

부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안

임용배\* · 정종욱\* · 정진수\* · 배석명\* · 조성원\*\*  
\*한국전기안전공사 전기안전연구원 · \*\*홍익대학교

A Plan to Ensure Safety of Electric Installation in Empty houses During Normal Working Hours

Young-Bae Lim\* · Jong-Wook Jung\* · In-Soo Jung\* · Seok-Myung Bae\* · Sung-Won Cho\*\*  
\*Electrical Safety Research Institution KESCO · \*\*Hongik Univ.

**Abstract** - An electrical fault is defined as any abnormal condition caused by reduction in the insulation strength between energized conduction parts and ground or any grounded part of an electrical system. Failure of solid insulation can be caused by excessive mechanical tension being applied on the insulation, harsh service environment, aging, and also by corona phenomena. The number of empty houses during normal working hours is rising. As a result, the number of uninspected electric installation for general use is increasing. To define the potential risk of the electric installation, measurement of leakage current has been getting considered, but because the measured leakage current value also contained leakage current by capacitance, the measured value can not be adapted to absolute reference to the installation. Therefore, in this paper, the correlation between the condition of electric installation and leakage current were analyzed.

누설전류의 측정으로 대체하여, 이 값이 1mA를 초과하면 옥내설비의 절연성능이 기준에 미달되는 것으로 판단하고 있다.

일본에서 규정하고 있는 저압전로의 절연성능은 전기설비기술기준 제22조 '저압전선로의 절연성능' 및 제58조 '저압전로의 절연성능'에 명시되어 있다. 특히 제58조에서는 전기사용 장소에서의 사용전압에 따른 절연저항 및 누설전류를 규정하고 있다.

중부보안협회의 경우 무정전으로 절연 진단이 가능하다는 점과 옥외 인입구에서 절연진단이 가능하다는 점 때문에 1984년부터 누설전류 측정을 절연저항 대신 측정하기 시작하였다. 이 측정법이 정식으로 인정된 것은 1989년부터이며, 기존의 절연저항 측정을 누설전류 측정으로 대체한 후에도 새롭게 발생된 문제점이나 사고사례는 보고되지 않았다. 또한 대규모의 전기설비에서는 반도체기기로부터 발생하는 노이즈를 잡지로 방류하기 위한 노이즈 필터 회로의 정전용량 등에 의한 표유전류(stray current)의 영향이 문제가 되지만, 일본의 일반 가정의 경우 판단에 큰 문제가 없는 것으로 보고되었다[1].

1. 서 론

현대의 문명은 전기를 배제하고는 상상할 수도 없다. 인류의 지적 욕구를 충족시켜줄 수 있는 정보통신기술로부터 기본적인 삶의 영위를 위한 의식주 문제까지 전기 없이는 정상적인 활동이 불가능하게 되었다.

이런 전기사용의 증가는 감전 및 전기화재의 위험에 노출되는 빈도를 증가시켰고, 보행 중이나 수면 중에도 방심할 수 없을 정도의 많은 위험을 산재시켰다. 특히 일반용전기설비의 경우는 관리 당사자가 비전문가인 불특정 일반인이므로 관리상태의 부실은 더욱 심각한 수준에 있을 수밖에 없다[1].

전기적인 고장은 충전된 도체들 사이 또는 상도체와 대지나 전기계통의 접지된 부분 사이의 절연 강도의 저하에 의한 비정상적 상태로 정의된다. 고체 절연의 고장은 고도한 기계적 인장이나, 절연체에 인가된 과열한 서비스 환경, 노화, 코로나 현상 등에 의해 발생되며[2], 전기화재나 감전사고 등의 재해로 진전될 수 있다.

따라서 우리나라에서는 옥내배선에 대한 절연상태 확인을 위해 일반용 전기설비에 대해 전기사업법 제66조 및 동법 시행규칙 제35조에 근거하여, 법정주기마다 정기점검을 실시하고 있고, 특히 절연저항 측정을 규정하여 관리하고 있다.

그러나 최근 해가축화와 맞벌이부부의 증가로 일과시간에 사람이 부재한 수용가가 급속히 증가되고 있어, 절연상태 판단을 위해 절연저항 측정이 불가능한 경우가 많이 발생되고 있다.

현재 누설전류 검출에 의해 전기설비의 절연상태를 판단하는 기술이 보편적으로 많이 활용되고 있다. 그러나 일반용 전기설비에 대한 누설전류 측정기법은 부재수용가에 대한 안전도 점검을 위한 판단근거로는 활용되지 못하고 있으며, 누설전류 측정을 통한 절연상태 판정이 모든 수용가에 대해 용이하게 적용될 수 있지도 않다. 인입구 상태에 따라 누설전류 측정이 불가능할 수도 있고, 옥내배선 및 부하 조건에 따라 정전용량 등의 차이에 의해 측정값의 신뢰성에 문제가 될 수도 있다. 또한 측정방법에 따라 오차가 발생할 수도 있고, 측정시기에 따라 부하조건이 바뀌어 차이가 발생할 수도 있다.

따라서 각 수용가별 누설전류 측정 결과 및 설비상태의 분석을 통해, 설비상태와 누설전류와의 객관적 상호관련성을 도출함으로써, 부재에 의한 미점검 수용가의 증가에 따른 안전 문제를 제고할 필요가 있을 것이다.

이를 위해 현재 이런 기술을 적용하고 있는 일본의 적용 사례 및 사용장비를 검토할 필요가 있다. 또한 수용가별 실태를 정확히 파악하기 위해, 그리고 측정된 결과의 신뢰성 분석 및 확보를 위해, 측정 시 발생하는 다양한 측정·부하 환경의 차이에 대한 분석을 통해, 부재수용가에 대한 절연상태를 정확하게 분석할 필요가 있다.

2. 본 론

2.1 일본의 적용사례

2.1.1 적용 내용

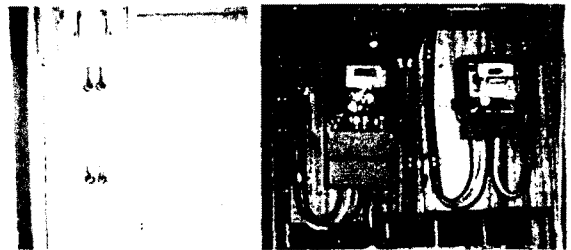
일본에서 일반용 전기공작물에 대한 정기점검은 1997년을 전·후하여 약 2천만 건을 상회하게 되었으며, 정기점검 시 부재율도 1995년 이후 20%를 넘어 지속적으로 증가됨에 따라 옥내에서의 점검이 점차 곤란해지는 추세에 있다고 보고되었다[1].

따라서 일부 전기보안협회의 경우에는 절연저항을 측정할 수 없을 경우

2.1.2 적용 방법

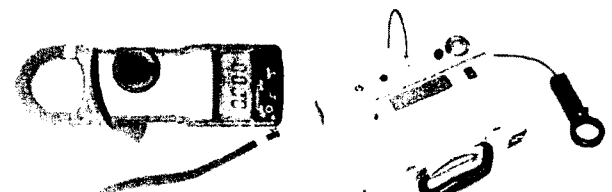
옥내배선의 절연저항을 누설전류 측정으로 대체할 경우, 적산전력계 2차측의 인입설비에 누설전류를 측정할 수 있는 공간이 있어야 한다. 실제 국내에는 35% 정도만이 측정 가능할 정도로, 부재수용가에 대하여 절연저항을 누설전류로 대체할 경우에 이 문제의 선결이 요구된다.

일본에서는 그림 1과 같이 적산전력계를 설치함으로써 이런 문제를 해결하고 있다. 그림 1 (a)는 신설 적산전력계의 설치 유형으로 클램프식 누설전류계를 이용하여 누설전류를 측정할 수 있도록 배선되어 있다. 그리고 그림 1 (b)의 경우는 구설 적산전력계의 설치 유형으로 배선을 건축물에 고정 시 누설전류 측정을 고려하여 배선을 길게 여유를 두어 배선되어 있다.



(a) 신설 적산전력계 (b) 구설 적산전력계  
〈그림 1〉 적산전력계 설치 예

일반 가정의 부재 시 부하상태에서, 누설전류로 절연저항 판단 시 정전용량에 의한 표유전류는 큰 장애가 되지 않지만, 실제 측정에서 절연저항 저하에 의한 누설전류 측정 시 원하지 않는 정보가 포함됨으로써 정확한 판단을 하는데 문제를 발생시키는 경우가 있다. 따라서 일본에서는 그림 2와 같은 장비를 활용하여 저항성분의 누설전류만을 검출하여 분석하는 방법을 활용하고 있다.



(a) 고저파 분석형 (b) 전압위상 비교형  
〈그림 2〉 유효누설전류계

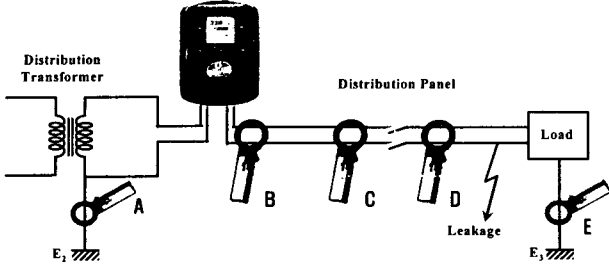
그림 2 (a)는 누설전류의 고저파 함유율을 분석하여 정전용량에 의한 누설전류를 배제하는 방법을 활용하고 있고, 그림 2 (b)의 경우에는 전압파형을 검출하여 전압의 위상과 동상인 누설전류만을 표시하는 방식으로 정확

도는 높으나 전압의 위상을 얻어야 하는 문제점이 있다.

## 2.2 국내에서의 적용 방안

### 2.2.1 누설전류의 측정

전기설비의 절연상태에 종속적인 절연저항과 부하사용량에 종속적인 부하전류에 대하여 피상누설전류와의 상관관계 분석을 위해, 전국 5,000호의 일반용 전기설비에 대하여 각각 누설전류, 절연저항, 부하전류 등의 측정을 실시하였다.

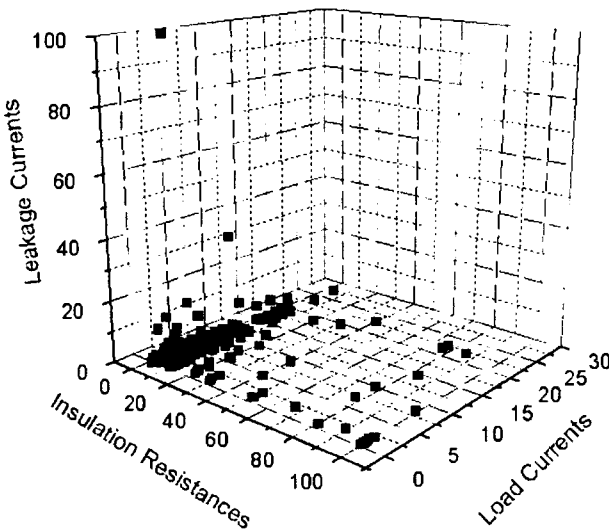


〈그림 3〉 누설전류의 측정

일반용 전기설비에서 누설전류를 측정할 수 있는 측정점은 그림 3과 같다. 그러나 각 측정점 중에서 부재수용가에 대하여 절연저항을 판단하기 위해 누설전류를 측정할 수 있는 위치는 출입의 제한 등에 의해 측정점 B뿐이다. 그러나 본 연구에서는 피상누설전류와 절연저항과의 상관관계를 밝히는 것이 주 목적이기 때문에 절연저항 또한 측정이 요구되었고, 따라서 재택수용가에 대해서 누설전류 및 절연저항을 측정하였으므로 측정점 B에서 측정하기 어려운 경우 C에서도 실시되었다. 또한 다양한 분석을 위해 측정점 D에서도 분기별로 누설전류 및 부하전류가 측정되었다.

### 2.2.2 측정결과

측정된 누설전류는 배전반에서 측정된 각 옥내배선의 절연저항과 비교하여 절연저항과 피상누설전류의 상관관계를 분석하였고, 그 결과는 그림 4와 같다.



〈그림 4〉 누설전류에 대한 절연저항 및 부하전류

그림 4에서와 같이 절연저항에 대한 피상누설전류는 절연저항이 저하되어 있는 수용가일수록 많이 발생함을 알 수 있다.

부하전류에 대한 피상누설전류에 대해서는 부하전류가 증가함에 따라 누설전류 발생량의 증가의 상관관계는 없었다. 이는 모든 부하설비가 표유누설전류를 발생시키지 않기 때문에 부하의 사용량에 종속적이지 않고, 사용되는 부하의 종류에 종속적이다. 특히 컴퓨터와 같이 SMPS(switching mode power supply)를 전원공급기로 채용하고 있는 전기설비의 경우는 많은 누설전류를 발생시키기 때문에 백열등과 같이 누설전류를 발생시키지 않는 부하와 구분하여 부하전류에 따른 상관관계의 해석이 필요하다.

### 2.3 고찰

부재수용가의 부하 운전패턴은 전부하 가동보다는 냉장고만 운전되고 있는 경우가 대부분이다. 따라서 실제 현장에서 피상누설전류를 통한 옥내배선의 절연상태 판단 시 각 부하별 특성에 기초한 복잡한 분석을 요구하지는 않는다. 즉 부재수용가로 상정할 수 있는 부하상태에서는 표유누설전류의 영향이 적기 때문에, 확인된 절연저항이 정상인 수용가의 대부분은 누설전류 또한 정상범위에 있었으며, 수용가의 옥내배선의 상태를 충분히 반영

하고 있음을 알 수 있었다.

과거 대부분의 수용가의 누설전류는 절연저항에 종속된 함수였다. 그러나 최근 비선형부하의 증가에 의해 노이즈 필터를 통해 유출되는 표유누설전류가 함께 증가되었고, 부재수용가의 부하 유형은 아니지만 전기제품의 누설전류 제한치가 판단기준치를 상회하는 경우가 발생되었다. 또한 향후 IT 기술의 복합화로 상시 운전되는 SMPS를 통한 전원공급이 증가할 것이다.

따라서 실제로 누설전류 측정에 의해 옥내배선의 절연상태를 판단하기 위해서는 용량성분의 누설전류를 배제하고 저항성분의 누설전류만을 측정할 수 있는 측정법의 도입이 요구된다.

일본의 사례처럼 고조파분석을 통한 저항성분의 누설전류의 검출은 국내 계통과의 상이 때문에 적용이 어렵고, 중첩변압기를 이용한 전압인가법을 활용한 측정이나 전압위상 검출을 통한 유효누설전류 분석이 적용 가능하다. 그러나 중첩변압기를 활용할 경우 이동하며 측정하기에는 장비의 무게나 크기가 부담되기 때문에 적용에 한계가 있고, 전압위상 검출을 통한 분석은 전압위상 검출을 위한 검출점이 있어야 하므로 현재의 설비 상태에서는 도입이 불가능하다.

따라서 유효누설전류의 측정을 통한 절연상태의 분석은 적용 가능한 측정 방식 및 장비를 선정하고 이에 따른 설비의 개선이 요구된다.

## 3. 결 론

전기사용의 증가는 전기재해의 위험에 노출되는 빈도를 증가시켰다. 그러나 해가축화와 맞벌이부부의 증가에 의해 업무시간에 부재된 가정이 증가되어 점검을 받지 못하는 수용가 또한 증가되었고 잠재된 위험요소도 함께 증가하게 되었다. 그러나 현재 일반용전기설비의 안전점검에서 옥내설비의 절연상태 판단은 절연저항 측정으로 제한되어있다. 결과적으로 잠재해가 기존의 점검방법으로 확인되지 않는다. 이에 대한 대안으로, 부재수용가에 대하여 누설전류 검출에 의한 일반용 전기설비의 정기점검에 대한 검토 및 일본의 적용 실태 검토를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

기존 방식의 누설전류 측정에 의해 검출되는 피상누설전류를 통한 열화 판정은 옥내배선에 한정된 것이나, 실제 외부에서 측정할 경우 측정된 누설전류는 여러 전기설비의 용량성분에 의한 누설전류를 포함하고 있다. 따라서 누설전류 측정을 이용한 절연상태를 판단하는 제도의 도입 시 1mA를 초과하여 누설전류가 검출되는 수용가에 대해서는 절연저항 측정 등을 통한 확인 보완이 동반되어야 한다. 실제 절연저항은 옥내배선에 대한 규정으로, 누설전류는 옥내배선에 접속된 부하설비의 표유용량에 의해 대부분 발생된다. 그러므로 1mA를 초과하여 누설전류가 검출되었다고 해도 이것이 절연저항에 의해 옥내배선으로부터 누설되는 것인지, 표유용량에 의한 누설전류인지를 확인하기 위한 절차가 필요하다. 반대로 1mA 이하의 피상누설전류가 검출될 경우에는 절연상태가 양호한 것으로 판단할 수 있을 것이다.

그러나 IT기술이 가정환경에 접목되면서 SMPS를 내장한 전기제품이 보급되어 가정의 부하가 비선형 특성을 갖게 됨에 따라, 장기적으로는 유효누설전류만을 검출할 수 있는 방법의 적용이 요구된다. 따라서 어떤 방식으로 유효누설전류를 측정할 것인지 결정한 후 이에 적합한 방식으로 인입설비를 개선하여 전압위상을 검출할 수 있는 설비를 설치하거나 개선하여야 할 것이다. 이를 통해 부재수용가에 대한 최소한의 안전 확보와 점검업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 임용배 외, "부재수용가에 대한 전기안전상태 조사", 한국전기안전공사 보고서, 2005.
- [2] Ece D.G., Wells F.M., "Analysis and Detection of Arcing Faults in Low-Voltage Electrical Power Systems", Electrotechnical Conference Proceedings 7th Mediterranean, Vol. 3, pp. 929~935, 1994.