

누전차단기의 서지전압에 대한 동작특성

이세현<sup>1</sup>, 김선호<sup>2</sup>, 이계광<sup>3</sup>, 한상옥<sup>4</sup>, 구경완<sup>5</sup>  
 한국폴리텍대학<sup>1</sup>, 한국서지연구소<sup>2</sup>, 주)성진테크윈<sup>3</sup>, 충남대학교<sup>4</sup>, 호서대학교<sup>5</sup>

Operational Characteristics for Surge Voltage in ELB

Sei Hyun Lee<sup>1</sup>, Sun Ho Kim<sup>2</sup>, Kei Kwang Lee<sup>3</sup>, Sang Ok Han<sup>4</sup>, Kyung Wan Koo<sup>5</sup>  
 Korea Polytechnic college<sup>1</sup>, SURGELAB KOREA<sup>2</sup>, SUNGJIN TECHWIN Co.,Ltd.<sup>3</sup>,  
 Chungnam National University<sup>4</sup>, Hoseo University<sup>5</sup>

**Abstract** -최근 정보통신의 발달과 함께 고정밀의 전자기기류가 급증하고 있으며, 이들의 회로에는 반도체를 포함하는 전자회로가 주로 사용되고 있어 고전압 및 대전류에 의한 서지로부터 취약성을 드러내고 있다. 따라서 전기적인 외력으로 부터 이들을 안전하게 보호하기 위해 서지보호 장치가 널리 사용되고 있다.

그러나 이들 보호 장치를 사용함에도 불구하고 누전차단기의 오동작을 유발하여 정전 등으로 인한 파급사고가 발생할 뿐만 아니라 경제적인 손실과 같은 문제점을 초래하고 있다.

본 연구에서는 서지 전압에 대한 누전차단기의 오동작 특성을 조사하기 위해 IEC C62.41의 규격에 따라 1.2/50  $\mu$ s 서지발생기를 제작하여 상용주파 전원이 인가 된, 무부하 상태의 누전차단기에 서지를 발생시켜 누전 차단기의 오동작 여부를 측정하였다. 그 결과 시험에 사용된 상용 누전차단기 모두는 오동작을 하여 이에 대한 원인 규명과 더불어 개발에 시급함을 제시하고자 하였다.

1. 서 론

화재와 감전으로부터 보호하기 위해 누전 차단기가 사용되고 있으나 충격과 서지 전압에 의한 오동작으로 인하여 전원의 정전과 같은 문제가 야기되고 있다.

이와 같은 과도현상에 의해 발생하는 서지에 대응하기 위하여 충격과 부동작형 누전차단기를 설치해야 한다. 국내의 누전차단기 규격인 KS C 4613에는 이와 같은 서지에 대한 누전차단기의 오동작 현상을 고려하여 충격과 부동작형 누전차단기의 성능확인 시험이 제시되고 있다. 시험내용으로 파고치 7kV, 파도장 0.5~1.5 $\mu$ s, 피마장 32~48 $\mu$ s의 뇌 임펄스를 1분 간격으로 3회 인가하여 오동작하지 않도록 규정하고 있으며, 누전 차단기의 서지에 의한 오동작의 원인을 규명하고, 방지 대책을 수립하는 측면에서 뇌 임펄스 전압에 의한 오동작이 문제로 되어 왔으며, 이에 대한 실태조사 및 원인 규명에 대한 연구가 많이 수행되었다[2-6].

대부분의 국내 산업현장에 사용되고 있는 누전차단기는 이와 같은 충격과 부동작형이 설치되어 있으나 전원선을 통해 전파되는 전도성 서지에 의한 오동작 사례뿐만 아니라 심지어 낙뢰시 대지전위상승에 의해서도 오동작한 사례가 종종 보고되고 있다.

최근에는 반도체 집적회로를 비롯하여 뇌 임펄스 전압에 대한 내전압이 낮은 전자정보기와 컴퓨터 등을 저전압회로에 사용하므로 이들의 뇌 임펄스 전압에 대한 보호를 목적으로 기기 내부에 제너다이오드, 스파크갭 및 바리스터 등과 같은 서지차단소자를 내장하거나 상간에 접속하는 경우가 많다.

최근에 시판되고 있는 누전차단기 내부에 서지보호 소자가 내장되어 있음에도 불구하고 서지전압에 대한 누전차단기의 오동작 사례가 빈번하게 발생되고 있다. 본 연

구에서는 오동작을 일으키는 원인을 규명하기 위해 국내외에 사용되고 있는 고감도형 누전 차단기를 대상으로 시험결과를 기술하였다.

2. 누전차단기의 동작원리와 오동작 요인

누전 차단기의 기본 구성은 자동차단기에 누전검출기가 추가되어 누전, 감전 사고의 방지, 과전류와 단락사고를 동시에 보호할 수 있는 누전차단기가 보급되고 있다. 최근 시판되고 있는 전류 구동형 누전 차단기의 구성도의 예를 그림 1, 2에 나타냈었으며, 이의 동작 원리와 순서는 다음과 같다.

ZCT 1차 측에 누설전류가 흐르게 되면 2차 측에 유도 전압이 발생한다. 발생된 전압은 IC의 2번 핀으로 입력되어 내부 다이오드 리미트소자에 의하여 제한된다. 일정한 기준전압(bias)에 유도된 전압은 증폭기를 통해 증폭된다. 증폭된 신호는 비교기를 통해 일정크기 이상일 경우 Latch에 의해 Set 되고, 스위칭 소자(SCR)의 게이트를 동작 시키게 된다. 스위칭소자가 Turn-On되면 트립코일에 전류가 흘러 누전 차단기가 동작하게 된다. 누전차단기에 침입한 뇌 임펄스 전압의 특성 파라미터, 부하측의 회로조건, 누전 차단기 설치 위치의 주위 조건 등에 의해 누전차단기는 오동작을 유발 할 수 있다.

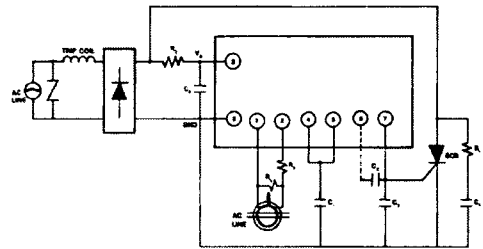


그림 1 누전차단기 회로도

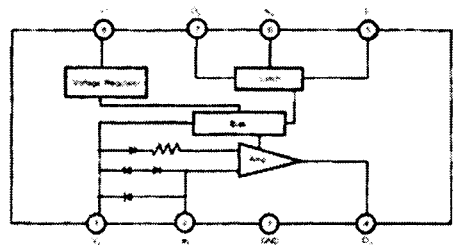


그림 2 IC블럭도

### 3. 실험장치 및 방법

전기·전자기기의 고장 전류 또는 서지가 침입하였을 때를 모의하여 누전 차단기의 동작 특성을 조사하기 위한 것으로, 본 논문의 뇌 임펄스 발생장치는 전압 1.2/50 $\mu$ s, 최대 10kV, 전류 8/20 $\mu$ s, 5kA의 뇌 임펄스를 발생시킬 수 있도록 설계 제작하였고, 회로도에는 그림 3에 나타내었다.

회로구성의 주요소는 고압충전기 의 임펄스전압의 트리거회로, 임펄스트랜스 및 파형 교정회로, 전압측정기, 기타 구조물로 구성되어 있다.

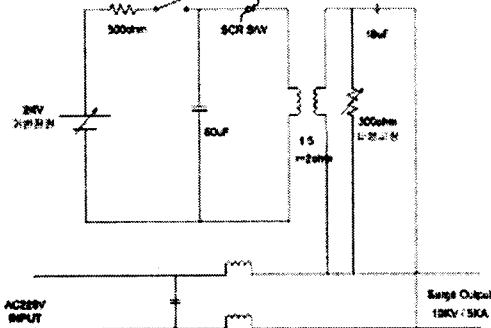


그림 3 서지발생기

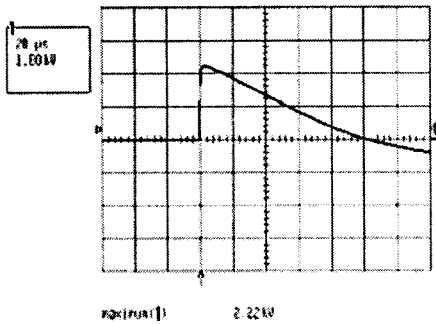


그림 4 뇌 임펄스 서지 전압파형

그림 4는 그림 3의 뇌 임펄스 발생기로부터 얻은 1.2/50 $\mu$ s, 2.22kV의 전압 파형으로 부하가 연결될 때 전류는 8/20 $\mu$ s로 공급될 수 있도록 하였다. 그리고 시험을 위해 사용된 누전차단기의 사양은 표 1에 나타내었다.

표 1 시험용 누전차단기의 사양

사양	사양
정격 전압/전류	AC 220V, 30A
정격 감도전류	30mA
정격 부동작 전류	15mA
동작시간	0.03초 이내
정격차단전류	1.5kA
동작형태	전류 동작형

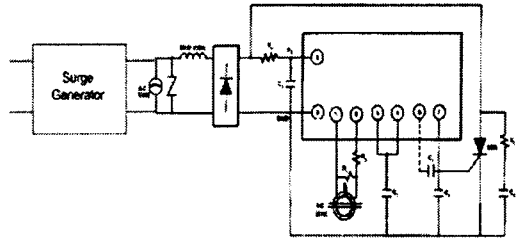


그림 5 시험회로 접속도

그림 5는 실제 실험을 위한 회로접속도로서 누전차단기에는 상용주파의 220V를 인가한 상태에서 뇌 임펄스 전압을 추가로 공급하여 누전차단기가 동작하는지를 실험하였다. 그림 6은 누전차단기 출력 측의 무부하 전압을 측정할 때 220V가 출력되고 있음을 알 수 있다. 여기에 4kV의 정극성 뇌 임펄스 전압을 인가하여 오동작으로 트립이 된 상황을 그림 7에 나타내었다.

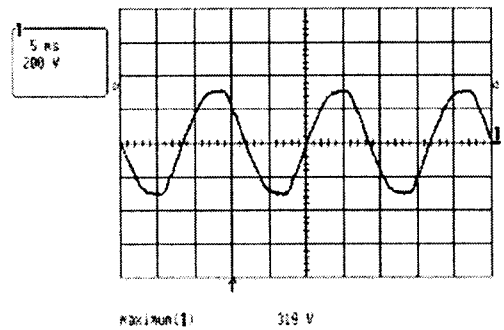


그림 6 누전차단기 입력 AC전원 파형

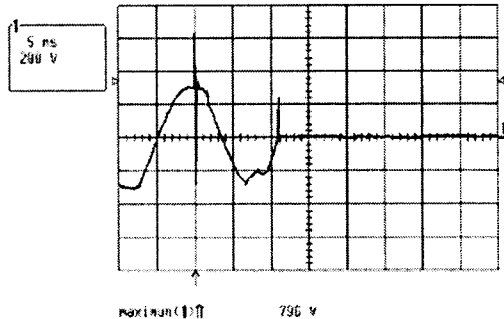


그림 7 오동작 된 누전차단기의 출력측 전압

### 4. 뇌 임펄스 동작특성 시험결과 및 분석

누전차단기의 서지 침입경로는 전원선에 직접 연결되어 있는 전원부와 간접적으로 연결되어 있는 ZCT 2차측이다. 일반적으로 전원부는 MOV를 사용하여 전원부의 정류회로를 보호하고, ZCT의 2차측은 특별한 보호대책은 없지만 IC의 내부에서 다이오드 리미터로서 보호하고 있다. 본 연구에서는 누전차단기 출력을 무부하 상태로 두고, 실험함으로써 누전과 보호소자 동작이 일어나지 않도록 하였다.

따라서 ZCT 1차측은 전류가 흐르지 아니하여 정상적인 영상전류 유입은 없는 상황이다.

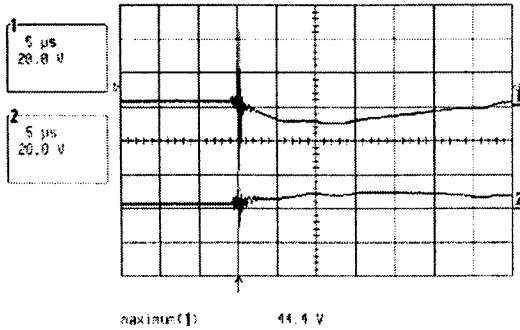


그림 8 IC 기준전압과 ZCT 유도전압 파형

그림 8은 누전차단기 내부에 장착된 IC에서 ZCT에서 유기되는 전압을 측정하기 위한 부분으로 기준전압과 유도된 전압을 비교하는 비교부 전단의 전압파형이다.

먼저 채널1은 비교부의 기준전압이 언제나 인가되고 있는 상황이고, 채널2의 유도전압이 채널1의 전압 보다 클 경우 누전으로 인식하게 된다. 그러나 그림 8과 같이 기준전압은 강해지고, 유기전압은 상승하여 자연적으로 비교기는 누전으로 인식하여 스위칭 소자를 턴온하게 되는 것이다.

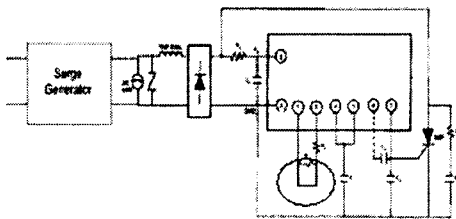


그림 9 ZCT제거 후 1-2번 단자 단락 회로도

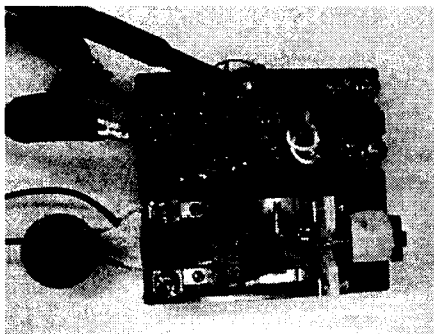


그림 10 ZCT제거 후 1-2번 단자 단락 사진

그림9는 입력 전원부에 대응량의 바리스터를 병렬로 접속해 입력서지로부터 보호하고, ZCT출력을 제거하고 IC의 기준전압(1번 핀)과 입력(2번 핀)을 단락시킨 상태를 회로도도 보여주며, 그림 10은 그에 대한 사진이다. 오실로스코프의 채널1은 IC의 전원, 채널2는 IC의 2번 핀의 측정 결과는 그림11에서 보여주고 있다.

IC의 전원은 20V에 뇌 임펄스 서지가 유기되자 +61.4V ~ -70V까지, 2번 입력핀은 +5 ~ -10V까지 스윙하여 스위칭 소자를 턴온시켜 누전차단기의 오동작을 유발하였다.

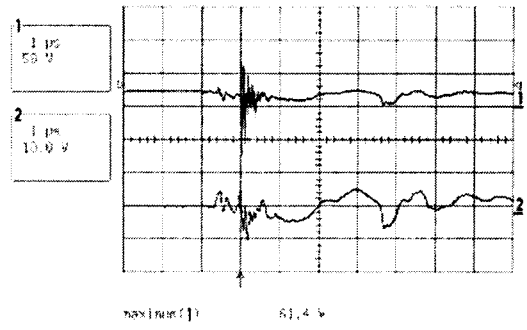


그림 11 IC 전원단자 및 입력 Pin

## 5. 결 론

전류 동작형, 과부하 단락보호 겸용 충격과 부동작형 누전차단기의 서지전압에 대한 동작 특성을 측정하고, 부동작 특성을 분석 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 누전차단기 입력측에 서지흡수기를 설치하고, ZCT가 연결된 상태에서 뇌 임펄스 서지전압을 인가하였을 때 누전차단기는 부동작 해야 함에도 불구하고 오동작하였다.

2. ZCT를 제거하고 IC입력 단자를 단락시켜 누전에 의한 영향을 배제한 상태에서 뇌 임펄스 서지전압을 인가하였을 때에도 누전차단기는 오동작하였다.

이와 같은 요인은 그림9, 10에서 보는바와 같이 누전차단기 입력단에 설치한 바리스터로서는 누전차단기를 구성하는 IC와 주변회로가 뇌 임펄스의 영향에서 자유로울 만큼의 충분한 임펄스제거 능력을 발휘하지 못하기 때문으로 해석된다. 이는 KS C 4613 규격상의 7kV의 충격과 부동작형 누전차단기에 IEC C62.41의 파형을 인가하여 실험한 차이점도 있겠으나, 전원선로에 적용되어지는 충격과 부동작 특성과 그 전원을 사용하는 전자기기의 오동작 방지라는 측면에서 뇌 임펄스 유입에 대하여 서지흡수기의 성능개선이 필요하다는 결론을 얻을 수 있다.

또한 전자기기용 부하설비의 증가와 케이블 배선에 따른 전기 배선의 정전용량의 증가에 따라 누전차단기는 고성능의 충격과 부동작 특성이 요구되며, 이에 상응하는 성능을 가지는 누전차단기의 개발이 이루어져야한다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 이복희, 이승철, 김찬오, "뇌 임펄스전압에 대한 30[A]용 고감도형 누전차단기의 오동작에 대한 특성의 해석" 조명전기설비학회, 11-6-10권, pp. 96-103, 1997
- [2] 이승철, 장석훈, 이복희, "서지전압에 대한 50[A]용 누전차단기의 부동작 특성", 조명전기설비학회, 11-5-2권, pp. 44-52, 1997
- [3] 이재복, 명성호, 조연규, 장성훈, 김진식, "누전차단기의 뇌서지 동작특성 분석 및 오동작 대책", 전기학회, 51C-10-3권, pp. 479-484, 2002
- [4] 김재철, 한윤택, 문정필, 김원석, 설규환, 강정규, "누전차단기의 EMC 조합서지 내성 강화를 위한 방안", 전기학회, 55A-8-2권, pp.322-328, 2006
- [5] 송재용, 한주섭, 박대원, 서황동, 김경석, "서지에 대한 누전차단기의 오동작 특성", 한국해양정보통신학회, 9권 3호, pp. 570-575, 2005
- [6] KS C 4613: 누전차단기, pp. 2002
- [7] IEC 61009-1: Residual current operated circuit-breaker with integral overcurrent protection for household and similar uses(RCBO's)-Part1: General rules, 2002
- [8] M. Capelli-Schellpfeffer, M. Toner, "Advances in the Evaluation and Treatment of Electrical and Thermal Injury Emergencies", IEEE Trans. Ind. Appl., Vol.31, No.5, pp.1147-1152, 1995