

소프트 복귀형 전자식 누전차단기의 개발

박찬원, 최병상, 전삼석
강원대학교 전기전자 정보통신공학부

Development of Soft Recovery Electronic Leakage Breaker

Chan-won Park, Byung-sang Choi, Sam-Suk Chun
Kangwon National University, Department of Electrical and Computer Engineering

Abstract – 본 연구에서는 기존의 누전차단기의 가장 큰 문제점으로 대두되는 자기회복이 어렵고 불안정한 오동작과 가격대 성능의 불만요소를 해소하기 위한 동작안정성과 성능개선을 만족하는 회로를 개발하고 이를 상품화하기 위한 시작품의 개발의 방안으로 다기능 고성능으로 신뢰도를 높일 수 있는 시작품을 개발설계하고 저가형의 하드웨어로서 기존보다 우수한 기능과 성능을 제공하는 누전차단기를 설계, 제작하였다.

1. 서 론

소규모의 가정용 및 사무용 수용가에서부터 산업용 대용량수용가의 과부하 및 누전선로의 차단기로 사용되는 전자식 누전차단기는 현재 다기능 고가의 외국제품에서 일부단순기능의 국산품에 이르기 까지 수 종류가 사용되고 있으나 가격대 성능을 충분히 만족시킬만한 제품이 아직 제대로 공급되고 있지 못하는 실정이다.

이를 해결하기 위한 기술개발을 절실히 요구하고 있으나 실현하기 위한 기술로서 자기회복회로, 설계기술, 센싱회로, 설계기술, 누전차단 판단제어기술, 반응감도와 응답속도개선, 그리고 가격 경쟁력 확보 기술 등이 선결과제이다. 따라서 기존제품들의 문제점들을 해결하고 저가형이면서 필요기능이 농축된 다용도, 다기능제품의 개발의 필요성이 절실히 요청되고 있다.

또한 2004년 1일부로 개정된 전기공사 내선규정에 따르면 가옥 또는 건물에 물기가 많은 곳에 설치하는 콘센트는 정격감도전류 15mA의 누전차단기가 분기차단기로 설치되어 있거나 누전 기능이 포함된 15mA의 콘센트를 설치하도록 되어있다. 그러나 이 법은 2004년 1일부터 건축 설계 승인을 받는 건축물부터 적용해 기존 1300만 가구가 누전에 노출되어 있고 년간 1만 2300건에 달하는 누전 사고로 인명피해 또한 적지 않다. 따라서 이 누전 차단기의 개발의 목적은 기존 건축물의 물기가 많은 곳이나 물을 사용하는 세탁기, 비데, 식기세척기, 전자레인지, 청수기, 의료기기, 수족관, 전기보일러 등에 적용에 있다. 본 연구에서는 이러한 요구 조건을 충족시키고, 동작안정성과 성능개선을 만족하는 회로를 개발하고 이를 상품화하기 위하여 신뢰도를 높일 수 있는 시작품을 개발설계 하였다.

2. 본 론

2.1 전자식 누전 차단기의 원리

코일에 교류 전류를 인가하면 자속이 발생하고, 발생 자속은 자성체 코어를 통하여 부하 저항이 삽입되어 있는 코일로 유도되어 부하 저항 양단에는 전위차가 야기된다.

누전차단기는 바로 이러한 원리가 적용되어 있다. 아래 그림1은 누전차단기의 간단한 원리를 나타내는 것이다.

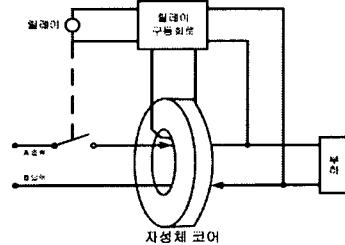


그림 1 전자식 누전차단기 작동원리

누전 차단기의 작동은 다음과 같다. 누전이 없을 경우에는 자성체 코어를 통과하는 교류전류 a,b 의 양이 방향은 반대이면서 같기 때문에 전류 a,b 에 의해서 발생되는 자속은 서로 상쇄되어 발생되는 기전력은 “zero”가 된다. 그러나 누전이 발생하면 입력전류 a 와 출력 b 의 향에 차이가 나고, 자성체 코어를 통과하는 총 전류의 양은 $a-b$ 가 된다. 결국 이 전류는 유도기전력을 발생시키고, 이렇게 발생된 유도기전력을 릴레이 구동회로를 작동시켜 입력 전원 스위치를 차단시키는 릴레이가 구동되어 입력 전류가 차단된다.

2.2 개발된 전자식 누전 차단기의 구성 및 특성

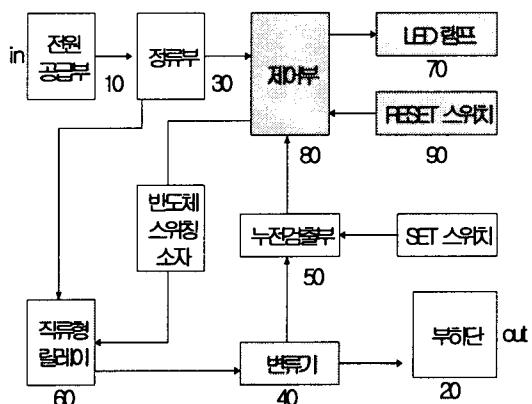


그림 2 전자식 누전차단기 구성 블럭도

그림2는 콘센트 구비형 누전차단 장치의 개략적인 블록도이다. 그림2과 같이 누전 차단 장치는 전원 공급부(10)와, 부하단(20)과, 정류부(브릿지형 다이오드, 30),

변류기(40)와, 누전 검출부(50)와, 직류형 릴레이(60)(DC RELAY)와, LED램프(70)와, 제어부(80)를 포함한다. 전원 공급부(10)는 부하단(20)에 전원을 공급하며 예를 들면, 가정 또는 건물로 공급되는 전력선이다. 부하단(20)은 전원이 공급되는 가정에 구비된 가전 기기 또는 사업장 등에서 사용되는 각종 전기기를 포함한다. 부하단(20)은 전원 공급부(10)로부터 전원을 공급받아 동작한다. 정류부(30)는 전원 공급부(10)로부터 공급되는 교류(AC)전원220V를 직류(DC)전원220V으로 정류하여 직류형 릴레이(60)에 공급한다. 또한, 정류부(30)에서 정류된 직류(DC)전원220V는 전기적 소자에 의해 강압평형되어 누전 차단 장치의 구동 전원으로 사용된다. 변류기(40)는 전원 공급부(10)에서 부하단(20)으로 공급되는 전류값을 주기적으로 검출하여 출력한다. 누전 검출부(50)는 변류기(40)로부터 검출되어 출력되는 전류값과 기 설정된 전류값을 비교하여 누전 여부를 판단한다. 전력선의 누전에 의해 선간 전류차가 발생하거나 전원의 과잉 공급 또는 전원 공급부(10)의 이상이 발생할 경우 변류기(40)로부터 출력되는 전류값은 정상의 경우에 비해 상이하게 다르다. 누전 검출기는 이 전류값들을 비교하여 전력선의 누전 유무를 판단하고 누전 발생 신호를 제어부(80)로 출력한다. 직류형 릴레이(60)(DC RELAY)는 일반적으로 전기회로를 개폐하는 조작을 다른 전기회로의 전기적인 신호에 의해 행하는 장치이다. 누전차단기에서 릴레이는 전원을 공급하는 전원 공급부(10)와 부하단(20) 사이에 설치되어 입력되는 전기적 신호에 따라 전원공급을 연결 또는 차단한다. 직류형 릴레이(60)(DC RELAY)는 종전의 교류형 릴레이에 비해 적은 열이 발생하며, 기존의 기계식 복귀방식이 아닌 전자회로 복귀방식이므로 사용자가 손쉽게 복귀가 가능하다. 제어부(80)는 본 개발에 따른 누전 차단 장치의 각 부분 전반을 제어하며, 일반적으로 반도체 집적 소자인 IC로 구성되어 있다. 누전 검출부(50)로부터 누전 발생 신호가 입력되면 제어부(80)IC와 연결된 반도체 스위칭 소자(100)가 도통되도록 하고, 이 반도체 스위칭 소자(100)에 의해 직류형 릴레이(60)가 구동된다. 직류형 릴레이(60)는 전원연결 접점을 차단 시킴으로써 부하로 공급되는 전원을 차단한다. 본 개발의 추가적인 양상에 따라, 본 개발에 따른 누전 차단 장치는 LED램프(70)와, 리셋 스위치(90)를 더 포함한다. LED램프(70)는 누전이 감지되어 직류형 릴레이(60)에 의해 전원 공급이 차단되면, 점등되어 사용자에게 누전이 발생되었음을 통보한다. 리셋 스위치(90)는 누전상태 해제 후 사용자에 조작에 의해 차단되었던 전원을 재공급하도록 제어부(80)에 전원 공급 복귀신호를 출력한다. 리셋 스위치(90)는 일반적인 푸쉬 스위치가 사용되며, 사용자에 의해 리셋 스위치(90)가 눌리지게 되면 제어부(80)가 이를 감지하게 된다. 이때 제어부(80) IC와 반도체 스위칭 소자(100)가 복귀하게 되고 이에 따라 직류형 릴레이(60)가 복귀되어 부하단(20)에 전원이 공급된다.

2.2 개발된 전자식 누전 차단기의 회로구성 및 특성

그림3에 도시된 바와 같이, ZR1은 전원 서어지를 흡수하기 위한 보호용 소자이며, 교류전원 220V는 브릿지형 다이오드(30)(BD1)를 통하여 직류로 변환된다. BD1에 의해 변환된 직류전원 220V는 제어용 IC(U1)의 전원공급과 반도체 스위치(100)인 SCR(Q1)의 동작을 가능하게 한다. 제어부(80) IC의 전원은 저항(R1)과 커페시터(C1)를 통하여 동작전원으로 강압 평활된다. 릴레이 코일은 BD1을 통한 직류전원에 연결되고 이를 Q1과 직렬로 연결되어 Q1의 스위칭에 의한 부하로서 동작

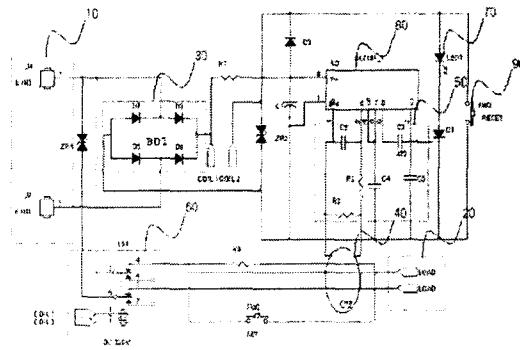


그림 3 개발된 누전 차단기 회로도

한다. 누전시 전원차단용 직류형 릴레이(60)(LS1)는 정상시에는 릴레이코일이 통전되지 않고 상시 도통접점인 b 접점의 동작으로 부하단(20)에 전원을 공급하다가 누전시에는 U1의 7번단자에서 Q1의 게이트신호를 발생하여 Q1이 도통하게 됨과 동시에 LED(70)램프(LED1)으로 누전상태를 표시하며, 이어서 릴레이 코일이 통전하게 되어 릴레이 접점은 떨어지게 되어 부하의 전원을 차단하게 된다. 한번 도통된 Q1은 자기 유지 기능이 있으므로 Q1에 흐르는 전류가 차단되기 전까지는 도통을 지속한다. 즉, 부하단(20)에 공급되는 전원은 릴레이에 의해서 계속 차단된다. 누전상태가 제거되고 난 후 이를 복귀(리셋)하기 위해서는 Q1과 병렬로 연결된 리셋 스위치(90)를 도통시키면 Q1의 전류가 차단되어 Q1이 오프 상태로 되어 릴레이코일의 전류가 차단되므로 다시 릴레이 접점이 연결되어 부하에 전원이 공급된다. 이때 동시에 U1의 전원도 같이 차단되어야 Q1의 게이트신호가 제거 되므로 U1의 리셋을 위하여 U1의 전원공급을 차단하여야 되는데 이때 리셋 스위치(90)가 온 되었을 때 다이오드 (D2)와 리셋 스위치(90)가 C1을 쇼트함으로서 U1의 전원을 차단하게 되어 U1이 리셋 되게 된다. 누전상태의 감지의 동작은 변류기(40) (CT)의 두개의 전원라인이 통과되고 누전이 없을 시는 두개의 선의 전류의 크기가 같고 방향이 항상 반대이므로 CT에 생성되는 자속은 없어 U1의 입력 1,2번 단자에는 전압이 발생되지 않아 이후 누전 차단 동작이 이루어지지 않는다. 누전이 되면 CT의 전압이 감지되고 이를 저항(R3)과 저항(R2)의 적정입력 전압분압회로와 C2의 평활회로에 의해 U1에 입력되어 누전 차단 동작이 진행하게 된다. 강제적인 누전테스트는 CT에 R4와 세트스위치로 구성되는 전류에 의해 CT가 인공적인 누전상태와 같은 동작을 하게 되어 세트 스위치에 의한 누전 동작 테스트를 임의로 할 수 있게 한다. 커페시터 C3,C4,C5는 U1의 노이즈등에 의한 오동작 방지를 위한 안정화용 콘덴서로서 동작 한다. ZR2는 릴레이의 서어지를 흡수하기 위한 보호용 소자로 동작한다.

절연성능을 최적으로 유지하기 위하여 특별히 배치된 Layout과 SMD부품들을 사용하여 상품성의 가치를 부가하였다.

2.3 결과 측정과 동작 파형 평가

그림 4는 개발된 누전차단기의 성능을 평가하기 위하여 COB Technology사의 ELB-Checker COB-701A를 사용하여 동작성능평가를 하기위한 자동누전차단기의 시험도이다.

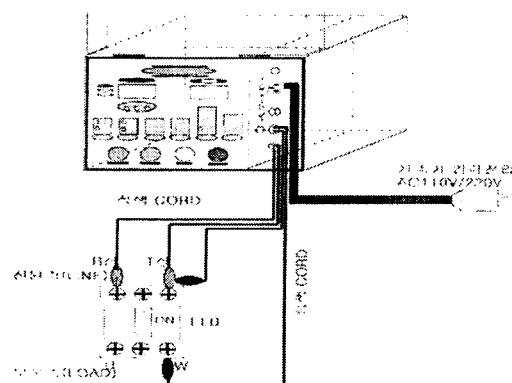


그림 4 누전차단기의 시험 방법

그림 5와 그림 6은 시험평가 장지로 분석한 개발된 누전 차단기의 반응 동작 특성을 보여 준다. 평가 결과 각각 18ms와 11.2ms의 반응속도를 나타냈다. 형식규격속도가 30ms 이내인 점을 감안할 때 개발된 누전차단기의 성능이 입증되고 상품화 가치가 가능한 우수한 성능을 나타내고 있다.

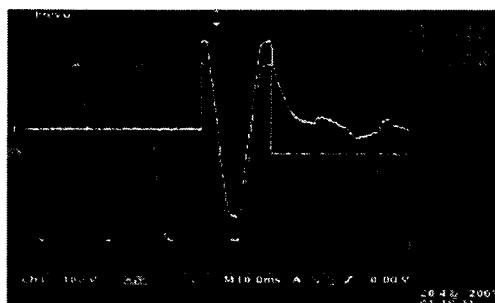


그림 5 누전차단기의 응답시간 타이밍특성(18.2ms)

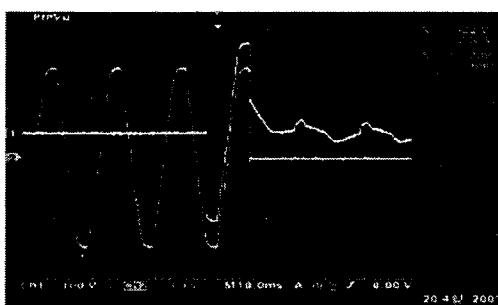


그림 6 누전차단기의 응답시간 타이밍특성(11.2ms)

2.3 전자식 누전차단기 시제품

그림 7은 개발된 전자식 누전차단기 PCB부분과 콘센트에 실장된 조립 사진이다. 그림 8은 완성된 전자식 누전차단기 사진이다. 기존의 누전 차단기와 달리 콘센트와 일체형으로 칸센트를 사용한 부하의 누전 시 1차적으로 누설 전류를 차단하기 때문에 메인에 영향을 주지

않는다. 또 콘센트처럼 매입형으로 만들어서 기존에 전자식 누전차단기가 달리지 않은 욕실이나 주방등의 콘센트에 대체해서 사용할 수 있다.

그리고 곁 투명 커버는 방수 기능이 있어 위에서 떨어지는 물기로부터 제품을 보호하는 기능을 하고 있다. 또 기존의 누전차단기와 달리 스위치에 기계적인 힘을 가지 않고 전자식 버튼 하나로 자기 회로이 가능하며, LED로 항상 콘센트의 현재 상황을 파악 할 수 있다.

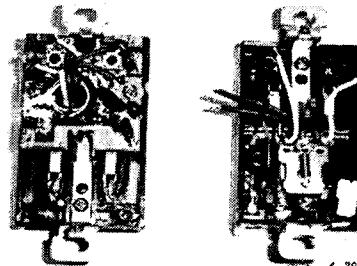


그림 7 개발된 회로의 내부 조립사진

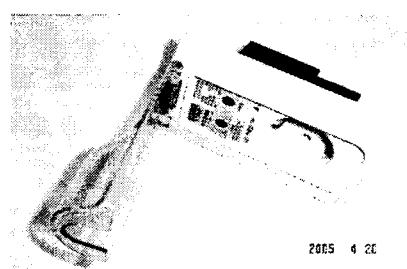


그림 8 완성된 전자식 누전차단기 사진

3. 결 론

기존의 누전차단기의 가장 큰 문제점으로 대두되는 자기회복이 어렵고 불안정한 오동작과 가격대 성능의 불만 요소를 해소 하기 위한 동작안정성과 성능개선을 만족하는 회로를 개발하고 이를 상품화하기 위한 시작품의 개발의 방안으로 다기능 고성능으로 신뢰도를 높일 수 있는 제품을 개발 설계 하였다. 시제품은 조립공정과 절연 성능을 최적으로 유지하기 위하여 특별히 배치된 Lay-out과 SMD부품을 사용하여 상품성의 가치를 부가하였다. 또 반응속도 형식규격속도인 30ms 이내인 18ms, 11.2ms 이내에 동작성은을 보였다. 이정도면 상품화가 충분히 가능하다. 개발된 제품은 콘센트형의 소형 시내용 누전차단기로서 한국전력, 지역단위수용가(아파트, 공단, 빌딩 등)에 기존 시설 교체 및 저가형 고기능 상품으로의 공급과 기존기기의 수입대체 효과 및 신상품출시에 의한 수요창출과 대외 수출이 기대 된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 日本松下電子式漏電遮斷器技術報告書, Matsushita, Japan, 2000
- [2] 전기 안전 규격, 국립 기술 표준원
- [3] GL7101 Earth Leakage Current Detector Databook, 2002
- [4] 日本電力用半導體技術マニュアル, Japan, 2003