

영상전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안

論 文
55P-4-7

A Plan to Ensure Safety of Electrical Installation in Empty Houses by Measuring Zero Phase Current

林 庸 培[†] · 裴 錫 銘* · 金 榮 錫* · 朴 治 現* · 金 基 鉉* · 趙 成 元**

(Young-Bae Lim · Seok-Myung Bae · Young-Seok Kim · Chee-Huyn Park · Gi-Hyun Kim · Sung-Won Cho)

Abstract - A electrical fault that may generate an electrical disaster is defined as any abnormal condition caused by reduction in the insulation strength. To find out the abnormal condition, periodical inspections have being performed every 3 years. Recently, the number of empty houses during normal working hours is rising by dramatic increase in the number of nuclear families and double income families. To define the potential risk of the electric installation, measurement of zero phase current has been being considered. But the measured value could not be adapted to an absolute reference to the installation because the measured zero phase current value also contained capacitive leakage current. Therefore, in this paper, the correlation between the condition of the electrical installation and the zero phase current was analyzed. The result focuses on to detect them in a cost efficient way.

Key Words : Electric installation for general use, Zero phase current, Periodical inspection, Capacitance, Insulation resistance, Empty houses

1. 서 론

전기적 고장은 절연강도의 저하에 의한 비정상적인 상태로 정의할 수 있다[1]. 특히 옥내배선의 절연 고장은 과도한 기계적인 스트레스나 열악한 운전환경 등에 의해 발생되며 [1], 전기화재나 감전사고 등의 재해로 진전될 수 있다.

이런 재해를 예방하기 위하여 전기사업법 시행규칙에 따라 3년 등의 주기로, 절연저항, 인입구배선, 옥내배선, 누전 차단기, 개폐기, 접지저항 등의 상태를 확인하기 위한 정기 점검을 시행하고 있다. 그러나 업무활동 시간에 부재된 가정의 증가에 의해 점검을 위한 전기설비의 접근이 불가능한 수용가가 증가되었다. 결과적으로 전기화재나 감전의 직접적인 원인이 될 수 있는 절연 고장을 확인하기 위한 절연 저항 측정이 실시되지 못하고 그림 1과 같이 점검이 종결처리 되는 수용가가 증가되고 있다.

따라서 부재수용가에 대하여 영상전류 측정을 절연저항 측정의 대안으로 활용하는 점검방안이 추진되어 왔다. 그러나 2005년에 개정된 누설전류 측정에 의한 옥내배선의 절연 상태 판단이 정전이 불가능한 재택수용가에 대해서는 수용되었으나, 아직도 부재수용가에 대해서는 적용되고 있지 않다. 이는 다양한 부하설비에 의한 많은 변수와 확인되지 않

는 항목을 영상전류측정으로 대체하려는 관점에서 미확인 잠재 위험이 방지될 수 있다는 등의 이유 때문이다.

따라서 영상전류 검출에 의한 결과를 토대로 절연저항 판단의 장점과 적용상 문제점을 검토하여 적용방안을 도출할 필요가 있다.

이를 위해 전국 5,000개소 수용가의 전기설비에 대한 부하전류 및 영상전류와 절연저항 등을 측정하였고, 부하설비의 상태별 분석을 위해 모델수용가를 선정하여 부하 운전상태에 따른 영상전류를 분석하였다. 또한 모의실험을 통해 부하설비의 접지상태에 따른 영상전류 발생 특성을 파악하여 적용의 변수들을 확인하였다.

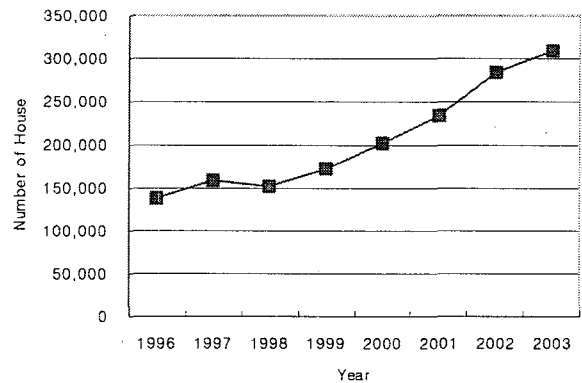


그림 1 연도별 미점검 수용가[2]

Fig. 1 Number of uninspected houses by year[2]

[†] 교신저자, 正會員 : 韓國電氣安全公社 電氣安全研究院
E-mail : electrotree@gmail.com

* 正會員 : 韓國電氣安全公社 電氣安全研究院

** 正會員 : 弘益大學校 電氣情報制御工學科

接受日字 : 2006年 9月 8日

最終完了 : 2006年 10月 17日

2. 본 론

2.1 측정 개요

옥내배선 또는 부하설비의 절연이 열화·파괴되면 누설전류가 흐르게 되고 영상전류로 측정된다. 이는 영상변류기를 통해 검출할 수 있으며, 이때 측정된 전류는 그림 2와 같은 벡터도를 갖는다. 이 영상전류 I_g 에는 정전용량에 의한 I_{gc} 와 절연저항에 의한 I_{gr} 을 포함하고 있다. 즉 실제 측정된 영상전류는 옥내배선의 절연저항에 의한 누설전류뿐만 아니라 부하설비로부터의 절연저항 또는 정전용량에 의한 누설전류와 옥내배선의 정전용량에 의한 누설전류를 포함할 수 있기 때문에 옥내배선의 절연상태를 정확히 확인할 수 없다.

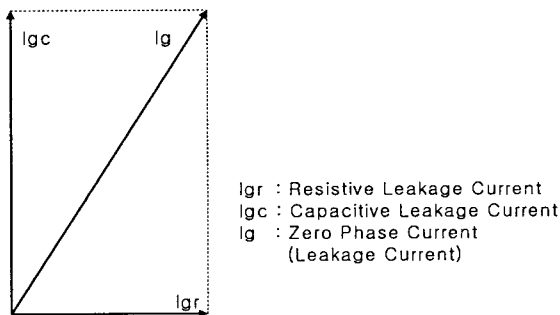


그림 2 영상전류의 벡터도
Fig. 2 Vector diagram of zero phase current

일반용수용가의 영상전류를 측정할 수 있는 위치는 일반적으로 그림 3과 같이 측정점 A, B, C, D, E를 고려할 수 있다. 그러나 부재수용가의 경우에는 이들 위치 모두에서 측정이 가능한 것은 아니다.

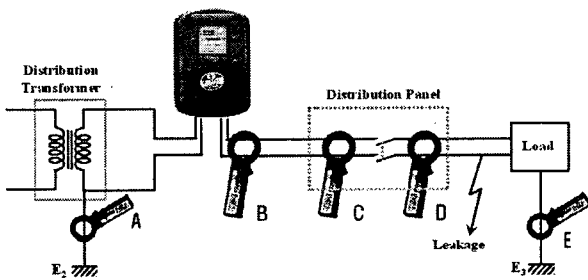


그림 3 영상전류 측정 위치
Fig. 3 Position to measure zero phase current

측정점 A의 경우는 변압기 제2종접지선으로 유입되는 영상전류를 측정할 수 있는 곳으로, 대부분 일반용전기설비의 경우 변압기 한대로부터 여러 수용가로 전원이 공급되기 때문에 세대별 판정을 위한 적용에는 문제가 있다. 만약 한 수용가만 전원을 공급하는 계통이라면 유용할 수 있다.

그리고 측정점 C, D, E의 경우에는 건축물 내부에서 측정하므로 다양한 분석이 가능하나, 출입에 제한이 있는 부재수용가에 대한 측정점으로는 적합하지 않다.

따라서 영상전류 측정에 대한 취지를 부재수용가에 대한 점점으로 한정할 경우 측정점 B만이 유용하다.

이에 대한 적용방법을 도출하기 위해 절연저항에 대한 영상전류의 현장실측과 모델수용가 및 모의실험설비에 의한 실험을 실시하였다.

2.2 영상전류 측정

2.2.1 현장실측

전국적으로 5,000호의 재택수용가에 대하여, 그림 3에서의 측정점 B로부터 영상전류를 측정하고 설비상태 판단 비교기준으로 절연저항을 병행하여 측정하였다. 그리고 부하전류에 대한 영상전류 변화특성을 확인하기 위해 측정점 D에서 분기별로 영상전류가 측정되었다.

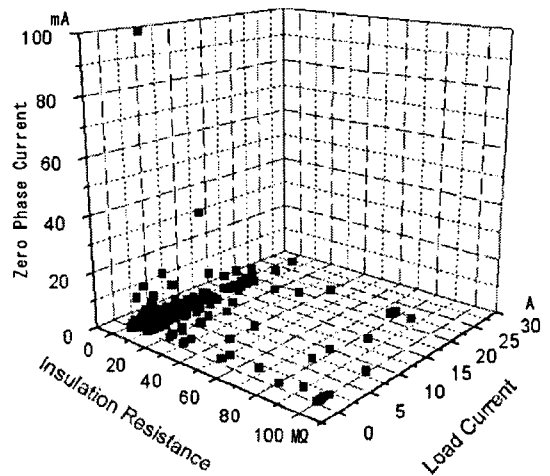


그림 4 절연저항 및 부하전류에 따른 영상전류 분포
Fig. 4 Distribution of zero phase current for insulation resistance and load current

그림 4와 같이 절연저항이 낮아짐에 따라 영상전류 발생 확률이 높아짐을 알 수 있다. 그러나 부하전류와 영상전류의 관계에 대해서 부하전류가 증가함에 따라 영상전류 증가의 상관관계는 확인되지 않았다.

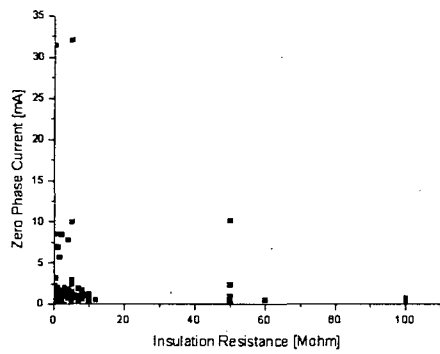
이는 모든 부하설비가 정전용량에 의한 누설전류를 발생시키는 것이 아니므로 부하의 사용량보다는 사용되는 부하의 종류에 종속적이기 때문인 것으로 판단된다.

특히 컴퓨터와 같이 SMPS (switching mode power supply)를 전원공급기로 채용하고 있는 전기설비의 경우에는 많은 누설전류를 발생시키기 때문에 백열등과 같이 누설전류를 발생시키지 않는 부하와 구분하여 부하전류에 따른 상관관계의 해석이 필요하다.

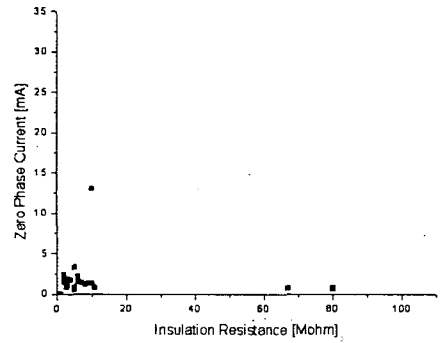
배선과 대지간의 정전용량은 대지와 배선과의 이격거리 등에 의존하므로, 인입구 배선방식(지중, 가공)에 따라 정전용량의 차이에 의해 누설전류가 다르게 나타날 수 있다.

이에 대한 차이를 확인하기 위해 가공방식과 지중방식으로 나누어 절연저항에 대한 영상전류를 분석하였다. 그러나 그림 5에서와 같이 인입구 배선방식에 따른 누설전류 분포의 변화는 없는 것으로 확인되었다.

이는 인입구 배선이 가공방식이라 할지라도, 측정점 B로부터는 대부분 벽면에 부착되어 인입되기 때문에 누설전류를 변화시킬 만큼 정전용량의 차이가 없었기 때문으로 판단된다.



(a)



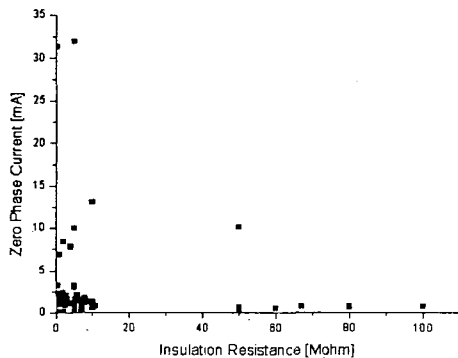
(b)

그림 5 인입방식 및 절연저항에 따른 영상전류 (a) 가공 (b) 지중

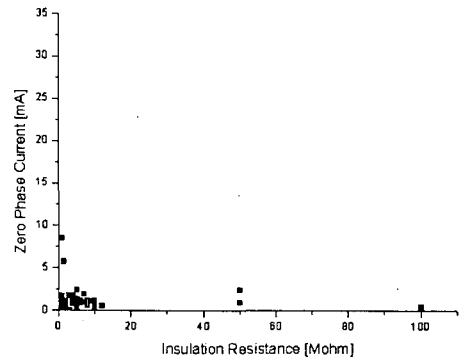
Fig. 5 Zero phase current according to service entrance methods and insulation resistance (a) overhead (b) underground

CT를 이용한 전류 측정 시 주변자계의 영향을 받을 수 있다. 특히 ZCT를 이용한 영상전류 측정은 작은 값을 측정하여야 하기 때문에 좀더 주변자계에 의한 영향이 클 수 있다. 따라서 자성체를 많이 포함하고 있는 건축물인 철근콘크리트방식 건물과 자성체를 비교적 적게 포함하고 있는 조적방식 건물 사이에는 절연저항에 따른 영상전류 분포가 다를 수도 있다.

이를 확인하기 위해 건축물 재료별로 절연저항에 따른 영상전류분포를 분석하였다. 그러나 건축물 재료에 따른 영상전류 분포특성은 그림 6과 같이 확인 가능한 만큼의 차이는 없는 것으로 나타났다.



(a)



(b)

그림 6 건축 재료 및 절연저항에 따른 영상전류 (a) 철근 콘크리트 (b) 조적

Fig. 6 Zero phase current according to building material and insulation resistance (a) steel-concrete (b) brick

현장실측 결과에서 상관관계를 통한 예측과 다른 결과를 보이는 수용가 등에 대해서 측정상 오류 유·무를 확인하기 위해, 절연저항은 양호하나 영상전류가 많이 발생된 수용가 Ha, Hb와 절연저항이 모두 정상범위로 측정된 Hc, Hd, 그리고 절연저항에 비해 영상전류가 적게 발생된 He 등 5호의 표본 수용가를 선정하여 확인 측정을 실시하였다.

표본측정에서는 비선형 부하에 의한 측정영향을 고려하기 위해 표 1과 같이 기본파와 3차조파, RMS로 구분하여 절연저항에 대한 영상전류를 측정하였다. 그 결과는 현장실측 결과와는 일치하나 절연저항에 대한 영상전류의 기본파, 3차조파, RMS 값 모두 일정한 상관관계가 도출되지 않았다.

표 1 영상전류의 기본파·제3차 고조파 분석

Table 1 Harmonic analysis of zero phase current for 1st·3rd order

수용가	영상전류			절연저항
	RMS	기본파	제3차조파	
Ha	2.79mA	2.73mA	0.04mA	100MΩ
Hb	1.83mA	1.81mA	0.180mA	100MΩ
Hc	0.329mA	0.08mA	0.04mA	50MΩ
Hd	0.907mA	0.897mA	0.052mA	0.5MΩ
He	1.350mA	1.32mA	0.06mA	0MΩ

2.2.2 모델수용가 측정

현장실측 및 표본측정에서는 측정자가 부하를 직접 제어하는데 제한이 있었기 때문에, 영상전류의 조파별 상관관계 분석에도 불구하고 일부수용가에 대한 상관관계 오차의 원인을 규명할 수 없었다.

이들 원인의 규명 및 실제 부재 시에 발생할 수 있는 다양한 부하종속 영상전류의 특성을 파악하기 위해 그림 7과 같은 모델수용가를 선정하여 영상전류를 측정하였다.

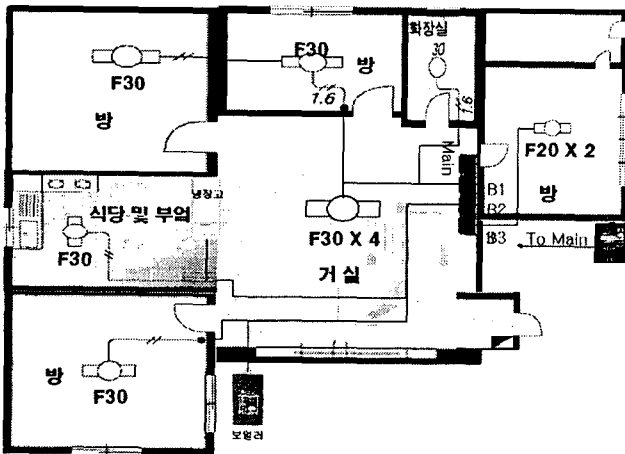


그림 7 모델수용가의 평면도
Fig. 7 Floor plane of model house

선정된 수용가는 1970년대 중반에 조적방식으로 건축된 주택으로, 옥내 배선 및 부하설비의 배치는 그림 7과 같다. 전원은 옥외의 적산전력계로부터 분전반으로 가공방식으로 인입되고 있으며, 주차단기인 ELB 30A에서 분기회로 3 곳으로 분리된다. 분기 B1의 보호설비는 MCCB 30A이고, 분기 B2와 분기 B3의 보호설비는 MCCB 20A이다. 본 모델수용가는 다세대용으로 전기설비가 개조되어 주차단기 1차측에 인입구측의 적산전력계 외에 세입자와의 전기사용량 계량을 위한 적산전력계가 추가로 설치되어 있고, 분기 B3에는 세입자용으로 별도의 전력계가 설치되어 있다. 모델수용가에 대한 영상전류 측정결과는 표 2와 같으며, 표 2의 측정위치 항목의 괄호 안의 알파벳은 그림 3의 측정점을 나타낸 것이다.

표 2 모델수용가에 대한 영상전류 측정 결과
Table 2 Result measured of zero phase current for model houses

측정위치	영상전류	절연	비고
적산전력계 2차측(B)	0.8mA	-	냉장고만 전원 투입 시
	1.48mA	-	전부하 전원 투입 시
분기 B1(D)	1.1A	80MΩ	분기B2 및 B3과 교차접속
분기 B2(D)	255mA	80MΩ	분기B1과 교차접속
분기 B3(D)	0.7A	4MΩ	분기B1과 교차접속

측정결과 표 2에서와 같이 절연상태는 건전하나 영상전류는 정상범위를 벗어나는 것으로 나타났다. 이렇게 검출된 과도한 영상전류는 절연저항이 건전한 상태에서 발생되고 있으므로 절연저항에 의한 발생은 아니고, 적산전력계 2차측으로부터는 검출된 것 이상은 EMI 필터로부터 방출되는 것 또한 아니라고 판단할 수 있다.

원인조사 결과 모델수용가는 각 분기가 서로 교차 접속되어 있었다. 즉, 분기 B1의 차단기를 투입하지 않고 분기B2 또는 분기 B3만을 투입할 경우 분기 B2와 B3의 전원이 완전히 투입될 수 없는 분기 B1과의 교차접속 상태로 확인되

었다. 이는 절연저항 측정에서는 확인될 수 없는 시설상의 오류지만 영상전류 측정과정에서는 쉽게 확인될 수 있다.

결과적으로 부재수용가의 부하상태로 상정할 수 있는 조건 하에서 모델수용가로부터 측정된 영상전류는 0.8mA로 정상범위에 있으며, 수용가의 절연상태를 충분히 반영하고 있음을 알 수 있다.

또한 각 분기회로의 교차배선과 같은 부적합 상태는 기존의 점검방법인 절연저항 측정이나 간단한 육안점검 시에는 확인되지 않았고, 분기별 영상전류 측정 시에 확인되었다. 그리고 경우에 따라서 옥내배선의 전등회로와 같이 개폐기가 설치된 회로의 절연저항 측정 시 절연상태가 확인되지 않는 부분으로 남을 수 있다.

따라서 옥내배선의 건전성 확인을 위해서는 기존의 절연저항 측정 외에 부하 및 개폐기를 투입한 상태에서 분기별 영상전류 측정이 요구된다. 이는 옥내배선의 오결선과 절연저항 측정 시 확인되지 않는 열화를 검출하기 위해 반드시 필요한 것으로 판단된다.

2.2.3 모의실험

옥내배선을 포함한 전기설비에서 대지사이의 정전용량에 의한 영상전류를 제외하고, 접지되어있지 않은 설비로부터의 누전은 실제 폐회로를 구성하지 못하기 때문에 영상변류기로 검출되지 않는다. 따라서 설비의 설치나 운전상태에 따라서 전기설비의 상태가 정확히 확인될 수도 있고, 왜곡되어 확인될 수도 있다.

그러나 현장실측 및 모델수용가 측정에서는 부하에 대한 접지상태를 임의로 조작할 수 없었기 때문에 이에 대한 실증적 분석이 어려웠다. 따라서 표 3과 같은 설비에 대하여 실험실에 10mm 두께의 고무판으로 대지와 절연시킨 후 설비를 설치하고 2Ω의 접지와 접속 및 개방을 통해 접지 상태를 제어하거나 또는 전원 스위치를 개방 및 투입하고 각각 영상전류를 측정하였다.

표 3 모의실험 결과
Table 3 Result on simulated test

구분	영상전류	KS(IEC)규격[3], [4]
배선(코드릴 20m, VCTF 1.25mm ² ×2C)	0.07mA	-
컴퓨터	비접지	0.04mA
	접지	2.35mA
형광등 (자기식 20W×10ea)	0.00mA	0.25mA
냉장고	비접지	0.00mA
	접지	0.01mA
전기장판	개방	0.00mA
	투입	0.01mA

측정결과 영상전류는 현장실측에서의 결과와 유사하게 부하전류의 양보다는 부하의 종류에 종속적이었다. 냉장고와 자기식 형광등기구, 냉장고에서는 접지에 의한 영향이 거의 없었으며, 스위치 개방 및 투입에 따른 영상전류의 변화도 미미했다.

그러나 컴퓨터와 같은 스위칭 소자를 포함한 부하의 경우 EMI 필터의 capacitor를 통한 누설전류가 많이 발생되었다. 이 누설전류는 접지상태에 따른 누설경로에 대한 회로정수가 다르기 때문에 접지상태(2.35mA)에서 비접지상태(0.04mA)보다 큰 영상전류가 검출되었다. 따라서 영상변류기를 통한 영상전류의 검출에 설비의 접지상태가 하나의 변수로 작용하고 있으며, 이 크기는 전기설비기술기준에 규정되어있는 1mA를 기준으로 하는 육내배선의 절연상태 판정에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다.

2.3 고찰

현장실측에서 절연저항이 낮을수록 많은 영상전류가 발생하는 절연저항 대 영상전류에 대한 상관관계는 높은 것으로 확인되었으나, 부하전류에 대해서는 상관관계가 매우 적은 것으로 확인되었다. 이는 부하전류의 경우 모든 부하의 함수이지만 절연저항이 저하되지 않은 설비에서의 영상전류는 비선형부하에서 주로 발생되므로 특정 부하의 종류에 종속적이기 때문이다. 또한 인입구 배선방식이나 건축물 재료에 따른 영상전류에 대한 영향도 가시적으로 확인되지 않았다. 그리고 영상전류의 발생 원인을 확인하기 위해 영상전류에 대한 기본과·3차조파 및 RMS의 간이 측정을 실시하였으나 가시적인 상관관계는 확인되지 않았다.

모델수용가 측정에서는 실제 부재수용가의 부하상태로 상정할 수 있는 냉장고만 가동 시 검출된 영상전류 값이 0.8mA로 각종 부하에 대한 외란 없이 정상적인 판단이 가능했다. 그리고 각 분기별 영상전류 측정에서는 오결선 등의 설비의 문제점이 파악되어 영상전류 측정이 절연상태에 대한 점검뿐만 아니라, 오결선 검출에도 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

육내배선의 전등회로와 같이 개폐기가 설치된 회로의 2차측 배선은 절연저항 측정 시 절연상태가 확인되지 않는 경우가 있을 수 있으며, 결과적으로 잠재 위험으로 남게 된다. 따라서 육내배선의 건전성 확보를 위해서는 재택수용가에 대해서도 기존의 절연저항 측정 외에 부하 및 개폐기를 투입한 상태에서 분기별 영상전류 측정이 요구된다. 이는 절연저항 측정 시 확인되지 않는 열화 및 설비 오결선을 검출하기 위해 필요한 항목으로 판단된다.

모의실험에서는 부하의 설치상태에 따른 영상전류 검출 특성을 확인하였다. 실제 절연 저하나 정전용량에 의한 영상전류가 발생되어도 전기설비가 대지로부터 절연되어있을 경우 영상변류기에서는 이 전류를 검출할 수 없으므로 잠재위험으로 작용될 수 있다. 이는 현행 법규상으로 부하설비가 점검 대상이 아니기 때문에 적용에는 문제되지 않지만, 감전사고나 전기화재의 위험은 잠재될 수 있기 때문에 부하설비에 대한 접지 실시의 법적 규제는 강화되어야 할 것이다.

측정결과에 영향을 줄 수 있는 정전용량에 의한 누설전류를 배제시키기 위해서는 최소한 전압의 위상을 알아야 한다. 따라서 장기적으로는 절연 저하에 의해 발생하는 누설전류만을 정확하게 측정하기 위해 전압위상을 취득할 수 있는 특별한 인입구 체계의 도입이 필요하다. 또한 육안으로만 확인 가능한 부분과 차단기 동작 시험에 대한 추가적인 보완 대책이 요구된다.

3. 결 론

핵가족화 및 맞벌이 부부의 증가에 의해 3년 주기의 정기 점검을 받지 못하는 수용가가 증가되고 있다. 일반용전기설비의 안전점검은 절연저항 측정법 등으로 범의 범위가 한정되어 있어, 이렇게 증가된 잠재 위험은 기존의 점검방법으로는 확인할 수 없다.

이에 대한 대책으로, 일반용전기설비의 부재수용가에 대하여 영상전류검출에 의한 점검의 장점과 적용의 문제점을 검토하여 적용방안을 검토하여 보았고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

영상전류 측정에 의해 검출되는 전류를 통한 열화판정은 육내배선에 한정된 것이나, 실제 외부에서 측정할 경우 측정된 영상전류는 여러 용량성분에 의한 누설전류를 포함하고 있으므로, 제도 도입 시에 전기설비기술기준의 1mA를 초과하여 검출되는 수용가에 대해서는 절연저항측정 등을 통한 절연상태 확인과정이 동반되어야 정확한 절연상태 판정이 가능할 것으로 판단된다.

부재수용가의 부하상태로 상정할 수 있는 조건 하의 모델 수용가로부터 측정된 영상전류는 0.8mA로 절연저항과 함께 정상범위에 있었으며, 영상전류 측정결과가 부재수용가의 전기설비 운전상태에서의 절연상태를 반영할 수 있음을 알 수 있었다.

특히 재택수용가에 대해서는 분기회로의 오결선과 같은 부적합 상태는 기존의 점검방법인 절연저항 측정이나 육안 점검으로는 확인되지 않았으며, 분기별 영상전류 측정 시 확인할 수 있었다. 따라서 재택수용가에 대해서도 영상전류 측정이 유용하다.

또한 육내배선에서 절연측정 시 절연상태가 확인되지 않는 부분으로 남을 수도 있는 개폐기 2차측 회로와 부하설비가 부하 및 개폐기를 투입한 상태에서 분기별 영상전류 측정 시 절연저항 측정과정에서 확인되지 않은 열화를 확인할 수 있을 것으로 판단되고, 모델수용가 측정 과정에서 설비 오결선도 검출할 수 있었다.

현재는 전체를 확인할 수 없다는 이유 때문에 부재수용가의 안전을 일부 확보할 수 있는 영상전류 측정이 도외시되고 있다. 이는 미확인 잠재 위험요소 때문에 확인할 수 있는 위험요소를 방지하는 논리가 된다. 결과적으로 영상전류 측정에 의한 확인조차 하지 않을 경우 6년 이상 동안 위험상태를 방지할 수도 있게 된다. 영상전류 측정은 현재 시행될 수 있는 가장 비용효율적인 대책일 수 있다.

따라서 부재수용가의 잠재위험에 대한 최소한의 안전확보를 위해 영상전류 측정은 반드시 시행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] 임용배 외, "부재수용가에 대한 전기안전실태 조사", 한국전기안전공사 보고서, 2005.
- [3] KS C IEC 60950, 정보 기술 기기의 안전성, p. 75, 2002.
- [4] KS C IEC 60335-1, 가정용 및 이와 유사한 전기 기기의 안전성-제1부: 일반 요구 사항, p. 24, 2004.

저 자 소 개



임용배 (林庸培)

1967년 11월 16일생. 1994년 원광대학교 전기공학과 학사. 1998년 홍익대학교 전기제어공학과 석사. 2004년 홍익대학교 전기제어정보공학과 박사수료. 1994~1996년 동양트랜스공업(주) 연구원. 1996년~현재 전기안전연구원 파트장

Tel : 031-580-3065
Fax : 031-580-3111
E-mail : electrotree@gmail.com



배석명 (裵錫銘)

1956년 10월22일 생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 재직. 1997년 ~전기안전연구원, 현 전기안전연구원 설비안전연구그룹 그룹장

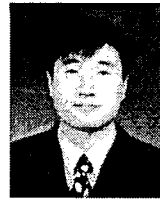
Tel : 031-580-3071
Fax : 031-580-3111
E-mail : sukmyong@hanmir.com



김영석 (金榮錫)

1974년 4월 27일생. 1996년 경상대학교 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001.9~2002. 8 일본 야마구치 대학 객원연구원. 2003. 7~현재 전기안전연구원 연구원

Tel : 031-580-3064
Fax : 031-580-3111
E-mail : athens9@naver.com



김기현 (金基鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 졸업, 2000년 8월 석사. 2006년 6월 동 대학원 박사수료. 2000. 6~2003. 6 한국전기연구원 재직, 2003. 7~ 현재 전기안전연구원 연구원.

Tel : 031-580-3078
Fax : 031-580-3111
E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr



박치현 (朴治現)

1973년 1월 22일생. 2000년 고려대학교 전기전자전파공학부 졸업. 2003년 고려대학교 전자공학과 석사. 2003~2005년 LG이노텍 연구원. 2006.5~현재 전기안전연구원 연구원.

Tel : 031-580-3075
Fax : 031-580-3111
E-mail : chpark@kesco.or.kr



조성원 (趙成元)

1959년 9월 7일생. 1982년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1992년 Purdue Univ. 전기공학과 졸업(공박). 1992년~현재 홍익대학교 전기정보제어공학과 부교수

Tel : 02-320-1493
Fax : 02-320-1110
E-mail : swcho@hongik.ac.kr