

## The Characteristics of UV Generation and Aging Materials in According to Surface Discharge

宋 佶 穆<sup>†</sup> · 方 善 培<sup>\*</sup> · 金 鍾 旻<sup>\*</sup> · 金 榮 錫<sup>\*</sup> · 鄭 鎮 洙<sup>\*</sup>

(Kil-Mok Shong · Sun-Bae Bang · Chong-Min Kim · Young-Seok Kim · Jin-Su Jung)

**Abstract** – Recently, The diagnosis techniques of electric facilities are developed on live line. This paper describes the discharge characteristics of polymer insulator(EPDM A type). Keeping the facilities in good working order, the goal of this paper will provide the information to enable user to easily judge conditions of facilities on the spot. The performance of polymer insulator is assessed from the KS C IEC 60270 and CEA LWIWG-01(96)(Tracking Wheel Test). As the results, UV generation patterns of polymer insulator grow like a jellyfish shape follow the ramping voltage. Discharging UVs are detected at about 31.25% of breakdown voltage. Just then, dimension of UV image is about 0.84cm<sup>2</sup>. The dimension of max. UV image is about 297.4cm<sup>2</sup> at 160kV(V<sub>bd</sub>). The position of UV generation due to surface discharge of polymer insulator is the center of insulator in the early, then moved the ground side and the last, UV image moved through the junction part of source side. Surface of aged polymer insulator is cracked and faded due to arc. UV absorption spectrum of polymer insulator are appeared the C-H bond of scissoring vib. at 1014cm<sup>-1</sup> and C=O bond of recombination structure. Also, recombined UV absorption peak such as C-H, N-H, and O-H is detected at the 3321cm<sup>-1</sup>. Through the paper, there are inspection data which are the relations between surface discharge of polymer insulator and UV detecting image.

**Key Words** : Insulator, UV, Diagnosis, Discharge, EPDM

### 1. 서 론

산업발달의 중요한 에너지원인 전기는 현대문명을 발전시키고 윤택한 생활을 영위하는데 없어서는 안 될 중요한 자원이다. 전기에너지는 활용에 있어서 사용목적에 맞도록 변화하고 진보되는 추세이다. 그러나 전기의 이용에 있어서 안전하게 다루지 않는다면, 전기재해로 이어질 수 있다. 사람에게 접촉하면, 감전사고로 인해 화상 또는 사망에 이를 수 있으며, 설비사고로 인해 정전, 화재로 인해 인적·물적 인 많은 피해를 초래한다. 따라서 전기재해를 방지하기 위한 노력이 요구된다. 최근에는 전력을 이동시키고 변환시키는 다양한 전력설비가 콤팩트화, 대용량화되면서 절연확보의 중요성이 커지고 있다. 안전한 전기사용을 위해 허용범위의 법적 규제와 보호 장치의 개발, 이를 진단할 수 있는 고품질 진단서비스의 개발이 이루어지고 있다. 2007년도 한국전기 안전공사 전기설비통계자료에 의하면, 자가용수용가 조사대상 24,429호에서 2006년도에 발생한 설비사고 수는 총 6,946건에 이르는 것으로 파악되었다. 이는 국내 전체 전력설비의 20%가 안 되는 설비에 대해 조사된 것으로 고전압 설비 사고의 22.75%는 보호 장치가 동작한 사고이며, 다음으로

기기소손(19.72%), 결상단선(18.43%), 지락(18.10%), 단락(7.56%) 등이었다. 전력설비 사고를 미연에 방지하기 위한 노력으로 정전계획이 요구되지 않는 새로운 진단기법들이 개발되고 있는 추세이다[1],[2]. 절연과피의 전조 징후로써 부분방전에 의해 나타나는 다양한 신호를 적절하게 검출하고 분석하는 것이 설비사고를 예방하는데 중요하다. 또한, 전기에너지를 효율적으로 운용하기 위한 연구로서 절연을 확보한다든지 단위면적당 많은 양의 에너지를 이동시킬 수 있는 고성능 재료의 개발이 요구된다. 유기절연재료는 전기 절연에 있어서 중요한 위치를 차지하는 재료로서 각광을 받고 있다. 절연지지물로서 최근 현장에 설치되고 있는 폴리머애자는 자기애자의 단점을 획기적으로 개선한 예라 할 수 있다. 자기애자의 무게와 비교하여 현저하게 줄었으며, 현장 설치에 있어서 기존의 자기애자보다 공정과 시간절약 등의 장점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 폴리머 자체가 가지고 있는 단점으로는 외부환경에 노출되었을 경우 자외선, 분진, 염해 등에 의한 장기신뢰성을 확보하고 있는가에 대한 것이다. 대부분 전력설비가 외부에 노출되어 있다는 점을 고려할 때, 국내 설치환경에 있어서 간과해서는 안 될 부분이 염해, 황사 등에 의한 영향과 온도변화, 자외선 등이다[3].

본 논문에서는 장기신뢰성을 확보하고 있는 폴리머애자(EPDM A type)에 대한 다양한 실험결과를 분석한 것이다. 전기안전관리자가 전력설비에 대한 점검을 실시하고 안전한 운용을 위해, 자외선카메라(DayCor II, Ofil Ltd., Israel)의 방전자외선 이미지를 분석하고 정량화한 자료를 근거로 현

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 電氣安全研究院 研究員 · 工博

E-mail : natasder@kesco.or.kr

<sup>\*</sup> 正 會 員 : 電氣安全研究院

接受日字 : 2008年 7月 28日

最終完了 : 2008年 8月 19日

장에서 쉽게 판단할 수 있도록 연구정보를 제공하는데 목적이 있다[4-5]. 실험의 구성은 폴리머에자의 기초실험으로 KS C IEC 60270의 내전압 시험에서의 자외선 방출[6],[7]을 검출하고 분석하였으며, 이미지 분석을 실시하였다. 국내 환경에서 문제가 되는 염해 영향을 모의하기 위한 방법으로 CEA LWIWG-01(96)(Tracking Wheel Test)을 응용하여 애자표면의 트래킹 성능을 평가하였다. 시료 대상물을 각 단계별로 적외선분광분석(Spectrum GX, PerkinElmer, USA)을 수행하여 표면이 탄화되는 단계를 검증하였다. 향후 폴리머에자의 경년변화에 따른 절연열화의 대한 정도를 판단하는데 매우 유용할 것으로 기대한다.

2. 폴리머에자의 구조와 열화특성

폴리머에자의 절연재로 많이 이용되는 EPDM은 ethylene unit(E)와 propylene unit(P)로 이루어진 랜덤 코폴리머(random copolymer)인 EPM에 가황을 위한 제3성분으로 diene monomer를 도입한 것이다. 그림 1은 EPDM의 기본 구조를 나타낸 것이다.

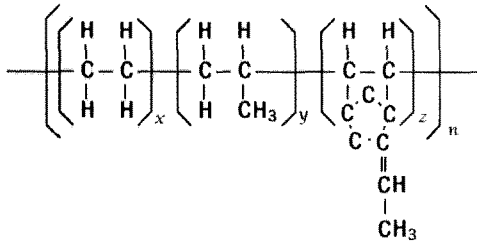


그림 1 EPDM 폴리머의 구조  
Fig. 1 The structure of EPDM polymer

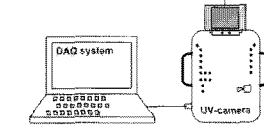
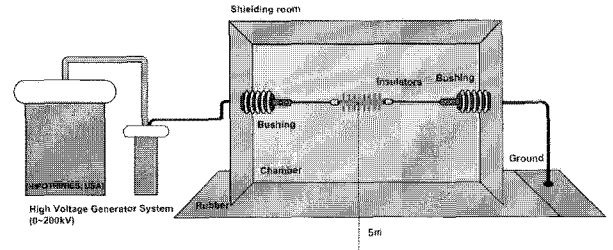
제품으로 출시되는 diene는 ethylidene norbornene(ENB), dicyclopentadiene(DCPD), 1,4-hexadiene(HD)이 있다. 최종 제품의 물성과 가공성은 평균분자량, 분자량분포, Ethylene/Propylene비, Termonomer의 종류, 분지도(Degree of branching)에 의해 다양하게 변화한다. EPDM은 일반적으로 무정형 고분자이며, 조성에 따라 소량의 결정성을 가진다. 가황(vulcanization)은 고무가 가지는 성질인 탄성, 내열성, 내약품성 등의 물리적 성질을 구성하는데 중요한 역할을 한다. 국내환경에 있어서 옥외에 설치하여 운영되더라도 열과 자외선에 강한 특성을 보인다. 분자구조는 탄소와 수소, 탄소와 탄소의 단일결합으로 구성되어 있어서 극성기가 없고 이는 절연능력이 뛰어나다는 것을 의미한다[11].

그럼에도 불구하고 장시간 옥외에 노출된 상태에서 발수성(hydrophobicity)이 저하된 상태에서 연면방전이 발생하면, 높은 열에 의해 표면의 안정된 화학구조가 분해되면서 일반적으로 공기 중에 분포된 질소(N<sub>2</sub> 78.1%), 산소(O<sub>2</sub> 20.9%), 아르곤(Ar 0.9%), 기타 이산화탄소, 수분 등의 영향을 받게 된다. EPDM의 주를 이루는 분자구조로서 탄소와 수소, 탄소와 탄소의 단일결합체는 열에 의해 분해되고 공기 중의 산소 또는 질소 등과 결합하는 탄소와 산소의 이중결합 구조, 수소와 질소 또는 탄소의 단일결합 구조 등으로 재결합하는 특징을 가진다. 이러한 표면구조의 화학적 특성이 변

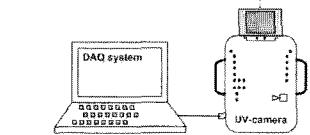
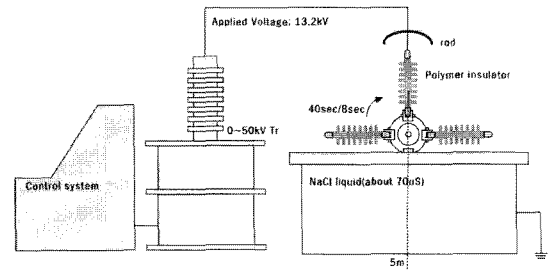
하게 되면 발수성이 저하되어 친수성으로 바뀌며, 주변의 먼지와 자외선 등에 의해 쉽게 오염된다.

3. 실험구성과 방법

본 논문의 실험구성은 폴리머 애자의 내압특성을 확인하고 코로나방전이 발생할 때 방전 자외선 이미지 크기의 상관성을 실험을 통해 검증하는 것과 가속열화 조건의 경우에는 표면에 누설전류가 흘러 아크가 진전되는 것을 파악하는 것이다.



(a) Withstand Voltage Test(WVT)



(b) Tracking Wheel Test(TWT)

그림 2 실험장치 개략도

Fig. 2 The schematics of experimental device

폴리머애자의 연면방전을 가속열화하기 위하여 CEA LWIWG-01(96)(Tracking Wheel Test)을 응용한 방법을 선택하였다. 내전압시험의 경우 폴리머에자를 2kV/sec의 램핑 시간을 두어 전압을 상승시켰으며, 0.5mA 이상의 전류에서 시스템을 차단하였다. 이때 다양한 파장 중 자외선 신호만을 단계별로 검출하였다. TWT는 총 4개의 시료를 각각의 지그로 고정 후 가압기, 냉각기, 침수기, 탈수기의 순서로 유지시간 40초, 이동시간 8초의 간격으로 13.2kV로 가압을 유지하면서 가속열화 시켰다. 초기의 자외선 방전신호가 나올 때의 자외선 이미지를 촬영하여 분석하였으며, 이후 연면에서 아크방전이 진행될 때의 자외선 이미지를 촬영하여 분

석하였다. 각 단계별 애자의 표면 구조를 비교하기 위하여 적외선분광기(FT-IR, Spectrum GX, PerkinElmer, USA)를 이용하였다. 실험실 조건은 모두 온도 20℃, 습도 60%를 유지하고 있는 실험실에서 수행하였다. 대상 시료는 국내에서 가장 널리 이용되고 있는 25kV급 폴리머애자로서 내염용 애자(EPDM A type)를 이용하였다. 자외선이미지 검출장치는 자외선카메라(UV camera, DayCor II, Ofil Ltd., Israel)를 이용하였다[8-10]. 그림 2는 내전압시험장치와 트래킹휠시험장치의 개략도를 나타낸 것이다.

그림 2(b)에서 제시하는 장치를 이용하여 시험대상물인 폴리머애자에 주기적인 열화를 주도록 제작하였다. 그림 3은 트래킹휠시험장치의 열화주기를 나타낸 것이다.

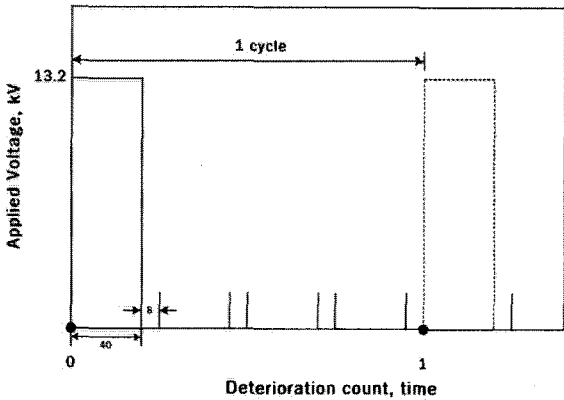


그림 3 트래킹휠시험장치의 열화주기  
Fig. 3 Deterioration cycle of TWT

그림 3에서 나타낸 것과 같이 가압기, 냉각기, 침수기, 탈수기를 하나의 사이클로 정의하였다. 가압기는 40초이며, 회전하여 이동하는 시간은 8초이다. 냉각기의 시간은 40초이며, 침수기는 염수에 폴리머애자가 담겨진 상태로 40초를 유지하였다. 이후 8초의 이동시간 후에 탈수기를 거쳐 다시 가압기로 이동하여 AC 13.2kV의 전압을 공급하였다.

측정거리는 5m로서 일정하게 유지하였으며, 자외선 이미지의 이득은 내전압시험의 경우 60, 트래킹휠시험의 경우 120을 선택하였다. 이미 기존의 실험결과[3]를 통해 이득의 차이가 선형적인 패턴을 가지고 있으므로 이를 수식화하여 연관성을 입증한다면 해석에는 어려움이 없는 것으로 판단된다. 본 연구에서는 폴리머애자의 일반적인 내전압 시험에서의 자외선 발생 특성과 연면방전에 의해 발생하는 자외선 발생과 거동 특성을 분석하였다.

폴리머애자는 설치장소의 환경에 따라 A형과 B형으로 구분한다. 본 실험에서는 염해가 심하고 분진이 많은 지역에 사용되는 A형을 사용하였다. 그림 4는 폴리머애자의 외형을 나타낸 것이다.

A형은 갯의 개수가 총 8개인 것으로 되어 있으며, 길이는 약 359.7mm이다. 본 시료를 이용하여 실내온도 10℃, 습도 60%의 실험실 조건에서 자외선 이미지를 검출하였다. 실험에서 제시한 자료는 정확성을 확보하기 위하여 최소 3회 이상의 동일조건 실험을 수행한 평균값으로 분석되었다.



그림 4 A형 폴리머애자의 형태  
Fig. 4 The external form of A type polymer insulator

#### 4. 실험결과 및 토론

##### 4.1 내전압에 의한 자외선 검출 이미지의 성장특성

그림 5는 A형 폴리머애자로서 자외선검출이미지 발생 직후인 40kV일 때와 자외선검출 이미지가 발생한 80kV, 120kV, 절연파괴전압에 임박한 160kV에서의 자외선검출 이미지를 나타낸 것이다.

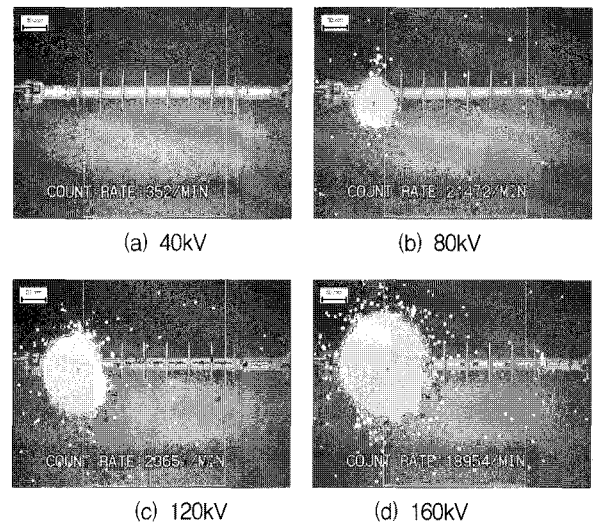


그림 5 전압에 따른 자외선 검출 이미지의 크기 비교  
Fig. 5 The comparison with dimensions of UV detecting image due to voltage

폴리머애자 A형의 경우 전압발생위치에서 자외선이미지의 형태는 전압상승에 따라 직경이 커지면서 해파리(jellyfish) 형태로 성장하였다. 자외선 이미지의 형태는 전극에서 전하가 이동하면서 공기 중의 입자와 충돌하여 발생하는 과정을 일부 보여주는 것과 무관하지 않을 것으로 판단된다.

자외선 검출 이미지의 성장특성을 전압상승과 관련하여 그 면적을 소프트웨어로 계산하였다. 그림 6은 폴리머애자의 전압상승에 따른 방전자외선 면적의 평균한 값을 보여준다.

내전압이 상승하여 약 50kV에서 방전자외선이 검출되었으며, 그 방전이미지는 약 0.84cm<sup>2</sup>로 계산되었다. 이때부터 전압이 상승할 때마다 자외선검출 이미지도 증가하여 절연파괴가 임박한 160kV에서는 가장 큰 자외선 검출 이미지의

면적이 약 297.4cm<sup>2</sup>인 것으로 나타났다. 따라서 A형 폴리머 애자인 경우 방전자외선의 검출범위는 0.84cm<sup>2</sup>에서 297.4cm<sup>2</sup>이며, 검출가능 내전압은 50kV임을 알 수 있다. 이를 절연과 피전압으로 나누어 전압이 애자에 가해진 정도에서 보면 31.25%이다.

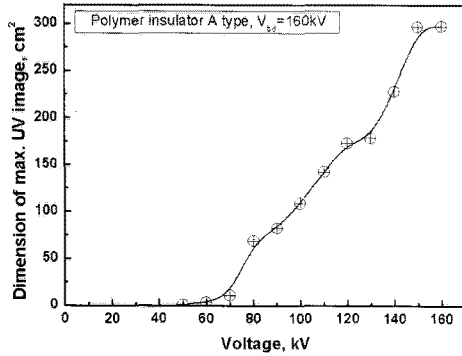


그림 6 발생전압 대 자외선이미지의 면적  
Fig. 6 The curve of applied voltage versus dimension of max. UV image

4.2 연면방전에 따른 자외선 검출 이미지의 성장 특성

트래킹휠 시험장치에 의해 초기와 자외선 발생되는 시기, 검출 자외선 이미지가 확대되는 과정을 측정된 결과에 있어서 표면에서 발생하는 자외선을 검출한 결과 그림 7과 같았다.

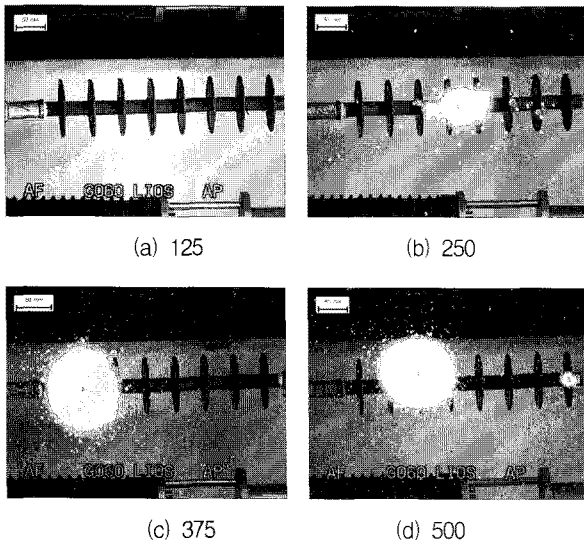


그림 7 가압횟수에 따른 폴리머애자의 자외선 검출  
Fig. 7 UV detection on polymer insulator in according to counts of applied voltage(13.2kV)

가압횟수는 아크가 지속하여 지락이 발생하는 시점까지 실험하였으나 활선상태에서 설비진단이 이루어질 수 있도록 하는 본 실험에 취지에 맞도록 코로나방전에 의해 자외선이 검출되고 유지되는 시점까지만 분석에 활용하였다. 초기 방전자외선은 폴리머애자의 중앙부분에서 발생하였으나 점차 접지 측으로 이동하였다가 500회 이상의 가압상태에서는 전원 측의 접합면에서 자외선 발생이 시작되어 성장하는 특징

을 보였다. 이 때 발생자외선의 면적을 구하여 그 추이를 보면 그림 8과 같다.

가압기 초기에는 방전자외선이 거의 나타나지 않았다가 약 125회 전후로 해서 3cm<sup>2</sup> 이하의 방전자외선 이미지가 확인되었다. 가압이 지속될수록 방전자외선 면적은 증가하는 특징이 나타났으며, 약 500회가 되면서부터 면적은 약 125cm<sup>2</sup>에서 150cm<sup>2</sup>으로 일정한 크기로 되었다.

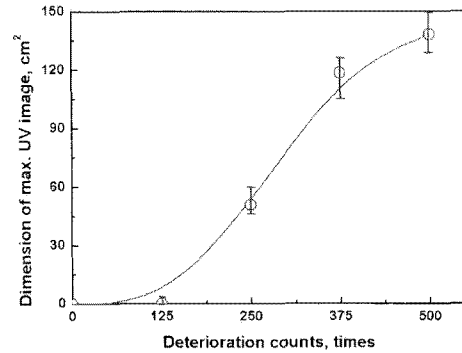


그림 8 가압횟수에 따른 자외선 검출 이미지의 면적  
Fig. 8 UV detection on polymer insulator in according to counts of applied voltage(13.2kV)

4.3 표면구조 특성

폴리머애자의 표면을 분석하기 위하여 표면을 확대하여 외형변화를 확인하였으며, 표면구조는 적외선분광기를 이용하여 화학적 구조변화를 비교하였다. 표면 확대는 크게 2개 부분으로 나누어 관찰하였다. 그림 9는 갖의 표면을 확대한 것으로 각 열화단계에 따라 표면이 변화되는 것을 확인하였다.

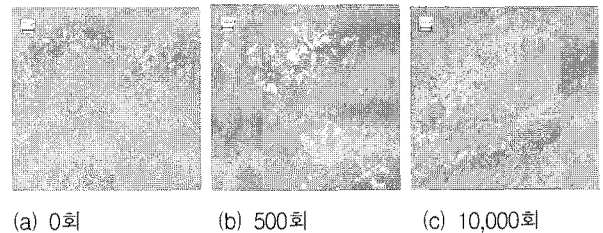
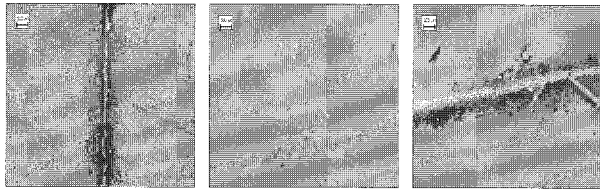


그림 9 폴리머애자 표면의 열화단계별 비교  
Fig. 9 The comparison with deterioration steps of polymer insulator surface

그림 9(a)는 애자가 제조당시의 일반적인 표면을 확대한 것으로 규칙적이고 일정한 분포의 굴곡으로 되어 있다. (b)는 500회 처리한 것으로 표면이 균열이 있는 것을 확인하였으며, 내부 불순물이 도출되어 보이는 것을 확인하였다. (c)는 10,000회 처리한 것으로 표면이 황변현상이 발생한 것을 확인하였다. 표면의 발수성이 많이 저하된 것으로 보인다. 그림 10은 애자가 물딩되는 부분인 접합부분에서 열화된 진행된 것으로 단계별로 확대한 것이다.

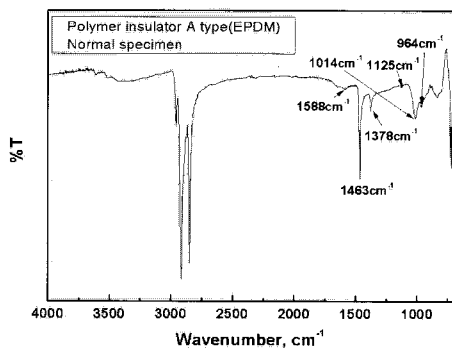
그림 10(a)는 정상상태에서의 접합면을 촬영한 것이다. (b)는 500회 처리한 것으로 접합면을 중심으로 변색된 것으로 보이며, 실제 이 부분에서 미소방전이 발생하였다. (c)는 10,000회 처리한 것으로 접합면을 중심으로 황변현상이 나타났다.



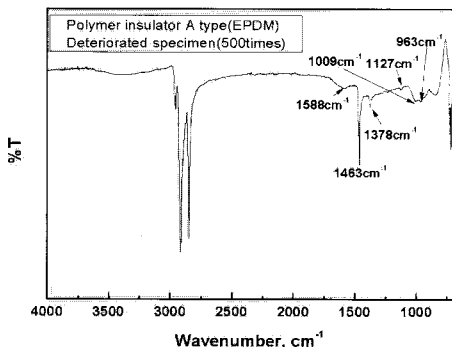
(a) 0 회 (b) 500 회 (c) 10,000 회

그림 10 애자 접합면의 열화단계별 비교  
 Fig. 10 The comparison with deterioration steps of junction part on polymer insulator

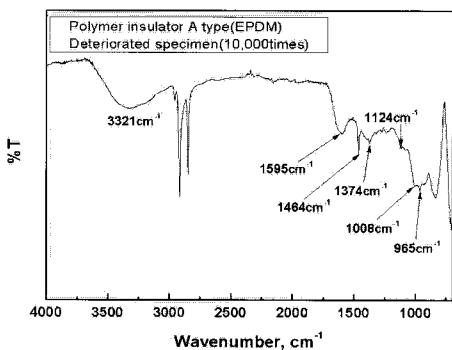
그림 11은 열화단계별 표면의 화학적 구조특성을 적외선 분광기에 의해 적외선흡광스펙트럼을 비교한 자료이다.



(a) normal



(b) deterioration(500times)



(c) deterioration(10,000times)

그림 11 폴리머애자 표면의 적외선 흡광스펙트럼 비교  
 Fig. 11 The comparison with IR absorption spectrum of polymer insulator surface

### 3. 결 론

(1) A형 폴리머애자는 전압상승에 따라 직경이 커지면서 해파리형태로 성장하였다. 전압이 상승하여 약 50kV에서 방전자외선이 검출되었으며, 그 방전이미지의 크기는 약 0.84 cm<sup>2</sup>이었다. 160kV에서는 가장 큰 자외선 검출 이미지의 면적이 약 297.4cm<sup>2</sup>인 것으로 나타났다. 자외선 검출은 A형 폴리머애자의 경우 절연파괴전압의 약 31.25%에 해당된다.

(2) 초기 연면방전에 의한 자외선 발생은 폴리머애자의 중앙부분에서 발생하였으나 점차 접지 측으로 이동하였다가 500회 이상의 가압상태에서는 전원 측의 접합면에서 자외선 발생이 시작되어 성장하였다. 자외선 검출이미지의 크기는 약 125회 전후로 해서 3cm<sup>2</sup> 이하, 약 500회에서 약 125cm<sup>2</sup>에서 150cm<sup>2</sup>으로 나타났다.

(3) 연면방전에 의해 폴리머가 오염되면, 500회 열화주기를 가진 애자의 표면에서 균열이 있으며, 내부 불순물이 확인되었다. 적외선 흡수스펙트럼은 1014cm<sup>-1</sup>에서 확인되는 C-H의 가위질 진동에 의한 흡광피크가 줄어드는 형태를 확인하였다. 10,000회 열화주기를 가진 애자는 표면에 황변현상이 나타났다. 애자의 접합면을 중심으로 황변현상이 진행되는 것을 확인하였다. 적외선 흡수스펙트럼은 1595cm<sup>-1</sup>에서 C=O의 재결합구조에 의한 신축진동이 있는 것을 알 수 있으며, 탄화물이 생성되어 주변의 산소 또는 수분과 재결합한 적외선흡광피크가 3321cm<sup>-1</sup>에서 확인하였다.

### 감사의 글

본 연구는 2007년도 지식경제부 전력산업연구개발 사업에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 송길목, 방선배, 김종민, 김선구, "자기애자에서의 코로나 방전에 의한 자외선이미지 검출", KIEE HV&D spring conference, pp.2-13~2-16, 2007
- [2] K.M. Shong, S.G. Kim, W.K. Han, Y.S. Kim, J.S. Jung and H.J. Choi, "Recognition and Detection of Corona Discharge on Porcelian Insulators at 22.9kV Distribution Line Using UV-Camera", 15th ISH2007, pp.439, 2007
- [3] Kil-Mok Shong, Young-Seog Kim, Sun-Gu Kim, "Images Detection and Diagnosis of Corona Discharge on Porcelain Insulators at 22.9kV D/L", IEEE SDEMPED2007 Proc., pp.462~466, 2007
- [4] EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Substations", 2002[5] EPRI, "Guide to Corona and Arcing Inspection of Overhead Transmission Lines", 2002
- [6] Stanley Siu et al., "Utility of CHARM-2 in Diagnosing Sources of Plasma Charging Damage in High Density Etchers and in Assisting Hardware

- Development", 20027th IS on P&PID, pp.80~83, 2002
- [7] Kohji Hohkawa, "Study on Photo-induced Acoustic Charge Transport Effect in GaN Film", IEEE 0-7803-8846-1/05, pp.421~424, 2005
- [8] Stanislaw M Gubanski, Antonios E Vlastos, "Wettability of naturally aged silicone and EPDM composite insulators", IEEE Trans. on PD, Vol. 5, No. 3, pp.1527~1535, 1990
- [9] Jen-Shih Chang, Phil A. Lawless, and Toshiaki Yamamoto, "Corona Discharge Processes", IEEE Trans. on PS, Vol. 19, No. 6, pp.1152~1166, 1991
- [10] MA Bin, ZHOU Wenjun, WANG Tao, DING Yigong, "Study on Discharge Test under the Power Frequency Voltage of the Severe Non-uniform Electric Field Based on the UV-light Imaging Technology", CEEM'2006/Dalian, pp.253~259, 2006
- [11] 이영근, "EPDM Polymer의 구조와 물성", 고무학회지 제27권 제3호, pp.215~223

## 저 자 소 개



### 송길목 (宋 佶 穆)

1967년 3월 31일생. 1994년 숭실대 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 졸업(석사), 2007년 동 대학원 졸업(박사). 전기전자재료 및 대전력 전공, 1996년 3월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : 031-580-3065  
Fax : 031-580-3070  
E-mail : natasder@naver.com



### 방선배 (方 善 培)

1968년 5월 18일생. 1994년 명지대 전기공학과 졸업. 2002년 강원대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2005년 동 대학원 박사수료. 2003년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : 031-580-3074  
Fax : 031-580-3070  
E-mail : bsb1586@kesco.or.kr



### 김종민 (金 鍾 旻)

1972년 7월 18일생. 1998년 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원.

Tel : 031-580-3077  
Fax : 031-580-3070

E-mail : cmkim@kesco.or.kr



### 김영석 (金 榮 錫)

1974년 4월 27일생. 1996년 2월 경상대학교 공대 전기공학과 졸업. 1999년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2002년 야마구치대학 전기전자공학과 객원연구원. 2003년~현재 한국

전기안전공사 전기안전연구원 연구원

Tel : 031-580-3064  
Fax : 031-580-3111

E-mail : athens9@naver.com



### 정진수 (鄭 鎭 洙)

1976년 9월 12일생. 2003년 2월 명지대학교 전기공학과 졸업(학사). 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 ~ 현재 동대학원 전기공학과 박사과정. 2004년 ~ 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원.

Tel : 031-580-3067  
Fax : 031-580-3070  
E-mail : mirmir0822@hanmail.net