

산업체 기고문

IEC 61000-4 시리즈(EMS)의 문제점과 오동작간의 관계분석

민 경 찬

한국기술연구소
/한국해양대

요 약

불요전자파, EMI의 규제 목적은 공중통신에 할당된 주파수를 보호하고 저전압 고속으로 동작하는 자동화 기기 즉 프로세서 제어기기의 오동작을 방지하기 위해 실시된다. 이에 반해 전자파 내성시험, EMS는 전기전자 기기가 각종 전자기적인 환경에 대해 얼마만큼 견딜 수 있는나 혹은 오동작을 방지하기 위해 평가하게 된다. EMI 관련규정의 경우 오래전부터 연구 개량되어 일부 계측기 제조업체에서 장비판매를 목적으로 불필요한 규정을 만드는 것을 제외하고 큰 문제가 없다. 전자파 내성시험의 경우 어떤 경우이든 현장에서 발생하는 각종 오동작을 방지할 수 있는 시험항목과 시험레벨이 적용되어 평가되어야 한다.

본 고에서는 현용 IEC 61000-4-시리즈 내성시험항목과 적용 시험레벨의 문제점과 자동화 설비의 오동작간 상관관계에 대해 분석하여 기술한다.

I. 서 론

현용 전자파 내성시험의 국제규격인 IEC 61000-4 시리즈는 정전기 내성, 공간 전자파에 대한 내성, 전도적으로 도래되는 개폐성 고속 반복서지에 대한 내성, 낙뢰서지에 대한 내성, 150 kHz~80 MHz 대역의 전도성 잡음에 대한 내성 등이 현재 주로 적용되는

시험항목이고 60 Hz 교류자장에 대한 내성, 감쇠진동형 서지에 대한 내성, 전원의 순단이나 전압변동에 대한 내성이 있으며, 최근에 제정된 상용전원 주파수에 대한 저차수 하모닉에 대한 내성시험이 있다. 이들 각각의 시험규정에 대한 문제점을 현장에서 발생하는 설비의 오동작과 대응시켜 살펴보자. 정전기 시험의 경우 해당시험에 대해 오랫동안 개량 개선되어 정전기 발생장치의 교정에 어려움이 있는 것을 제외하고 큰 문제점이 없다.

공간 전자파에 대한 방사내성시험의 경우 균등장 조건에서 일반적으로 거의 모든 시료는 금속으로 차폐되어 있어 주로 전원선과 I/O선을 통해 시료에 유도되어 오동작을 일으키는데 대부분 전원선과 신호선이 균등장 면적외에 위치하여 측정 불확도를 높일 수 있다.

또한 방사내성 시험중에 측정시료의 상태를 주로 광CCD카메라를 통해 외부에서 시료의 상태를 감시하는데 있어 측정시간이 길고 시료의 fail 정도가 정확하게 정량화되지 않아 시험자마다 측정결과가 다르게 나올 수 있다.

전원선과 신호선을 통해 유입되는 고속반복성 서지에 대한 내성시험의 경우 본론에서 자세히 언급하겠지만 자동화 기기의 오동작 발생 유무를 실험실에서 평가할 수 있는 가장 중요한 시험인데 IEC 61000-4-4에 규정된 시험레벨과 측정시료 합부판정 방법에 문제가 있다. 서지시험의 경우 시험실에서

국제규격에 따라 합격되었다고 해도 실제 낙뢰가 유입되면 단 1회에 과전압 보호소자가 타버리는 현상이 발생된다.

기타 전도내성, 자계내성시험, 감쇠진동 서지, 전압변동 등의 내성시험은 현재까지는 별다른 문제점이 없다. 2002년도 비교적 최근에 확정된 IEC 61000-4-13, 하모닉 내성시험은 프로세서 제어기기의 오동작평가와 매우 밀접한 관계가 있는 매우 좋은 시험이다.

단, 하모닉 내성시험은 전원에 대해서만 하도록 규정되어 있어, 신호나 제어선을 유입되는 하모닉이나 스피리어스 신호에 대한 내성시험 항목으로 규정되어 있지 않다.

현용 IEC 61000-4-시리즈, 전자파 내성시험의 종류별 규격상 문제점을 요약하면 <표 1>과 같다.

II. 본 론

2-1 IEC 61000-4시리즈의 문제점에 대한 대책

정전기 발생장치의 교정은 최근에는 샘플링비가

높고 속도가 매우 빠른 오실로스코프가 개발되어 장비제조업체에서 주어진 교정방법에 따라 교정하면 해결된다.

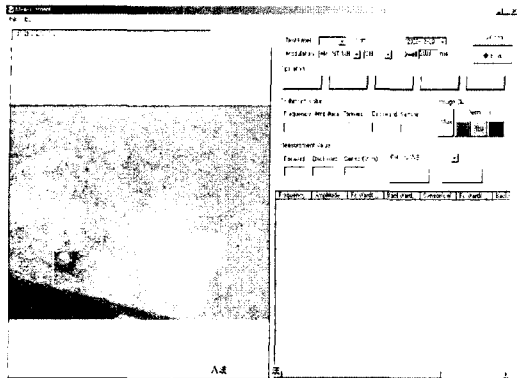
방사내성 시험의 경우 균등장 조건을 테이블 하단까지 확장시키고, 응답속도가 빠르고 불확도가 낮은 Field sensor의 개발이 요청된다. 또한 정성적으로 시료의 상태를 판단하게 하는 기존 방법을 수학적인 통계이론을 도입한 정량적 자동판단 방법을 도입할 필요가 있다.

정량적인 판단방법의 예를 들면 영상의 경우 반드시 Zoom 기능이 있는 카메라를 사용해야 하며 RGB 값을 Check sum하여 전자파를 인가하기 전값을 단위시간동안 Max hold시켜 기준값으로 설정하고, 전자파를 인가한 후값과 비교하여 기준값에 영상의 변화가 2%, 5%, 7% 등의 정량화된 값 이내에 들면 합격이고 이상이면 불합격으로 자동으로 판단하는 기능을 내장시키면 해결될 것이다. 만일 스위칭 전원과 같이 전압, 전류, 전력, 저항, 온도, 주파수 등 전기적인 파라메타로서 시료의 합부판정을 해야 되는 경우에도 기준값에 대한 시험중 변위값을 정량

<표 1> IEC 61000-4 시리즈의 문제점

시험명칭	IEC	적용상 문제점	오동작 평가*
정전기 내성시험 (ESD)	IEC 61000-4-2	- 정전기 발생장치의 교정이 까다로움	
방사내성 (RS)	IEC 61000-4-3	- 균등장 조건 - Field sensor의 불확도가 높다. - 시험중 측정시료의 합부판정기준이 정성적으로 되어 있다.	높은 편입
고속 반복 서지 (EFT)	IEC 61000-4-4	- 시험레벨의 부적합 - 시험 주파수, 전압의 변경 가능성 내재	매우 높음
서지 (Surge)	IEC 61000-4-5	- 시험전압에 대한 오해 - 시험전류의 문제 - 과전압 보호소자의 Burn out	높은 편입
하모닉 내성 (Harmonics Immunity)	IEC 61000-4-13	- 신호선에는 평가하지 않도록 되어 있으나 전력선의 저차수 하모닉과 스피리어스가 인접 제어선에 유도되어 오동작을 일으키는 사례 발생	매우 높음

* 오동작 평가란 IEC에서 정한 전자파 내성시험과 현장에서 발생하는 오동작과 상관관계를 말한다.



[그림 1] KTI가 개발한 Intelligent RS test system의 영상판단 주화면

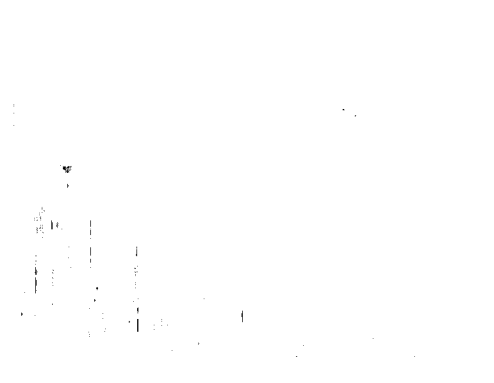
적으로 비교판단하는 기능을 내장시킨 S/W 혹은 시험장비의 도입이 요구된다. 한국기술연구소에서는 위와 같은 기능을 내장한 방사내성장비와 S/W를 개발하여 판매하고 있는데 이에 대한 Main 화면의 구성은 [그림 1]과 같다.

고속반복서지, EFT 시험의 문제점은 시험레벨이 IEC 61000-4-4에 너무 낮게 책정되었다는 것이다. 필자가 실제로 선박에서 반복되는 개폐서지를 현장 측정해 보고, 릴레이를 반복적으로 개폐시켜 측정해보면 최악의 경우 EFT LEVEL 3(전원의 경우 2 kV)에 해당되는 스펙트럼이 혼하게 측정된다. 또한 EFT LEVEL 2에 해당되는 1 kV의 EFT시험에 합격된 기기는 현장에서 인접 전원 스위치만 개폐시켜도 오동작을 일으킨다. 따라서 1 kV 미만의 시험은 시험할 필요가 전혀 없으며, 현장에서 빈번히 발생하는 LEVEL 3(전원의 경우 2 kV)에 대한 내성마진을 갖

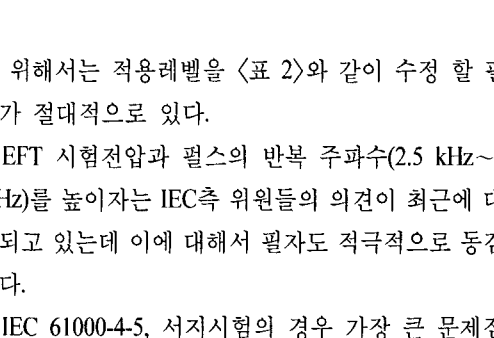
<표 2> 필자가 제안하는 EFT 시험레벨 변경 개선안

	현 IEC61000-4-4	개선안	비고
level 1	0.5 kV	1 kV	100 % 오동작
level 2	1 kV	2 kV	현장 발생 레벨
level 3	2 kV	3 kV	최소 요구레벨
level 4	4 kV	4 kV	산업용 기기

[그림 2] IEC 61000-4-4 LEVEL 2/LEVEL4의 스펙트럼 분포



[그림 3] 릴레이를 반복적으로 개폐시켰을 때 스펙트럼 분포(Start 100 kHz~Stop 500 MHz)



기 위해서는 적용레벨을 <표 2>와 같이 수정 할 필요가 절대적으로 있다.

EFT 시험전압과 펄스의 반복 주파수(2.5 kHz~1 MHz)를 높이는 IEC측 위원들의 의견이 최근에 대두되고 있는데 이에 대해서 필자도 적극적으로 동참한다.

IEC 61000-4-5, 서지시험의 경우 가장 큰 문제점은 서지의 전류량이 낮아 어떤 기기에 과전압 보호소자를 취부하고 시험실에서 서지시험에 합격한 장비에 실제 낙뢰가 유입되면 100 % 과전압 보호소자가 타버리는 문제가 발생된다. 물론 시험실에서는 과전압 보호소자가 타는 경우는 없다. 또한 서지의

경우 서지전압이 높을수록 내성이 강할 것이라는 생각을 갖게 될 텐데 전혀 잘못된 생각이다. 과전압 보호소자는 서지전압이 높을수록 더욱 정확하게 동작하는 특성을 갖고 있다. 오히려 과전압 보호소자의 방전전압의 설정이 동작전압의 2~2.5배 전압으로 선택되므로 오히려 낮은 전압 즉, 과전압 보호소자가 동작하지 않을 수 있는 전압에서 부품이 손상될 확률이 높다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 전류내량을 현용 IEC 61000-4-5에서 규정한 전류량보다 10배 이상 높여 일본의 국가표준인 JASO Surge와 같은 시험파형으로 교체할 필요가 절대적으로 요구된다.

비교적 최근에 제정된 IEC 61000-4-13, 저차수 하모닉 및 스퓨리어스 내성시험의 경우 시험을 전원포트에만 시험하도록 되어 있는데, 산업용 기기에는 신호선까지 내성시험이 이루어지도록 개정될 필요가 있다. 하모닉 내성시험은 전도내성시험이 주로 150 kHz부터 시험되는데 반해 그 이하 전원 상전주파수의 40차 고조파까지 시험하도록 되어 있다.

이에 대한 필요성은 최근에 필자가 H 중공업 대형 크레인의 전자파 오동작 대책관련 용역을 수행중 밝혀진 내용으로 SCR을 이용한 전력변환기에서 발생된 저차수 하모닉이 신호선과 인접배선되어 오동작을 일으키는 것을 확인할 수 있었다.

2-2 전자파 내성시험과 현장에서 발생하는 오동작간의 관계 분석

IEC 시험 항목을 분석해 보면 EFT와 하모닉 내성을 제외한 오동작 원인은 현장을 방문하여 원인조사를 해보면 즉시 인과관계를 파악할 수 있어 대응하기가 쉽다. 예를 들어 회전체가 있고, 건조한 환경에서 시스템이 오동작을 일으키면 정전기에 의한 원인으로 유추할 수 있고, 외부 무전기의 사용으로 오동작하면 방사내성이 원인이며, 낙뢰가 유입되어 신호의 입력단에 손상을 주었다면 낙뢰에 의한 원인으로

추정할 수 있어 전자파에 대한 경험이 충분하지 않은 분들도 원인파악이 용이하다.

반면에 현장에서 발생하는 오동작중 시변성이 높고 오동작의 재현성이 없는 경우와 같이 정확한 원인파악이 어려운 경우가 많은데 이런 경우 어떠한 내성시험을 실시하여 원인을 유추해 낼 수 있을까? 다시 말해 시험실이나 현장에서 어떻게 해당기기를 의도적으로 오동작시키고 대책을 세우는가 하는 것은 상당히 중요한 의미를 가지며 나름대로 Know-how이다.

필자의 경우 지금까지 오동작을 일으키는 기기에 EFT시험을 전원과 I/O에 실시하여 평가하였고 틀리는 경우는 전혀 없었다. 예를 들어 <표 2>와 같이 전원에 EFT 시험전압레벨을 변경하면서 해당기기의 오동작 상태를 파악하면 틀림없이 찾아진다.

예를 들어 어떤 기기가 EFT 인가전압 1 kV 미만에서 실험실에서 측정하여 오동작을 일으키면 현장에 출하되면 100 % 오동작을 일으킨다. 기기가 일반 가정용 사용 환경에서는 사용되는 경우 전원에 인가하여 최소 2 kV 이상을 견뎌야 판매후 오동작 확률이 낮다.

일반 경공업환경에서는 적어도 EFT 3 kV를 견뎌야 오동작 확률이 낮고, 중공업 환경에서는 마진을 고려하여 EFT LEVEL 4에 해당되는 4 kV에 내성을 갖고 있어야 한다.

EFT시험에 의한 오동작 평가뿐만 아니라 IEC 61000-4-13으로 제정된 하모닉/스푸리어스 내성시험도 아주 좋은 평가방법이 될 수 있다.

Ⅲ. 결 론

본 고의 목적은 국내에서 시행되고 있는 전자파 내성시험의 국제규격인 IEC 61000-4시리즈의 문제점을 분석하고 이에 대한 각각의 대책을 제시하였으며, 전자파 내성시험 항목과 현장에서 발생하는 오

동작간의 관계를 부분적으로 분석하고 시험실에서 평가방법을 제시하였다. 물론 자동화기기의 오동작 원인을 분석해 보면 겉으로 보기에는 전자파에 의한 것으로 추정되다 실제 원인을 찾아보면 S/W적인 경우도 많고, 접지를 잘못하여 발생하는 경우, 통신 선로상에 임피던스 부정합에 의한 원인 등 여러 가지 경우가 많다. 어떤 경우이든 회로 설계경험을 토대로 정밀하게 분석하고 해석하면 발생원을 정확하게 찾아 낼 수 있고 원인을 찾아야 정확한 대책방법을 제시 할 수 있다.

시스템의 오동작이 D. R. J White씨의 말처럼 최소 229 정도 전자기적인 경우에 수가 있다고 해도, 필자에게 의뢰된 수백건의 전자파에 의한 자동화 기기의 오동작은 100 % 해결되었다. 전자파에 의한 오동작을 진단하고 대책을 수립하기 위해서는 전자파 내성시험의 목적을 정확하게 이해하고, 회로에 대한 충분한 이해가 선행되어야 하며, 접지에 대해 철저한 물리적 이해가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 민경찬, "전자파 내성시험에 관한 연구", 한국해양대학교 박사학위 논문, 1996년 2월.
- [2] 민경찬, 전자파(EMC) 환경공학, 제10장, 2003년 9월.
- [3] 민경찬, "IEC 61000-4-4 EFT시험레벨 개정 제안", '99 EMC 기술기준 워크샵, 전파연구소, 1999년 12월 17일.
- [4] 민경찬, 차세대 원자로 안전규제기술개발, 한국원자력 안전기술원, 2001년 2월.
- [5] EPRI, *Guidelines for Electromagnetic Interference Testing in Power Plants*, Jan. 1. 1997.
- [6] 민경찬, 임준석, 임재열, "선박용 프로세서 제어설비의 전자파 내성 시험 규격(IACS) 개선에 관한 연구", 한국항해학회지, 24(6), 통권62호, 1993년.
- [7] 민경찬, 서대원, "Relay 개폐서지가 Processor control equipments에 미치는 영향에 관한 연구", 1998 추계 학술논문, 한국산업안전학회, 1998년.

≡ 필자소개 ≡

민 경 찬



1979년 2월: 광운대학교 통신공학과 (공학사)

1983년 8월: 경희대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1996년 2월: 한국해양대학교 대학원 전자통신학과 (공학박사)

2003년 9월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 겸임교수

2003년 9월~현재: 한국기술연구소 소장/대표이사

[주 관심분야] 전자파(EMC) Engineering, Mobile phone 및 GHz measurement