

# 전자파 대응 단위세대 분전반의 설계 및 제작

(Design and Fabrication of a Home-panel Board for Electromagnetic Compatibility)

길경석\* · 송재용<sup>1\*</sup> · 이종혁<sup>1\*</sup> · 권장우<sup>\*\*\*</sup> · 송동영<sup>1\*\*</sup>

(Gyung-Suk Kil · Jae-Yong Song · Jong-Hyuk Lee · Jang-Woo Kwon · Dong-Young Song)

## 요 약

본 논문에서는 과도전압과 전원선 방해파로부터 가전기기를 안전하게 보호할 수 있는 전자파 대응 단위세대 분전반의 설계 및 제작에 대하여 기술하였다. 제안한 분전반은 바리스터, 캐패시터 및 간선도체의 인덕턴스로 구성된 과도전압 차단장치와 전자파 필터를 내장하고 있다.

시제작한 분전반은 IEC 규격의 조합형 서지 발생장치와 회로망 분석기를 이용하여, 과도전압에 대한 차단특성과 전원선 방해파의 감쇠특성을 평가하였다.

실험 결과로부터 본 연구에서 제안한 분전반은 IEC 61000-4-5에 규정한 서지내성기준을 만족하였으며, 150 [kHz]~30[MHz] 대역의 전원선 방해파에 대해 20[dB] 이상의 감쇠효과를 나타내었다.

## Abstract

This paper describes the design and fabrication of a home-panel board for electromagnetic compatibility which can protect home-electric appliances from transient voltages and power line noise. The proposed panel board include a transient voltage blocking device and a EMI filter which consisted of varistors, capacitors, and bus line inductance.

A performance test of the prototype panel board, blocking characteristics to transient voltages and reduction characteristics to power line noise, are carried out by using a combination surge generator standardized in IEC and a network analyzer.

The results showed that the proposed panel board is satisfied with the surge immunity level of IEC 61000-4-5, and has an over 20[dB] noise reduction performance in ranges from 150[kHz] to 30[MHz].

## 1. 서 론

우리 사회가 고도 정보화시대가 되면서 공장, 사무실은 물론 가정에 이르기까지 자동화, 정보화용 전기·전자·통신기기의 이용이 급증하고 있다. 특히, 최근에는 정보통신기술의 급속한 발달로 초고속 정보통신망이 주택, 아파트 등 단위세대에도 널리 보급

되고 있으며, 텔레비전, 팩시밀리, 개인용 컴퓨터 등 각종 가전기기도 정보화 추세에 따라 다기능화 및 고기능화되고 있는 실정므로, 이를 충족시키기 위하여 첨단인 초소형 반도체 집적회로를 적용한 회로 구성이 현저히 증가하고 있다. 그러나 이들 기기는 외부로부터 침입하는 과도전압에 대해 현저한 취약성을 나타내고 있으며, 노이즈에 의한 오동작 등 각

\* 정희원 · 한국해양대학교 전기공학과 조교수  
1: 정희원 · 한국해양대학교 전기공학과 박사과정  
\*\* 준희원 · 한국해양대학교 전기공학과 석사과정

\* \*\* 정희원 · 동명정보대학교 컴퓨터공학과 조교수  
\*\*\* 정희원 · 포항 1대학 자동차학과 전임교수  
접수일자 : 2000 8. 25

중 피해가 속출하여 이에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다[1, 2].

단위세대 전원계통에서 과도전압 및 노이즈의 발생원으로는 낙뢰와 같은 자연현상에 기인한 것과 전원계통내의 개폐기 조작이나 지락사고, 인버터와 같은 고주파 이용 기기의 사용에 의한 것으로 구분할 수 있다. 이들 과도전압과 노이즈는 전원선로를 거쳐 분전반을 통하여 세대내 전기·전자기기에 전달되며, 전력계통으로부터 과도전압이나 노이즈가 침입할 경우 대부분이 가전기기에 그대로 유입되어 기기의 일시적인 장애를 유발한다. 특히 과도전압의 경우에는 통상의 노이즈와는 달리 짧은 시간 내에 대단히 높은 전압과 전류를 발생시키므로 전기·전자기기에 영구적인 손상까지도 초래하게 된다[3, 4].

현재까지 단위세대의 인입구에 설치되어 있는 분전반은 과도전압과 전원선에서의 노이즈 즉, 전원선 방해파(150 kHz~30 MHz, CISPR Pub.1)에 대한 효과적인 방지대책이 마련되어 있지 못한 실정이다. 과도전압과 전원선 방해파로부터 이들 기기의 피해는 점차 증가할 것으로 추정되며, 첨단 정보화 시대에 가전기기의 신뢰성 향상을 위한 대책 수립이 필요하다.

국내에서도 가정용 전기·전자기기(한국표준협회), 정보통신기기(정보통신부), 선박용 전기·전자기기(한국선급협회)의 과도전압에 대한 대책을 요구하고 있다. 그러나 과도전압에 대한 대책은 원가상승의 문제로 전화기, 컴퓨터 등 단위 기기별로 최소한의 보호 대책만 수립하여 왔을 뿐, 근본적인 대책은 마련되어 있지 못하다.

본 연구에서는 외부로부터 침입하는 과도전압과 전원선 방해파로부터 가전기기를 안전하게 보호할 목적으로 단위세대의 인입구에 설치되는 분전반에 과도전압 차단장치와 전자파 필터를 내장함으로써 과도전압과 전원선 방해파를 효과적으로 차단할 수 있는 새로운 개념의 전자파 대응 단위세대 분전반을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 분전반은 부하측에 연결된 가전기기를 과도전압으로부터 안전하게 보호할 뿐만 아니라, 분전반의 주차단기인 누전차단기를 과도전압으로부터 보호할 수 있는 기능을 가지고 있으므로, 본 연구결과가 단위세대내의 전기·전자기기의 성능 보호에 큰 역할을 할 것이다.

본 연구에서는 기존 분전반의 구성과 과도전압에

대한 전기적 특성을 검토하고 이에 대한 대책을 수립하여 과도전압 차단장치와 전자파 필터를 내장한 분전반을 설계·제작하였다.

시제작된 분전반의 특성은 과도전압에 대한 전기·전자기기의 국내·외 시험평가기준 즉, IEC 61000-4-5와 KSC 0266을 만족하는 조합형 충격전압·전류발생장치를 사용하여 무전원상태 및 교류전원 인가상태에서 평가하였으며[5, 6], 전원선 방해파의 감쇠특성 평가에는 회로망 분석기를 이용하여 20[dB] 이상의 노이즈 감쇠효과가 있는 만족한 결과를 얻었다.

## 2. 과도전압의 발생

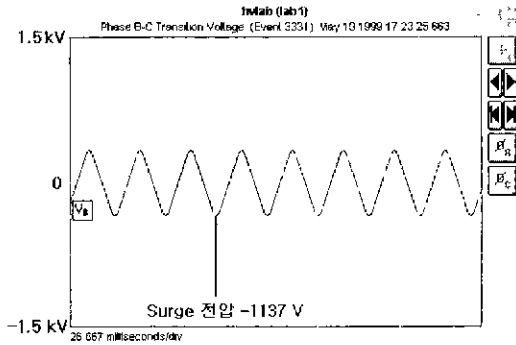
전원계통에서 과도전압에 대한 보호대책은 전원회로에 침입한 과도전압이 피보호기기가 접속된 계통의 전기적 특성에 따라 크기와 파형이 달라지며, 이에 대한 피해 정도도 기기 자체의 내전압 특성에 의존하므로 충분한 기초적 자료와 기술이 축적되어 있어야 한다. 또한 과도전압은 낙뢰나 전력계통내에 연결된 리액턴스 부하의 개폐, 지락고장 등에 의해 발생하고, 배전계통을 따라 저전압 회로에 전달되는 과도전압의 크기는 수 [kV]이상이며, 방전 전류도 수 [kA] 정도로 크기 때문에 전기·전자기기를 손상시키기에 충분하다[7].

단위세대내 전기설비를 고려해 볼 때, 과도전압은 낙뢰나 부하개폐시 전력계통에 발생하고, 고·저압 배전선로를 전파하여 단위세대의 인입구에 설치된 분전반을 통하여 부하 측, 가전기기에 침입하는 것이 대부분이다. 또한 가전기기는 소용량의 고역률 기기이므로 세대내에서 가전기기의 사용에 의한 과도전압은 거의 발생하지 않는다

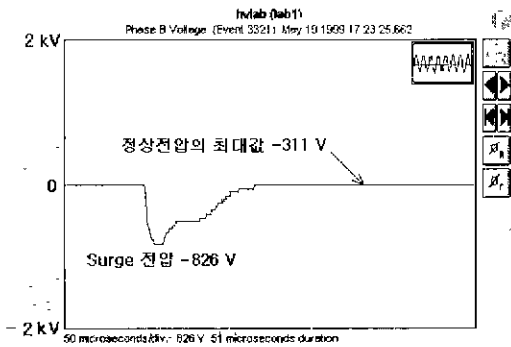
본 연구에서는 과도전압에 대한 최적 보호회로를 설계하기 위하여 현장계측을 수행하였으며, 현장계측은 전력분석기(Power Recorder, 10[kVmax], 250[ns] Sampling Rate, RPM-1650)를 이용하여 단위세대 인입구에 설치된 분전반(단상 220V 30A)에서 관측하였다. 그림 1은 관측된 과도전압의 예를 나타낸 것으로 그림 1(a)는 과도전압이 상용주파수 교류전원에 중첩된 형태이며, 그림 1(b)는 과도전압만을 확대한 것이다. 과도전압은 상용전원의 어느 위상에서도 중첩될 수 있으며, 본 예는 과도전압이 전원전압의 파고값에

전자파 대응 단위세대 분전반의 설계 및 제작

중첩된 것으로 관측된 과도전압의 최대값은 1,137[V] 이었다



(a) 교류전원에 중첩된 과도전압 파형



(b) 과도전압 파형

그림 1. 관측된 과도전압 파형  
Fig. 1. Measured transient voltage waveforms

본 연구에서 관측된 과도전압의 파고값은 50% 이상이 800[V]를 초과하였으며, 실험결과 이 진압은 누전차단기의 전자회로는 물론 가전기기를 손상시키기에 충분한 크기였다.

또한, 과도전압의 발생 빈도는 전력계통의 설치 조건에 따라 달라지는데, 우리 나라와 같이 3상 4선식 중성점 다중접지식 구성의 배전계통에서는 지락 고장시 큰 과도전류가 흐르고 이 전류가 전원선 및 접지선을 통하여 저압전로로 전달될 수 있어 과도전압의 발생은 비교적 높을 것으로 예측된다.

### 3. 기존 분전반의 구성과 문제점

현재 사용되고 있는 단위세대 분전반은 주차단기

인 누전차단기와 전등, 전열 및 에어컨 등 부하별로 분리하여 선로와 부하를 보호할 수 있도록 배선용 차단기로 구성되어 있다. 특히 단위세대의 옥내 사용 전압이 100[V]에서 220[V]로 승압되면서 누전이나 과전류에 의한 감전사고와 화재를 예방할 수 있는 보호장치로 누전차단기의 사용이 의무화되었다.

그림 2와 같이 누전차단기는 영상변류기에서 불평형 전류 즉, 누전전류를 검출하여 신속하게 회로를 차단(30[mA] 0.03[sec] 이내)하고, 충격전류에는 부동작하여야 하는 고감도형이다. 그러나 누전차단기 내부의 검출회로는 반도체 소자로 구성되어 있고 교류전원에서 누전차단기 동작에 필요한 전원을 공급받기 때문에, 외부로부터 과도전압이 침입하면 내부 전자회로를 파괴시켜 누전차단기의 오동작이나 손상을 발생시킨다. 이러한 오동작과 손상의 방지를 위하여 내부 전자회로로 보호에 바리스티를 사용하고 있지만, 과도전압에 대한 내용량이 낮아 쉽게 파괴되고 전원선 방해파에 대해서는 아무런 대책이 없어 외부로부터 침입하는 큰 과도전압이나 전원선 방해파에 대해서는 취약한 상태이다[8, 9].

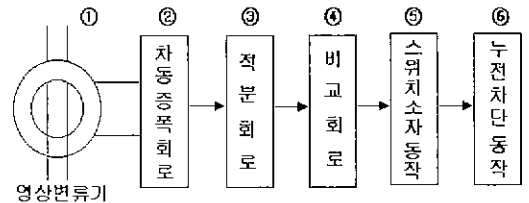


그림 2. 누전차단기의 구성  
Fig. 2. Configuration of a earth leakage circuit breaker

### 4. 전자파대응 분전반의 설계 및 제작

외부로부터 침입하는 과도전압과 전원선 방해파는 단위세대의 인입구에서 설치되는 분전반내에 과도전압 차단장치와 전자파 필터를 설치함으로써 가전기기에 전달되는 것을 방지할 수 있다. 본 연구에서는 기존 단위세대 분전반의 형식을 변경시키지 않고 과도전압과 전원선 방해파를 차단할 수 있도록 분전반을 설계·제작하였다. 과도전압 차단장치는 주차단기인 누전차단기의 부하단자에 접속된 간선도체의 일단에 배선용 차단기와 같이 병렬로 설치되며, 전자파 필터는 분전반내 간선의 인덕턴스와 과도전압 차단

장치에 캐패시터를 내장하여 구성하였다

### 4.1 과도전압 차단장치의 설계

과도전압 차단장치는 클램핑 동작으로 차단용량이 크고 응답속도가 빠른 산화아연형 바리스터(MOV ; metal oxide varistor)를 사용하였으며, 과도전압 차단장치의 회로는 그림 3과 같다. 바리스터의 동작개시전압, 제한전압, 방전내량의 결정에 있어서는 IEC 61000-4-5에 규정된 시험레벨, 정상상태 전원전압, 판측된 자료를 고려하였다. 과도전압에 대한 바리스터의 최적 제한전압은 정상상태의 전원전압을 고려하여 식 (1)로 결정할 수 있다[10]

$$V_P (1 + \beta) < V_N (1 - \epsilon) \tag{1}$$

$V_P$  : 시스템 정상전압의 최대값

$\beta$  : 시스템 전압의 안전계수

$V_N$  : MOV의 공칭개시전압

$\epsilon$  :  $V_N$ 의 허용오차

여기서  $\beta$ 는 안전계수로서 정상상태의 교류전원 자체에도 약간의 전압 변동이나 플리커 등이 발생하기 때문에 이와 같은 전원전압의 미소한 변동에 대해서는 동작하지 않는 여유를 나타내는 파라미터이다.  $\beta$ 는 일반적으로 0.05 ~ 1.0 사이의 값으로  $\beta$ 의 값이 크면 바리스터의 제한전압이 높아지고, 비교적 큰 과도전압에 대해서만 보호동작이 이루어지므로 수명이 길어지게 된다. 본 논문에서는 안전계수를 0.25로 하여  $V_N$ 의 값이 390[V]를 가지는 바리스터를 선정하였으며, 8/20[ $\mu$ s] 5[kA]에서 890[V]의 정격이다.

회로구성에 있어 과도전압은 A-N, A-G, N-G 에 나타날 수 있으므로 그림 3과 같이 각각의 모드에 바리스터를 설치하였으며, A-G, N-G 사이에는 주거용 기기에 흐르는 누설전류의 제한값(0.5 mA, UL 544)를 고려하여 바리스터의 용량을 선정하였다. 또한 바리스터는 외부 과도전압에 대한 지속적인 보호 동작에 따라 열화되고, 최종적으로는 파괴에 이르게 된다. 바리스터가 열화되어 파괴에 이르면 회로는 단락상태로 되기 때문에 고장발생시 전원측으로 과도한 고장전류가 흘러 2차적인 사고를 유발시킬 수 있다. 이에 대한 대책(fail-safe)으로 PCB 상에 fusing

기능을 첨가함으로써 바리스터의 기능저하나 손상에 의한 2차 사고를 최소화하였으며, 전원 및 바리스터의 동작상태를 나타내기 위한 표시장치를 설치하였다.

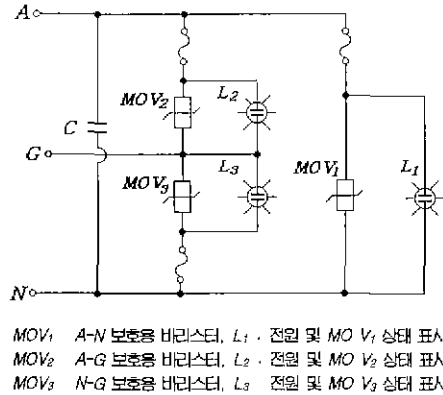


그림 3. 과도전압 차단장치의 회로  
 Fig. 3. Circuit of the transient voltage blocking device

### 4.2 전자파 필터의 설계

가전기기는 전원선 방해파(150 kHz ~ 30 MHz)에 의해 오동작이나 고장이 발생할 수 있으며, 이러한 전원선 방해파 차단을 위하여 전자파 필터를 구성하였다.

전자파 필터는 분전반의 전선 및 간선도체의 인덕턴스와 과도전압 차단장치에 캐패시터를 내장하여 T형 저역 LC 필터를 구성하였으며, 전선( $L_c$ ) 및 간선도체( $L_b$ )의 인덕턴스는 식 (2) 및 (3)으로 계산할 수 있다[11, 12, 13].

$$L_c = 0.2 l \left[ 2.302 \log_{10} \left( \frac{2l}{d} \right) - 1 \right] \quad [\mu\text{H}] \tag{2}$$

여기서  $l$  : 전선 길이 [m],  $d$  : 전선간 거리 [m]

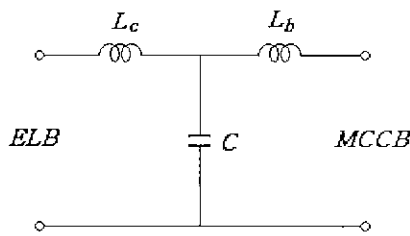
$$L_b = 0.002 a \left[ 2.302 \log_{10} \left( \frac{2a}{b+c} \right) + 0.5 \right. \\ \left. + 0.223 \left( \frac{b+c}{a} \right) + 2.302 \log_{10} \left( \frac{2a}{d} \right) \right. \\ \left. - 1 + \frac{d}{a} \right] \quad [\mu\text{H}] \tag{3}$$

여기서  $a$  : 간선도체의 길이 [cm],  $b$  : 폭 [cm],  
 $c$  : 두께 [cm],  $d$  : 간선도체 간격 [cm]

전자파 대응 단위세대 분전반의 설계 및 제작

윗 식으로부터 본 분전반의 전선과 간선도체의 인덕턴스는 각각  $0.063[\mu\text{H}]$ ,  $0.082[\mu\text{H}]$ 이다. 과도전압 차단장치에 내장된 캐패시터는  $0.1[\mu\text{F}]$ 이므로 이 때 차단주파수는 식 (4)로부터 약  $2.56[\text{MHz}]$ 가 되며, 이와 같이 구성한 전자파 필터의 등가회로는 그림 4와 같다

$$f_c = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}} \text{ [Hz]} \quad (4)$$



$L_c$ : 전선의 인덕턴스     $C$ : EMI 콘덴서  
 $L_b$ : Bus-bar의 인덕턴스

그림 4. 전자파 필터의 등가회로  
 Fig. 4. Equivalent circuit of the EMI filter

과도전압 차단장치 및 LC 필터는 분전반의 구조 변경 없이 설치가 가능하도록 배선용 차단기와 같은 형태로 제작하여 설치상의 문제는 발생하지 않으며, 기존에 설치된 분전반에도 적용이 가능하다.

그림 5에 본 연구에서 설계·제작한 전자파 대응 단위세대 분전반의 사진을 나타내었으며, 표 1에는 분전반의 사양을 나타내었다. 분전반의 주차단기 제

1단에 과도전압 차단장치가 설치된 구조로 설치위치는 임의변경이 가능하며, 과도전압 차단장치의 전면에는 A-N(전원/보호), A-G(보호1), N-G(보호2) 사이에 설치된 바리스터의 동작상태를 나타내는 표시장치가 있다.

표 1. 단위세대 분전반의 사양  
 Table 1. Specification of home-panel board

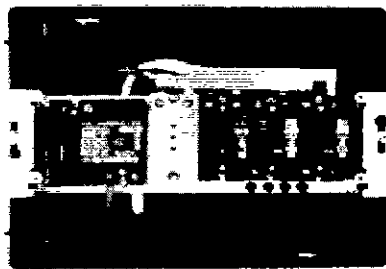
형 식	직선액자형 4분기
상 선 식	220 V, 1 $\phi$ 2 W
주 회 로	30 A (40 A, 50 A)
분기회로수	2, 3 회로
전자파차단	150 kHz ~ 300 MHz
바리스터정격	A-N : 6.5 kA 8/20 $\mu\text{s}$ , $V_N$ : 390 V
	A-G : 4.5 kA 8/20 $\mu\text{s}$ , $V_N$ : 390 V
	N-G : 4.5 kA 8/20 $\mu\text{s}$ , $V_N$ : 390 V

5. 실험 결과 및 고찰

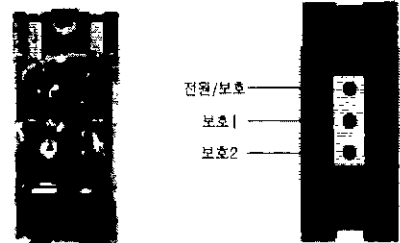
본 논문에서 제안한 단위세대 분전반은 서지 발생장치(PSURGE 4010, Haefely)와 회로망 분석기(HP 8537, Hewlett Packard)를 이용하여 과도전압 내성과 전원선 방해파에 대한 감쇠특성을 평가하였다.

5.1 과도전압에 대한 차단특성

과도전압에 대한 단위세대 분전반의 성능 평가에는 IEC 61000-4-5에 시험 파형으로 규정된 정(+), 부(-)극성의  $1.2/50[\mu\text{s}]$ 전압을 분전반의 누전차단기 입력단에 인가하고 배선용 차단기의 출력단에서 전압 파형을 관측하였다



(a) 분전반



(b) 과도전압 차단장치

그림 5. 단위세대 분전반 및 과도전압 차단장치

Fig. 5. The home-panel board and the transient voltage blocking device

시험에 요구되는 과도전압은 국제규격의 조합형 서지 발생장치로 1.2/50[ $\mu$ s] 4.2[kV<sub>max</sub>], 8/20[ $\mu$ s] 2.1[kA<sub>max</sub>]를 발생시켜 누전차단기 입력단에 인가하였다. 인가전압과 배선용 차단기 부하단에서의 제한전압은 1000:1 고전압프로브(Tek. P6015, 40[kV] DC ~ 70 MHz)와 디지털축적형 오실로스코프(Tek. TDS 380, 400 MHz)로 관측하였다. 또한 과도전압 차단장치에 인가되는 과도전압과 보호동작시 흐르는 과도전류는 서지 발생장치에 내장된 전압·전류측정용 단자에서 검출하였다.

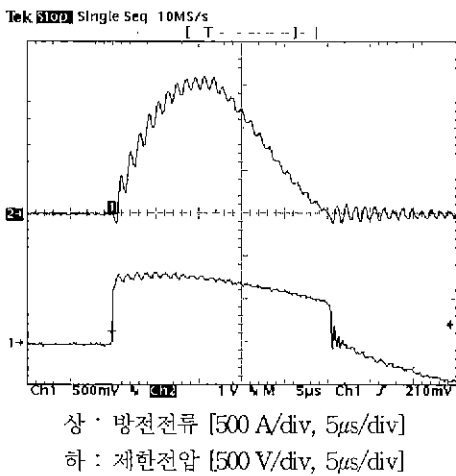
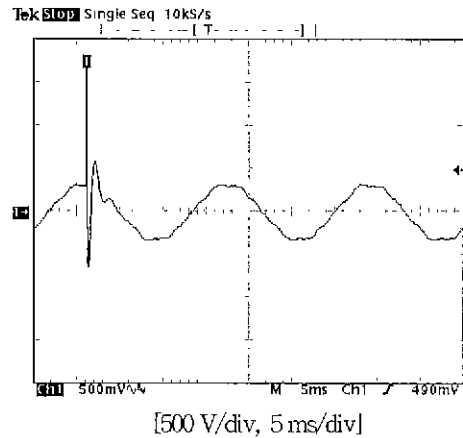


그림 6. 과도전압에 대한 차단특성  
Fig 6 Characteristics of the home-panel board to the transient voltage

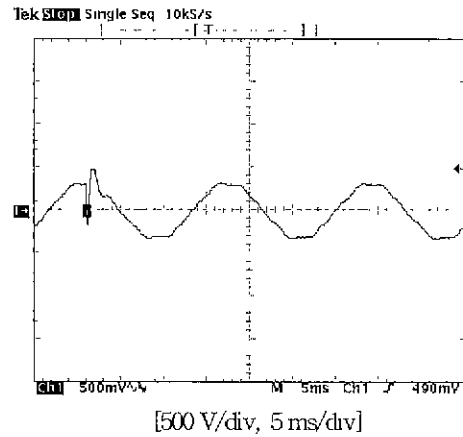
그림 6은 분전반에 교류전원을 인가하지 않은 상태에서 누전차단기의 입력단에 1.2/50[ $\mu$ s] 4.2[kV]의 과도전압이 인가될 때 과도전압 차단장치에 의한 차단특성을 나타낸 것으로, 제한전압의 크기는 750[V]로 나타났다.

또한 분전반의 실제 사용에 있어서는 과도전압이 정상상태의 교류전압(220 V 60 Hz)에 중첩되어 나타나므로, 분전반의 전원단자에 교류전압을 인가한 상태에서 과도전압을 중첩시켜 차단특성을 평가하였다.

그림 7(a)는 분전반 전원단자에서 측정된 파형의 예이며, 그림 7(b)는 분전반의 부하측 즉, 배선용 차단기의 출력단자에서 측정된 파형으로 누전차단기 전원단자에 인가한 2.0[kV]의 과도전압은 과도전압 차단장치에 의해 491[V]로 제한되는 것을 알 수 있었다.



(a) 교류전압의 90° 에서 중첩



(b) 분전반의 과도전압 차단특성

그림 7. 과도전압에 대한 분전반의 특성  
Fig. 7. Characteristics of the home-panel board to a transient voltage

그림 8은 과도전압을 0.5[kV] 단위로 증가시켜가면서 교류전원에 중첩하여 분전반의 전원단자에 인가하였을 때, 배선용 차단기의 부하단자에서 측정된 제한전압의 결과이다. 0.5[kV]~4[kV]의 범위에서 안정한 보호동작을 보여주고 있다. 따라서 단위세대 분전반에 내장된 과도전압 차단장치는 외부로부터 침입하는 과도전압에 대하여 충분한 보호 성능을 가지는 것을 확인하였다.

또한 분전반내의 누전차단기는 과도전압 차단장치가 없는 경우, 1.2/50[ $\mu$ s] 2[kV]의 과도전압이 인가될 때 내부 전자회로가 파괴되거나 오동작을 일으켰다.

그러나 본 과도전압 차단장치를 설치한 경우에는 1.2/50[ $\mu$ s] 4.2[kV]의 전압에서도 오동작을 발생시키는 않아 누전차단기의 동작에 있어서 높은 신뢰성을 확보할 수 있었다.

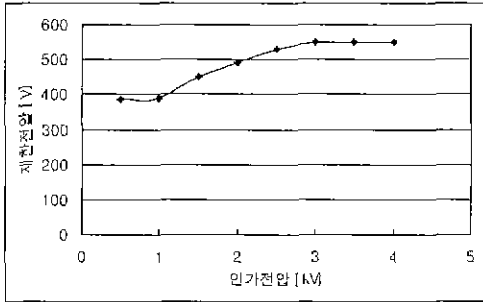


그림 8. 과도전압 차단특성  
Fig. 8. Blocking characteristics to transient voltages

### 5.2 전원선 방해파에 대한 감쇠특성

가전기기의 오동작이나 손상을 유발시키는 전원선 방해파(150 kHz ~ 30 MHz)에 대한 감쇠특성을 조사하기 위해 30[kHz] ~ 3[GHz]대역의 회로망 분석기를 이용하였다.

그림 9는 전원선 방해파에 대한 감쇠특성을 나타낸 것으로 150[kHz] ~ 30[MHz] 범위에서 -20[dB] 이상의 감쇠효과를 나타냈다. 최대의 감쇠비를 나타내는 공진주파수는 2.7[MHz] 부근으로 이 때의 감쇠비는 약 -60[dB]이며, 이것은 4.2절 전자파 필터의 설계에서 이론적으로 계산한 값과 거의 일치한다.

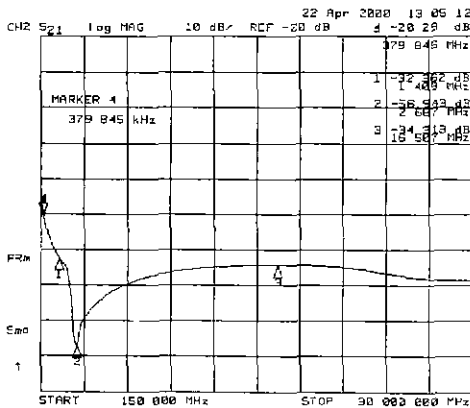


그림 9. 노이즈 감쇠 특성  
Fig. 9. Noise reduction characteristics

실험 결과로부터 간선의 인덕턴스와 캐패시터로 구성된 LC 필터는 전원선 방해파에 대하여 충분한 감쇠특성이 있음을 알 수 있었다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 과도전압과 전원선 방해파로부터 단위세대내의 가전기기를 보호할 목적으로 전자파 대응 단위세대 분전반을 설계·제작하였으며, 이론적 검토와 실험적 평가를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1 분전반내에 과도전압 차단장치를 설치함으로써 외부 과도전압에 대해 누전차단기의 전자회로를 보호하고 부하단으로 전달되는 과도전압을 차단할 수 있었으며, 3개의 바리스터로 회로를 구성하여 A-N, A-G, N-G 각 모드에 대해 확실한 보호동작이 가능하도록 하였다.

2 누전차단기와 과도전압 차단장치를 병렬로 설치함으로써 외부 과도전압에 대한 누전차단기 오동작 및 손상을 방지할 수 있어 누전차단기의 동작 신뢰성을 향상시킬 수 있었다.

3 전원선 방해파를 차단할 목적으로 분전반내 간선의 인덕턴스와 과도전압 차단장치에 내장된 캐패시터에 의해 LC 필터를 구성하였으며, 전원선 방해파(150 kHz ~ 30 MHz)에 대해 20[dB] 이상의 충분한 감쇠효과가 있음을 알 수 있었다.

4 과도전압 차단장치를 배선용 차단기의 형태로 제작하여 분전반의 구조변경 없이 설치할 수 있으며, 기존에 설치된 분전반에도 적용이 가능하다.

### 참 고 문 헌

- [1] S. B. Smith and R. B. Standler, "The Effects of Surges on Electric Appliances", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, pp. 1275~1282, 1992.
- [2] N. Kuwabara, H. Koga and T. Motomitsu, "A New Lightning Surge Test Circuit for Telecommunications Equipment in Japan", IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility, Vol. 30, No. 3, pp. 393~400, 1988.
- [3] K. C. Lai, W. J. Lee, W. V. Jaction, "Testing and Selecting Surge Suppressor for Low-Voltage AC Circuits", IEEE Trans. on Industrial Application, Vol. 26, No. 6, pp. 976~982, 1986.

[4] G. L. Skibinski, J. D. Thunes, "Effective Utilization of Surge Protection Devices", IEEE Trans. on Power delivery, Vol. 1A-22, No. 4, pp 641~652, 1986.  
 [5] IEC 61000-4-5, Surge immunity test, pp. 60~77, 1999.  
 [6] IEEE C62.41 IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuit, 1991.  
 [7] V. Prasad Kodali, "Engineering Electro-magnetic Compatibility", IEEE PRESS, pp. 139~158, 1998  
 [8] 建築電気設備常置専門委員会, "漏電しや遮断の動作信頼度とその向上策", 日本電気學會 技術報告, 第116号, 1981  
 [9] 度辺信公, "漏電検出特性を考慮した雷サージによる漏電遮断器吳動作の一検討", 日本電気學會 論文誌, B111卷 7号, pp 771~776, 1991.  
 [10] R. B. Standler, Protection of Electronic Circuit from Overvoltage. Wiley, pp. 133~145, 1988  
 [11] 電子通信學會編, "電子通信ハンドブック", 2-39 pp. 76~77, 1973  
 [12] 宇田川, "電磁氣學", オーム社, pp. 235, 1964  
 [13] Standard Handbook for Engineers, 11th ed. New York : McGraw-Hill, 1977

**송 재 용 (宋在鏞)**

1975년 1월 28일생 1997년 한국해양대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1999년~현재 (주)신동아전기 연구원. 1999년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

**이 종 혁 (李鐘赫)**

1973년 3월 17일생 1999년 한국해양대학교 전기공학과 졸업 1999년~현재 (주)신동아전기 연구원 1999년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정

**권 장 우 (權章禹)**

1968년 4월 15일생 1990년 인하대학교 전자공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1998년~현재 동명정보대학교 컴퓨터 공학과 조교수

**송 동 영 (宋東永)**

1954년 2월 15일생 1980년 인하대학교 금속공학과 졸업. 1980~1992년 포항제철 2000년~현재 한국해양대학교 대학원 석사과정. 1992년~현재 포항 1대학 자동차학과 전임교수

◇ 저자소개 ◇

**길 경 석 (吉暲碩)**

1962년 6월 30일생. 1984년 인하대학교 전기공학과 졸업 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년 4월~현재 한국해양대학교 전기공학과 조교수.