

# Dry-Air 중의 동일 연면거리를 가진 고체절연물의 형상 변화에 따른 수직연면방전 특성 연구

(A Study Vertical Surface Discharge Characteristics of the Shape Change of the Solid Insulation with the Same Creepage Distance of Dry-Air)

전종철\* · 최병주 · 배성우 · 이광식 · 박원주\*\*

(Jong-Cheul Jeon · Byung-Ju Choi · Sung-woo Bae · Kwang-Sik Lee · Won-Zoo Park)

## Abstract

In terms of power components which use environmentally-friendly dry air that can substitute SF<sub>6</sub>, there have been studies on the electrical properties of the solid insulation “spacer” for the purpose of securing dielectric strength as they become smaller.

This study laminated solid insulation to keep the creeping distance the same in the dry air and investigated vertical surface discharge characteristics by shape. The three sheets of disk-type solid insulation(Bakelite) were laminated in a manner to keep the creeping distance the same. The lamination was categorized as follows: “Type A” in which the insulations with the same disk diameter were laminated; “Type B” in which the insulations whose middle disk diameter was large were laminated; and “Type C” in which the ones whose middle disk diameter was small were laminated.

For a vertical surface discharge experiment, dry air was injected into the test chamber depending on the shape of the laminated solid insulation, and chamber pressure was adjusted in a range of 0.1-0.6MPa. As volume decreased, surface discharging voltage by unit volume increased.

This was because of dielectric polarization according to the structural characteristics of the shape of lamination. The highest surface discharging voltage was found in “Type C.”

Key Words : Dry-Air, Solid Insulation, Surface Discharge, Dielectric Polarization, Creeping Distance, Lamine

## 1. 서 론

SF<sub>6</sub> 가스는 안정된 열적·화학적 특성 및 우수한 절연성과 차단성 때문에 고전압전력기기 내의 절연매체·소호매체로써 사용하고 있다[1]. 그러나 SF<sub>6</sub>가 1997년 교토의정서에서 감축대상가스로 지정됨에 따

\* Main author : Doctor course of Electrical Engineering at Yeungnam University  
\*\* Corresponding author : Professor of Electrical Engineering at Yeungnam University  
Tel : 053-810-3926, Fax : 053-810-4767  
E-mail : jjch8792@naver.com  
Received : 2015. 11. 6.  
Accepted : 2015. 12. 7.

라, 그 사용량의 감소가 필수적이다. 이와 같은 배경으로 인하여, SF<sub>6</sub> 가스를 친환경적 Dry-Air로 대체한 전력장치에 관한 연구가 진행되고 있다[2]. 이러한 전력장치에서 스페이서와 같은 고체절연물은 전기적인 절연에 중요한 역할을 수행한다[3]. 실제로, 가스절연 개폐장치 (Gas Insulated Switchgear) 내부에 사용되는 스페이서 주위의 절연내력은 다양한 방법들로 개선되고 있다. 대표적으로 FGM (Functionally Graded Material) 스페이서와 나노복합체를 이용한 방법이 있다. 이는 스페이서 내부의 유전율을 변화시켜 삼중점 (전극, 절연매질, 고체절연물이 만나는 지점)의 전계를 완화시키는 방법이다[4]. 고체절연물을 적층하는 연구는 유전율을 변화시키는 방법으로 적층한 고체절연물의 방전특성을 연구하고 있다.

본 논문은 Dry-Air 내에 적층한 고체절연물은 동일 연면거리에서 적층 형상을 변화시켜 고체절연물의 척에 따른 연면방전특성을 연구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 유전분극현상

준평등전계에서 전계의 방향이 고체절연물의 전계 방향과 같다면, 전자의 이동방향은 그 전계의 이동방향과 동일하다. 적층한 고체절연물의 표면에 일어나는 연면방전은 고체절연물과 Dry-Air의 경계면에서 일어나는 것으로 일반적인 절연과피 이외에도 고체절연물 표면의 전계분포에 대한 전기력선의 방향에 영향을 받게 된다.

그림 1은 고체절연물 3장을 적층한 형상으로 A Type(≡)과 B Type(≡)과 C Type(≡)으로 나타낸 것으로 적층형상과 전계분포를 보여준다.

그림 1에서 구대 평판 전극에 인가된 전압은 적층한 고체절연물 내부에 유전분극을 유발한다. 적층한 고체절연물의 전계성분은 인가된 전압에 의해 3가지 성분으로 표현한다. 하나는 외부전계로 인가전압에 의해 전극에서 발생하는 전계를 외부전계 E<sub>0</sub>이다. 그리고, 인가된 전계의 영향으로 유전체 내부에 있는 (+)전하와 (-)전하가 인가된 전계와 서로 반대방향으로 이

동하게 되고 이동한 전하는 유전체 내부에 인가된 전계와 반대방향의 쌍극자모멘트를 발생한다. 이러한 현상을 유전분극현상이라 이러한 유전분극에 의해 내부전계 E<sub>1</sub>이 발생되고, 이 E<sub>1</sub>의 방향은 E<sub>0</sub>와 반대방향으로 작용한다. 마지막으로 유전분극현상에 의해 유전체 표면에는 표면전하밀도가 자유전하로 분포하게 되고 표면에 형성되는 자유전하에 의해 그림 1의 C Type에 표현된 전계 E<sub>2</sub>가 발생한다[5].

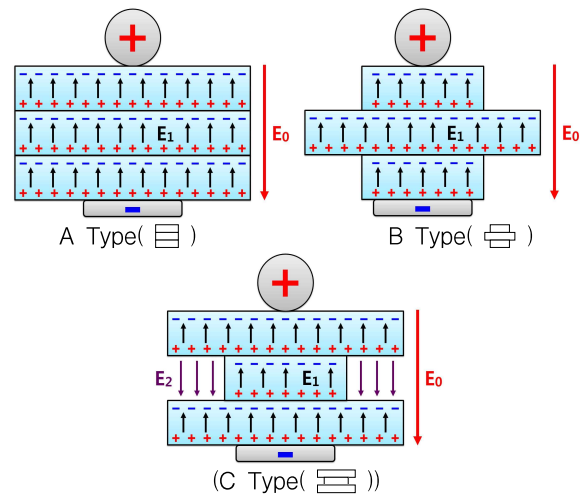


Fig. 1. Field strength of solid insulating material according to the to multilayer structure

그림 1의 A Type과 B Type은 적층한 고체절연물의 전계분포는 인가전압에 의한 외부전계 E<sub>0</sub>와 유전분극에 의한 내부전계 E<sub>1</sub>이 발생한다. A Type과 B Type은 내부전계 E<sub>1</sub>의 전계방향과 외부전계 E<sub>0</sub>의 전계방향은 서로 반대방향으로 내부전계 E<sub>1</sub>에 의해 외부전계 E<sub>0</sub>의 크기를 감소시켜 절연성을 갖는 절연체의 역할을 하게 된다. 이러한 전계분포의 영향은 적층한 고체절연물의 전계가 단일층의 전계분포와 동일하게 작용하게 됨을 알 수 있다.

그림 1에서 C Type으로 적층한 형상은 Top part와 Bottom Part의 크기에 비하여 Middle part의 직경(Φ)가 작아 Top part와 Bottom Part 층간 사이에는 공간이 형성된다. Top part와 Bottom Part에 있는 고체 절연물은 유전분극에 의해 각각 양(+)분극전하에 의한 표면전하(+)와 음(-)분극전하에 의한 표면전하(-)가

발생하여 층간 사이에는 전계  $E_2$ 가 발생한다. 층간사이에는 전계  $E_2$ 에 의해 Middle part 내부전계  $E_1$ 의 방향과는 서로 반대 방향으로 작용하여 층간사이의 전계분포에 영향을 주게 된다.

이와 같이 적층한 고체절연물은 각각의 적층형상의 구조적 특성에 따라 전계분포가 다르게 작용하므로 전계가 연면방전에 미치는 영향과 체적변화가 연면방전에 미치는 영향 등을 확인할 수 있다.

## 2.2 실험장치

그림 2는 본 연구에서 사용된 실험장치도를 보여준다.

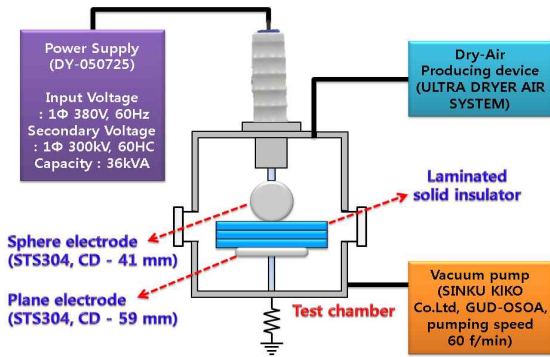


Fig. 2. Experimental equipment drawing

전극의 형상은 구대 평판 전극을 사용하였으며, 재료는 크롬(18%)과 니켈(8%)이 함유된 오스테나이트계의 스테인레스 강(STS, Stainless and Steel)304 CD를 사용하였다. Dry-Air의 발생방식은 냉각식과 흡수식을 혼합한 방식으로 냉각기를 통과한 압축공기의 수분을 1차로 제거하고 수분 흡수탱크와 필터에 의해 2차로 수분을 제거하여 공기의 노점과 불순물을 제거하는 방식의 제조 장치를 이용하였다. 전원장치는 입력전압 단상 380V, 출력전압 단상 300kV AC용 DY-050725를 사용하였다.

유전율( $\epsilon$ ) 값이 5.0인 원판형 고체절연물(Bakelite) 3장을 그림 1과 같이 A Type, B Type, C Type의 형상으로 적층하였다. 적층순서는 두께(T) 3mm, 직경( $\Phi$ ) 100mm, 90mm, 80mm, 70mm, 60mm를 표 1과 같이

조합하였다.

표 1은 적층에 사용한 고체절연물의 세부 크기를 나타낸 것이다. A Type의 적층 형상은 Top, Middle, Bottom Part 모두 동일한 직경을 사용하여 적층하였다. B Type은 4가지( $B_1 \sim B_4$ ) 적층 형상으로 Middle Part에 사용한 고체절연물의 직경이 Top과 Bottom Part보다 큰 원판을 적용하였다. C Type은 2가지( $C_1 \sim C_2$ ) 적층 형상으로 Middle Part에 사용한 고체절연물의 직경이 Top과 Bottom Part보다 직경이 작은 원판을 이용하여 적층하였다. 또한, 적층한 모든 고체절연물의 연면거리(109mm)와 높이(9mm)는 모두 동일하도록 적층하였다.

Table 1. Type of laminated solid insulation

		(mm)		
Type		Top	Middle	Bottom
A (≡형)		100	100	100
B (≡형)	$B_1$	90	100	90
	$B_2$	80	100	80
	$B_3$	70	100	70
	$B_4$	60	100	60
C (≡형)	$C_1$	90	80	90
	$C_2$	80	60	80

## 2.3 실험 방법

본 연구에서 사용한 전극은 산화알루미늄 ( $Al_2O_3$ )으로 연마하여 전극의 불순물을 제거한 후 그림 2와 같이 전극사이에 적층한 고체절연물을 수직으로 배치하였다. 이와 같은 전극의 배치상태에서 발생하는 연면방전을 수직연면방전이라 한다. Dry-Air를 실험용 용기에 주입하기 전 진공펌프를 이용하여 실험용 용기 내부 및 주입튜브 내부를  $6.67 \times 10^{-8}$ MPa의 진공상태로 만들고, Dry-Air 제조장치로 압력을 0.1~0.6MPa까지 변화시켜 실험용 용기에 주입하였다. 전원장치를 이용하여 3.15kV/s의 상승속도로 고전압을 인가하였다. 측정방법은 리더방전에 의한 초기방전전압을 이

용하였다. 수직연면방전에 대한 절연과피전압 ( $V_s$ (kV))은 5회 측정된 평균값으로 나타내었다.

실험에 사용된 7가지의 적층 형상은  $V_s$ 에 미치는 영향을 확인할 수 있는 형상이다[6].

구대평판 전극계의 전계평등성은 아래 식 (1)에 의해 전계이용률  $\eta$ 의 크기로 결정되며, 전계 이용률이  $1 \geq \eta \geq 0$ 에서는 불균일한 전계분포를 나타내어 전극 사이의 방전전압이 감소하게 되는 것으로 나타내고 있다[7-8].

$$\eta = \frac{E_{mean}}{E_{max}} \quad (1)$$

여기서  $E_{max}$ 는 전극사이에서의 최대전계강도이며,  $E_{mean}$ 는 평균전계강도이다.

이와 같은 이유로 전극의 배치는 두 전극간의 거리가 구 전극의 지름에 비하여 전극 사이의 거리가 상대적으로 작게 되므로 전극 사이의 전계분포는 준평등 전계를 형성하게 된다. 이와 같은 전계의 형성을 M. Toppler가 검증하였다[9].

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 Dry-Air의 고체절연물 적층 형상에 따른 연면방전특성

그림 3은 구 대 평판전극을 수직으로 배치한 후 Dry-Air의 압력을 0.1~0.6MPa까지 0.1MPa씩 상승시켰을 때 압력에 따른  $V_s$ 을 표현한 그래프이다.

A Type은 동일한 직경을 갖는 고체절연물 3장을 적층한 것으로 압력을 증가할수록 42~52kV로  $V_s$ 도 증가하였다. B Type으로 적층한 고체 절연물은 B<sub>1</sub>~B<sub>4</sub>까지 압력을 증가할수록 40~55kV로  $V_s$ 도 증가하였다. B Type의  $V_s$ 은 동일한 연면거리를 갖는 A Type보다 압력에 따라 약 5~19% 낮았다. C Type으로 적층한 고체 절연물은 C<sub>1</sub>~C<sub>2</sub>까지 압력을 증가할수록 45~64kV로  $V_s$ 도 증가하였다. C Type의  $V_s$ 은 동일한 연면거리를 갖는 A Type보다 압력에 따라 약 13~15% 정도 높았다.

고체절연물은 압력이 상승함에 따라 연면에 접하는 Dry-Air의 절연내력이 상승하여  $V_s$ 이 상승하는 현상을 보이고 있다[10].

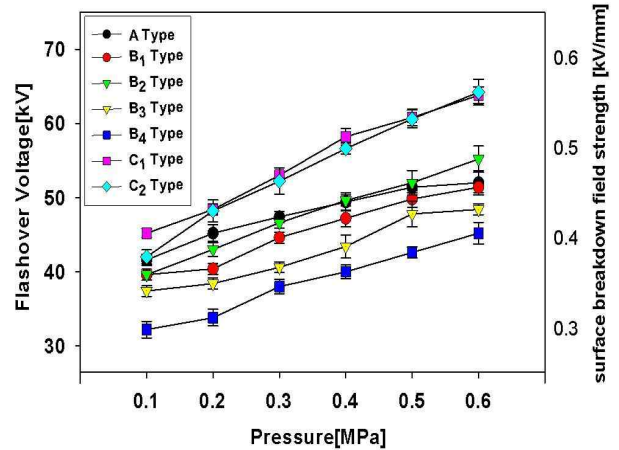


Fig. 3. surface discharge voltage and Average surface discharge electric field intensity according to the pressure( $E_d$ )

A Type을 기준으로  $V_s$ 을 비교한 것으로 B Type은 평균적으로 약 4.22kV 정도 낮은  $V_s$ 이 발생했으나 C Type에서는 약 6.6kV 정도  $V_s$ 이 높게 발생했다. B Type과 C Type으로 적층한 고체절연물의  $V_s$ 은 적층형상에 따른 체적 변화의 영향으로 체적이 작을수록  $V_s$ 이 낮아지게 됨을 알 수 있다.

#### 3.2 연면거리에 따른 전계강도

그림 3은 Dry-Air의 압력에 변화에 따른  $E_d$ (연면방전 전계강도)의 변화를 나타낸 것이다.

$E_d$ 는 연면방전전압에 대한 연면거리로 나눈 값으로 아래 식 (2)와 같다[11].

$$E_d [kV/mm] = \frac{\text{연면방전전압 [kV]}}{\text{연면거리 [mm]}} \quad (2)$$

각 Type별로 적층한 고체 절연물은 모두 동일한 연면거리가 되므로  $V_s$ 과 같이 압력 상승에 따라  $E_d$ 역시 증가하는 것을 알 수 있다.

### 3.3 체적에 따른 전계강도

그림 4는 Dry-Air의 압력 변화에 따른  $E_v$ (단위체적당 연면방전 전계강도)를 표현한 그래프이다.

$E_v$ 는 연면방전전압에 대해 적층형상에 따른 체적으로 나눈 값으로 아래 식 (3)과 같다.

$$E_v [kV/cm^3] = \frac{\text{연면방전전압 [kV]}}{\text{체적 [cm}^3\text{]}} \quad (3)$$

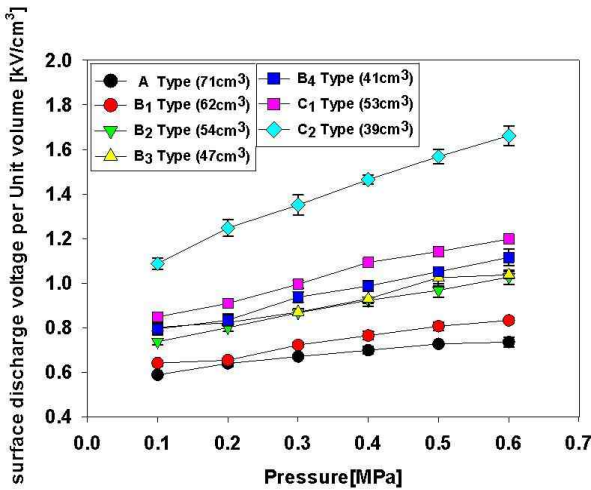


Fig. 4. Surface discharge electric field intensity per unit volume according to the pressure( $E_v$ )

체적이 가장 큰 A Type에서는 압력이 증가할수록  $E_v$  역시 0.59~0.74kV/cm<sup>3</sup>로 증가함을 나타내고 있다. B Type은 A Type보다  $V_s$ 와 체적이 작다. B<sub>1</sub>~B<sub>4</sub> Type의  $E_v$ 는 다음과 같다. B<sub>1</sub> Type은 0.64~0.83kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>2</sub> Type은 0.74~1.03kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>3</sub> Type은 0.8~1.04kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>4</sub> Type은 0.79~1.12kV/cm<sup>3</sup>로 각 Type에서도 압력이 상승함에 따라  $E_v$ 가 상승함을 나타내고 있다. 체적에 대한 연면방전전압의 비로 나타낸 결과 A Type에 비하여 B Type에서 높은  $E_v$ 를 나타내고 있다. C Type 또한 A Type보다 체적이 작아  $E_v$ 는 압력에 따라 C<sub>1</sub> Type은 0.85~1.66kV/cm<sup>3</sup>이며 C<sub>2</sub> Type은 1.09~1.66kV/cm<sup>3</sup>로 압력이 상승함에 따라  $E_v$  역시 상승함을 보이고 있다. C<sub>2</sub> Type에서 가장 우수한  $E_v$ 를 나타내고 있다.

적층한 고체절연물을 체적에 대한 연면방전전압의 비를  $E_v$ 로 표현한 것이다. 체적이 감소할수록  $E_v$ 는 증가하는 경향을 보이고 있으며, 적층형상의 구조적 특성에 영향을 받는 것으로 생각된다.

### 3.4 적층 형상에 따른 전계강도

그림 5는 각 Type에 대해  $E_v$ 를 측정 압력인 0.1~0.6MPa까지 평균한 것으로 체적변화에 따른 단위체적당 평균연면방전 전계강도( $E_{cv}$ )를 표현한 그래프이다.

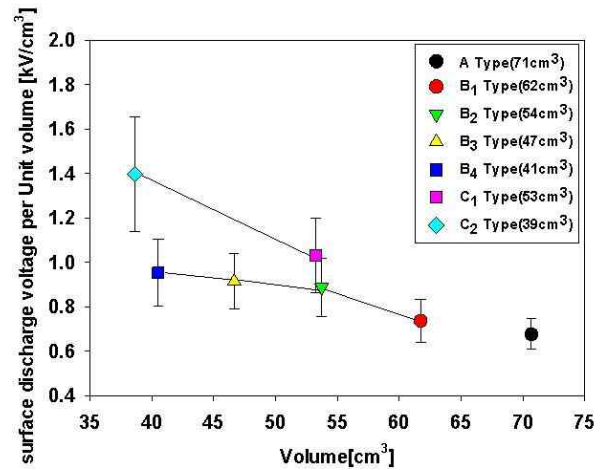


Fig. 5. Average surface discharge electric field intensity per unit volume according to the pressure( $E_v$ )

A Type은 압력 증가에 따라  $E_v$ 는 0.59~0.74kV/cm<sup>3</sup>로 측정 압력에 대한 평균값은 0.68kV/cm<sup>3</sup>로 가장 낮은  $E_{cv}$ 를 보이고 있다. B Type에서는 B<sub>1</sub>~B<sub>4</sub>까지 적층형상에 따라  $E_v$ 를 측정압력에 대한 평균값으로 나타내면 B<sub>1</sub> Type은 0.74kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>2</sub> Type은 0.89kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>3</sub> Type은 0.91kV/cm<sup>3</sup>, B<sub>4</sub> Type은 0.95kV/cm<sup>3</sup>로 체적이 증가할수록  $E_{cv}$ 는 감소하는 것으로 나타난다. C Type에서는 C<sub>1</sub>과 C<sub>2</sub>는 적층형상에 따라  $E_v$ 를 측정압력에 대한 평균값으로 나타내면 C<sub>1</sub> Type은 1.03kV/cm<sup>3</sup>이며 C<sub>2</sub> Type은 1.40kV/cm<sup>3</sup>로 이 또한 체적이 증가할수록  $E_{cv}$ 도 감소하는 것으로 나타난다. 적층한 고체절연물에서는 체적이 비슷한 크기를 갖는 B<sub>2</sub> Type과 C<sub>1</sub>

Type 그리고 B<sub>4</sub> Type과 C<sub>2</sub> Type의 E<sub>ev</sub>를 비교하면 B<sub>2</sub> Type보다 C<sub>1</sub> Type이 0.14kV/cm<sup>2</sup> 크며, B<sub>4</sub> Type보다 C<sub>2</sub> Type이 0.44kV/cm<sup>2</sup>로 E<sub>ev</sub>가 크게 됨을 알 수 있다.

동일한 적층형상에서는 체적이 증가할수록 E<sub>ev</sub>는 감소는 경향을 보이고 있으나, 적층 형상이 다른 경우 E<sub>ev</sub>는 체적에 영향을 받지 않음을 확인할 수 있다.

이러한 현상은 적층형상의 구조적 특성에 따라 C Type으로 적층한 고체절연물에서 발생하는 유전분극에 의한 충전전계(그림 1. C Type의 전계) E<sub>2</sub>가 전계분포에 영향을 주어 B Type보다 연면방전특성이 우수한 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

본 논문은 친환경 절연가스로 주목받고 있는 Dry-Air를 절연 매질로 사용하여 동일연면거리가 되도록 적층된 고체절연물을 준평등전계하에서의 압력에 따른 연면방전특성을 연면거리와 체적에 따른 전계강도에 대해 비교하였다.

적층형상에 따른 연면방전특성에 미치는 영향으로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 적층된 고체절연물의 Vs은 용기내 Dry-Air의 압력이 증가함에 따라 매질효과에 의해 Vs이 상승하였다.
- (2) 동일한 적층 형상에서는 체적이 감소하게 되면 Vs도 감소되어 적층된 고체절연물의 연면방전이 체적에 영향을 받는 것으로 생각한다.
- (3) 적층된 고체절연물의 적층 형상에 따라 고체 절연물 내부에서 발생하는 유전분극으로 인한 분극전하의 영향으로 C Type에서 가장 높은 Vs이 발생했다.

이상의 연구결과는 Dry-Air를 절연매질로 사용하는 전력설비에서 고체절연체를 사용하는 스페이스 및 각종 전력장치 등의 연면방전에 대한 절연 설계시 성능 향상에 관한 기초자료가 될 것이다.

향후 연구로는 적층된 고체절연물의 표면적에 대한 연면방전특성과 적층형상의 변화에 따른 전계의 영향을 고려한 연면방전특성에 대한 연구가 필요하다.

#### References

- [1] L.G. Christophorou, J.K Olthoff and R.j Van Brunt, "Sulfur Hexafluoride and the Electric Power Industry", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 13, No. 5, pp.22-24, September/October, 1997.
- [2] Toshiaki Rokunche, Yoshitaka Yagihashi, Kenji Aoyagi, Takashi Oomori and Rumihiro endo, "Development of SF<sub>6</sub>-free 72.5kV GIS", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.22, No.3, pp.1869-1876, July 2007.
- [3] CIGRE WG 15.03: "LONG-TERM PERFORMANCE OF SF<sub>6</sub> INSULATED SYSTEMS", CIGRE Report 15-301, 2002.
- [4] 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, pp256-263, 2010.
- [5] Jay Kyoon Lee, Arlon T. Adams, "ELECTROMAGNETICS", Harbit Academy. Inc., 2013.
- [6] G. J. Min, B. C. Kang, S. Bae, K. S. Lee, W.Z. Park, "Study of Surface Discharge Characteristics for Laminated Solid Insulator in Quasi-Uniform Field of Dry Air", J Korean Inst. Illum. Electr. Install. Eng., pp27-28, 2013. 5.
- [7] Jeong-Hoo Seok, Jong-Hyun Beak, Dong-Young Lim, Sungwoo Bae, Ki-Chai Kim, Won-Zoo Park, "A Study on Characteristics of Insulation Breakdown and Surface Discharge by the Mixing Ratio of Dry Air/O<sub>2</sub> gas mixtures", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers 29(6), pp49-57, 2015.6.
- [8] E. Kuffel, W. S. Zaengl and J. Kuffel, "High Voltage Engineering Fundamentals", Elsevier, pp. 203, 323-345, 2000.
- [9] K. C. Seo, "High Voltage Engineering (New edition)", Dong Myeong Publishers, pp.34-40, 1977.
- [10] Dong-Young Lim, "A Study of Surface Insulation Characteristics in N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> Mixture gas", a thesis submitted for the degree of master of Electrical Engineering, Yeungnam University, 2011.
- [11] H. P. Y. S. Kim, E. H. Choi, K. S. Park, L. K. Kim, W. Z. Park, K. S. Lee, "The Breakdown Characteristics for Dry-Air with Humidity Variations", J Korean Inst. Illum. Electr. Install. Eng., pp238-240, 2008. 5.

#### ◇ 저자소개 ◇



전종철(田鍾哲)

1974년 10월 15일생. 2004년 8월 국가평생 교육진흥원 전기공학사 졸업. 2011년 8월 영남대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정수료.



**최병주**(崔炳柱)

1958년 12월 12일생. 1981년 영남대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 Kyushu대학 대학원 공학연구과 졸업(박사). 1982~1986년 현대중전기(주)기술연구소 연구원. 1986~1997년 한국전기연구원 선임연구원. 1997~2009년 서라벌대 고속전기철도과 부교수. 2014~현재 영남대학교 전기공학과 산학협력중점전임교원.



**배성우**(裴晟佑)

1978년 6월 30일생. 2006년 한양대학교 전기공학과 졸업. 2009년 미국 텍사스 오스틴대학교 전기공학과 졸업(석사). 2011년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2012~2013년 삼성종합기술원 근무. 현재 영남대학교 전기공학과 조교수.



**이광식**(李廣植)

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



**박원주**(朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 3월 큐우슈 대학 대학원 졸업(박사). 1994년~현재. 영남대학교 전기공학과 교수. 본 학회 편수위원장 역임. 현재 본 학회 감사.