.5	84.2	82.8	82.8	85.0	82.8	81.5	82.8	84.2	82.8	83.1
	1	5	27.8	27.2	27.2	27.8	27.2	27.2	29.2	27.2	27.8	27.2	27.6
		10	40.1	38.7	36.0	38.7	40.1	38.7	38.7	36.0	38.7	38.7	38.4
		15	48.2	49.6	49.6	48.2	48.2	48.2	49.6	49.6	48.2	48.2	48.7
		20	57.0	59.7	58.4	59.7	58.4	55.7	59.7	57.0	59.7	58.4	58.4

ตารางที่ ง.6 ค่าแรงดันเบรกได้น้ำของ Air อิเล็กโตรดแบบประนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกได้น้ำครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Air	3	5	43.5	44.8	44.8	43.5	43.5	43.5	44.8	44.8	43.5	43.5	44.0
		10	72.0	72.0	73.3	72.0	73.3	72.0	73.3	73.3	72.0	72.0	72.5
		15	93.7	92.3	89.6	93.7	91.0	92.3	91.0	92.3	93.7	92.3	92.2
		20	104.6	107.3	104.6	104.6	107.3	104.6	101.8	104.6	104.6	104.6	104.8
	2	5	35.3	33.9	35.2	35.2	33.3	35.2	33.3	35.2	35.2	33.3	34.6
		10	57.7	56.4	57.7	57.7	57.7	56.4	55.0	57.7	56.4	57.7	57.0
		15	71.3	72.6	72.6	71.3	71.3	72.6	71.3	71.3	69.9	69.9	71.4
		20	85.5	85.5	82.8	85.5	85.5	85.5	85.5	82.8	84.2	85.5	84.9
	1	5	27.8	29.2	30.6	27.8	27.8	27.8	29.2	27.8	27.8	27.8	28.4
		10	40.1	41.4	41.4	38.7	40.1	38.7	38.7	41.4	40.1	38.7	39.9
		15	50.9	50.9	49.6	50.9	48.2	50.9	49.6	49.6	50.9	48.2	50.0
		20	61.1	58.4	61.1	59.7	58.4	61.1	59.7	61.1	59.7	61.1	60.2

ตารางที่ ง.7 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของ SF₆ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SF ₆	3	5	107.3	104.6	107.3	107.3	107.3	104.6	107.3	104.6	107.3	104.6	106.2
		10	164.3	167.0	164.3	167.0	167.0	164.3	167.0	164.2	164.2	164.2	165.4
		15	210.5	202.3	210.5	207.8	207.8	202.3	210.5	210.5	207.8	210.5	208.0
		20	245.8	245.8	243.1	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	243.1	245.8	245.2
	2	5	75.4	75.4	74.0	75.4	75.4	75.4	74.0	75.4	75.4	75.4	74.8
		10	118.1	120.8	120.8	120.8	120.8	118.1	118.1	120.8	120.8	120.8	120.0
		15	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4	153.4
		20	191.5	191.5	194.2	194.2	191.5	191.5	186.0	191.5	194.2	191.5	191.7
	1	5	52.3	53.6	53.6	52.3	53.6	50.9	53.6	53.6	52.3	53.6	53.0
		10	84.9	84.9	83.5	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.7
		15	112.7	112.7	110.0	110.0	112.7	110.0	112.7	112.7	112.7	110.0	111.6
		20	129.0	134.4	134.4	129.0	134.4	134.4	134.4	129.0	134.4	134.4	132.8

ตารางที่ ง.8 ค่าแรงดันเบรกดาวน์ของสัดส่วนก๊าซ SF₆ ที่ 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ใน
ก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความ ดัน (bar)	ระยะ แก๊ป (mm)	แรงดันเบรกดาวน์ครั้งที่ (kV _{rms})										U _{50%} (kV _{rms})
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SF ₆ 100%	3	5	107.3	104.6	107.3	107.3	107.3	104.6	107.3	104.6	107.3	104.6	106.2
		10	164.3	167.0	164.3	167.0	167.0	164.3	167.0	164.2	164.2	164.2	165.4
		15	210.5	202.3	210.5	207.8	207.8	202.3	210.5	210.5	207.8	210.5	208.0
		20	245.8	245.8	243.1	245.8	245.8	245.8	245.8	245.8	243.1	245.8	245.2
SF ₆ 75% - N ₂ 25%	3	5	101.8	99.1	96.4	96.4	99.1	93.7	93.7	101.8	93.7	91.0	96.7
		10	156.2	158.9	164.3	164.3	156.2	161.6	164.3	156.2	161.6	156.2	160.0
		15	177.9	180.6	210.5	199.6	196.9	194.2	196.9	188.7	194.2	194.2	193.4
		20	232.2	237.6	229.5	232.2	237.6	229.5	232.2	240.3	237.6	232.2	234.1
SF ₆ 50% - N ₂ 50%	3	5	86.9	89.6	95.0	86.9	92.3	86.9	92.3	95.0	86.9	89.6	90.2
		10	146.6	152.1	154.8	152.1	152.1	149.4	152.1	146.6	146.6	149.4	150.2
		15	184.7	182.0	190.1	190.1	192.8	187.4	190.1	182.0	184.7	182	186.6
		20	228.1	222.7	222.7	222.7	228.1	225.4	228.1	225.4	222.7	222.7	224.9
SF ₆ 25% - N ₂ 75%	3	5	84.2	81.5	84.2	78.8	86.9	78.8	78.8	76.0	81.5	78.8	80.9
		10	141.2	141.2	146.6	133.0	143.9	135.8	143.9	133.0	135.8	143.9	139.9
		15	182.0	179.2	184.7	184.7	179.2	182.0	179.2	182.0	184.7	179.2	181.7
		20	203.7	214.5	214.5	211.8	217.3	206.4	211.8	220.0	217.3	209.1	212.6
N ₂ 100%	3	5	42.1	43.5	42.1	43.5	43.5	43.5	42.1	42.1	43.5	42.1	42.8
		10	72.0	69.3	70.6	72.0	69.3	72.0	70.6	70.6	72.0	72.0	71.0
		15	89.6	92.3	91.0	89.6	91.0	91.0	91.0	92.3	91.0	91.0	91.0
		20	101.8	101.8	104.6	104.6	101.8	104.6	101.8	104.6	101.8	104.6	103.2

ตารางที่ ง.9 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ He อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
He	3	5	4.7	5.5	5.2	0.23
		10	7.5	9.9	7.9	0.72
		15	9.5	9.8	9.6	0.15
		20	11.7	12.6	12.1	0.26
	2	5	4.0	4.7	4.3	0.23
		10	6.1	6.6	6.6	0.16
		15	8.1	8.6	8.3	0.20
		20	9.5	10.3	10.0	0.27
	1	5	3.5	4.1	3.9	0.20
		10	5.0	6.4	5.4	0.41
		15	6.6	6.9	6.8	0.14
		20	8.1	8.6	8.5	0.18

ตารางที่ ง.10 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ Ar อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
Ar	3	5	8.9	9.5	9.4	0.25
		10	16.1	16.7	16.5	0.24
		15	20.4	21.5	21.0	0.41
		20	24.9	25.2	25.1	0.15
	2	5	8.3	8.5	8.4	0.10
		10	13.9	14.1	14.0	0.10
		15	17.0	18.1	17.7	0.44
		20	20.4	21.5	21.1	0.45
	1	5	6.9	7.2	7.1	0.14
		10	10.0	10.5	10.3	0.19
		15	13.4	14.3	13.8	0.28
		20	16.1	16.7	16.6	0.30

ตารางที่ ง.11 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ CO₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแปล (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
CO ₂	3	5	36.0	38.7	37.5	1.00
		10	63.1	65.9	64.2	1.10
		15	81.5	85.5	82.6	1.23
		20	93.7	96.4	95.0	1.42
	2	5	27.8	30.6	29.3	1.03
		10	49.6	52.3	51.2	1.07
		15	63.8	69.3	66.3	2.02
		20	74.7	78.8	77.0	1.70
	1	5	22.4	26.5	24.4	1.31
		10	34.6	37.3	35.4	0.95
		15	44.1	48.2	46.7	1.63
		20	52.3	55.0	54.2	0.95

ตารางที่ ง.12 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวนของก๊าซ O₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
O ₂	3	5	37.7	40.1	38.7	0.93
		10	64.5	67.2	65.6	1.07
		15	82.8	85.5	83.9	1.39
		20	93.7	99.1	96.4	2.54
	2	5	29.2	31.9	30.8	0.84
		10	49.6	53.6	52.5	1.22
		15	63.8	69.3	67.6	1.93
		20	77.4	80.1	78.5	1.39
	1	5	23.8	26.5	25.7	0.95
		10	36	37.3	36.9	0.62
		15	46.8	49.6	48.3	1.22
		20	53.6	56.4	55.4	0.94

ตารางที่ ง.13 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
N ₂	3	5	42.1	43.5	42.8	0.73
		10	69.3	72.0	71.0	1.11
		15	89.6	92.3	91.0	0.90
		20	101.8	104.6	103.2	1.47
	2	5	31.9	33.9	33.1	0.69
		10	55	57.7	55.9	0.92
		15	67.9	71.3	70.1	1.02
		20	81.5	85	83.1	1.13
	1	5	27.2	29.2	27.6	0.63
		10	36.0	40.1	38.4	1.40
		15	48.2	49.6	48.7	0.72
		20	55.7	59.7	58.4	1.41

ตารางที่ ง.14 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกคาวนของ Air อิเล็กโตรคแบบระบาย-ระบาย

ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกคาวน			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
Air	3	5	43.5	44.8	44.0	0.67
		10	72.0	73.3	72.5	0.67
		15	89.6	93.7	92.2	1.35
		20	101.8	107.3	104.8	1.55
	2	5	33.3	35.3	34.6	0.92
		10	55.0	57.7	57.0	0.94
		15	69.9	72.6	71.4	0.99
		20	82.8	85.5	84.9	1.27
	1	5	27.8	30.6	28.4	0.97
		10	38.7	41.4	39.9	1.18
		15	48.2	50.9	50.0	1.10
		20	58.4	61.1	60.2	1.11

ตารางที่ ง.15 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของก๊าซ SF₆ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

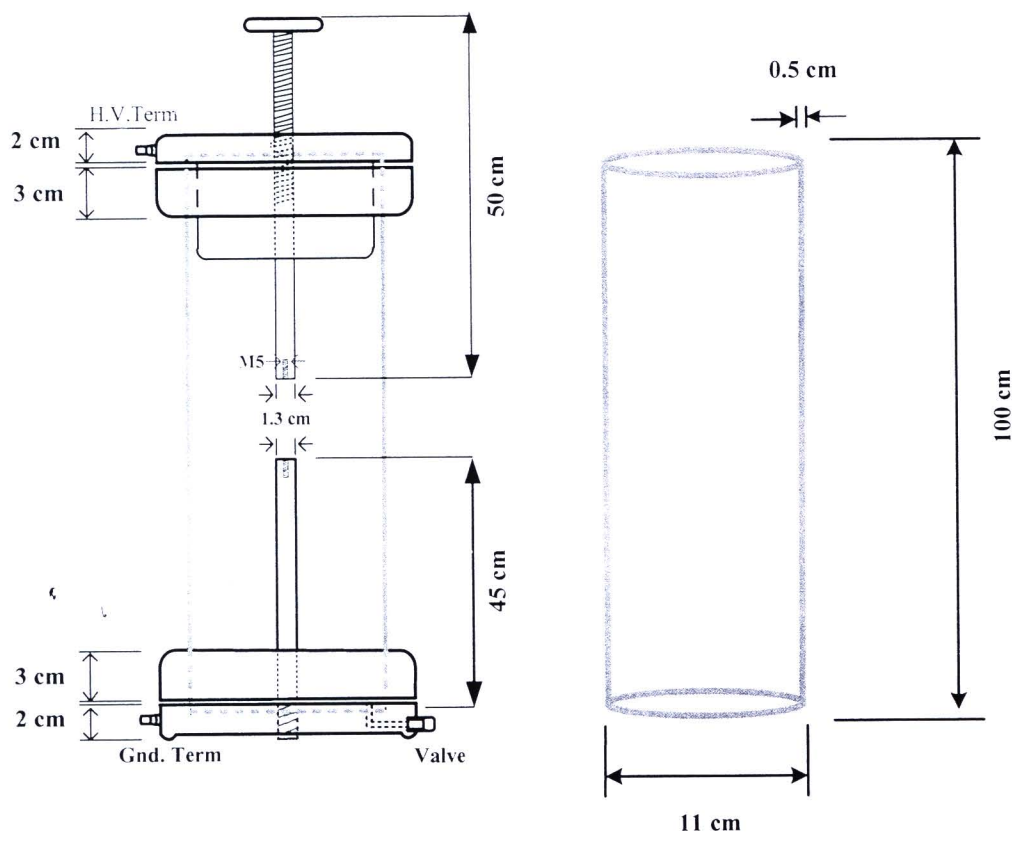
ก๊าซ	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆	3	5	104.6	107.3	106.2	1.39
		10	164.2	167	165.4	1.42
		15	202.3	210.5	208.0	3.27
		20	243.1	245.8	245.2	1.13
	2	5	74.0	75.4	74.8	0.59
		10	118.1	120.8	120.0	1.30
		15	153.4	153.4	153.4	0.00
		20	186.0	194.2	191.7	2.39
	1	5	50.9	53.6	53.0	0.94
		10	83.5	84.9	84.7	0.44
		15	110.0	112.7	111.6	1.39
		20	129.0	134.4	132.8	2.60

ตารางที่ ง.16 ข้อมูลทางสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์ของสัคส่วนก๊าซ SF₆ ที่ 25%, 50% และ 75% ที่ความดัน 3 บาร์ในก๊าซผสม SF₆-N₂ อิเล็กโตรดแบบระนาบ-ระนาบ

สัคส่วน ของก๊าซ ผสม	ความดัน (bar)	ระยะแกป (mm)	ข้อมูลสถิติค่าแรงดันเบรกดาวน์			
			Min.(kV _{rms})	Max.(kV _{rms})	Mean(kV _{rms})	SD
SF ₆ 100%	3	5	104.6	107.3	106.2	1.39
		10	164.2	167.0	165.4	1.42
		15	202.3	210.5	208.0	3.27
		20	243.1	245.8	245.2	1.13
SF ₆ 75% - N ₂ 25%	3	5	91.0	101.8	96.7	3.69
		10	156.2	164.3	160.0	3.64
		15	177.9	210.5	193.4	9.33
		20	229.5	240.3	234.1	3.82
SF ₆ 50% - N ₂ 50%	3	5	86.9	95.0	90.2	3.31
		10	146.6	154.8	150.2	2.90
		15	182	192.8	186.6	4.03
		20	222.7	228.1	224.9	2.48
SF ₆ 25% - N ₂ 75%	3	5	76.0	86.9	80.9	3.33
		10	133.0	146.6	139.9	5.00
		15	179.2	184.7	181.7	2.40
		20	203.7	220.0	212.6	5.13
N ₂ 100%	3	5	42.1	43.5	42.8	0.73
		10	69.3	72.0	71.0	1.11
		15	89.6	92.3	91.0	0.90
		20	101.8	104.6	103.2	1.47

ภาคผนวก จ

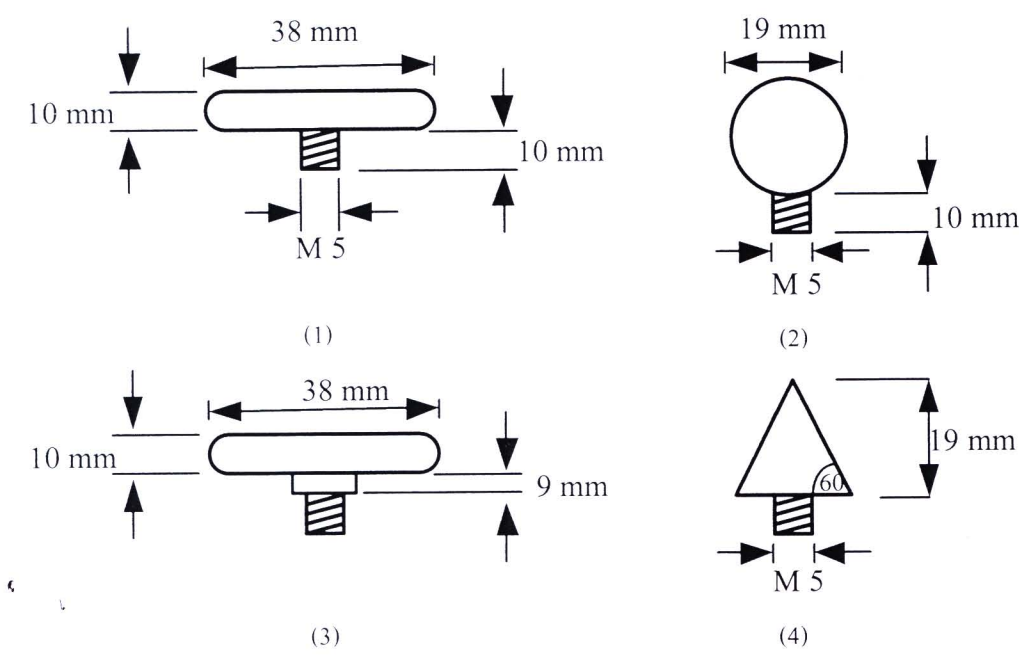
แบบชุดทดสอบเบรกดาวน้ำ



รูปที่ จ.1 แบบชุดทดสอบที่ใช้ในงานวิจัย

ภาคผนวก จ

แบบอิเล็กทรอนิกส์แรงสูง และอิเล็กทรอนิกส์กราวด์



รูปที่ จ.1 อิเล็กโทรดแรงสูง (1, 2 และ 4) และอิเล็กโทรดกราวด์ (3) ทำมาจากวัสดุสแตนเลส

ประวัติผู้วิจัย	
ชื่อ - สกุล	นายวิชพงษ์ เทียมกระโทก
วัน เดือน ปีเกิด	20 กุมภาพันธ์ 2526
ประวัติการศึกษา	
ระดับอาชีวศึกษา	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม พ.ศ. 2547
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม พ.ศ. 2550
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2554
ทุนวิจัย	ทุนอุดหนุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ทบวงมหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2551
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	Witchapong Tiamkatok, Supakit Chotigo, 2011, “Voltage Withstand for Pressurized Air and N2 Circuit Breakers”, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 9 (std 2011)วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสุขภาพ (Science and Science for Health) 30 มิถุนายน – 1 กรกฎาคม 2554 อาคารบรรยายรวม 5 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

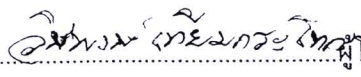
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ขอตกลงว่าด้วยการโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาของนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

วันที่ 29 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ 2554

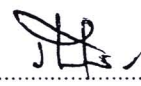
ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว) **วิพงษ์ เทียมกระโทก** รหัสประจำตัว **51400208**
เป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ระดับ ☐ ประกาศนียบัตรบัณฑิต ☒ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก
หลักสูตร **ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์**
อยู่บ้านเลขที่ **37/42 หมู่ 1** ตรอก/ซอย - ถนน - ตำบล/แขวง **สามด้า อำเภอ/เขต บางขุนเทียน**
จังหวัด **กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10150**
เป็น “ผู้โอน” ขอโอนสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมี
รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธ์ ตำแหน่ง **รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณะ วิศวกรรมศาสตร์**
เป็นตัวแทน “ผู้รับโอน” สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาและมีข้อตกลงดังนี้

- ข้าพเจ้าได้จัดทำวิทยานิพนธ์เรื่อง **คุณลักษณะการเกิดเบรกดาวนของฉนวนกั้นชนิดต่างๆ** ซึ่งอยู่ในความควบคุมของ **ศต.ดร.ศุภกิตติ โชติโก** อาจารย์ที่ปรึกษา ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- ข้าพเจ้าตกลงโอนลิขสิทธิ์จากผลงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการสร้างสรรค์ของข้าพเจ้าในวิทยานิพนธ์ให้กับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ตลอดอายุแห่งการคุ้มครองลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ตั้งแต่วันที่ได้รับอนุมัติโครงร่างวิทยานิพนธ์จากมหาวิทยาลัย
- ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปใช้ในการเผยแพร่ในสื่อใดๆ ก็ตาม ข้าพเจ้าจะต้องระบุว่าวิทยานิพนธ์เป็นผลงานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีทุกครั้งที่มีการเผยแพร่
- ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำวิทยานิพนธ์ไปเผยแพร่ หรือให้ผู้อื่นทำซ้ำหรือดัดแปลงหรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนหรือกระทำการอื่นใด ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ก่อน
- ในกรณีที่ข้าพเจ้าประสงค์จะนำข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ไปประดิษฐ์หรือพัฒนาต่อยอดเป็นสิ่งประดิษฐ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาประเภทอื่น ภายในระยะเวลาสิบ (10) ปี นับจากวันลงนามในข้อตกลงฉบับนี้ ข้าพเจ้าจะกระทำได้เมื่อได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีมีสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญานั้น พร้อมกับได้รับชำระค่าตอบแทนการอนุญาตให้ใช้สิทธิดังกล่าว รวมถึงการจัดสรรผลประโยชน์อันพึงเกิดขึ้นจากส่วนใดส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของวิทยานิพนธ์ในอนาคต โดยให้เป็นไปตามระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วยการบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

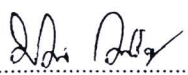
6. ในกรณีที่ผลประโยชน์เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์หรืองานทรัพย์สินทางปัญญาอื่นที่ข้าพเจ้าทำขึ้นโดย
มีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีเป็นเจ้าของ ข้าพเจ้าจะมีสิทธิได้รับการจัดสรรผลประโยชน์อันเกิด
จากทรัพย์สินทางปัญญาดังกล่าวตามอัตราที่กำหนดไว้ในระเบียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ว่าด้วย
การบริหารผลประโยชน์อันเกิดจากทรัพย์สินทางปัญญา พ.ศ. 2538

ลงชื่อ..........ผู้รับโอนสิทธิ
(นายวิชพงษ์ เทียมกระโทก)



ลงชื่อ..........ผู้รับโอนสิทธิ
(รศ.ดร.ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธ์)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทนคณบดี

ลงชื่อ..........พยาน
(ผศ.ดร.สุกิตต์ โชติโก)

ลงชื่อ..........พยาน
(ผศ.ดร.มงคล กงศ์หิรัญ)

