

전기재해 예방을 위한 국가전기안전망 구축 방안

고원식·이흥재*

한국전기안전공사 전기안전연구원·광운대학교 정보통신대학원

A Plan for Construction of the National Electrical Safety Network to Prevent Electrical Disasters

Ko Won-Sig · Lee Heung-Jae*

Electrical Safety Research Institute KESCO · Graduate School of Information & Communication Kwangwoon University

Abstract - In this paper, a real time monitoring and management system being operated in the ubiquitous environment was developed to monitor leakage current, load current, and arc-fault, and an electrical safety network for reasonable management of electrical risk factor was proposed. For confirmation of usefulness and reliability of the proposed safety network and system, the developed intelligent panels were applied to 28 Korean traditional houses in Jeonju city, and the network including the panels was operated. If the National Electrical Safety Network is completely constructed in the houses of general electrical users, the network will have an effect on that a main manager transfers from general people to expert. As a result, the electrical fires caused by an over-load, an arc-fault, and an earth-fault will be prevented.

1. 서 론

에너지원 대부분이 전기의 생산을 위해 소비될 만큼 전기에 대한 의존이 심화되고 있다. 이런 전기 사용의 증가는 전기로 인한 위해 상황에 노출되는 빈도를 증가시킴으로써, 감전 및 전기화재 등의 재해에 대한 잠재적 위험성 또한 증가시켰다.

부하설비를 포함한 전기설비의 짧은 변화주기는 보통 3년 주기를 갖는 정기점검의 안전점검 체계를 무력화시키고 있으며, 정기점검 시에도 정전을 원하지 않는 수용가가 증가됨으로써, 전기화재나 감전의 직접적인 원인이 될 수 있는 절연 고장을 확인하기 위한 절연저항 측정조차 실시되지 못하는 수용가가 증가하고 있다.^[1]

또한 아파트와 같은 대규모 주거시설의 경우에는 자가용전기설비로 분류되어 정기점검 대상범위에 포함되어 있지 않으며, 다른 자가용전기설비와 달리 개별 주택에 대한 안전점검은 체계적으로 이루어지고 있지 않은 실정이다.

전기설비는 점검 당시의 조건이 부하설비를 포함한 모든 전기설비의 상태를 완전히 보여 주지 못하고, 사고의 징후가 다른 설비에 비해 비가시적이기 때문에 재해가 발생될 때까지 인지하지 못하는 경우가 대부분이다.

특히 주택의 경우는 사람이 숙식 및 취침 등의 일상생활을 하기 위한 공간으로 재해에 대한 인지 능력이 현저히 감소된 상태로 있는 경우가 많기 때문에 인명피해가 다른 장소에 비해 상대적으로 매우 클 수밖에 없다. 그리고 대부분 전기에 대한 전문지식이 없는 일반 사용자가 3년 주기의 공백을 스스로 관리해야 하는 기존의 점검체계 및 보호장치로는 재해예방에 한계가 있다.

이 때문에 짧은 전기설비의 변화주기를 반영하여 정기점검 주기를 짧게 조정할 필요가 있으나, 비용 및 인력운영 문제와 정전 불가 및 부재 수용가의 증가로 현실적으로 불가능한 실정이다. 결과적으로 지속적으로 발생하는 전기재해를 예방하기 위해서는 국가의 재난관리 체계의 총체적 개선 없이는 근본적인 대책을 강구할 수 없게 되었다.

최근 디지털 기술의 발전으로 전자제품 등에 한정되었던 디지털 컨버전스(digital convergence)가 전기설비에도 적용되고 있다. 특히 정보통신기술과의 융합 기술이 정부 주도 하에 이루어지고 있으나, 이런 기술적 환경의 변화에도 불구하고 아직도 점검은 오프라인 기반의 아날로그 방식에 한정된 체계를

유지하고 있다.

결과적으로 전기재해를 예방하기 위해서는 부하사용 조건에 따라 수시로 변화하는 상황에 대응 가능한 상시 감시체계의 확보와 전기화재의 주요원인인 아크고장에 대한 보호체계의 확보가 요구된다.^[2]

따라서 본 논문에서는 아크고장, 부하전류, 누설전류 등의 원적실시간 감시가 가능한 지능형 분전반을 개발하고 모의된 실험을 통해 신뢰성을 확인하였다. 그리고 증가되는 잠재적인 위해 요인의 적절한 관리를 위해 정보통신 네트워크와 연계된 새로운 전기안전관리 체계인 국가전기안전망을 제안하였다. 제안된 국가전기안전망의 도입의 타당성을 입증하기 위해 개발된 지능형 분전반을 전주한옥마을에 시범 설치하여 안전망에 대한 축소모델로서 운영하여, 오동작에 대한 안정성 평가 및 상당기간 방치된 전기설비에 대한 취약전기설비에 대한 감시 기능을 확인함으로써 도입의 타당성을 입증하였다. 이를 통해 현행 사후관리 위주의 전기안전관리시스템에 정보통신기술을 융합한 국가전기안전망 구축 및 보급 추진으로 전기재해 예방의 가능성을 확인하였고, 국가전기안전망의 효율적인 구축 방안을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 전기화재 원인 분석

전기화재는 그림 1과 같이 66.7%의 단락, 7.6%의 과부하, 6.7%의 누전, 2.8%의 접촉불량(poor contact), 1.6%의 취급부주의 등에 의해 발생되었다.^[3] 이들 메커니즘은 단독으로 존재하기도 하고 복합적으로 상호 연계되기도 한다.

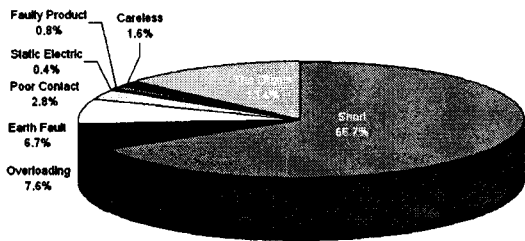


그림 1 전기화재의 발생원인(2007년도)^[3]

그러나 대부분의 전기화재는 전류와 상관관계를 갖는다. 일반적으로 전선에 쓰이고 있는 도체의 고유 저항은 대단히 적기 때문에 일반적인 사용 조건에서는 전로로부터의 발열량이 매우 적어 온도가 극도로 상승하지는 않는다.

그러나 전선의 허용전류보다 큰 전류를 흘릴 경우나 발생한 줄열(Joule's heat)의 발산이 저하된 경우, 또는 배선 접속부의 접촉저항이 증가된 경우 등에는 줄열에 의한 온도 상승이 현저하게 되어 출화 요인이 될 수 있다. 또한 설계된 전로 이외의 경로로 전류가 흘러 그 경로의 급속접합부 및 유기절연체에 형성된 탄화경로에서 발생하는 줄열도 역시 출화의 요인이 된다.

현재 주택으로 인입되어 분기되는 전원의 각 회로는 과부하 및 단락전류를 검출하여 차단시키는 배선용차단기와 영상전류를 검출하여 누전에 의한 화재를 예방하는 누전차단기가 설치되어 있다. 이들의 보호기능이 적절하게 제공되면 전기재해의 예방에 대한 기본적인 조건을 갖추었다고 상정할 수도 있으나, 여러 통계자료에 따르면 많은 화재가 전기에 의해 발생되고 있으며, 실제로 국내는 전체화재의 20%를 전기화재가 점유하고 있다. 이는 기존의 보호체계의 범위를 벗어나는 전기적 고장이 존재하기 때문이다. 그중 대표적인 것이 아크고장에 의해 낮은 고장전류에서의 전기화재 발생이다. 따라서 이에 대한 충분한 검토를 통해 전기화재를 저감시킬 수 있을 것이다.^[3]

2.2 연구 결과

2.2.1 시범모델의 구축

전기안전망을 구축하기 위해서는 수용가의 전력정보를 수집하여 상태를 판단하고, 이런 데이터를 전송하는 단말장치가 요구된다. 이와 같은 단말장치 기능을 위해 개발된 지능형 분전반은 그림 3과 같이 차단기구부와 회로부로 구성되었다. 차단기구부는 6분기 회로로 구성되었으며, 그중 1분기는 자체 전원 회로용으로 사용되었다. 회로부는 메인보드, 아크보드, 통신보드, 디스플레이보드로 구성되었고, 이는 각각 전력·고장상태 분석 및 제어, 아크고장 검출 및 제어, HMI(human-machine interface) 등의 역할을 수행한다.

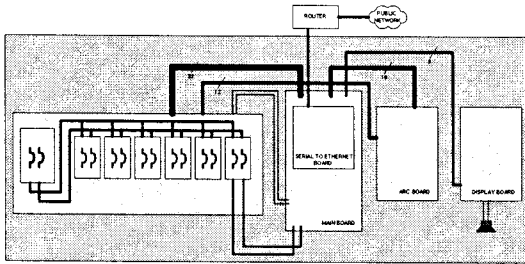


그림 3 지능형 분전반 구성도

특히 개발된 아크보드에 대하여 그림 4의 직렬아크고장 5A의 전류에 대한 20mA IV선의 소손 시험 결과를 통해 신뢰성을 확인하였다. 그림 4(a)와 (b)는 아크고장 검출기능을 적용한 회로와 그렇지 않은 회로에 대하여 아크고장 모의발생장치 내에서의 손상된 전선을 비교한 것으로, (c)와 같은 아크고장 검출 기능이 설치되지 않은 기존의 보호체계에서는 아크고장이 발생하여도 회로가 유지되어 전원을 분리하기 전까지 (a)와 같이 전선이 계속 손상되었다. 그러나 아크고장 검출기능이 설치된 개발된 보호체계의 전선은 (b)와 같이 아크발생과 함께 즉각 전원으로부터 회로가 차단되어 전선이 손상되지 않았다.

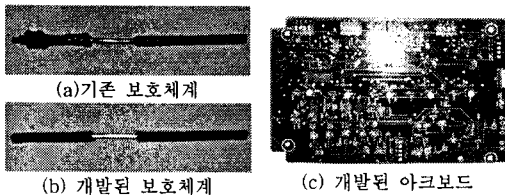


그림 4 개발된 보호체계 적용시험 결과

그리고 국가전기안전망의 효용성을 확인하기 위하여 전주한 옥마을의 28개 수용가에 지능형 분전반을 설치하고, 데이터 전송을 위해 그림 5와 같이 통신체계를 구축하고 지능형 분전반이 각 분기별 부하전류, 누설전류, 아크고장 등에 대한 정보를 Internet을 통해 server로 전송하는 체계를 개발하였다.

이렇게 개발된 계통을 통해 전송되는 정보 중 이상상태에 대한 정보가 있을 경우에는 SMS server가 이동중인 관리자의 PDA에 관련정보를 전송하고, 수신된 정보에 따라 해당 관리자는 PDA를 통해 해당 수용가의 상세 정보를 확인하여 출동 여부를 판단한 후 조치를 취하게 된다. 이런 체계는 법정주기의 정기점검을 실시간 감시체계로 전환하는 효과가 있다.

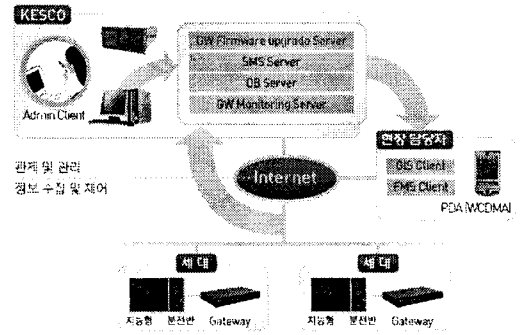


그림 5 시범 적용된 운영체계

2.2.2 시범모델의 운영

서버에서는 그림 6과 같이 발생된 장애에 대한 이력을 관리한다. 그림 6(a)에서의 과전류 1차 경보는 실제 부하사용에 따라 발생된 것으로, 전주한옥마을의 기존 주택에 적용하여 부하분담이 분기별로 적정하지 않기 때문에 발생한 결과이다. 이렇게 과전류, 누설전류 등에 대한 정보를 실시간으로 확인하여 상당한 수준의 고장이 상당기간 지속될 경우 이에 대한 조치를 사고 전에 강구할 수 있을 것이다.

아크고장에 대해서는 운영기간이 짧아서 실제 고장상태가 발생할 확률이 적어 아크고장을 모의하여 관리체계를 점검하였다. 모의 직렬아크발생 장치를 통해 아크를 발생시키고 차단 상태 및 서버로 전송되는 결과를 그림 6(a)와 같이 확인하였다.

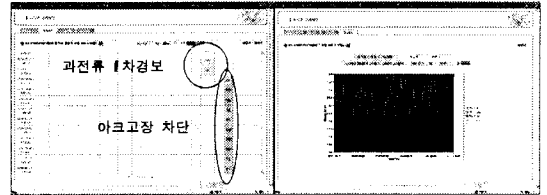


그림 6 서버 연동시험 및 운영 데이터

그리고 그림 6(b)와 같이 실시간 감시된 정보에 대하여 일정 주기로 정보를 저장 및 관리함으로써 재해발생 시 원인 규명이나 재해예방 활동을 위한 기본 자료로 활용할 수 있을 것이다. 이런 온라인 관리 및 점검 체계의 구축을 통해, 13년의 재해 잠복기간이 실시간 점검에 의해 상당부분 해소될 수 있을 것이다.

2.2.3 국가전기안전망 구축 방안

현재 전기설비는 그림 7과 같이 사업용과 자가용, 일반용으로 분류하고 있다. 사업용 전기설비의 경우 전기사업자가 안전관리를 직접 담당하고 있으며, 법정주기에 따라 정기검사를 실시하고 있다.

자가용 전기설비는 전기안전관리자를 선임하여 관리하고 있고, 법정주기에 따라 정기검사를 통해 안전상태를 확인하고 있다. 그러나 일반용 전기설비는 사용자가 자체적으로 관리하며 정기점검을 통해 전문가에 의해 법정주기로 안전관리 상태를 확인 받고 있다.

이 때문에 일반용 전기설비의 경우, 전기재해 발생 위험이 다른 설비에 비해 현저히 높을 수밖에 없다.

따라서 국가전기안전망의 적용 대상은 표 1과 같이 화재 발생 시 체계적인 대처가 어려운 일반주점, 오락문화운동 시설, 숙박목욕 등을 포함하는 다중이용시설과 복지시설, 문화재, 공공집회장, 재래시장, 소규모 빌딩 및 산업체, 일반 주택 등을 포함한다. 이들 일반용 전기설비는 전기설비의 상당부분을 차지하고 있으며, 특히 다른 전기설비에 비해 관리상태가 매우 취약한 실정이다.

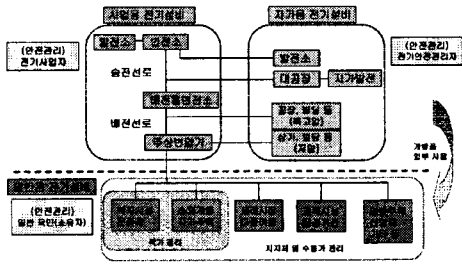


그림 7 전기설비의 분류

이들 일반용 전기설비를 대상으로 표 2와 같이 3단계에 걸쳐 지능형 분전반을 보급하고, 전기설비를 국가전기안전망을 통해 관리하는 방안을 검토하였다.

기초생활보장 수급자인 소외계층에서의 대상 선정은 총 809,745호 중 19.1%의 자가 주택 소유자 154,000호를 대상으로 보았다.

표 1 일반용 전기설비 업종별 현황(2005년도)

업종	복지시설	공공문화재	소외계층	다중이용시설	일반주택 등	계
호수	23,435	1,404	154,000	1,094,357	17,209,562	18,482,758

1단계에서는 사업대상으로 공공문화재 및 복지시설 등 24,839호와 소외계층으로 분류할 수 있는 기초생활수급자의 자가 주택 154,000호에 대하여 지능형 분전반을 정부의 지원으로 보급 및 시설한다.

그리고 2단계사업에서는 다중이용시설 1,094,357호를 수용가 또는 정부 부담으로 시설하여 차세대 국가 전기안전망에 연계 운영한다. 이를 위해 전기재해 취약설비 및 재해 발생 시 인명 및 재산피해가 큰 다중이용시설에 대해서는 관련법 및 규정을 개정하여 원격상시감시시스템 설치의 의무화하고, 원격상시감시시스템이 설치된 시설에 대해서는 국가전기안전망에 연계하여 전문가에 의해 실시간 원격 관리한다.

3단계에서는 일반주택, 상가주택, 아파트 등의 17,209,562호를 지자체 및 수용가 부담으로 시설하여 국가전기안전망에 연계 운영하는 것을 기초로 설계하였다. 일반주택 및 일반 시설 등에 확대 적용하는데 있어서는 일반용전기설비에 대한 온라인 상시 정기점검 체계를 확보하기 위해, 지능형 분전반의 기능, 중요성, 안전성 등의 홍보와 계몽을 통하여 일반주택, 아파트 및 일반시설에서 자발적으로 설치하도록 안내하고, 지능형 분전반을 설치한 시설은 국가 전기안전망에 연계하여 전기안전 원격상시감시시스템 운영을 전문가에 의하여 관리하도록 한다.

표 2 단계별 사업대상 수용가

구분	사업대상	계
1 단계	- 복지시설 : 23,435호	178,839호
	- 공공문화재 : 1,404호	
	- 소외계층 자가 주택 : 154,000호	
2 단계	- 다중이용시설 : 1,094,330호	1,094,330호
3 단계	- 일반주택 등 : 17,209,562호	17,209,562호

각 단계별로 지능형 분전반을 도입하는데 있어서, 분전반의 가격적 부담에 따른 대안으로 기존 분기 회로수가 적은 수용가에 대해서는 주차단계에만 부하전류 및 누설전류와 아크고장 검출 기능을 부여한 제품을 개발 및 보급하는 방법을 도입할 필요도 있을 것이다. 그리고 국가전기안전망의 운영은 한국전기안전공사에서 실시하고 있는 스피드 콜(Speed Call)과 연계하여 대국민 전기안전서비스를 제공한다.

2007년도를 기준으로 전체 화재 47,815건 중, 9,091건이 전기에 의해 화재가 발생되어, 전기화재는 19%를 점유하고 있다. 이런 전기화재에 의한 재산피해는 62,163백만원, 인명피해는 사망 30명, 부상 257명으로 총 287명이었다. %에 대한 비율로 환산할 경우 재산피해액은 3,271백만원/%, 인명피해는 15.1명/%이다.

따라서 국가전기안전망을 구축하여 전기화재 점유율을 15%까지 저감시킬 경우, 재산피해는 13,084백만원, 인명피해는 60.4

명이 예방될 수 있을 것이며, 보급이 완료되어 전기화재 점유율을 6%까지 저감시킬 경우, 42,523백만원의 재산피해와 196.3명의 인명피해를 예방할 수 있을 것으로 추산된다.

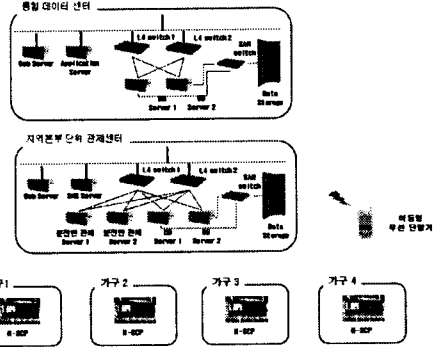


그림 8 국가전기안전망 운영체계

특히 2007년도 전기화재의 점유율이 76.8%로 높은 일반용 전기설비를 대상으로 그림 8과 같이 국가전기안전망을 구축하여 연계 운영할 경우 전기화재의 주요 원인인 단락, 과부하, 누전, 아크고장을 원격에서 상시로 전기화재의 발생 징후를 사전에 감지하여 예방하면 전기화재 점유율을 현저히 낮출 수 있을 것이다.

3. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 환경과 접목된 전력, 부하전류, 누설전류, 아크고장 등의 원격실시간 감시를 통한 관리를 실현하기 위한 지능형 분전반을 개발하고, 증가되는 위해요인에 대한 적절한 관리를 위해 새로운 전기안전관리체계를 검토하여 국가전기안전망의 개념을 도출하였으며, 새로운 감시기술이 접목된 국가전기안전망에 대한 축소모델을 전주한옥마을 28개 수용가에 적용하고 지능형 분전반을 설치·운영하여 지능형 분전반 및 네트워크에 대한 안정성을 평가하였다.

이를 통해 상당히 방치된 취약전기설비에 대한 유용성을 평가하고, 현행 사후관리 위주의 전기안전관리 체계에 정보통신기술을 융합한 국가전기안전망을 구축 및 보급할 수 있는 적용방안을 검토하여 보았다.

국가전기안전망이 완전히 구축될 경우 일반용전기설비의 전기안전 관리주체가 전문지식이 없는 일반인에서 전문가로의 전환 효과가 발생되며, 안전을 확인하는 주기가 실시간 감시체계로 전환되는 효과를 통해 66.7%의 단락, 7.6%의 과부하, 6.7%의 지락 등에 의한 전기화재를 예방할 수 있을 것이다.

결과적으로 전기화재 점유율을 2007년도 기준으로 6%까지 저감시킬 경우에 42,523백만원의 재산피해와 196.3명의 인명피해를 예방할 수 있을 것으로 추산된다.

이를 통해 국가 전기안전망 운영을 통한 대국민 고층 해소 및 재난 복구·관리 체계를 최적화할 수 있고, 국내 전기안전시스템 분야의 전문성 확보를 통한 신부가가치 창출과 점검 주기 조정에 따른 인력 및 금예산 절감이 가능할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 전력산업기반금에 의해 수행되었습니다.

[참고 문헌]

- [1] 임용배, 배석명, 김영석, 박치현, 김기현, 조성원, "영상전류 측정을 이용한 부재수용가의 전기설비에 대한 안전확보 방안", 전기학회논문지, 55P권, 4호, pp. 196-201, 2006.
- [2] 한국전기안전공사, <http://www.kesco.net/>, 전기재해통계정보시스템, 2009
- [3] 임용배, 정종욱, 정진수, 장보형, 최희진, "부재수용가에 대한 전기안전상태 조사", 한국전기안전공사, 2005