

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.4.197>

IIBC 2014-4-28

## 발전소에서 운전 중인 활성 6.6kV 전력 케이블의 고장상태를 파악하는 장치의 개발

### Developing Equipment to Detect the Deterioration Status of 6.6kV Power Cables in Operation at Power Station

엄기홍\*, 이관우\*\*

Kee-Hong Um\*, Kwan-Woo Lee\*\*

**요약** 발전소의 전력 케이블 시스템에서 발생할 수 있는 사고를 예측하고 방지하는 기술이 필요하다. 사선 상태에 있는 케이블의 동작 특성을 진단하기 위하여 부분방전 및  $\tan\delta$  법이 사용되고 있으나, 케이블이 갖고 있는 문제점들을 사전에 발견하기란 쉬운 일이 아니다. 이 논문에서 우리가 연구한 케이블은 (주)서부 발전소에서 설치되어 운전 중인, 발전 운영에 핵심 역할을 하는 6.6kV 고전압 배전 선로이다. 케이블의 온도 및 전류를 측정하고, 이를 바탕으로 절연 저항을 측정하기 위한 장치를 개발하였다. 이 장치를 발전소 현장에 시험 설치를 하였고, 동작 중인 케이블의 수명을 평가하기 위한 동작특성의 진단을 성공적으로 마무리 하였다. 진단 데이터를 분석 평가함으로써 단기적으로는 운전 중 6.6kV 케이블 시스템의 고장상태를 파악하는데 활용되며, 장기적으로는 발전소 부하에서의 6.6kV 케이블 시스템의 설치 및 운영에 있어서 원가를 절감하기 위한 노력에 기여하고자 한다.

**Abstract** The technology to predict and prevent an accident of the cable system in power station is required. The techniques of inactivated diagnosis, partial discharge and  $\tan\delta$ , have been adopted to diagnose the operating characteristics of cables, but it is not so easy to find out problems in cables in an inactive state before the cable accident happens. In this paper, we did a research on the 6.6kV high-power cables, installed at Korean Western Power Station Co., Ltd. in order to diagonize the cables, playing a major role at the station. We have developed an equipment to measure an insulation resistance based on the temperature and current of the cable. By installing the system in a power station, we could find abnormal status for evaluation of the lifetime. In the short term, by analyzing the data, we apply the research result to the diagnosis and evaluation of the 6.6kV power cables. In the long run, however, we plan to reduce the cost of the installation and operation of cable systems at power stations.

**Key Words** : Lifetime, Loss Tangent, Insulation Resistance, Power Cables, Activated Diagnosis

## 1. 서 론

산업사회의 유지 및 발전을 지속시키기 위한 도구 중의 하나로서의 전기는 필수불가결하다. 발전소에서 생산된 고전압의 전기를 수요자들에게 전달하기 위해 사용되

는 유일한 수단은 고전압 케이블(power cable) 시스템이다. 케이블이 안정한 상태를 유지하면서 전기를 공급하기 위해서는 제작과 운전의 신뢰성이 보장되어야만 한다. 케이블의 안정운전을 보장하기 위해서는 재료와 제조기술이 우수해야 할 뿐만 아니라 설치 후의 철저한

\*정희원, 한세대학교 IT학부(주저자)

\*\*정희원, (주)오성메가파워 (교신 저자)

접수일자 : 2014년 5월 22일, 수정완료 : 2014년 6월 29일

게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 22 May, 2014 / Revised: 29 June, 2014

Accepted: 8 August, 2014

\*\*Corresponding Author: ygu9177@daum.net

Director of R&D Center, Osungmega Power Ltd., Korea

유지, 보수, 관리를 해야 한다.

케이블 제조 회사에서 설계 시 간주하는 수명과 (주) 한국전력에서 규정하고 있는 케이블의 수명은 약 30 년이다. 수명은 정상적인 운영 상태를 전제한 값이므로, 운전을 시작한 후 주변의 상황(온도, 습도 등)에 따라 수명은 달라지게 되며 수명 시점 이전에 언제라도 비정상적인 동작에 의한 고장을 일으키게 된다. 고압 전력을 전달하기 위하여 사용되는 가교 폴리에틸렌 (XLPE, cross linking-polyethylene) 케이블은 유기 가황제를 사용하여 폴리에틸렌(polyethylene: PE)을 가교시켜서 망상상태 구조로 변환시키는 화학 변화과정을 거친 재료이다<sup>[1]</sup>.

이 재료는 탁월한 물리 전기적인 절연 특징을 나타내므로, 고전압 전선의 절연용 재료로 사용된다. 폴리에틸렌의 가교방법은 1950년대에 미국에서 개발되었으며 더 높은 전압에 적용하기 위해 꾸준히 기술이 개발되고 있으며, 고전압 케이블은 거의 XLPE가 사용되고 있다. XLPE 케이블은 탁월한 전기적, 기계적인 성질(온도 변화의 탄력성과 습기, 화학, 오존 등에 대한 특성, 낮은 가격)과 더불어 고성능의 동작 특성을 나타낸다는 장점이 있기 때문에 전력 cable의 절연 및 외피 재료로 광범위하게 사용되고 있으나, 사고가 발생에 대한 진단 및 예측을 하기가 매우 어렵다<sup>[2]</sup>.

전력케이블의 고장과 수명을 진단하기 위한 방법들 수 십년 동안 여러 형태로 연구개발 되어 오고 있으나, 아직까지 사용할 수 있는 객관적인 방법이 없는 실정이다. 우리는 이 논문에서 발전소를 직접 방문하여 현재 운전 중인 전력케이블의 동작특성을 파악하였고, 수명을 예측하고 진단할 수 있는 방법을 연구하였다.

## II. 케이블 진단 방법

동작 전압에 따라 전송선로 케이블은 저압(50/60Hz, 110~220V) 케이블과 고압(50/60Hz, 3.3~22kV) 케이블로 구분한다<sup>[3]</sup>. 우리가 연구한 케이블은 충남 태안의 (주) 서부발전소에서 설치되어 운전 중인 6.6kV 전력을 송전하는 초고압 지중 송전선로(CV 케이블)를 운전상태에서 진단하였다. 운전상태가 아닌 사선 상태에 있는 케이블의 동작 특성을 진단하기 위하여 현재까지 주로 사용되고 있는 방법으로서 부분방전 및  $\tan\delta$  법이 사용되고 있으나, 케이블이 갖고 있는 문제점을 사전에 발견하기란

쉬운 일이 아니다. 부분 방전 현상은 케이블의 사고의 진행 과정에서 마지막 시점에서 발생한다. 따라서 부분방전방법에 의하여 부분 방전이 파악될 경우, 케이블을 즉시 교체하여야 한다. 그러나 부분방전현상은 케이블이 불량한 상태가 지속되는 특정 지점에서 집중적으로 발생한다. 따라서, 케이블의 길이가 긴 경우 성능 불량구간을 판단하기 위한 측정 구간이 광범위하게 되므로 열화 상태를 발견하기가 쉽지 않다. 발견 할 수 있다고 하더라도, 주변 잡음과 공존하게 되므로 부분방전현상을 분리함으로써 그 신호가 케이블의 불량상태를 나타내는 신호인지를 판단하기가 매우 어렵다. 반면, 길이가 비교적 짧은 케이블에서 부분방전이 좁은 구간에서 집중되어 발생하는 경우라면 매우 효율적인 진단방법이 될 수가 있다. 사선 진단법으로서의  $\tan\delta$  법은 효과적인 방법일 수 있다. 그러나 활선상태의 케이블을 진단하기 위해 사용할 수가 없다. 절연체의 절연저항은 온도, 부하전류, 습도 등 여러 가지 요인의 영향을 받는 데, 절연저항법은 케이블 시스템의 절연저항을 측정하며, 매우 큰 값으로 표시한다. 따라서, 작은 잡음의 영향을 받더라도 절연저항은 큰 값으로 변동할 수 있다. 단기적으로 측정하여 얻은 데이터에는 오차가 커서 신뢰하기에는 문제점 요인이 많이 있다. 그러나, 수년에 걸친 기간 동안의 장기적 측정을 실시하는 경우, 잡음적인 요소는 많은 부분 사라지게 되고, 절연 잡음은 동작시간에 따라 일정한 형태로 감소하는 특성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 동작초기의 절연저항은 지수함수적인 감소 특성을 갖게 된다. 절연재료의 열적 열화현상은 화학반응의 법칙을 따른다고 가정하여, 지수함수적 모델로 열적 열화모델인 아레니우스 모델과 일치함은 실험적으로 증명된 바 있다. 절연저항 신호로부터 잡음을 제거한 결과, 초기 열화현상은 아레니우스 열화를 따르는 것을 확인할 수 있었다. 열적 열화현상이 지난 다음에는 전압의 지수승에 비례하는 와이불 (Weibull) 분포 이론을 따르는 수명곡선을 나타내게 되는 데, 이는 열적열화가 아닌 전압열화로 판단한다. 즉 케이블 시스템의 수명곡선은 초기의 아레니우스(Arrhenius) 열화에 이어 와이불 열화로 이어지는 곡선을 나타내어 수명의 최종단계인 부분방전 열화로 이어지게 되는데, 지금까지 케이블의 수명평가는 와이불 이론으로서만 평가하는 경우 실제 측정값과 다른 값을 갖게 되었다. 본 논문은 활선 6.6 kV 전력 케이블 시스템의 열화 과정을 분석하였다. 그 결과 활선 상태에서의 케이블 열화는 열열화, 전압

열화, 부분방전 열화의 순서를 따르는 것을 확인할 수 있었다<sup>[4][5][6]</sup>.

### III. 고장률 함수

그림 1은 고장률 함수(failure rate function), 위험률 함수(hazard function) 또는 신뢰성 욱조커브(reliability bathtub curve)로서 신뢰성 공학에서 널리 사용되고 있다<sup>[7]</sup>. 신뢰도 함수를  $R(t)$ , 수명(고장시간)분포의 확률밀도 함수를  $f(t)$  라고 한다면 고장률 함수는  $\lambda(t) = f(t)/R(t)$ 로서 전력케이블의 시간에 따른 고장률을 적용한다<sup>[8]</sup>.

사용 시간에 따르는 고장률을 나타내는 이 곡선은 세 부분 즉, 초기고장(early failures), 일정고장(constant failures) 및 말기고장(wear-out failures) 곡선을 중첩하여 얻어진다. 케이블의 동작특성에 따라서 감소형 고장률(DFR, decreasing failure rate, 초기 고장기간), 일정형 고장률(CFR, constant failure rate, 우발 고장기간), 증가형 고장률(IFR, increasing failure rate, 마모고장기간) 세 영역으로 구별한다<sup>[9]</sup>. 제작되어 고전력을 전달하는데 사용되고 있는 케이블의 공산품의 신뢰성 있는 동작특성을 해석하기 위하여 도입한다.

#### 1. DFR 시기

DFR 시기는 초기 고장률(early failures) 시기로서 고장률이 높은 원인은 케이블의 제조과정에서의 오류에 의한 설계상의 결함, 부품의 하자 등의 원인이 있기 때문에 설치한 후 바로 고장이 발생하는 경우이다. 초기 고장률을 줄이기 위해서는 케이블 제조회사가 케이블의 결함을 최소화하기 위하여 최선의 방법을 선택해야한다. 엄격한 제조 명세서를 작성하고, 설계 내성을 최적화하고, 부품 특성의 디레이팅(derating)법 - 즉 신뢰도를 향상시키기 위해서 케이블에 걸리는 부하(동작 스트레스)를 정격치보다 완화하여 사용하는 설계하는 방법 - 을 최대한 적용함으로써 초기 고장률을 최소로 줄일 수가 있다. 고장률을 줄이기 위해서는 설치 운전 초기단계에서 스트레스 시험을 하여 설계결함, 재료결함, 연결결함 등을 확인한다. 고장이 나타날 때 까지 HALT (Highly Accelerated Life Test) 또는 HAST (Highly Accelerated Stress Test)를 하여 진단한다. 케이블의 제작초기에는 HASA (Highly Accelerated Stress Audit) 및 고온검사(통전 테

스트, burn-in test)를 거쳐야 한다. 제작 완성된 전력 케이블의 일부 또는 전량을 두고 주위 온도를 높혀 스트레스를 가하고, 장시간 동작시켜 성능과 내구성을 검사하고 불량품을 조기에 발견하여 제거하는 과정이다<sup>[10]</sup>.

#### 2. CFR 시기

CFR 시기는 케이블이 정상적인 동작을 일정하게 하므로 우발적 고장(chance failures)이 발생하지 않는 한 고장률이 일정한(constant) 시기이므로 동작을 하는 동안에는 신뢰를 할 수 있는 기간이다. 전력케이블은 수명을 약 30년 정도로 설계하여 제조되나, 5-10년 정도에 사고가 발생하기도 하는데, 이는 XLPE 케이블에 물이 침투하여 발생하는 수트리의 원인에 기인한다.

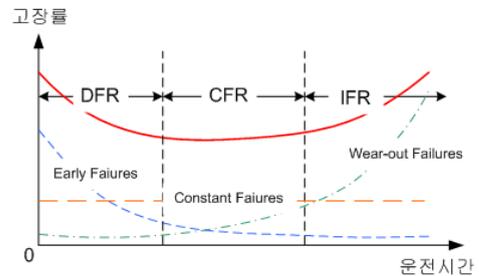


그림 1. 고장률 함수 곡선  
 Fig. 1. Function of failure rate curve

정상적 운전 기간 동안에 우발적으로 발생할 수 있는 고장 시점을 예측하는 일은 매우 중요하므로 이에 대한 합리적인 연구를 하여야 한다. 사고가 발생할 시점을 정확하게 예측할 수가 없지만, 축적된 데이터를 분석하여 가능성(likelihood) 또는 확률(probability)적으로 최소한 범위를 갖는 기간적인 범위를 예측할 수가 있다.

#### 3. IFR 시기

IFR 시기는 마모(wear-out)되는 시기이다. 자연 노화 현상이나 사용으로 인한 열화의 결과 고장률이 증가하는 시기이다. 아무리 완전하게 제조되었다고 하더라도 모든 케이블은 어느 시점에서 고장이 날 것이며, 고장 시기를 가능한 늦추기 위해서는 유지보수를 철저히 해야 한다. 마모에 의한 고장을 방지하기 유일한 방법은 사전에 수리하거나 교체해야 한다. 우리는 고장률 함수에 의한 정상 운전 시기에 놓인 전력 케이블의 수명을 예측하는 연구를 하였고 이 논문에서 소개한다.

## IV. 실험 장치

### 1. 절연저항을 측정하기 위한 시스템

운전 중인 케이블의 절연저항을 측정하기 위하여, (1) 케이블 고압 도체에 DC 신호전압을 인가하는 방법과, (2) 케이블 절연체를 통하여 흐르는 DC 누설전류를 측정하기 위해 DC 누설전류계의 연결하는 방법이 있다. 변압기 중성점에 연결된 NGR과 대지 접지간에 지락전류가 흐를 수 있도록 매우 낮은 저항(저저항)이 연결되어 있고, DC 신호전압과 DC 신호전압 제어용 스위치가 저저항과 병렬로 연결되어 있다<sup>[11][12][13]</sup>. DC 신호전압을 인가한 후에 동작하는 회로에서는 DC 신호전압 제어용 스위치가 ON된 상태 (즉 DC 신호전압이 NGR측으로 가는 상태)에서 DC 누설전류계에 흐르는  $I_{dc}$  전류를 측정하여  $I_{dc} / (I_{dc} - I_o)$  의 계산식에 의해 절연체 절연저항을 계산한다<sup>[12][13]</sup>. 그림 2는 발전소에서 운전 중인, 6.6kV 케이블의 절연저항을 측정하기 위한 시스템이다.

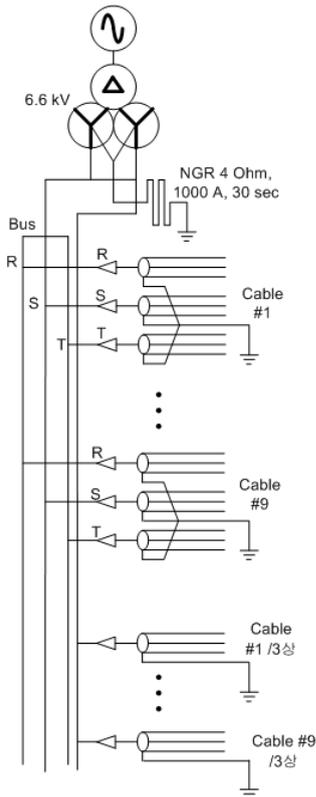


그림 2. 발전소에서 운전 중인 6.6 kV 케이블의 절연저항 측정 시스템

Fig. 2. System for measuring insulation resistance of 6.6kV power cables

연결 접지는 NGR 연결접지선이 사용되었고, 주 TR의 6.6 kVdp 대한 Y 결선 의 중성점은 NGR 저항기를 통하여 대지 접지로 연결되어 있고, 지락 발생시에 NGR를 통하여 흐르는 전류는 최대 1,000 [A], 30 sec d으로 설계하였다. NGR 은 매우 낮은 값의 저항 ((0.4 Ω)을 통하여 대지 접지로 연결되도록 구성하였으며, NGR 이 항상 대지 접지로 연결되는 상태 (즉, 절연저항 측정장치 설치 적용전의 상태)과 거의 같은 구성이 되는 반면, 상시(즉, 측정하지 않을 때)에는 NGR하단이 Normal Close인 전자접촉기(MG1)을 통하여 대지접지로 연결된다.

### 2. 측정회로

그림 3은 직류성분법을 적용하기 위한 기본 측정원리 및 측정회로이며, 측정시에는 접지용 변압기(GPT), 고압 배전선, 피측정 케이블, 진단 장치로 및 대지로 폐회로가 구성된다. 진단장치에서 측정되는 직류성분은 매우 미소한 값이긴 하지만, CV케이블의 열화상태를 표시하는 신호이다. 직류성분을 교류성분으로부터 분리하여 검출하기 위해서는 직류성분의 검출감도가  $10^{-10}$  A (0.1 nA)정도가 필요하며, 저역통과필터(LPF)를 사용하여 검출하고 있다<sup>[14]</sup>.

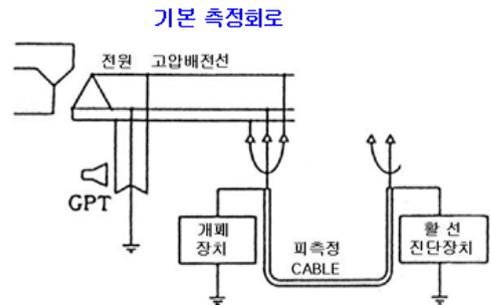


그림 3. 직류성분법을 적용하기 위한 기본 측정회로의 원리  
Fig. 3. Principle of measuring circuit for adopting the method of DC component

### 3. 판정기준

표 1은 케이블을 통해 흐르고 있는 전류의 직류성분을 판정하기 위한 기준 예를 나타내었다.

표 1. 직류성분법의 판정기준 예

Table 1. Determining criteria for applying the method of DC component

관정	직류성분(nA)	재측정주기
불량	100이상	조기 교체필요
중주의	10이상~100미만	1년이내
경주의	1이상~10미만	3년이내
양호	1미만	5~7년주기
관정유보	쉬스 절연저항이 1Mohm이하	

#### 4. 측정 시스템의 외관 및 측정 결과

그림 4는 온도 및 전류 측정 장치를 나타낸다. 고전압 케이블에 전류가 흐르게 되면, 도체에 열이 발생한다. 이 열은 절연체 재질의 열화를 발생시킨다. 도체 온도는 각 절연체 재질에 따라서 달라지게 된다. 각 케이블은 허용 전류에 의하여 규정되며, 고전압 케이블에 사용되는 XLPE 케이블은 도체 허용온도가 90°C이다. 측정장치에서는 케이블 도체온도를 직접 잴 수 없기 때문에 케이블 표면 온도를 실시간 측정하여, 이를 도체 온도로 환산한다<sup>[15]</sup>. 온도 측정을 하기 위하여 부속품으로 설치한 센서는 센서리온(Sensirion)사의 SHT-15를 채택하였다. 이 센서는 -40°C에서 +123.8°C까지의범위에서 온도를 측정할 수 있다<sup>[16]</sup>.



그림 4. 절연 저항을 측정하기 위한 장치  
 Fig. 4. Equipment to measure insulation resistance

그림 5는 1회선의 6.6kV 케이블이 비정상적인 동작을 하고 있었음을 지시하고 있으며, 케이블의 방식층 저항이 18kΩ 까지 저하되었기 때문에 비정상 동작을 하고 있음을 확인할 수 가 있다. 방식층의 저항이 낮게 되면,

수분이 침투하여 수트리를 발생시켜서 절연저항이 감소하기 때문에 정전 사고를 일으키게 된다.

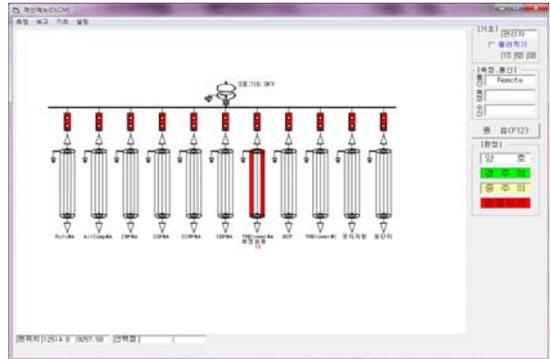


그림 5. 운전 중 케이블의 비정상 상태를 표시하는 메뉴 화면  
 Fig. 5. Screen of equipment showing the abnormal function of cable

그림 6은 비정상적인 동작을 하고 있었던 케이블을 그림 6에 보인 바와 같이 확인하고, 새 케이블로 교체한 후에 전체 시스템을 진단한 결과, 모든 케이블이 정상적으로 동작하고 있는 상태를 보여주고 있다.

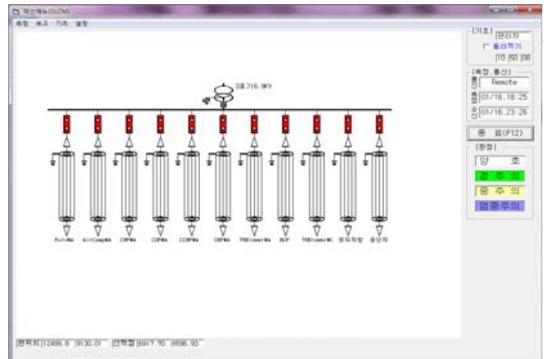


그림 6. 운전 중 케이블의 정상 상태를 표시하는 메뉴 화면  
 Fig. 6. Screen of equipment showing the normal function of cable

## V. 결론

본 논문에서는 활선 상태에서 6.6 kV 케이블 시스템을 분석하여 측정하였다. 부하전류와 수명과의 상관관계를 연구하기 위하여 서부 발전소에 진단장치를 설치 및 운 전함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 발전소에서 운전 중인 6.6kV 케이블 시스템을 진단하기 위한 장치를 설치하여, 케이블 시스템의 수명 평가를 하고 교체할 수 있는 바탕을 마련하였다.
2. 케이블의 열화 과정은 와이בל 분포만 따르는 것이 아니라 열열화, 와이בל 열화, 부분방전의 단계를 따라 진행되는 열화에 의하여 케이블이 파괴된다.
3. 도체의 사이즈는 부하전류의 영향을 받는다. 이 논문에서 제시한 측정 장치를 이용하여 얻은 자료를 분석함으로써 케이블 시스템을 제작하기위한 원가 절감을 하는 데에 크게 기여할 것으로 예상된다.

## References

- [1] [http://www.dsecable.co.kr/cgi/view.php?&bbs\\_id=bd03&page=&doc\\_num=4](http://www.dsecable.co.kr/cgi/view.php?&bbs_id=bd03&page=&doc_num=4).
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-linked\\_polyethylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-linked_polyethylene).
- [3] D. H. Na, D. H. Ryu, "Developing of Time Information Broadcasting System Using Power Line Communication", Journal of the The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol.12, no. 1, pp. 217-223, Feb 2012.
- [4] K. W. Lee, Y. S. Mok, B. K. Kim, J. B. Lee, and D. H. Park, "A Study on Remain life with Aging in 22kV CV Cable", Conference on Physical Properties and Applications in Electricity, KIEE, pp.19-21, 2003.
- [5] K. W. Lee, B. K. Kim, Y. S. Mok, K. H. Um, K. J. Lee, D. H. Park, "A Study on the Deterioration Process of 22 kV High-voltage Cables and Evaluating the Remaining Life of Cables in Operation", Fall Conference, KIEE, 2012.
- [6] [http://grouper.ieee.org/groups/transformers/subcommittees/standardsc/WG\\_C57.152/S10-6.2.6%20Insulation%20Resistance%2020100501\\_Varghes.pdf](http://grouper.ieee.org/groups/transformers/subcommittees/standardsc/WG_C57.152/S10-6.2.6%20Insulation%20Resistance%2020100501_Varghes.pdf).
- [7] K. W. Lee, K. H. Um, Dae-Hee Park, "A Study on the 22kV Power Cables in the Process of Deterioration in Operation." Journal of the The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 13, no. 3, pp. 127-133, Jun 2013.
- [8] K. W. Lee, B. K. Kim, K. H. Um, Y. S. Mok, D. H. Park, "A Study on Evaluating the Life Exponent in Voltage Deterioration of 22 kV High-voltage Cables in Operation.", 2012 Summer Conference, KIEE, Jeongsun, Korea.
- [9] R. D. Levine, Molecular Reaction Dynamics, Cambridge University Press (2005).
- [10] <http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>.
- [11] K. W. Lee, B. K. Kim, K. H. Um, Y. S. Mok, D. H. Park, "A Study on Evaluating the Change in Remaining Life of 22kV High-voltage Cables in Operation." 2013 Summer Conference, KIEE, Yongpyung, Korea.
- [12] K. W. Lee, Y. H. Whang, Y. Ch. Weon, K. H. Um, J. H. Lee, D. H. Park, "Developing a Diagnosis Equipment to Determine the Relationship between Load Current and Lifetime of 6.6kV Cables in Operation." KIEE 2013, Fall Conference.
- [13] K. W. Lee, K. H. Um, "A Study on the Deterioration Process of 22kV Power Cables in Operation" Journal of IIBC, vol. 13, no. 3, pp. 127-133, June 2013.
- [14] H. J. Kim, H. K. Choi, "Design of Low Pass Filters Using Corrugated Waveguide for Satellite Communications", Journal of IIBC, vol. 13, no. 2, pp. 41-46, April 2013.
- [15] K. W. Lee, K. H. Um, D. H. Park, "Test Operation of Equipment for Evaluating the Relationship Between Load Current and Lifetime of 6.6kV Cable in Operation." 2014 Summer Conference, KIEE, Yongpyung, Korea.
- [16] C. H. Lee, Y. S. Hong, "A Low-Power Design and Implementation of the Portable Device for Measuring Temperature and Humidity Based On Power Consumption Modeling", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 15, no. 2 pp. 1027-1035, Feb., 2014.

## 엄 기 홍(정회원)



### 학력

- 한양대학교 전자공학과(BS)
- (미) NYU (New York University), Polytechnic School of Engineering, Dept. of Electrical & Computer Engineering (MS)
- (미) New Jersey Institute of Technology (NJIT) Dept. of Electrical & Computer Engineering (Ph.D.)

### 경력

- (미) NJIT TA, RA, Lecturer
  - (미) RS Microwave Co. Inc, (New Jersey) 연구원
  - (미) Princeton 대 물리과 연구원
  - (미) NJIT 겸임교수
  - 강남대, 상명대, 한양대 강사
  - 현재 한세대학교 IT 학부 교수
- <주관심분야 : 안테나, 마이크로파, 전기전자재료>

## 이 관 우(정회원)



### 학력

- 한양대학교 전기공학과 졸업
- 원광대학교 전자재료 석사 졸업
- 원광대학교 전자재료 박사 졸업

### 경력

- LG 전선 연구소 근무
  - 일진 전선 연구소 근무
  - 호원대학교 전기전자재료공학부 겸임교수 재직
  - 원광대학교 외래 교수
  - 현재 (주)오성메가파워 연구소장
- <주관심분야 : 전기전자재료>