

## 저압전로의 누전·지락에 대한 신뢰성향상 방안에 관한 연구 A Study on the Reliability Improvement Plan on Electric Leakage & Ground Fault of Low-voltage Electrical Line

강경원 · 윤명오 · 구선환\* · 송영주\*†

Kyung-Won Kang · Myung-O Yoon · Seon-Hwan Gu\* · Young-Joo Song\*†

서울시립대학교 재난과학과, \*동신대학교 소방학과  
(2011. 9. 26. 접수/2011. 10. 27. 수정/2011. 12. 9. 채택)

### 요 약

화재발생 원인 중 가장 많은 부분을 차지하는 것 중 하나가 전기적 요인이며 이 전기적 요인 중 일정 비율 이상을 차지하는 것이 누전·지락사고이다. 이러한 누전·지락사고를 줄이기 위해 최근 국제규격인 IEC 60364-4-41을 반영한 저압전로의 지락보호에 관한 기술지침(KECG 1091-2011)이 개정되었으며 설비의 상시사용·운용 및 고장·결함 등을 회복시켜 신뢰성을 향상시키는 보전방식이 대두되고 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 10년간의 화재발생현황을 파악하여 전기화재의 위험성을 분석한 후 일정비율 이상 차지하고 있는 누전·지락사고를 개선시키기 위한 방법으로 KECG 1091-2011의 개정사항을 검토한 다음 누전·지락보호검출의 신뢰성을 향상시키기 위한 예방보전 방식을 적용하여 시간계획보전 방식으로 정기 점검제도와 내용연수제도에 대한 문제점을 나열한 후 그 해결방안을 제시하고 상태감시보전 방식으로 누설전류 통합감시 장치와 디지털 누전경보기를 제안하고자 한다.

### ABSTRACT

One of a large proportion among the causes of fire is electrical factors, and of fire by electric factors, the accident which accounted for over certain percentage is electric leakage and ground fault. In order to reduce the electric leakage and ground fault, the technical guidelines on the protection of ground fault in the low-voltage electrical line (KECG 1091-2011) was amended for reflecting recent international standard, IEC 60364-4-41, and new conservation methods, which improved the reliability by recovering the facility's all-time use·operation and breakdown·defect, was on the rise. Accordingly, in this paper, after grasping the fire's status for last 10 years and analyzing the risk of electrical fires, and as a way to improve the electric leakage and ground fault accident which accounted for more than certain percentage, the revision of KECG 1091-2011 will be reviewed. And then, after applying to the preventive conservation methods in order to enhance the protection reliability of electric leakage and ground fault detection, the problems at issue routine inspection scheme and durable years scheme in time-scheduled conservation method are listed, along with suggestion of the problem-solving scheme, and the leakage current integrated monitoring systems and digital electric leakage devices by status monitor conservation method will be proposed.

**Key words :** Electric leakage, Ground fault, Low-voltage electrical line, Preventive conservation

### 1. 서 론

최근 건축물·산업설비의 대형화, 고층화, 지중화, 밀폐화되고 고도의 정보통신사회로 발전함에 따라 사회구조가 복잡하고 다양해져 전기의 사용은 점점 더

증가되고 있다. 그러나 이로 인한 일상생활에 편리한 생활필수품으로서 없어서 안 될 전기 제품은 사람의 사소한 부주의로 인하여 많은 화재를 불러일으키고 그 피해 역시 날로 증가하고 있어 세심한 주의가 필요하다.<sup>1)</sup>

화재발생 원인 중 가장 많은 부분을 차지하는 것 중 하나가 전기적 요인이며 이 전기적 요인 중 일정비율 이상을 차지하는 것이 누전 및 지락사고이다. 누전이

† E-mail: dewangell@dreamwiz.com

란 절연이 불완전하여 전기의 일부가 전선 밖으로 새어나와 주변 도체에 흐르는 현상이며, 지락이란 전로와 대지간의 절연이 저하하여 아크 또는 도전성물질의 영향으로 전로 또는 기기의 외부에 위험한 전압이 나타나거나 전류가 흐르게 되는 현상이다. 이런 누전이나 지락이 발생되면 누설/지락전류가 불꽃을 튀기며 흐르고 인화성이 있는 물질이 인접해 있으면 화재의 원인이 되며, 이곳에 사람이나 가축의 신체 일부가 닿으면 감전 사고를 야기시킬 수 있다. 이러한 누전·지락에 대한 보호방식의 대표적인 기준이 한국전기위원회에서 제정한 ‘저압전로의 지락보호에 관한 기술지침(KECG 9101)’이나 최근 국제규격 IEC 60364-4-41이 도입되어 각각의 접지계통에 일괄 적용하기에는 상충되는 예외사항이 있음에도 불구하고 일괄 적용하는 등의 문제점이 있어 이것을 개선할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 10년간의 화재발생현황을 파악하여 전기화재의 위험성을 분석한 후 일정비율 이상 차지하고 있는 누전·지락사고를 개선시키기 위한 방법으로 KECG 1091-2011의 개정사항을 검토한 다음 예방보전 방식을 적용하여 시간계획보전 방식으로 정기 점검제도와 내용연수제도를 제시하고 상태감시보전 방식으로 디지털 누전경보기와 누설전류 통합감시 장치의 적용 필요성을 제안하고자 한다.

## 2. 화재발생 현황 분석

화재로 인한 피해의 현주소를 알아보기 위해 2001년 1월에서 2010년 12월까지 최근 10년 동안 전국에서 발생한 화재에 대한 발화요인별 화재건수, 인명피해, 재산피해를 나타내면 Figure 1과 같다.<sup>2)</sup> 발화요인

별 화재발생 현황을 좀 더 자세히 분석해보면 발화요인별 화재건수에서는 부주의가 87,256건(약 46.7%)으로 가장 높게 나타났으며 전기적요인 43,496건(약 23.3%), 미상 18,357건(약 9.8%)의 순서로 나타나고 있다. 또한 발화요인별 인명피해에서는 부주의가 3,065명(약 32.2%)으로 가장 높게 나타났고 미상 1,928명(약 20.3%), 전기적요인 1,302명(약 13.7%) 순으로 나타나고 있으며 발화요인별 재산피해에서는 미상이 395,000,000원(약 34.3%)으로 가장 높게 나타났고 전기적요인 300,000,000원(약 26.1%), 부주의 235,000,000원(약 20.5%) 순으로 나타나고 있다. 그러나 미상은 구체적인 요인이 될 수 없으므로 미상을 제외한다면 결국 사람의 사소한 부주의로 인한 전기적 요인에 의해 많은 화재를 발생한다는 사실을 알 수 있다. 특히 전기적요인은 발화요인별 재산피해에서 미상을 제외한다면 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 최근 10년 동안 전국에서 발생한 화재에 대한 전기적 요인별 발화요인에 대해 화재건수, 인명피해, 재산피해의 각 비율을 구해서 합한 후 3으로 나눈 평균치를 나타내면 Figure 2와 같다.

전기적 요인별 화재발생 현황을 좀 더 자세히 분석해보면 미확인 단락이 31.3%로 제일 높게 나왔으며 절연열화에 의한 단락 18.6%, 압착·손상에 의한 단락 10.8%, 기타 10.5%, 과부하/과전류 9.2%, 접촉 불량에 의한 단락 8.6%, 누전·지락 4.4%, 트래킹에 의한 단락 3.7%, 반단선 1.7%, 충전단락 1.1%의 순서로 나타나고 있다.

발화요인별 화재발생 현황과 동일하게 전기적 요인별 화재발생 현황에서도 미확인 단락과 기타는 구체적인 요인이 될 수 없으므로 미확인 단락과 기타를 제외

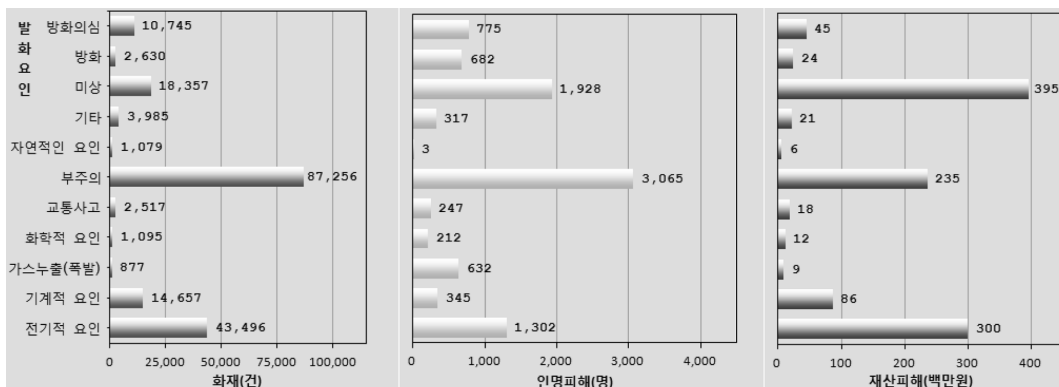


Figure 1. Fire number of items, life damage and property damage occurrence present condition by ignition factor (10 year average).

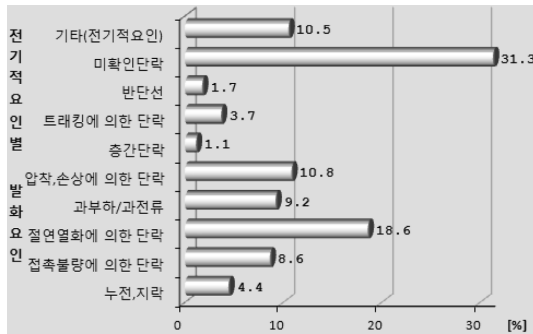


Figure 2. Fire occurrence present condition by electric factor.

한다면 절연열화, 압착·손상, 접촉 불량, 트래킹 등에 의한 단락, 과부하/과전류, 누전·지락에 의해서 화재가 발생한다는 사실을 알 수 있다. 여기서, 누전·지락은 다른 요인에 비해 상대적으로 발생비율이 높진 않지만 장기간 동안 일정비율 이상을 차지하고 있는 요인 중 하나이므로 누전·지락사고를 개선시켜 신뢰성을 향상 시킬 필요가 있다.

### 3. 저압전로의 지락보호

오늘날 국내에서 적용되고 있는 저압전로의 지락보

호는 1971년에 제정된 일본의 기술 지침인 ‘저압전로의 지락보호에 관한 기술지침(JEAG 8101-1971)’을 우리나라 실정에 맞게 수정하여 2004년 1월 4월 한국전기위원회에서 제정(KECG 9101-2003)한 것이나 최근 저압전기설비 설치와 관련하여 국제규격인 IEC 60364가 도입되고, TN, TT, IT접지계통 각각에 대한 지락보호방식과 누전 등과 관련된 기술발전사항의 반영이 필요하게 되어 KECG 9101-2011로 개정 되었다.

그러나 아직까지 기존의 지침인 KECG 9101-2003 (보호접지 방식, 과전류차단 방식, 누전차단 방식, 누전경보 방식, 절연변압기 방식)을 그대로 적용하거나, IEC에서 규정하고 있는 각각의 접지계통에 대해 일괄 적용하는 문제점이 있으므로 이것을 개선할 필요가 있다.

#### 3.1 감전보호에 관한 기술지침

감전보호의 개념은 어쩔 수 없는 기기의 고장이나 사람의 잘못된 행동에 대해서도 고려되어야 하므로 모든 경우를 상징할 필요가 있으며 감전보호의 기본은 인체가 전기설비의 충전부에 접촉할 때 인체를 통하여 흐르는 위험한 전류를 안전한계치 이하로 억제하는 것이다. 감전보호는 특별저압에 의한 보호를 제외하고 정상상태와 지락고장상태로 구분하고 있으며 정상상태에서의 보호는 ‘직접접촉에 의한 보호’에 해당하고 지락고장상태에서의 보호는 ‘간접접촉보호에 의한 보호’에 해당된다. ‘간접접촉보호에 의한 보호’는 인체가 충전

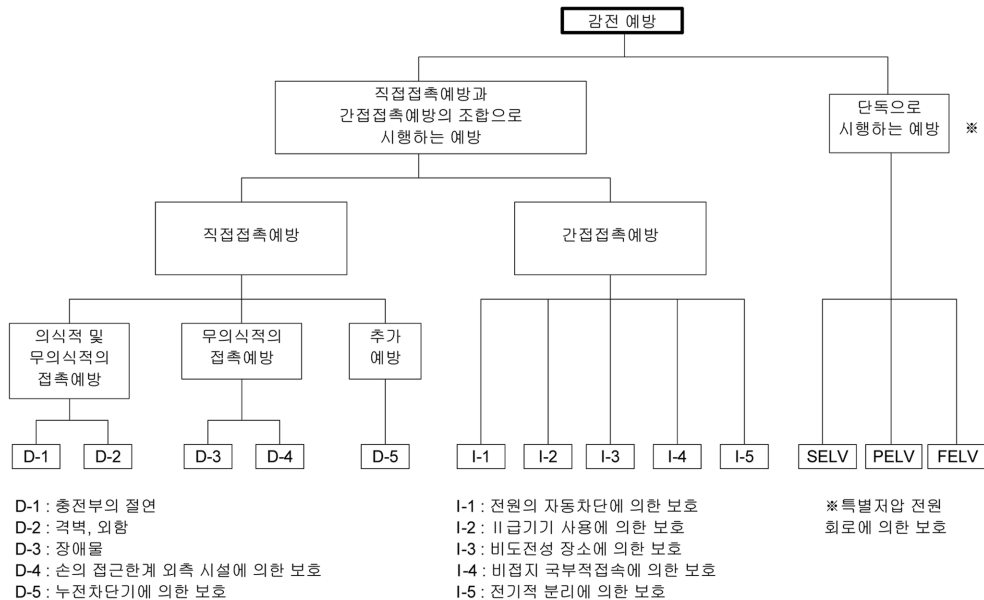


Figure 3. Electric shock preventive system.

부에 직접접촉하지 않도록 하여 감전을 방지하는 것을 의미하며 ‘간접접촉에 의한 보호’는 충전부의 절연이 손상되어 접촉 가능한 기기의 금속제 외함에 전압이 발생된 상태에서 인체가 그 기기에 접촉하여 감전되는 것을 방지하는 것을 의미한다. 특별저압에 의한 보호에 대해서는 1개의 독립된 보호방법을 적용하기도 하지만 직접접촉에 의한 보호와 간접접촉에 의한 보호가 동시에 이루어지며 사용전압을 교류 50 V 이하, 직류 120 V 이하로 하여 보호하는 방식이다. IEC 60364-4-41규격에서의 감전보호 기본개념은 2개 이상의 보호방법을 조합하도록 하고 있으며 이것을 나타내면 Figure 3과 같다.<sup>3)</sup>

저압전로의 지락보호에 관한 기술지침인 KECG 9101-2011에서는 IEC 60364-1규격인 Figure 2의 간접접촉에 방과 특별저압에 대한 보호를 혼합한 전원자동차단에 의한 보호, 특별저압(SELV, PELV)에 의한 보호, 2중 또는 강화절연에 의한 보호, 절연변압기에 의한 보호, 비도전성 장소에 의한 보호, 비접지 국부 등전위본딩에 의한 보호방식을 제시하고 있다. 이것은 KECG 9101-2003에서 제시한 보호방식을 IEC 규격을 적용하여 국

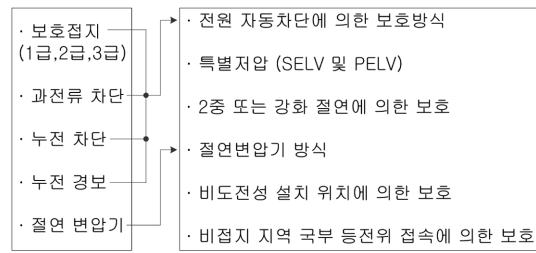


Figure 4. KECG 9101-2011 amendments.<sup>4)</sup>

내 환경에 맞게 부합화 시킨것으로 이것을 나타내면 Figure 4와 같다. 즉, KECG 9101-2003의 보호접지, 과전류차단, 누전차단, 누전경보 방식은 KECG 9101-2011에서는 전원 자동차단에 의한 보호방식으로 통합되어 TT, IT, TN접지계통 각각에 대한 보호방식으로 사용된다.

3.2 IEC 규격에 의한 접지방식

계통접지와 기기의 조합에 따라 접지방식에는 여러 가지 방식이 있는데 국내에서는 IEC 규격을 부합화한 KSC IEC 60364-1의 규정을 적용하여 TN계통, TT계

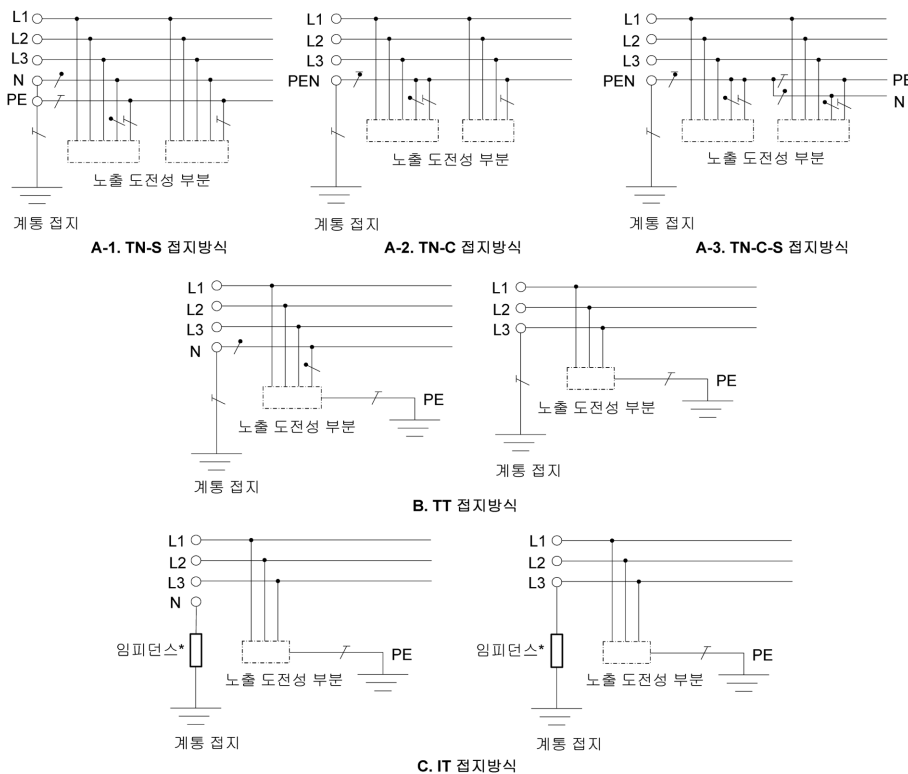


Figure 5. Ground system by IEC standards.

통, IT계통을 제안하고 있다.<sup>5)</sup>

TN계통이란 전원의 한 점을 직접접지하고 설비의 노출 도전성 부분을 보호도체(PE)를 이용하여 전원의 한 점에 접속하는 접지계통으로 중성선 및 보호도체의 배치에 따라 TN-S계통, TN-C계통 및 TN-C-S계통의 세 종류가 있다.

TT계통이란 전원의 한 점을 직접접지하고 설비의 노출 도전성 부분을 전원계통의 접지극과는 전기적으로 독립한 접지극에 접지하는 접지계통이고 IT계통이란 충전부 전체를 대지로부터 절연시키거나, 한 점에 임피던스를 삽입하여 대지에 접속시키고 전기 기기의 노출 도전성 부분을 단독 또는 일괄적으로 접지하거나 또는 계통접지로 접속하는 접지계통을 말한다. 이것을 나타내면 Figure 5와 같다.

3.3 전원 자동차단에 의한 보호방식<sup>6)</sup>

3.3.1 TN계통의 보호

TN계통의 고장루프 구성을 나타내면 Figure 6과 같고 TN 계통에서 설비 내의 상전선과 보호선 또는 노출 도전성부분 사이에 임피던스를 무시할 수 있는 고장이 발생한 경우는 수식(1)을 만족하여야 한다.

$$Z_S \times I_a \leq U_0 \tag{1}$$

여기서,  $Z_S$ : 전원~고장점까지 고장루프 임피던스[Ω]  
 $Z_S = Z_{L1} + Z_{C1} + Z_{C2} + Z_{PE} + Z_0$   
 $I_a$ : 고장차단시간내의 차단장치 자동 차단전류[A]  
 $U_0$ : 공칭 대지전압(교류 실효값)[V]

TN계통의 보호에 적용 가능한 장치에는 과전류차단

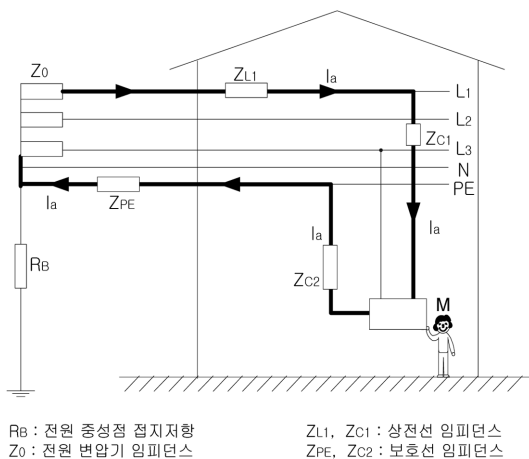


Figure 6. Fault loop configuration of TN system.

Table 1. The Maximum Breaking Time of TN System

[V]	차단시간[s]
120 (220)	0.8 (-)
230	0.4
277	0.4
400	0.2
400 초과	0.1

기와 누전차단기가 있으며 TN-C 계통에서는 누전차단기를 사용할 수 없고 TN-C-S 계통에서 누전차단기를 사용할 경우는 보호선과 PEN 선의 접속은 누전차단기의 전원측에 하여야 한다. TN계통의 최대차단시간을 나타내면 Table 1과 같다.

3.3.2 TT계통의 보호

TT계통의 고장루프 구성을 나타내면 Figure 7과 같고 TT 계통에서 고장이 발생한 경우는 수식(2)를 만족하여야 한다.

$$R_A \times I_a \leq 50[V] \tag{2}$$

여기서,  $R_A$ : M에 대한 접지극 및 보호도체 저항의 합[Ω]

$I_a$ : 보호장치 자동 동작전류[A]  
 누전차단기인경우 정격 감도전류  $I_{\Delta n}$

TT계통의 보호에 적용 가능한 장치에는 과전류차단기와 누전차단기가 있고 일반적으로 누전차단기를 적용하며 차단시간을 나타내면 Table 2와 같다.

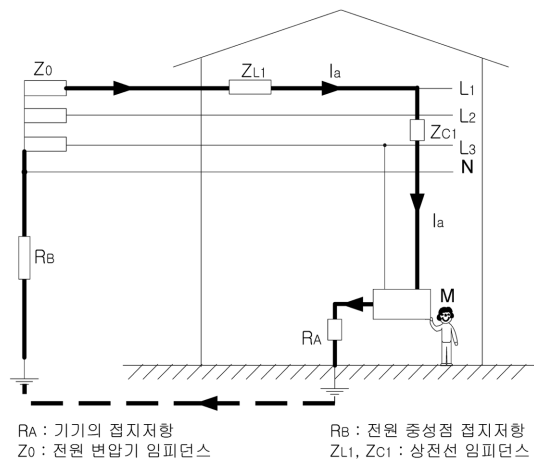


Figure 7. Fault loop configuration of TT system.

**Table 2.** The Maximum Breaking Time of TT system

공칭 대지전압	차단시간 [sec]
50 V 초과 120 V 이하	0.3
220 V	0.2
380 V	0.07
440 V	0.04

**Table 3.** The Maximum Breaking Time of IT System (Second Fault)

설비의 공칭전압 U <sub>0</sub> /U[V]	차단시간[s]	
	중성선 無	중성선 有
120~240 (220/380)	0.8 (-)	5 (-)
230/400	0.4	0.8
400/690	0.2	0.4
580/1,000	0.1	0.2

3.3.3 IT계통의 보호

IT 계통을 구성하는 전기 기기의 노출 도전성부분은 개별, 그룹별 또는 집합적으로 접속하고 수식(3)을 만족하여야 한다.

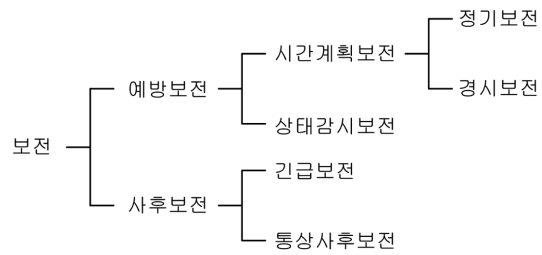
$$R_A \times I_d \leq 50[V] \tag{3}$$

여기서, R<sub>A</sub>: 노출 도전성부분의 접지극 저항[Ω]  
 I<sub>d</sub>: 하나의 상전선과 노출 도전성부분 사이에 임피던스를 무시할 수 있는 초기 고장이 발생했을 때의 고장전류[A]

초기고장 발생 후 고장이 계속되고 제2차 고장이 발생한 경우의 전원 자동차단은 노출 도전성부분이 그룹마다 또는 개별로 접지되어 있는 경우 보호조건은 TT 계통으로 간주하여 TT 계통의 보호방식을 적용하며, 보호선의 일괄접지에 의해 상호 접속되어 있는 경우 TN 계통으로 간주하여 TN 계통의 보호방식을 적용한다. IT계통의 차단시간을 나타내면 Table 3 과 같다.

4. 예방보전방식

보전방식의 분류는 JIS Z 8115 신뢰성 용어속의 도표를 많이 사용하는데 이것을 나타내면 Figure 8과 같으며 예방보전과 사후보전으로 크게 나누어진다. 예방보전은 예정된 시간계획에 따라 예방보전을 시행하여 시간기준보전(TBM)이라 불리워지는 시간계획보전과 항상 상태를 감시하는 예방보전을 시행하여 상태기준



**Figure 8.** Classification of preservation method.<sup>7)</sup>

보전(CMB)이라 불리워지는 상태감시보전(CMB)으로 분류되며, 시간계획보전은 다시 계획된 주기에 따라 신 품으로 교환하는 정기보전과 예정된 누적 동작시 신 품으로 교환하는 경시보전으로 재분류된다. 또한, 사후보 전은 처음부터 사후보전을 하도록 정해서 실시하는 통 상사후보전과 본래에는 예방보전을 해야 하는데 고장 이 나서 긴급하게 실시하는 긴급보전으로 분류되나 통 상사후보전은 사고가 난 후에 보전하는 방식이고 긴급 보전은 본래 실시해야하는 보전작업이 아니므로 보전 방식 이라고 말할 수 없으므로 사후보전은 제품의 신 퇴성을 향상시키는 방법이 될 수 없다.

따라서 저압전로의 누전·지락사고에 대한 신뢰성 향상을 높이기 위해 시간계획보전 방법으로 정기점검 제도와 내용연수제도를 제안하여 문제점을 나열한 후 그 해결방안을 제시하며 상태감시보전 방법으로 디지 털 누전경보기와 통합감시 장치의 적용 필요성을 언급 하고자 한다.

4.1 시간계획보전

4.1.1 정기점검제도

예방보전 시간계획보전의 일례로 국내의 소방분야에 적용하는 정기점검제도에는 「소방시설유지 및 안전관 리에 관한 법률」 제4조인 ‘소방검사제도’와 소방시설 유지 및 안전관리에 관한 법률 제25조인 ‘자체점검제 도’가 있다.

소방검사제도는 소방기관이 현장에 관계공무원을 화 재의 예방과 화재진압 대책의 마련을 위해 필요한 때 에 언제든지 모든 소방대상물이나 관계지역에 대해 검 사를 할 수 있는 제도로 소방검사계획을 수립하여 실 시하는 ‘정기검사’와 대형화재 발생 및 계절적 취약시 기에 실시하는 ‘특별검사’가 있다. 자체점검제도는 특 정소방대상물(「소방시설유지 및 안전관리에 관한 법 률 시행령」 제5조 [별표 2]에 설치되어 있는 소방시 설 등에 대하여 관계인, 방화관리자, 소방시설관리자가 정기적으로 점검을 실시(년 1회 이상)하는 제도로

**Table 4.** Durable Years by Management Objective Item<sup>11)</sup>

품목	내용연수	설정조건
수동식소화기	8년	○ 내용연수는 소방용품의 사용 중에 적절한 점검을 실시하고 설치환경에 이상이 없는 것을 전제로 설정한 것임 ○ 풍수·염분·부식성가스 등으로부터 영향을 받는 장소에 설치되었거나 열악한 환경에 설치된 소방용품은 위 내용 연수가 단축될 수 있음
소방호스	8년	
단독경보형	10년	

소방시설 등을 인위적으로 조작하여 정상작동여부를 점검하는 ‘작동기능점검’과 소방시설 등의 작동기능점검을 포함하여 설비별 주요구성 부품의 구조기준이 화재안전기준에 적합한지 여부를 점검하는 ‘종합정밀점검’에 대해 「소방시설유지 및 안전관리에 관한 법률 시행규칙」 제18조[별표 1]에서 규정하고 있다.

상기의 법령에서 위임된 사항을 개선 보완하기 위하여 소방공무원이 특정소방대상물에 대해 소방검사를 하는 경우에는 소방검사세부검사표를 사용하며, 특정소방대상물에 설치된 소방시설 등의 자체점검사항 및 세부점검방법은 작동기능점검표 및 종합정밀점검표에 의하여 실시하도록 소방시설자체점검사항등에 관한 고시(소방방재청고시 2004-31호)에서 규정하고 있다. 또한, 공공기관이 기관장이 소방점검을 실시할 때에는 소방시설외관점검표를 사용하여 점검하도록 규정하고 있다.<sup>8-10)</sup> 그렇지만, 대부분의 설비점검이 단순 작동여부를 확인하는 방식에 머물고 있어 다음 점검 주기까지의 정상작동 여부를 보장하지 못하는 등, 유지보수를 위한 형식적 규정이라는 한계를 가지고 있다. 특히 누전경보기의 경우 소방검사세부검사표에서는 단순히 누전경보기의 적합성 여부만을 기록하고 있고, 작동기능점검표에서는 수신기, 변류기, 음향장치, 차단기구에 대해 단순 작동점검을 하고 있으나 누전경보기의 핵심 부품인 영상변류기의 고장 여부에 대해서는 점검항목이 없으며 종합정밀점검표에서는 설치방법, 수신기, 전원에 대해 적부성과 적합성을 점검하고 있으나 소방검사세부검사표와 마찬가지로 핵심 부품인 영상변류기에 대한 점검항목은 아예 없고 누전경보기의 점검 또한 형식적인 점검에 그치고 있는 실정이다. 따라서 각 검사표, 점검표에 영상변류기에 대한 점검항목을 추가할 필요가 있으며 점검 및 보고자를 명확히 할 필요가 있다.

#### 4.1.2 내용연수제도

소방용품의 작동여부를 확인하기 위하여 점검이 이루어지고 있으나, 다른 공산품과 같이 소방용품도 출고 시점부터 노화가 시작되므로 일정기간이 경과하면 본래의 기능을 상실하여 성능을 보장할 수 없게 된다.

또한, 작동 기능여부에 대한 점검과 소방용품의 소화 성능은 전혀 별개의 문제(ex, 소방차 와이어 절단사고 - 와이어 부분은 절단하지 않고는 점검할 수 없는 부분으로 점검이 유지관리 수단은 될 수 있으나 성능은 보장할 수 없다.)로 미국, 일본 등의 외국에서도 내용연수가 경과된 제품에 대하여 반드시 성능검사 후 사용하도록 하고 있다. 국내의 소방장비에 대해서는 소방장비관리규칙 제13조에 의거 소방장비 내용연수를 지정고시(소방방재청 고시 제2005-59호)하여 사용하고 있으나 소방용품에 대해서는 최근 경년변화나 환경적 요인을 고려한 내구연한 산정 등의 부가적 규제 마련에 대한 논의가 진행되어 화재 발생 시 초기진화를 위한 필수적인 소방용품으로서 교체에 대한 설비공사가 필요하지 않은 수동식 소화기, 소방호스, 단독 경보형 감지기에 대하여 민간자율의 내용연수제도를 2010년 10월 18일부터 시행하고 있으며 이것을 나타내면 Table 4와 같다. 그러나 Table 4의 품목만으로는 화재에 대한 예방보전을 모두 만족시킬 수 없고 국내의 한국전력이나 일본의 전기공업협회에서는 고압기기에 대한 내용연수 품목을 Table 5와 같이 나타내고 있다.

따라서, 누전경보기에 대한 내용연수도 누전경보기의 구성 부품을 고려하여 Table 5에서 나타내고 있는 계기용변성기(MOF)나 CT의 내용연수를 적용하는 것이 바람직 할 것이다.

**Table 5.** Durable Years by High Voltage Equipment<sup>12)</sup>

기기종류	수명		기기종류	수명	
	한전	일본		한전	일본
개폐기	15	15	정류기	10	-
차단기	15	15	배전반	15	-
변압기	15	20	축전지	5	-
단로기	15	20	고압Cable	30	-
MOF	15	15	Cable Head	15	-
피뢰기	10	15	모선	15	-
콘덴서	15	15	PT	5	15
보호계전기	15	15	CT	5	15

4.2 상태감시보전

4.2.1 누설전류 통합감시 장치

우리나라의 구내 변전설비는 대부분 380/220[V] 중성점 접지방식으로 구성되어 있어 누설전류 전체가 접지선로를 통하여 대지로 흐르게 되는데 이 누설전류를 그대로 방치할 경우 전기로 인한 감전, 화재 등 여러 가지 재해요인이 이 될 수 있으므로 상시 감시가 필요하다.

현재 국내 저압전로의 대부분은 누설전류에 대한 보호설비로 기중차단기(ACB)의 과전류지락계전기(OCGR)와 누전차단기(ELB)를 사용하고 있으며 누전차단기 1차측은 영상변류기(ZCT)와 누전경보기(ELD)를 사용하여 경보하는 방식을 채택하고 있다. 즉, 각 간선회로마다 영상변류기와 누전경보기를 설치하고 1차 정격전류가 200[mA] 이상 검출 될 때 경보를 발하는 방식을 사용하고 있다. 그러나 이 방식은 누설전류의 정확한 값을 알지 못할 뿐만 아니라 관리비 절감을 명분으로 관리를 무인화 또는 순회점검 하는 곳이 대부분이므로 누전경보기의 경보가 울리는 즉시 원인을 제거하지 못하는 어려움이 있다.

기존 보호계전 계통에서 가장 위험한 것 중 하나는 누설전류에 의한 비상발전기의 가동 중지이다. 국내 대부분의 변압기는 기중차단기에 내장된 과전류지락계전기를 이용하여 지락 전류를 차단하도록 되어있고 기중차단기는 정격전류의 10[%] 이상의 범위 전류에 대해서만 보호가 가능하므로 기중차단기의 정격 전류가 커질수록 지락 동작기준 전류도 함께 올라가게 되어있다. 따라서 지락전류의 크기가 최소 63[A] 정도가 되어야 지락 차단이 되고 이보다 작은 지락전류는 보호할 수 없으므로 대용량 기중차단기의 경우에는 내장된 지락 보호 기능이 현실적으로 무의미 해진다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 변압기 저압측 중성점 접지선으로 귀환되는 누설전류를 실시간 모니터링 할 수 있는 누설전류 통합감시 장치가 필요하다.

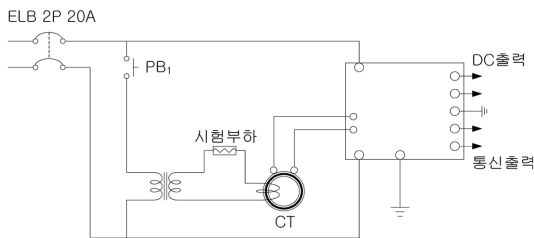


Figure 9. The detector circuit of integrated monitoring system.

누설전류 통합감시 장치는 누설전류를 검출하는 검출부와 지정 값 이상의 누설전류가 검출되면 관리자에게 경보해 주는 감시부로 구성되어 있다. 검출부는 변압기 중성점 접지선에 CT를 설치하여 검출한 신호를 감시부에 전달하는 System으로 CT 2차측에 1[kΩ]의 저항을 달아 0~5[V]까지의 전압 값을 검출하고 이 전압 값을 다시 DC전류 또는 통신출력으로 변환하여 감시부로 보내며 이때 사용되는 CT는 고감도 CT로 측정 가능한 전류의 범위는 30[mA]~30[A]이다.<sup>13)</sup> 통합감시 장치의 검출부 회로를 나타내면 Figure 9와 같다. 통합 감시 장치의 감시부는 검출부에서 출력신호를 받아 설정치 이상의 누설전류가 유입될 시 1차 경보, 2

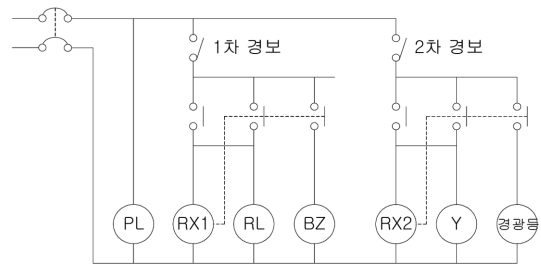


Figure 10. The monitor circuit of integrated monitoring system.

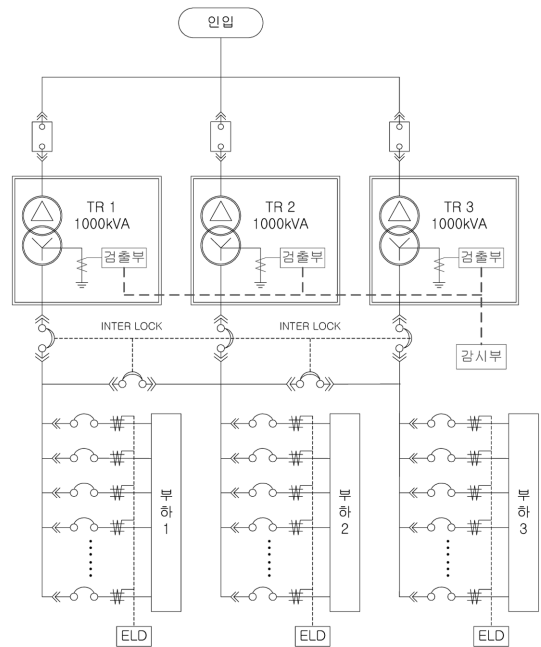


Figure 11. A single-line diagram of the site installed.



차 경보의 2가지 방법으로 관리자에게 위험 상황을 알려준다. 1차 경보의 경우 부저와 램프가 동작하고, 2차 경보의 경우 경광등, 램프 및 부저가 동작하게 되어있다. 통합감시 장치의 감시부회로를 나타내면 Figure 10과 같다.

각 변압기 2차측 Y결선 중성점에 누설전류 통합 감시 장치를 설치하여 각 변압기의 중성점 접지선에 흐르는 누설전류를 감시할 수 있는 수용가의 단선결선도를 나타내면 Figure 11과 같다.

4.2.2 디지털 누전경보기

기존의 누전경보기는 감시자가 현장에 근무하는 것을 전제로 개발되었기 때문에 누전이 발생하면 현장에서 경보음을 울려 주거나 원방으로 출력 접점을 이용하여 누전 유무를 통보하는 것만이 주 기능이였다. 또한 5회로나 10회로용 중 하나를 선택해야 했기 때문에 다회로용에서는 여러 대를 하나의 판넬에 설치해야 하는 실용성이 떨어지는 문제점이 있다. 그러나 디지털 누전경보기는 어느 회로에 어느 정도 크기의 누전이 발생하고 있는가를 확인 가능하고 누전 경보기 10회까지 순차적으로 각종 데이터를 보관할 수 있는 Trace기능이 있으며 현장 회로 수에 맞추어 8, 16, 24, 32회로용으로 선택가능하다. 또한, 32회로 누전경보기 16대까지 통신을 이용하여 중앙 감시반 PC에서 실시간 감시할 수 있고 설정치를 변경할 수 있어 실용성이 뛰어나고 신뢰성도 더 높다.<sup>14)</sup> 디지털 누전경보기의 결선도를 나타내면 Figure 12와 같다.

기존의 누전경보기와 디지털 누전경보기의 가장 큰

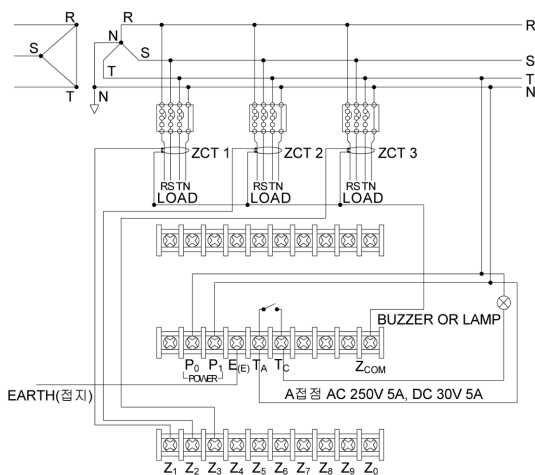


Figure 12. A diagram of digital electric leakage detector.

차이점은 동작시간의 기억 유무로 기존의 누전경보기는 언제 동작했는지 그 시간이 표시되지 않지만 디지털 누전경보기는 정확하게 동작시간이 기억되므로 사후 사고분석에 유용한 자료로도 이용 할 수 있다. 예를 들어 화재가 발생하고 정전이 되지 않았다면, 화재의 발화지점 회로가 제일 먼저 동작할 것이고 확산경로에 따라 그 다음의 회로가 동작할 것이다. 이렇게 디지털 누전경보기에서 동작시간을 확인한다면 초기 발화장소 뿐만 아니라 화재 원인이 누전인지 또는 다른 원인에 의한 것인지 추정할 수 있다.

따라서 기존의 누전경보기에 비해 신뢰성도 높고 실용성도 더 뛰어난 디지털 누전경보기를 설치하여 저압전로의 누전·지락에 대한 신뢰성을 향상 시킬 필요가 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 화재로 인한 피해의 현주소를 알아보기 위해 최근 10년 동안 화재발생원인 중 일정비율 이상을 차지하고 있는 전기적요인의 누전·지락사고를 분석하였으며 이런 누전·지락사고에 대해 효율적이며 신뢰성이 높은 저압전로를 구축하기 위해 국제규격인 IEC 60364-4-41을 반영한 KECG 1091-2011의 개정사항을 검토하였고 신뢰성 향상방안으로 예방보전방식을 적용하였다. 이것을 요약하면 다음과 같다.

첫 번째로 발화요인별 화재건수, 인명피해, 재산피해 발생 현황에서 전기적 요인이 각각 23.3%, 13.7%, 26.1%로 사람의 부주의로 인한 전기적 요인에 의해 많은 화재가 발생한다는 사실을 알 수 있으며 이 중 누전·지락사고가 4.4%로 다른 요인에 비해 상대적으로 발생 비율이 높진 않지만 장기간 동안 일정비율이 상을 차지하고 있으므로 누전·지락사고를 개선시켜 신뢰성을 향상 시킬 필요성을 제시하였다.

두 번째로 신뢰성이 높은 저압전로의 지락보호를 구축하기위해 IEC규격을 부합화한 KECG 1091-2011개정사항을 검토하여 전원자동차단에 의한 보호방식으로 TN, TT, IT 각 접지방식별 보호 조건과 최대차단시간에 맞는 시스템 구축의 필요성을 제안하였다.

세 번째로 예방보전방식의 시간계획보전방식으로 누전경보기의 영상변류기에 대한 정기정점제도와 내용연수제도의 도입 필요성을 제시하였고 예방보전방식의 상태감시보전방식으로 실시간으로 누설전류를 감시하여 누전·지락사고에 대해 저압전로의 신뢰성을 향상 시킬 수 있는 누설전류 통합감시 장치와 디지털 누전경보기를 제안하였다.

## 참고문헌

1. 최홍규외, “IEC 규정을 적용한 전력사용시설물 설비 및 설계”, 성안당(2010).
2. 소방방재청 국가화재정보시스템, “화재통계현황”(2011).
3. International Engineering Consortium, IEC Std 60364-4-41, “Electrical Installations of Buildings - Part 4: Protection for Safety-Chapter 41: Protection Against Electric Shock”(2010).
4. 대한전기협회, KECG 9101-2011, “저압전로의 지락 보호에 관한 기술지침”(2011).
5. 지식경제부 기술표준원, KS C IEC 60364-1, “건축 전기설비 - 제1부: 기본원칙, 일반 특성평가 및 용어 정의”(2010).
6. 지식경제부 기술표준원, KS C IEC 60364-4-41, “건축 전기설비 - 제4-41부: 안전을 위한 보호 - 감전에 대한 보호”(2010).
7. 日本工業規格, JIS Z 8115-1981, “の信頼性用語-M1 保全”(1986)
8. 이종영 외, “소방검사제도의 개선방안”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.13, No.5, pp.181-195(2009).
9. 최성룡, “소방검사의 시장중심 거버넌스 형성에 관한 연구”, 호서대학교(2009).
10. 하용우 외, “소방시설 검사제도의 발전방안에 관한 연구”, 한국화재소방학회 춘계학술대회 자료집, pp.341-346(2006).
11. 이규식 외, “소방용 설비의 교체연한 산정을 위한 사례 연구 - 일본 사례를 중심으로”, 한국화재소방학회 춘계학술대회 자료집, pp.301-306(2011).
12. 한국전력공사, 자산단위물품자료(2011).
13. 홍순석외, “변압기 저압측 중성점 접지선의 누설전류 통합감시에 관한 연구”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.24, No.5, pp.106-113(2010).
14. 육유경, “최신 디지털 누전경보기(ELD) 소개와 누전으로 인한 재해 예방대책”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.2, No.1·2, pp.25-30(2001).