

저압용 차단기 전원 개폐시 개인용 PC에 미치는 영향 분석

(Analysis of Effect on Personnel Computer in case of turning off Power supply of Circuit Breaker for Low Voltage)

길형준* · 송길목 · 김영석 · 김종민

(Hyoung-Jun Gil · Kil-Mok Shong · Young-Seok Kim · Chong-Min Kim)

Abstract

This paper describes the analysis of the effect on personnel computer in case of turning off power supply of main breaker in general electrical installation. In order to analyze the effect on personnel computer in case of turning off the power supply of main breaker, the switching impulse generator has been designed and fabricated which makes it possible to evaluate the effect on electrical product by switching impulse. The switching impulse tests were carried out for personnel computer according to applied voltage and number of switching impulse. As a consequence, switching impulse had not a significant influence on personnel computer in this study. The varistor of power input section functions as a protection of switching impulse as well as lightning impulse. The results will be used to related organization, and electrical product manufacturer, and residents.

Key Words : Personnel Computer, Main Breaker, Switching Impulse, Generator, Applied Voltage

1. 서 론

경미한 사고라 함은 일반용 전기설비에 대한 안전 점검시 발생할 수 있는 전기제품의 경미한 손상을 말한다. 최근 3년간 일반용 전기설비에서 발생한 경미한 사고는 2010년 24건(3,370,480원), 2011년 23건(3,093,480원), 2012년 26건(3,692,560원)이 발생하였다.

2012년도 안전 점검시 경미한 사고는 26건이 발생하였으며 금액으로는 3,692,560원의 물질적인 피해보상이 이루어졌고, 소손제품으로는 냉장고, 컴퓨터, TV, 인터폰, 전기밥솥 등이 있었으며 이중에서 컴퓨터 및 냉장고의 사고비율이 총 26건 중 13건으로 50%를 차지하였다. 연당 수행하는 점검 건수는 수 백만건으로 경미한 사고는 발생비율이 낮지만, 안전점검에 대한 신뢰성 확보, 민원 해소 등을 위해서는 연구의 필요성이 있다고 할 수 있다[1].

관련 기관의 규정중 점검시에는 기물·가전제품 손상, 안전사고가 발생하지 않도록 각별히 유의하고, 특히 전원 차단시 컴퓨터 등의 사용여부를 확인하도록 하고 있고, 점검후에는 개폐장치의 원상복귀 및 통전

* 주저자 : 전기안전연구원 선임연구원
* Main author : Senior Researcher, Electrical Safety Research Institute
Tel : 063-716-2841, Fax : 063-716-9662
E-mail : fa523@kesco.or.kr
접수일자 : 2014년 10월 28일
1차심사 : 2014년 10월 30일, 2차심사 : 2014년 11월 11일
심사완료 : 2014년 11월 12일

(정상작동) 여부를 철저히 확인하여 전원공급 중단으로 인한 급배수 모터, 전산기기, 냉장고, 보일러 등의 가동중지 피해가 발생하지 않도록 하고 있다. 전원 개방전 컴퓨터 등의 사용유무를 입회자에게 미리 확인하여 조치를 취한 후 개방하도록 하여 정전으로 인한 수용가 피해를 예방하고 있다[2-4]. 국내·외에서 개폐 임펄스에 의한 전기제품의 영향에 대한 연구 현황이 거의 없어 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

본 논문에서는 일반용 전기설비를 점검할 경우 주차단기 전원 차단시 컴퓨터에 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 실험 및 분석, 영향 평가 등이 이루어졌으며, 이를 통해 사고 요인의 과학적 규명을 하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

주차단기 전원 차단시 발생할 수 있는 개폐 임펄스 전압에 대한 모의 실험을 위해 IEC 60060-1을 참고하여 실험장치를 설계 및 제작하였다. 출력단이 개방된 상태에서 최대 6kV의 250/2,500 μ s 전압파형이 발생되도록 설계되었다. 발생파형의 정의는 그림 1과 같다[5].

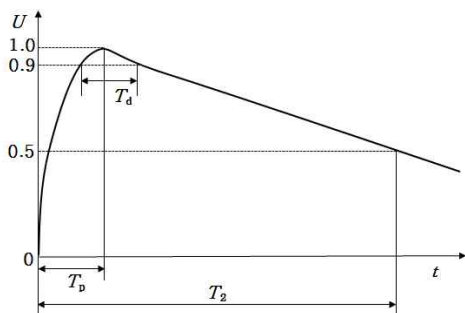


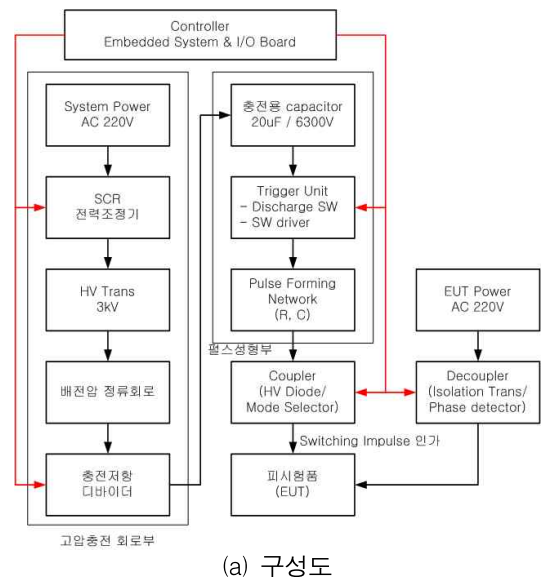
그림 1. 개폐 임펄스 파형
Fig. 1. Waveform of switching impulse

파고까지의 시간 T_p 는 실제의 원점에서 전압이 파고값에 도달하는 순간까지의 시간 간격으로 250 μ s이고, 파미장 T_2 는 실제 원점과 전압이 처음으로 파고값의 반으로 되는 순간까지의 시간 간격으로 2500 μ s이다. 90% 지속 시간 T_d 는 임펄스 전압이 파고값의 90%

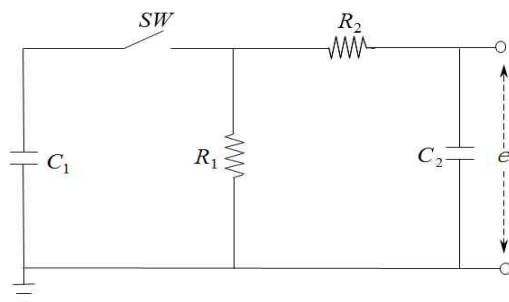
를 초과하는 동안의 시간 간격을 말한다.



그림 2. 개폐 임펄스 발생기
Fig. 2. Switching impulse generator



(a) 구성도



(b) 회로도

그림 3. 개폐 임펄스 발생기의 구성 및 회로도
Fig. 3. Constitution and circuit diagram of switching impulse generator

개폐 임펄스 발생기는 크게 고압 충전회로부, 펄스성형부, 트리거 유니트, 커플러/디커플러 및 컨트롤러 등으로 구성되며 이의 외형을 그림 2에 나타내었다.

커플러는 생성된 펄스를 피시험품에 교류전원을 공급한 상태에서 중첩하여 인가하기 위해서 필요한 것으로 교류전원으로부터 과형의 왜란을 방지하고 펄스 발생부를 보호하는 역할을 하며 고압 다이오드 모듈로 구성되었다. 디커플러는 발생된 펄스전압이 피시험품으로 인가될 때 같은 전원선로에 연결된 기기를 보호하기 위한 것으로 절연변압기와 서지보호장치로 구성되었다. 개폐 임펄스 발생기의 구성 및 회로도를 그림 3에 나타내었다.

본 실험을 위해 설계 및 제작된 개폐 임펄스 발생기는 특허 출원(출원번호 : 10-2014-0060170, 출원일 : 2014.05.20.)된 상태이다.

개폐 임펄스 발생기의 사양에 있어서, 과형 및 최대 출력값은 250/2,500 μ s, V_{max} 6kV이며, IEC 표준에 적합하도록 구성한 본 실험장치의 출력과형 사양은 표 1과 같다. 충전용 커패시터 뱅크는 20 μ F, 6,300V, 충전 시간은 최대 전압 충전시간 30초 이내, 입력전원(Main Supply)은 단상 220V, 60Hz AC, 커플러/디커플러 회로는 단상 220V, 20A이다. 사용조건은 고도 (Altitude) < 1,000m, 주위온도(Ambient Temp.) +5~+40 $^{\circ}$ C, 습도(Humidity) < 80%, 크기 600(W) \times 650(D) \times 740(H)mm이다.

표 1. 출력 파형
Table 1. Output waveform

| Waveform | Time to peak | Time to half-value | Max. Voltage |
|------------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| 250/2500 μ s | 250 μ s \pm 20% | 2500 μ s \pm 60% | 6kV \pm 3% |

회로의 차단은 역률이 나쁠수록(전압과 전류의 위상차가 클수록) 어려워지며 이것은 전류가 “0”일 때 접점간 전압이 높기 때문이며 여자전류(무부하 변압기의 개폐), 충전전류(무부하선로의 개폐), 진상전류(전력콘덴서의 개폐) 등의 개폐가 곤란한 이유이다.

또한 개폐서지는 뇌서지에 비해 파괴값은 낮으나 지속시간이 수 ms로 비교적 길기 때문에 기기의 절연에 주는 영향을 무시할 수 없다.

차단기의 양극단에 걸리는 전압은 차단현상의 시간적 추이에 따라 변화한다. 반주기 마다 아크는 점멸을 반복하거나 접촉자가 충분히 떨어져 있으므로 접촉자간의 절연내력이 점점간에 나타나는 전압을 이기게 되어 아크는 소멸되고 점점간에 전원전압이 나타나게 되는데 이것을 회복전압이라 하고, 회복전압에 이르는 과정에서 과도전압이 나타나며 이 과도전압을 재기전압이라 한다. 만일 재기전압의 값이 크면 접촉자 사이의 절연이 다시 파괴되어 아크가 또 발생하게 되고 이것을 재점호라 한다.

충전전류는 앞선 전류로서 차단하기는 쉽지만 재점호를 여러 번 일으키는 경우가 있고 그 때마다 서지에 의한 이상전압을 발생한다. 투입서지는 차단기 투입시 과도현상에 의한 현상으로 교류전압 최대값의 2배까지 나타난다.

재점호서지는 차단기의 차단과정중 회복전압에 이르는 과정에서 과도전압(재기전압)이 나타나게 되며 재기전압이 크면 차단기 접촉자 사이의 절연이 파괴되어 아크가 발생하는 현상으로 재점호에 의해서 매우 높은 전압이 발생하며, 그 전압의 크기는 교류전압 최대값의 3배에 이르는 서지가 발생하며 반복 재점호의 경우에는 최대 상전압의 6배에 이르는 경우가 있다 [6-7].

본 연구에서는 개폐 임펄스 발생기를 이용하여 투입서지, 재점호서지 등을 컴퓨터에 인가하여 전기제품에 미치는 영향을 분석하였다. 실험에 사용된 전기제품은 컴퓨터 2대이며 이를 그림 4에 나타내었다.

투입서지인 620V, 재점호 서지 930V, 반복 재점호 서지 1,860V, 발생기의 최대 인가전압인 6,000V까지 620~6,000V 범위에서 전압을 인가하였으며 인가 시간 간격 60초, 인가 횟수 1~10회로 하였다. 제작된 개폐 임펄스 발생기는 전기제품 전원이 ON/OFF 시 모두 인가될 수 있으며, 시간 간격을 가지고 반복하여 개폐서지를 인가할 수 있다. 인가되는 선로는 상선과 접지선인 L-G, 상선과 중성선인 L-N에서 실험이 수행되었다.

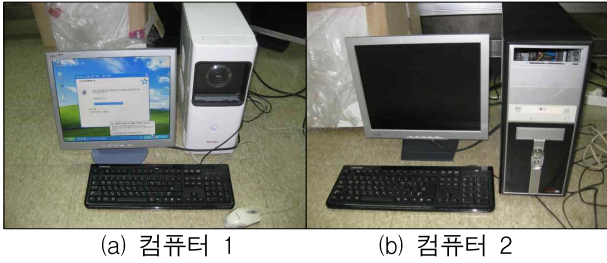


그림 4. 실험용 컴퓨터
Fig. 4. Experimental computer

3. 분석 및 평가

컴퓨터 1에 있어서, 컴퓨터 전원이 ON 및 OFF 시 개폐 임펄스 전압을 인가하였으며, 상선과 접지선, 상선과 중성선 사이에서 실험이 수행되었다. 개폐 임펄스 전압 인가실험을 그림 5에 나타내었다.



그림 5. 개폐 임펄스 실험
Fig. 5. Switching impulse experiment

투입서지, 재점호서지, 반복 재점호 서지, 최대 인가 전압 등을 컴퓨터 전원이 ON 및 OFF된 상태에서 상선과 접지선에 10회까지 인가하였으나 인가후에도 컴퓨터에는 이상이 없었다. 또한 상선과 중성선 사이에 인가하였으나 컴퓨터에는 이상이 없는 것으로 나타났다. 컴퓨터 1에 대한 개폐서지 영향 평가를 표 2에 나타내었다. 또한 컴퓨터 1의 컴퓨터 모니터에 10회 인가하였으나 모니터에도 이상이 없는 것으로 나타났으며 이를 표 3에 나타내었다.

컴퓨터 본체 및 모니터에 대한 개폐서지 인가 실험에 있어, 모두 이상이 없는 것으로 나타난 것은 그림 6과 같이 전원 입력부에 서지를 억제하는 바리스터가

설치되어 있었기 때문인 것으로 판단된다. 바리스터 (Varistor)란 Variable Resistor의 약칭으로 넓은 의미로는 인가전압에 따라 저항이 변하여 현저한 비선형 전압-전류 특성을 나타내는 소자를 총칭하여 나타낸다.

표 2. 컴퓨터 1에 대한 개폐 임펄스 평가
Table 2. Assessment of switching impulse with regard to computer 1

| 실험 조건 | | | | 평가 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 인가 전압 V | 전원 상태 | 인가 횟수 | 인가 선로 | |
| 620 | OFF | 5 | L-G | 이상 없음 |
| 620 | ON | 5 | L-G | " |
| 930 | ON | 5 | L-G | " |
| 620 | ON | 5 | L-N | " |
| 930 | ON | 5 | L-N | " |
| 1860 | ON | 5 | L-N | " |
| 620 | ON | 10 | L-N | " |
| 930 | ON | 10 | L-N | " |
| 1860 | ON | 10 | L-N | " |
| 3000 | ON | 10 | L-N | " |
| 4000 | ON | 10 | L-N | " |
| 5000 | ON | 10 | L-N | " |
| 6000 | ON | 10 | L-N | " |

표 3. 컴퓨터 1의 모니터에 대한 개폐 임펄스 평가
Table 3. Assessment of switching impulse with regard to monitor of computer 1

| 실험 조건 | | | | 평가 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| 인가 전압 V | 전원 상태 | 인가 횟수 | 인가 선로 | |
| 620 | ON | 10 | L-G | 이상 없음 |
| 930 | ON | 10 | L-G | " |
| 1860 | ON | 10 | L-G | " |
| 3000 | ON | 10 | L-G | " |
| 4000 | ON | 10 | L-G | " |
| 5000 | ON | 10 | L-G | " |
| 6000 | ON | 10 | L-G | " |

바리스터는 어느 임계전압 이하에서는 저항이 매우 높아 절연체로 작용하여 거이 전류가 흐르지 않지만 임계전압을 넘으면 급격히 저항이 낮아져 전류가 흐르는 도통상태로 되어 전자회로와 전력계통의 전압 안정화, 서지 흡수를 위한 보호소자로 이용되고 있다 [8-9].



그림 6. 전원입력부에 설치된 바리스터
Fig. 6. Varistor installed on the power input section

컴퓨터 1과 마찬가지로 컴퓨터 2에 대해 개폐 임펄스 전압 인가실험이 수행되었다. 반복 재점호 서지 전압인 1,860V 보다 약 3배 이상인 6,000V를 상선과 중성선 사이에 인가하였으나 역시 이상이 없는 것으로 나타났다. 컴퓨터 2에도 전원 입력부에 서지를 억제하는 바리스터가 설치되어 있었다.

바리스터의 서지 억제효과를 검증하기 위해 컴퓨터 2의 메인보드 전원선에 전원 입력부의 바리스터를 통하지 않고 서지가 직접 인가되도록 그림 7과 같이 실험을 수행하였다.

컴퓨터가 ON된 상태에서 투입서지 620V를 인가하자 바로 컴퓨터의 전원이 OFF되는 고장 사고가 발생하였다. 따라서 전원 입력부의 바리스터가 너서지 뿐만 아니라 개폐서지도 억제함을 알 수 있었다.

경미한 사고 예방을 위해서는 수용가 인입구에 접지를 시설하여 전위경도를 줄일 수 있는 전위완충영역을 만들어 주는 것이 사고예방 측면에서 효과적이다. 또한 서지보호장치를 설치하여 대기 입구의 과전압 및 개폐 과전압을 억제하여 전기제품이 손상되지 않도록 한다[10-11].

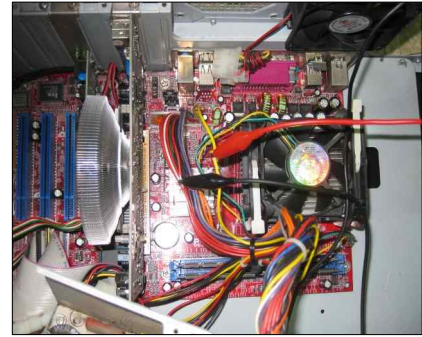


그림 7. 메인보드에 직접 개폐 임펄스 인가
Fig. 7. Applying switching impulse to the main board directly

4. 결 론

본 논문에서는 주차단기 전원 차단시 발생하는 개폐 서지의 컴퓨터에 미치는 영향을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

주차단기 전원 차단시 발생할 수 있는 개폐 임펄스 전압에 대한 모의 실험을 위해 IEC 60060-1을 참고하여 실험장치를 설계 및 제작하였다. 출력단이 개방된 상태에서 최대 6kV의 250/2500 μ s 전압파형이 발생되도록 설계하였다. 개폐 임펄스 발생기는 고압 충전회로부, 펄스성형부, 트리거 유니트, 커플러/디커플러 및 컨트롤러 등으로 구성되었다.

설계 및 제작된 개폐 임펄스 발생기를 이용하여 투입서지, 재점호서지, 반복 재점호서지 등을 가전제품에 인가하여 전기제품에 미치는 영향을 분석하였다. 실험에 사용된 전기제품은 개인용 컴퓨터이며 전기제품 전원이 ON 및 OFF된 상태에서 상선과 접지선 및 상선과 중성선 사이에 10회씩 620~6,000V 범위의 개폐서지를 인가하였다. 인가 후 실험에 사용된 전기제품에서는 이상이 없었다. 컴퓨터의 메인보드 전원선에 전원 입력부의 바리스터를 통하지 않고 서지가 직접 인가되도록 실험을 수행하였으며, 컴퓨터가 ON된 상태에서 투입서지 620V를 인가하자 바로 컴퓨터의 전원이 OFF되는 고장 사고가 발생하였다. 따라서 전원 입력부의 바리스터가 낙뢰에 의한 과전압뿐만 아니라 차단기 개폐시의 과전압도 억제함을 알 수 있었다.

따라서 일반용 전기설비의 경미한 사고가 발생하는 경우는 먼저, 습기 등 전기제품의 절연성능에 영향을 미치는 인자들에 의해 전기제품 내부 전자부품들의 절연이 파괴되거나 부품의 불량으로 고장이 발생하는 것으로 추정된다. 또한 이상전압 발생에 대한 전기제품의 보호 수단으로서 수용가 인입구 접지, 서지보호 장치의 설치 등이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Hyung-Jun Gil et al., "Research on Analysis of Cause of Occurrence and Prevention Measures for Minor Accident", Korea Electrical Safety Corporation, pp.3-18, 2013.
- [2] Hyung-Jun Gil et al., "Investigation and Analysis for preventing Minor Accident in General Electrical Installation", Fall Conference of the Korean Society of Safety, pp.88, 2013.
- [3] Korea Electrical Safety Corporation, "Processing Method of Check Work", Korea Electrical Safety Corporation, pp.4-7, 2012.
- [4] Megger, "A Guide to Diagnostic Insulation Testing above 1kV", pp.14-30, 2012.
- [5] Korean Agency for Technology and Standards, "KS C IEC 60060-1", pp.1-20, 2010.
- [6] B.H. Lee, "High Voltage and Current Engineering", Cheongmungak, pp.4-30, 1993.
- [7] C.S. Choi, D.W. Kim, Y.S. Kim, K.Y. Lee, "The Arc Dispersion Properties by Switching of High Sensitivity Type RCD Contacts", Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol.19, No.2, pp.1-6, 2005.
- [8] Korean Agency for Technology and Standards, "IEC 60364-5-53", pp.1-12, 2005.
- [9] B.H. Lee, "Protection of Information and Communication Facilities against Lightning", Publishing Department of INHA University, pp.110-168, 2003.
- [10] Hyung-Jun Gil et al., "Research on Assessment of Potential Interference between Individual Grounding Electrodes Using an Electrolytic Tank Modeling Method", The Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol.22, No.3, pp.27-33, 2008.
- [11] Hyung-Jun Gil et al., "Field Application Condition and Improvement solution for Surge Protective Device Installed in Buildings", Fall Conference of The Korean Institute of Electrical Engineers, pp.179-181, 2010.

◆ 저자소개 ◆



김형준(吉亨准)

1969년 8월 27일생. 1997년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2000년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : (063)716-2841

Fax : (063)716-9662

E-mail : fa523@kesco.or.kr



송길목(宋佶穆)

1967년 3월 31일생. 1994년 2월 숭실대 전기공학과 졸업. 2003년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 책임연구원.

Tel : (063)716-2860

Fax : (063)716-9662

E-mail : natasder@kesco.or.kr



김영석(金榮錫)

1974년 4월 27일생. 1996년 2월 경상대학교 전기공학과 졸업. 1999년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2002년 야마구치대학 전기전자공학과 객원연구원. 2003년~현재 전기안전연구원 선임연구원.

Tel : (063)716-2861

Fax : (063)716-9662

E-mail : athens9@kesco.or.kr



김종민(金鐘旻)

1972년 7월 18일생. 1998년 2월 전북대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 주임연구원.

Tel : (063)716-2862

Fax : (063)716-9662,

E-mail : cmkim@kesco.or.kr