

## The Method of Reinforcing the Immunity of Residual Current Circuit Breaker for the EMC Composite Surge

金 載 哲\* · 韓 尹 鐸\*\* · 文 鍾 必† · 金 彦 錫\*\*\* · 薛 奎 煥<sup>§</sup> · 姜 章 珪<sup>§§</sup>

(Jae-Chul Kim · Yoon-Tak Han · Jong-Fil Moon · Oun-Seok Kim · Kyu-Hwan Seol · Jang-Kyou Kang)

**Abstract** - In this paper, The impulse un-tripping characteristics and the electro magnetic compatibility characteristics are compared with each other. The performance of impulse un-tripping test exists at domestic standard (KSC 4613). However test items are insufficient because the more test items such as EMC exist at international standard (IEC). Also, Electric Appliances Safety Certificate has taken the certificate test since July 2004 in Korea but did not confirm the EMC performance for RCCBs made in Korea. Thus, in this paper, We experiment with Oscillatory waves immunity test and the 7 EMC tests for 32 RCCBs of 4 types (mini, home standard, plug, outlet) for 16 brands according to IEC standard 61009-1 and 61008-1. As a result, 24 RCCBs proved to be poor for surge immunity test. However the RCCBs operating incorrectly for surge immunity test operate correctly for oscillatory waves immunity test. Thus, the correlation between oscillatory waves immunity test and EMC test is little and standard for compatibility of combination surge at IEC 61000-4-5 should be added to KS standard as soon as possible.

**Key Words** : RCCB, Impulse Un-Tripping Characteristic, Combination Surge Compatibility, EMC

### 1. 서 론

가정용 누전차단기는 누전 및 과부하 보호용으로 사용하는 수용가 인입구에 위치한다. 최근 전력품질 문제가 대두되면서 정전이 중요한 문제로 부상하고 있는 가운데, 누전차단기의 정상적인 보호동작이 아닌 오동작으로 인한 정전은 컴퓨터 및 정밀 가전제품에 심각한 문제를 유발하고 수용가 불만을 증가시키고 있다.

누전차단기의 오동작에 관한 연구는 초기에는 KS C 4613에서 언급한 충격과 부동작 특성을 기준으로 하였고, 이것은 주로 누전차단기내의 영상변류기를 관통하는 낙뢰전류에 의한 오동작 특성에 관한 것들이다[1,2,6]. 최근에는 전원 단자간의 IEC 61000-4-5에 따른 서지전압에 대한 오동작 특성에 관한 연구가 제시되었다[3,4].

해외에서는 전자기적합성(Electromagnetic Compatibility, EMC) 문제에 대하여 일찍부터 인식하기 시작하여 많은 연구가 이루어지고 있고, 이 연구결과들은 누전전용인 IEC

61008-1, 누전 및 과부하 겸용인 IEC 61009-1 그리고 누전 차단장치의 EMC 일반 규격인 IEC 61543 등의 국제규격에 대부분 반영되고 있다. 그러나 현재 국내에서는 학계 및 연구소의 관련 기초 연구도 부족한 실정이고, 업체에서는 이에 대한 인식 부족 및 기술 부족으로 EMC 문제를 고려하지 않고 제품을 설계하는 일이 발생하고 있으며, 이는 앞으로 IEC 규격에 따라 규격이 통일 될 경우 많은 문제점을 야기할 수 있다[5].

본 논문에서는 전자기적합성(EMC) 관점에서 누전차단기의 오동작 특성을 검토하였다. 누전차단기 4종, 32개에 대하여 EMC 시험항목 중 충격과 부동작(2종), 8×20[μs]전류내성, 정전기 내성, 서지 내성, 급과도 버스트, 무선주파 전도 내성, 무선주파 방사내성 등 8가지 시험을 실시하여 국내 KS 규격과 IEC 국제규격의 EMC 평가항목에 대하여 비교 검토하여 결과를 도출하였다.

### 2. 누전차단기의 트립 특성 및 특성 시험

#### 2.1 누전차단기 트립 특성

누전차단기의 트립 장치는 크게 누전 트립 장치와 과전류 트립 장치로 나눌 수 있다. 여기서 누전 트립 장치는 영상 변류기, 전자회로부, 트립 코일, 테스트 장치로 나눌 수 있다. 영상 변류기는 1차 도체에 흐르는 각상의 전류에 의한 자속을 철심이 벡터적으로 합성한 후, 각상의 자속차에 해당하는 만큼 2차 권선에 기전력을 발생시킨다. 따라서 어느 상에 지락사고가 발생하면, 지락전류에 해당하는 만큼 2차 권선에 기전력 발생한다. 전자회로부는 영상변류기에서 발

† 교신저자, 正會員 : 基礎電力研究員 電力시스템研究室 先任 研究員

E-mail : pichard@snu.ac.kr

\* 正會員 : 崇實大 工大 電氣工學部 教授 · 工博

\*\* 正會員 : 韓國電氣研究員 電氣試驗研究所 技術員

\*\*\* 正會員 : 韓國電氣研究員 電氣試驗研究所 室長 · 工博

§ 正會員 : 韓國電力公社 江東支店 配電部長 · 技術士

§§ 正會員 : 崇實大 工大 電氣工學部 博士課程

接受日字 : 2005年 10月 11日

最終完了 : 2006年 7月 18日

생한 신호를 노이즈 필터를 거쳐 증폭하고 그 크기를 판별하여 일정기준을 초과하면 사이리스터를 ON시켜 누전차단기를 트립시킨다. 또한 전자회로부에는 IC 전원을 공급받는 부분이 있어, 전원의 R, T상에서 시작하여 충격파 흡수회로를 거쳐 전원회로에서 DC로 정류되어 노이즈 필터를 거쳐 IC에 인가된다[1,2]. 전자회로부의 구성은 다음 그림 1과 같다.

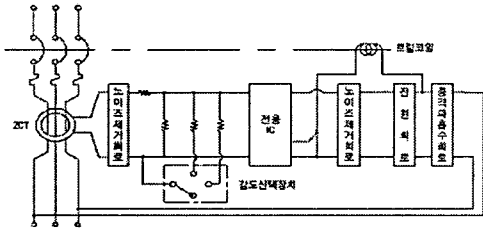


그림 1 누전차단기의 전자회로부 구성도  
Fig. 1 Configuration of electronic circuit of RCCB

과전류 트립장치는 크게 열동형, 열동전자형, 완전전자형으로 나눌 수 있다. 열동형은 과전류 트립소자로서 바이메탈을 사용하는 방식으로, 과전류가 흐를 때 발생하는 열에 의하여 바이메탈이 만곡되어 차단기를 트립시킨다. 이 방식은 순시동작도 바이메탈에 의하므로 차단용량이 다소 떨어져 주로 30AF(Ampere Frame) 이하의 소형 가정용 누전차단기에 적용되고 있다. 열동전자형은 바이메탈에 의한 지연 트립을 행하는 열동트립소자와 순시 트립을 행하는 전자 트립소자(고정철편과 가동철편)의 조합으로 이루어져 있다. 이 구조는 반한시 특성을 나타내며, 전류의 크기가 어느 정도 이상이 되면 고정철편이 자화되어 가동철편을 당겨 바이메탈이 만곡되기 전에 순간적으로 누전차단기를 트립시키는 순시특성을 보인다. 완전전자형 트립장치는 오일 대쉬 포트(Oil Dabs Port)식 전자석을 사용하여 과전류와 단락전류를 하나의 전자석으로 구분하며, 어느 정도의 전류까지는 지연특성을 갖고 그 값을 넘어서면 순시차단 특성을 갖는다.

그림 2는 누전차단기의 실제 사진을 보여준다.

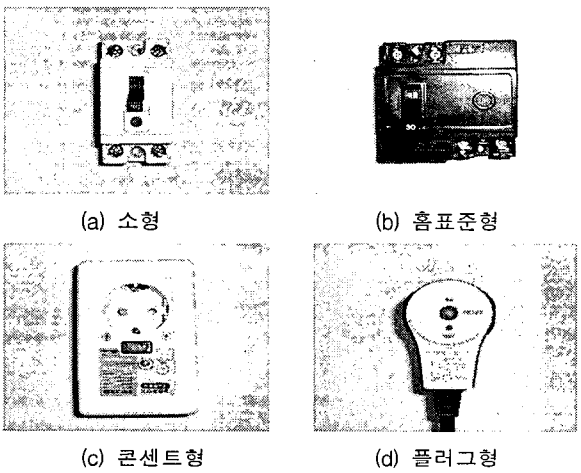


그림 2 누전차단기 실제사진  
Fig. 2 Photos of RCCB

2.2 누전차단기 특성 시험 규격 및 시험 구성

누전차단기의 EMC 관련 시험규격 중 KS 규격과 IEC 국제규격을 비교하여 표 1에 정리하여 나타내었다[6-17]. 표에서 보는 것처럼 KS 규격에는 충격파 부동작 시험만 있고 전류 내성 등 6개 항목은 없으며 이는 시급히 보완이 필요한 부분이다.

표 1 시험항목 비교  
Table 1 Test list comparison

EMC 관련 항목	규격		
	KSC 4613	IEC 61008-1	IEC 61009-1
충격파 부동작 (100[kHz] Ring 서지전류)	○	○	○
8×20[μs] 전류 내성	×	○	○
정전기 내성	×	○	○
서지 내성	×	○	○
급과도 버스트	×	○	○
무선주파 전도내성	×	△	△
무선주파 방사내성	×	△	△

(○ : 포함 △ : 개정 예정 × : 해당사항 없음)

누전차단기 EMC 조합서지 시험을 하기 위한 시험 장치는 크게 KS규격 충격파 부동작 시험에 적합한 임펄스 과형 발생장치와 IEC 61000-4 시리즈에 적합한 조합과형 발생장치, Ring 과형 발생장치, EFT burst 발생장치, 정전기 방전 발생기, Calibration 및 데이터 취득용 디지털 오실로스코프, 데이터 저장 및 분석용 컴퓨터로 구성되어 있다.

누전차단기 시험 구성도는 그림 3에 나타내었으며 실험 장치의 세부적인 사양은 표 2와 같다.

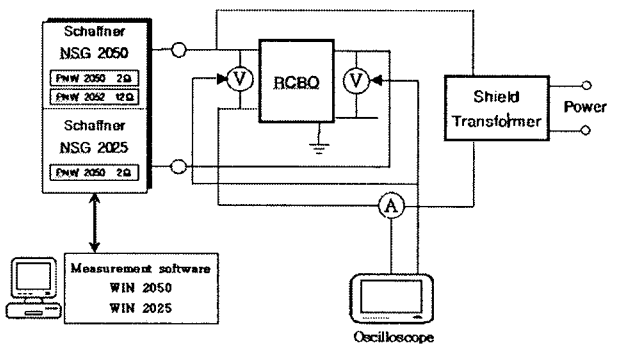


그림 3 시험 구성도  
Fig. 3 Test Configuration

표 2 실험장치 사양

Table 2 Specification of test equipments

명칭	모델	정격
충격전압 발생 장치	Sanki LSG-10K-S	1.2×50[μS], 15[kV]
ProfLine EMC TEST SYSTEM	SCHAFFNER NSG 2050	1.2×50[μS] (open-circuit), 6.6[kV] 8×20[μS] (short-circuit), 3.3[kA]
	SCHAFFNER NSG 2052	0.5[μS]/100[kHz] (open-circuit) Ring Wave
정전기 방전 발생기	SCHAFFNER NSG 435	접촉방전은 8[kV], 기중방전은 15[kV]
디지털 오실로스코프	LeCroy waverunner 500[MHz] Digital Oscilloscope	4-channel, 주파수 대역 500[MHz], 유효 샘플링 속도 10[pS], 다중 샘플링 속도 25[GS/S], A/D 변환 분해능 8비트
Calibration 용 장비	서지 전류 PEARSON Wide Band Current Monitor	0.01(Output Volts Per Amp)급 CT
	서지 전압 LeCroy	1000:1 (system attenuation) High Voltage Probe

3. 누전차단기의 EMC 시험

본 논문에서는 4종, 32개의 누전차단기에 대해 정전기 내성시험, 서지전류 내성 시험, 서지전압 내성 시험의 크게 3가지 시험을 실시하여 그 결과를 분석하였다. 우선 각각의 시험에 대한 세부사항은 다음과 같다.

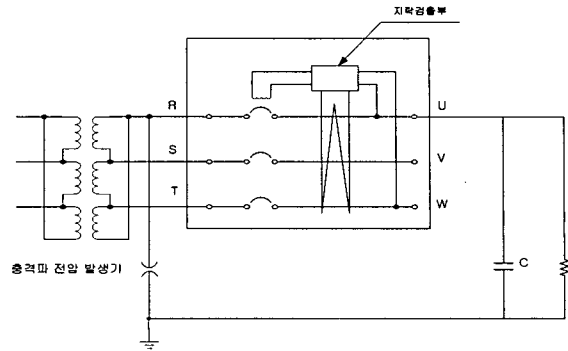
3.1 정전기 내성 시험

국내 누전차단기의 경우에는 대부분 금속부분이 없으므로 8[kV]의 기중방전 시험만을 실시하였다. 시험의 세부조건은 다음과 같다.

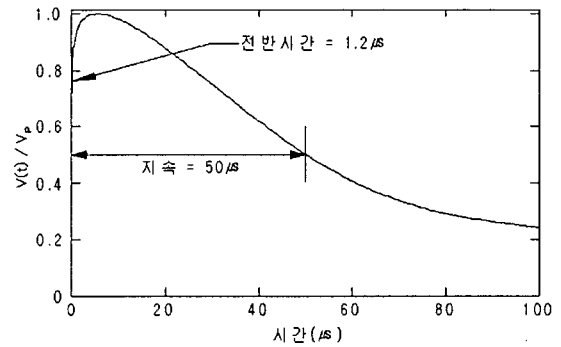
- (1) 시험은 IEC 61543 및 IEC 61000-4-2 규격에 따름
- (2) 스위치는 닫힌 상태에서 정격전압을 인가
- (3) 시험전압 : 기중 8[kV]
- (4) 시험인가는 정극성 10회, 부극성 10회
- (5) 방전시간 : 1초 간격
- (6) 판정기준 : 시험 후 IΔn에서 동작시간을 체크

3.2 서지 전류 내성 시험

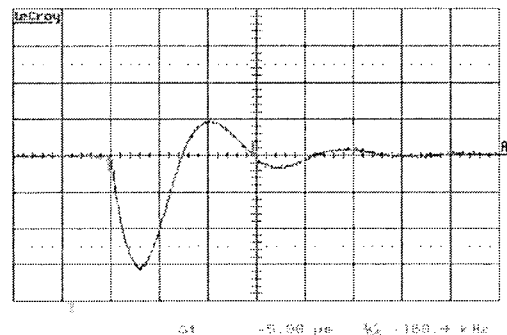
첫째로 KS 규격에 따른 충격파 부동작 시험은 그림 4(a)의 시험 회로와 같이 정격전압을 인가한 페로 상태에서 1.2×50[μS], 7[kV]의 임펄스 전압을 정, 부 각각 1분 간격으로 3회 인가하여 실시하였다. 그림 4(b)는 임펄스 파형 발생장치 출력전압이고, 4(c)는 저항 및 커패시턴스에 의해 Ring waveform 으로 변환된 서지 전류 파형을 측정된 그래프이다. 이때 서지 전류는 157.8[A]이며, 주파수는 약 169.4[kHz]이다.



(a) 시험 회로도



(b) 충격파 전압



(c) 충격파 부동작 서지전류

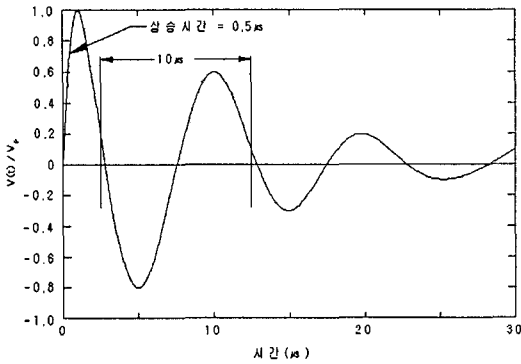
그림 4 충격파 부동작 시험

Fig. 4 Impulse un-tripping test

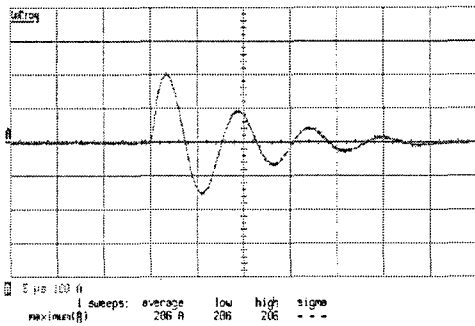
둘째로 그림 5는 100[kHz] Ring waveform과 200[A] Surge current calibration을 보여주며, 시험의 세부조건은 다음과 같다.

- (1) 시험은 IEC 61009-1에 따름
- (2) 누전차단기의 임의의 한 개 극을 선택하여 10회 인가
- (3) 서지 극성은 매 2회마다 전환
- (4) 인가간격 : 30초
- (5) 아래와 같은 조건을 만족 후 시험
  - 피크전류 : 200 [A] + 10 [%] 이내
  - 파두장 : 0.5 [μs]
  - 주기 : 10 [μs] (100 [kHz])
  - 감쇄주기 : 전 피크치의 60 [%]

(6) 판단기준 : 시험 후, IEC 61009-1의 9.9.1.2 b)에 따라 트립시간을  $I\Delta n$ 에서 측정



(a) 100[kHz] Ring waveform



(b) 200[A] Surge current calibration

그림 5 서지 전류 시험용 파형 (100[kHz])

Fig. 5 100[kHz] Ring surge current test waveform

셋째로  $8 \times 20[\mu S]$  서지전류에 대한 부동작 시험은 IEC 61000-4-5에 따라 시험하였으며, 충격과 부동작 시험과 평가 개념은 크게 다르지 않으나 서지 전압과 서지 전류가 다르다. 즉 피크전류  $3000 [A] + 10[\%]$  이내, 파두장  $8 [\mu s]$ , 파미장  $20 [\mu s]$ 이 다른 부분이다.

### 3.3 서지 전압 내성 시험

그림 7은 IEC 61000-4-4의 전기적 과도 현상/버스트 내성 시험에 따른 급과도 버스트 파형이고, 실험에 대한 세부 사항은 다음과 같다.

- (1) 설치 : IEC 61008-1에 따라 두께 16 [mm]의 강철판에 설치
- (2) 시험전압 : 4[kV], 2.5[kHz]
- (3) 판단기준 : 시험 중 트립되지 않아야 하고, 시험 후  $I\Delta n$ 에서 동작시간을 체크

조합 서지 내성 시험은 61000-4-5에 따라 시험하며, 그림 8은 서지내성 시험용 파형이다.

- (1) 시험은 IEC 61543 및 IEC 61000-4-5에 따름

(2) 인가횟수는 정극성 5회, 부극성 5회이다.

(3) 인가간격 : 60초

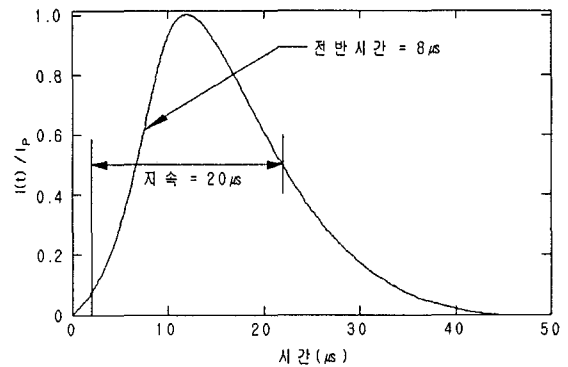
(4) 케이블 길이 : 2[m] 이내

(5) 투입 위상각 :  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$

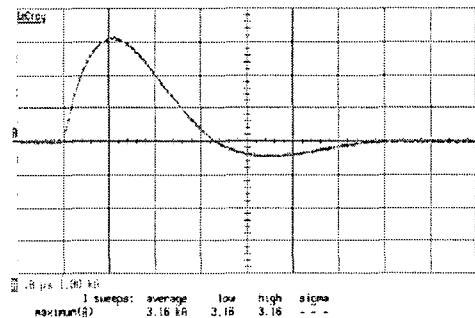
(6) 시험인가 방법 및 시험전압

- 모든 금속파트 및 접지파트 일괄과 모든 전기회로 사이(공통모드) : 5[kV], 2[Ω]
- 모든 전기회로 사이, line-to-line, line-to-neutral(차동모드) : 4[kV], 2[Ω]

(8) 판단기준 : IEC 61009-1의 9.9.1.2 c)에 따라  $I\Delta n$ 에서 트립시간을 측정



(a) 전류 파형( $8 \times 20[\mu s]$ )



(b) 3[kA] Surge current calibration

그림 6  $8 \times 20 [\mu S]$  조합서지 시험용 파형

Fig. 6  $8 \times 20 [\mu S]$  Combination surge immunity test waveform

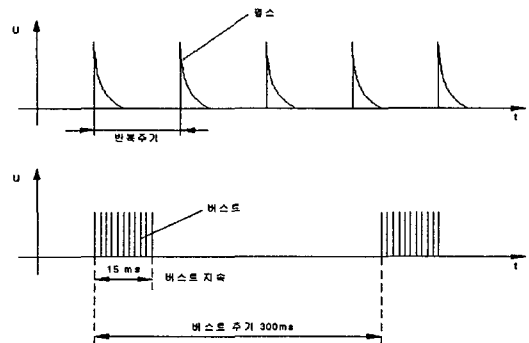
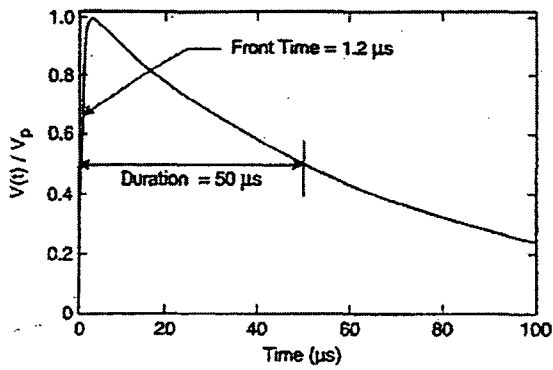
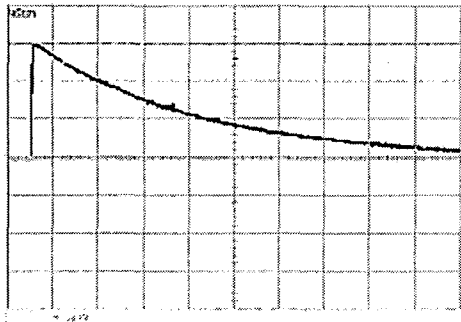


그림 7 급과도 버스트 파형

Fig. 7 Electrical fast transient/burst immunity test waveform



(a) 1.2×50[μs] combination surge waveform



(b) 4[kV] combination surge calibration

그림 8 조합서지내성 시험용 파형

Fig. 8 Combination surge immunity test waveform

#### 4. 시험 결과 및 개선방향

##### 4.1 시험 결과

KSC 4613 충격과 부동작 성능 시험과 IEC 61000-4 시리즈 EMC 성능 시험 중 조합서지에 관한 시험결과를 그림 9에 정리하였다. 실험결과, 누전차단기 32종 중에서 IEC 규격에 따른 조합서지전압 실험에서 24종이 고장 또는 오동작하였다. 나머지 EMC 항목 7종 실험에서는 어떠한 고장이나 오동작도 발생하지 않았다. IEC 시험에서 고장 나거나 오동작한 24종 차단기 중 13종은 사용 불가능한 완전고장이고 11종은 오동작만 발생하였다. 고장모드는 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 트립만 발생하고 동작시간 특성은 정상인 경우이다. 둘째, 아크가 발생하면서 트립된 경우이며 대부분 완전고장이 되어 차단부 핸들이 동작하지 않았다. 셋째, 아크가 발생하면서 트립되었으나, 외관상으로는 이상이 없고 재투입시 전자회로부가 아크를 동반하면서 단락되었다. 이 고장모드는 외관상 이상이 없기 때문에 실사용 상태에서 사용자가 재투입시 화상이나 감전사고 및 화재가 발생할 수 있다. 넷째, 트립되지는 않았으나 실제로는 고장이 발생하여 누전이나 과전류가 되어도 동작하지 않았다. 그림 10은 조합서지로 인해서 전자회로부가 파괴된 사진을 보여준다.

서지전압 실험에서 고장 나지 않은 8종과 오동작만 발생한 11종을 더하여 총 19종에 대하여 충격과 부동작 시험을

실시하였다. 19종 모두 오동작이 발생하지 않았다. 심지어 서지전압 실험에서 오동작이 발생한 시료 11종 모두 정상으로 판정되었다. 이것으로 보아 서지전압 실험과 충격과 부동작 실험은 서로 상관성이 없음을 알 수 있고, 전체적인 시험결과로 보아, 국내 누전차단기는 조합서지전압 성능을 보강하면 국제규격 기준에 부합할 것으로 판단된다.

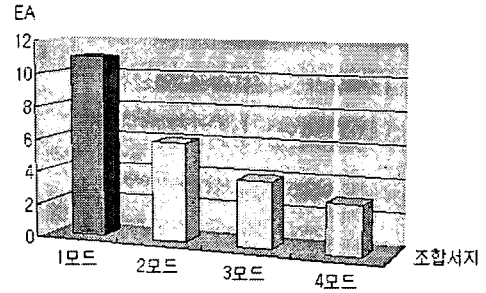


그림 9 조합서지 고장모드

Fig. 9 Combination surge failure mode

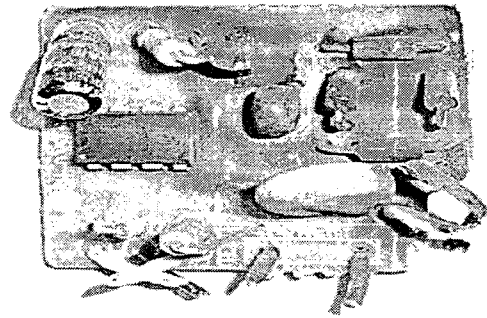


그림 10 조합서지로 인해 파손된 전자회로부

Fig. 10 electronic circuit part broken by combination surge

누전차단기의 충격과 부동작 성능 및 EMC 성능 비교 시험에 대한 전체적인 결과 및 고찰사항을 정리하면 다음과 같다.

- (1) KSC 4613에 따른 충격과 부동작 성능 시험에 대해서는 오동작 및 파손이 발생하지 않았다. IEC 61000-4-12 100[kHz] Ring waveform 서지전류 부동작 시험과, IEC 61000-4-5 8×20[μs] 서지전류에 대한 부동작 시험 역시 오동작 및 파손이 발생하지 않았다. 이 실험결과를 통해 국내 누전차단기의 서지 전류에 대한 내성은 충분하다고 생각한다.
- (2) 정전기 방전 내성 시험에서 국내 제품은 대부분 금속부분이 없으므로 8[kV]의 기중방전 시험만 실시한 결과 오동작이 발생하지 않았다.
- (3) 전기적 과도현상/버스트 내성 시험에서 모든 전원라인과 접지기준판 사이에 상승시간이 매우 빠른 서지를 인가했을 때 누전차단기는 오동작 하지 않았다.
- (4) IEC 61000-4-5에 따라 실시한 조합 서지 내성 시험에서 누전차단기의 전자회로부(배리스터)가 파손되거나 오동작하는 경우가 총 32종 중 24종이나 발생되었다. 이 시험항목은 강제사항으로 개정될 가능성이 매우 높으므로

국내 누전차단기의 조합 서지 내성에 대한 대책이 시급함을 알 수 있다.

4.2 조합 서지 내성 시험 대책

IEC 규격에 따른 누전차단기의 조합서지 내성 시험 결과 및 대책은 크게 세 가지로 정리할 수 있다.

(1) 결과 1 : 배리스터 1차 서지 흡수소자 절연과피

그림 11과 같이 단자에 서지 인가시 서지 전류 1000[A]에서 배리스터가 견뎌야 하나, 서지전류 흡수 내량 Itm(A)을 1200[A]를 사용하는 차단기는 견뎌냈으나, 400[A]를 사용하는 차단기는 견디지 못하고 배리스터가 파괴되었다. 따라서, 배리스터 1차 서지흡수소자의 절연과피를 예방하기 위해서는 Itm 400[A]를 사용하는 누전차단기의 경우 1차 서지흡수내량을 2.5배 이상 높여야 한다.

(2) 결과 2 : 누전차단기 오동작 트립

2차 서지 전류 흡수 소자가 없거나, 있더라도 Itm이 400[A]이고, 내부 커패시터 용량이 작아 서지전류가 SCR의 흡수능력을 넘어서 차단기가 트립되었다. 따라서, 누전차단기의 오동작 트립을 예방하기 위해서는 2차 흡수소자(MOV2)의 스네버 서지전류 흡수 내량을 1200[A] 급으로 대체해야 하고, 또한 플러그형 누전차단기의 패턴(동박) 소손을 예방하기 위해서 패턴 간 거리 및 패턴의 굵기가 최소 1.5[mm] 이상 유지하여야 한다.

(3) 결과 3 : 플러그형 누전차단기 패턴소손 및 2차 소자 소손

플러그형 누전차단기의 패턴(동박) 소손을 예방하기 위해서는 그림 12와 같이 패턴간 거리를 짧게 하고 패턴의 굵기를 최소 1.5[mm] 이상 유지하여야 한다. 즉, 서지 전류가 충분히 2차 흡수회로까지 전달될 수 있도록 굵고 짧게 설계되어야 누전차단기가 견딜 수 있다.

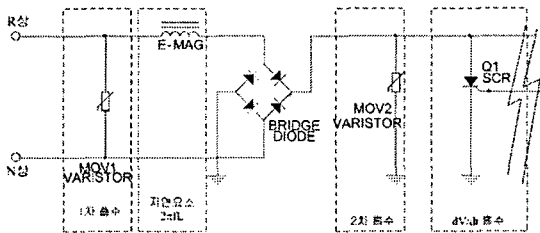


그림 11 누전차단기 서지 흡수회로  
Fig. 11 Surge absorber of RCCB

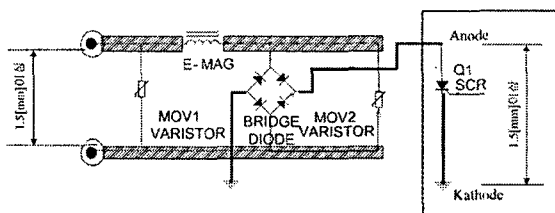


그림 12 누전차단기 패턴소손 및 2차 소자 소손 예방회로  
Fig. 12 Pattern burning and 2nd element burning protector

5. 결 론

국내 감전 및 과부하 보호 겸용 누전차단기에 대한 충격과 부동작 특성 및 EMC 특성에 대하여 고찰하였다. 먼저 KS 규격과 IEC 국제규격의 EMC 항목을 비교, 분석하였고, 32종의 누전차단기에 대하여 EMC 성능평가를 실시하였다. 시험결과 EMC 성능에서 큰 문제는 없었으나, 충격과 부동작 성능과 IEC 61000-4-5의 조합 서지 내성 시험에서 문제가 나타났다. 논문 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 국제규격에 따른 조합서지 내성 시험에서 32종의 누전차단기 중 24종이 불량이었다. 나머지 다른 시험항목에서는 불량발생이 없었다. IEC 국제규격의 성능평가를 만족하기 위해서는 조합서지 시험에 대한 대책이 필요하다.
- (2) 24종의 고장모드를 분석한 결과 오동작만 발생한 경우는 11종이고, 나머지 13종은 사용이 불가능한 완전 고장이었다. 누전차단기의 완전고장을 예방하기 위해서는, 배리스터 1차 서지흡수소자의 절연과피를 예방하기 위해서 1차 서지흡수내량을 2.5배(7pie471k->10pie471k) 이상 높여야 하고, 누전차단기의 오동작 트립을 예방하기 위해서는 2차 흡수소자(MOV2)의 스네버 서지전류 흡수 내량을 1200[A] 급으로 대체해야 한다. 또한 플러그형 누전차단기의 패턴(동박) 소손을 예방하기 위해서 패턴 간 거리 및 패턴의 굵기가 최소 1.5[mm] 이상 유지하여야 한다.
- (3) 13종의 영구고장 제품 중에서 3종은 트립 되지 않으면서 영구고장이 발생되었다. 이런 종류의 고장은 누전이나 과전류 발생시 감전사고나 화재가 발생할 수 있기 때문에 대책이 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 이승철, 장석훈, 이복희, "서지전압에 대한 50[A]용 누전차단기의 부동작 특성", 한국조명전기설비학회논문지, 제 11권, 5호, pp. 44~52, 1997년.
- [2] 이복희, 이승철, 김찬오, "저임펄스전압에 대한 30[A]용 고감도형 누전차단기의 오동작에 대한 특성의 해석", 한국조명전기설비학회논문지, 제 11권, 6호, pp. 96~103, 1997년.
- [3] 이재복, 명성호 외 4인, "충격과 부동작형 누전차단기의 뇌서지 응답 특성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1688~1690, 2002년 7월.
- [4] 길경석, 송재용 외 3인, "전자파 대응 단위세대 분전반의 설계 및 제작", 한국조명전기설비학회논문지, 제 14권, 6호, pp. 18~25, 2000년.
- [5] IEEE Std. C62.41-1991, IEEE Guide for Surge Voltage in Low-Voltage AC Power Circuits, 1991.
- [6] KSC 4613 : 누전차단기, 한국표준협회, 1994년.
- [7] IEC 61008-1 : Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses(RCCBs), 2002.
- [8] IEC 61009-1 : Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses(RCBOs), 2003.
- [9] IEC 61000-4-2 : Testing and measurement techniques-

- Electrostatic discharge immunity test, 2001.
- [10] IEC 61000-4-3 : Testing and measurement techniques- Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test, 2002.
- [11] IEC 61000-4-4 : Testing and measurement techniques- Electrical fast transient/burst immunity test, 2001.
- [12] IEC 61000-4-5 : Testing and measurement techniques- Surge immunity test, 2001.
- [13] IEC 61000-4-5 : Testing and measurement techniques- Oscillatory waves immunity test, 2001.
- [14] IEC 61543 : Residual current operated protective devices (RCDs) for household and similar use - Electromagnetic compatibility, 1995.
- [15] IEC Std 60947-1 : Low-voltage switchgear and controlgear-General rules
- [16] IEC Std 60947-2 : Low-voltage switchgear and controlgear-Circuit-breakers
- [17] IEC Std 61000-6-5 : Generic standards - Immunity for power station and substation environments

저 자 소 개



**김재철 (金載哲)**

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1987년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 숭실대 전기공학부 교수.

Tel : 02-820-0647  
 Fax : 02-817-0780  
 E-mail : jckim@ssu.ac.kr



**김인석 (金彦錫)**

1965년 2월 11일생. 1989년 숭실대 전기공학과 졸업. 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한국전기연구원 전기시험연구소 실장.

Tel : 031-420-6061  
 Fax : 031-420-6059  
 E-mail : oskim@keri.re.kr



**한윤탁 (韓尹鐸)**

2006년 8월 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 전기시험연구소 기술원.

Tel : 031-420-6026  
 Fax : 031-420-6059  
 E-mail : chym@keri.re.kr



**설규환 (薛奎煥)**

1960년 10월 10일생. 1982년 2월 조선대학교 전기공학과 졸업. 1997년 8월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업. 현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사수료 및 한국전력공사 강동지점 배전부장.

Tel : 02-480-2270  
 Fax : 02-480-2179  
 E-mail : solzgh@kepeco.co.kr



**문종필 (文鍾必)**

1977년 5월 27일생. 2000년 숭실대 전기공학과 졸업. 2002년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 박사 수료. 현재 기초전력연구원 선임연구원.

Tel : 02-880-7587  
 Fax : 02-883-0827  
 E-mail : pichard@snu.ac.kr



**강장규 (姜章珪)**

1955년 1월 21일생. 1984년 광운대학교 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사수료 및 대한전기학원 원장.

Tel : 02-3474-8844  
 Fax : 02-3474-0898  
 E-mail : jea50225@hanmail.net