

데이터 처리 및 무선통신기능을 갖는 회로차단기 개발 연구

논 문
60-8-24

Development of the Circuit Breaker with Data Processing Function and Wireless-communication Function

김기현[†] · 이상익^{*} · 신성수^{**} · 배석명^{***} · 주남규[§]
(Gi-Hyun Kim · Sang-Ick Lee · Seong-Su Shin · Seok-Myung Bae · Nam-Kyu Joo)

Abstract - In this paper, in order to reduce the electrical disaster such as electrical fire at traditional markets, we need to develop the circuit breaker which is able to monitor the power status of electrical equipments. Therefore, for solving the those problems, we developed the detection censor(ZCT, CT) and equipment of data analysis and transmission. The detection censor and equipment is able to monitor the electrical equipments condition(over current, leakage current, arc, etc.). We constructed Test-Bed for testing reliability of the circuit breaker and obtained certification. And we tested the over current, leakage current and arc under the normal condition. This paper will be used to the data for development an cabinet panel which is able to monitor the actual loads

Key Words : Leakage current, Arc, Electrical safety monitoring system, Cabinet panel, Traditional markets

1. 서 론

전기재해에 취약한 재래시장 등의 전기화재 및 감전 사고를 미연에 방지하기 위해서는 사용되고 있는 전기설비로부터 발생하는 아크, 누전, 과부하 등을 실시간으로 확인이 필요하다. 이를 확인하기 위해서는 전기를 공급해 주는 분전반의 각 차단기로부터 관련된 정보를 측정하여 이를 분석할 수 있는 시스템이 필요하다. 또한 실시간으로 데이터를 측정하고 측정된 데이터를 전송 가능한 차단기 개발이 필요하다. 따라서 이를 위해서는 차단기 내부에서 과전류, 누설전류 등의 데이터 검출이 가능하도록 변류기 및 영상변류기 개발이 필요하고, 차단기와 연결된 부하의 상태를 외부 원격관리자에 의해 감시 및 관리를 위해서는 전송기능이 가능한 시스템 개발이 필요하다. 본 논문에서는 각 부하의 전원상태를 검출하는 검출센서가 내장된 회로차단기 개발에 있어서, 과전류와 아크 발생을 검출하기 위한 각각의 CT(변류기)와 누설전류 검출하기 위한 ZCT(영상변류기)를 개발하였다. 또한 센서를 통해 측정된 아날로그 데이터를 디지털 신호로 변환하는 검출모듈 및 이 검출모듈에서 변환된 디지털

신호를 수신하여 외부로 송신하거나 외부의 원격 신호를 검출 모듈로 송신하는 RF모듈을 포함하여 개발이 되었다. 데이터 가공 및 통신기능을 갖는 회로차단기 개발은 공인 인증 실험을 통해 안전성 평가를 받았고, 차단기에 내장된 검출모듈에서 센서를 통해 검출된 신호데이터를 자체 가공하여 원격의 관리자에게 통신모듈을 통해 전송할 수 있도록 구성하여 별도의 추가적인 장비가 필요 없을 뿐만 아니라, 분전반의 복잡한 유선문제도 해결할 수 있어 원격감시기능을 갖는 분전반 제작에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 본 론

2.1 슬림형 차단기에 적합한 변류기(CT) 및 영상변류기(ZCT) 개발

차단기는 전력 계통에서 매우 중요한 역할을 하는 전력기기로 정상 작동 시에는 안정적으로 수용가에 전력을 공급해야 하며, 사고 발생 시에는 신속하게 전력을 차단하여 사고 전파를 최소화 하는 역할을 해야 한다[1]. 이러한 역할을 수행하기 위하여 일반적으로 차단기에는 정격 전류이상으로 전류가 흘렀을 경우에 차단기 내부에 설치된 바이메탈(Bimetal)의 팽창계수의 변화로 만곡 되어 차단기 구동 접점을 동작시켜 전원공급을 차단하며, 마찬가지로 차단기는 하부 배선에서 금속물질등과 같이 상간 단락사고가 발생할 경우 순시전류를 차단하도록 동작할 뿐만 아니라, 누전이 발생할 경우 영상변류기(ZCT)에 의해 불평형 전류를 감지하여 누전에 의한 인체감전 사고나 화재사고를 예방하고 있다. 그렇지만, 이러한 차단기가 설치되어 있음에도 매년 국내에

† 교신저자, 정회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원
선임연구원 · 공박

E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr

* 정 회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원
선임연구원 · 공박

** 정 회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원

*** 정 회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원
차세대기술센터장

§ 정 회원 : 주식회사 대륙 연구소 선임연구원

접수일자 : 2011년 3월 23일

최종완료 : 2011년 7월 4일

서 전기에 의한 많은 화재가 발생하고 있다. 이러한 원인을 분석한 결과 주요 원인이 아크 전류에 의한 것으로 판명되었다[2]. 또한 연속적인 누전발생에 의한 차단기의 구동접점의 탄화, 배선의 절연 파괴, 과전류에 의한 배선의 기계적, 전기적 스트레스 증가 및 손상, 배선 연결결함 등의 매우 다양한 원인에 의해서 전기화재 및 인체 감전사고로 이어지게 된다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해 차단기의 내장된 센서에서 검출된 신호를 차단기 자체에서 데이터를 가공하여 원격으로 전송할 수 있도록 구성된 데이터가공과 무선 통신기능을 갖는 회로차단기가 필요하다. 이러한 기능 구현을 위해서는 분전반 공간의 확충 등과 같이 시스템의 대형화가 필요하다. 그러나 분전반 설계/제작의 효율화를 위해 소형 치수와 차단성능의 표준화, 공간 축소를 위한 차단기의 소형화에 대응 가능하는 기술 개발 요구가 강하게 나타나고 있다[3]. 이를 해결하기 위해 차단기 내부에 적합한 크기 및 기능에 맞는 변류기(CT)와 영상변류기(ZCT)개발이 필요하다. 이는 차단기의 크기를 축소 및 정확한 데이터를 측정하기 위함이다. 다음은 개발된 CT 및 ZCT의 사양 부분이다. 그림 1의 좌측은 개발된 ZCT의 그림이고, 우측에는 차단기 내부에 들어가는 신호 보드 및 누전 검출 보드에 설치된 CT 및 ZCT의 역할 및 개수를 나타낸 부분이다.

- CT
 - 절연 : Epoxy Molding
 - Core : Toroidal type silicon steel
 - 전류 : 1~120 A
 - 오차 : ± 5% 이내
 - 크기 : 외경 18Φ, 내경 13.2Φ, 두께 7.6 mm Wire Type
- ZCT
 - 절연 : Epoxy Molding
 - Core : Toroidal type silicon steel
 - 전류 : 1~50mA
 - 오차 : ± 5% 이내
 - 크기 : 외경 18Φ, 내경 13.2Φ, 두께 7.6 mm PIN Type

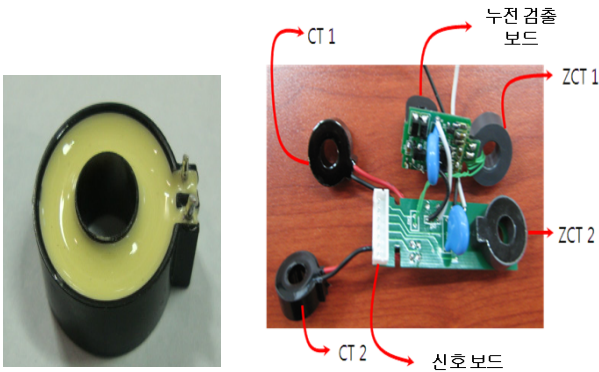


그림 1 개발된 ZCT 및 차단기 내부 보드
Fig. 1 Developed ZCT and board composition of circuit breaker

2.2 슬립형 차단기 외형 개발 및 성능

데이터 가공 및 통신기능을 갖는 회로차단기의 성능과 사양은 다음과 같이 설계하고 구성하여 개발하였다. 개발하는 회로 차단기의 외부 구조 및 기능에 대해서는 그림 2에 나타내었고, 차단기 내부의 구성 및 실질적으로 제작한 부분은 그림 3에 나타내었다.

- 성능
 - 아크 검출 센서 내장
 - 분석 모듈로 아크 검출 센서 신호 출력
 - 과전류 검출용 센서 내장
 - 분석 모듈과 과전류 검출용 센서 신호 출력 가능
 - 누설 전류 검출용 센서를 내장
 - 분석 모듈로 누설 전류 검출용 센서 신호 출력 가능
 - 외부 신호에 의해 Trip 가능
 - 누전 차단기 ON/OFF 동작에 대한 외부 출력 가능
 - 아크 슈트 내장
- 사양
 - 정 격 전 압 : 220 V
 - 정 격 전 류 : 20 A
 - 프 레 임 크 기 : 30 AF
 - 정격 차단 전류 : 5 kA
 - 극 수 : 2P
 - 외부 트립 방식 : DC 5V 신호 Trip에 의한 트립 가능
 - 과전류트립방식 : 열동 전자식
 - 크 기 : W20mm×D50mm×H105mm(±10mm)

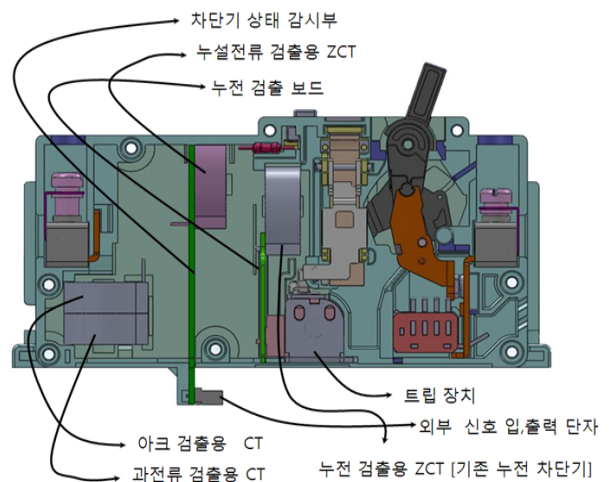


그림 2 센서부착 차단기 내부 구조
Fig. 2 Internal structure of sensor attached circuit breaker

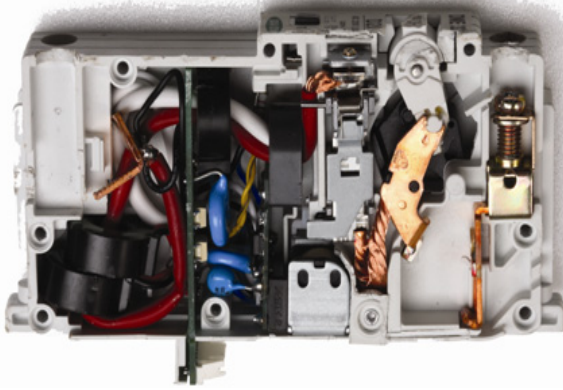


그림 3 개발된 차단기 구조
Fig. 3 Structure of developed circuit breaker

2.3 데이터가공 및 통신기능을 갖는 회로차단기

그림 4는 개발된 회로차단기를 개략화한 블록 구성도를 나타낸 회로차단기의 구성도이다. 그림에서처럼 회로차단기에는 각상(R, S, T, N)의 전원 라인을 관통하도록 변류기가 장착되며, 모든 상의 전원 라인이 관통되는 영상변류기가 장착된다. 검출 모듈에는 변류기(CT)나 영상변류기(ZCT)와 같은 검출 센서별로 교류 전류 신호를 교류 전압 신호로 변환시키는 센싱저항이 각각 구성된다. 따라서 검출 센서의 교류 신호를 센싱저항을 통해 전압으로 변환시키는 역할을 하게 된다. 센싱저항에서 변환된 교류전압 신호는 일반적으로 센싱저항의 값이 매우 작기 때문에 매우 작은 값을 갖는 교류 전압 신호가 되므로 증폭기를 통해 증폭된다. 이때 실효치(RMS)변환을 위해 충분히 증폭할 필요가 있으며 입력 임피던스가 매우 큰 차동 증폭기를 사용해서 신호를 증폭한다. 증폭기를 통해 증폭된 교류 전압 신호는 실효치 변환기를 통해 직류의 실효값으로 변환되면서 AD 변환기에서 필요로 하는 직류 값으로 변환한다. AD 변환기는 실효치 변환기에서 변환된 아날로그 타입의 직류의 실효값을 디지털 신호로 변환하게 된다.

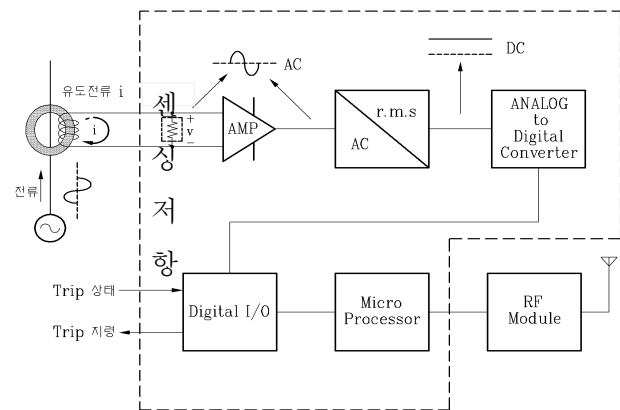


그림 4 차단기 회로 구성도
Fig. 4 Circuit diagram of circuit breaker

AD 변환기에서 변환된 디지털신호는 디지털 입 출력기를 통해 마이크로프로세서로 입력되어 신호가 보상되면서 RF 모듈을 통해 원격으로 전달된다. RF 모듈은 ZigBee 네트워크 프로토콜을 기반으로 무선으로 전송받은 디지털신호를 송수신하도록 구성되어 있다[4]. 또한 디지털 입 출력기(Digital I/O)는 마이크로프로세서를 통해 RF 모듈에서 수신된 원격신호를 전달받아 강제 트립 신호를 출력시키도록 구성된다.

그림 5는 개발된 회로차단기를 통해 전원상태를 관리하는 구성에 대한 부분을 나타낸 그림이다. RF 모듈에서 전달된 디지털 신호는 분전반이나 수배전반 또는 네트워크가 연결된 제어보드에 설치된 신호 분석 모듈을 통해 분석되며, 분석된 자료는 모니터링 되어 분전반 또는 수배전반의 전원상태를 파악하게 된다. 관리자가 전원상태를 모니터링 하다가 과전류, 누설전류, 아크등의 가능성이 있는 경우에는 제어보드에서 자체적으로 무선통신으로 회로 차단기에 강제 트립 신호를 보내어 회로 차단기의 접점을 오픈시켜 전원을 차단할 수 있다.

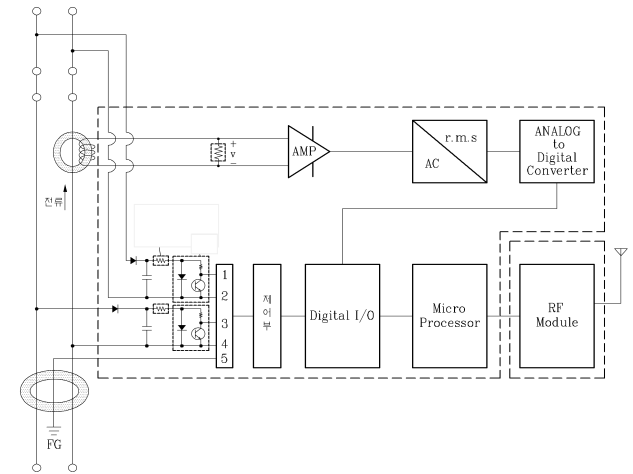


그림 5 전원 상태 측정 구성
Fig. 5 Measuring diagram of power situation

그림 6에서 제어보드를 통해 강제트립신호가 송신되면, 회로차단기의 RF모듈에서 이를 수신하여 디지털 입 출력기를 통해 디지털신호를 제어부로 출력하게 된다. 제어부는 디지털 입 출력기에서 출력된 강제 트립 신호를 아날로그신호로 변환시켜 상기 영상변류기를 관통하는 전류를 발생시킴으로써 영상변류기를 관통하는 전류의 벡터합의 불평형 상태를 발생시켜 차단기의 트립 코일에 전압을 인가하여 회로차단기의 접점을 오픈시키게 된다. 또한 검출 모듈에는 회로차단기의 트립 상태 또는 전원 공급 상태를 상기 디지털 입 출력기에 전달하기 위해, 전원 측과 부하 측에서 전원 공급 상태를 각각 감지하기 위한 전원 측과 부하 측 포토커플러가 각각 장착되어 있다. 또한 부하 측 포토커플러 회로 차단기의 부하 측에 연결되어 전원을 입력받아 발광하는 다이오드가 발광할 때 베이스 전압이 인가되어 도통되는 트랜지스터로 구성되며, 제어부는 상기 트랜지스터의 커넥터 단자

나 에미터 단자에서 출력되는 신호를 수신하여 부하측의 전원상태를 감지하게 된다[5]. 검출모듈의 전원 측과 부하 측 포토커플러의 각각의 트랜지스터의 에미터 단자나 컬렉터 단자를 통해 각각 신호가 출력되어 제어부에 입력되어 디지털 변환된 후 마이크로프로세서를 통해 RF 모듈로 전송되도록 구성되어 있다. 그림 6은 그림 4, 5에서 설명된 부분을 통합하여 차단기의 개발된 기능 및 구성에 대하여 개발된 데이터가 공 및 통신기능을 갖는 회로 차단기의 전체 구성을 확인 할 수 있는 부분이다. 그림에서 보는 것처럼 차단기에 설치된 센서를 통하여 전류 및 누설전류 측정을 하여 측정된 데이터를 제어보드에 RS 485를 통하여 제공하고 제공된 신호를 서버에 송신하여 관련 자료를 분석할 수 있도록 구성이 되어 있다.

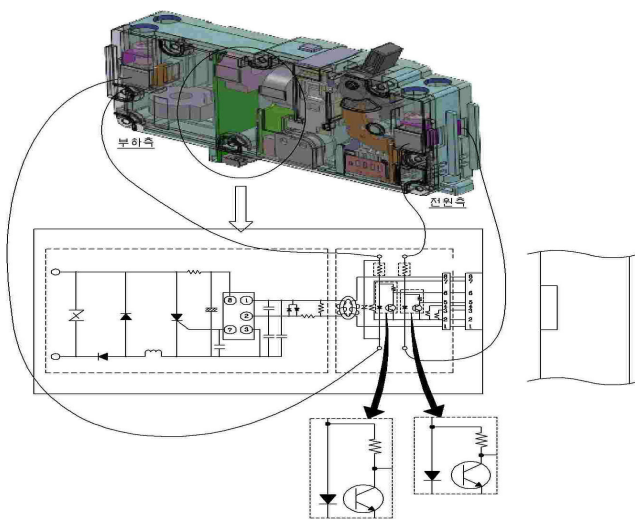


그림 6 데이터가공 및 통신기능을 갖는 회로차단기 구성도
 Fig. 6 Circuit Breaker composition of data analysis and transmission function

2.4 차단기 성능 실험

개발된 슬립형 차단기의 성능으로는 Arc 검출 센서 내장, 과전류 검출용 센서 신호 출력, 누설 전류 검출용 센서를 내장, 누설 전류 검출용 센서 신호 출력 가능 등의 기능을 가지고 있어 이에 대한 부분을 확인하기 위해 Test-Bed를 구성하여 관련 성능 부분의 시험을 실시하였다. 개발된 차단기의 성능 평가를 위해 누설 전류, 과부하, 아크 발생에 따른 원격 제시 및 차단 기능 부분과 신호 전송에 대한 부분을 확인하였다. 다음 그림 7은 차단기(정격 20[A], 30[mA])에 1차, 2차 경고 값을 10[mA], 15[mA]로 설정 후 누전 발생기를 이용하여 누전 발생 시 분전반 전면의 LCD에 누전 경고 발생을 확인 할 수 있고, 과전류 실험도 동일하게 진행을 하여 이벤트 발생에 따른 원격 감시 부분을 확인 하였다. 그림 8은 아크가 발생 장치에 의해 아크가 발생이 되면 차단기에서 측정하여 LCD 화면에 아크 발생에 따른 차단 발생에 대한 부분을 확인 할 수가 있다. 그림에서처럼 형광

등 부하(스타트 식)에서 아크가 발생하였을 때 파형이고, 아크가 발생을 하였을 때 차단기 Off 된과 함께 아크 차단에 의한 경보가 LCD 화면에 발생된 분기와 같이 표시되는 것을 확인 하였다. 아크 발생에 대한 신뢰성을 검증하기위해 전등부하, 전동기 부하, 전열부하, 냉방부하를 분류하여 실험을 진행하였다. 전등 부하에서 할로겐, 백열등, 형광등을 전원에 연결하여 ON/OFF 시에 차단기가 차단되지 않음을 확인 하였다. 또한 형광등 및 백열전등, 파절기(동력부하) 부하의 정상적인 파형과 아크 발생 시에 파형을 측정하였고, 아크가 발생 시에는 차단됨을 확인 하였다



그림 7 누설전류 발생 및 LCD에 상태 표시
 Fig. 7 Leakage generation and LCD warning display

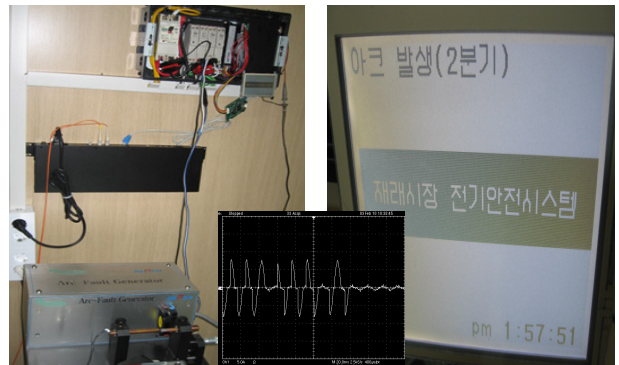


그림 8 아크 발생 파형 및 LCD에 상태 표시
 Fig. 8 Arc generation and LCD display for arc cut

3. 결 론

전기재해가 취약한 장소 및 전기설비의 점검 부분이 어려운 곳에서 발생 될 수 있는 전기화재 등 전기 재해를 사전에 예방하기 위해서는 전기설비와 직접 연결된 회로 차단기에서 실시간 부하의 상태를 감시 할 수 있는 차단기 개발이 필요하게 되었다. 따라서 이를 해결하기 위한 전기 품질 측정 검출 센서(CT, ZCT) 개발 및 측정된 데이터를 전송하고 분석할 수 있는 장치를 개발 하였다. 최종적으로 개발된 차단기는 내장된 감지 보드를 통해 누전, 과전류 발생 상태를 확인 할 수 있고, 아크 발생시 발생 신호를 분전반에 구성된 메인 보드에 전송하여 다양한 원인에 의해 발생 될 수 있는 전기 재해를 미연에 예방 할 수 있는 효과가 있을 것

으로 판단된다. 또한 각 기능에 대한 상태에 대한 신뢰성을 평가를 위해 기능 시험과 차단기에 대한 인증 실험을 통하여 안전성을 검증하였다. 따라서 개발된 회로 차단기를 사용하여 차단기에 내장된 검출 모듈에서 센서를 통해 검출된 신호 데이터를 자체 가공하여 원격의 관리자에게 통신 모듈을 통해 전송할 수 있도록 구성하여 별도의 추가적인 장비가 필요 없을 뿐만 아니라 분전반의 복잡한 유선문제로 해결하면서 원격감시 기능을 갖는 분전반을 구성할 수 있어, 추후 재래시장 시범사업에 개발된 차단기를 설치하여 부하 말단까지 원격으로 감시하여 운영할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 박성규, 이종철, 김윤제 “배선용 차단기 방열 성능 향상 연구”, 한국에너지공학회 추계학술대회 논문집 2003, pp.317~332
- [2] 반기중, 김락교 “아크 전류 차단을 위한 제어 알고리즘 개발”, 대한전기학회 논문집 Vol,53D, No.3, Mar, 2004, pp.166~172
- [3] 최영길, 구태근, 이광식 “460V/225A/50[kA] 한류형 배선용 차단기 소호부 개발” 대한전기학회 논문지 Vol 16, No. 6 2002, pp.137~144
- [4] 김장주, ‘광통신 시스템 공학’, 진한 도서, 2004. 02
- [5] Gi-Hyun Kim, Sang-Ick Lee, Seong-Su Shin, Suk-Myong Bae, “Development of Electric safety Monitoring system and cabinet panel of Traditional market”, JIEIE Korea, vol. 24, pp23-128, April 2010.

저 자 소 개



김 기 현 (金基鉉)

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2000년 8월 동 대학원 졸업(석사). 2008년 2월 동 대학원 졸업(박사). 2006년 전기안전기술사 취득. 2003년 ~ 현재 전기안전연구원 선임 연구원
 Tel : 031-580-3057
 Fax : 031-580-3066
 E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr



이 상 익 (李尚益)

1968년 12월 9일생. 1994년 호서대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 건국대학교 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 선임연구원
 Tel : 031-580-3053
 Fax : 031-580-3111
 E-mail : sangickl@kesco.or.kr



신 성 수 (申成秀)

1976년 10월 25일생. 2004년 충북대학교 전기전자공학부 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년~2010 한국전기안전 공사 근무. 2010년~현 전기 안전연구원 연구원
 Tel : 031-580-3058
 Fax : 031-580-3066
 E-mail : shinss@kesco.or.kr



배 석 명 (裵錫銘)

1956년 10월 22일생. 1984년 창원기능대학교 전기기기과 졸업. 1981~1997년 한국전기안전공사 재직. 1997년~현재 전기안전연구원 차세대기술센터장
 Tel : 031-580-3050
 Fax : 031-580-3111
 E-mail : sukmyong@hanmir.com



주 남 규 (朱南奎)

1974년 9월 30일생. 2002년 강릉대학교 제어공학과 졸업. 2004년 강원대학교 전기공학과 졸업 (석사), 2008~현재 동 대학원 박사 과정 재학. 2003~2007년 (주) 피스디테크 근무. 2007~현 주식회사 대륙 기업부설연구소 재직
 Tel : 031-329-5294
 Fax : 031-334-3374
 E-mail : jnk74@naver.com