

케이블 사고 자가원인 진단시스템 구축 및 사고사례 검증에 관한 연구

(The Study of Accident Cases Verification and Construction of It's Cause Diagnosis System of Power Cable Accident)

김영석* · 송길목 · 김선구

(Young-Seok Kim · Kil-Mok Shong · Sun-Gu Kim)

요 약

전력케이블 사고 발생시에는 사고원인을 규명해야하며, 본 연구에서는 FMEA 방법을 이용하여 케이블 사고에 대한 자가원인 진단 시스템을 구축하였다. 자가원인 진단 시스템은 사고당시의 데이터 입력, 픽토그래프를 통한 사고형태의 표현, FMEA 방식을 적용한 사고확률값으로 구성되어 있으며, 각 선택에 따라 사고원인에 대한 사고가능성이 결과로 나타나게 된다. 또한 실제 케이블 사고사례의 원인분석을 통해 자가원인 진단 시스템을 검증한 결과, 이 시스템은 실제 분석결과와 잘 일치되었다.

Abstract

We have constructed the it's cause diagnosis system of power cable by Failure Mode Effect Analysis(FMEA) method because we have to cause analysis when the cable accident happened. This system was composed of data input of accident condition, presentation of the shape through pictograph and accident probability by FMEA method. According to each selection, the accident cause comments are showed by the accident occurrence possibility. Also, the verification of the it's diagnosis system through the cause analysis of the cable accident cases, the system agreed well with results that analyzed actual state.

Key Words : Power cable, It's cause diagnosis system, FMEA, Pictograph

1. 서 론

2007년 통계자료에 의하면, 전기설비사고 중 고압 설비에서의 사고가 1,481건이 발생하여 21.3[%]를 점유하였으며, 이중 케이블 사고는 107건이 발생하였다[1]. 수용가 전기설비에서 사고가 발생하면, 우선 전기공급에 의해 전기사고를 복구하게 되고 담당자는 사고사항을 기록하여 보관하게 된다. 하지만,

* 주저자 : 전기안전연구원 설비안전팀 주임연구원
Tel : 031-580-3064, Fax : 031-580-3111
E-mail : athens9@naver.com
접수일자 : 2009년 6월 26일
1차심사 : 2009년 7월 1일
심사완료 : 2009년 7월 9일

케이블 사고 자가원인 진단시스템 구축 및 사고사례 검증에 관한 연구

사고 시, 정확한 원인규명 및 처리 결과에 대한 데이터베이스 시스템은 구축되어 있지 않다. 특히, 전기설비 사고는 정전, 주변기기로의 화재 등으로 경제적·재산적 피해의 증가와 인명피해를 야기하므로 사고예방과 사고에 대한 정확한 원인규명이 필수적이다. 또한, PL법에 따라 제조물에 대한 소비자 피해배상책임이 확대·강화되므로 사고처리 및 원인 규명에 대한 객관적인 자료제공이 필요하다[2].

현재 케이블의 사고를 예방하기 위한 진단시스템 기술이 많이 축적되어 있고, 케이블 사고 발생에 따른 사고처리 과정에 대한 기술이 일부 기관에서 수행하고 있지만, 오프라인을 통해서 이루어지고 있다. 하지만, 해당 당사자 외에는 사고 처리에 대한 객관적 자료를 제공받을 수 없으며, 케이블 사고에 대한 사례와 사고원인결과에 대한 객관적 자료제공이 되지 않는 문제점을 해결할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 전기설비 사고 발생 시, 케이블 사고원인을 자가 진단할 수 있는 시스템의 구축과 사고사례를 검증하여 시스템의 신뢰성 향상에 관하여 연구하였다.

2. FMEA 기반 케이블 사고 자가진단 시스템

그림 1은 전기설비 사고처리 시스템에 대한 개략적인 흐름도를 나타낸다. 먼저, 사용자가 인터넷을 통하여 전기설비 사고 처리 시스템 홈페이지(www.kesco-pl.com)에 로그인하여 접속한다.

다음으로 시스템에서 사고대상물 즉, 케이블, 변압기, 차단기 등을 선택하고 전기설비의 사양 및 사고데이터들을 입력한다. 그림 2에 자가진단 시스템의 사고입력창을 나타낸다. 사고입력창에서는 사고발생일시, 사고발생장소, 사고대상물, 사고대상물 사양, 수전설비 용량, 수전설비 사용년수, 케이블 길이, 사고발생 부위를 선택하게 된다. 여기서, 자가진단 시스템의 사고확률계산 시에 사고발생장소와 사용년수를 가중치로 주었으며, 사고발생장소에서 옥내의 경우 30[%], 옥외의 경우 70[%], 사용년수에 따라 5년 이하의 경우는 25[%], 6년~20년 이하는 10[%], 20년 이상은 65[%]의 가중치를 부여하였다.

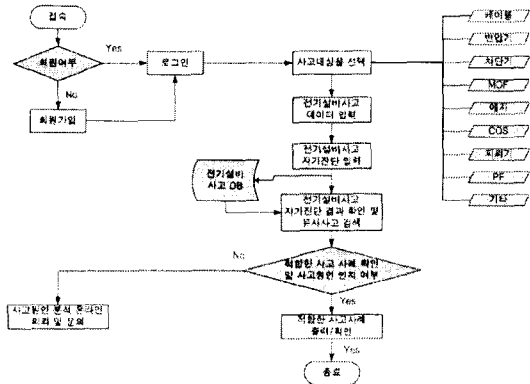


그림 1. 전기설비 사고원인 자가진단 시스템 흐름도
Fig. 1. The schematic diagram of its cause diagnosis system of electrical facility

그림 2. 전기설비 사고원인 자가진단 사고입력창
Fig. 2. The data input of its cause diagnosis system

사고입력창의 전기설비사고에 대한 자가 원인 분석 화면에서는 사고원인에 대하여 3단계의 피크트그래프의 사고 원인 리스트가 보여 사용자가 선택 입력하도록 되어 있다. 입력된 데이터는 전기설비 사고 DB에 저장되며, 전기설비 사고 자료와 자가 원인 진단 결과를 확인할 수 있다. 이때 시스템은 사고 원인에 대한 진단 결과와 함께 유사한 사고사례 데이터를 전기설비 사고DB에서 검색하여 자료를 제공한다. 여기서, 사용자는 검색된 유사한 사고사례 데이터와 전기사고 원인 분석 결과에 의해 적합한 사고 사례를 확인하고 원인파악이 이루어지 경우 종료하거나, 사고 사례를 출력하게 된다. 하지만, 적합한 사고 사례에 해당하지 않거나 사고 원인 분석이 충분하지 않을 경우에는 추가적인 사고 원인 정밀 분석을 온라인으로 요청하게 된다.

케이블 사고원인은 표 1에 나타난 것과 같이 15개로 나누었으며[1,3], 케이블 사고원인은 자가진단의 각 진단에서 발생할 수 있는 사고원인과 그때의 사고확률값으로 주어진다. 여기서, 사고확률은 한국전기안전공사 사고통계 자료, 사고원인 분석 경험치 그리고 신뢰성 기반인 FMEA 방식을 적용한 사고확률로 계산하였다. 신뢰성 기반의 FMEA 분석 방법은 MIL-STD-1629A, QS-9000 등의 품질관리시스템에 고장요소를 찾아내어 고객의 만족도를 높이기 위해 만들어진 것이며, QS-9000은 미국의 자동차 Big3에서 권장하는 양식으로 기계, 전기, 전자, 반도체 및 일반산업 분야에 활용되고 있다. QS-9000의 FMEA평가방법은 심각도×발생도×검출도로 표시하고 있으며, 전기설비사고에서의 FMEA는 사고 대상물의 원인 규명을 위해 사고 대상물에서 사고로 일어날 수 있는 잠재적 요소를 찾아내어 사고가능성을 추측하는 방법으로 사용되고 있다.

FMEA의 평가방법에서 심각도, 발생도, 검출도의 평가기준은 TS 16949를 근거로 하여 표 2에 정리하였다.

표 1. 케이블 사고원인 리스트
Table 1. List of cable accident cause

사고원인	과전류에 의한 가능성
	보이드(Void)에 의한 절연파괴 가능성
	케이블 밀림으로 전계집중 가능성
	케이블과의 틈(gap) 발생으로 전계집중 가능성
	케이블 내부 이물질 존재 가능성
	시공시 칼집에 의한 전계집중 가능성
	빗물 및 수분 침투, 수트리 가능성
	외부 화염에 의한 소손 가능성
	케이블 절연두께 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	외부공사에 의한 손상(눌림, 찢김) 가능성
	설치류에 의한 손상 가능성
	접속재 열처리 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	반도체층에서 외부충전부와 지락 가능성
	도전층과 접지 측과의 지락 가능성
	단락 가능성

표 2. 심각도, 발생도, 검출도의 평가기준
Table 2. Assessment standard of QS-9000

심각도	등급 [%]	발생도	등급 [%]	검출도	등급 [%]
매우 높음	100 ~ 90	매우 높음	100 ~ 90	매우 회박	100 ~ 90
높음	80 ~ 70	높음	80 ~ 70	매우 낮음	80 ~ 70
보통	60 ~ 40	보통	60 ~ 40	보통	60 ~ 40
경미	30 ~ 20	낮음	30 ~ 20	매우 높음	30 ~ 20
없음	10	회박	10	거의 확실	10

TS 16949에서는 심각도, 발생도, 검출도의 평가기준을 세부적으로 10등급으로 구분하고 있지만, 여기서는 사고원인 규명을 위해 크게 5등급으로 나누었으며, 심각도(Severity)는 제품 주요기능의 상실에 따른 시스템 파급 및 사용여부, 발생도(Occurrence)는 제품에서 발생할 수 있는 사고 가능성 여부, 검출도(Detection)는 제품의 고장 및 사고형태를 검출할 수 있는 여부를 나타낸다. 표 2에서 심각도의 주요기능 상실 및 시스템 파급 여부에 따라, 매우 높음, 높음, 보통, 경미, 없음으로 구분하였고, 발생도는 제품에서 발생할 수 있는 사고 가능성에 대해 매우 높음, 높음, 보통, 낮음, 회박으로 구분하였으며, 검출도에서는 제품의 고장 및 사고형태를 검출할 수 있는 것에 따라 매우회박, 매우 낮음, 보통, 매우 높음, 거의 확실히 구분하였다.

케이블 사고원인의 자가진단은 크게 1차 진단, 2차 진단, 3차 진단으로 구분하였다. 1차 진단은 케이블 사고부위를 나타낸 것으로 케이블 종단접속부, 케이블 본체, 케이블 중간접속부, 기타로 나누었으며, 각각의 부위에 대한 사고확률을 가진다. 2차 진단은 케이블 절연부위의 사고확률을 나타낸 것으로 절연체의 파손 형태에 따라 표면 크랙, 구멍, 패임, 부풀음, 기타로 나누었으며 각각의 사고확률을 가진다. 3차 진단은 케이블 도체의 소손 형태를 보고 판단하는 것으로 용융망울의 비산, 망울의 패임, 용융 흔적, 기타로 나누며, 역시 각각의 사고확률을 가진다.

케이블 사고 자가원인 진단시스템 구축 및 사고사례 검증에 관한 연구

따라서 1차 진단, 2차 진단 3차 진단 각 세부사항의 사고확률은 QS-9000, TS 16949를 참고하여 사고 통계, 사고분석 경험치, 실험결과 등을 종합하여 다음식에서 확률값으로 정하였다.

사고가능성 = $\sum((\text{심각도} \times \text{발생도} \times \text{검출도}) + \text{가중치})$
 위 식에서 구한 케이블 사고 진단별 가능성 확률을 표 3에 정리하였다.

예를 들어 그림 3에 각 진단에 따른 케이블 사고


표 3. 케이블 사고 진단별 사고확률
 Table 3. Probability of cable accident diagnosis

1차진단	심각도	발생도	검출도	RPN [%]	가중치	사고 가능성
Cable Termination	70	70	50	24.5	5.5	30
Cable Joint	70	70	50	24.5	5.5	30
CableBody	70	50	50	17.5	2.5	20


2차진단	심각도	발생도	검출도	RPN [%]	가중치	사고 가능성
Surface crack	80	90	90	64.8	5.2	70
Surface pit	90	90	90	72.9	7.1	80
Surfacenotch	90	60	80	43.2	6.8	50
Surface embossing	70	40	80	22.4	7.6	30

3차진단	심각도	발생도	검출도	RPN [%]	가중치	사고 가능성
Bead scatter	90	90	90	72.9	7.1	80
Bead notch	90	80	80	57.6	2.4	60
Molten mark	70	70	70	34.3	5.7	40
Disconnecter	70	30	70	14.7	5.3	20


원인 내용을 나타낸다. 그림 (a)는 1차 진단으로 케이블 사고부위에 대한 사고확률과 사고가능성의 원인에 대해 나타냈다. 케이블 종단부에서 발생할 수 있는 사고확률은 30[%]이며, 그 원인으로는 케이블 밀림현상, 틈 발생, 시공시 칼집의 영향, 접속재의 열처리 불량 등의 원인으로 사고가 발생할 것으로 판단된다. 그림 (b)의 2차 진단에서는 케이블 절연체의 외형패턴을 보고 판단하게 되며, 절연파괴 구멍(pit)을 선택했을 경우의 사고확률은 80[%]이며,

외형 및 사고확률	사고원인 설명
 Cable Termination 30[%]	케이블 밀림으로 전계집중 가능성
	케이블과의 틈(gap) 발생으로 전계집중 가능성
	시공시 칼집에 의한 전계집중 가능성
	접속재 열처리 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	차폐층에서 외부충전부와 지락 가능성
	도선층과 접지 축과의 지락 가능성
단락 가능성	

(a) 1차 진단인 종단부의 사고확률

외형 및 사고확률	사고원인 설명
 Surface Pit 80[%]	과전류에 의한 가능성
	보이드(Void)에 의한 절연파괴 가능성
	케이블 밀림으로 전계집중 가능성
	케이블과의 틈(gap) 발생으로 전계집중 가능성
	케이블 내부 이물질 존재 가능성
	시공시 칼집에 의한 전계집중 가능성
	빗물 및 수분 침투, 수트리가 가능성
	케이블 절연두께 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	접속재 열처리 불량으로 인한 절연파괴 가능성
반도전층에서 외부충전부와 지락 가능성	

(b) 2차 진단인 절연체 외형의 사고확률

외형 및 사고확률	사고원인 설명
 Bead scatter 80[%]	보이드(Void)에 의한 절연파괴 가능성
	케이블 밀림으로 전계집중 가능성
	케이블과의 틈(gap) 발생으로 전계집중 가능성
	시공시 칼집에 의한 전계집중 가능성
	케이블 절연두께 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	접속재 열처리 불량으로 인한 절연파괴 가능성
	도선층과 접지 축과의 지락 가능성
단락 가능성	

(c) 3차 진단인 도체 외형의 사고확률

그림 3. 각 진단에 의한 케이블 사고 확률
 Fig. 3. Cable accident probability by each diagnosis

이때는 그림 (b)에 나타난 사고원인에 의해 사고가 발생할 것으로 판단된다. 그림 (c)의 3차 진단에서는 케이블 도체의 외형패턴을 보고 판단하게 되며, 용융망울이 비산되었을 경우의 사고확률은 80[%]이며, 그림 (c)에 나타난 것과 같은 원인에 의해 사고로 나타나게 된다. 따라서 사고원인 결과는 다음 식에 의해 확률값으로 계산된다.

사고원인결과 = (1차진단+2차진단+3차진단+사고입력부의 가중치)의 평균값(%)

위 계산식에서 사고입력부의 가중치는 발생장소(옥내, 옥외) 및 사용년수에 따라 각각 부여되는 값이다. 또한 자가원인 분석 결과보기와 동시에 유사 사고사례 검색 및 상세보기를 통해 열람할 수 있으며, 각 진단내용의 세부원인별 사고확률은 사고패턴에 따라 각각 다르게 주어지도록 설정하였다.

3. 케이블 사고사례 및 시스템 검증

위에서 구축한 시스템의 검증을 위해서 실제 케이블 사고사례에 대한 정밀분석 결과와 비교하였다. 정밀분석은 전문기관에서 의뢰된 사고 대상물을 선정하였으며, 분석방법은 케이블 사고 시의 외형패턴, 현장조사, 정밀분석기기(핫오일 분석, FT-IR, DSC 등)를 이용한 분석, 재현실험 등에 실시하였다.

그림 4는 2008년 5월경에 발생한 케이블 종단접속부에서 사고사례를 나타낸다. ○○공장으로 수전용량 154[kV]/100[MVA](50[MVA] stand by)로서 사고지점은 주변압기 2차측(22.9[kV]) 동대와 특고압 케이블(CNCV-W 325[mm] 1C×3×3) 접속점 케이블헤드 부위에서 발생한 케이블사고이며, 사고 케이블은 2003년 설치되어 사고일까지 약 5년간 운전되었다. 그림에서 동선이 높은 열에 의해 용단된 것을 볼 수 있으며, 절연외피도 상당부분 수열되어 탄화한 것으로 보인다. 또한 접속부 커버부분은 균열되어 찢겨져 있고내부 절연재(XLPE)부분에서 홀이 형성된 것으로 보인다.

그림 5는 그림 4의 사고에 대한 자가원인 분석한 결과를 나타낸다. 자가원인 분석에서 1차 진단으로 종단접속부, 2차 진단으로 절연체의 구멍, 3차 진단으로 도체의 용융망울의 비산을 선택한 경우 케이블

의 사고가능성은 “시공 시 칼집에 의한 전계집중 가능성”, “케이블과 종단접속부 사이의 틈 발생에 의한 사고 가능성”, “접속재 열처리 불량에 의한 절연파괴 가능성”이 57[%]로 높게 나타났다.

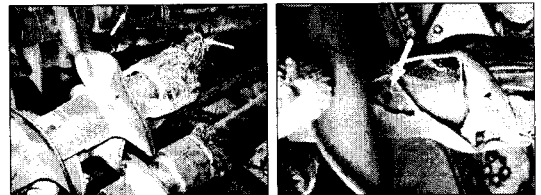


그림 4. 케이블 종단접속부의 사고사례
Fig. 4. Accident case of cable termination




자가원인 분석		
1차 진단 케이블 사고 부위	2차 진단 결연체 결함	3차 진단 도전체 결함
 Cable Termination	 Surface Pit	 Band Scar
사고원인 내용은 영부작성 사고원 분석으로 작성된 명세서, 정밀한 분석에 의해 사고원인인 “시공 시 칼집에 의한 전계집중 가능성”, “케이블과 종단접속부 사이의 틈 발생에 의한 사고 가능성”, “접속재 열처리 불량에 의한 절연파괴 가능성”이 57%로 높게 나타났다.		
시공시 결연체 의한 전계집중 가능성 케이블과의 틈(gap) 발생으로 전계과중 가능성		57%
접속부 열처리 불량으로 인한 절연파괴 가능성		57%

그림 5. 종단접속부 사고사례에 대한 자가원인진단
Fig. 5. It's cause diagnosis of cable termination accident

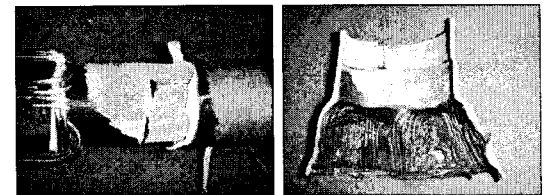


그림 6. 열처리 불량에 의한 탄화전로 관측
Fig. 6. Observation of tracking by thermal process mistake when work

실제 그림 4의 사고사례에 대한 정밀분석 결과 그림 6에 나타난 것과 같이 케이블과 종단접속부의 시공 과정에서 열 처리 불량에 따른 틈 발생으로 부분방전이 발생하여 탄화전로가 틈이 발생한 것을 확인하였다. 케이블의 종단접속재로는 조립형, 자기수축형, 열 수축 형 방식으로 나뉘며, 본 사고는 열 수

케이블 사고 자가원인 진단시스템 구축 및 사고사례 검증에 관한 연구

축형 종단접속재에서 발생한 것으로 열 처리 불량에 의한 미소 틈이 발생하여 사고로 이어지는 경우가 대부분이었다. 따라서 정밀분석결과와 자가원인 분석 결과가 거의 동일한 결과를 가졌다.

그림 7은 자가용 전기설비수용가에서 소손된 케이블 헤드부분을 나타낸다. 본 사고는 책임분계점 COS 2차측과 인입케이블(CNCV 60[mm] 1C×3L) A 상 접속점에서 지락사고가 발생한 것으로 케이블 사용기간은 약 1년 정도 운용된 것이다. 건전상은 육안상 발견되는 소손 흔적이 없었으며, 그림의 소손된 케이블 및 케이블 헤드간 접속 부위에서는 탄화흔 및 케이블 심선의 용융이 확인되었다.

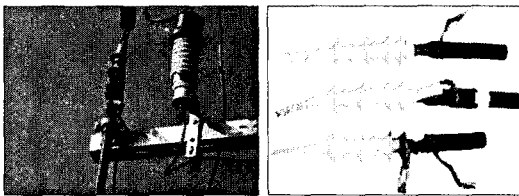


그림 7. 소손된 종단접속부 사고사례
Fig. 7. Accident case of faulted cable termination

그림 8은 그림 7의 사고에 대한 자가원인 분석한 결과를 나타낸다. 자가원인 분석에서 1차 진단으로 종단접속부, 2차 진단으로 절연체의 구멍, 3차 진단으로 도체의 용융망울의 패임을 선택한 경우 케이블의 사고가능성은 “시공 시 칼집에 의한 전계집중 가능성”, “케이블과 종단접속부 사이의 틈 발생에 의한 사고 가능성”이 57[%]로 높게 나타났다.




자가원인 분석		
1차 진단 케이블 사고 부위	2차 진단 불연체 외형	3차 진단 도체의 외형
 Cable Termination	 Barbus Pin	 Bead Neck
사고원인 (대부분) 열처리불량 사고원 1원으로서 설비의 열처리불량, 정밀도 부족에 의해 사고 발생하는 2차원 수 있으므로 정밀분석에 의한 자가원인 진단을 통해 예방이 가능하다.		
시공시 칼집에 의한 전계집중 가능성		
케이블과 종단접속부 사이의 틈 발생에 의한 사고 가능성		
절연체 구멍에 의한 전계집중 가능성		
도체의 용융망울에 의한 전계집중 가능성		
기타 원인 (시공 불량, 인입 케이블 불량 등)		
기타 원인 (시공 불량, 인입 케이블 불량 등)		
기타 원인 (시공 불량, 인입 케이블 불량 등)		

그림 8. 사고사례에 대한 자가원인진단
Fig. 8. It's cause diagnosis of cable accident case

그림 9는 본 케이블 접속부위에 틈이 발생한 사진을 나타낸다. 사고원인은 고장 발생부위와 케이블 헤드의 제작사가 3M이며, 각사마다 시공(조립)방법 측면에서 약간의 차이가 있다는 점 및 이의 준수여부는 물론, 과학적 열화원인을 감안할 때, 자기수축형 튜브가 외도까지 덮여 있어야 비로소 전계완화 효과를 얻을 수 있다. 그림에도 불구하고 이 튜브가 절연체 상에서 마감되어 있는 점과 이 마감 부위에서 사고가 발생했다는 점으로부터 시공방법을 준수하지 않아 튜브의 마감부위에 전계가 집중되어 가압 이후 지속적인 부분방전이 발생하여 케이블에 누적된 스트레스로 인해 발생한 사고로 추정할 수 있다.

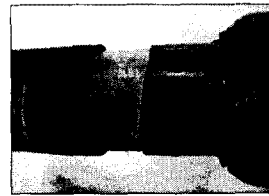


그림 9. 케이블 헤드 처리 불량
Fig. 9. Mistake of cable termination

이상으로 사고사례를 통한 시스템 검증결과 전반적으로 자가원인 진단결과와 실제 분석결과가 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다.

4. 결 론

전기설비 사고 발생 시, 사고원인을 자가 진단할 수 있는 처리시스템을 FMEA 방법을 통해 구축하였으며, 자가원인 분석시에는 피드그램을 도입하여 이용자가 쉽게 선택할 수 있도록 유도하고 계산을 통해 사고가능성을 확률값으로 나타내었다. 또한 케이블 사고사례를 통한 시스템 검증 결과, 정밀분석에 의한 사고원인 분석과 자가진단을 통한 사고원인 분석결과가 대부분 일치하는 결과를 가졌다. 따라서 본 처리시스템을 이용하여 전기설비 사고원인을 규명하는데 효과적으로 사용될 것으로 판단되며, PL 분쟁 시의 객관적인 자료로 활용될 것으로 판단된다.

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

References

- (1) Korea Electrical Safety Corporation, "A Statistical Analysis on the Electrical Accident", 14th edition, pp. 7-24, 2007.
- (2) 한국피엘협회, "제조물책임(PL) 사고 예방을 위한 기술적 지원방안, 보고서, 2006.
- (3) 황광수, 최종수, 정종욱, 정진수, "전력케이블 고장원인 분석에 관한 사례 연구", 한국조명전기설비학회 학술대회 논문집, pp.345-347, 2007.
- (4) IEC 60502-1(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1(kV)(Um= 1,2(kV)) up to 30(kV)(Um= 36(kV)), Part 1: Cables for rated voltages of 1(kV)(Um= 1,2(kV)) and 3(kV)(Um= 3,6(kV))), 2005.
- (5) IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스템재료의 공통 시험 방법-제1부: 시험방법 총칙-제1절: 두께 및 완성품 바깥지름 측정-기계적 특성 시험), 2002.

◇ 저자소개 ◇

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 전기안전연구원 설비안전팀 주임연구원.
Tel : (031)580-3064
Fax : (031)580-3111
E-mail : athens9@naver.com

송길목 (宋佶穆)

1967년 3월 31일생. 1994년 2월 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 2003년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 설비안전팀 책임연구원.
Tel : (031)580-3065
Fax : (031)580-3111
E-mail : natasder@kesco.or.kr

김선구 (金善球)

1961년 2월 25일생. 1985년 2월 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1991~2002년 한국전기안전공사 제작. 2002년~현재 전기안전연구원 설비안전팀 팀장(책임연구원).
Tel : (031)580-3071
Fax : (031)580-3111
E-mail : ksk@kesco.or.kr