

# 전기 방재를 위한 초고압케이블의 전기 전도 특성

박희두, 박하용  
강원대학교

## Electrical Conduction Characteristics of Ultra High Voltage Cable for Prevention of Electrical Fires

Hee-doo Park, Ha-yong Park  
Kangwon Univ.

**Abstract :** In this paper we investigated the volume resistivity and AC conduction current according to the temperature and voltage. As a result , the volume resistivity comes to be small according to the measurement temperature and voltage. AC conduction current of the heat treatment specimen is increased because of the decrease of insulation.

**Key Words :** Point of inflection ,Volume resistivity, Conduction current

### 1. 서 론

현재 우리나라의 전력계통은 여러 가지 문제로 인하여 도시에서 멀리 떨어진 곳에서 발전되어 장거리 전송을 통하여 수요자인 도시에서 사용하므로 초고압화로 인한 전력수송도 매우 중요한 문제로 대두되고 도심시설의 밀집화로 인한 전력케이블의 지중화 설비로 환경에 의한 열화가 매우 중요한 문제로 대두되고 있으며, 시간의 경과에 따라 절연재료의 성능이 저하되어 국가의 기간망을 뒤흔들 수 있는 전력사고로 이어져 경제적 및 인명피해는 아직 많이 발생하고 있다. 이에 본 논문에서는 국내에서 사용되고 있는 전력용 케이블 절연재의 대부분인 XLPE (cross-linked polyethylene)를 이용하여 실제 현장에서 일어날 수 있는 환경으로 모의하여 전기전도특성인 체적고유저항의 온도의존특성과 교류전도전류의 주파수의존특성에 대하여 측정결과를 소개한다.

### 2. 실험

#### 2.1 시료

시료의 크기는 XLPE를 200×200×0.4 [mm]로 만들고 열처리하는 외부의 영향을 최소화하고 온도 분포를 일정하게 하기 위하여 설정온도의 정확성을 유지하기 위하여 디지털 온도계가 포함된 핫 프레스(Hot press)를 이용, 90[°C]에서 15시간 동안 열화 시킨 후 서냉 시켜 열처리 과정에서 파손과 두께 및 표면의 변형을 최소화 하였다.

#### 2.2 체적고유저항 측정

시료의 체적고유저항을 측정하기 위하여 Highmegaohm meter(ANDO Co. Model VMG-1000 : Japan)를 이용하고, 시료의 온도를 조절하기 위하여 온도조절 장치가 내장한 오븐(ANDO ELECTRIC Co. TO-9B : Japan)을 사용하여 실험하였다. 측정 방법은 Step 인가법에 따라 100, 250, 500, 1,000[V]의 전압을 상온, 50, 80, 100, 120 [°C]에서 체적고유저항을 측정하였다.

### 2.3 교류 전도전류 측정

시료의 교류전도 특성을 측정하기 위하여 유전정점 측정장치인 LCR Meter (HEWLETT PACKARD Co. 4284A :U.S.A )와 온도조절 장치를 내장한 오븐(ANDO ELECTRIC Co. TO-9B : Japan)을 사용하였으며, 상온, 50, 80, 100, [°C]의 온도에서 20 [Hz] ~1[MHz]까지 변화시키면서 5, 20[V]의 전압을 Step 인가법으로 변화시킬 때의 주파수 의존성에 대하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 체적고유저항

그림 1은 virgin, 15[H] 시료에 체적고유저항을 그래프로 나타낸 것으로 그림 1(a)는 측정온도 85 [°C]를 경계로 저온영역에서는 인가전압의 증가에 따라 체적고유저항은 커지나 85 [°C]이상의 영역에서는 저온영역에서 나타난 특성과는 반대로 인가전압이 상승하면 체적고유저항은 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

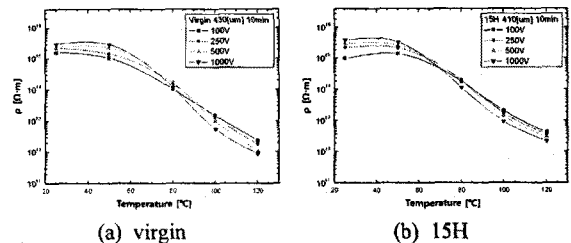


그림 1. 체적고유저항의 온도의존성

그러나 온도가 50 [°C]를 초과하면 온도상승에 따라 체적고유저항은 급격하게 감소하고 알 수 있는데, 이는 온도로 인하여 캐리어가 증가하고, 도전특성의 증가로 체적고유저항이 감소됨을 확인할 수 있었다. 그림 1(b)는 15시간 열처리한 시료의 체적고유저항으로 virgin상태의 시료보다 15시간 열처리한 시료의 결정성이 우수하고 체적고

유저항의 온도의존성에서 인가전압에 따른 체적고유저항 특성의 변곡온도가 85 [°C]에서 65 [°C]로 차츰 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 체적고유저항은 온도 및 전압의 증가와 함께 저하하고 virgin시료 보다는 15시간 열처리한 시료가 저온으로 변곡온도가 낮아지는 것은 열처리한 시료의 결정이 좋아지는 것으로 이는 온도가 상승되면 도체의 응극성에 의한 도전성 캐리어의 주입이 용이해져 인가된 초기의 직류전압에 의해 흡수전류가 지수 함수적으로 감소하기 때문인 것으로 사료된다.

### 3.2 교류전도전류

그림 2는 virgin 시료의 전도전류의 변화를 나타낸 그림이다. 유전체 및 콘덴서는 용량성 소자이므로 전압인가

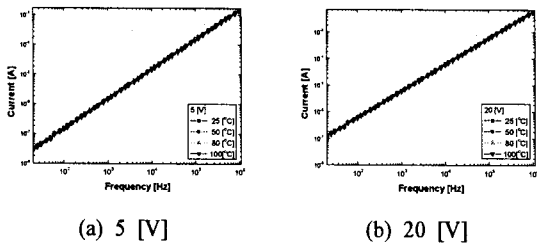


그림 2. 주파수변화에 의한 전도전류(virgin)

를 주제로 해서 등가병렬회로로 나타내지만 등가직렬정전 용량은 등가병렬정전용량 C와 거의 같은 값일 경우 이를 등가직렬회로로 바꿀 수 있기에 등가병렬저항 R은 주파수와 유전정접  $\tan \delta$ 와 등가직렬저항 r과는 반비례 관계가 있다. 그러므로 같은 주파수에서 가해진 온도가 높아지면 절연물의 등가병렬회로를 절연물의 등가직렬회로로 변환했을 때의 등가병렬저항 R의 값은 유전정접  $\tan \delta$ 가 온도와 비례관계가 있으므로 온도가 증가하면 감소하기 때문에 등가직렬저항 r의 값은 반대로 증가하여 전류값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이때 전류의 평균 감소율과 표준편차는 각각 5 [V]에서 85.9 [%]와  $\pm 0.33$ 였으며, 20 [V]에서 86.2 [%]와  $\pm 0.13$ 임을 알 수 있었다.

그림 3은 15시간 열처리 후 서냉한 시료의 전도전류의 변화를 나타낸 그림이다. 15시간 열처리 후 서냉한 시료에 대한 전도전류실험은 앞의 virgin시료와 2시간 열처리 후 서냉한 시료와 특성변화는 크게 없었으나 전류의 평균

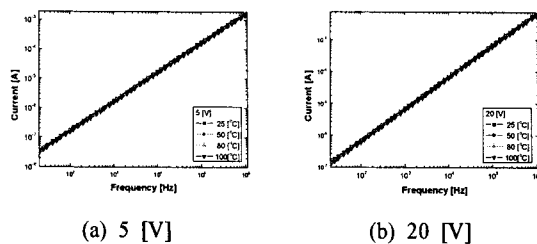


그림 3. 주파수변화에 의한 전도전류(15 H)

감소율과 표준편차는 각각 5 [V]에서 82.1 [%]와  $\pm 0.26$ 였으며, 20 [V]에서 82.4 [%]와  $\pm 0.26$ 임을 알 수 있었다. 그리고 virgin시료보다 주파수 변화에 따른 전도전류의 증가는 유전정접  $\tan \delta$ 의 감소 즉 등가 병렬저항값 R과 반비례관계를 나타내므로 시료의 절연성이 저하함을 의미하는 것으로 사료된다.

따라서 측정전압과 주파수영역에서는 주파수가 증가하면 교류 전도 전류값은  $10^4$  배로 커짐을 확인하였다. 그리고 같은 주파수 영역에서 온도가 증가하면 전도전류가 감소하는데 이것은 저항의 온도의존성에 의한 것으로 인가전압이 높아지면 전도전류의 증가율도 아주 작게 증가하였다. 이는 시료의 절연성이 우수하여 낮은 전압의 증가에서 크게 영향을 받지 않을 뿐만 아니라 등가직렬저항 r의 값이 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

## 4. 결론

초고압 케이블의 전기 전도 특성을 조사한 결과, 체적고유저항은 측정온도 및 인가전압이 높아짐에 따라 저하됨을 확인하였다. 그리고 시료의 열처리에 따라 결정성이 좋아지는 것으로 이는 온도가 상승되면 도체의 응극성에 의한 도전성 캐리어의 주입이 용이 해지고 인가된 초기의 직류전압에 의해 흡수전류가 지수 함수적으로 감소하기 때문인 것을 확인하였다. 또한, 교류 전도전류의 주파수의존특성에서 15시간 열처리 시료가 virgin 시료보다 주파수 증가에 따른 교류 전도전류의 증가는 병렬등가저항의 감소 즉 시료의 절연성 저하 때문으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] 大野博伸, “最近の電力ケーブル技術の動向について”, 電氣學會論文誌, Vol. 112-B, No.10, pp.848-852, 1992
- [2] 加藤達朗: “部分放電計測によるGISの絶縁診断と破壊豫知技術に関する研究”, 名古屋大學博士論文, pp1, 1996.
- [3] 家田 正之, “高分子の電氣物性と その 應用”, 日本電氣學會, pp.27-52, 2000.
- [4] 内田克己, 平田宣弘, 田中稻穂, 高橋亨, 竹鼻始, “CV 케이블의部分放電特性及び絶縁破壊特性”, 電氣學會論文誌, Vol. 111-B, No.12, pp.1353-1358, 1991.
- [5] Y. Takezawa, J. Katagiri, H. Shoji, "Application of optical diagnosis to aged low-voltage cable insulation in nuclear plants", CEIDP 2004 Annual Report, pp.290-296, 2004
- [6] 速水敏幸, “C V 케 - 블, コロナ社, pp.91-119, 1990