

# 서지전압에 대한 50[A]용 누전차단기의 부동작 특성

(Dead Operation Characteristics of Earth Leakage Circuit Breaker  
for 50 [A] Against Surge Voltages)

이승철\* · 장석훈\*\* · 이복희\*\*\*

(Seung-Chil Lee · Sug-Hun Chang and Bok-Hee Lee)

## 요 약

반도체와 IC를 포함한 전자회로는 서지 전압 및 전류에 대해 매우 취약하다. 따라서 전자회로와 교류전원선로에 서지보호장치가 널리 사용되고 있다. 이들 서지보호장치의 동작에 의해 누전 차단기가 오동작 할 수 있으며, 누전 차단기의 오동작에 의한 교류전원의 차단은 전자·정보화 시스템의 운전효율 및 신뢰성의 저하와 경제적 손실 등과 같은 단점을 초래한다. 본 연구의 목적은 서지 전압에 대한 누전 차단기의 오동작 특성을 조사하는 것이다. 10(kV)의 1.2/50(μs) 서지전압발생기를 제작하였으며, 한국공업규격 KS C 4613의 시험조건과 바리스터를 포함하는 모의 시험회로 조건에 대해 서지 전압을 인가하였을 때 누전 차단기의 오동작 특성을 측정하였다.

그 결과, 서지 전압과 표류정전용량이 증가함에 따라 누전 차단기의 영상전류의 피크값은 증가하였다. 본 연구에서 사용된 모든 누전 차단기는 KS C 4613에 규정된 뇌임펄스 부동작 시험조건에는 적합하였다. 그러나 바리스터를 삽입한 시험회로 조건에서는 단지 1종의 시료를 제외하고 모두 오동작하였다. 서지보호장치를 가지고 있는 교류전원선로에 설치된 누전차단기는 오동작할 가능성이 매우 높다.

## Abstract

Electronic circuits with semiconductor and IC are very weak against the surge voltage and currents. 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 the earth leakage circuit breaker(ELB) due to the operation of surge protective devices, and the interruption of AC power lines on account of the malfunction of the ELB brings about several disadvantages such as low operation efficiency and reliability of electronic and informational systems, economical loss, and etc. The aim of the present work is to investigate the dead op-

\*정회원 : 인하대학교 대학원 전기공학과 박사과정  
\*\*\*정회원 : 인하대학교 공대 전기공학과 부교수

\*\*정회원 : 인하대학교 대학원 전기공학과 석사과정  
접수일자 : 1997. 2. 11

eration characteristics of the ELB against the surge voltages. The impulse generator of 10[kV] in an 1.2/50[ $\mu$ s] voltage waveform was fabricated. The dead operation characteristics of the ELB applied by surge voltages were measured under the conditions of KS C 4613 and the test circuit with a varistor.

As a consequence, the peak 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 bring about dead operation in the condition of the test circuit with a varistor. There is high possibility that a large portion of the ELB installed at the AC power lines with the surge protective devices bring about the dead operation.

## 1. 서 론

누전 차단기란 저전압 회로에서 누전으로 인해 발생하는 감전 사고나 누전 화재 등을 미연에 방지하는 보호 기기로서 널리 사용되고 있다. 전기설비기술기준 제45조에 의하면 전기기기의 전원측에는 지락 사고가 발생하였을 때 전로를 자동적으로 차단하는 누전 차단기를 설치하도록 규정하고 있다[1]. 일반 수용가에 보급되어 있는 감전 보호를 주목적으로 하는 누전 차단기는 정격감도전류 30[mA]이하, 동작 시간은 0.03초 이내인 성능을 갖추어야 한다[2]. 전자기기 및 컴퓨터를 포함한 정보기기의 보급과 사용이 일반화된 현대 사회에서는 누전 차단기의 오동작에 의해서 발생할 수 있는 정전 또는 급격한 전압강하가 중대한 문제를 야기하여 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 따라서 누전 차단기의 서지에 의한 오동작의 원인을 규명하고 방지 대책을 수립하는 것은 전력의 안정적 공급을 위해서 필요하며, 최근 이에 대한 실태 조사 및 원인의 규명에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다[3~6].

서지 전압에 약한 반도체를 이용한 전자·정보화 기기, 컴퓨터 등과 같이 서지 보호를 위해 기기 내부에 제너다이오드, 아바란체다이오드, 피뢰기 및 바리스터 등과 같은 서지차단소자가 내장되었거나 전원 회로에 서지보호장치를 사용하는 경우가 많다[7]. 부하 회로에 서지차단장치가 설치되었을 때 서지의 침입시 대전류가 대지를 통하여 흐르기 때문에 누전 차단기가 오동작할 가능성이 크므로 누전 차단기의 오동작에 미치는 원인을 검토하는 것이 중요하다.

KS C 4613에서는 누전 차단기의 뇌임펄스에 대한 내전압 성능 및 부동작 성능의 시험법이 명시되어 있다[2].

따라서 본 논문에서는 뇌임펄스전압에 대한 누전 차단기의 부동작 성능을 조사하여 전력 공급의 신뢰성을 확보할 수 있는 누전 차단기의 오동작의 특성을 분석하고자 한다. 이러한 관점에서 우선 누전 차단기의 동작 원리와 서지로 인한 오동작의 요인을 검토하고, 이의 방지 대책에 대해서 검토·고찰하였다. 최대 발생 전압이 10[kV]인 1.2/50[ $\mu$ s] 파형의 표준 뇌임펄스전압 발생장치를 제작하였으며, 또한 최근 신축되고 있는 아파트의 전기 배선에 대한 정전용량을 측정하여 실험 범위에 적용하였다. 누전 차단기의 뇌임펄스 부동작 시험 회로(KS C 4613)와 대지 정전용량의 변화 그리고 서지차단소자가 접속된 모의 실험 회로를 적용하여 1.2/50[ $\mu$ s] 임펄스전압에 대한 특성을 측정하였으며, 누전 차단기의 오동작 여부를 조사하였다. 또한 부하측에 서지보호장치가 설치된 경우를 모의한 실험 회로에 대하여 누전 차단기의 오동작 여부와 임펄스전압-영상분전류의 피크값 특성을 평가하고 오동작의 원인에 대해서 분석·검토하였다. 본 논문에서 적용한 시료로는 국내외에서 사용되고 있는 50[A]용 누전 차단기 5종을 선택하였으며, 이들에 대한 실험결과를 비교·분석하였다.

## 2. 누전 차단기의 동작 원리와 오동작 요인

### 2.1 누전 차단기의 기본 구성

누전 차단기의 기본 구성은 전자접촉기에 누전 검출기를 적용한 구조로 되어 있으며, 누전이나 감전 사고의 방지를 목적으로 사용한다. 최근에는 자동차 단기에 영상변류기와 누전 검출기가 추가되어 누전, 감전 사고의 방지, 과전류와 단락 사고를 동시에 보호할 수 있는 누전 차단기가 개발되어 대부분 보급되고 있다. 그림 1에 누전 차단기의 기본 동작에 대한 구성도를 나타낸 것이며, 누전 검출기로는 영상 변류기(ZCT)가 사용되고, 누전 신호의 검출과 증폭을 위한 신호 처리 및 판별부에는 주로 반도체 소자가 이용된다. 누전의 검출과 판별이 완료된 신호는 구동부로 전송되며, 트립코일은 차단기를 개방시키게 되어 누전이 발생하면 전원측과 부하 회로를 분리시키게 된다.<sup>[8]</sup>

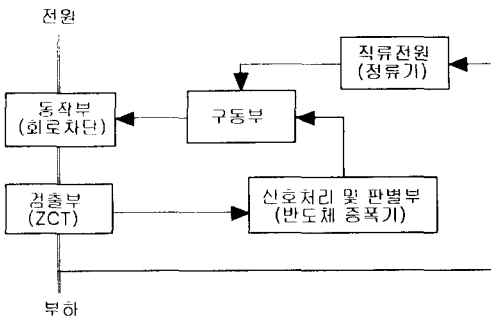


그림 1. 누전 차단기의 동작 개요도  
Fig. 1. Schematic diagram for operation of an earth leakage circuit breaker

## 2.2 누전 차단기의 서지에 의한 오동작 요인

누전 차단기는 침입한 서지의 여러 가지 파라미터에 의해 오동작을 일으키게 된다. 한국공업규격 KS C 4613에서 뇌서지에 대한 내전압 및 부동작 시험 등은 고전압 시험에 사용하는 표준 뇌임펄스전압을 사용하고 있지만 실제의 저전압 회로에는 회로의 구성이 복잡하고 광범위하므로 표준 뇌임펄스전압과는 다른 서지가 발생, 침입 또는 유도되므로 이에 대한 누전 차단기의 오동작을 검증할 시험도 필요하다.<sup>[9]</sup> 누전 차단기의 내부 회로 구성과 특성에 따라서도 오동작을 가져오며 서지가 침입하는 경우 검출 또는 차단 회로에의 서지 침입경로로는 ㉠ 영상변류기를

매개로 한 2차측으로의 침입, ㉡ 차단을 위한 구동 회로용 전원 회로를 통한 침입, ㉢ 서지 전압 또는 전류에 의한 정전적 또는 전자적 결합에 의한 검출 회로에의 침입 등을 생각할 수 있다.

누전 차단기가 전원 공급 인입구에 설치되기 때문에 대부분 옥내이지만 옥외에 설치되는 경우도 있다. 따라서 누전 차단기의 설치 위치나 주위 조건에 따라서도 오동작할 수 있다. 특히 아파트 또는 다가구 주택과 같이 급전 회로의 범위가 넓은 경우에는 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용할 가능성도 있으므로 이에 대해 검토할 필요가 있다. 또한 수용가의 회로 구성이나 부하측 기기의 회로 조건도 오동작 원인이 되며, 저압 전로만의 정전용량 및 절연저항만에 의해서 누전 차단기가 오동작할 가능성은 매우 적다. 그러나 최근에는 인버터를 사용한 가전기기, 전기온수기, 전자레인지, 정보기기 등의 부하 기기에 서지보호용 소자가 내장되어 있으며, 서지억제 소자가 동작하거나 섬락이 발생하는 경우 누전 차단기가 오동작할 가능성이 크다. 본 논문에서는 부하측의 회로 조건 즉, 전로의 정전용량이나 서지보호 장치의 설치에 대한 영향을 중점적으로 연구한 결과를 기술하였다.

## 2.3 누전 차단기의 뇌임펄스 부동작 시험

감전 보호용 고감도형 누전 차단기로 정격감도전류 30[mA]이하에서 동작 시간이 0.03초이내의 특성을 가지는 누전 차단기가 가장 많이 사용되고 있다. 또한 뇌임펄스전압에 대해서는 표 1에 나타낸 정(+), 부(-)의 전압에 대해 각각 1분 간격으로 3회를 다음 부분에 인가하여 시험하도록 규정되어 있다[2].

표 2. 뇌임펄스시험 전압 파형

Table 2. Lightning impulse voltage waveform for test

시험전압	파 형	
	과두장[ $\mu$ S]	과미장[ $\mu$ S]
파고치[kV]	0.5~1.5	32~48
7		

C : 콘덴서 0.03[ $\mu$ F] R : 저항 0.1[M $\Omega$ ]

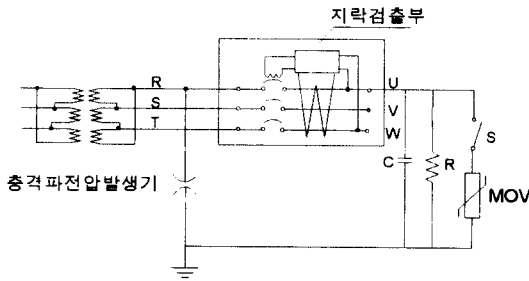


그림 2. 뇌임펄스 부동작 시험회로  
Fig. 2. Test circuit of lightning impulse dead operation

- ① 닫힘 위치로 하여 다른 극 단자 사이
- ② 각 충전부(일괄)와 외함 사이

또한 뇌임펄스 부동작 시험은 그림 2의 회로에서 스위치 S가 열린 상태에서 정격 전압을 인가한 폐로 상태에서 표 1에 표시한 뇌임펄스전압을 정, 부 각각 1분 간격으로 3회 인가하여 실시한다. 다만, 정격감도전류가 10(mA)이하에서 뇌임펄스 부동작 성능을 갖고 있지 않다는 표시를 한 누전 차단기는 이 시험을 적용하지 않는다.

### 3. 실험 장치 및 방법

#### 3.1 실험 장치

전기·전자기기의 고장 전류 또는 서지가 침입하였을 때 흐르는 대전류에 의해 전원 회로에 발생하는 서지 전압을 모의하여 누전 차단기의 동작 특성을 평가하기 위해서 IEEE Std<sup>(10)</sup>에 규정되어 있는 시험 파형으로 1.2/50(μs) 뇌임펄스전압이 발생될

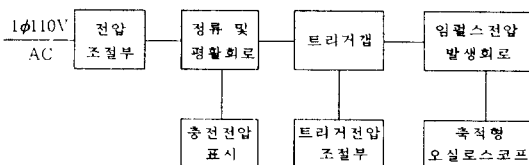


그림 3. 뇌임펄스전압 발생기의 계통도  
Fig. 3. Schematic diagram of the lightning voltage generator

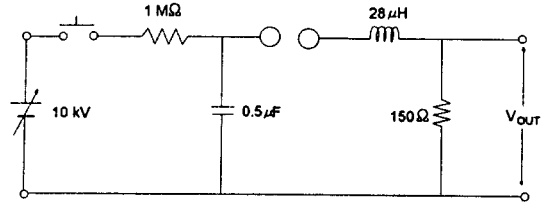


그림 4. 뇌임펄스발생기의 주요 회로도  
Fig. 4. Main circuit diagram of the lightning impulse voltage generator

수 있는 회로를 설계하였으며, 이의 계통도를 그림 3에 나타내었다.

주 요소 R, L, C 의 임펄스전압의 조정회로, 방전갭, 트리거회로, 전압 측정기, 기타 구조물로 구성되어 있으며, 그림 4에 뇌임펄스전압 발생기의 회로를 나타내었다. 본 회로는 10(kV)의 1.2/50(μs)의 표준 뇌임펄스전압 파형을 발생시킬 수 있다.

뇌임펄스전압을 발생시키기 위하여 1차 전압을 가변전압 장치에 의하여 0~220(V)로 가변한 후, 승압 변압기(1:70)를 거쳐 고전압으로 변환시킨다. 이 교류 고전압을 전파 정류회로에 의해서 직류 고전압으로 변환시키고 충전용 콘덴서 C에 전하를 충전시킨다. 동시에 충전 전압은 저항분압기를 통하여 고입력 임피던스의 디지털 전압계에 나타나게 된다.

다음 트리거 스위치를 누르면 방전갭을 통하여 회로가 구성되고 콘덴서 C의 충전된 전하가 출력 단자에 가해지게 되며, 이 때 최대 10(kV)의 표준 뇌임펄스전압(1.2/50(μs))이 축적형 오실로스코프에 의하여 검출된다.

#### 3.2 실험 방법

국내에서 시판되고 있는 감전 보호용 고감도형 누전 차단기의 뇌임펄스 부동작 특성을 분석하기 위한 실험을 중점적으로 수행하였다. 실험 방법으로는 누전 차단기의 시험 규격인 KS C 4613에 정해진 시험 회로와 서지보호장치가 많이 보급되어 사용되고 있으므로 누전 차단기의 서지차단용 2차측에 바리스터가 접속된 경우를 가정한 모의실험 회로를 적용하였다.

그림 2에서 KS C 4613의 뇌임펄스 부동작 시험 회로는 스위치 S가 열린 경우이고, 본 논문에서 1개의 바리스터(직류 동작 개시전압 : 680[V])가 부하 측에 설치된 것으로 모의한 시험 회로는 스위치 S가 닫힌 경우이다.

또한 실제 가정의 전기 배선에 대한 대지 정전용량을 측정하였으며, 이론적으로 개략적인 계산을 통하여 정전용량을 산출하였다. KS C4613의 뇌임펄스 부동작 시험 회로에서 정전용량 C(0.03[μF])는 우리나라 가정의 전기 배선의 평균 대지 정전용량을 모의한 것으로 판단되며, 절연저항 R(0.1[MΩ])은 전기설비기술기준에 규정된 최저 절연저항을 적용하는 것이 된다. 본 논문에 적용한 시료로는 국내 제품 4종과 외국 제품 1종을 평가의 대상으로 하였으며, 모두 감전 보호용 고감도형 누전 차단기로 50[A]용에 대해서 실험하였다. 또한 뇌임펄스전압의 인가 전압의 피크치에 대해 흐르는 전류의 피크를 나타내는 특성을 도식화하여 나타내었다. 더불어 누전 차단기의 2차측에 서지보호장치가 설치되어 있을 경우에 대한 오동작 여부를 조사하였다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 가정용 전기 배선의 정전용량

최근에는 가정용 전기 배선으로 금속관, 합성수지 전선관 또는 케이블을 사용한 옥내 배선 전기공사법이 주로 사용되고 있다. 금속관 또는 합성수지관을 사용하던 전선의 상호 정전용량과 대지 정전용량은 큰 차이는 없을 것으로 예상되며, 전선의 정전용량은 서지의 침입시 누전 차단기에 흐르는 전류를 변화시키게 된다. 따라서 한국공업규격 KS C 4613의

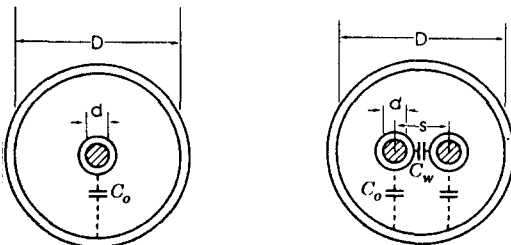


그림 5. 전선관내의 전선 배치  
Fig. 5. Wire configuration in conduit pipe

시험법에 정해진 정전용량의 값이 적합 여부를 확인하기 위해서 간이계산 방법을 적용하여 이론적으로 계산하였으며, 최근 신축중인 아파트의 전기 배선을 대상으로 정전용량의 실측 실험을 수행하였다.

금속관 또는 합성수지 전선관을 사용하는 경우 정전용량은 그림 5에 나타난 바와 같이 대지 정전용량(C<sub>0</sub>)과 선간 정전용량(C<sub>w</sub>)으로 분류된다. 여기서 대지 정전용량은

$$C = \frac{0.02413}{\log_{10} \frac{D}{d}} \text{ [nF/m]} \quad (1)$$

로 표현된다. 그리고 선간 정전용량은

$$C_w = \frac{0.02413}{\log_{10} \frac{2S}{d}} \text{ [nF/m]} \quad (2)$$

이다. 이 때 전선 수가 2가닥의 경우 1선당의 정전용량은

$$C = C_0 + 2C_w \quad (3)$$

가 된다. 또한 옥내 배선에는 한 개의 전선관에 2가닥 이상의 전선이 들어가게 되므로 이들의 합성 정전용량을 산출하여야 되며, 이것은 다음 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$C = C_0 + 2C_w + 4C_w + 6C_w + 8C_w + \dots \quad (4)$$

여기서 우변의 첫 번째 항은 대지 정전용량, 2번째 항은 2가닥 부분의 정전용량, 3번째 항은 3가닥 부분의 정전용량, 4번째 항은 4가닥 부분의 정전용량 등을 의미한다.

옥내 배선공사에 많이 사용되는 전선관과 전선에 대해서 전선 2가닥의 경우에 대한 합성 정전용량의 계산 예를 표 2에 나타내었다. 이 때 전선관 내에 들어 있는 전선 상호간의 거리는 약 10[mm]로 일정한 것으로 가정하였다.

최근 건축한 아파트를 대상으로 정전용량의 실측 값과 이론적 계산값을 표 3에 나타내었다. 여기서 실측은 아파트의 평수에 따라 최근 가장 많이 신축되고 있는 4가지 평형에 대해서 수행하였으며, 또한

표 2. 정전용량 계산 예

Table 2. Examples of capacitance calculation

분 류	정전용량(nF/m)
전선관의 직경 22mm 전선의 직경 2.6mm	0.08
전선관의 직경 16mm 전선의 직경 2.0mm	0.075

표 3. 정전용량의 측정값과 계산값

Table 3. Measured and calculated values of capacitance

분 류	정 전 용 량(μF)				
	25평형	33평형	44평형	60평형	
측정값	H-E사이	0.02	0.026	0.03	0.058
	N-E사이	0.02	0.026	0.03	0.058
계산값	0.015	0.0185	0.021	0.03	

※ H(Hot line) : 충전선, N(Neutral line) : 중선선, E(Earth) : 접지

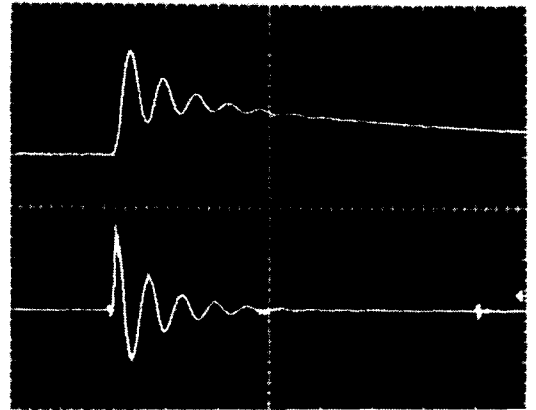
이론적 계산에는 시공 도면을 참고로 하여 전기 배선의 길이와 전선의 가닥수 등을 고려한 산출한 결과이다.

표 3의 결과에서 실측값이 이론적으로 산출한 값보다 크게 나타났는데 이는 이론적 계산의 경우 전선 사이의 간격을 10[mm]로 일정한 것으로 가정하여 일률적으로 계산하였지만 실제 배선에서는 전선 간격이 10[mm]보다 가까우며, 또한 서로 꼬임 혹은 교차하는 등 매우 불규칙적으로 배선되어 있기 때문인 것으로 생각된다. 중대형 아파트의 경우 정전용량은 더욱 증가하며 한국공업규격 KS C 4613에서 규정된 누전 차단기의 뇌임펄스 부동작 시험 조건보다도 많은 정전용량이 됨을 확인하였으며, 이들의 측정값을 기초로 하여 뇌임펄스전압 부동작 시험을 정전용량을 가변시켜 가면서 수행하였다.

### 4.3 정전용량의 변화에 대한 임펄스전압-전류 특성

주택 또는 아파트의 크기에 따라 대지 정전용량이 다르며, 특히 최근에는 가정에서도 가전 제품의 사용이 증대하여 분기회로의 수가 증가하고 있다. 또한 고급 전기 제품에 설치되어 있는 필터나 케이블 배선의 증가와 서지보호장치 등 선로나 부하 기기의

변화에 따라 대지 정전용량은 증가되고 있으므로 누전 차단기의 동작에 대한 부하측 대지 정전용량의 영향을 검토할 필요가 있다. 그림 2에서 스위치 S가 열린 실험 회로에서 절연저항 0.1(MΩ), 대지 정전용량 0.033(μF)를 모의했을 때 임펄스전압을 인가한 경우의 전압, 전류파형의 예를 그림 6에 나타내었다.



위 : 전압 파형 2(kV/div), 10(μs/div)  
아래 : 전류파형 111.2(A/div), 10(μs/div)

그림 6. 시험전압-전류파형의 예  
Fig. 6. Typical example of the test voltage and current waveforms

무부하시 임펄스전압 발생장치의 출력 전압은 1.2/50(μs) 파형이지만 시험 회로의 모의 대지 정전용량(0.033[μF])의 영향 때문에 진동을 포함하는 임펄스전압 파형으로 변화된다. 이러한 전압 파형은 표준 뇌임펄스전압이 전원 선로에 입사되어 나타나는 파형으로 보다 실제 조건과 흡사한 시험전압 파형이라고 생각된다. 이에 상응하는 전류도 진동성으로 나타나며, 본 실험에서는 피크전압과 전류의 값으로 특성을 표시하였다.

뇌서지가 침입하였을 때 교류 전원선 회로는 단순한 R-L-C회로라고 생각할 수 있으며, 과도현상 회로로서 영상 회로에 흐르는 전류의 진동 주파수는

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5)$$

로 된다. 여기서 L과 C는 뇌임펄스발생기를 포함한

실험 회로의 전체 인덕턴스와 정전용량이다. 그리고 전압, 전류파형은 실험 회로의 저항에 의해 감쇠진동하는 형상으로 나타날 것으로 예상할 수 있으며, 감쇠의 폭은 실험 회로에서 저항 성분의 비중에 따라 변화하게 된다.

실험 회로의 인덕턴스는 약  $29[\mu\text{H}]$ 이었으며, 정전용량은 실험 조건에 따라  $0.01\sim 0.1[\mu\text{F}]$  범위의 값이다. 정전용량이  $0.033[\mu\text{F}]$ 를 사용한 실험 회로의 경우 진동 주파수의 계산값은 약  $168[\text{kHz}]$ 로 그림 6의 측정 결과와 거의 일치하였다. 그리고 실험 조건에 따라 입사 전압과 전류의 감쇠진동 주파수는 표 4와 같으며, 부하측 회로가 서지보호장치가 없는 선로만의 경우에는 뇌임펄스전압이 입사되면 실험 회로에 의해서도 좌우되지만 일반적으로 감쇠진동 전류가 흐를 것으로 추측된다.

표 4. 전압·전류파형의 진동 주파수

Table 4. Oscillatory frequency of the voltage and current waveforms

C[ $\mu\text{F}$ ]	0.01	0.033	0.066	0.1
진동주파수				
계산값[kHz]	298	168	122	102
측정값[kHz]	290~307	163~182	121~138	97~112

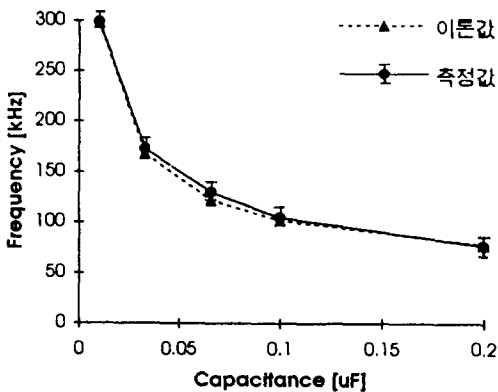
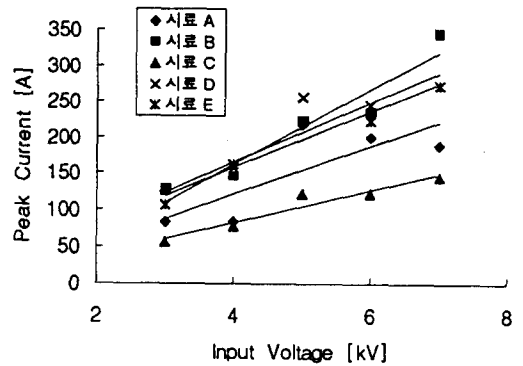


그림 7. 실험 회로의 정전용량과 전압·전류파형의 진동 주파수사이의 관계

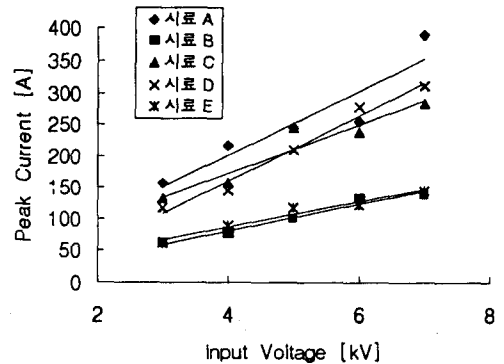
Fig. 7. Relationship between the capacitance of test circuit and the oscillatory frequency of voltage and current waveforms

전압, 전류파형의 진동 주파수의 측정 결과와 계산값을 그림 7에 나타내었으며, 측정된 진동 주파수의 값은 제2진동 이후의 주파수는 이론적 계산 결과와 거의 같지만 제1진동에서 급격한 변동(상승) 때문에 대략  $\pm 5[\%]$  정도의 편차를 보이고 있다.

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 트리거방전 특



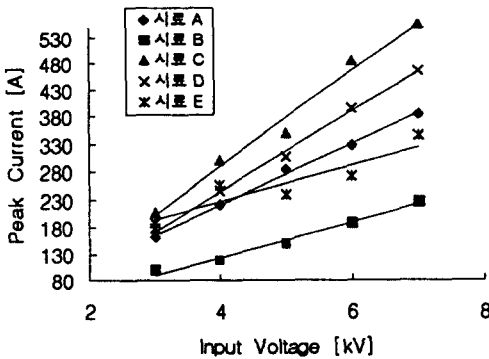
(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우



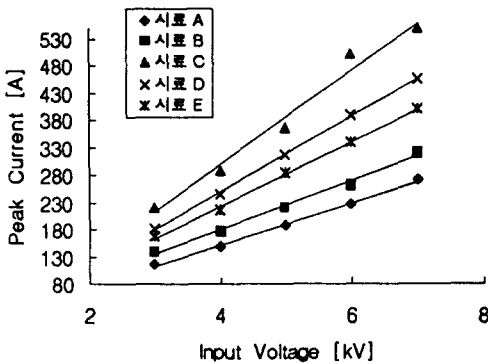
(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우

그림 8. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성 (C :  $0.033[\mu\text{F}]$ , R :  $0.1[\mu\Omega]$ )

Fig. 8. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit (C :  $0.033[\mu\text{F}]$ , R :  $0.1[\mu\Omega]$ )



(a) 임펄스전압을 Hot line에 인가한 경우



(b) 임펄스전압을 Neutral line에 인가한 경우

그림 9. 임펄스전압-영상 전류의 피크값 특성  
(C : 0.066[ $\mu$ F], R : 0.1[ $\mu$  $\Omega$ ])

Fig. 9. Characteristics of the impulse voltage to peak current of zero-phase sequence circuit(C: 0.066[ $\mu$ F], R : 0.1[ $\mu$  $\Omega$ ])

성의 영향 때문에 일률적이지 않은 특성으로 나타난 것으로 생각된다. 이와 같이 대지 정전용량이 변화함에 따라 누전 차단기에 흐르는 전류도 변화하는 것으로 보아 누전 차단기가 오동작될 가능성도 있다.

중대형 아파트나 주택 또는 산업용 부하에 많이 사용하는 50(A)용 누전 차단기 5종에 대해서도 뇌 임펄스전압 부동작 실험을 수행하였다. 이 경우는 실험 조건으로 모의 대지 정전용량 0.033[ $\mu$ F]와 0.066[ $\mu$ F]에 대해서 실험하였으며, 이에 대한 임펄스 전압-영상 전류 피크값 특성의 결과를 그림 8과 그림 9에 나타내었다.

표 5. 50(A)용 누전 차단기의 오동작 실험결과  
Table 5. Results of the malfunction of the earth leakage circuit breaker for 50(A)

시료	서지인가 단자	오동작 여부 여 : ○ 부 : ×	오동작 발생전압 [kV]
A	Hot Line	○	3
	Neutral line	○	3
B	Hot Line	○	3
	Neutral line	○	3
C	Hot Line	○	3
	Neutral line	○	3
D	Hot Line	○	3
	Neutral line	○	3
E	Hot Line	×	-
	Neutral line	×	-

50(A)용 누전 차단기는 한국공업규격 KS C 4613에 규정되어 있는 실험 조건에 대해서는 뇌임펄스 부동작 특성을 만족하고 있다. 또한, 서지보호장치가 설치된 경우를 모의한 그림 2의 실험 회로를 적용하여 수행한 오동작 여부를 표 5에 나타내었다.

표 5에 나타난 바와 같이 부하측에 서지보호장치가 설치된 경우 시료 E의 경우를 제외하고는 모두 오동작을 일으켰다. 즉, 서지보호장치의 동작에 따라 매우 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 않음은 영상 전류의 피크값이 누전 차단기의 오동작에 결정적인 영향을 미치는 요인이 되지 않음을 나타내고 있다. 이 결과로부터 부하측에 설치되어 있는 서지보호장치의 설치 여부가 누전 차단기의 오동작에 영향을 미치는 요인이 됨은 확실하다고 볼 수 있다. 따라서 누전 차단기의 오동작에 미치는 대지 정전용량에 의한 충전전류의 영향은 그다지 크지 않으며, 누전 신호 판별과 처리의 시간 영역, 비교기 준위의 적정한 설정, 증폭 및 출력 발생 회로의 전자계 내성 등에 역점을 두어 분석함이 바람직한 것으로 생각된다.



## 5. 결론

전자기기 및 정보화 설비용 서지보호장치가 많이 보급됨에 따라 이들의 동작에 의해 누전차단기가 오동작하는 경우가 있다. 따라서 본 연구에서는 전류 동작형, 과부하·단락보호 겸용 충격과 부동작형 50 [A]용 누전차단기의 서지전압에 대한 전압-전류 특성을 측정하고, 부동작 특성을 분석·검토한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 아파트와 주택의 전기 배선에 대해 대지 정전 용량은 주택 규모에 따라 다르며, 대략 0.02~0.07 [ $\mu F$ ]로 이것이 누전 차단기의 오동작에 직접적으로 영향을 미치지 않는음을 알았다.

② 서지전압이 전원 회로에 입사한 경우 영상 전류는 선로의 회로 정수에 의해 결정되는 감쇠진동 성으로 되며, 이의 유효 성분이 누전 차단기의 오동작에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

③ 부하 회로에 서지차단소자가 내장되어 있거나 서지보호장치가 설치되어 있는 경우 누전차단기는 서지차단장치의 공통모드 전류를 검출하여 오동작을 일으키는 것으로 밝혀졌다. 이와 같이 서지흡수기를 가지는 전자기기용 부하 설비의 증가와 케이블 배선에 따른 전기 배선의 정전용량의 증가에 따라 누전차단기는 고성능의 충격과 부동작 특성이 요구되며, 이에 상응하는 성능을 가지는 누전 차단기의 개발이 이루어져야 될 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 대한전기협회 "전기관계법령집", 대한전기협회 출판부, 1994, pp.197~198.
- [2] KSC4613 : 누전 차단기, 1994, pp.5~22.
- [3] 日本電氣學會, "漏電レカ断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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] R. Odenberg and B.J. Braskich, "Measurements of Voltage and Current Surges on the AC Power Line in

Computer and Industrial Environments", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No.10, pp.2681~2688, 1985.10.

- [7] ANSI/IEEE Std. C62.41-1991, IEEE Guide for Surge Voltage in Low-Voltage AC power Circuits, pp.22~58, 1991.
- [8] 전기기술 편집부, "누전 차단기", 월간 전기기술, 10월호, pp.64~69, 1995.10.
- [9] 渡邊 信公, "漏電遮断器の雷サージ誤動作に影響を及ぼす各種要因の實驗的検討", 電氣學會 放電・高電壓研究會 研究資料, ED-89-116, pp.107~116, 1989.
- [10] Surge Protective Devices Committee of the IEEE Power Engineering Society, An American National Standard, IEEE Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage AC Power Circuits; ANSI/IEEE C62.45-1987, IEEE, pp.9-49, 1987

### ◇ 著 者 紹 介 ◇



이 승 칠 (李承七)

1943년 4월 1일생. 1971년 인하대공대 전기공학과 졸업. 1997년 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸업(석사). 1971년~현재 한진건설주식회사 근무. 현재 인하대 대학원전기공학과 박사과정.



장 석 훈 (張錫勳)

1974년 2월 20일생. 1996년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 인하대 대학원 전기공학과 석사과정.



이 복 희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~1989년 일본 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1990년~현재 인하대 공대 전기공학과 부교수.