

Analysis and Countermeasures for False-Tripping of Earth Leakage Breaker Due to Lightning Surge

李在福* · 明聖鎬** · 趙延奎*** · 張錫勳§ · 金点植 §§
(Jae-Bok Lee · Sung-Ho Myung · Yuen-Gue Cho · Sug-Hun Chang · Jeom-Sik Kim)

Abstract - Recently it is reported that many a malfunction of ELB which is represented by non-operated type ELB for an impulse wave, is caused by lightning impulse and transient ground potential rise due to nearby lightning strokes. In order to examine the cause of malfunction, 5 samples were investigated experimentally in this study. As each ELB has a different leakage current detecting circuit and wiring method, various characteristics were measured.

As a result, all of them brought about malfunctions under the lightning impulse voltage less than 7 kV and the surge current less than 3 kA. Also the different aspects were measured with a polarity of injected surge and a position of MOV to protect the inner circuit of ELB. The position and effects of protecting devices were suggested as a remedy.

Key Words : Earth Leakage Breaker, Lightning Surge, False-Tripping, MOV(Metal Oxide Varistor)

1. 서 론

저압전원회로에 연결된 부하회로가 다양해지고 복잡해짐에 따라 인체에 대한 감전보호와 설비의 사고방지 및 전로의 화재방지를 위해 전기기기의 절연 확보의 필요성이 점차 증대되고 있다. 누전차단기(표기법 한국, 일본 : ELB, 미국, 캐나다 : GFCI(GFI) = Ground Fault Circuit Interrupter, 영국 : ELCB(ELB) = Earth Leakage Circuit Breaker, 유럽 : RCCB(RCB) = Residual Current Circuit Breaker)는 기기가 설치되어 있는 대지에 누설되어 흐르는 누설전류를 신속히 검출, 차단함으로써 인체의 감전사고를 방지하고 누설전류에 의해 발생하는 기기 및 전로의 열화로 인한 화재를 억제하기 위해 저압 교류가 공급되는 대부분의 부하회로에 설치 운용되고 있다.[1]

한편 누전차단기의 설치로 인한 오동작 사고가 빈번해짐에 따라 설비 운용시 정전사고나 순시전압강하와 같은 문제점이 야기되고 있다. 특히 무인화 기지의 설비보호를 위해 설치되어 있는 누전차단기의 오동작시에는 사고 원인을 찾기 매우 힘든 경우가 많으며, 고압회로에 사용되는 차단기와 달리 누전차단기에는 재폐로 기능이 없기 때문에 정전사고 복구를 위해 설비운영자가 현장을 방문해야하는 수고스러움이 뒤따른다.

이와 같은 누전차단기의 오동작의 원인으로는 부적당한 감도전류 설정, 순환전류, 전자유도, 오결선, 부적당한 접지 등과 같은 설치환경이나 사용방법에 기인하는 것과 낙뢰와 같이 뇌방전시에 발생하는 뇌씨지나 개폐기의 조작에 의해 발생하는 개폐 씨지와 같은 과도현상에 기인한 것으로 대별할 수 있다.[2~4] 이중 설치환경이나 사용방법에 기인한 오동작은 시공자나 사용자의 주의에 의지할 수밖에 없지만, 과도현상에 의해 발생하는 씨지에 의한 오동작에 대해서는 충격과 부동작형 누전차단기를 설치해야 한다. 국내의 누전차단기 규격인 KS C 4613-1994와 JIS C-8371-1992 및 IEC 1008-1-1996에는 이와 같은 씨지 이상전류에 대한 누전차단기의 오동작 현상을 고려하여 충격과 부동작형 누전차단기의 성능확인 시험이 제시되어 있다.[5~7] 대부분의 국내 산업현장에 사용되고 있는 대부분의 누전차단기는 이와 같은 충격과 부동작형이 설치되어 있으나 전원선을 통해 전파되는 전도성 씨지에 의한 오동작 사례뿐만 아니라 심지어 원방의 낙뢰시 대지전위상승에 의해서도 오동작한 사례가 종종 보고되고 있다. 이와 같은 상황에서 본 논문은 동일 감도특성을 가진 충격과 부동작형 누전차단기 5종에 대한 씨지 시험을 통해 오동작 현상을 규명하고 이에 대한 대책방안을 제시하고자 하였다.

2. 누전차단기의 구성 및 동작 기구

누전차단기는 그림 1과 같이 누설전류를 검출하는 영상변류기(ZCT)와 검출된 출력신호를 증폭하는 증폭부, 증폭기의 바이어스전압을 공급하는 전원부 및 소정의 누설전류를 초과하면 출력전압을 크게 하여 SCR의 Gate에 동작전류를 발생하는 출력부로 구성되어 있다.

정상상태에서는 영상변류기의 유입 및 유출전류가 같기 때문에 영상변류기의 코아에 발생하는 자속의 벡터합이 "0"

* 正 會 員 : 韓國電氣硏究員 責任硏究員
** 正 會 員 : 韓國電氣硏究員 責任硏究員
*** 正 會 員 : 韓國電氣硏究員 先任技術員
§ 正 會 員 : 韓國電氣硏究員 硏術員
§§ 正 會 員 : 韓國海洋大學校 電氣工學科 博士課程
接受日字 : 2002年 5月 18日
最終完了 : 2002年 7月 12日

지만 지락이 발생하면 누설전류가 흐르게 되고 코아내의 자속의 백터합의 차이가 존재하므로 이로 인해 변압기의 2차측에 유도전압이 발생한다. 이 전압은 증폭되어 SCR을 도통시키고 트립코일에는 교류전원이 공급되므로 트립코일의 가동부가 차단기를 트립시키게 된다. 기타 누전차단기의 동작상태를 확인하기 위해 시험용 버튼이 구비되어 있으며 검출에서부터 차단되기까지의 과정은 0.03초 이내에 이루어지도록 규정되어있다.[5]

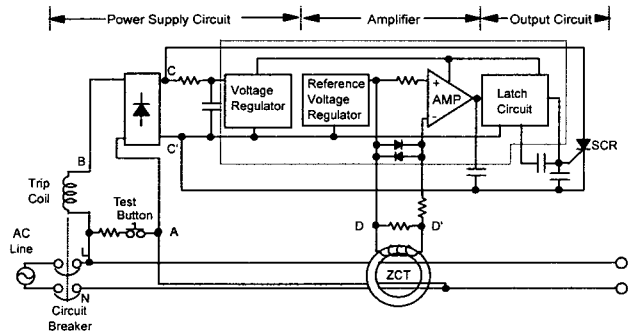


그림 1 누전차단기의 구성
Fig. 1 Configuration of ELB

3. 시료 및 누설전류에 대한 정상동작 특성 (정격 감도전류 특성)

시험에 사용된 시료는 동일한 동작 특성을 가진 5종의 2극형 단상 누전차단기를 대상으로 하였으며 특성을 표 1에 나타내었다. 누전차단기는 충격파로부터 내부회로를 보호하기 위해 써지 보호소자(MOV, Metal Oxide Varistor)를 내장하고 있으며, 이들 소자는 대부분 최대연속 교류사용전압이 300 V이며, 8/20 μ s 표준 뇌임펄스전류 내량 2.5 kA이하, 에너지 내량 45 Joule이하이다.

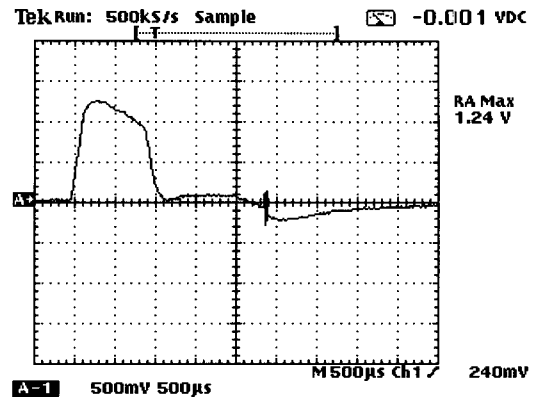
표 1 시험 누전차단기의 사양

Table 1 Specifications for the ELBs under test

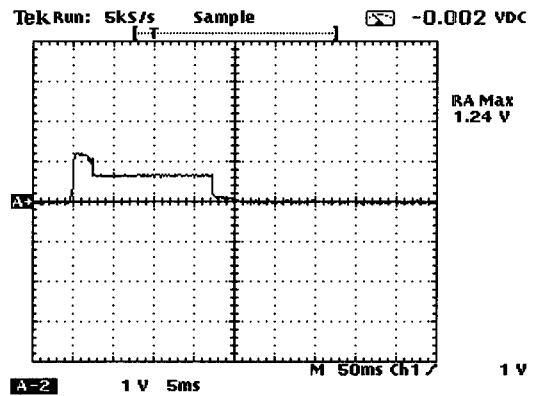
시 료	A, B, C, D, E (5종)
정격 전압/전류	AC 110 V / 220 V, 30 A
정격 감도전류	30 mA
정격부동작 전류	15 mA
동 작 시 간	0.03초 이내
정격 차단 전류	1.5 kA
동 작 형 태	전류 동작형
기 타	과부하, 단락보호점용, 인체감전보호용, 충격과부동작형

누전차단기에 정격전압을 인가하고 부하전류를 흐르게 하지 않는 상태에서 부하측의 한 선을 가변저항기를 통해 접지하여, 누설저항치를 가감하여 트립시의 전류를 측정하였다. 5종의 시료에 대해 평균 22 mA에서 트립되는 정상적인 동작특성을 나타내었으며, 트립시 영상변류기의 2차 유도전압의 파형은 그림 2(a)와 같이 파고치 1.3 V, 펄스폭은 약

0.01초의 단일 펄스의 형태로 나타난다. SCR의 Gate 전압 파형은 그림 2(b)와 같은 신호를 발생한다.



(a) ZCT 2차측 전압



(b) SCR Gate 전압

그림 2 지락시의 ZCT 2차 유도전압과 SCR Gate 신호
Fig. 2 Secondary induced voltage of ZCT and SCR gate signal during ground fault

4. 시험회로의 구성

우리 나라와 일본의 누전차단기의 뇌 임펄스 부동작 특성 시험은 교류전압을 인가한 상태에서 RC 병렬 모의 부하회로(R=0.1 M Ω , C=0.03 μ F)를 연결하고 누전차단기의 전원부에 7 kV의 1.2/50 μ s 뇌임펄스 전압을 인가하도록 명시되어 있고 IEC에서는 교류전압을 인가하고 무부하 상태에서 8/20 μ s, 파고치 3 kA의 임펄스전류를 인가하도록 규정되어 있다. 이들 두 시험 조건하에서 임펄스 전압, 전류를 인가시 누전차단기는 오동작해서는 안되도록 규정하고 있다.[5,7] 그러나 두 시험방법은 모두 임의의 한 선에만 임펄스 전압 또는 전류를 인가했을 때의 오동작 여부를 검사하는 시험이기 때문에 실제 현장에서의 누전차단기의 배선구조나 접지구조와 차이가 있다. 2차측의 중성점이 접지된 전원측의 변압기 구조에서 선-중성선(Hot-Neutral) 전압원을 이용하는 전원 공급방식이나, 단상변압기 2차측을 접지한 중성선과 비접지선(Hot Line)을 전압원으로 이용하는 전원공급방식에 사용되는 누전차단기는 이들 두 선에 직렬로 접속된다. 뇌써지

는 접지와 선간에 발생하는 대표적인 공통모드 써지이기 때문에 뇌임펄스 시험에서는 접지된 중성선과 선간에 임펄스 시험을 하는 것이 보다 현실적이다.

비접지계통의 전원공급선에 접속된 누전차단기의 경우에는 임펄스 발생기의 접지와 전원 공급선에 동시에 임펄스를 가하는 것이 타당할 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 현실적인 상황을 고려하여 그림 3과 같이 누전차단기 시험회로를 구성하였으며, 모든 시험은 교류전압의 위상 90° 에 임펄스를 중첩시켜 부동작 특성 시험을 수행하였다.

써지 발생기는 IEC 61000-4-5와 ANSI/IEEE 62.45에 규정되어 있는 복합과 뇌 임펄스 발생기(KeyTek ECAT 522 개방회로 전압 1.2/50 μ s, 단락회로전류 8/20 μ s, 전원임피던스 2 Ω)를 사용하였으며, 시료별 최소 오동작 전압과 전류 및 ZCT 2차측 유도전압과 SCR Gate 신호전압을 측정하였다. 시험에 사용된 계측장비는 다음과 같다.[8]

- 써지 발생기 : KeyTek ECAT 522 (20 kV / 10 kA)
- 오실로스코프 : LeCroy LC574AL, 1 GHz
- 전압/전류 : 써지 발생기 전압/전류 모니터링 단자.
- ZCT 2차측 유도전압 : LeCroy ADP305 100 MHz 차동전압 프로브
- SCR Gate 신호전압: LeCroy ADP305 100 MHz 차동전압 프로브

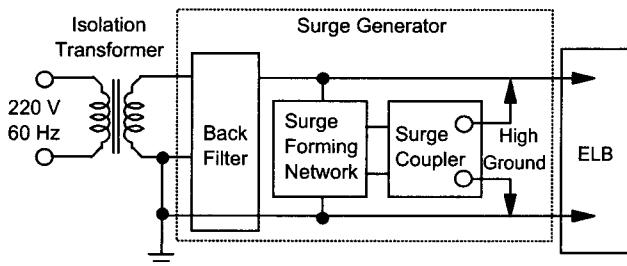


그림 3 누전차단기의 충격파 시험 회로
Fig. 3 Test circuit for the impulse test at ELB

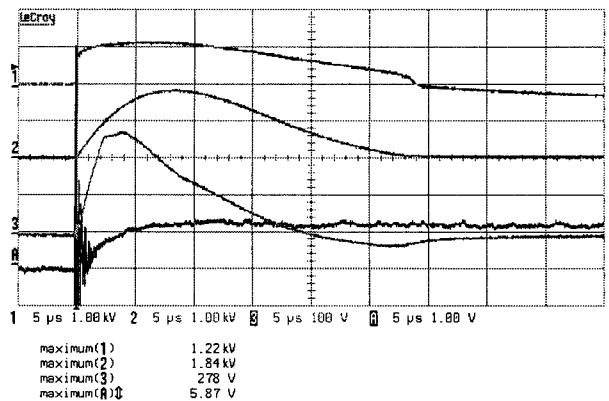
5. 뇌 임펄스 동작특성 시험결과 및 분석

5.1 무부하상태

누전차단기의 써지의 침입경로는 전원선에 직접 연결되어 있는 전원부와 간접적으로 연결되어 있는 ZCT 2차측이다. 일반적으로 전원부는 MOV를 사용하여 전원부의 정류회로를 보호하지만 ZCT의 2차측은 특별한 대책이 세워지지 않고 있다. ZCT는 상용주파 1차 전류 영상분(누설전류)의 크기에 비례하는 유도전압을 얻기 위한 소자로 이루어져 있으므로 대전류 고주파의 특성을 갖는 뇌임펄스 전류에 대해서는 포화특성이 나타난다. 시료 A의 경우 표준 뇌임펄스 전류(8/20 μ s)에 대해 약 1 kA 이상에서 포화특성이 관측되었다. 대전류 포화특성으로 인해 ZCT의 2차측 전압은 줄어들게 되므로 ZCT로의 침입 써지의 크기는 그만큼 줄어드는 효과가 있지만 ZCT에 후속되는 차동 증폭회로로 써지가 전파되어 오동작의 원인이 될 수 있다. 그림 4는 시료 A의 무

부하 회로에 5.5 kV의 정극성 뇌임펄스 전압을 인가하여 오동작이 발생한 상황에서 누전차단기 입력부에 나타나는 과전압(채널 1)과 이때 ZCT 1차회로에 흐르는 전류(채널 2) 및 ZCT의 2차측 전압(채널 3), SCR의 Gate 전압(채널 A)을 나타낸 것이다. 채널 1과 2는 누전차단기 전원부에 설치된 과전압 억제소자인 MOV의 동작으로 인한 제한전압과 방전전류이다. SCR의 Gate 신호 전압이 트리거 전압을 초과하기 때문에 오동작이 발생함을 알 수 있다. 5종의 시료에 대해 오동작 발생전압은 극성에 따라 다르지만 인가전압의 1 kV에서 6 kV 내외로 충격과 부동작 시험전압인 7 kV 이하의 전압에서 모두 오동작이 발생되었다.

이와 같은 오동작의 원인은 누전차단기의 선간에 설치된 써지 보호소자의 잔류전압(1.22 kV)과 ZCT 1차측에 흐르는 써지 전류(1.84 kA)로 인해 2차측에 유도된 전압(278 V)의 일부가 침입하여 SCR의 Gate와 음극사이에 나타남으로써 발생하는 것으로 추정된다.



Ch.1 : 잔류전압 Ch.2 : 방전전류
Ch.3 : ZCT 2차 유도전압 Ch.A : SCR gate-음극간 전압
그림 4 누전차단기 오동작시의 각 부 써지 측정파형 (인가 전압 5.5 kV)
Ch.1 : Residual voltage Ch.2 : Discharge current
Ch.3 : Secondary induced voltage of ZCT
Ch.A : SCR gate-cathode voltage

Fig. 4 Measured surge waveform of various ELB ports at the applied voltage of 5.5 kV during false trip

5.2 부하상태

대부분 전기설비 및 통신설비의 전원 입력부에는 써지 내성시험에 충족되도록 써지 보호소자를 내장하고 있는 경우가 많다. 이러한 경우를 모의하기 위해 누전차단기의 후단에 부하로써 써지 보호소자를 연결하여 누전차단기의 전단에 써지 유입시 동작특성을 시험하였다.

써지 보호기 연결시 정극성과 부극성 써지에 대한 최소 오동작 발생전압을 그림 5에 나타내었다. 인가전압의 극성에 따라 다소 차이는 있지만 5종의 시료 모두 7 kV 이하에서 오동작이 나타나며, 이때 흐르는 전류는 3 kA 미만이었다. 시료 C의 경우는 1 kV, 63 A의 작은 임펄스에도 오동작이 발생하였다.

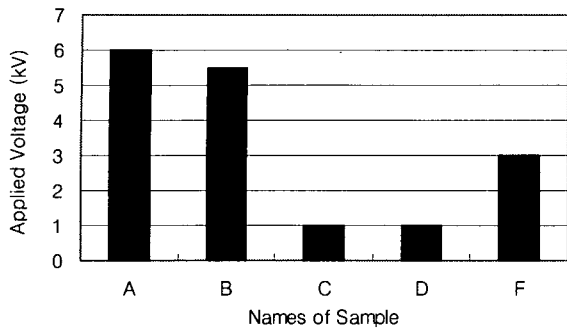


그림 5 써지 보호기 연결시 최소 오동작 발생 전압
 Fig. 5 Minimum false trip voltage for the various samples at the load with surge protective device

5.3 누전 차단기의 내부결선상태

현재 상용화되어 있는 누전차단기의 내부 결선의 개략도를 그림 6에 나타내었다. 제조사에 따라 써지 보호소자인 MOV의 결선방법에 다소 차이를 보임을 알 수 있다.

그림 6에서 (a)와 (b)의 경우 써지의 침입에 의해 MOV가 동작하면 이때 발생하는 방전전류가 ZCT를 관통하여 흐르게 되므로 누전차단기의 오동작을 유발하는 원인으로 볼 수 있다.

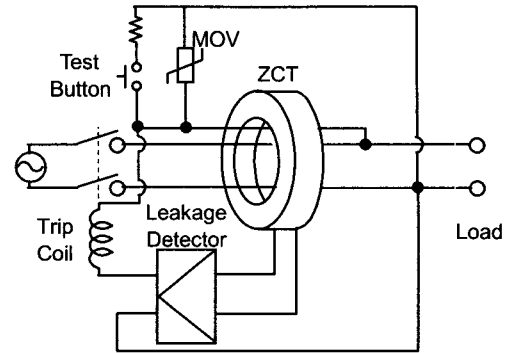
(c)의 경우에는 ZCT를 관통하여 유입된 전류가 다시 돌아감으로써 코아에 유도되는 자속이 서로 상쇄되어 유기기전력이 발생하지 않음을 알 수 있다.

실제의 써지 인가 시험에서도 (a),(b)의 결선상태로 되어 있는 시료가 (c)의 경우보다 매우 낮은 1~2 kV의 인가전압에서 오동작 되는 양상이 나타났다.

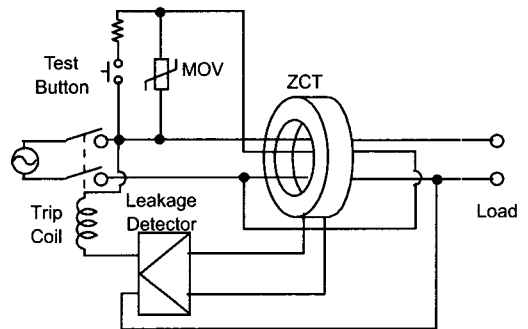
또한 최근에는 SCR 소자를 보호하기 위해 SCR과 병렬로 소용량의 MOV가 설치되어 있는 경우도 있다. 이 경우에는 써지의 유입시 일차적으로 앞단의 MOV에 의해 전압이 제한되어도 SCR과 병렬로 접속된 MOV의 동작에 의해 오동작이 발생 할 수 있다.

6. 오동작 대책

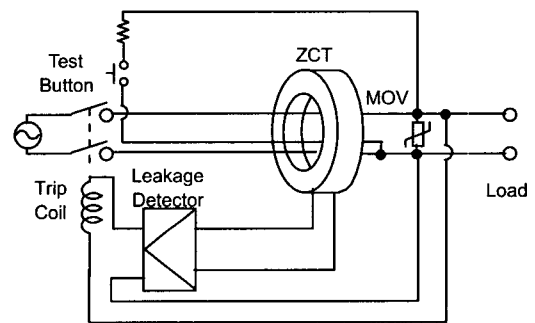
실용의 누전차단기는 제작사 고유의 써지 보호대책을 실시하고 있다. 그 예로서 그림 1에서 L-A 단자간에 MOV를 설치한 경우, B-A 단자간에 MOV를 설치한 경우, C-C' 단자간에 MOV를 설치한 경우 및 ZCT의 2차측 D-D' 단자간에 제너다이오드를 설치하는 경우를 들 수 있다. 이중 L-A 단자간에만 MOV를 설치하여 전원부의 정류회로를 보호하는 사례가 가장 흔하다. 그러나 설치된 보호소자의 임펄스 전류내량이 3 kA이하가 대부분이어서 수 회의 써지 인가시 파손되는 경우가 많이 발생하였다. MOV가 파손되면 수 Ω의 저항으로 작아지므로 단락상태가 된다. 따라서 최소 3 kA이상의 임펄스 내량을 가진 보호소자를 사용해야 한다. 또한 MOV의 동작시 흐르는 전류의 일부가 ZCT를 경유하므로 누설전류로 감지되어 오동작이 발생할 수 있다. 또한 B-A 단자간 및 C-C' 단자간에 보호소자를 설치시에는 보호소자의 동작시 트립코일에 트립 전류가 흐르게 되어



(a)



(b)



(c)

그림 6 누전차단기의 내부결선도

Fig. 6 Circuit diagrams of ELB

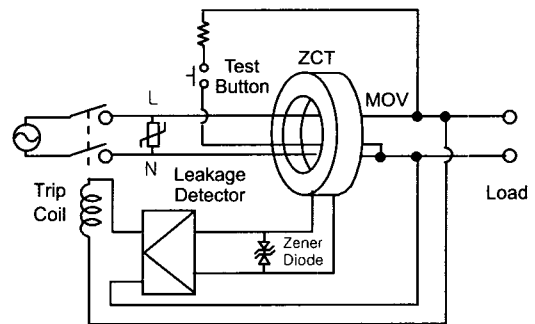
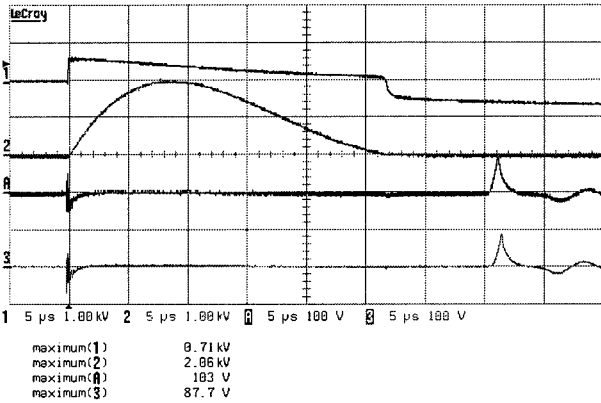


그림 7 오동작방지를 위해 제안된 누전차단기의 회로도

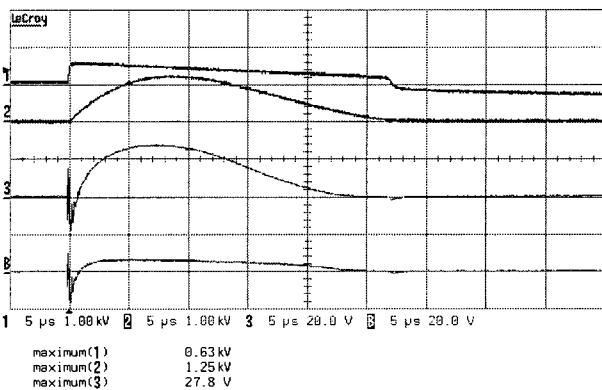
Fig. 7 Circuit diagram of the proposed ELB

오동작을 유발할 수 있으므로 바람직하지 않다. 이에 대한 대책으로는 차단기의 구동부 후단인 L-N 단자에 보호기를 설치하는 것이 바람직하며 그림 7에 오동작 방지를 위해 제안된 회로를 나타내었다. 그림 8은 L-N 단자에 AC 정격전압 390 V인 Harris사의 V250LA40A MOV를 설치한 후 오동작을 유발했던 임펄스 전압(5.5 kV)에 대한 누전차단기 각부의 전압과 전류를 나타낸 것으로 ZCT 2차 유도전압과 SCR의 Gate 전압이 급격히 감소됨을 알 수 있으며 이때는 오동작이 발생하지 않았다.



Ch.1 : 제한전압 Ch.2 : 방전전류
 Ch.A : ZCT 2차 유도전압 Ch.3 : SCR Gate 전압
 그림 8 MOV 보호대책시의 써지 인가 시험파형
 Ch.1 : Residual voltage Ch.2 : Discharge current
 Ch.A : ZCT secondary induced voltage
 Ch.3 : SCR gate voltage

Fig. 8 Measured surge waveform of various ELB ports with MOV protection



Ch.1 : 잔류전압 Ch.2 : 방전전류
 Ch.3 : 보호대책 전의 ZCT 2차 유도전압
 Ch.B : 제너다이오드 적용후의 ZCT 2차 유도전압
 그림 9 제너다이오드를 적용한 보호대책 전후의 응답특성
 Ch.1 : Residual voltage Ch.2 : Discharge current
 Ch.3 : Secondary induced voltage of ZCT before zener
 Ch.B : Secondary induced voltage of ZCT after zener

Fig. 9 Response characteristic with Zener diode protection

본 시험에 적용된 누전차단기는 L-N 단자에 큰 내량의 MOV를 삽입하여 보호대책을 세우면 오동작 발생전압이 커지는 효과가 있었으나 이것만으로 충분하지 않으며 다른 시험용 시료의 경우 인가전압 7 kV이하에서 오동작이 발생하는 경우도 있었다. 트립시 ZCT 2차측의 유도전압은 그림 9의 채널 3과 같이 MOV에 흐르는 전류(채널 2)와 동일한 파형이 나타난다. 이 2차측의 유도전압을 억제하여 오동작을 방지하기 위해 그림 7과 같이 ZCT 2차측에 직렬로 연결한 2개의 제너다이오드(2.6 V)를 사용하여 L-N 단자에 MOV를 사용한 써지 보호방법과 더불어 2중적인 보안책을 검토하였다.[9] 그 결과 그림 9의 채널 B와 같이 ZCT 2차 전압은 약 10 V이하로 감소하게 되었으며 이때 A, B시료에 대해 오동작이 발생하지 않았다

7. 결 론

충격과 부동작형 누전차단기의 뇌써지의 침입에 대한 오동작 원인을 규명하기 위해 현장설치 조건과 유사한 조건을 모의하여 시험하였다. 또한 현재 사용되고 있는 누전차단기의 내부 회로를 분석하여 오동작의 원인과 개선안을 제시하였다. 실험을 통해 얻어진 결과는 다음과 같다.

- 1) 현장 설치조건을 고려한 개선된 누전차단기의 충격 부동작 시험방법을 제시하였다.
- 2) 누전차단기의 뇌써지에 대한 오동작은 전원부의 보호를 위해 설치된 MOV의 방전전류를 영상변류기가 누설전류로 검출함으로써 발생된다.
- 3) 누전차단기의 써지 보호를 위해 적정 정격전압과 전류내량을 가진 보호소자의 선정이 요구된다.
- 4) 써지 보호소자의 설치 위치 및 결선에 따라 오동작에 큰 영향을 줄 수 있으며, 차단기의 구동부 바로 후단에 설치함으로써 보호소자 동작시 영상변류기에 동작전류가 검출되지 않도록 해야 한다.
- 5) 부하기에 기 설치된 보호소자의 동작으로 인한 영상변류기의 2차 유도전압을 억제하기 위해 제너다이오드를 이용한 보호대책이 요구된다.

참 고 문 헌

[1] 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.1147~52, 1995

[2] 渡邊信公, "雷サージによる漏電遮斷器の誤動作についての實驗と考察", 電氣設備學會誌, Vol.9, No.4, pp.303~308, 1989. 4

[3] 이복희, 이승철, "서지전압에 대한 50 [A] 용 누전 차단기의 부동작 특성", 조명·전기설비학회지, Vol.11, No.5, pp.44~52, 1997

[4] 이복희, 이승철, "뇌임펄스전압에 대한 30[A]용 고감도형 누전 차단기의 오동작에 대한 특성", 조명·전기설비학회지, Vol.11, No.6, pp.96~103, 1997

[5] KS C 4613 : 누전차단기, 한국표준협회, pp.5~22, 1994

[6] JIS C 8371 : 漏電遮斷器, 日本規格協會, pp.33-38, 1992
 [7] IEC 1008-1 : Residual current operated circuit
 -breakers without integral overcurrent protection for
 household and similar uses(RCCBs), pp.127~135, 1996
 [8] ANSI/IEEE Std. C62.41-1991, IEEE Guide for Surge
 Voltage in Low-Voltage AC Power Circuits, pp.22~
 58, 1991
 [9] Ronald B. Standler, Protection of Electric Circuits
 from Overvoltages, John Wiley & Sons, Inc., pp.14
 6~155, 1989

저 자 소 개



이 재 복 (李在福)

1962년 8월 17일생. 1985년 인하대 공대
 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전
 기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원
 전기공학과 졸업(공학). 한국전기연구원
 전기환경송전연구그룹 책임연구원
 Tel : 055-280-1323
 Fax : 055-280-1329
 Email : jblee@keri.re.kr



장 석 훈 (張錫勳)

1974년 2월 20일생. 1996년 인하대 전기
 공학과 졸업. 1999년 동대학원 전기공학
 과 졸업(석사) 한국전기연구원 전기환경
 송전연구그룹 연구원
 Tel : 055-280-1328, Fax : 055-280-1329
 Email : shchang@keri.re.kr



명 성 호 (明聖鎬)

1959년 3월 20일생. 1981년 서울대 공대
 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전
 기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원
 전기공학과 졸업(공학). 한국전기연구원
 전기환경송전연구그룹장
 Tel : 055-280-1320
 Fax : 055-280-1329
 Email : shmyung@keri.re.kr



김 점 식 (金点植)

1973년 1월 11일생. 1995년 원광대 공대
 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전
 기공학과 졸업(석사). 현재 한국해양대
 전기공학과 박사과정. 한국전기연구원
 전기환경송전연구그룹 연구원
 Tel : 055-280-1325, Fax : 055-280-1329
 Email : jpoint@orgio.net



조 연 규 (趙延奎)

1957년 3월 10일생. 1982년 경남대 전기
 공학과 졸업. 한국전기연구원 전기환경송
 전연구그룹 선임기술원
 Tel : 055-280-1343, Fax : 055-280-1329
 Email : ygcho@keri.re.kr