

## 임펄스전압에 대한 누전차단기의 부동작 특성

이복희, 장석훈, 이승철  
인하대학교 공대 전기공학과

### Dead Operation Characteristics of Earth Leakage Circuit Breaker Caused by Impulse Voltages

Bok-Ho Lee, Sug-Hun Chang, Seung-Chil Lee  
Dept. of Electrical Engineering, Inha University

**Abstract** - This paper deals with the dead operation characteristics of the earth leakage circuit breaker(ELB) caused by impulse voltages. The surge protective devices for electronic circuit and AC power lines are becoming more widely used. It is possible to give rise to the malfunction of ELB due to the operation of surge protective devices, and the interruption of AC power lines brings about several disadvantages such as low reliability of electronic and informational systems, economical loss, and etc. The dead operation characteristics of the ELB from impulse voltages were measured under the conditions of KS C 4613 and the test circuit with a varistor.

As a result, the peak current value of the zero-phase sequence circuit of the ELB is increased as the surge voltage and stray capacitance increase. All of the ELBs used in this work were satisfied with the lightning impulse dead operation test condition defined in KS C 4613. However one specimen only did not cause dead operation in the condition of the test circuit with a varistor. There is high possibility that a large portion of the ELBs connected with the AC power lines having the surge protective devices bring about the dead operation.

#### 1. 서 론

누전으로 인한 감전사고 및 화재 방지를 위하여 누전차단기의 사용이 의무화되었으며, 이는 서지에 의한 오동작으로 인하여 전원의 정전이나 순시전압강하와 같은 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 누전차단기의 서지에 의한 오동작의 원인을 규명하고 방지대책을 수립하는 것은 전력의 안정적인 사용을 위해서 필요하며, 최근 외국에서는 이에 대한 실태조사 및 원인규명에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다.<sup>[1]-[3]</sup> 최근 반도체나 IC를 내장한 전자·정보기들은 서지로부터 회로를 보호하기 위해 서지차단장치를 내장하거나 전원회로에 접속하는 경우가 많다.<sup>[4]</sup> 이들 서지차단장치의 동작에 의해서도 누전차단기가 오동작할 수 있다.

본 논문에서는 국내에서 사용되고 있는 정격감도전류 30mA, 동작시간 0.03초 이내의 성능을 갖는 50A용 누전차단기에 대해 KS C 4613에 규정된 뇌임펄스 부동작 시험회로 및 부하측에 서지차단장치가 접속된 경우를 모의한 실험 회로에 대해 1.2/50 $\mu$ s의 뇌임펄스전압에 대한 부동작특성을 평가하였다.

#### 2. 동작원리와 오동작 요인

누전차단기는 자동차단기, 누전검출기, 신호처리 및 판별부로 구성되어 있으며, 그림 1에 누전차단기의 개요도를 나

타내었다. 누전검출기로는 영상변류기(ZCT)가 사용되고, 누전신호의 검출과 증폭을 위한 신호처리 및 판별부에는 주로 반도체 소자가 이용된다. 누전으로 판별된 신호는 구동부로 전송되며, 트립코일은 차단기를 개방시키게 되어 누전시 전 원측과 부하회로를 분리시키게 된다.

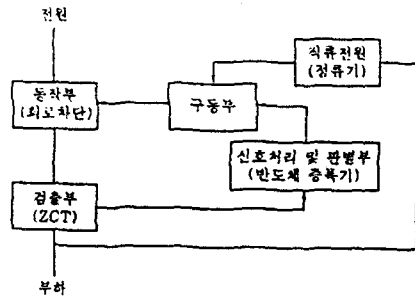


그림 1. 누전차단기의 동작 개요도

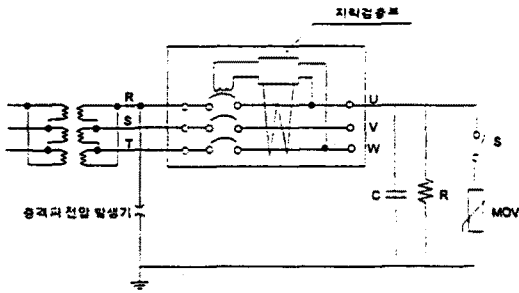
Fig. 1. Schematic diagram for operation of an earth leakage circuit breaker

누전차단기의 서지에 의한 오동작에 영향을 미치는 요인으로는 내부회로구성과 특성 및 부하측의 회로조건, 또는 설치위치 등에 따라 다양하다. 오동작을 유발하는 서지의 침입경로로는 영상변류기를 매개로 한 2차측으로의 침입, 차단을 위한 구동회로용 전원회로를 통한 침입, 서지전압 또는 전류에 의한 정전적 또는 전자적 결합에 의한 검출회로에의 침입 등을 생각할 수 있다. 또한, 일반 수용가에서 서지차단장치를 내장한 전자통신기기의 사용이 증가함에 따라 서지차단소자가 동작할 경우 누전차단기가 오동작 할 가능성이 높다.

#### 3. 실험장치 및 방법

전자·통신기기에 서지가 침입하거나 또는 단락전류 등의 대전류에 의해 전원회로에 발생하는 서지전압을 모의하여 누전차단기의 동작특성을 평가하기 위해 IEEE에 규정되어 있는 10kV급의 1.2/50 $\mu$ s 뇌임펄스전압 발생기를 설계·제작하였다. 실험에 적용한 누전차단기는 국내에서 시판되고 있는 정격감도전류 30mA, 동작시간 0.03초 이내의 특성을 가지는 고감도형 50A용 누전차단기로서, 총 5종에 대해 부동작 특성을 평가하였다. 실험회로로는 누전차단기의 시험 규정인 KS C 4613에 규정되어 있는 뇌임펄스 부동작시험 회로와 부하측에 서지차단을 위한 바리스터가 접속된 경우를 가정한 모의 실험회로를 적용하였다. 그림 2의 시험회로에서 스위치 S가 열린 경우가 KS C4613의 뇌임펄스 부동

작 시험회로이며, 단선 경우가 바리스타가 부하측에 설치된 것으로 모의한 시험회로이다.



C : 대지정전용량 R : 누설저항

그림 2. 뇌임펄스 부동작 시험회로

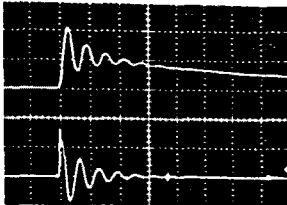
Fig. 2. Test circuit of lightning impulse dead operation

KS C 4613의 뇌임펄스 부동작 시험회로에서 정전용량 C(0.03 $\mu$ F)는 우리나라 가정의 전기배선의 평균 대지정전용량을 모의한 것으로 생각되며, 절연저항 R(0.1M $\Omega$ )은 전기설비 기술기준에 규정된 최저절연저항을 적용한 것이다. 그러나 일반 수용가의 전기배선에 대한 정전용량은 주택규모에 따라 다르며 신축한 아파트를 대상으로 실측한 결과 대략 0.02~0.07 $\mu$ F 정도로 나타났다. 따라서 대지정전용량의 증가가 누전차단기의 오동작에 미치는 영향을 검토할 필요가 있으며, 절연저항의 변화에 따른 영향도 분석하였다.

#### 4. 결과 및 고찰

##### 4.1 뇌임펄스전압-전류 특성

KS C 4613의 시험회로에서 절연저항 0.1 M $\Omega$ , 대지 정전용량 0.033 $\mu$ F를 모의했을 때 임펄스전압을 인가한 경우의 전압, 전류파형의 예를 그림 3에 나타내었다.



위 : 전압 파형 [2 kV/div, 10 $\mu$ s/div]

아래 : 전류파형 [111.2 A/div, 10 $\mu$ s/div]

그림 3. 시험전압-전류파형의 예

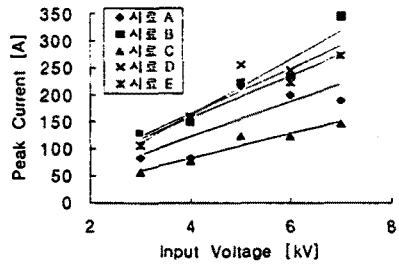
Fig. 3. Typical example of the test voltage and current waveforms

무부하시 임펄스전압 발생장치의 출력 전압은 1.2/50 $\mu$ s 파형이지만 시험회로의 모의 대지정전용량(0.033 $\mu$ F)의 영향 때문에 진동을 포함하는 임펄스전압 파형으로 변화된다. 이러한 전압 파형은 표준 뇌임펄스전압이 전원 선로에 입사되어 나타나는 파형으로 보다 실제 조건과 흡사한 시험전압 파형이라고 생각되며, 이에 상응하는 전류도 진동성으로 나타난다.

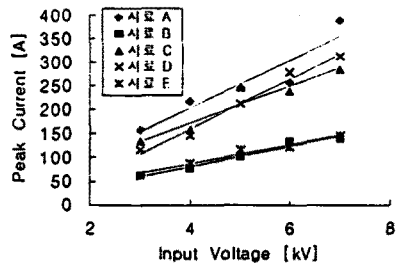
##### 4.2 정전용량 및 절연저항의 변화에 따른 뇌임펄스 전압-전류 특성

시험조건으로 모의 대지정전용량이 0.033 $\mu$ F, 0.066 $\mu$ F인 경우에 대해 각각 전연저항은 0.1M $\Omega$ , 0.2M $\Omega$ 으로 했을 때의 임

펄스 전압-영상전류의 피크값 특성을 그림 4~7에 나타내었다.



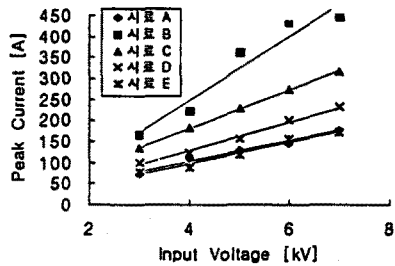
(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우



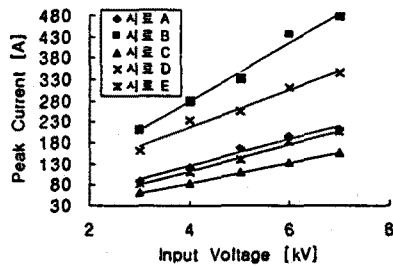
(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우

그림 4. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성 (C : 0.033 $\mu$ F, R : 0.1M $\Omega$ )

Fig. 4. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit



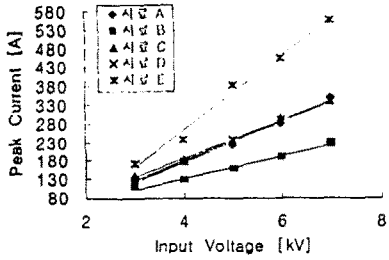
(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우.



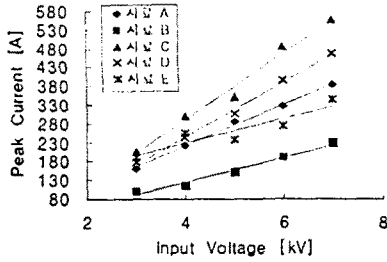
(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우

그림 5. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성 (C : 0.033 $\mu$ F, R : 0.2M $\Omega$ )

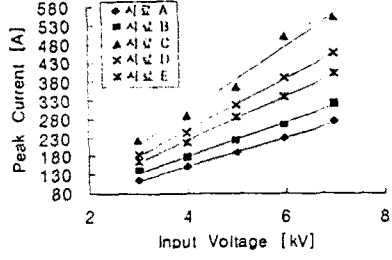
Fig. 5. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit



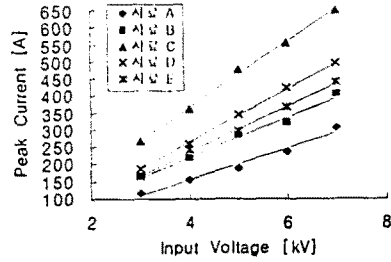
(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우



(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우



(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우



(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우

그림 6. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성  
(C : 0.066 $\mu$ F, R : 0.1M $\Omega$ )

Fig. 6. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit

임펄스전압의 증가와 더불어 영상 전류의 피크값은 거의 선형적으로 증가하였으며, 또한 정전용량의 증가에 따라 영상 전류는 증가를 보이고 있다. 그러나 영상 전류의 피크값은 정전용량의 증가와 더불어 영상 전류의 진동 주파수가 감소하므로 정비례적으로 증가하는 것은 아니다. 또한 이의 특성은 정전용량이 작을수록 임펄스발생장치의 트리거 방전 특성의 영향 때문에 일률적이지 않은 특성으로 나타난 것으로 생각된다. 또한 절연저항의 변화에 따른 특성은 대체로 0.2M $\Omega$ 의 경우가 0.1M $\Omega$ 의 경우보다 영상전류의 피크값이 높게 나타났다. 이와 같이 대지 정전용량 및 절연저항의 변화에 따라 누전차단기에 흐르는 영상전류도 변화하므로 이에 따라 누전차단기가 오동작할 가능성도 있다. 시험한 50A용 누전 차단기는 한국공업규격 KS C 4613에 규정되어 있는 실험 조건에 대해서는 뇌임펄스 부동작 특성을 만족하고 있다.

서지보호장치가 설치된 경우를 모의한 시험회로를 적용하여 누전차단기의 오동작 시험을 수행한 결과, 총 5종의 시료중 4종은 임펄스 전압의 피크치가 3kV 정도에서 오동작을 일으켰으며, 단지 1종만이 오동작을 일으키지 않았다. 즉, 서지보호장치의 동작에 따라 민감하게 동작됨을 알 수 있다. 임펄스전압에 대한 영상 전류의 피크값은 시료에 따라 3~5배의 전류가 흐르며, 이러한 커다란 전류의 편차에도 불구하고 오동작 특성이 확실하게 구별되지 않았음은 영상 전류의 피크값이 누전 차단기의 오동작에 결정적인 영향을 미치는 요인이 되지 않음을 나타내고 있다. 비록 0.2M $\Omega$ 의 경우가 서지전압을 인가하였을 때 흐르는 전류의 피크값은 클지라도 서지차단장치가 설치된 경우라도 오동작을 일으키지 않았으며, 이것으로부터 서지전류의 유효분이 누전차단기의 오동작을 유발시키는 직접적인 원인을 알았다.

이상의 결과로부터 누전 차단기의 오동작에 미치는 대지 정전용량에 의한 충전전류의 영향은 그다지 크지 않으며, 부하측에 설치되어 있는 서지보호장치의 동작에 의해 누전 차단기가 오동작함을 확인할 수 있었다. 따라서 누전 신호 판별과 처리의 시간 영역, 비교기 준위의 적절한 선정, 중폭

그림 7. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성  
(C : 0.066 $\mu$ F, R : 0.2M $\Omega$ )

Fig. 7. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit

및 출력 발생 회로의 전자계 내성 등에 역점을 두어 분석함이 바람직한 것으로 생각된다.

## 5. 결 론

전류동작형, 과부하·단락보호 겸용 충격과 부동작형 50A용 누전차단기의 서지전압에 대한 전압-전류 특성을 측정하고, 부동작 특성을 분석·검토한 바 다음과 같은 결론을 얻었다. 서지전압이 전선 회로에 입사한 경우 영상 전류는 선로의 회로 정수에 의해 결정되는 감쇠진동성으로 되며, 이의 유효 성분이 누전 차단기의 오동작에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 부하 회로에 서지차단소자가 내장되어 있거나 서지보호장치가 설치되어 있는 경우 누전차단기는 서지차단장치의 공통모드 전류를 검출하여 오동작을 일으키는 것으로 밝혀졌다. 이와 같이 서지차단장치를 가지는 전자기기용 부하 설비의 증가와 케이블 배선에 따른 전기 배선의 정전용량의 증가 등의 부하측의 환경변화에 대응하여 고성능의 충격파 부동작 특성이 요구되며, 이에 상응하는 성능을 가지는 누전 차단기의 개발이 이루어져야 될 것이다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 日本電氣學會, “漏電しゃ斷器の動作信頼度とその向上策”, 電氣學會技術報告, II部, No.116, 1981, pp.11~95.
- [2] 高橋, 時田, 石山, “第20回 IEC/TC64 建築電氣設備會議”, 電氣設備學會誌, Vol.9, pp.50~56, 1989.8.
- [3] F.D. Martzloff and H.A. Gauper, “Surge and High Frequency Propagation in Industrial Power Lines”, IEEE Trans., Vol.IA-22, pp.634~640, 1986.8.
- [4] ANSI/IEEE Std. C62.41-1991, IEEE Guide for Surge Voltage in Low-Voltage AC power Circuits, pp.22~58, 1991.