

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.4.205>

IIBC 2014-4-29

## 운전 중인 6.6kV 전력 케이블 시스템의 필터링 과정에 의한 열화 특성 해석

### Analysis of Deterioration Characteristics by Filtering Processes at 6.6kV Power Cable Systems in Operation

엄기홍\*, 이관우\*\*

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

**요약** 현대의 산업이 발전함에 따라 전력에 대한 수요량이 증가하고 송전 용량이 커야할 필요성이 점차 요구되고 있다. 발전소에서는 고전력용 케이블(power cable) 시스템을 유일한 전송 수단으로 사용하여, 생산한 고전압의 전기를 전송한다. 이 논문에서 우리는 활선 상태에서의 6.6kV 전력 케이블에서 발생하고 있는 열화 특성을 연구하였다. 활선 상태에 있는 케이블을 2000일 동안 측정된 데이터를 추출하고 결과에 대하여 수차례의 필터링 과정을 거쳐 분석한 결과, 절연 저항은 시간에 따르는 선형 특성을 나타낸다는 결과를 얻어내었다. 더 나아가서, 6.6kV 전력 케이블이 나타내는 열화 과정이 진행되는 특성은 열열화(heat deterioration) 과정을 따르고 있음을 확인할 수가 있었다.

**Abstract** With a development of modern industry, demand for electric power is rapidly increasing and the capacity of power transfer is required to become bigger and bigger. At power station, the high-voltage power cable is used as the only method in order to transfer electric power. In this paper, we have analyzed the deterioration characteristics of 6.6kV power cable systems in operation. For the time duration of 2000 days, we have measured the cable in operation in order to extract the data for the deterioration characteristics. By analyzing the data by means of several steps of filtering processes, we could obtain the linear relations of insulation resistances as a function of time. Furthermore, we can verify that the progress characteristics in deterioration process of 6.6kV power cable systems follows the process of heat deterioration.

**Key Words** : XLPE, Loss tangent, Insulation resistance, Power cables, Filtering

## 1. 서 론

전력 공급의 기술 및 환경적인 이유로 인하여 전력망의 지중 케이블의 안전성이 요구되고 있다. 지중 케이블 중에서 가교 폴리에틸렌 (XLPE) 절연 케이블은 절연 내력이 우수하고, 유지보수하기가 쉽다. 또한 우수한 전기

적 및 절연적 특성을 갖는다는 장점이 있어서 설치 사용해야할 필요성이 점차 증가되고 있다. 안정을 유지하면서 필요한 전기를 지속적으로 공급할 수 있기 위해서는, 케이블의 제작과 운전에 있어서 신뢰성이 보장되어야만 하며, 제조의 재료와 기술이 우수해야 할 뿐만 아니라 설치 후의 철저한 유지, 보수, 관리를 함으로써 불의의 사

\*정회원, 한세대학교 IT학부(주저자)

\*\*정회원, (주)오성메가파워 (교신 저자)

접수일자 : 2014년 6월 11일, 수정완료 : 2014년 7월 11일  
게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 11 June, 2014 / Revised: 11 July, 2014

Accepted: 8 August, 2014

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

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

고를 최대한 빠른 시점에서 예방할 수 있어야 한다. 발전기 탈락이나 선로개방 등의 예기치 못한 사고가 발생한 경우, 미리 설정된 조치(발전기 탈락, 시스템의 분리, 부하 차단 등)를 직접 취함으로써 전력시스템을 안정화하기 위한 고급고장파급방지장치(SPS; Special Protection Scheme)가 국내 총 34 곳에서 설치 운용되고 있다<sup>[1]</sup>.

이 논문에서 우리는 케이블의 열화로 인한 사고가 발생하기 전에 사고 발생을 예측함으로써 사회 경제적 손실을 방지하고자 한다. 케이블의 불량, 시공 미스, 이물 침투 및 수트리 등이 발생할 경우에는 케이블 수명은 정상적인 동작 범위를 이탈하여 수명이 현저하게 줄어들게 된다. 여러 가지 원인들에 의하여 영향을 받고 있으면서 동작을 하고 있는 케이블의 수명을 예측하는 것이 중요하지만 아직까지 활선 시 수명을 측정할 수 있는 방법이 없다. 케이블의 제조 회사에서 케이블을 설계하는 시점에서 예측하는 수명과 (주)한국전력에서 규정하고 있는 케이블의 수명은 약 30 년으로 간주한다. 설치 운전을 시작한 시점으로부터의 수명이 30 년 이라는 것은 정상적인 운전 상태를 전제하여 예측한 수명이므로, 운전을 시작한 후 케이블이 영향을 주는 주변의 상황(온도, 습도, 지락현상 등)에 따라 수명은 달라 지게 되며 수명 시점이전에 언제라도 비정상적인 동작에 의한 고장을 일으킬 수 있다<sup>[2]</sup>.

부분방전법에 의하면 실험실적 수준에서는 진단이 가능하나 실제 운전 중인 케이블 선로에서 측정하기에는 어렵다. 부분방전은 특정지점에서는 진단이 가능하지만, 케이블 실선로의 길이가 매우 길기 때문에 부분방전이 발생하더라도 잡음의 섞인 영향을 받게되어 진단이 어렵기 때문이다. 케이블이 사고가 발생하면, 절연이 관통되어 지락(grounding) 현상이 발생한다. 지락현상이란 케이블과 대지와의 사이에 절연 상태가 악화됨으로서 아크방전(ark discharge) 또는 도전성 물질에 의해서 교락되어(bridged) 케이블 외부에 위험한 전압이 나타나거나, 전류가 흐르는 현상을 말한다. 발전소에서 생산된 고전력을 수요자에게 전송하기 위하여 가교 폴리에틸렌(XLPE, cross linking-polyethylene) 케이블이 사용된다. XLPE는 가공(CV) 케이블에 피복되어 사용되며, 유기 가황제를 사용하여 폴리에틸렌(polyethylene: PE)을 가교(cross linking)시킴으로써 망상상태 구조를 갖게하는 화학 변화과정을 거침으로 폴리에틸렌이 열경화성의 점탄성 성질을 갖도록 한 재료이다. 연속 최고 허용온도를

90 ° C로 정하여 사용하고 있으며, 전력 케이블의 절연 및 외피 재료로 광범위 하게 사용되고 있다<sup>[3]</sup>. 폴리에틸렌을 가교시키는 방법은 1950년 대에 미국에서 처음으로 개발되었으며 더 높은 전압에 적용하기 위해 지금까지 꾸준히 하게 기술이 개발되고 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 있다. 여러 곳에서 광범위 하게 사용되고 있는 만큼 그에 따른 사고 발생 확률도 높다. 그러나 사고 발생의 가능성을 미리 진단을 하고, 사고 발생의 시점을 예측을 하기가 매우 어렵다<sup>[4]</sup>.

지중 매설상태에서 동작하는 송전 케이블 시스템은 지중에서의 포설 길이가 비교적 길기 때문에, 시간에 따르는 동작과 함께 열화가 진행되는 과정을 측정하기가 어려울 뿐만이 아니라 열화에 의한 사고를 예측하기가 쉽지 않다. 예측 불허의 케이블 사고란 대부분의 경우 화재 발생을 의미한다. 화재로 인하여 케이블과 주변 시설물들이 파괴될 경우, 원상 복구 하여 이전의 정상적인 상태로 회복하기 위해서는 시간이 오래 걸리고 비용이 크게 소요되는 등의 막대한 피해가 초래되는 경우가 많으므로, 사고를 사전에 예방하는 열화 진단 기술은 매우 필요하다. 운전 중인 케이블 시스템에서 발생하는 열화의 주요 종류에는 열 열화, 전압 열화, 및 부분 방전 열화 등이 있다. 열열화는 재료의 절연 특성이 악화됨으로써 불규칙한 열의 변화에 의하여 발생하는 과정으로 아레니우스 식에 의한 지수 함수 형태의 감소특성을 나타낸다<sup>[5]</sup>.

본 연구는 이러한 관점으로 부터 시도되었으며, 단기적으로는 발전소 내에서 운전 중인 6.6kV 케이블의 동작 시간에 따른 절연저항 데이터를 분석함으로써 수명의 진단과 평가가 가능할 뿐만이 아니라, 장기적으로는 이 결과를 이용하여 부하전류에 의한 케이블 도체의 온도특성을 파악하고 부하전류와 수명과의 상관관계를 분석할 수가 있다. 절연저항 및 습도, 부하전류 및 온도 측정 장치를 연구하여 발전소에서 운전 중인 6.6kV 케이블의 진단하였다. 이러한 연구들은 단기적으로는 운전 중 6.6kV 케이블 시스템의 진단 평가에 활용될 수 있으며, 장기적으로는 발전소 부하에서의 6.6kV 케이블 시스템의 수명 평가 및 더 나아가서 부하전류와 수명평가의 상관관계를 파악하는데 활용될 수 있으므로, 결과적으로는 케이블 시스템의 설치 및 운영을 효율적으로 하기 위한 노력에 기여하고자 한다<sup>[6,7]</sup>.

## II. 케이블의 사고 현황 및 진단 방법

### 1. 케이블의 사고 현황

이 절에서는 (주)한전에서 발표한 자료 “배전선로 설비의 고장원인별 고장분석 및 예방대책”의 내용을 일부 발췌 및 인용하기로 한다. 내용 중에서 표 1은 1997년~2005년 기간 중의 통계를 분석한 것이다. 표에 의하면, 지중 배전계통에 대한 연도별 통계에서 주된 고장원인의 점유율은 각각 외상 42% 및 열화 42% 이다.<sup>[8]</sup>

표1. 지중배전계통 연도별 통계  
 Table 1. Yearly statistics of underground cable system

고장년도 원인	'97 년	'98 년	'99 년	'00 년	'01 년	'02 년	'03 년	'04 년	'05 년	합계	점유율
외상	85	61	67	82	101	55	72	48	36	607	42.0%
열화	67	56	104	112	113	60	31	33	34	610	42.2%
제작 불량	5	13	8	16	15	0	3	8	4	72	5.0%
시공 불량	6	9	1	2	4	0	0	1	1	24	1.7%
기타	25	33	10	15	9	0	6	18	15	131	9.1%
합계	188	172	190	227	242	115	112	108	90	1444	100%

\*고장 건수는 변압기, 개폐기를 포함한 집계임

표 2는 표 1의 설비고장을 원인으로 분석한 통계자료이다. 고장의 원인으로서 배전설비 중 케이블이 약 60%, 접속재가 10~20%를 점유하고 있다. 따라서 접속재를 포함한 케이블 시스템이 원인인 경우가 약 70~80% 점유하고 있음을 확인할 수 있다.

표 2. 지중 배전선로 설비의 고장원인별 점유율  
 Table 2. Yearly statistics of failure in underground cable system

설비\년도	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	
케이블	63.2	58.6	57.7	59.7	59.2	
접속재	직선	9.9	10.8	5.2	5.5	7.2
	엘보	5.8	8.5	5.7	6.6	3.9
	종단	2.9	1.3	1.0	1.2	1.3
	소계	18.6	20.6	11.9	13.3	12.4
개폐기	8.3	10.4	19.6	18.2	15.8	
변압기	9.1	9.5	10.3	8.8	11.2	
기타	0.8	0.9	0.5	0.0	1.3	

한편, 그림 1에 의하면, 1991년도 한전의 지중전력 케이블 고장현황 중 케이블 및 접속재의 사고 분석 자료를 보면, 외상에 의한 사고가 40%, 외상 이외의 사고가 60%를 차지하고 있다. 외상 이외의 사고 60%는 케이블이 36%, 접속재가 64%로 표시되고 있는데, 케이블에서는 자연 열화가 42%로 가장 높은 사고 원인을 점유하고 있으며, 접속재에서는 시공 불량 56%가 가장 높은 비율을 점유하고 있다.

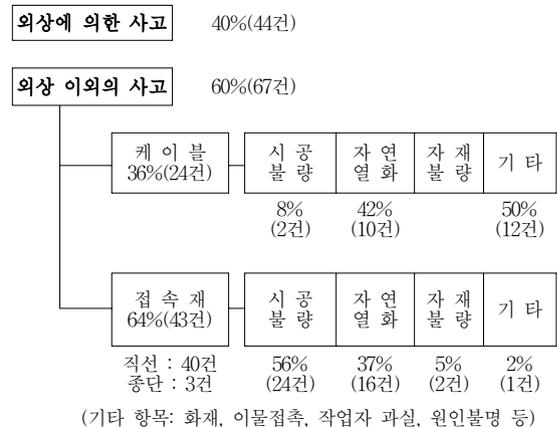


그림 1. 케이블 및 접속재의 사고 분석  
 Fig. 1. Failure analysis of cable and cable joint

상기와 같이 제시한 (주)한전의 자료에 근거하여 요약한다면, 표 1 과 2에서 확인할 수 있듯이, 지중 배전선로 설비의 고장을 사전에 예방하기 위해서는 외상 이외의 사고를 구성하는 케이블 (36%,24건) 과 접속재 (64%,43건)의 효과적인 관리가 필요할 뿐만 아니라, 외상에 의한 사고를 미연에 방지하기 위한 대책을 수립하는 일이 매우 필요하다는 것을 알 수 있다.

### 2. 진단 방법

정상 상태에서 동작 중인 전선선로 케이블은 동작 전압이 크기에 따라 두 가지 종류 즉, 저압 (50/60Hz, 110~220V) 케이블과 고압(50/60Hz, 3.3~22kV) 케이블로 구분한다<sup>[9]</sup>. 운전상태가 아닌 사선 상태에 있는 케이블의 입력단 전압원을 개방시킨 상태에서 (즉, 케이블이 동작을 하지 않은 상태에서), 케이블의 전기적인 동작 특성을 판단하기 위하여 주로 사용되고 있는 방법으로서 사선 진단법과 활선 진단법이 있다. 현재까지, 사선 상태에 있는 케이블의 동작 특성을 진단하기 위하여 부분방전 및

손실 탄젠트 (loss tangent,  $\tan \delta$ ) 법이 사용되고 있으나, 선로를 진단하기 위해서 반드시 정전을 시켜야 한다는 조건 때문에 사용범위가 매우 제한적이다. 이러한 방법을 사용하여 케이블이 갖고 있는 확실한 문제점을 사전에 발견하기란 쉬운 일이 아니다. 지금까지 케이블의 수명 평가는 와이불 분포(Weibull distribution) 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, 전압열화, 부분방전 열화의 순서를 따르는 것을 확인할 수 있었다<sup>[10][11]</sup>.

진단 대상이 되는 케이블 선로는 길이가 매우 길 뿐만 아니라 서로 얽혀있기 때문에 부분방전법을 사용하여 결함을 찾아내는 일은 매우 어려운 일이다. 절연 저항법을 사용할 경우, 케이블의 중성점에 DC전압신호를 인가하고 절연층을 통과하여 흘러나오는 누설 전류를 측정함으로써 송전 케이블 시스템의 이상 여부를 판단하는 과정을 거친다. 다중 접지 시스템에서는 누설 전류의 측정이 불가능하지만, 다중 접지시스템이 아닌 경우의 배전 선로가 많은 민간 기업 케이블이나, 발전소 용 케이블의 경우에는 가능하다. 부분 방전 현상은 케이블 시스템이 이상이 있을 경우에만 발생하지만, 절연 저항은 케이블 시스템이 이상이 있을 때 뿐만 아니라 정상 동작을 하고 있는 경우에도 발생한다. 따라서 장기적인 관점에서의 교체 시기 및 고장 발생을 예측하기 위해서는 절연 저항법을 이용하는 것이 적절하다. 열열화 과정이 끝나는 시점에서 시작되는 전압 열화는 와이불 특성을 따르게 되는데, 전압 열화가 끝나는 시점에서는 절연체 내부 또는 절연체와 도체 사이의 공극이나 이물질 때문에 부분 방전(PD) 및 누설 전류의 킥 현상이 발생한다. 본 논문은 6.6kV 케이블 시스템의 절연 저항을 측정한 결과를 분석하여, 열화 현상이 어느 단계에 있는지를 판단하는 연구이다. 연구에 의하면 22kV 케이블에 비하여 절연 저항의 불규칙성이 매우 심하였으나, 열적 열화 단계의 열화가 진행됨을 확인 할 수 있었다<sup>[12]</sup>.

### III. 설비 진단 기술

장차 산업의 대표적인 예로서 석유화학, 시멘트, 전력 및 철강 등의 산업에서 사용되고 있는 설비진단은 주로 회전하는 기계 시스템의 결함을 분석하고 진단하는 기술

을 말하며, 대기업에서는 대부분의 회전 기계들은 24 시간 작동되고 있다. 특정한 부분의 고장으로 인하여 기계류 시스템들 중에서 일부의 작동이 정지될 경우에 초래되는 큰 손실을 사전에 방지하기 위해서는, 평상시 체계적으로 정비를 계획하고 보조선비 등의 관련 시스템을 철저하게 관리 하여야 한다. 우리나라의 경우, 중견이상의 기업에서는 설비 보전을 하기 위한 여러 가지 방법들 중에서, 예지 보전(predictive maintenance)의 방법을 채택하고 있는데, 이 방법의 핵심이 바로 “설비 진단” 방법이라고 할 수 있다. 즉 설비가 운전하는 동안 어느 정도 고장상황을 견딜 수 있는 지, 어떤 상태인지를 고장 나기 전에 미리 파악 필요가 있다는 것이다. 이에 따라, 플랜트 및 기계 설비를 효율적으로 유지 및 운영하기 위하여 필요한 보전비용은 기업 경영에서 큰 비중을 차지하고 있다. 중요한 설비를 가장 효율적으로 보전하기 위해서는 설비의 열화, 고장의 상태 또한 열화의 원인인 스트레스 등을 정확하게 알 필요가 있다. 기술적 근거에 의하여 설비의 상태를 정확히 파악하고 다음과 같이 설비 관리를 위한 중요 업무를 행해야 한다. 설비 보전을 위한 모든 활동을 정확하고 효율성 좋게 행하기 위해서는, 설비를 가동시키면서 온라인 (on line)으로 설비의 열화나 고장, 성능이나 강도 등을 정량적으로 측정 분석 하여 장래의 운전 상태를 예측하는 설비진단기술(Machine Condition Diagnosis Technique : MCDT, CDT)이 필요하다. 이 기술을 적용하면, 고장에 대한 설비부위의 열화(마모) 정도를 파악하고 설비의 성능, 수명 및 동작의 신뢰성을 예측할 수가 있다. 진단 방법으로서 온도법, 진동법, 음향법, 초음파, X선등의 비파괴검사, 절연진단법, 전기진단법, 압력법 등의 설비 진단 방법이 있다. 이러한 방법들에 의하여 시스템의 고장유무를 사전에 판단하고 수리함으로써 고장으로 인한 생산저하 사고 발생을 사전에 방지할 수 있다. 다시 말하면, 설비 진단 기술(CDT)이란 설비의 고장 여부를 판단하고, 왜 고장이 발생하였는가를 파악하여 이를 개선하기 위한 기술로서, “설비의 상태 즉 1) 설비에 걸리는 스트레스 2) 고장이나 열화 3) 강도 및 성능 등을 정량적으로 파악하여 신뢰성이나 성능을 진단 예측하고 이상이 있으면 그 원인, 위치, 위험도를 식별 및 평가하여 그 수정 방법을 결정하는 기술” 이라고 말할 수 있다. 따라서 설비 진단 기술은 단순한 점검의 계기화나 고장 검출 기술이 아니라는 점에 주의해야 한다.

## IV. 실험 장치

### 1. 실험 장치 시스템의 동작 원리

그림 2 및 3는 케이블 연결시스템에서 저항접지 시스템을 나타낸 것이다. 운전 중인 케이블의 절연저항을 측정하기 위하여, (1)케이블 고압 도체에 DC 신호전압을 인가하는 방법과, (2)케이블 절연체를 통하여 흐르는 DC 누설전류를 측정하기 위해 DC누설전류계의 연결하는 방법을 쉽게 표현하여 설명한 것이다. 그림 2는 DC신호전압 인가 전의 회로를 나타낸다. 여기서, 변압기 중성점에 연결된 NGR과 대지 접지간에 지락 전류가 흐를 수 있도록 매우 낮은 저항(저저항)이 연결되어 있고, DC신호전압과 DC신호전압 제어용 스위치가 저저항과 병렬로 연결되어 있다<sup>[13][14][15]</sup>.

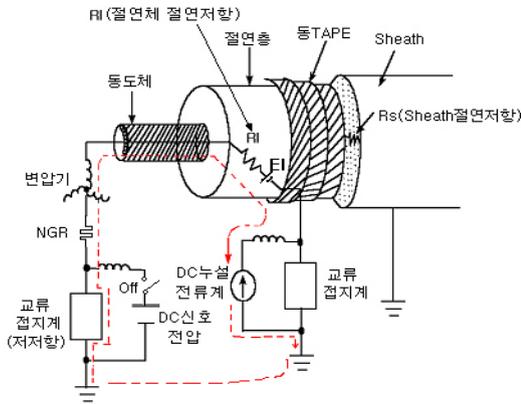


그림 2. DC신호전압 인가 전의 접지 저항시스템  
 Fig. 2. Resistance grounded system without DC signal applied

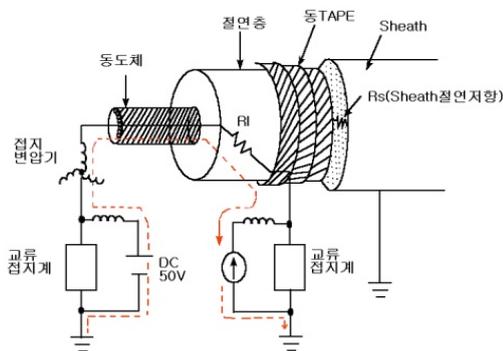


그림 3. DC신호전압 인가 후의 시스템  
 Fig. 3. Resistance grounded system with DC signal applied

그림 2는 DC 신호전압을 인가한 후에 동작하는 회로를 나타낸다. DC 신호전압 제어용 스위치가 ON된 상태(즉 DC신호전압이 NGR측으로 흐르는 상태)에서 DC 누설전류계에 흐르는  $I_{dc}$  전류를 측정하여  $I_{dc}/(I_{dc} - I_o)$ 의 계산식에 의해 절연체 절연저항을 계산한다<sup>[13][14][15]</sup>.

### 3. 측정결과

그림 4는 6년의 기간 동안, 우리가 10일에 한 번 씩 케이블의 절연저항을 측정한 결과를 보여주고 있다. 절연 저항은 측정 당시의 계절, 부하전류, 온도, 습도 등 외부 요인의 영향을 많이 받는다. 이러한 모든 원인을 고려하여 절연 저항의 측정 데이터를 나타내었기 때문에 값의 변화가 큼을 확인할 수 있다. 따라서, 이 그림에서는 유용한 데이터를 추출하기가 용이하지 않으므로, 필터링 처리를 하여야 한다.

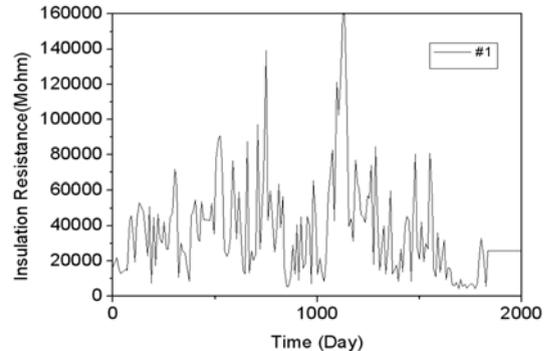


그림 4. 6.6kV 케이블 시스템의 절연저항 데이터  
 Fig. 4. Insulation resistance from 6.6kV cable system

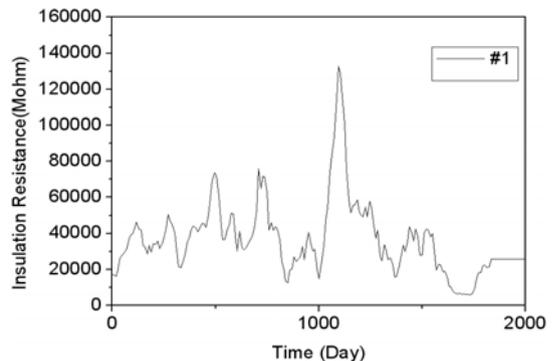


그림 5. 그림 3의 데이터를 필터링 처리 후의 절연저항  
 Fig. 5. Insulation resistance obtained by filtering the data of figure 3

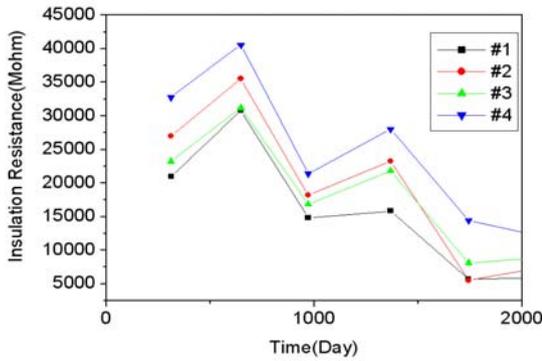


그림 6 그림 5를 필터링한 후의 절연저항  
Fig. 6. Insulation resistance obtained by filtering the data of figure 4

그림 5는, 그림3을 한 번 필터링 처리하여 나타낸 그림이다. 필터링 후, 데이터의 불규칙성이 많이 감소했으므로 상당히 부드러워 졌음을 확인할 수 있다. 이 데이터를 발췌하여, 시간에 따라 변동하는 절연 저항의 특성을 분석하였다.

그림 6은 그림 5를 필터링하여 4회선 케이블의 절연 저항의 변화를 나타낸다. 시간이 경과함에 따라 절연 저항이 지그재그형태를 나타내면서 전체적으로 감소하는 추세를 나타내고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 이 절연 저항이 어느 정확한 형태로 감소되는 지는 확인할 수 없었다.

다시 한 번 그림 6를 필터링하기로 한다. 그림 7은 그림 6을 한 차례 더 필터링한 그림이다. 시간 경과에 따라 절연저항은 지수함수적 감소를 확인할 수 있었다. 이는 절연 저항이 열열화 과정 중임을 알 수 있었다.

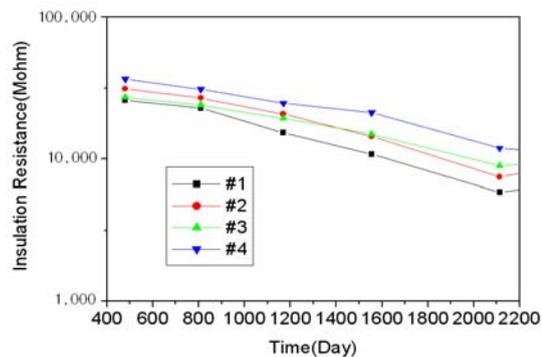


그림 7. 그림 6 를 필터링 처리한 후의 절연 저항  
Fig. 7. Insulation resistance obtained by filtering the data of figure 5

그림 8은 절연 저항을 loglog, 시간을 log 스케일로 표시한 그래프이다. 와이블 플롯에 의하여 <그림 8>의 그래프에서 선형 그래프가 나와야 하지만 아직 선형의 그래프가 나오지 않고 있다. 이는 진단하는 케이블 시스템이 여전히 열적 열화단계에 있음을 증명하고 있다.

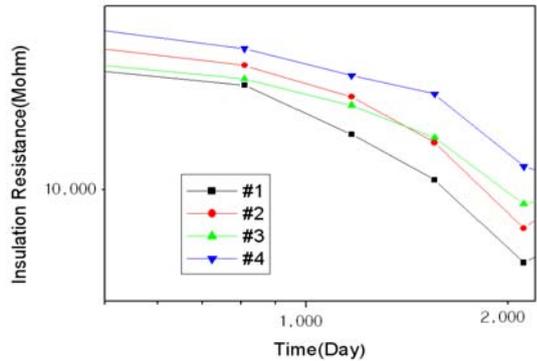


그림 8. 그림 6의 데이터를 필터링한 후 절연 저항  
Fig. 8. Insulation resistance obtained by filtering the data of figure 6

그림 8은 절연 저항 변화가 와이블 분포를 따르는 지를 확인하기 위한 그래프이다. 와이블 열화라면 그래프의 특성이 선형이어야 하는데, 이 그림에는 선형성을 나타내지 않는다. 이는 열화 단계가 열적 열화 단계에 있음을 증명하는 것이 된다. 그러므로, 우리가 측정 시료에 사용한 케이블은 열적 열화 단계에 있음을 확인할 수 있었고, 6.6kV 케이블 시스템은 22kV 케이블 시스템에 비하여 매우 불규칙한 열화 특성을 나타내고 있음을 확인하였다. 그 이유는 6.6kV케이블이 절연 두께가 두꺼워 전계 강도가 높고, 상대적으로 환경 요인의 영향을 많이 받기 때문이다.

## V. 결론

본 논문에서는, 10년 전부터 사용되어 운전 중인 6.6kV케이블을 6년 동안 측정하고 분석하여 연구한 결과를 제시하였다. 측정하여 열화 과정을 진단함으로써 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 6.6kV 케이블 시스템의 경우, 절연 두께가 두꺼우므로 열화과정은 상대적으로 늦게 진행됨을 확인할 수 있었다.

2. 6.6kV 케이블의 열화 과정은, 정상적인 과정으로서의 열열화 과정을 거치고 있었다.

## References

- [1] H. N. Gwon, H. J. Son, K. S. Kook, S. C. Yang, "A Study on Setting SPS for Generator Tripping Action Considering Operating Conditions of Power Systems", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, vol. 15, no. 1 pp. 411-417, Jan, 2014.
- [2] 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 22kV High-voltage Cables and Evaluating the Remaining Life of Cables in Operation", Fall Conference, KIEE, 2012.
- [3] [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).
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-linked\\_polyethylene](http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-linked_polyethylene).
- [5] K. W. Lee, "A Study on Remain life with Aging in 22kV Cable", Fall Conference, KIEE 2003.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Korea Electric Power Corporation, "Failure Analysis and Prevention Plan According to the Causes of Failure in Cable System". 2006.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] [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).
- [12] K. W. Lee, K. H. Um, D. H. Park, "A Study on the Life Index due to the Voltage Deterioration of 22kV Cable Systemss in Operation." Summer Conference KIEE, 2012.
- [13] 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." 2012 Summer Conference, KIEE, Yongpyung, Korea.
- [14] K. W. Lee, Y. H. Whang, Y. C. 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.
- [15] 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.

## 저자 소개

### 엄 기 홍(정회원)

• 제14권 4호 참조

### 이 관 우(정회원)

• 제14권 4호 참조