

인입선 Break-box 내의 EMC 대책용 필터 개발에 관한 연구

A Study on Development of EMC Filter for Power Line in Break-box

배대환* · 김동일** · 배재영**

Dae-Hwan Bae* · Dong-Il Kim** · Jae-Young Bae**

요 약

전자 산업 기술의 발달에 따라 인류는 많은 혜택을 누리고 있다. 그러나 전자제어기기 등이 고속화, 저전력화, 소형화됨에 따라 불요전자파에 민감하게 반응하여 시스템의 오동작, 손상 등의 많은 문제점을 야기시키고 있다. 특히 과도성 불요전자파는 광대역특성과 높은 상승 전압을 갖고 있어 그 대책이 어렵다.

따라서, 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 IEC에서 규정하고 있는 IEC 61000-4-4에 준하여 10 MHz~1.5 GHz대역에서 20~30 dB 이상의 감쇠 특성을 가지는 Break-box내의 EMC필터를 설계·제작하였다.

Abstract

Since the most of malfunctions in the industrial equipment controlled by processors is occurred by the Electrical Fast Transient(EFT), the International Electrotechnical Commission(IEC) prepared the dummy signal to test the immunity level of the equipments. In this paper, we designed a new EMC filter for power line in break-box, which consist of the feed-through capacitor and ferrite materials with high permeability which was wound or inserted in the second layer of the power cable in order to increase common mode inductance. We have obtained a excellent insertion loss characteristics over wide frequency band from 10 MHz up to 1.5 GHz. It is expected that the new EMC filter could be effectively used for industrial, MIL, and medical equipments to reduce a malfunctions and be suitable for IEC 61000-4-4.

I. 서 론

전자·정보 기기의 혁신적인 발달과 더불어 전자파환경에 대한 관심과 보호대책이 요구되고 있으며, 선진국의 전자파장해 규제 범위와 범규의 강화로 인해 또 다른 무역장벽의 고비를 맞게 되었다^[1]. 1970년부터 출발한 전자파환경대책의 관심과 연구는 그 동안 국제적으로 CISPR(국제무선장해특별위원회)나 미국의 FCC(미연방통신위원회)와 일본의

VCCI(정보처리장비 및 전자파장해자주 규제협의회) 및 유럽의 CENELEC(유럽 전자기술 표준화 위원회), C·E mark 등 까다로운 규정과 엄격한 시험을 통해 자국의 제품은 물론 수입 제품의 모든 전자 정보기기의 환경 평가를 실시하도록 하기에 이르렀다^[2].

우리나라에서도 1980년부터 꾸준히 준비하여 EMI(전자파장해)규제를 1996년 유럽연합에 이어 두 번째로 적용하였으며, 2000년 1월 EMS(전자파

*한국해양대학교 전자통신공학과(Dept. of Elec. & Communi. Engineering, Korea Maritime University)

**한국해양대학교 전파공학과(Dept. of Radio Sciences & Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20001021-121

· 수정완료일자 : 2000년 11월 28일

내성)를 시행하여 불요전자파 문제의 심각성을 알게 해 주고 있다. 많은 불요전자파 발생 요인 중 특히 프로세서 제어기기 및 전자·통신기기에서 오동작의 주요 원인은 과도전압(EFT)에 의한 것으로 알려져 있다. 국제전기기술위원회(IEC)에서는 EFT에 대한 내성을 평가하기 위해 의사적 신호를 규정하고 프로세서 제어기기 및 전자·통신기기의 내성을 시험하도록 권하고 있다^[2]. 따라서 본 논문의 목적은 인입선 Break-box 내의 EMC 대책용 필터를 개발하고, 기존의 대책법과 같이 전자·정보기기에 장착해서 대책하는 것이 아니라 가정 및 사무실, 공장의 옥내에서 전원 인입선 단자내에 장착하여 불요전자파가 없는 양질의 전원을 공급하며, 전자파 노이즈가 내부 또는 외부로 유출·입 되는 것을 방지하는데 목적이 있다. 또한, 설계·제작한 EMC 필터는 IEC 61000-4-4를 적용하여 10 MHz~1.5 GHz 대역에서 20~30 dB의 감쇠특성을 가지는 것이 확인되었다.

II. EFT의 특성

본 논문에서는 전자·정보기기에 대한 전기 안전법에 준하는 내압 시험, 방수 시험 및 절연 특성을 만족하는 인입선 Break-box 내의 EMC 대책용 필터를 설계하기 위하여 우선 오동작의 주요 원인인 EFT 신호를 분석하였다^{[3],[4]}. 일반적인 전자파장해는 방사된 노이즈가 공간을 통하여 오동작을 일으키는 것과 전도매체를 통하여 영향을 주는 경우가 다수를 차지하고 있다. 그러나 일반적으로 전도성에 의한 전자파장해는 발생원기기의 회로망적 구성과 사용 주파수, 공급 전원부 공간배치 등의 복합적인 요인에 의해 산발적 또는 일시적으로 빠르게 발생함으로 그 대책이 무엇보다도 어렵다^[5].

특히 많이 발생하는 과도현상은 표 1에서 보는 바와 같이 IEC 61000-4-4에 제시하고 있으며, 4단계로 구분하여 그 강도를 달리 적용한다.

EFT파형의 전압 $V(t)$ 는 식 (1)과 같으며, 그림 1과 같이 나타낼 수 있다^[3].

$$V(t) = A V_p \left(1 - e^{-\frac{t}{t_1}} \right) e^{-\frac{t}{t_2}} \quad (1)$$

표 1. EFT의 IEC 6100-4-4에 대한 시험 파라미터
Table 1. The test parameters for IEC 6100-4-4 for EFT.

$t_b=15ms, t_i=300ms, t_r=5ns, t_d=50ns$			
Level	Test voltage on power line(kV)	Test voltage on signal/data/control line(kV)	t_p μs .
1	0.5	0.25	200
2	1	0.5	200
3	2	1	400/200
4	4	2	400

Tolerance for t_b and t_i is 20%;
tolerance for t_r and t_d is 30%
Tolerance for test voltage is +10%;
tolerance for t_p is +20%

여기서, A는 상수, V_p 는 개방회로전압의 피크값, $t_1=3.5 ns, t_2=55.6 ns$ 이다.

그림 1에 나타낸 EFT 신호를 사용하여 근접공간에서 반복적인 과도전압을 용광적인 결합을 통해 주입하는 시험으로 장치류의 오동작에 대한 내성을 평가하기 위해 정해졌다. 위와 같은 EFT시험은 프로세서 제어기기가 계전기(Relay)나 스위칭 소자로부터 발생하는 연속적인 개·폐 서지에 대한 내성을 평가하기 위한 것으로, 프로세서에 의해 동작되는 자동화기기의 오동작과 상관관계가 깊다. 현재 규정된 신호레벨의 펄스 열과 반복주파수 등의 변경 요구에 대한 의견이 제시되어 있어 앞으로 일부 항목이 변경 또는 추가될 수 있다^[2].

III. EMC 필터의 제작 및 분석

종래의 노이즈필터를 삽입한 기기에서는 Level 2까지는 적용 기기가 50 % 정도 문제가 없었으나, Level 3 이상에서는 99 % 이상 견디지 못하여 제품이 오동작하거나 시스템이 동작하지 않는다. 더욱이 무선통신 기기나 승강기 제어장치 및 공장 자동화장치 등과 같이 시스템 및 인체의 안전과 깊은 관계가 있는 기기의 경우 앞으로 Level 3 이상까지 견딜 수 있도록 대책이 되어야 한다.

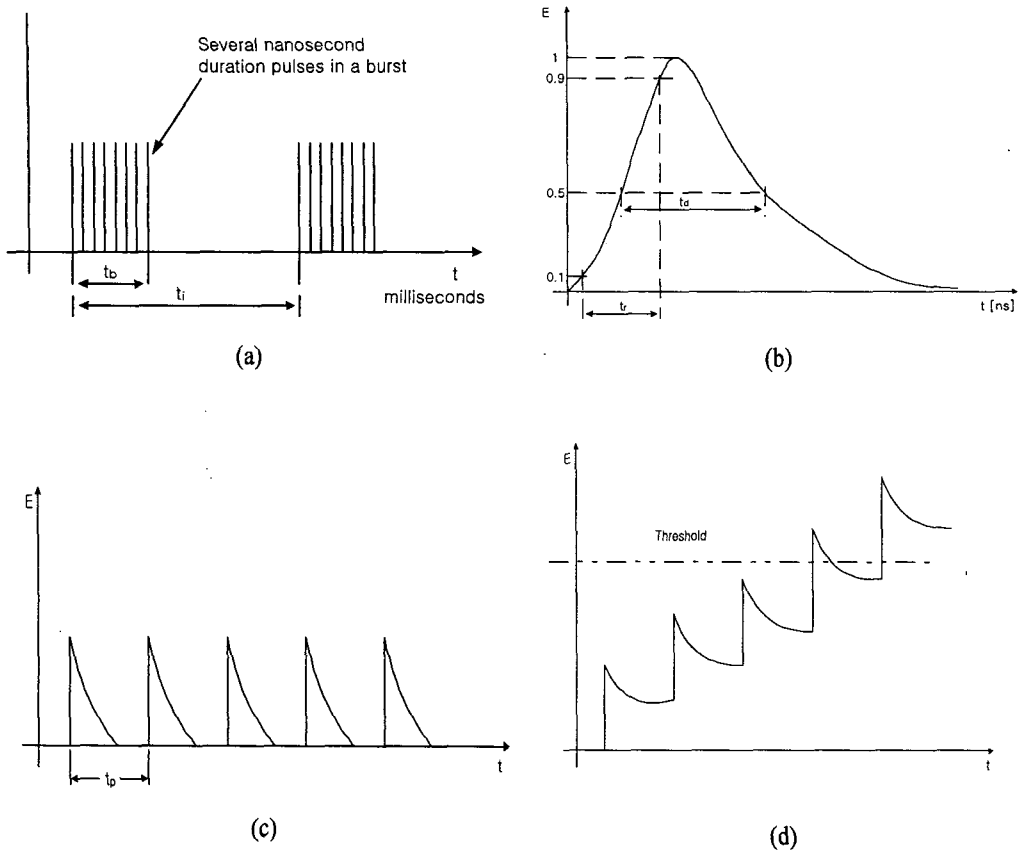


그림 1. 과도전압의 파형. (a) 펄스의 버스트, (b) 펄스의 단독 파형, (c) 버스트에서 펄스의 간격, (d) 전압의 box-car buildup (t_b , 버스트 지속기간; t_i , 버스트간격; t_p , 펄스간격; t_r , 펄스상승시간; t_d , 펄스 지속시간)
 Fig. 1. Waveform of electrical fast transients. (a) burst of pulses, (b) individual pulse in a pulse train, (c) pulse train in a burst, (d) box-car buildup of voltage. (t_b ; burst duration, t_i ; burst interval, t_p ; pulse interval, t_r ; pulse rise time, t_d ; pulse duration)

지금까지는 EFT의 대책방법은 페라이트 비드와 Isolation Trans.를 전원의 입력단에 부착하여 내성을 강화시켜 왔다. 그러나, 페라이트 비드만으로는 광대역 범위에서 대책이 어려우며, Isolation Trans.의 경우 고가이고, 무거우며 부피가 큰 결점을 가지고 있다^{[2],[4]}. 따라서 인입선 Break-box 내의 EMC 대책용 필터를 사용하면 광대역 범위에 적용 가능하며, 저가로 양호한 특성을 얻을 수 있다. 그러나 페라이트 비드와 콘덴서로 구성되는 EMC 필터를 실제 기기에 적용 할 때에는 충분히 고려해야 하며, 전원 및 부하임피던스에 따른 Filter의 특성변화를 정확하게 분석해야 한다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서

는 필터의 구성 소자로서 공진점이 없는 관통형 콘덴서와 페라이트 비드를 사용하여 EMC 필터를 그림 2와 같이 설계하였다. 인입선 Break-box내의 규정 전류가 30, 50 A이므로 이에 맞는 관통형 콘덴서와 NiZn계 페라이트 비드(초투자율 2000)를 선정하여 그림 3의 사진과 같이 제작하였다.

측정 및 분석은 다음과 같이 두 가지로 나누어 실행하였다. 첫째, 그림 4와 같이 Network Analyzer (Hp 8753D)를 사용하여 EMC필터의 CommonMode와 Differential-Mode에 대한 주파수특성을 분석한 결과, 그림 5, 6에서 보는 바와 같이 10 MHz~1.5 GHz대역에서 25 dB~40 dB의 우수한 감쇠특성을 나타내었다.

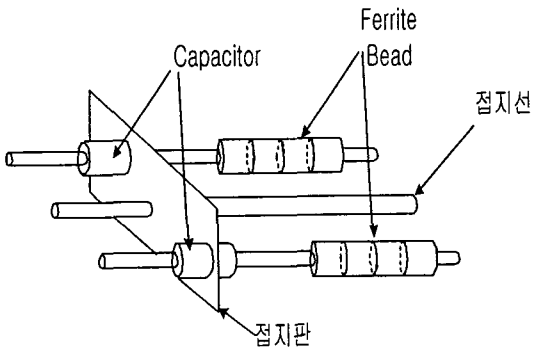


그림 2. 인입선 break-box내에 EMC필터의 구성도
 Fig. 2. Construction of EMC filter in the indoor power line break-box.

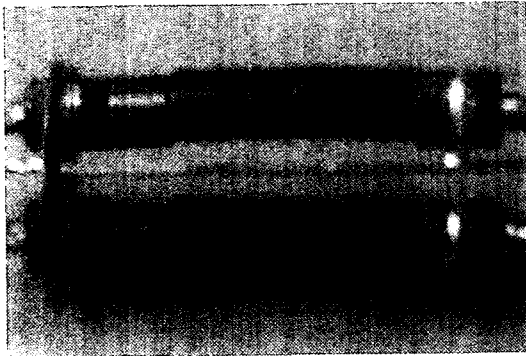


그림 3. 제작된 인입선 break-box내에 EMC필터의 사진
 Fig. 3. The photograph of the fabricated EMC.

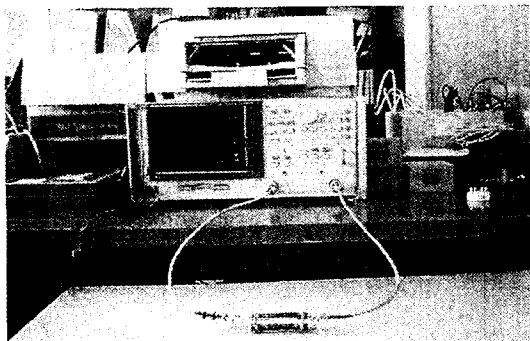


그림 4. EMC필터의 주파수특성 분석 사진
 Fig. 4. Setup to analyze the frequency characteristics of EMC filter.

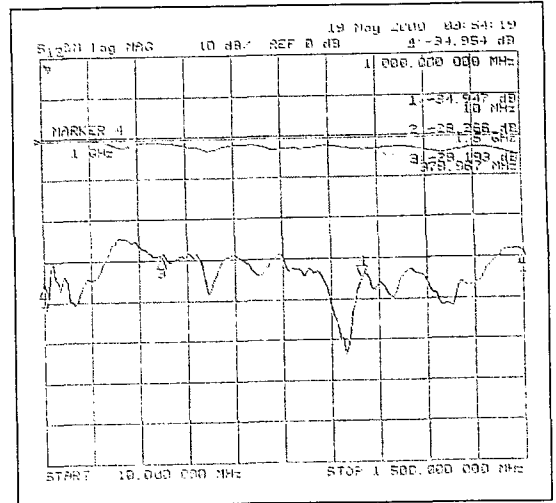


그림 5. EMC필터의 Common-Mode 특성 측정결과
 Fig. 5. The measured results for Common-Mode characteristics of the EMC filter.

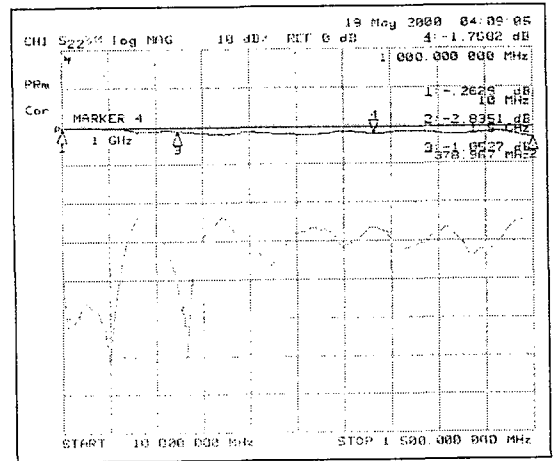


그림 6. EMC필터의 Differential-Mode 특성 측정결과
 Fig. 6. The measured result for Differential-Mode characteristics of the EMC filter.

둘째로 IEC에서 규정하고 있는 전자파내성 항목 중 IEC 61000-4-4(과도전압)를 그림 7과 같이 EMC Analyzer(HP8591EM)와 Burst-Generator(SFT4000)로 구성하여 측정하였으며, 분석범위를 Level 2~Level 4까지 적용하여 내성을 분석하였다.

측정 결과 그림 8~10에 나타낸 바와 같이 10

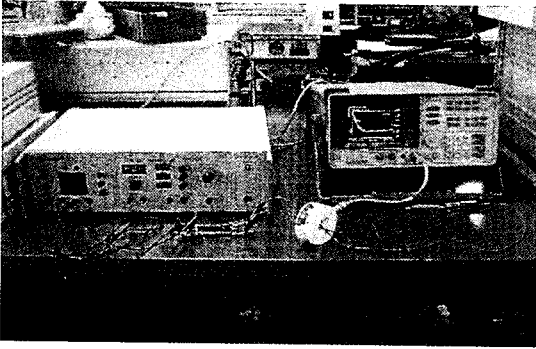


그림 7. IEC 61000-4-4에 의한 EMC필터의 분석 사진

Fig. 7. Setup to analyze the EMC filter for IEC 6100-4-4.

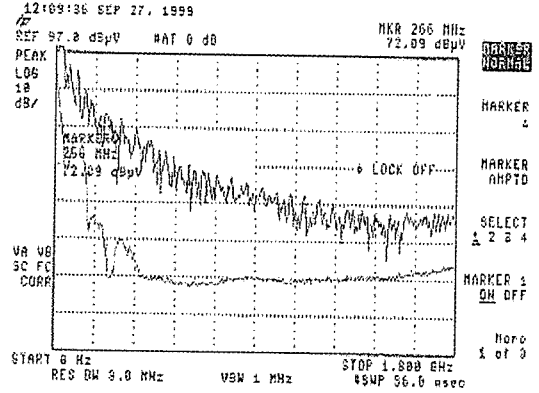


그림 10. IEC 61000-4-4에서 Level 4인가시 결과
Fig. 10. The measured result for test of Level 4 in IEC 61000-4-4.

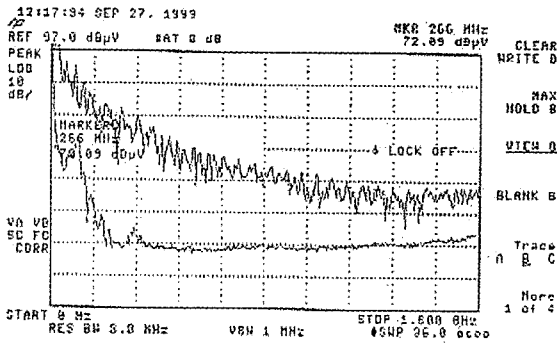


그림 8. IEC 61000-4-4에서 Level 2인가 시 결과
Fig. 8. The measured result for test of Level 2 in IEC 61000-4-4.

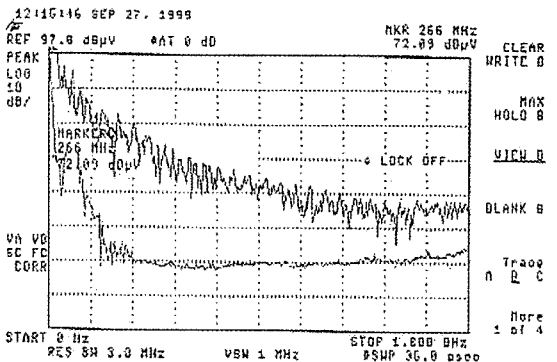


그림 9. IEC 61000-4-4에서 Level 3인가 시 결과
Fig. 9. The measured result for test of Level 3 in IEC 61000-4-4.

MHz~1.8 GHz대역에서 25~30 dB의 우수한 감쇠 특성을 얻을 수 있었다.

IV. 결 론

인입선 Break-box내의 EMC 대책용 필터를 공진점이 없는 관통형 콘덴서와 페라이트 비드를 사용하여 설계하였다. 이 필터는 EFT 신호의 넓은 주파수 대역에서 매우 우수한 감쇠 특성을 가지는 것으로서, 기존의 대책용 필터와는 다르게 특히 IEC 61000-4-4에 대하여 뛰어난 특성을 나타내었으며, 10 MHz~1.8 GHz의 광대역에서 20~30 dB 이상의 노이즈 감쇠효과를 나타내었다.

제안한 EMC필터는 응용범위는 산업용 설비는 물론 군용기기, 의료기기 등에 적용될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라, 회로의 응용방법에 따라 EFT외에 IEC 61000-4-2, 3, 5, 6 등의 모든 내성시험 항목에서 우수한 효과가 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Henry W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, John Wiley & Sons, pp. 137-157, 1988.
- [2] 김형근, 배대환, 민경찬, 김동일, "EMC대책용 전원케이블의 개발", 한국통신학회·대한전자

공학회 부산·경남지부 춘계학술발표회 논문
집, pp. 107-113, 1995. 6.

[3] V. Prasad Kodali, *Engineering Electromagnetic
compatibility*, IEEE PRESS, pp. 171-176, 1996.

[4] Richard Lee Ozenbaugh, *Emi Filter Design*,
Marcel Dekker, Inc., pp. 56-100, 1996.

[5] Shunji Satoh, Toshiki Shimasaki, Masatoshi
Komatsu, Hideki Yaegashi, Shigeki Kirino,
“EMI Reduction techno-logies for Transmission
Equipments”, *NEC技報* vol. 5, no. 6, pp. 36-41,
1998.

배 대 환



1968년 5월 8일생
1995년 2월: 부경대학교 제어계측
공학과(공학사)
1997년 8월: 한국해양대학교 전자
통신공학과(공학석사)
1998년 2월~2001년 2월: 한국해
양대학교 전자통신공학과 박사

과정 수료

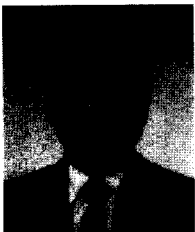
[주 관심분야] EMI/EMC 분석 및 대책, 전자장 수치해석,
M/W회로 설계

배 재 영



1976년 11월 21일 생
2000년 2월 19일: 경산대학교 물리
학과(이학사)
2000년 9월~현재: 한국해양대학
교 대학원 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] EMI/EMC분석 및
대책

김 동 일



1952년 2월 26일생
1975년 2월: 한국해양대학교 항해
학과(공학사)
1977년 2월: 한국해양대학교 대학
원 전파공학전공(공학석사)
1984년 3월: 일본 동경공업대학원
전기전자공학과(공학박사)

1975년 3월~1993년 9월: 한국해양대학교 조교~부교수

1993년 10월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 교수

1990년 3월 10일: 산학협동상 대상 수상

1993년 12월 11일: 본 학회 학술상 수상

1995년 4월 21일: 과학기술진흥 대통령 표창 수상

1998년 9월 30일: 한국항해학회 우수논문상 수상

[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계,
CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발,
EMI/EMC 대책 등