

EPR 케이블의 잔류전압에 미치는 방사선의 영향 Effect of Radial Rays on Residual Voltage for EPR cable

이성일 충주대학교 안전공학과
류성립 충주대학교 재료공학과
김용주 충주대학교 전기공학과

Lee Sung Ill Dept. of safety engineering, Chungju national university
Ryu Sung lim Dept. of material engineering, Chungju national university
Kim yong ju Dept. of Electrical engineering, Chungju national university

ABSTRACT

This paper describes the properties of discharge current and the residual voltage for $^{60}\text{Co}-\gamma$ -irradiated cables using in nuclear power generating station. As these properties related with $^{60}\text{Co}-\gamma$ -irradiation dose, it is suggested that these properties can be utilized as a index of irradiation degradation. As the ratio of degradation increases, the residual voltage in the initial time range increases and the peak moves to the shorter time. Therefore, I know the degree of radiation degradation from the position of the peak.

key word : 잔류전압 residual voltage, 방전전류 discharge current, 열화진단 diagnosis, 방사선 열화 radiation degradation

I. 서론

원자력 발전소의 원자로 격납용기 내에 안전 보호계통으로 사용되는 1E급의 전선·케이블류는 40여년의 발전소 수명의 말기에 중대한 냉각재 상실사고가 일어나도 그 기능이 유지되는 높은 신뢰성이 요구되고 있다. 방사선 구역내에 설치되어 있는 전력 케이블은 방사선과 열에 의해 열화가 진행하여 화학적 물리적 특성들이 변화하기 때문에 원자력 발전소의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 이들 케이블을 비파괴적으로 진단하는 것이 대단히 중요하다.^{1~2)} 본 연구에서는 일상온도에

서 케이블 시료의 기초연구로서 미열화한 길이가 다른 두 종류의 EPR 케이블 시료를 접속하여 잔류전압 및 방전전류를 측정하였으며, 또, 일상온도에서 방사선 열화량이 100~200[Mrad] 범위에서 방전전류와 잔류전압을 측정하였으며, 동일한 길이의 케이블 시료에서 방사선 열화비율이 100%~17%의 범위에서 방전전류⁸⁾와 잔류전압을 측정하였다^{3~4)}. 이들 결과로부터 EPR케이블의 방사선 열화의 정도를 진단하였으며, 또한 이 방법이 전기설비의 사고를 미연에 방지하고 전선 및 EPR 전력 케이블을 수명한계까지 사용하기

위한 비파괴적 열화진단 방법으로서 이용가능성을 검토했다^{5~7)}.

II. 실험

II.1 시료의 배합비 및 측정순서

본 실험에서는 600볼트용 2심 EPR 전력케이블 시료를 공기중, 실온에서 ⁶⁰Co- γ 선으로 선량율(線量率)을 870 kGy/hr 로 열화시킨 후 자연상태에서 6년간 사용해 온 것이며, 그 배합비는 Table.1과 같으며, Fig.1에 케이블 시료의 단면을 나타내었다.

Table.1 Composition of formulating ratios

material	배합량[Phr]	material	배합량
EPT	100	Stearic Acid	1.5
TAIC	1.5	DCP	3.0
NonflexRD	1.5	Talc	100

이 때의 절연체는 에틸렌프로필렌(EPR:Ethylene과 Propylene의 비가 50%대 50%인 공중합체)이며, 시-스제는 클로로프렌고무이다. 또한, 11m EPR 케이블 시료의 전체를 균일하게 방사선 열화시킨 것을 100%, 균일하게 방사선 열화시킨 11m 케이블에 미열화시킨 11m 케이블을 접속한 것을 50%, 균일하게 방사선 열화시킨 11m 케이블에 미열화시킨 55m 케이블을 접속한 것을 17% 등의 3종류를 사용하였다. 또한 EPR케이블 시료에 100Mrad, 150Mrad, 200Mrad 등의 방사선으로 열화시킨 3종류를 사용했다.

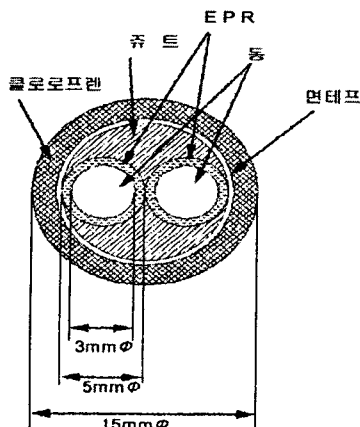


Fig.1 Cross-section cable

II.2 방전전류 및 잔류전압의 측정

방전전류 및 잔류전압의 측정 구성도는 Fig.2, Fig.3과 같으며, 측정장치는 High Voltage DC Power Supply(Kawaguchi Electric Company)를 사용하여, 길이에 다른 미열화 케이블 시료의 방전전류 및 잔류전압을 측정하였으며, 100~200Mrad 방사선 열화되었을 때의 방전전류 및 잔류전압을 측정하였으며 17~100[%] 부분적으로 열화되었을 때의 방전전류 및 잔류전압을 측정하였다. 처음에 -500V의 직류전압을 120분간 인가한 후, 케이블을 30초동안 단락한 상태에서 60분간 방전전류를 측정하였으며, 동일 조건에서 케이블을 30초동안 단락한 상태에서 잔류전압을 60분간 측정하였으며 Fig.4에 잔류전압의 측정순서를 나타내었다.

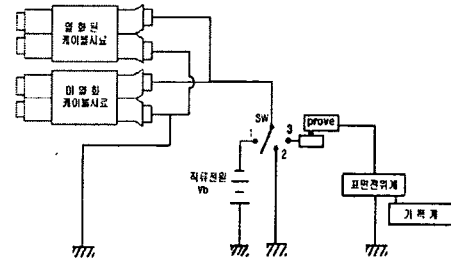


Fig.2 Measuring circuit of Discharge current

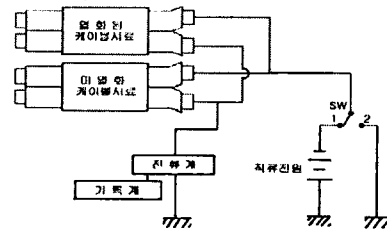


Fig.3 Measuring circuit of Residual Voltage

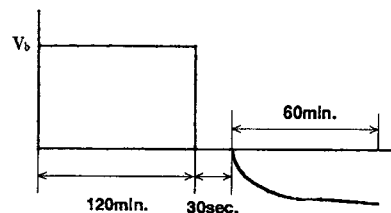


Fig.4 Measuring procedure of Residual voltage

III. 결과 및 검토

III.1 잔류전압이론식

전력케이블에 발생하는 잔류전압의 완화시간이 분포한 분극에 의해 발생하는 것이라고 가정하여 잔류전압의 이론식을 검토한 결과이다.

III.2 케이블 길이의 영향

Fig.5는 -500V의 직류전압을 22m, 66m의 미조사 케이블 시료에 인가하여 30초동안 단락시킨 후, 시간의 흐름에 따른 방전전류에 미치는 케이블 시료의 길이의 영향을 측정하는 것이다. 시료에 따른 방전전류의 크기가 다른 것은 외부잡음의 영향이라고 사료된다.

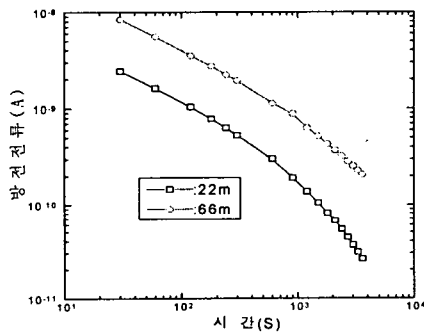


Fig.5 The effect of cable length on the discharge current (non-irradiated EPR)

III.3 방사선의 영향

방사선 열화비율이 100%, 50%, 17% 인 케이블 시료에 있어서 방사선 조사량(100Mrad, 150Mrad, 200Mrad)에 의한 시간의 흐름에 따른 방전전류를 측정하는 결과가 Fig.6이다.

III.4 방사선 열화율의 영향

원자력발전소에 설치되어 있는 EPR 케이블은 일반적으로 방사선의 조사를 받는 부분이 각기 다르므로 케이블 길이에 대해 불균일하게 방사선 조사를 받고 있다. Fig.7는 100Mrad, 150Mrad, 200Mrad의 방사선을 케이블 시료에 조사시켰을 때 방전전류에 미치는 열화율의 영향을 측정하는 것이다.

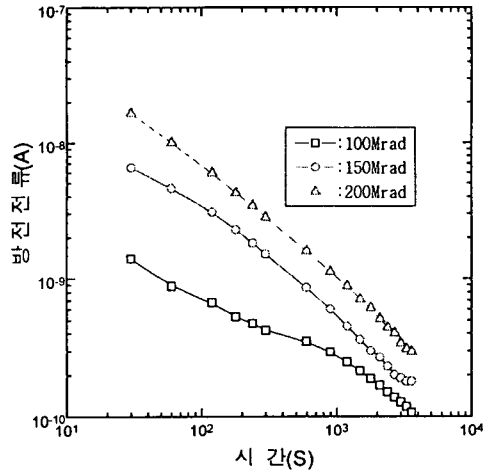


Fig.6 The effect of the discharge current on EPR cable of irradiation dose by 100Mrad

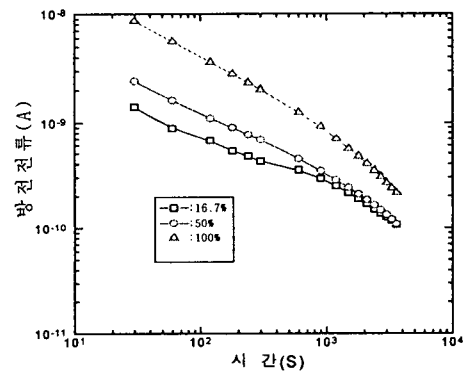


Fig.7 The effect of the discharge current on EPR cable of the ratio of irradiation degradation by 100%

IV. 결론

본 연구에서는 원자력 발전소에서 안전보호 계통에 사용되고 있는 방사선 조사된 EPR 케이블을 시료로 선정하여 방전전류와 잔류전압을 측정하고, 이것이 절연열화 진단의 기준으로서의 이용 가능성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 방전전류는 케이블의 기하학적 용량인 길이의 차가 3배일 경우 방전전류도 3배의 차

가 나나 잔류전압은 길이에 거의 영향을 받지 않는다.

2) 잔류전압이 케이블의 기하학적 용량인 길이 및 사이즈에 영향을 받지 않음을 이론식으로부터 실험으로 측정하므로써 방사선 열화의 진단의 기준으로 이용할 수 있다.

3) 방사선 조사시 산화반응 의해 발생한 수분(H₂O) 및 성형가공시 혼입 첨가되는 불순물이 EPR 케이블의 전기적 특성을 저하시키는 원인으로 사료된다. 또한 이 영향으로 방사선 조사량이 200Mrad, 150Mrad, 100Mrad의 순서로 큰 전류가 방전전류가 크게 된다.

4) 많이 열화된 케이블일수록, 방사선 열화율이 클수록 잔류전압의 최대값 위치가 빨리 나타나며 최대값의 위치로부터 절연열화의 정도의 판단이 가능하다. 이상의 결과로부터 EPR 케이블의 잔류전압의 측정이 방사선 절연 열화진단법으로서 이용가능하다.

참고문헌

1. 山中·壁谷·福田·澤·家田·伊藤·川上 ; “耐放射線性 高分子絶縁材料の 残留電壓による放射線 劣化診断”, Trans. IEE of Japan, Vol.110-A, No.11, pp.781~788(1990)

2. 山中·福田·伊藤·富田·頼口 ; “原子力発電所用 電力ケーブルの 残留電壓による 劣化診断の 検討”, Trans. IEE of Japan, Vol.116-B, No.5, pp.619~625(1996)

3. S.Yamanaka ; “Degradation of Dielectric Material and Residual Voltage”, National convention record I.E.E Japan pp.8-11~14(1998)

4. S.Yamanaka, T. Fukuda, G. Sawa, M. Ieda, M.Ito, and T. Seguchi ; “Effect of Filler Concentration on Electrical Conductivity and Ultralow-frequency Dielectric Properties”, IEEE Trans. DEI, Vol.2, pp54~61(1995)

5. Study Committee on Measurement of Insulating Properties of Extra-high Voltage CV Cable ; “Measurement of Insulating

Properties of Extra-high Voltage CV Cable.” Electrical Cooperative Research, 36, (1980)

6. Study Committee on Solid Insulation Diagnoses ; “Diagnoses of Insulation degradation of rotating machines and power cables for rating voltages of 3.3kV and 6.6kV .” Technical report of I.E.E. of Japan(II) No. 182, (1984)

7. Study Committee on Insulation degradation Diagnosis of high Voltage Rotating Machines and Cables ; “Diagnostic Method of Insulating degradation in high Voltage Rotating Machines and Cables.” Technical report of I.E.E. of Japan(II) No. 267,(1988)

8. 이성일, “부분적으로 60Co- γ 선 조사된 EPR케이블의 절연열화특성에 관한 연구”, The Korean Institute of Rubber Industry, Vol. 33, No. 4, pp. 238-245(1998)