

유비쿼터스 환경에서의 일반용전기설비 정기점검

임용배, 김태극, 최명일, 김기현, 박지현, 배석명, 조성원*
한국전기안전공사 전기안전연구원, *홍익대학교

Periodic Inspection of Electric Installation for General Use in Ubiquitous Environments

Young-Bae Lim, Tae-Koug Kim, Myeong-Il Choi, Gi-Hyun Kim, Chee-Hyun Park, Seok-Myung Bae, Sung-Won Cho*
KESCO Electrical Safety Research Institute, *Hongik University

Abstract - To find out abnormal electrical conditions, periodic inspections for residential houses are being performed every 3 years. According to data from KESCO, the number of uninspected houses is rising as the number of empty houses during normal working hours is rising by dramatic increase in the number of nuclear families and double income families. As a result, potential hazards are increased by them. In this paper, a model of a national electric safety network is presented. In the model, functions for ubiquitous environments were partially realized.

1. 서 론

전기 없이는 인간의 정상적인 활동이 불가능하게 되었다. 이런 전기사용의 증가는 감전 및 전기화재의 위험에 노출되는 빈도를 증가시켰고, 이에 대한 예방을 위해 전기설비의 대부분을 점유하고 있는 주택용 일반용전기설비의 경우 전기사업법 제66조 및 동법 시행규칙 제35조에 근거하여, 법정주기에 따라 절연저항, 인입구배선, 옥내배선, 누전차단기, 개폐기, 접지저항 등의 항목에 대한 정기점검을 실시하고 있다[1].

그러나 부하설비를 포함한 전기설비의 짧은 변화주기는 3년 주기를 갖는 정기점검의 안전점검체계를 무력화시키고 있으며, 업무활동 시간에 부재된 가정의 증가로 점검을 위한 전기설비로의 접근 자체가 불가능한 수용가가 증가됨에 따라, 전기화재나 감전의 직접적인 원인이 될 수 있는 절연 고장을 확인하기 위한 절연저항 측정조차 실시되지 못하고 점검이 종결처리 되는 수용가가 증가되고 있다[1]. 또한 아파트와 같은 대규모 주거시설의 경우는 자가용전기설비로 분류되어 정기점검 대상범위에도 포함되어 있지 않은 실정이다.

전기설비에서의 전기적 고장은 절연강도의 저하에 의한 비정상적인 상태로 정의할 수 있다. 특히 옥내배선의 절연 고장은 과도한기계적인 스트레스나 열악한 운전환경 등에 의해 발생되며[2], 전기화재나 감전사고 등의 재해로 진전될 수 있다. 이런 재해에 대하여 최소한의 안전을 확보하기 위해서는 법에 규정되어있는 점검항목 중에서 절연의 상태를 반드시 확인되어야 하고, 전기화재의 주요 원인인 아크고장에 대한 대책이 요구된다. 또한 짧은 전기설비의 변화주기를 반영하여 정기점검 주기가 조정될 필요가 있으나, 현실적으로 비용 및 인력운영 문제와 부재수용가의 증가로 불가능한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 현재 다양하게 응용되고 있는 유비쿼터스 환경과 접목된 누설전류 등의 원격실시간 감시를 통한 최소한의 안전 확보를 위한 점검제도에 대하여 검토하였고, 실제 모의된 원격 안전점검 결과를 통해 유용성도 확인하여 보았다.

2. 본 론

2.1 기존 체계에서의 문제점

현재 주택 내 인입되어 분기되는 전원의 각 회로는 과부하와 단락전류를 검출하는 과전류보호기능과 영상전류를 검출하는 누설전류보호기능을 갖는다. 이들의 보호기능이 적절하게 제공되면 현 상태의 유지가 크게 문제되지 않을 것으로 생각할 수도 있으나, 여러 통계자료에 따르면 많은 화재가 전기에 의해 발생되고 있으며, 실제로 국내는 전체화재의 30% 이상을 전기화재가 점유하고 있다. 따라서 점검주기 3년 동안은 아크고장에 대해서 무방비로 노출되어 있게 되는 셈이다.

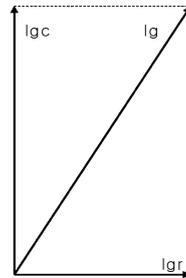
2.1.1 누설전류

옥내배선 또는 부하설비의 대지에 대한 절연이 열화되면 누설전류가 흐르게 된다. 이는 영상전류로 검출 가능하며, 현재는 영상변류기(ZCT; zero current transformer)를 내장한 누전차단기로 누전에 의한 재해를

예방하고 있다.

영상변류기에 의해 측정되는 영상전류는 그림 1과 같은 벡터도를 갖는다. 이 I_g 에는 정전용량에 의한 I_{gc} 와 절연저하에 의한 I_{gr} 을 포함하고 있다. 즉 실제 측정된 영상전류는 옥내배선의 절연저하에 의한 누설전류뿐만 아니라 부하설비로부터의 절연저하 또는 정전용량에 의한 누설전류와 옥내배선의 정전용량에 의한 누설전류를 포함할 수 있기 때문에 옥내배선의 절연상태를 정확히 확인할 수 없었다.

따라서 현재의 보호방법은 누설전류 검출에 대한 신뢰성에 대한 문제가 제기될 수 있으며, 오동작에 의해 정상적인 계통에서의 원활한 전원 공급이 불가능한 경우도 있다.

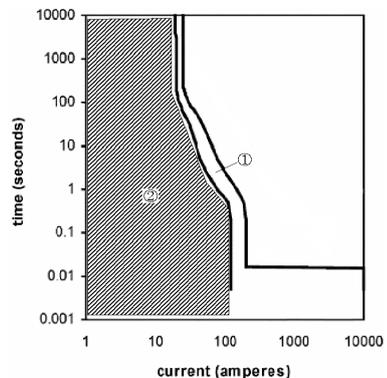


I_{gr} : Resistive Leakage Current
 I_{gc} : Capacitive Leakage Current
 I_g : Zero Phase Current (Leakage Current)

〈그림 1〉 영상전류의 벡터도[1]

2.1.2 아크고장

옥내배선에서 부분적으로 도전성을 가질 수 있는 가장 가능성 있는 표면은 유기질 즉 전기 절연체이다. 절연체는 일반적으로 의도된 기능을 수행하는데 있어서 손상되거나 오용되지 않는 한 매우 우수한 성능을 유지하지만, 충전된 도체와 다른 전위를 갖는 계통 사이 표면의 탄화 경로는 줄열(Joul's heat)에 의한 가열에 의해, 또는 누설전류 트랙킹(tracking)에 의해서나, 일정 주기를 초과하는 스파킹(sparking)에 의해 발생된 열에 의해 형성될 수 있다. 그 주기는 불꽃을 생성하기 위한 충분한 에너지의 아킹(arc) 조건을 갖주기 위한 일정 수준이상의 경로가 형성되기 전까지, 지속적으로 유지된다. 이렇게 형성된 도전경로는 고저항을 갖는 경우가 많아 대부분 계통에서 두개의 다른 전위 사이에 완전한 단락 회로를 즉각적으로 발생시키지는 않는다[3].



〈그림 2〉 배선용차단기(20A)의 전류-시간 동작곡선

따라서 완전한 단락을 형성하기까지 고저항 회로를 구성하기 때문에 그림 2와 같이 동작곡선 범위(영역 ①) 밖의 사선부분(영역 ②)에 아크

고장의 전류-시간 특성이 위치되어 고장의 위치로부터 전원측에 연결된 과전류 보호장치인 배선용차단기에 의해 검출되지 않고 화재를 발생시킬 수 있는 아크를 지속적으로 유지시킨다.

화재는 아크로부터의 직접적인 열에 의해, 또는 아크 부근의 물체로부터, 아크에 의해 방출된 고온의 가스로부터, 아크 영역에서 용융되어 비산되는 금속 입자의 열 등에 의해 발생될 수 있다.

실제로 화재감식 결과는 아크에 의한 전기화재가 상당부분을 차지한다[3]. 이는 설비가 사용 중에 물리적인 손상을 받거나 전기에 의한 또는 다른 원인에 의한 과열에 의해 아크고장이 발생할 수 있기 때문이다. 이런 아크고장은 일반적으로 빠르게 발화시키는 높은 에너지를 발생시키지만, 배선용차단기는 도체를 통해 흐르는 전류에 의한 줄열에 의해 발생하는 절연체의 열적 손상에 대하여 배선을 보호하기 위한 것이지 아킹의 영향으로부터 회로를 보호하기 위한 것이 아니므로 대부분의 전기화재의 원인인 아크고장에 대해서는 보호하지 못한다.

2.1.3 유비쿼터스 환경

1970년대의 가정자동화(home automation) 기술이 유비쿼터스 기반 지능형 주택의 기원 중 하나로 볼 수 있다. 이들 기술의 활용은 적외선 리모콘(IR-remote controller)을 제외하고는 활용도가 매우 낮았다[4]. 이는 가정자동화 기술 적용에 대한 경제적 이득이 적고, 가정자동화 기술 적용 시스템이 새롭게 요구되는 네트워크 구조와 생활환경 또는 가족 구성원의 변화 등에 능동적으로 대응되지 못하였으며, 사용자의 관점에서 적용성 및 편리성이 부족하였기 때문에, 현재 추진되고 있는 정보통신과 전력의 융합기술도 가정의 생활환경 및 수준을 변화시키지 못하고 있다.

2.2 유비쿼터스 환경에서의 적용

세계 최고 수준의 정보통신 기술 및 기반을 가지고 있음에도 불구하고, 방문 점검으로 제한된 현재의 안전관리 체계의 정책적 환경과 전기제해에 대한 안전의식의 미비, 원격감시를 통해 가능한 보호범위의 한계 등에 의해, 유비쿼터스 환경을 통한 전기안전 관리 체계가 도입되지 않고 있다. 또한 제한된 기능과 새로운 네트워크에 대한 배타성도 도입에 장애로 작용하고 있다.

유비쿼터스 환경을 활용한 일반용전기설비의 정기점검 체계를 구축하기 위해서는 안전관리 정책 정비에 앞서 다음과 같은 보호범위 및 네트워크에 대한 기술적 문제를 선결하여야 한다.

첫째, 아크고장과 같이 현재의 보호범위를 벗어나는 부분에 대한 대책의 수립이 요구된다. 다른 고장과 달리 아크고장의 발단으로부터 제해로의 확산이 매우 빠르게 진행될 수 있기 때문에 감시 체계를 통한 보호는 한계가 있다. 이에 대하여 미국의 경우 1999년 법제화를 통해 2005년부터 아크고장회로차단기(AFCI)를 침실회로에 적용하고 있다. 국내에서의 AFCI 적용을 위해서는 국내의 전기환경에 적합한 관련규격의 확립이 요구된다.

둘째, 누전에 의한 감전 및 전기화재를 예방하기 위한 영상전류 검출에 있어서, 용량성분에 의한 오동작 문제에 대하여 절연저항에 의한 누설전류만을 검출하는 기술에 대한 개발 및 관련 규격의 확립이 요구된다.

셋째, 가정 내에 통신 네트워크가 한번 구성되면 쉽게 변화시킬 수 없다. 그러나 새롭게 출시되는 장치들은 이미 구성된 네트워크에 적용이 불가능할 수도 있다. 따라서 적용성 및 편리성을 높이기 위해서는 원격 안전관리를 위한 통신 네트워크에 대한 개방성이 요구되고 이에 대한 프로토콜 등의 표준화가 필요하다.

2.3 모의 원격 안전점검 결과

유비쿼터스 환경에서의 원격안전관리를 통한 기존 정기점검의 대체가능성을 확인하기 위해, 실제 사람이 거주하고 있는 가정집 등의 63개소에 개발된 통신기능을 갖는 지능형 분전반을 설치하여 Internet을 통해 6개월 동안 원격 점검을 실시하였다.

감시 요소는 전원의 전압과 부하전류, 피상전력, 순시전력, 절연저항으로 환산된 유효분 영상전류 등이 그림 3과 같이 감시되었고, 기존의 보호체계에 추가적으로 아크고장차단기능을 포함시켰으며, 전기안전 감시 기능 외에 각 방의 온도 및 출입문 개폐 등의 일반 화재 및 보안에 대한 감시기능도 추가하였다.



<그림 4> 원격감시를 통해 검출된 등기구의 아크고장

고장에 대한 모의는 없이 정상적인 상태에서 감시가 이루어졌으며, 원격 안전점검 결과 집단 주거지의 주택에서 그림 4와 같이 아크고장이 발생된 형광등 등기구를 발견할 수 있었다. 이는 기존의 누설차단기와 과전류차단기에 의한 보호체계에서는 확인되지 않던 결과로 아크고장 검출 기능에 의해 검출되었다.

따라서 아크고장 검출기능을 포함하고 있지 않는 기존의 보호체계에 서 누설전류 등을 원격 감시할 경우 보호범위미만의 아크고장 전류에 의한 전기화재의 잠재 위험성은 확인이 불가능하고 보호되지도 않는다.

3. 결 론

최근 정보통신기술과 전력기술의 융합이 이루어지고 있다. 그러나 유비쿼터스 환경을 활용한 일반용전기설비의 정기점검 체계를 구축하기 위해서는 아크고장에 대한 검출기능과 유효 영상전류 검출에 의한 신뢰성 있는 누설전류 감시 및 새로운 장치에 대한 네트워크의 개방성 등이 확보되고, 이런 점검 체계가 구축된다면, 3년의 제해 잠복기간이 실시간 점검에 의해 해소될 것이며, 안전관리 체계의 통합적 변화를 유도시킬 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 임용배, 배석명, 김영석, 박치현, 김기현, 조성원, “영상전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안”, 전기학회논문지, 55P권, 4호, pp. 196~201, 2006.
- [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.
- [3] Gregory, G.D.; Kon Wong; Dvorak, R.F., “More about Arc-Fault Circuit Interrupter”, IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 40, No. 4, pp. 1006~1011, 2004.
- [4] Tatsuya Yamazaki. “The Ubiquitous Home”, International Journal of Smart Home Vol. 1, No. 1, pp. 17~22, 2007.



<그림 3> 원격 감시 시스템 user interface