

누설전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기안전 점검

(Electrical Safety Inspection for Empty Houses
Using Leakage Current Measurement)

임용배* · 정종욱 · 정진수 · 조성원

(Young-Bae Lim · Jong-Wook Jung · Jin-Soo Jung · Seong won cho)

Abstract

The number of empty houses during normal working hours is rising. As a result, the number of uninspected electric installations 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.

1. 서론

최근 기술발전과 각종 설비의 지능화에 의해 정전 없는 전력공급이 사회 안정에 필수요소가 되었고, 전기를 에너지원으로 사용하는 분야의 확대로 과거와 다른 예상치 못한 재해가 발생되고 있다.

그러나 핵가족화 및 맞벌이 부부의 증가에 따른 업무활동 시간에 부재된 가정의 증가에 의해, 일반용전기설비 중에서 점검을 받지 못하는 수용가가 증가하고 있다. 그리고 급속한 경제성장 속에서 양산된 많은 주택의 전기설비들은 경년열화에 의해 고장주기를 맞고 있다. 이 때문에 재해의 잠재요소 또한 증가되고 있다.

일반용전기설비의 안전점검은 전기사업법에 절연저항 측정법 등 6개 항목으로 범위가 한정되어 있어, 이렇게 증가된 잠재재해에도 불구하고 부재수용가에 대해서는 전기설비로의 접근 문제 때문에 기존의 점검방법으로는 확인할 수 없었다.

이에 대한 대책으로, 부재수용가에 대하여 누설전류검출에 의한 일반용전기설비의 점검이 꾸준히 추진되어 왔다. 하지만 다양한 부하설비에 의한 많은 변수 때문에 큰 이점에도 불구하고 적용에 한계가 있다. 또한 부재수용가의 특성상 확인되지 않는 항목을 누설전류측정으로 대체하려는 관점은 미확인 잠재 위험이 방치될 수 있다는 이유 때문에 도입되지 못하고 있다.

따라서 누설전류 검출에 의한 결과를 토대로 한

판단의 장점과 적용의 문제점을 검토하여 적용방안을 도출할 필요가 있다. 이를 위해 샘플 일반용수용가를 선정하여 절연저항에 대한 누설전류를 파악하였고, 결과에 대한 자세한 분석을 위해 모델수용가의 부하에 대한 제어 분석을 실시하였다.

2. 본론

2.1. 측정 개요

누설전류를 측정할 수 있는 위치는 그림 1과 같이 A, B, C, D, E를 고려할 수 있다. 그러나 실제로 이들 위치에서 모두 측정이 가능한 것은 아니다. 누설전류 측정에 대한 취지를 부재수용가에 대한 점검으로 한정할 경우 측정점 B만이 유용하다.

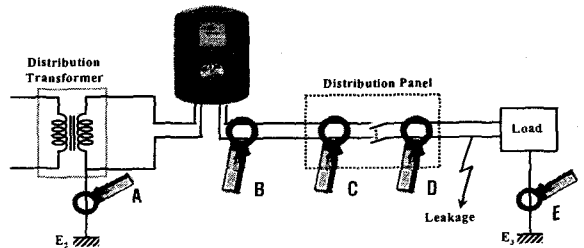


그림 1. 누설전류 측정 위치
Fig. 1. Position to measure leakage current

A의 경우는 변압기 제2중접지선으로 유입되는 누설전류를 측정할 수 있는 측정점으로 대부분 변압기 한대에서 여러 수용가로 전원을 공급하기 때문에 적용에 문제가 있다. 만약 한 수용가만 전원

을 공급한다면 유용할 수 있다. 그리고 C, D, E의 경우에는 건축물 내부의 설비이므로 출입에 제한이 있는 부재 수용가에 대한 측정점으로는 적합하지 않다.

2.1.1 표본측정

전국적으로 5,000호의 재택수용가에 대하여 측정점 B에서 누설전류를 측정하고 설비상태 판단 비교기준으로 절연저항을 병행하여 측정하였으며, 측정점 D에서 분기별로도 누설전류가 측정되었다. 그 결과 대부분 절연저항과 누설전류에 대하여 일정한 상관관계가 도출되었다. 그러나 일부 수용가에서는 다른 관계가 유도되었다.

이런 결과에 대하여 측정상 오류에 대한 확인을 위해 5호의 표본 수용가를 선정하여 확인 측정을 실시하였다.

이들 수용가에는 절연저항은 적합하나 누설전류가 과도하게 측정된 수용가 2호와 절연저항은 낮으나 누설전류가 비교적 적게 검출된 수용가 1호, 그리고 정상범위 내의 수용가 2호가 선정되었다.

2.1.2 모델수용가 측정

원인규명을 위한 표본측정에서는 측정자가 직접 부하를 제어하는데 제한이 있었다. 실제 부재 시에 발생할 수 있는 다양한 부하중속 누설전류의 특성을 파악하기 위해 1호의 모델수용가를 선정하여 다시 검증하여 보았다.

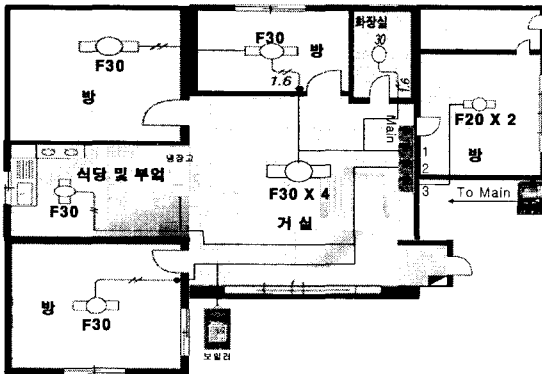


그림 2. 모델수용가의 평면도
Fig. 2. Plane figure of model house

선정된 모델수용가는 1970년대 중반에 조적방식으로 건축된 주택으로, 옥내 배선 및 부하설비의 배치는 그림 2와 같다. 전원은 옥외의 적산전력계로부터 분전반으로 가공으로 인입되고 있으며, 주차단기인 ELB 30A에서 분기회로 3곳으로 분리된다. 분기 1은 MCCB 30A이고, 분기 2와 분기 3은 MCCB 20A이다. 본 수용가는 세입자가 있어 주차

단기 1차측에 인입구측의 적산전력계 외에 적산전력계가 설치되어 있고, 분기 3은 세입자용으로 별도의 전력계가 설치되어 있다. 이 외에도 확인되지 않은 분기배선이 있었다.

2.2. 측정결과 및 고찰

2.2.1 표본측정

점검된 5,000호에는, 표 1에서와 같이 절연저항은 양호하나 누설전류가 많이 발생된 U_a 와 U_b 같은 수용가와 누설전류와 절연저항이 모두 정상범위로 측정된 U_c 와 U_d 같은 수용가, 그리고 절연저항에 비해 누설전류가 적게 발생된 U_e 와 같은 수용가로 구분될 수 있다.

표 1. 누설전류의 고조파 차수별 분석
Table 1. Harmonic analysis of leakage current

수용가	누설전류			절연저항
	RMS	제1차조파	제3차조파	
U_a	2.79mA	2.73mA	0.04mA	100M Ω
U_b	1.83mA	1.81mA	0.180mA	100M Ω
U_c	0.329mA	0.08mA	0.04mA	50M Ω
U_d	0.907mA	0.897mA	0.052mA	0.5M Ω
U_e	1.350mA	1.32mA	0.06mA	0M Ω

과거 대부분의 수용가의 누설전류는 절연저항에 중속된 함수였다. 그러나 최근 비선형부하의 증가에 의해 노이즈필터를 통해 유출되는 누설전류가 함께 증가되었고, 전기제품의 누설전류 제한치가 판단기준치를 상회하게 되었다[1],[2]. 결과적으로 누설전류를 통한 옥내배선 열화판정의 적용상 문제로 대두되었다.

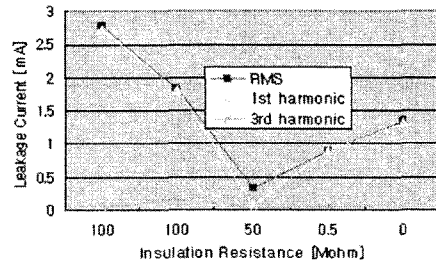


그림 3. 표본수용가의 절연저항과 누설전류
Fig. 3. Insulation resistance and leakage current of sample houses

이에 대한 대안으로 노이즈 필터로 방출되는 누설전류가 고조파를 많이 함유한다는 가정 하에 그림 3과 같이 누설전류를 RMS와 제1차 조파 및

제2차 조파로 나누어 분석하여 보았으나, 조파별 분석과 절연저항과의 상관관계를 도출할 수 없었다.

따라서 실제로 누설전류 측정에 의해 옥내배선의 절연저항을 판단하기 위해서는 용량성분의 누설전류를 배제하고 유효 누설전류만을 측정할 수 있는 측정법 도입이 요구된다.

2.2.2 모델수용가의 측정

표 2는 그림 2의 모델수용가에 대하여 그림 1에서의 각 측정 위치별로 측정된 누설전류와 주차단기 및 분기차단기 2차측에서 측정된 절연저항을 나타낸 것이다.

모델수용가는 인입구 배선에서 주차단기로 직접 인입되지 않은 시설상 문제점이 있었다. 이는 누설전류 측정과정에서 확인되었으며 절연저항 측정에서는 확인되지 않았던 결함이었다.

또한 누설전류 측정결과 분기회로에서 절연상태는 건전하나 누설전류가 과도하게 발생하는 것으로 나타났다. 이 검출된 누설전류는 절연저항이 건전한 상태에서 발생되고 있으므로 절연저항에 의한 누설전류의 발생은 아니다. 그리고 2.2.1에서 도출된 노이즈 필터로부터 방출되는 것 또한 적산전력계 2차측으로부터는 검출되지 않았으므로 이것도 원인이 될 수 없다.

이는 옥내배선에 대한 무자격자의 보수로 분기회로들의 교차배선 등의 오결선에 의해 실제 절연열화에 의한 누설전류나 전기제품에서 발생하는 누설전류와 관계없이 분기배선에서는 과도하게 누설전류가 발생하는 것으로 측정 및 분석결과 확인되었다.

표 2. 모델수용가에 대한 누설전류 측정결과
Table 2. Leakage current for the model house

측정위치	보호설비	누설전류	절연	비고
적산전력계 2차측(B)	-	0.8mA	-	냉장고
	-	1.48mA	-	전부하
주 (C)	ELB 30A	3A	8MΩ	오결선
분기1(D)	MCCB 30A	1.1A	80MΩ	전등부하
분기2(D)	MCCB 20A	255mA	80MΩ	전등부하
분기3(D)	MCCB 20A	0.7A	4MΩ	세입자

부재수용가의 부하 운전양상은 전부하 가동보다는 냉장고만 운전되고 있는 경우가 대부분일 것이다. 따라서 전부하 가동 시와 냉장고만 가동할 때의 누설전류를 비교해본 결과, 표 2에서와 같이 부하를 차단함에 따라 누설전류가 감소함을 알 수

있었다.

즉 부재수용가의 부하상태로 상정할 수 있는 조건 하에서 모델수용가로부터 측정된 누설전류는 0.8mA로 정상범위에 있으며, 수용가의 설비상태를 충분히 반영하고 있음을 알 수 있었다.

그러나 분기회로의 오결선과 같은 부적합 상태는 기존의 점검방법인 절연저항 측정이나 육안점검으로는 확인되지 않았으나, 분기별 누설전류 측정 시 확인되었다. 또한 옥내배선의 전등회로와 같이 개폐기가 설치된 회로의 경우는 절연저항 측정 시 절연상태가 확인되지 않는 부분으로 남는다.

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

3. 결론

해가축화 및 맞벌이 부부의 증가에 의해 점검을 받지 못하는 수용가가 증가되고 있다. 일반용전기설비의 안전점검은 절연저항 측정법 등 6개 항목으로 법의 범위가 한정되어 있어, 이렇게 증가된 잠재재해는 부재에 의해 전기설비에 대한 접근이 어려워 기존의 점검방법으로는 확인할 수 없다. 이에 대한 대책으로, 부재수용가에 대하여 누설전류 검출에 의한 일반용전기설비의 점검의 장점과 적용의 문제점을 검토하여 적용방안을 검토하여 보았고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

누설전류 측정에 의해 검출되는 누설전류를 통한 열화판정은 옥내배선에 한정된 것이나, 실제 외부에서 측정할 경우 측정된 누설전류는 여러 용량성분에 의한 누설전류를 포함하고 있으므로, 제도 도입 시에는 1mA를 초과하여 검출되는 수용가에 대해서는 절연저항측정 등을 통한 절연상태 확인 과정이 동반되어야할 것으로 판단된다.

또한 부재수용가의 부하상태로 상정할 수 있는 조건 하의 모델수용가로부터 측정된 누설전류는 0.8mA로 정상범위에 있었으며, 측정결과가 수용가의 설비상태를 반영하고 있음을 알 수 있었다.

분기회로의 오결선과 같은 부적합 상태는 기존의 점검방법인 절연저항 측정이나 육안점검으로는 확인되지 않았으며, 분기별 누설전류 측정 시 확인될 수 있었다. 또한 옥내배선의 전등회로와 같이 개폐기가 설치된 회로의 경우는 절연저항 측정 시 절연상태가 확인되지 않는 부분으로 남는다. 따라

서 옥내배선의 건전성 확보를 위해서는 기존의 절연저항 측정 외에 부하 및 개폐기를 투입한 상태에서 분기별 누설전류 측정이 요구된다. 이는 절연저항 측정 시 확인되지 않는 열화 및 설비 오결선을 검출하기 위해 필요한 항목으로 판단된다.

현재는 전체를 확인할 수 없다는 이유 때문에 부재수용가의 안전을 일부 확보할 수 있는 누설전류 측정을 도외시키고 있다. 이는 미확인 잠재 위험요소 때문에 확인할 수 있는 위해요소를 방지하는 논리가 된다.

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

참 고 문 헌

- [1] KS C IEC 60950, 정보 기술 기기의 안전성, p. 75, 2002.
- [2] KS C IEC 60335-1, 가정용 및 이와 유사한 전기 기기의 안전성-제1부: 일반 요구 사항, p. 24, 2004.