

건조공기의 연면방전에서 가스압력과 극간거리에 따른 매질효과분석

(Analysis of Medium Effect by Gas Pressure and Gap at Surface Discharge of Dry Air)

임동영* · 민경준 · 박혜리 · 최은혁 · 최상태 · 배성우 · 이상룡 · 박원주 · 이광식**

(Dong-Young Lim · Gyeong-Jun Min · He-Rie Park · Eun-Hyeok Choi · Sang-Tae Choi ·
Sung-Woo Bae · Sang-Bong Rhee · Won-Zoo Park · Kwang-Sik Lee)

Abstract

In studies on an alternative insulating gas of SF₆ gas, the section of the alternative gas and an insulation technique to improve its low dielectric strength have been reported, but very few attempts have been made at the dependence of a gas pressure and a gap as well as the medium effect in the alternative gas. The purpose of this paper is to analyze the dependence of the gas pressure and the gap at surface flashover voltage in dry air. The dependence is analyzed based on the medium effect. The medium effect by the gas pressure and the gap can be explained by surface roughness of a solid dielectric and an electrode as well as an electric field which decreases due to the correlation between the collision ionization coefficient and the gap, respectively. In addition, an insulation technique which can fabricate a compact eco-friendly gas insulated switchgear is proposed by the results of this paper.

Key Words : Dry Air, Gas Insulated Switchgear, Insulation Technique, Medium Effect, Surface Discharge

1. 서 론

현재 SF₆ 가스의 사용규제로 인해, 배전급 고전압전력설비와 가스 차단기는 각각 친환경 가스(N₂, N₂/O₂ 혼합가스, 건조공기)와 진공을 적극적으로 도입하고

있다[1-5]. 본 저자들은 친환경 전력기기의 절연설계와 절연성능의 향상을 목적으로 친환경 가스들의 절연특성과 연면방전메커니즘을 연구하였다[6-9]. 이는 가스절연개폐기(Gas Insulated Switchgear, GIS)의 연면절연설계와 연면절연성능은 연면방전메커니즘을 기반으로 구축하고 개선하는 것이 무엇보다 중요하기 때문이다.

절연성능향상에 관한 기법과 절연가스의 환경적 평가에 관한 연구결과는 지속적으로 보고되고 있다[10-12]. 절연성능향상 기법은 전기적 부성기체의 혼합 [11], 전극의 코팅 [2-3, 5, 13] 고체유전체의 유전율을 응용한 FGM(Functionally Graded Material) [10, 14-15]이 대표적이다. 전기적 부성기체인 SF₆, PFC

* 주저자 : 영남대학교 전기공학과 박사과정
** 교신저자 : 영남대학교 전기공학과 교수
* Main author : Doctor course of Electrical Engineering at Yeungnam University
** Corresponding author : Professor of Electrical Engineering at Yeungnam University
Tel : 053-815-7291, Fax : 053-810-4767
E-mail : without38@naver.com
접수일자 : 2013년 8월 7일
1차심사 : 2013년 8월 10일
심사완료 : 2013년 9월 4일

가스는 온실가스로 액화점이 높고 [12], O₂와 CO₂는 절연성능이 우수하지 못하다. 전극의 코팅은 코로나 방전으로 인해 코팅이 손상되면 그 주위로 고전계와 전계왜곡을 초래하고, FGM은 제작의 난점을 가진다. 반면에 매질효과는 전극과 고체유전체를 에워싸는 주위매질의 압력과 종류의 변경으로 쉽게 얻을 수 있고, 다양한 절연기법 중 단순하고 효과적인 방법이라 할 수 있다.

SF₆ 대체가스 중 매질효과의 연구가 전기적 부성기체의 혼합과 스페이서 효율의 관점에서 보고되었다 [11, 16]. 그리고 매질효과를 다룬 최근의 논문은 [4] 삼중점의 고전계가 연면방전에 지배적인 영향을 미칠 경우, 압력에 의한 매질효과가 크게 나타나지 않았음을 언급하였다. 이는 매질효과를 체계적으로 연구하고 이해하기 위한 충분한 동기를 유발하였다. 더욱이 미래 친환경 GIS (EGIS)는 친환경 가스의 낮은 절연성능을 보상하기 위해 가스압력이나 절연거리를 기존 GIS와 비교하여 적어도 2배 이상이 필요하다고 언급하였다[12]. 그러므로 대체가스에 대한 압력과 갭의 의존성에 관한 연구가 필요하다. 하지만 대체가스에 관한 연구는 SF₆ 대체가스의 선정, 대체가스 중 절연내력향상을 집중적으로 다루고 있고, 연면방전에서 대체가스의 압력, 극간거리의 의존성, 매질효과에 관한 연구는 미흡하다.

상술한 관점으로부터, 본 논문은 SF₆ 대체가스에서 체계적으로 다루어지지 않은 플래쉬오버전압 (V_s)에서 가스압력과 극간거리에 대한 의존성을 연구하였다. 그 분석을 위해 본 논문은 매질효과를 도입하였고 추가적으로 건조공기를 절연매질로 적용한 EGIS의 절연설계를 위한 정보도 함께 제공하였다.

2. 실험장치 및 방법

그림 1은 본 연구에 사용되어진 실험장치와 실험회로도도를 보여주고 있다. 실험을 위해 AC 전원장치, 고전압 장치, 테스트 챔버, 고전압 분압기를 사용하였다.

AC 전원장치는 교류 60Hz의 교류 고전압을 발생시키고, 2차측의 고전압장치는 승압된 교류고전압을 병렬로 연결된 테스트 챔버에 인가시키는 역할을 하였다.

테스트 챔버는 절연매질의 방전특성을 연구하기 위한 것으로 AC 300kV까지 인가가 가능하다. 테스트 챔버 내부압력을 측정하기 위해 테스트 챔버 상부에 압력계를 설치하였고 본 연구를 위한 압력(1~6atm)은 이 압력계 게이지 압력을 기준으로 하였다. 그림 1에서 R₂, R₃로 표현된 고전압 분압기(3000 : 1)는 테스트 챔버에 인가된 고전압을 측정하기 위해 사용하였다.

그 외 연구를 위해 사용한 실험재료들은 전극, 고체유전체, 절연가스가 있다. 전극은 불평등 전계를 형성하는 나이프형 전극(Knife-Knife, K-K)을 그림 2와 같이 수평형 구조로 배치하였다. 이 전극구조는 연면거리(극간거리, gap)에 따른 매질효과를 분석하는데 유용한 구조이다. 본 연구에서 극간거리의 범위는 2~5mm이다. 전극의 재료와 규격, 고체유전체와의 배치는 그림 2에서 확인할 수 있다. 고체유전체는 테프론(TE)을 사용하였고, TE의 유전율, 두께, 지름은 각각 2.1, 1mm, 50mm이다. 그 유전율은 가스절연기에 사용하는 스페이서의 유전율 범위에 포함된다. 절연가스는 친환경 가스인 건조공기를 사용하였고, 건조공기 제조장치를 이용하여 제작하였다. 그 공기의 노점범위는 -55~-60°C이다. 이 공기는 수분과 불순물을 극소량만 가지고 있기 때문에, 연면방전에서 가스 중 수분(물분자)에 의한 영향이 억제된다. 이는 가스의 매질효과 연구에 적합함을 의미한다. 건조공기 제조장치의 외관은 사진 1에 나타내었다.

실험방법은 테스트 챔버 내부에 전극과 고체유전체를 그림 2와 같이 배치한 후, 순수한 성분의 가스를 주입하기 위해 테스트 챔버가 진공펌프에 의해 5×10^{-4} Torr까지 배기되었다. 그런 후 건조공기를 가압하고 교류 고전압을 인가하여 실험을 진행하였다.

교류 고전압은 3.15kV/s의 상승속도로 테스트 챔버에 인가하였다. 고전압 인가 후, 건조공기와 TE의 경계면으로 진전하는 연면방전이 발생하였을 때, V_s 를 각 압력과 극간거리별로 10번씩 측정하였다. 실험데이터는 그들의 평균값을 적용하였고, 방전 직후와 건조공기의 가압 후 20~30초의 시간적 여유를 두고 반복실험을 수행하였다. 그 외 실험장치의 모델과 제원, 실험방법은 [4]에서 상세히 설명하였다.

건조공기의 연면방전에서 가스압력과 극간거리에 따른 매질효과분석

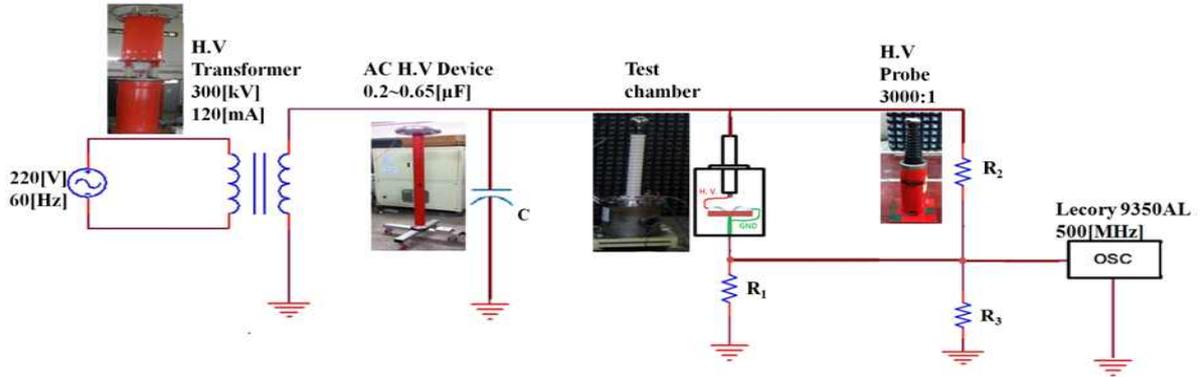


그림 1. 실험장치와 회로도
Fig. 1. Experiment equipment and circuit

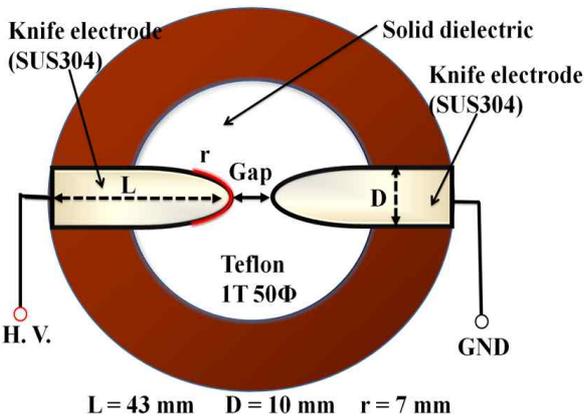


그림 2. 전극과 고체유전체의 배치
Fig. 2. Arrangement of electrode and solid dielectric

3. 매질효과 이론과 적용

매질효과는 전극과 고체유전체를 에워싸는 주위 매질의 성질에 의해 고체유전체의 관통파괴특성이 변하는 효과로 알려져 있다[17]. 매질효과는 부분방전과 연면방전의 영향이 지배적이다. 이들 방전은 절연열화, 화학작용, 고체유전체의 변질과 가열을 초래한다. 이는 고체유전체가 진성절연파괴강도보다 더 낮은 파괴강도에서 조기파괴를 일으키는 원인이 된다. 따라서 두 방전이 발생하는 전압에 따라 매질효과(관통파괴전압)가 다르게 나타남이 명백하다. 그래서 본 저자들은 매질효과를 고체유전체의 관통파괴전압 대신에 V_s 로 확장하여 본 연구에 적용하였다. 더욱이 고체유전체의 관통파괴전압은 실험적으로 신뢰성 있는 측정값을 얻기 어려우므로, V_s 를 기반으로 하는 매질효과를 연구하는 것이 효과적이라 판단된다.

V_s 에 영향을 주는 요인은 주위매질의 압력과 종류, 극간거리, 전극의 형상과 재료, 고체유전체의 종류와 크기 등이 있다. 본 연구는 주위매질의 압력과 극간거리에 따른 매질효과(V_s 의 변화)를 중점적으로 연구하였고, 그 압력과 극간거리 변화에 대한 V_s 의 변화폭이 클수록 매질효과가 잘 나타난다고 표현하였다. 이는 매질효과가 크게 나타날수록 가스압력과 극간거리의 의존성이 크다는 것을 의미한다.



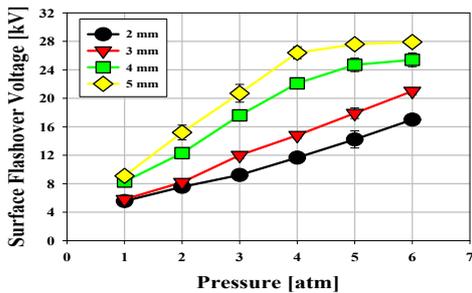
사진 1. 건조공기 제조장치의 외관
Photo 1. Appearance of apparatus producing dry air

4. 실험결과 및 고찰

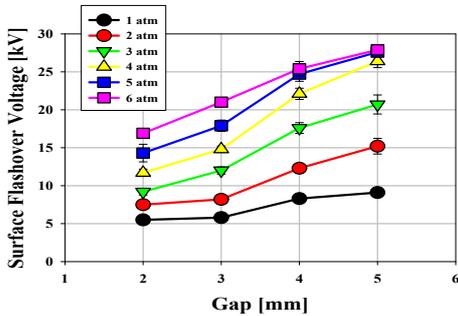
4.1 건조공기의 압력과 극간거리에 따른 연면방전특성

본 항은 건조공기의 매질효과를 분석하기 위해 건조공기의 압력과 극간거리에 따른 V_s 특성을 파악하였다.

그림 3은 건조공기의 압력과 극간거리에 따른 V_s 특성을 보여주고 있다. 그림 3 (a)는 각 극간거리에서 압력을 증가시켰고, 그림 3 (b)는 각 압력에서 극간거리를 증가시킨 경우이다. V_s 는 건조공기의 압력과 극간거리와 함께 증가하였다. 이는 절연과괴전압이 압력과 갭에 비례하여 증가하는 파센의 법칙에 잘 부응하였다. 압력증가와 극간거리로 인한 V_s 의 증가는 각각 건조공기의 절연성능의 향상, 연면거리의 증대에 의한 것이다.



(a) Gas pressure



(b) gap

그림 3. 건조공기 중 압력과 극간거리에 따른 V_s 특성
Fig. 3. Characteristics of V_s by gas pressure and gap in dry air

압력(1~4atm)에 의한 V_s 의 증가는 선형적으로 나타났지만 4, 5mm 극간거리의 5, 6atm에서 V_s 는 포화하였다. 이 포화현상은 다음과 같이 설명할 수 있다. 각 극간거리에서 압력이 증가할수록 V_s 는 증가하였고, 극간거리가 일정할 때, 압력에 의한 V_s 의 증가는 연면방전전계강도 (E_s)의 증가를 초래한다. 그 강화된 E_s 로 인해, 전극과 고체유전체의 표면 거칠기에 대한 영향이 지배적으로 나타난다. 게다가 극간거리가 증가하면 전극간 고체유전체의 표면적이 넓어진다. 이 상태에서, 압력을 증가시키면 상술한 그 영향이 더욱 더 지배적으로 나타난다. 그 결과 4, 5mm에서 압력이 상승할수록 V_s 가 포화하게 된다. 추가적으로, 각 압력에서 극간거리에 의한 V_s 의 증가는 압력상승에 비하여 비선형적으로 나타났다. 이 결과는 압력상승에 의한 V_s 의 증가가 V_s 추정과 예측의 측면에서 더 유리하다는 것을 의미한다.

건조공기를 적용한 EGIS의 연면절연성능을 위해 압력과 극간거리의 증가를 고려할 수 있다. 언급한 본 연구결과로부터, EGIS는 압력을 증가하는 방식으로 설계하는 것이 연면절연설계에 유리하다는 정보를 이끌어낼 수 있다.

4.2 건조공기의 압력과 극간거리에 따른 매질효과

EGIS는 기존의 GIS에 비해 가스압력과 절연거리가 적어도 2배 이상을 유지해야 함을 언급하였다[12]. 이는 압력과 절연거리의 증대 시 얻을 수 있는 절연성능 향상이 중요하다는 것을 의미한다. 본 항은 언급한 그 영향의 특성을 파악하기 위해 매질효과를 도입하여 분석하였다. 매질효과를 나타내는 파라미터는 V_s 의 상승률 (V_r)이고, 그것은 다음의 식 (1)로 계산하였다.

$$V_r = \frac{V_H - V_L}{V_L} \times 100 [\%] \quad (1)$$

여기서 V_H 는 비교하고자 하는 각각의 두 압력과 두 극간거리에서 더 높은 압력과 더 긴 극간거리에 대한 V_s 이고, V_L 은 더 낮은 압력과 더 짧은 극간거리에 대

한 V_s 이다. 본 논문에서 V_r 이 클수록 압력이나 갭에 대한 의존성이 크며, 매질효과가 잘 나타난다고 표현하였다.

그림 4는 측정된 V_s 를 식 (1)에 의해 계산된 V_r 을 나타낸 것이다. 그림 4 (a)는 각 극간거리에서 압력에 따른 매질효과를, 그림 4 (b)는 각 압력에서 극간거리에 따른 매질효과를 보여준다. 두 그림으로부터, 압력과 극간거리에 대한 매질효과는 명백히 다를 수 있다.

압력에 대한 매질효과는 각 극간거리에서 압력과 함께 감소하는 특성을 보였다. 반면에 극간거리에 대한 그 효과는 각 압력에서 매질효과가 최대로 나타나는 극간거리가 존재하였다. 하지만 6atm에서는 이러한 현상이 나타나지 않았다. 게다가 극간거리에 대한 매질효과는 압력에 의한 매질효과보다 더 잘 나타났다.

4.1항에서 설명한 바와 같이 일정한 극간거리에서 압력의 상승은 V_s 와 E_s 의 증가를 초래하였다. E_s 가 강렬해지면, 고체유전체의 표면거칠기와 불순물, 전극의 거칠기의 영향이 나타난다. 그 결과 그림 4 (a)와 같이 압력이 증가할수록 매질효과가 감소하였다. 4, 5mm의 극간거리에서 매질효과가 급격히 감소하는 것은 두 전극간 형성하는 표면적이 넓어져 그 영향이 더욱더 현저하게 나타나기 때문이라 판단된다.

각 압력에서 극간거리에 대한 매질효과는 3mm에서 4mm로 극간거리가 증가할 때 최대로 나타난 후 감소하였다. 이러한 현상은 연면거리의 증가와 E_s 로 해석할 수 있다. 극간거리가 길어질 때, 매질효과가 잘 나타나는 구간(2~4mm)은 연면거리의 증가로 인해 V_s 가 상승하기 때문이라 판단된다.

매질효과가 감소하는 구간(4~5mm)은 E_s 의 감소 때문이라 판단된다. 그 구간에서 매질효과의 감소는 압력이 일정한 경우이기 때문에 전극과 고체유전체의 표면 거칠기 영향이 명백히 아니다. 이것은 일정한 압력에서 극간거리가 길어질 때, E_s 가 감소하고 V_s 가 포화하기 때문이다. 이 V_s 포화현상은 극간거리 (d)와 충돌전리계수 (α)로 설명하였다[7]. 그 파라미터의 관계는 서로 반비례이므로, d 가 크면 α 는 감소하였다. 게다가 α 는 전계(E)/압력(P)의 함수이기 때문

에, 압력이 일정하면 α 는 E 만의 함수가 된다. 본 실험 조건은 압력을 일정하게 유지한 상태에서 d 를 증가한 경우이다. 그러므로 d 가 증가하여 α 가 감소하면 E_s 도 감소하게 된다. 감소하는 E_s 로 인해 V_s 는 포화하게 되고, 이 포화는 최종적으로 매질효과의 감소를 초래한다.

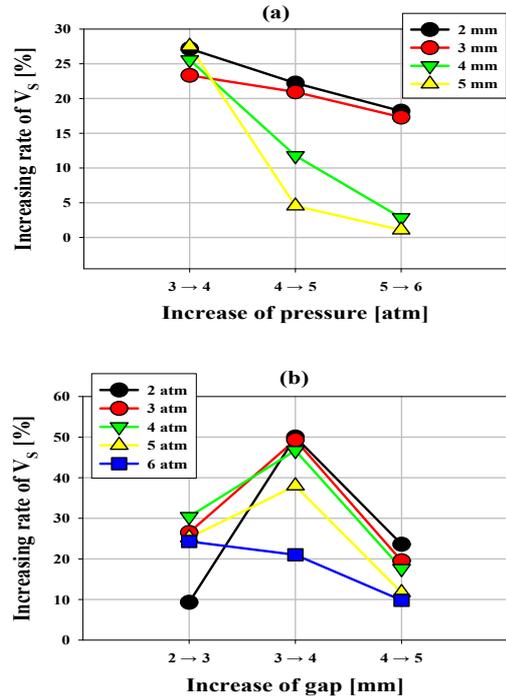


그림 4. 건조공기의 압력과 극간거리에 대한 매질효과 (a) 압력변화 의한 매질효과, (b) 극간거리 변화에 의한 매질효과

Fig. 4. Medium effect for pressure and gap in dry air : (a) Medium effect by variation of pressure, (b) Medium effect by variation of gap

압력이 상승할수록 극간거리에 따른 매질효과는 감소하였다. 특히, 6atm에서 극간거리에 대한 매질효과는 연속적으로 감소하는 특성을 보였다. 이는 상술한 바와 같이 압력이 상승할수록 전극과 고체유전체의 표면거칠기의 영향이 현저해지기 때문이다. 특히 6atm에서 매질효과는 그 영향이 극간거리에 의한 V_s 상승효과보다 더 크게 나타나 연속적으로 감소하는 것으로 판단된다.

매질효과는 압력보다는 극간거리에 의해 크게 나타

났지만, 언급한 결과와 그림 4로부터 EGIS는 짧은 절연거리에서 압력을 상승시키는 기법으로 절연을 설계하는 것이 효과적임을 알 수 있다. 그 절연거리가 짧은 것은 EGIS의 콤팩트화를 실현할 수 있음을 의미한다.

5. 결 론

본 논문은 매질효과를 도입하여 건조공기 중 압력과 극간거리에 대한 의존성을 분석하였다. 그 결과 가스 압력과 극간거리에 대한 매질효과는 각각 고체유전체와 전극의 표면 거칠기, 연면전계강도(E_s)로 인해 다르게 나타남을 확인하였다. 본 논문의 결과로부터, 미래의 친환경 가스절연개폐기(Eco-friendly Gas Insulated Switchgear, EGIS)의 연면절연기법은 짧은 절연거리에서 가스압력을 상승시키는 것이 효과적이라는 결론을 얻었다. 즉 연면절연성능의 확보를 위해 고기압을 적용하였다면 절연거리는 짧게해야 한다. 본 논문의 결과들은 EGIS의 연면절연설계와 연면절연향상뿐만 아니라 EGIS의 콤팩트화를 위해 유용하게 적용할 수 있으리라 예상한다.

EGIS를 더 높은 고전압에 적용하기 위해서, 향후 연구는 전극의 코팅, 고체유전체와 전극의 최적배치, 전극과 고체유전체의 표면 거칠기 개선, 전극의 재료와 형상 등 고체유전체와 전극을 이용한 절연향상기법을 매질효과와 함께 연구해야 할 것이다.

이 논문은 한국조명·전기설비학회 2013년도 춘계학술대회에서 발표하고 우수추천 논문으로 선정된 논문임.

References

- [1] Dong-Young Lim, He-Rie Park, Eun-Hyeok Choi, Sang-Tae Choi, Kwang-Sik Lee, "Surface Discharge Characteristics of Solid Dielectrics in N_2/O_2 Mixture Gas for Eco-Friendly Insulation Design", Journal of KIIE, Vol. 26, No. 3, pp. 9-15, 2012.
- [2] Hitoshi Okubo, Abderrahmane Beroual, "Recent Trend and Future Perspectives in Electrical Insulation Techniques in Relation to Sulfur Hexafluoride (SF_6) Substitutes for High Voltage Electric Power Equipment", IEEE Electrical Insulation Magazine March/April-Vol. 27, No. 2, pp. 34-42, 2011.
- [3] Toshiaki Rokunohe, Yoshitaka Yagihashi, Fumihiko Endo, and Takashi Oomori, "Fundamental Insulation Characteristics of Air, N_2 , CO_2 , N_2/O_2 and SF_6/N_2 Mixed Gases", Electrical Engineering in Japan, Vol. 155, No. 3, pp. 9-17, 2006.
- [4] Dong-Young Lim, Gyeong-Jun Min, He-Rie Park, Eun-Hyeok Choi, Sang-Tae Choi, Won-Zoo Park, Kwang-Sik Lee, "A Study on the Surface Discharge Characteristics by Dielectric Constant and Diameter of Solid Dielectrics to Improve Surface Dielectric Strength in Eco-Friendly Insulation Gas", Journal of KIIE, Vol. 27, No. 1, pp. 85-91, 2013.
- [5] Tadahiro Yoshida, Hiromi Koga, Takakazu Harada, Shinichi Miki, Masahiro Arioka, Shinji Sato, Satoru Yoshida, Naoaki Inoue, Akihiko Maruyama, and Toshie Takeuchi, "Insulation Technology in Dry Air and Vacuum for a 72-kV Low-Pressure Dry-Air Insulated Switchgear", Electrical Engineering in Japan, Vol. 175, No. 1, pp. 18-24, 2011.
- [6] He-Rie Park, Eun-Hyeok Choi, Lee-Kook Kim, Kwang-Sik Lee, "Surface Discharge Characteristics for Epoxy Resin in Dry-Air with Variations of Electrode Features and Epoxy Resin Size", Journal of KIIE, Vol. 23, No. 2, pp. 154-160, 2009.
- [7] Jung-Hwan Lee, Herie Park, Eun-Hyeok Choi, Seong-Ho Jang, Kwang-Sik Lee, "Surface Discharge Characteristics of Teflon Resin in Environment-Friendly Insulation Gas", Journal of KIIE, Vol. 23, No. 10, pp. 121-127, 2009.
- [8] Eun-Hyeok Choi, Bon-Ho Koo, Lee-Kook Kim, Kwang-Sik Lee, "Assess of Breakdown Characteristics about Environmentally Friendly Gases", Journal of KIIE, Vol. 23, No. 5, pp. 96-100, 2009.
- [9] Gyeong-Jun Min, Byoung-Chil Kang, Dong-Young Lim, Kwang-Sik Lee, Won-Zoo Park, "A Study of Surface Discharge Characteristics for Dew-point of Dry-air and Materials or Shapes of Solid Insulator in Quasi-Uniform Field", Journal of KIIE, Vol. 27, No. 6, pp. 44-49, 2013.
- [10] Hitoshi Okubo, "Enhancement of Electrical Insulation Performance in Power Equipment Based on Dielectric Material Properties", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 19, No. 3, pp. 733-754, 2012.
- [11] H. Okubo and N. Hayakawa, "Dielectric Characteristics and Electrical Insulation Design Techniques of Gases and Gas Mixtures as Alternatives to SF_6 ", Gaseous Dielectrics X, pp. 243-252, 2004.
- [12] Lutz Niemeyer, "A Systematic Search for Insulation Gases and Their Environmental Evaluation", Gaseous Dielectrics VIII, pp. 459-464, 1998.
- [13] Toshiaki Rokunohe, Yoshitaka Yagihashi, Kenji Aoyagi, Takashi Oomori, and Fumihiko Endo, "Development of SF_6 -Free 72.5kV GIS", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 22, No. 3, pp. 1869-1876, 2007.
- [14] Katsumi Kato, Muneaki Kurimoto, Hideki Shumiya, Hiroshi Adachi, Shuichi Sakuma, Hitoshi Okubo, "Application of Functionally Graded Material for Solid Insulator in

Gaseous Insulation System”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 13, No. 1, pp. 362-372, 2006.

[15] Muneaki Kurimoto, Katsumi Kato, Masahiro Hanai, Yoshikazu Hoshina, Masafumi Takei, Hitoshi Okubo, “Application of Functionally Graded Material for Reducing Electric Field on Electrode and Spacer Interface”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 17, No. 1, pp. 256-263, 2010.

[16] J. R. Laghari “Spacer Flashover in Compressed Gases”, IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol. E-20, No. 1, pp. 83-92, 1985.

[17] IEEJ, “Discharge”, Electrical Terminology No. 25, Corona inc., 2004.



최상태 (崔相泰)

1957년 8월 8일생. 1984년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1992년 독일 Ruhr Bochum 대학교 전기공학부 석사과정 졸업(Dipl. Ing.). 1997년 동 대학원 박사과정 졸업(Dr. Ing.). 1998년~현재 경주대학교 전기에너지전자공학과 교수.



배성우 (裴晟佑)

1978년 6월 30일생. 2006년 한양대학교 전기공학과 졸업. 2009년 미국 텍사스 오스틴대학교 전기공학과 졸업(석사), 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 영남대학교 전기공학과 조교수.

◇ 저자소개 ◇



임동영 (林東永)

1983년 4월 12일생. 2009년 2월 경주대학교 컴퓨터정보시스템공학부 졸업. 2011년 8월 영남대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.



민경준 (閔景俊)

1986년 5월 3일생. 2012년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



박혜리 (朴惠利)

1984년 8월 14일생. 2006년 프랑스 Cergy-Pontoise 대학교 전기공학과 졸업. 2007년 영남대학교 전기공학과 졸업. 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2013년 동 대학원 및 프랑스 Cergy-Pontoise 대학교 전기공학과 졸업(박사). 현재 프랑스 Ecole Normale supérieure de Cachan 박사 후 연구원.



최은혁 (崔殷赫)

1977년 2월 19일생. 2003년 경일대 전기공학과 졸업. 2005년 영남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국폴리텍 VI대학 대구캠퍼스 스마트전기과 교수.



이상봉 (李相奉)

1968년 2월 22일생. 1994년 한양대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 영남대학교 전기공학과 조교수.



박원주 (朴元住)

1954년 3월 14일생. 1978년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1980년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 3월 큐우슈대학 대학원 졸업(박사). 1994년~현재 영남대학교 전기공학과 교수. 현재 본 학회 부회장, 편수위원장.



이광식 (李廣植)

1948년 10월 25일생. 1971년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방전 고전압 연구회 간사장 역임. 현재 본 학회 명예회장. 영남대학교 전기공학과 교수.