

## EPR의 전기특성에 미치는 방사선의 영향

- Effect of the  $Co^{60}$ -Rays due to Electric properties of EPR\* -

이 성 일\*

### Abstract

The value of charge current, discharge current,  $\epsilon_r'$ ,  $\epsilon_r''$ , residual voltage was measured in order to investigate electric properties in Ethylene Propylene Rubber for irradiated  $Co^{60}\gamma$  ray 0~38.1 Mrad. The value of charge current and the discharging current of the EPR is influenced by  $Co^{60}\gamma$  irradiation dose. The charging current and the discharging current of EPR increases, depending on the ratio of degradation. As the irradiation dose is increased, the peak of residual voltage moves to the shorter time. The properties specific electric constant due to time variation was appeared dispersion by plentiful  $Co^{60}\gamma$  irradiation dose. The increase of peak in  $\epsilon_r''$  is attributed to the irradiation dose almost proportionally.

### I 서 론

원자력 발전소의 원자력 격납용기 내에는 많은 중요한 전선·케이블류가 설치되어 있다. 그리고 이들은 끊임없이 방사선에 쬐여지고 있으며, 오랜 세월에 걸쳐 열화해 간다. 오랜세월 동안 원자로를 사용했을 때 냉각계 상실사고와 같은 중대한 사고가 일어난 경우에도 안전할 수 있도록 높은 신뢰성이 요구된다. 여기서 전선·케이블류의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 보수관리상 절연재료의 열화의 정도를 비파괴적으로 진단하는 것이 필요하다.

전선·케이블류에 사용하는 절연재료의 열화는 기계적 특성의 저하가 문제로 된다. 그러나 기계적 특성은 열화를 비파괴적으로 진단하는 것은 불가능하지만 전기적 특성은 열화를 비파괴적으로 진단하는 것이 가능하다. 따라서, 기계적 특성과 전기적 특성과의 상관성이 얻어지면 전기적 특성을 조사함으로써 절연재료의 열화의 정도를 진단하는 것이 가능하게 된다.

본 연구에서는 원자력 발전소에서 사용되고 있는 무충진 에틸렌프로필렌 고무를 선택하여 촉진시키기 위해 열처리를 하기 전과 후에 유전특성을 측정하여 검토했다. 또, 시료의 기본적인 특성을 조사하기 위해서 충전전류, 방전전류 및 잔류전압을 측정하여 검토했다.

\* 충주대학교 안전공학과

## II 본 론

### 2.1 실험시료

#### 2.1.1 시 료

시료는 시-트상(125×95mm, 두께 0.6mm)의 에틸렌프로필렌 고무(EP11)를 사용했다. 에틸렌프로필렌 고무는 에틸렌프로필렌의 공중합체이며, 에틸렌과 프로필렌의 비율은 1 : 1 이다.

#### 2.1.2 방사선 조사 조건

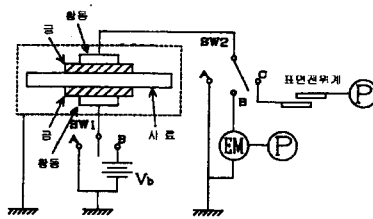
공기중 실온에서 Co-60의  $\gamma$  선을 0.033 Mrad/hour의 선량율로 시료에 조사했다. 시료는 0, 2.4, 4.8, 9.5, 19.4, 38.1 Mrad 조사한 것을 사용했다.

#### 2.1.3 열열화 조건

충전전류, 방전전류, 잔류전압, 정전용량 및 유전정접을 측정할 후 시료를 플렌지 내에 설치하고 진공으로 한다. 그리고, 시료의 온도를 히터에서 상온으로부터 +80℃까지 올리며, 열화촉진시키기 위해서 +80℃에서 3시간동안의 열처리에 의해 열열화시켰다.

### 2.2 실험장치 및 실험방법

그림1, 그림2에 측정회로를 나타내었다.



단, EM : 일렉트로미터

P : 펜레코더

V<sub>b</sub> : 직류전원

그림1 충전전류, 방전전류, 잔류전압의 측정회로도

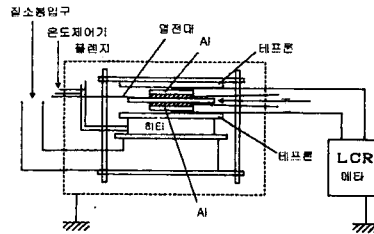


그림2 유전특성의 측정회로도

### 2.2.1 충전전류의 측정

- (1) 그림8에 나타낸 것과 같이 시료를 플렌지 내에 설치하고 진공으로 한다.
- (2) SW1, SW2를 동시에 A측으로 하여 1시간동안 접지한다.  
 그 이유는 전 실험에서 증착전극에 존재하고 있는 전하 및 시료내에 존재하는 공간전하와 쌍극자를 소멸시키기 위해서이다.
- (3) 펜레코다 및 일렉트로미터를 잠금 상태에서 영점조정을 하며, 일렉트로미터를 전류계(C.A),  $100 \times 10^{-4}$  [A] 레인지로 설치하고, 잠금을 푼다.
- (4) 직류전원에서 인가전압  $V_b$ 를 인가하기 1분전에 펜레코다를 7.5mm/min의 속도로 스타트시키며, SW2를 B측으로 하여  $V_b$ 를 120분간 인가한다.
- (5)  $V_b$ 를 인가하면 동시에 스톱위치를 스타트시키며, 일렉트로미터를 적당한 레인지로 맞춘다.
- (6)  $V_b$ 를 인가후 충전전류의 30초값, 1분값을 각각 체크한다. 또, 인가 5분 후에 펜레코다의 속도를 120mm/h로 바꾸며, 1시간55분에 펜을 든다. 또한 1시간 55분에 누설전류는 완전히 일정하게 되지는 않지만 시간 등의 사정상 이 시간의 값을 누설전류값으로 했다.

### 2.2.2 방전전류의 측정

- (1) 충전전류를 측정한 후 일렉트로미터의 레인지를  $100 \times 10^{-4}$  [A] 로 하고, 펜레코다의 속도를 7.5mm/min 로 한다.
- (2) 1시간 59분 30초에 펜레코다를 스타트시키며, 2시간 정각에 SW1을 A측으로 하며, 일렉트로미터를 적당한 레인지로 한다.
- (3) 방전전류의 0초값(2시간 30초), 30초(2시간 1분), 1분값(2시간 1분 30초값)을 체크한다.
- (4) 5분 후(2시간 5분 30초)에 펜레코다의 속도를 120mm/h로 한다. 그 후, 55분간(계 60분) 방전전류를 측정하며, 펜레코다로 기록한다.

## 2.3 실험결과 및 검토

본 연구에서는 시료로서 에칠렌프로필렌고무를 사용하여 충전전류 · 방전전류 · 잔류전압 및 유전특성을 측정하여 방사선 조사효과에 대하여 검토했다. 또, 열처리 효과에 대해서도 검토했다.

### 2.3.1 방사선 조사효과

#### (1) 충전전류

그림10에 충전전류-시간 특성의 그래프를 나타내었다. 방사선의 조사량(纒絲量)이 증가함에 대하여 충전전류의 값은 증가하고 있다. 또, 방사선의 조사량이 증가함에 대하여 곡선의 기울기가 완만하게 되어 있는 것을 알 수 있다.

#### (2) 방전전류

그림11에 방전전류-시간 특성의 그래프를 나타내었다. 방사선 조사량 0Mrad 직선에 가깝다. 또, 방사선 조사량이 적으면 아래로凸과 같은 곡선으로 되어 있지만 방사선 조사량이 많으면 위로凸과 같은 곡선으로 되어 있다. 또, 단시간측에서는 방사선 조사량이 증가함에 대하여 방전전류의 값은 커져 있지만 장시간측에서는 단시간측과 같이 되어 있지 않는 것을 알 수 있다.

#### (3) 잔류전압

그림12에 잔류전압-시간 특성의 그래프를 나타내었다. 잔류전압의 값은 피크의 영향이 없는 단시간측에서는 방사선 조사량 0Mrad를 제외하고 방사선 조사량이 많은 만큼 높아져 있다.

또, 피크가 보이지 않는 것에 대해서는 방사선 조사량이 많은 만큼 피크의 시간이 단시간측으로 이행해 있는 것을 알 수 있다.

#### (4) 유전특성

그림13에 1KHz일 때의 비유전율-온도 특성의 그래프를 나타내었다. 비유전율의 값은 0Mrad와 2.4Mrad를 제외하고 방사선 조사량이 많은 만큼 커져 있다.

그림14에 1KHz일 때의 비유전손율-온도 특성의 그래프를 나타내었다. 비유전손율의 값은 0Mrad를 제외하고 방사선 조사량이 많은 만큼 커져 있다.

또, 변화를 보이는 것은  $-30 \sim +20^{\circ}\text{C}$  부근이며, 이것 이외의 온도에서는 비유전손율이 0부근의 일정값이다. 비유전손율의 피크값은 방사선 조사량이 많은 만큼 고온측으로 이동하고 있으며, 방사선 조사량이 거의 반으로 되면 피크값도 거의 반정도로 되어 있다.

이상의 결과에 의해 에칠렌프로필렌 고무의 방사선( $\gamma$ 선) 조사에 의한 효과를 검토하면 아래와 같이 된다.

그림10의 충전전류-시간 특성의 그래프에서 조사량이 많은 만큼 시료의 절연저항은

저하해 간다.

그림11의 방전전류-시간 특성의 그래프에서 9.5Mrad의 곡선을 보면 단시간측에서는 이것보다 조사량이 적은 것의 특성과 거의 유사하며, 장시간측에서는 이것보다 조사량이 많은 것과 유사하다.

그림12의 잔류전압-시간 특성의 그래프를 보면 잔류전압값은 단시간측에서는 조사량이 많은 만큼 결국 절연열화한 것 만큼 높아져 있다. 피크가 존재하는 것과 존재하지 않는 것이 있는데 피크가 존재하는 것은 조사량이 많은 시료이며 이 중에서도 조사량이 많은 만큼 피크의 시간은 단시간측으로 이동하고 있다. 한편 피크가 존재 하지 않는 것은 조사량이 적은 시료이지만 실제로는 측정시간 외의 좀더 장시간측에 존재하고 있다고 생각된다. 결국, 조사량에 비례하여 피크의 시간은 단시간측으로 이동한다.

그림13의 1KHz일 때의 비유전율-온도 특성의 그래프에서 19.4Mrad와 38.1Mrad에 대해서 보면 온도와 더불어 비유전율이 증대하고 있는 온도 영역이 있다. 즉, 분산을 표시하고 있다. 또, 영하 수십도 부근에서 글라스 전이온도가 나타나는 것은 배향분극에 의한 것이라고 말해지므로 이 특성은 배향분극에 의한 것이라고 생각된다.

그림14의 1KHz일 때의 비유전손율- 온도 특성의 그래프의 특성에서 비유전손율의 피크가 나타나는 온도 영역에서 분산이 일어나고 있다. 시료의 조사량이 많을수록 비유전손율의 피크의 값이 고온측으로 벗어나 있다. 또, 비유전손율의 피크가 조사량에 거의 비례하여 증가하고 있다. 이것은 시료의 산화량에 관계하고 있다고 생각된다.

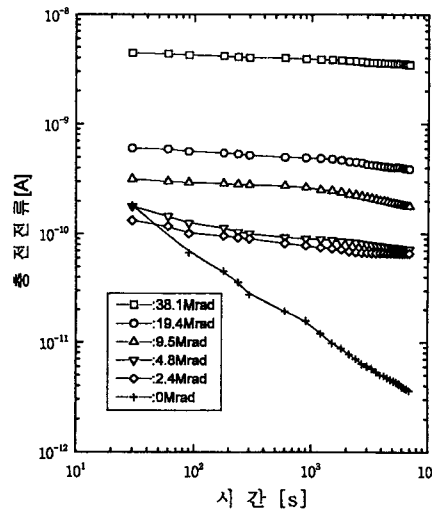


그림10. 충전전류-시간 특성

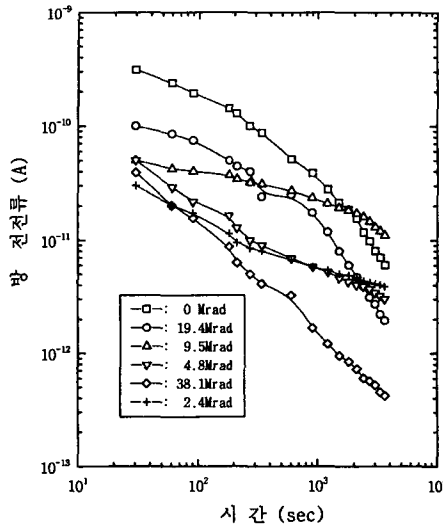


그림11. 방전 전압-시간 특성

### III 결론

본 연구에서는 원자력 발전소 내에서 사용하는 전선 케이블류의 내방사선성 절연재료인 에틸렌 프로필렌 고무가 Co - 60의  $\gamma$  선조사에 의해서 받은 절연열화의 영향과 열처리에 의해 받은 절연열화의 영향을 검토하기 위해서 충전전류, 방전전류, 잔류전압 및 유전특성을 측정했다. 그 결과를 이하에 정리했다.

- (1) 비유전율- 온도 특성에서는 조사량이 많은 것에 분산이 나타났다. 또, 영하 수십 도 부근에서 유리 전이온도가 나타났으므로 특성은 배향분극에 의한 것으로 생각된다.
- (2) 비유전손율- 온도특성은 비유전손율의 피크가 조사량에 거의 비례하여 증가 하고 있다. 또, 비유전 손율의 특성이 열처리에 의한 영향이 거의 없다.
- (3) 충전전류- 시간특성은 방사선 조사량이 많을수록 절연저항이 저하하고 있다. 열처리에 의해 절연저항이 회복한다고 생각된다.
- (4) 방전전류- 시간특성은 조사량이 적은 것은 열처리를 하면 미조사의 특성과 같게 된다.
- (5) 잔류전압- 시간특성은 피크가 존재하며 방사선 조사량이 많을수록 피크의 값은 단시간측으로 이동하고 있다. 또, 열처리를 하므로써 피크값이 장시간 측으로 이동하고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Study Committee on Measurement of Insulating Properties of Extra-high Voltage. CV cable, Electrical cooperative Reserch, 36,(1980)
- [2] Study Committee on Solid Insulating Diagnoses, Technical report of I.E.E of Japan (II) No.182, (1984)