

단락용량 증대를 통한 슬림형 공항 분전반용 누전 차단기 개발

Development of Silm Type ELCB For Airport Distribution Panel through Increased short Circuit Capacity

주남규*, 이종명**, 김남호*

Nam-Kyu Joo*, Jong-Myong Lee**, and Nam-Ho Kim*

요 약

공항과 같은 산업 설비에 사용되는 분전반에서는 주 개폐기로 배선용 차단기가 사용이 되고 있으며, 분기 개폐기는 누전 차단기가 사용되어 인체 보호 및 누전 화재 보호 기능을 수행하고 있을 뿐만 아니라, 과전류 보호, 단락 보호 검출 기능을 포함하여 사용되어 지고 있다. 특히 공항용 분전반의 경우 사용자의 급증과 함께 급속한 첨단화와 기기의 대용량화, 다양화, 전원용량의 증대 등으로 공항의 안정적인 전원 공급을 위하여 사고에 대한 보호 증대가 필요하게 되었고, 분기 누전 차단기의 다량 사용에 의한 2열 배열의 접속 방법 등으로 분전반을 제작하여 설치 면적에 대한 이슈가 부각되어 차단기의 슬림화가 주요한 문제로 자리 잡고 있다. 본 논문에서는 이를 위하여 아크 소호 기구부의 설계, 접점이 운동 방향 변경을 고려하여 기구부를 설계하고, 누전 검출 회로의 소형화 및 역 접속 시에도 안정적인 동작이 가능하도록 설계하였으며, 이를 검증하기 위하여 단락 시험을 실시함으로써 성능 검증을 하였고, 사고 전류에 대한 보호 기능의 강화와, 차단기의 슬림화, 역접속시에서 누전 동작이 가능한 차단기를 개발함으로써 급속히 커져가는 공항용 분전반에서 발생하는 공간 사용의 문제점을 해결하는데 도움을 주고자 한다.

Abstract

In the power distribution panel installed in airport or industrial facilities, MCCB has been used for main switch and ELCB for branch switch to perform human body and leakage-inducing fire protection as well as overcurrent and short circuit protection. Especially for the airport panel, increase in accident protection is needed for stable power supply due to rapid modernization with fast-growing users, higher capacity and diversification of equipment, the increase of power capacity and the breaker made slim is a main issue for now because the issue for installation space is standing out by making panel with two-row arrangement connection method, etc. due to a many use of branch ELCBs. In this thesis, we designed arc extinguishing mechanism, considered movement direction change of contact in mechanism design. Also, we designed the breaker to work stably in case of miniaturization of leakage detection circuit and reverse connection. We conducted short circuit test to verify its function and developed the breaker that can be improved protection against accidental current with slim size operating leakage function when reverse connection to help solve the problem in using space that is increasing in the airport distribution panel.

Key words : ELCB, Short Circuit Capacity, Slim, leakage

I. 서 론

세계화의 새로운 조류 속에서 경제 사회 문화의

* 강원대학교 (kangwon national university)

** 한국폴리텍3대학 (Korea Polytechnic III College)

· 제1저자 (First Author) : 주남규,

· 교신저자 : 김남호

· 투고일자 : 2012년 3월 9일

· 심사(수정)일자 : 2012년 3월 9일 (수정일자 : 2012년 4월 20일)

· 게재일자 : 2012년 4월 30일

국경은 사라져가고, 과학기술과 정보화, 유통속도를 축으로 하는 국제 경쟁이 치열해지면서 항공운송의 비중은 날로 높아가고 있으며, 이를 뒷받침하는 공항의 중요성은 한층 더 증대되고 있다 [1].

대형 신 공항은 국제적인 자족도시로 건설되며, 24시간 운영이 가능한 공항으로 건설되어 운영되기 때문에 정전 및 전력설비의 고장은 공항 신뢰도에 있어 최우선으로 고려되어야 한다. 이러한 전력설비의 구성은 크게 수, 변전설비, 배전설비, 예비전원, 감시장치, 조명시설, 항공등화시설 등으로 구성되며, 설치 기준은 전기 공사업법, 전기설비 기술기준 및 내선규정에 준하는 설비로 시설하므로 최종 부하의 관리를 위하여 누전 차단기가 사용된다[2].

누전 차단기(Earth Leakage Breaker) : ELB)는 교류 600V 이하의 저압 전로에서 누설 전류(누전)로 인한 인체 감전사고와 전기 화재 등을 방지하기 위하여 사용되는 차단기로 누전으로 인한 재해가 예상되는 전로에서는 반드시 설치하여야 한다. 감전 및 지락사고 보호를 위해 사용되는 누전 차단기는 그 필요성이 증가하고 있고, 설치 의무 장소도 점차 증가하는 추세이다[3].

이러한 이유에서 현재의 누전 차단기는 여객서비스에 최선의 품질을 우선으로 하고 24시간 운영되는 곳에서는 특히 그 사용의 중요성이 증대되고 있어 분전반 설계/제작의 효율화를 위해 소형 치수와 차단 성능의 표준화, 공간 축소를 위한 차단기의 소형화에 대응 가능한 기술 개발 요구도 강하게 나타나고 있다[4].

이러한 이유 때문에 분전반의 형태가 대형화되어 관리 부분에서 많은 어려움이 있기 때문에 그림 1에서 보여지는 것과 같이 일본에서는 분기 차단기를 슬림화하여 이를 해결하고 있다.

그러나 그림 2처럼 국내의 경우 차단기의 슬림화가 이루어지지 않아 기존 차단기 설치 시 40%이상의 설치 면적 증가가 발생하게 되어 공항등과 같이 여객의 편리성과 안정성을 위하여 전원 설비의 증대 시 어려움이 발생하게 된다.

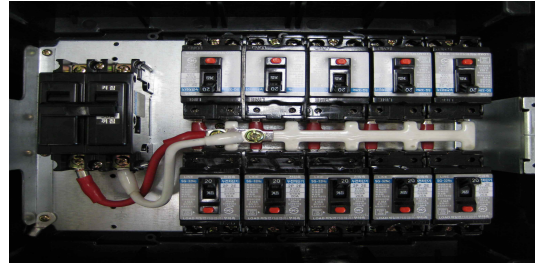


그림 2. 상하 배열의 분전반 (한국)
Fig 2. Distribution panel of vertical array (Korea)



그림 1. 상하 배열의 분전반 [일본]
Fig 1. Distribution panel of vertical array(japan)

본 연구에서 개발한 차단기는 기존 단상 분전반용 차단기의 크기 (34mm)에서 슬림화(20mm)로 설계하였고, 단락 용량 또한 증대하여 공항의 안정적인 전원공급 뿐만 아니라, 사고 시 정전 과급 방지 등을 할 수 있는 장점이 있다.

II. 누전 차단기의 특성

누전 차단기는 KS C 4613에 그 구조 및 사용 목적에 대해 정의하고 있으며, 최근 IEC 규격에 맞도록 개정되어 2012년 1월부터 가정용 누전 차단기는 IEC61009-1과 산업용 누전 차단기 IEC60898-1로 구분지어 규격이 개정되었다 [2].

누전 차단기의 동작은 크게 전압 동작형과 전류 동작형으로 분류되며, 국내의 경우 전류 동작형을 사용하고 있다. 전류 동작형의 누전 차단기의 경우 그림 3과 같이 ZCT(Zero Current Transformer)를 사용하여 누전 감시를 하고 있으며 부하단에서 누전 검출회로로 입력 전원을 사용하고 있다. 그림 4는 그림 3을

실제 구현한 누전 차단기의 내부 구성도이다.

ZCT에서 누전이 검출되면 인체 보호 및 누전 화재 보호를 위하여 전원 공급을 중단하여야 하며 이를 위한 차단 방법은 트립 소자 신호원으로 SCR를 사용하기 때문에 그림 5의 Time Chart처럼 동작 시 Gate에 신호가 들어오고 차단동작 후 전원을 해제되어야 누전 검출 회로 또한 전원이 차단된다.

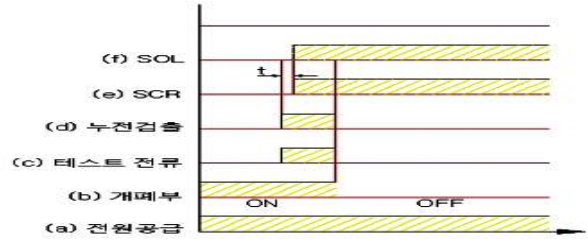


그림 5. 누전 차단기 Time Chart
Fig 5. Time Chart of ELCB

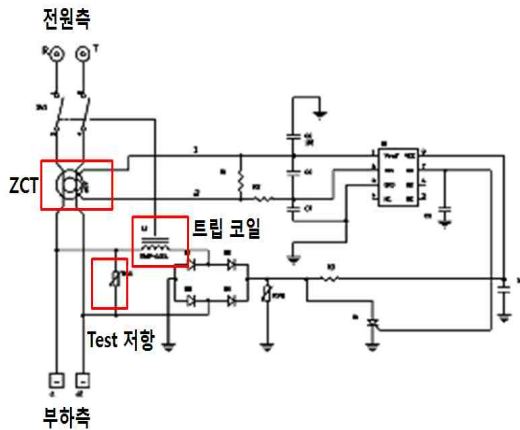


그림 3. 누전 검출 회로
Fig 3. Leakage detection circuit



그림 4. 누전 차단기의 실제 내부
Fig 4. Inner part figure of ELCB

다 분기화 및 설치 시공의 실수로 오 결선되었을 경우 동작 시험을 위하여 그림 6과 같이 기존의 누전 차단기를 전원부와 부하부를 바꾸어 부하단에 전원 공급 후 누전 차단 시험에 대한 실험 파형으로 누전 발생 시 오 접속으로 국내의 경우 전류 동작형으로 설치 오류에 의하여 누전 차단 동작 시 전원 해제가 불가능하여 위험함을 알 수 있었다.

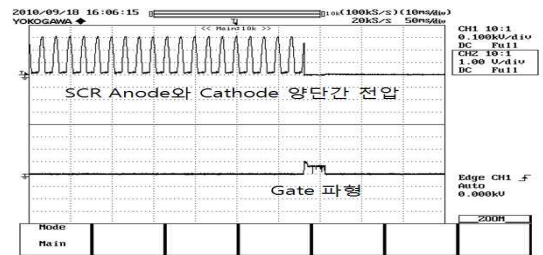


그림 6. 기존 누전 차단기 역접속 시 회로 동작 특성
Fig 6. Operation performance waveform when reverse connection of exciting ELCB

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 그림 7과 같이 회로를 구성하였으며 그 중요한 특징은 Test 저항을 전원측 전압선과 부하측 중성선 사이에 연결시켜 정 접속, 역 접속 시에도 언제나 핸들의 상, 하부에 위치하게 함으로써 안정적인 누전 동작이 이루어지게 하였다.

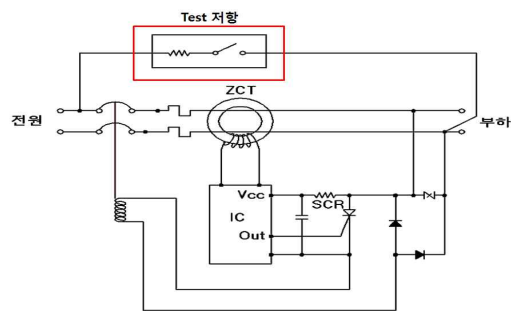


그림 7. 제안하는 역접속 가능형 누전 차단기 결선도

Fig 7. A Proposal Connection diagram of reverse connection ELCB

그림 8은 위의 회로로 설계하였을 경우 누전 차단기의 요소별 동작 Time Chart이며, 그림을 통하여 알 수 있듯 누전 회로에 전원은 공급되어지나 트립 코일이 동작하는 8ms 동안만 동작하여 회로 전원을 차단함으로 안정화되어진다.

그림 9는 회로를 구성하여 동작 상태 실험을 한 것으로 CH 1은 SCR의 양단간 전압을 측정하고, CH 2는 SCR의 Gate 신호로 누전 동작 발생 신호원이다. 본 시험에서 알 수 있듯이 정접속시 뿐만 아니라, 역 접속 시에도 누전 차단기는 안정적으로 동작됨을 알 수 있었다.

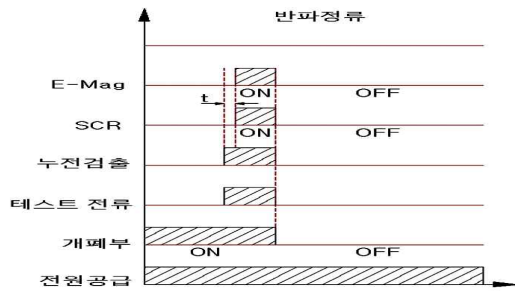


그림 8. 제안하는 소형 누전 차단기 Time Chart
Fig 8. Time Chart of Proposal ELCB

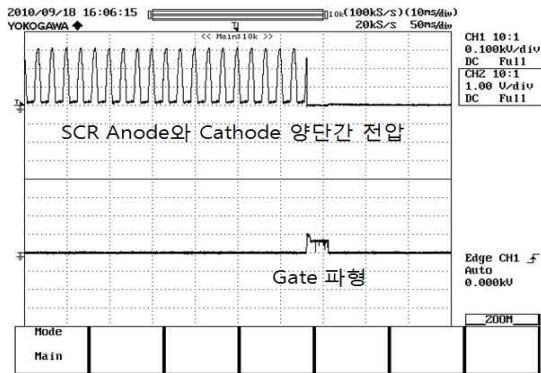
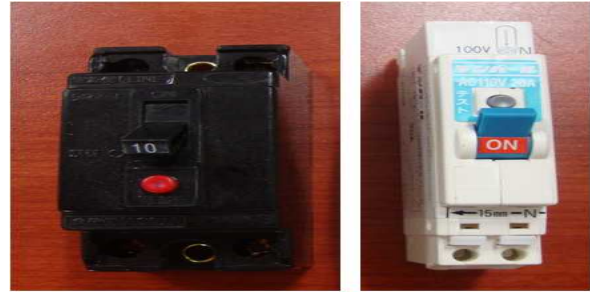


그림 9. 누전 차단기의 역 접속 시 회로 동작 특성
Fig 9. Operation performance waveform when reverse connection of Proposal ELCB

또한 다양한 전원의 사용으로 인하여 대용량화와 더불어 슬림화하기 위한 기술들이 발전하고 있으며, 이를 해결하기 위한 방법으로 그림 10에서 보여지듯 우측의 우리나라에서 사용하는 기존의 누전차단기는 34mm 폭의 넓이를 가지고 있으며, 일본의 경우 분기 차단기로 그림 10 우측과 같이 15mm 폭의 차단기까지 개발하여 시판 설치되고 있다.



기존 누전 차단기

일본 차단기

그림 10. 분기 차단기 비교
Fig 10. Comparison of branch breaker

III. 단락용량 증대 기술

전원 용량의 증대 등으로 단락 용량은 계속 증가하는 추세이고, 이에 따라 차단기에 부과되는 동작 책무는 더욱더 가혹해지고 있다 [5]. 이러한 성능을 만족하기 위해서는 정상적인 동작 시에는 안정적으로 전원을 공급하고, 사고 발생 시에는 신속하게 전력을 차단하여 사고 전파를 최소화 하는 역할을 해야 한다[5]. 이러한 성능을 만족하기 위한 차단기로서의 기능 요건을 크게 3가지로 분류하면 (1) 투입 상태에서 양호한 도체이어야 한다. 따라서 정상상태 또는 단락 상태와 같은 이상 조건하에서 열적/구조적으로 견디어야 한다. (2) 개방 상태에서 양호한 절연체이어야 한다. 따라서 상간 또는 상-대지간의 절연을 유지하여야 한다. (3) 차단기 개방 시에는 접촉자 손상 없이 신속하고 안전하게 회로를 분리하여야 한다.

이를 위한 차단기의 주요 구성품은 전로의 개폐가 이루어지는 가동접점과 고정접점이 있으며, 핸들과 같은 조작부, 접촉부를 개방시키면 통전 중인 전류가 어느 한도 이하가 아니면 아크를 발생한다.

특히 전로의 사용 전압이 높아지거나 전류가 커지면 아크는 더욱 크게 발생하게 되며 차단 시 발생하는 아크를 소멸하지 못하면 차단에 실패하게 되며 재점화되어 큰 사고로 발전하게 된다.

이를 해결하기 위한 중요한 방법으로 소호실을 설계하여 구성시키고 있으며, 소호실의 세부 구성으로 여러장의 금속판(그리드)을 식 1과 같이 각 그리드의 아크 전압을 40V 이하로 설정하여 일정한 간격으로 적층시킨 Arc Chute와 이를 지지하는 절연판으로 구성된다.

$$V_{arc} = (20 \sim 40)(N - 1) [V] \quad (1)$$

Arc Chute는 가동 접점과 고정 접점 간에 발생하는 아크를 신장, 구동시키고, Arc Chute에서의 분단(分斷), 냉각에 의해 아크 전압을 상승시켜서 전류를 차단하게 된다. [6]

그러나 소형 누전 차단기로 사용되는 여객 터미널의 전등, 전열 분전반용 차단기는 그 공간이 협소하고, 기구적인 구조 문제등으로 인하여 아크 소호 방안이 도입되지 않고 있어, 1,500A, 2,500A 용량의 차단기가 주류를 이루고 있다.

본 연구를 위하여 그림 11과 같이 기존 누전 차단기에 대하여 참고 시험으로 CO 상태에서 5,000A 성능 시험을 하였으며, 그 결과 접점의 융착으로 인하여 차단 실패를 하였다.

이는 대용량 전원에 의한 고장 발생에 의한 정전 파급효과가 상위단으로 이어질 수 있어 보안의 중요성이 대두되는 공항의 경우 더욱 위험 할 수 있다

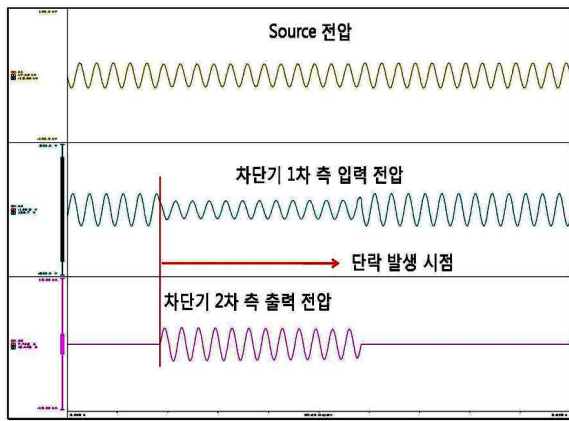


그림 11. CO 시험 시 단락 성능 결과 [5,000A]
Fig 11. Short Capacity performance result when CO Test [5,000A]

이러한 문제점을 해결하기 위하여 그림 12와 같이 고정 접점과 가동 접점을 수평하게 동작시키고 Arc Chute를 하부에 구성시킴으로써 안정적으로 단락 전류를 차단할 수 있도록 설계하였다.

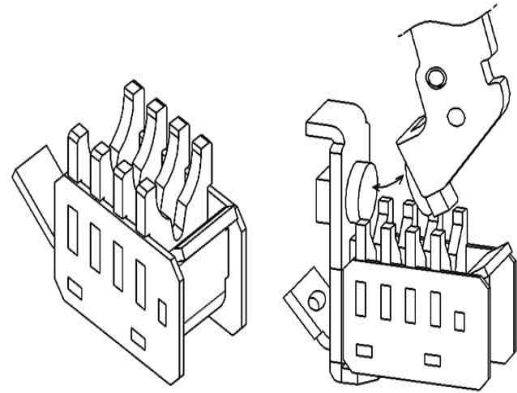


그림 12. Arc Chute 3D 모델링도
Fig 12. 3D Modelling of Arc Chute

또한 그림 13에서 보여지는 것과 같이 전압선 부분과 중성선간의 절연성능 강화를 위하여 좌, 우 커버, 중 커버를 채택하여 설계함으로써 아크가 발생하여도 아크에 의한 가스를 차단 및 극간 절연을 유지시키고, 전하의 이동을 억제하여 차단기 내부에서 안정적으로 절연거리를 확보하였다.

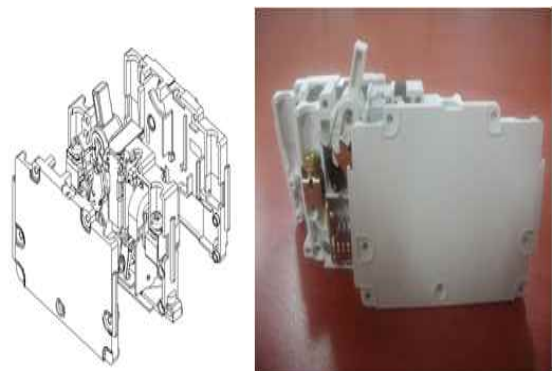


그림 13. 누전차단기 3D 모델링 및 실제 사진
Fig 13. 3D Modelling of Proposal ELCB & Figure

본 연구에서 설계한 차단기에 대한 검증을 위하여 성능시험은 O시험, CO 시험으로 분리하여 하였으며, 시험 시 입력 전압은 AC 237V, 전류 5,056A, 역률 0.68의 실험 조건으로 행하였으며, 그림 14, 15의 시험 결과에서 보여 지듯이 단락사고 발생 시 반파 최대치를 지나가지 않는 8ms 이내에 안정적으로 차단되어짐을 확인하였다.

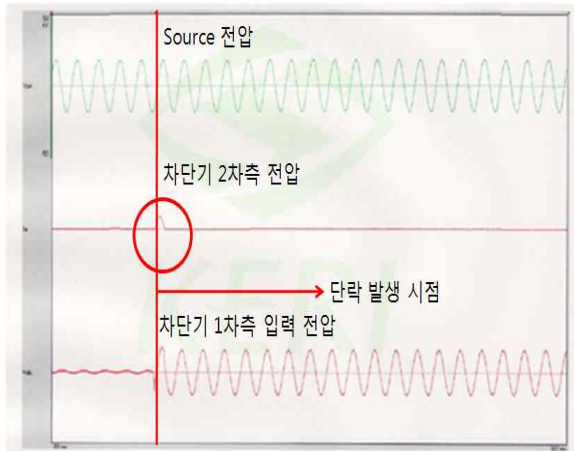


그림 14. CO 시험 단락 성능 결과 [5,000A]
 Fig 14. Short capacity performance result when CO Test [5,000A]

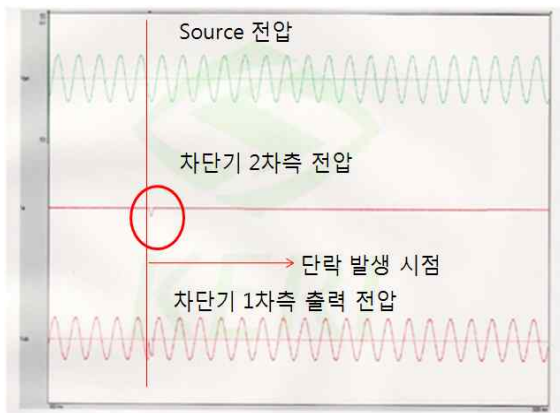


그림 15. O 시험 단락 성능 결과 [5,000A]
 Fig 15. Short capacity performance result when O Test [5,000A]

IV. 결 론

본 연구는 대형화 되고 첨단화 되는 대형 공항에 사용되는 전력 설비에 대한 보다 안정적이고 효율적인 사용을 위하여 최적화 설계 및 안정화 설계를 하여 시험 하였다.

실험을 통하여 알 수 있듯이 반파 정류회로를 사용함으로써 누전 차단기의 동작 특성 및 오 결선에 의한 위험성으로부터 보호 하였고, 차단기 내부에 Arc Chute 및 상 사이 절연 확보를 위하여 좌, 우커버, 와 중 커버를 설계함으로써 그림 11에서 보여지듯이

기존 차단기에서 보고하지 못하는 사고에 대하여 그림 14, 15와 같이 고장 전류 최대값이 지나가지 않는 8ms 이내에 안정적인 동작이 가능함을 확인 할 수 있었다.

향후 이와 같은 차단기를 공항의 여객 터미널 뿐만 아니라 항공등화용 설비와 같은 설비 보호용으로 사용 시 보다 안정적으로 전원을 공급하고 고장 사고에 대한 안정적인 보고가 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였습니다.

참 고 문 헌

- [1] 김세동, 유상봉 “대형 신공항의 전기시설 및 고신뢰도 구축방향” *조명전기설비학회지*, vol.11, no. 6, pp. 22-28, December. 1997.
- [2] 한운기 “누전 차단기 폭로에 따른 동작 특성 및 재료 분석” *대한전기학회 하계학술대회 논문집*, p2019~2021, 2005
- [3] 이상익, 유재근 “사무용 빌딩에서의 누전 차단기 오동작과 전력품질 분석” *한국조명전기설비학회 학술대회 논문집*, p211~216, 2004
- [4] 최영길, 박찬교 “차단 성능 평가 해석기법을 적용한 강자계 구동 방식의 460V/225A 50kA급 한류형 MCCB 소호부 개발” *조명전기설비학회지*, vol.18, no. 1, pp. 78-88, December. 2004.
- [5] 김기현 “데이터 처리 및 무선 통신 기능을 갖는 회로 차단기 개발 연구” *대한 전기학회논문지*, vol 60, no 10 p1617~1621, 2011
- [6] 김진수 “배선용 차단기 Arc Chute의 최적 형상에 관한 연구” *대한 전기학회 하계학술대회 논문집*, p926~928, 2002

주 남 규 (朱南奎)



2002년 2월: 강릉대학교 제어
계측공학과(공학사)
2004년 2월: 강원대학교 전기
공학과 (공학석사)
2012년 2월: 강원대학교 전기
전자공학부 (박사수료)
2007년 9월 ~ 현재: (주)대륙

선임연구원

관심분야 : 차단기, 보호기기

김 남 호 (金南豪)



1974년 2월: 서울대학교 전기
공학과 (공학사)
1977년 2월: 서울대학교 전기
공학과 (공학석사)
1993년 2월: 서울대학교 전기
공학과 (공학박사)
1981년 2월 ~ 현재 : 강원대

학교전기전자공학부 교수

관심분야 : 회전기기 효율화

이 종 명 (李鍾明)



1996년 2월: 강원대학교 전기
공학과 (공학석사)
2005년 8월: 강원대학교 전기
학과 공학과 (박사수료).
1990년 ~ 현재 : 한국폴리텍
III대학춘천캠퍼스 전기과교수

관심분야: 차단기, 전동기