재활용 가능한 폴리에틸렌과 폴리프로필렌의 전도도 온도의존성과 전력케이블 내의 전계분포에 미치는 영향

논 문
60-10-12

Temperature Dependence of Conductivities of Recyclable Polyethylene and Polypropylene and its Effects on Electric Field Distribution in Power Cable

이 준 호[†] · 공 태 식^{*} · 김 성 중^{*} · 권 기 형^{*} · 조 규 철^{**} · 穂積直裕^{***}
(June-Ho Lee · Tae-Sik Kong · Seong-Jung Kim · Ki-Hyung Kwon ·
Kyucheol Cho · Naohiro Hozumi)

Abstract - In this work the recyclable new polyethylene(PE) and polypropylene(PP), which are thermoplastic, have been investigated as the eco-friendly insulating candidates to replace the cross-linked polyethylene (XLPE). The temperature dependence of conductivities of these materials has been measured and its effects on electric field and space charge distribution in polymeric insulated power cable under temperature gradient have been calculated. It is shown that the sensitivity of conductivity to temperature change has more critical influence to determine the electric field distribution in the power cable than the absolute value of conductivity does and it can be said that the temperature dependence is one of most important factors for the power cable design.

Key Words : Recyclable, Modified PE, PP, Conductivity, Temperature gradient, Electric field and spacecharge distribution

1. 서 론

전력용 케이블 중 고분자를 절연체로 사용하는 지중케이블이나 해저케이블은, 신재생 친환경 전원 (풍력발전, 태양광발전 등)의 확대와 장거리 송전 시 손실의 저감을 위한 HVDC 송배전선 시스템의 증가로 인해 세계적으로 수요 및 생산이 지속적으로 증가하고 있다.

가교폴리에틸렌(cross-linked polyethylene: XLPE)은 고분자 전력케이블의 절연체로 오랫동안 광범위하게 사용되어 오고 있다. 그러나 XLPE는 제조과정에서 가교공정을 거쳐 열경화성(thermosetting)이 되기 때문에 교체나 절거 후 재활용이 어렵고 높은 처리비용이 필요하다는 문제를 가지고 있다. 특히 최근 전력설비에 대해서도 친환경과 재활용에 대한 사회적 인식이 증가와 국내외적 관련법규가 강화되는 추세를 고려할 때, XLPE를 대체할 수 있는 친환경, 재활용 가능한 절연체 개발에 대한 기술적, 정책적 필요성이 높아지고 있다¹⁾.

본 논문에서는 재활용 가능한 전력케이블용 절연체로의 대상으로 개질된 폴리에틸렌(modified polyethylene: PE)와 폴리프로필렌(polypropylene: PP)을 주목하고 이에 대한 전

기적 특성 연구의 한 부분으로 전도도의 온도의존성을 실험적으로 측정하고, 기존 전력케이블 절연체용 XLPE의 측정결과와 비교하였다.

개질된 PE는 기존의 PE나 XLPE에 비해 우수한 기계적, 열적 장기특성을 보이며, 간단한 공정프로세스로 보다 나은 경제성을 가지고 있다²⁾. PP는 PE에 비해 높은 녹는점(160~170℃)을 가지고 가교공정이 필요하지 않다는 점에서 재활용 가능한 케이블 절연체로 관심을 받고 있다³⁾.

측정된 전도도의 온도의존성 데이터에 근거하여, 운전 중 발생하는 케이블 절연체 내의 온도분포에 따른 전계분포와 공간전하분포를 계산하여, 연구에 사용된 시료들 사이의 결과를 비교분석하였다.

2. 실험

2.1 시료

본 연구에서는 XLPE와 개질된 PE 및 PP를 시료로 사용하였다. XLPE 시료는 전력용케이블에 사용되는 XLPE 펠렛(pellet)을 hot press하여 만들었고, 개질된 PE 시료는 첨가제를 조절한 2종류를 blown film extrusion 방법으로 준비하였다. PP시료는 랜덤하게 copolymer된 5 wt%의 에틸렌을 함유하고 있는 PP copolymer로 casting 방법으로 준비하였다. 시료의 두께범위는 70~110 μm 이다. 표 1에는 본 실험에 사용된 시료의 종류와 이에 대한 명칭, 특성, 제작방법 등을 정리하였다.

* 준 회 원 : 호서대 전기공학과 대학원 석사과정

** 비 회 원 : SK 이노베이션 고분자연구실

*** 준 회 원 : 토요하시기술과학대학 교수

† 교신저자, 회 원 : 정회원, 호서대 전기공학과 교수

E-mail : leej@hoseo.edu

접수일자 : 2011년 8월 15일

최종완료 : 2011년 9월 1일

표 1 실험에 사용된 시료

Table 1 Tested samples

시료종류	cross-linked polyethylene	개질된 polyethylene		polypropylene
시료명	XLPE	#1	#5	R-PP
특성	전력케이블용 수지 사용	첨가제 함량 조절		random copolymer polypropylene isotactic PP + ethylene 5 wt% (C2 content 5 wt%)
제작방법	hot Press	blown film extrusion		casting film extrusion/ T-die

그림 1 전도전류 측정장치

Fig. 1 Setup for conductive current measurement

2.2 전도전류 측정

전도전류는 측정전극과 가드전극을 가지는 알루미늄 전극계 사이에 시료를 넣고 항온조 내에서 온도를 30, 50, 70, 90℃로 조정하여 흐르는 전류를 측정하였다. 이때 시료에 가해지는 전계는 20 kV/mm가 되도록 시료의 두께에 따라 인가전압을 조정하였다.

각 온도에서 시료마다 새로운 시편으로 3회 측정한 평균치를 전류값으로 계산하였다. 전압인가 후 1시간(3,600초) 동안 1초간격으로 전류의 변화를 측정하였으며, 각 실험에서 전류값은 전압인가 후 1,500~2,000초 사이의 평균치로 결정하였다. 측정온도의 상한치는, 일반적인 배전급 지중케이블에서 정상 운전시 도체의 최고허용온도가 90℃임을 고려하여 결정하였다.

전도전류밀도는 측정된 전도전류를 측정전극의 면적으로 나누어 계산하였고, 전도도는 전도전류밀도를 다시 인가전계로 나누어 계산하였다.

DC전원과 일렉트로미터 (electrometer)는 Keithley247과 Keithley6517를 각각 사용하였으며 일렉트로미터는 GPIB통신으로 PC와 연결되어 Labview 프로그램으로 제어하였다. 그림 1은 사용된 전도전류 측정장치의 개념도이다.

3. 결과 및 검토

3.1 전도전류밀도의 온도의존성

그림 2는 전압인가 후 전도전류밀도의 변화를 30℃와 90℃에서 측정한 결과를 그린 것으로 전도전류밀도는 로그스케일로 표시하기 때문에 통상 J-t 곡선이라고 한다. 모두 온도에서 XLPE가 가장 높은 전도전류밀도 값을 보였다. 즉 개질된 PE와 PP 시료 모두 전도전류는 XLPE보다 우수함을 보이고 있다.

30℃에서 전도전류는 시간에 따라 단조감소하는 전형적인 J-t 곡선을 보이고 있으나, 90℃에서 전도전류는 10분 이내에 최저점까지 감소한 후 다시 서서히 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 곡선을 본 논문에서는 나이키 곡선(Nike curve)로 명명하기로 한다.

이러한 전도전류의 감소 후 증가현상이 발생하는데는 2가지 메커니즘을 고려할 수 있다. 먼저 DC전류가 흐르는 동안 Joule열이 발생하고 이로 인해 시료의 온도가 증가하여 전류가 증가하는 Joule효과(Joule effect)의 영향이 있을 것이다. 낮은 온도에서는 발생하는 Joule 열이 외부와의 온도차이로 충분히 발산할 수 있으나 높은 온도에서는 외부와의 온도차이가 작기 때문에 발생한 열의 축적으로 인해 시간이 지남에 따라 내부의 온도가 서서히 증가하게 된다. 또 하나는 시료 내 존재하거나 전극으로부터 주입된 캐리어가 균일하지 않게 분포되고 이로 인한 국부적 전계집중 등이 발생하는 공간전하 효과(space charge effect)에 의한 영향을 고려할 수 있다⁴⁾.

그림 3은 전도전류밀도의 온도의존성을 보여주는 결과이다. 개질된 2종의 PE는 모든 온도에서 XLPE보다 낮은 전도전류밀도를 나타내었으나 #1 시료가 온도증가에 따른 전류값이 증가가 적은 반면 #5 시료는 30℃에서는 #1보다 낮은 전도전류가 흘렀으나 온도가 상승함에 따라 전류의 증가율이 가파라지면서 #1시료보다 높은 전도전류를 보였다. 이러한 차이는 개질된 PE에 첨가된 첨가제의 영향으로 판단되며, 첨가제의 함량조정으로 전도도를 조절할 수 있음을 보여주는 예라고 할 수 있다. #5시료에 비해 #1시료에서 전도전류가 낮아지는 것은 첨가제에 내포된 극성기가 전자의 트랩핑 사이트(trapping site) 역할을 하여 전극/절연체 계면 근처에 축적되는 이종전하(heterocharge)를 중화시켜 총 공간전하를 감소시키는 작용을 하였다고 해석할 수 있다⁵⁾.

반면, R-PP의 경우 30℃에서는 개질된 PE와 비슷한 전도전류가 흘렀으나 온도의 상승과 더불어 급속히 전류가 증가하여 50℃부터는 XLPE와 거의 동일한 전도전류밀도를 유지하였다.

(a)

(b)

그림 2 각 시료에서 전도전류 밀도의 시간에 따른 변화
(a) 30°C, (b) 90°C

Fig. 2 J-t curve of samples at different temperature (a) 30°C, (b) 90°C

그림 3 전도전류밀도의 온도의존성

Fig. 3 Temperature dependence of conductive current density

그림 4는 전도전류밀도 J 의 자연로그 $\ln(J)$ 와 절대온도의 역수 $1/T$ 를 각각 세로축과 가로축으로 하여 그림 3의 데이터를 다시 그린 것이다. 이 그림에서 $\ln(J)$ 와 $1/T$ 는 직선적 관계를 보이며, 이는 본 실험에 사용된 측정온도 범위에서 전도전류밀도가 측정온도와 식 (1)과 같은 아레니우스

(Arrhenius)적 관계가 있음을 의미하며, 전류의 전도메카니즘에 hopping에 의한 전도메카니즘이 관여됨을 나타내는 결과이다.

그림 4 활성화에너지 E_a 계산을 위한 $\ln(J)$ - $1/T$ 아레니우스 플롯과 피팅된 직선

Fig. 4 Arrhenius plot of $\ln(J)$ - $1/T$ to calculate activation energy and their fitted lines

$$J(T) = A \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{kT}\right) \quad (1)$$

여기서 A 는 비례상수, k 는 볼츠만 상수, E_a 는 온도에 관한 활성화에너지(thermal activation energy)이다.

그림 4에서 최소제곱법으로 근사화된 직선의 기울기의 절대값이 각 시료의 활성화에너지 E_a 에 해당한다. 다음 표 2는 산출된 각 시료의 활성화에너지이다.

표 2 각 시료의 활성화에너지 E_a

Table 2 Activation energy of the samples

시료	활성화에너지 E_a (eV)
XLPE	0.898
#1	0.477
#5	1.140
R-PP	1.115

3.2 온도분포가 존재하는 DC 전력케이블에서 전계분포

일반적으로 운전 중인 전력케이블의 경우, 내부도체는 흐르는 전류에 의해 열이 발생하고 케이블 표면에서는 주변온도에 의해 열이 밖으로 방출되는데 이로 인해 절연체 내부에는 도체와 표면사이에 온도의 분포를 가지게 된다.

본 연구에서는 도체면적 400mm²의 22.9kV급 전력케이블을 모델로 하여 다음과 같은 수치를 사용하여 절연체 내의 전계분포계산에 사용하였다. 그림 5는 모델케이블의 구조이고 표 3은 계산에 사용된 수치이다.

표 3 모델케이블의 전계계산에 사용된 수치

Table 3 Parameters of model cable to calculate electric field

절연체 내부반지름 (r_1)	12 mm
절연체 외부반지름 (r_2)	19 mm
절연체 두께	7 mm
절연체의 유전상수 (ϵ_r)	2.3
내부도체 온도	90℃
절연체 외부표면온도	30℃
온도분포	선형적으로 감소

그림 5 본 연구에 사용된 모델케이블 단면과 온도조건

Fig. 5 Cross section of model cable and temperature condition

케이블의 내부도체와 절연층 외부표면 사이의 인가전압은 직류 13.2kV, 절연체 내부반지름에서의 온도는 90℃, 외부반지름의 온도는 30℃로 주었으며 온도의 분포는 케이블 반지름의 증가에 따라 선형적으로 감소하는 상태를 모의하였다. 또한 유전상수는 일반적으로 온도의 변화에 크게 의존하지 않으므로 2.3으로 고정하였다⁶⁾.

그림 6은 내부도체로부터 절연체 외부 쪽으로 온도가 선형적으로 감소한다고 가정하였을 때, 측정된 전도전류밀도 J 로부터 계산된 전도도 σ (S/m)를 자연로그 취한 값과 거리와의 관계를 좌표에 표시하고, 이를 직선으로 근사화한 결과를 나타낸 것이다. 전도도 σ 는 전류밀도 J 를 시험전계 E (V/m)로 나누어 구한다.

근사화된 직선은 식 (2)와 같은 관계식으로 표시할 수 있다.

$$\ln \sigma(r) = ar + b \quad (2)$$

여기서 $\sigma(r)$ 은 거리에 따른 전도도이고, 계수 a 는 직선의 기울기, b 는 직선이 세로축에 대한 절편에 해당한다. 이 식에 양변에 지수를 취하면 식 (3)과 같이 전도도는 거리에 따른 지수함수로 표현된다.

$$\sigma(r) = e^b \cdot e^{ar} = K \cdot e^{ar} \quad (3)$$

여기서 K 는 지수함수의 계수이다.

그림 6 직선적으로 감소하는 온도분포를 가지는 케이블 절연체 내의 거리에 따른 전도도(conductivity)와 근사화된 선형직선

Fig. 6 Conductivity and its least-square fitting line in the cable insulator having linearly decreasing temperature gradient

본 연구에서 다루게 되는 절연체와 같이 유전율과 전도도를 동시에 가지고 있는 유전체를 손실성 매질(lossy media)라 하며, 지배방정식은 식 (4)와 식 (5)로 주어진 전류방정식과 가우스법칙이 된다⁷⁾.

$$\vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (4)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v \quad (5)$$

전력용 케이블에 V_0 (V)의 전압이 인가되었을 때, 케이블 단위길이당 전류 I (A)가 흐른다면 절연체 내 거리에 따른 전류밀도 J 와 전기장 E 는 식 (6), (7)와 같이 표시된다.

$$J(r) = \frac{I}{2\pi r} = \sigma(r) \cdot E(r) \quad (6)$$

$$E(r) = \frac{I}{2\pi r \cdot \sigma(r)} = \frac{I}{2\pi K} \cdot \frac{1}{r \cdot e^{ar}} \quad (7)$$

전계로부터 케이블에 인가되는 전압 V_0 를 구하면,

$$\begin{aligned} V_0 &= \int_{r_1}^{r_2} E(r) dr \\ &= \frac{I}{2\pi K} \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{r \cdot e^{ar}} dr \\ &= \frac{I}{2\pi K} \left[\ln x + \frac{(-ar)}{1 \cdot 1!} + \frac{(-ar)^2}{2 \cdot 2!} + \frac{(-ar)^3}{3 \cdot 3!} + \dots \right]_{r_1}^{r_2} \\ &= \frac{I}{2\pi K} \cdot B \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 B는 아래 식(9)와 같이 계산된다.

$$B = \left[\ln x + \frac{(-ar)}{1 \cdot 1!} + \frac{(-ar)^2}{2 \cdot 2!} + \frac{(-ar)^3}{3 \cdot 3!} + \dots \right]_{r_1}^{r_2} \quad (9)$$

따라서 전체저항 R은

$$R = \frac{V_0}{I} = \frac{B}{2\pi K} \quad [\Omega/\text{m}]$$

가 된다.

위에서 식(8)의 관계를 식(7)에 대입하면 절연체 내의 전계분포 E(r)은 다음 식 (10)으로 표현할 수 있다.

$$E(r) = \frac{V_0}{B} \cdot \frac{1}{r \cdot e^{ar}} \quad [\text{V/m}] \quad (10)$$

또한 절연체 내의 체적전하 밀도 $\rho_v(r)$ 은 Maxwell 방정식 중 미분형 Gauss법칙을 원통좌표계에 적용하여 계산하면 다음 식 (11)과 같다.

$$\rho_v(r) = \nabla \cdot (\epsilon \vec{E}) = \frac{\epsilon V_0}{B} \cdot \frac{(-a)}{r \cdot e^{ar}} \quad [\text{C/m}^3] \quad (11)$$

식 (10)과 식(11)에 그림 6의 근사화된 직선의 기울기와 인가전압 $V_0 = 13.2\text{kV}$ 를 대입하면 계산하면 온도분포가 있는 케이블 절연체 내의 전계분포 E(r) 및 체적전하분포 $\rho_v(r)$ 를 구할 수 있다.

한편, 절연체의 온도가 일정한 값을 가지는 경우, 절연체 내의 전계는 Gauss법칙을 사용하여 식 (12)와 같이 구해진다.

$$E(r) = \frac{V_0}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)} \cdot \frac{1}{r} \quad [\text{kV/m}] \quad (12)$$

그림 7은 절연체의 온도가 일정한 경우와, 절연체가 XLPE의 재료로 구성되어 있고 내부도체 온도가 90℃, 절연체 바깥쪽 표면온도가 30℃인 상태에서 온도가 선형적으로 감소하는 분포를 가진 경우 계산된 전계분포의 결과를 그린 것이다.

본 연구에서 사용한 전력케이블 구조는 동축 원통형이므로 온도가 일정한 경우 도체에서 멀어질수록 전계가 거리에 반비례하여 감소하는 분포를 보인다. 그러나 온도분포가 주어진 경우 전계는 도체에 가까운 부분에서는 낮은 값을 가지나 바깥쪽으로 멀어질수록 급속히 증가하여 온도분포가 없는 경우에 비해 최고 5 배에 가까운 전계값을 보이고 있으며 이러한 현상은 전계반전(electric field reversal)이라고 한다.

그림 7 절연체 내의 온도가 일정한 경우(초록선)와 XLPE를 사용한 케이블에서 내부도체 온도 90℃, 절연체 외부 표면 온도 30℃로 직선적 감소분포를 가지는 경우(검은색) 전계분포 계산결과.

Fig. 7 Results of electric field calculation in cases of non-temperature gradient (green line) and linear temperature gradient (black line) when the inner conductor is assumed to be 90℃ and outer screen to be 30℃.

그림 8 온도분포가 존재하는 케이블 절연체 내의 전계분포

Fig. 8 Electric field distributions in the cable insulation of various insulating materials under temperature gradient.

그림 8은 본 연구에서 사용된 시료를 케이블의 절연체로 사용한 경우, 온도분포가 주어진 상태에서 전계분포를 계산한 결과와 온도가 일정한 경우의 결과(초록색 선)를 비교한 것이다.

이 결과에서 우선 주목되는 점은, 모든 온도에서 XLPE가 가장 높은 전도전류밀도 값을 나타내었으나, 온도분포가 주어진 상태에서 절연체 내의 전계분포는 시료 R-PP와 #5가 XLPE보다 절연체 바깥쪽으로 갈수록 높은 값을 보이고 있다는 것이다. 전도전류밀도의 수치를 30℃ 경우만 비교한

다면 개질된 PE와 PP시료 모두 XLPE 보다 낮은 전도전류가 흐르고, 그 값도 시료들 간에 큰 차이가 없었다.

이러한 시료들 간의 전계분포의 큰 차이는 수식 (7)에서 알 수 있듯이 전계분포가 계수 a 에 의해 큰 영향을 받는다는 점으로부터 그 원인을 생각할 수 있다. 계수 a 의 물리적 의미는 온도의 증가에 따라 절연체의 전도전류밀도(또는 전도도)가 얼마나 민감하게 증가하는지를 나타내는 지표이다. 이러한 지표와 계산된 전계분포와의 관계를 살펴보면, 케이블 절연체의 전계분포를 결정하는 주요인자는 절연체 내부의 온도 분포상태와, 절연체를 이루는 재료가 가지는 전도도의 온도의존성이라고 결론지을 수 있다.

그림 9는 식 (11)로부터 계산된 절연체 내부의 체적전하분포를 그린 것으로 전계분포와 동일한 증가패턴과 시료간의 관계를 확인할 수 있다.

그림 9 온도분포가 존재하는 케이블절연체 내의 체적전하밀도분포

Fig. 9 Space charge distributions in the cable insulation of various insulating materials under temperature gradient.

4. 결 론

본 논문에서는 가교로 인해 재활용이 어려운 XLPE를 대체할 수 있는 비가교 재료로 개질된 PE와 PP에 대해, 온도에 따른 전도도의 변화를 측정하였다.

또한 HVDC 전력용 케이블에서 운전 중 내부도체에 흐르는 전류로 인해 열이 발생하고 케이블 외부온도와 차이로 인해 절연체에 내부로부터 반지름 방향으로 직선적으로 감소하는 온도분포를 가지고 있는 경우에 대해 전계분포와 공간전하밀도를 계산하는 수식을 유도하고, 측정된 전도도를 대입하여 예상되는 전계 및 공간전하밀도 분포를 계산하였다.

그 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 전도전류는 친환경 비가교로 개질된 PE인 시료 #1과 시료 #5가 XLPE나 R-PP보다 우수한 특성을 보였다. 특히 개질된 PE 중 시료 #1의 전도전류는 매우 낮

은 값과 함께 온도의존성이 작은 특성을 확인하였다.

- 2) 반면 R-PP의 경우 30℃에서는 개질된 PE와 비슷한 수치를 보였으나 온도가 상승함에 따라 XLPE와 비슷한 전도전류가 흘렀다.
- 3) 전도전류는 온도의 증가에 따라 급속히 증가하였으며, 그 추세는 아레니우스 법칙(Arrhenius law)를 따름을 확인하였다.
- 3) 개질된 PE의 전도전류 크기와 온도의존성은 재료의 구성요소, 특히 첨가제의 영향을 크게 받았다.
- 4) 절연체 내 반지름 방향으로 직선적으로 감소하는 온도분포가 발생하면, 전계분포가 심하게 왜곡되어 온도가 일정한 경우와는 반대로 절연체 외부 쪽으로 전계가 급속히 증가되는 현상이 발생하며, 이는 절연재료의 전도도의 온도의존성이 높을수록 더욱 심화되었다.
- 5) 온도분포에 의한 전계왜곡과 국부적 집중은 케이블 설계시 고려된 전계보다 높은 전계를 발생시킬 수 있으며 이는 케이블의 절연파괴 및 열화의 원인이 될 것으로 판단된다.

향후 XLPE를 대체할 수 있는 친환경 재활용 가능한 케이블 절연체 연구에 있어, 보다 다양한 전기적 특성(전계변화에 따른 전도도, 공간전하분포측정, 절연파괴특성, 워터트리 성장특성 등)에 관한 실험과 분석과 함께 중장기적 스트레스에 대한 시험에 수행되어야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이준호, EVA 블렌딩에 의한 가교폴리에틸렌에서의 워터트리 억제현상 연구, 박사학위논문, 서울대학교 대학원, 1992.
- [2] K. H. Ku, et al., "Development of New Recyclable Insulation Material for Power Cable", Proc. of JiCable 2011, 2011.
- [3] K. Yoshino, et al., "Property of Syndiotactic Polypropylene and its Application to Insulation of Electric Power Cable", Proc. of the 7th ICPADM, pp. 175-178, 2003.
- [4] C. Zhang, et al., "Space Charge Behaviors of Low-density Polyethylene blended with polypropylene copolymer", Polymer, Vol. 43, pp. 2261-2266, 2002.
- [5] Kwang S. Suh, et al., "Space Charge in Grafted Polyethylene", Proc. of 1998 Int'l Sympo. on Electrical Insulating Materials, pp. 91-96, 1998.
- [6] R. Coelho, "Charges in Non Homogeneous Dielectrics", Proc. of 1997 CEIDP, pp. 1-10, 1997.
- [7] M. Zahn, Electromagnetic Field Theory: A Problem Solving Approach, Krieger Publishing Company, 1979.

저 자 소 개

이 준 호 (李 峻 昊)

1962년 9월 25일생. 1985년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 1992년 동 대학원 졸업 (박사). 1993년 2월~1994년 5월 (재)일본전력중앙연구소 연구원. 1994년 3월~현재 호서대학교 전기공학과 교수. 2001년 1월~2002년 8월 미국 MIT 고전압연구실 방문연구원. 주요연구주제: 절연재료 특성평가, 전력설비 예방진단, 광섬유를 이용한 전력설비 열화검출, Nano-composite 응용, 부분방전 측정 및 해석. 대한전기학회 이사, IEEE 회원, CIGRE Study Committee D1 한국대표.

Tel : 041-548-6685

E-mail : leejh@hoseo.edu

공 태 식 (孔 兌 植)

1985년 7월 24일생 2010년 호서대학교 전기공학과 졸업(학사) 2010~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 041-540-5589

E-mail : kongts2002@hanmail.net

김 성 중 (金 星 中)

1985년 10월 23일생 2011년 호서대학교 전기공학과 졸업(학사) 2011~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 041-540-5589

E-mail : kimjoel@nate.com

권 기 형 (權 倚 脍)

1985년 3월 14일생 2011년 호서대학교 전기공학과 졸업(학사) 2011~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

Tel : 041-540-5589

E-mail : Fork2h@naver.com

조 규 철 (曹 圭 哲)

1961년 2월 15일생 1986년 인하대학교 화공학과 졸업(학사) 1988년 동 대학원 화공학과 졸업(석사) 동 대학원 화공학과 졸업(공학박) 현재 SK innovation Polymer Lab 재직

Tel : 042-609-8633

E-mail : kcc@sk.com

Naohiro Hozumi (穂積直裕)

1957년 4월 2일생. 1983년 3월 와세다대학교대학원전기공학전공박사전기과정수료, 동년 4월 (재)일본전력중앙연구소 입소, 1999년 4월 토요하시기술과학대학 조교수. 2006년 4월 아이치공업대학 교수. 2011년 4월~현재 토요하시기술과학대학 교수. 공학박사. 주요연구주제: 전기절연재료의 열화·파괴 현상의 해명, 전력설비·소형전자부품의 절연진단 및 절연 성능향상, 환경·의료진단용기기에서 신호계측과 처리에 관한 연구. 1988년, 1998년 일본전기학회 논문상. 일본음향학회, IEEE, CIGRE 회원.

E-mail : hozumi@icceed.tut.ac.jp