

선박용 프로세서 제어설비의 전자파 내성 시험규격(IACS) 개선안에 관한 연구

임재열* · 임준석* · 민경찬**

A Study on the Improving Proposals of the IACS's EMS Test Requirments for
the Micro Processor Control Equipments of the Commercial Ship

Jae-Yeal Lim · Jun-Seok Lim* · Gyung-Chan Min***

〈목 차〉	
1. 서론	2.3 IACS E-10규정과 선박내 잡음 발생 레벨간의 상관관계
2. IACS의 문제점 및 개선 방향	3. 결 론
2.1 선박내 제어기기의 오동작 사례 및 전자파 발생량 측정	참고문헌
2.2 각종 오동작을 일으키는 잡음원의 측정과 분석	

Abstract

A recently constructed commercial ship is a complex integrated system like a small city in which has a generator, power distributing facilities, various radio equipments and high power circuit breakers are installed. Therefore it could make a malfunction of the microprocessor in the various control units which are so important during the ocean voyage of larger ship. This paper has studied whether is properly required or not on the view of the actual electro magnetic compatibility status on the electromagnetic interference and suceptibility test requirments listed on the IACS (International Association of the Classification Society). Through these results, we are looking forward to the new suggestions of the Electro Magnetic Compatibility test in order to reduce the malfunction in the ship regarding test item, test level, and test condition.

* 현대중공업 마북리연구소

** 한국기술연구소

1. 서 론

선박에 적용하는 전자파 적합성 시험(EMC)은 IACS E-10에 정해진 시험규정을 적용한다. IACS 전자파 적합성 시험규정은 기본적으로 EMI의 경우 CISPR 22를 적용하되 GPS시스템의 경우오동작을 방지하기 위해 156MHz-165MHz대역에서 IF band 9kHz로 24dB로 제한하고있어 이대역에서는 MIL STD 461D보다 제한값이 낮다.

EMS 시험의 경우 IEC 1000-4시리즈를 기본적으로 적용한다. 다른 것은 선박내 유도성 기기가 많아 상용 전원 주파수의 저차수 고조파 발생이 크므로 전원 주파수의 저차수 하모닉에 대한 내성을 별도로 시험하도록 요구하고 있다.

선박에 적용하는 전자파 적합성 시험규정으로 IACS에서 요구하는 시험항목과 적용레벨의 문제점으로는 다음과 같은 것이 있다

- IACS E-10 No.14(RS)의 문제점과 대안
- IACS E-10 No. 17(EFT)의 문제점과 대안
- IACS E-10 No.18(Surge)의 문제점과 대안
- 모니터류에 대한 교류자장 내성시험의 추가제안(IEC 1000- 4-8 ,MF)
- 전원순단,변동에 대한 내성평가에 대한 추가 제안(IEC 1000-4 -11, Dip. & Int.)
- 선급 취득일자의 적용문제

선박의 선급시험에 전자파 적합성 시험규정을 적용하는 목적은 선박내 각종 제어기기에 내장된 프로세서의 오동작을 방지하고 선박내 설치된 의도무선기기의 무선통신에 영향을 주지 않기 위해 시험된다.

따라서 선박에 대한 전자파 적합성 시험항목과 시험레벨은 위 목적을 만족시키는 시험항목과 시험레벨이 되어야 한다.

본고에서는 선박에서 발생하는 전자파량을 정밀 측정하여 현재 적용하고 있는 IACS의 전자파 적합성시험의 적합성을 평가하기 위해 선박내 제어기기의 오동작 사례와 발생하는 전자파량을 측정하여 IACS 시험레벨과 정량적,정성적으로 비교평가하여 선박용 제어기기의 오동작을 방지하고 측

정의 재현성을 높이는 새로운 대안을 제시하고자 한다.

2. IACS의 문제점 및 개선방안

2.1 선박내 제어기기의 오동작 사례 및 전자파 발생량 측정¹⁾

과거 선박은 거의 기계적으로 제어되어 제어상 기계적인 고장을 제외하고 오동작을 하지 않았으나, 최근에 건조되는 모든 선박의 제어는 프로세서를 내장시켜 프로그램적으로 제어하게 되어있다. 거의 모든 기능이 자동화 되어 선박운용상 편익과 필요 승선인원을 줄이는 등 순기능을 제공하고 있지만, 프로세서 내장기기의 오동작 발생은 저전압 동작기기의 역기능으로 함께 존재하게 되었다.

선박내 제어기기의 오동작 유형의 수집은 조선소 각각의 대외비에 해당되어 수집에 한계가 있었으나 그동안 수집된 내용으로 1)CRT로 된 표시장치가 상용 교류자장의 영향을 받아 모니터가 흔들리거나 색조가 변하는 현상과 2)프로세서를 내장한 여러가지의 선박용 제어기기가 오동작을 일으키는 현상 3)조타기가 의도 무선기기에 의해 오동작하여 선박의 자동제어에 상당한 어려움을 주고 있는 현상이 발생하고 있었다.

프로세서 내장기기의 오동작 원인을 규명하기 위한 정밀 측정은 4차에 걸쳐 실시하였다. 1차는 건조된 선박의 오동작 현상을 선박이 정지된 상태에서 실사 및 측정하고, 2차는 해당 오동작 기기를 실험실 내에서 IACS에서 정해진 규정에 따라 별도로 시험하여 오동작 원인과 대책²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾을 실시하였으며, 3차는 선박에 설치하기 전에 조선소에서 시험하는 과정에서 오동작 상태를 재현시켜 오동작의 상관관계와 주요 오동작원의 전자파량을 측정하였다. 4차는 건조된 선박의 시운전 항해중에 오동작 발생원의 전자파량을 정밀측정하여 정량적, 정성적으로 분석하였고 각종 의도 무선기기의 전자파를 측정하였다. 측정결과 선박내 프로세서 제어기기의 오동작을 일으키는 잡음원으로는 각종 유도성 부하를 개폐시키는 스위치, 의도 무선기기,

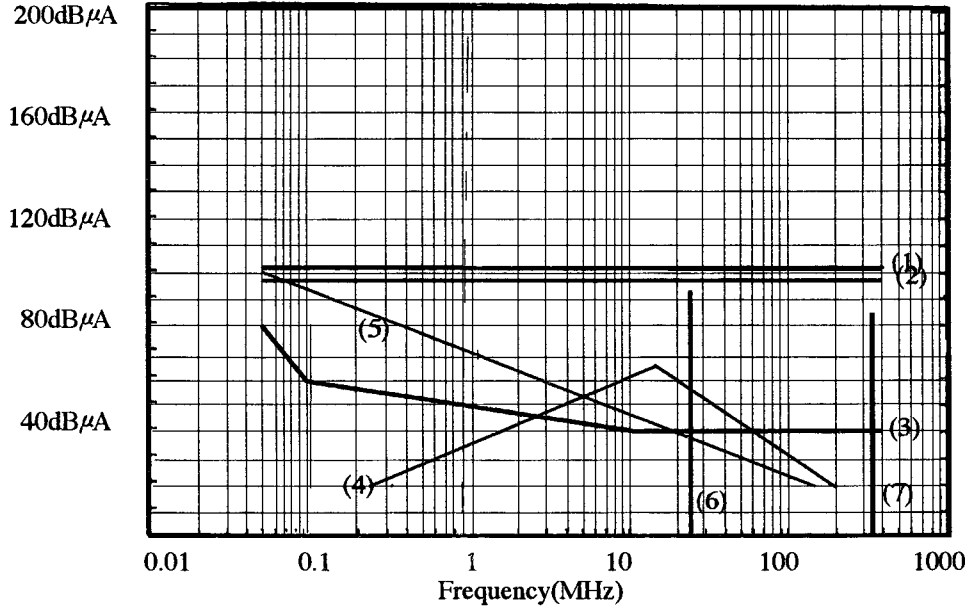


그림 1. 선박내 전자파 검출레벨과 EPRI 권고값과의 비교

대전류원 등이 있고 결합에 의한 오동작용으로 컨슬내 전원선과 신호선의 배선방법, 프로세서의 전압검출 회로 등이오동작의 주요원인 이었다.

2.2 각종 오동작을 일으키는 잡음원의 잡음량 측정 분석

선박내 프로세서의 오동작을 일으킬 확율이 높은 전도성 잡음원을 대상으로 측정분석하였는데 측정 한 결과 다음 그림1과 같은 분포를 하고 있었다. 주요 측정결과를 EPRI(미국 전력연구원) TR 102323-R1의 권고값⁸⁾⁹⁾과 비교하여 문제되는 오동작 발생원을 유추해 냈다. 그림1의 직선 (1)은 선박용 기기에 요구하는 전자파 내성 요구 한계값 103dB μ A(EFT level 3, CS10V)이고 직선(2)는 선박내 기기 설치후 운용중인 상태에서 허용되는 잡음한계값 97dB μ A이다. 곡선(3)은 선박용 단일 기기에서 발생하는 EMI중 CE 제한값이다. 곡선 (4)는 엔진 제어실내 대형모터 개폐시 발생하는 전도 잡음의 최대값 누적분포이며 직선(5)는 발전기 거버너 개폐시 발생하는 전도잡음의 누적분포이다.

전도성 잡음세력중 가장 큰 것은 발전기 거버너 ON/OFF시 발생하는 잡음으로 IACS E-10 No.17을 넘는 수준으로 해당 규격의 적용에 문제점으로 지적된다.

의도 무선기기에 의한 오동작 가능성으로 엔진룸 상단에서 그림1의 직선(7)과 같이 25MHz대역의 경우 91.22dBuV/m가 측정되고 있어 의도 무선기기의 수신전계 값이 직선(2)에 6dB정도의 마진밖에 확보되지 못하고 있기때문에 의도 무선기기에 의한 오동작을 일으킬 수 있는 레벨이다. 또한 브리지에서 16.57MHz의 의도무선기의 수신레벨을 측정 한 결과 그림1의 직선(6)과 같이 82.82dBuV/m로 예민한 전자기기에 오동작을 일으킬 수 있는 레벨이다. 실제로 휴대용 의도무선기기를 기기에 근접시켜 사용할 때 선박에서 오동작이 발생하고 있었다.

2.3 IACS E10규정과 선박내 잡음 발생레벨간의 상관관계

앞서 언급하였듯이 선박내 가장 큰 잡음원으로는 계전기 개폐에 의한 잡음이 가장 크고 주파수 대역이

넓다. 따라서 선박에서 오동작을 일으키는 기기를 대상으로 IACS E-10 No.17(IEC 1000-4-4,EFT)로 시험실에서 평가해 보고 적용레벨의 적합성을 평가하였다.

선박에서 오동작을 일으키는 기기를 대상으로 EFT를 인가하여 시험한 결과 전원선의 경우 대략 500V에서 오동작을 일으켰다.

선박용 모니터의 경우 비록 선급을 취득한 제품을 사용하였으나 A조선소에서 건조한 선박에서 사용하는 모니터류가 심하게 흔들리고 화면에 이상이 있어 본선 인도후 상당한 문제가 된 적이 있다. 이와 같은 앞서 서론에서 언급한 IACS E-10 각각의 문제점에 대한 대안을 제시한다.

2.3.1 IACS E-10 No.14(RS)의 문제점 및 대안

본 규격은 IEC 1000-4-3을 기준으로 평가되는데 전계의 균등영역¹⁾이 80cm상단의 1.5x1.5m영역에서 6dB로 되어있어 전원선과 통신선이 아래로 처지는 경우 또는 측정장비가 랙으로 되어있는 경우 규정된 10V/m가 인가되지 못해 측정소마다 합부가 달라질 수 있는 문제점이 있다. 따라서 안테나의 높이를 낮추는데 한계가 있으므로 측정시료의 하단까지 규정된 전계가 인가되도록 송신 안테나의 지향성을 아래로 조절하여 시험해야 측정의 재현성을 높일 수 있다. 본항 관련하여 통계적¹⁰⁾으로 시험이 잘못될 확률이 30%에 이른다.

2.3.2 IACS E-10 No.17, EFT문제점과 대안¹¹⁾¹²⁾¹³⁾

본 항의 경우 IEC 1000-4-4를 기준으로 시험되는데 앞서 언급하였듯이 발전기 거버너 ON/OFF 시 발생하는 EFT레벨⁷⁾이 시험규격상의 레벨과 같거나 유사하게 측정되고 있어 선급에 따라 시험된 장비가 현장에서 오동작을 일으킬 수 있다. 따라서 다음과 같은 대안이 필요하다. 현장에서 발생하는 EFT의 스펙트럼 분포와 레벨이 일반적으로 전원선에서 검출되는 값이 Leve 2(1kV)이상이므로 현재 IEC규정의 Level 1(500V)는 의미가 없다. 또한 현재는 상위레벨 인가 전압이 2배수 개념으로 레벨을 정해 적용하고 있어 여기에도 모순이 있다. 따라서 적용레벨과 전압을 현장에서 발생하는 일반적인 EFT 레벨을 고려하여 다음 <표 1>과 같

이 변경해야 할 것이다.

<표 1> 새로제안하는 IEC 시험레벨과 전압

	현재 IEC레벨		새로 제안하는 레벨	
	전원선	신호선	전원선	신호선
Level 1	500V	250V	1kV	500V
Level 2	1kV	500V	2kV	1kV
Level 3	2kV	1kV	3kV	1.5kV
Level 4	4kV	2kV	4kV	2kV

현재 IACS E-10에서는 레벨3 즉 전원선에 2kV, 신호선에 1kV를 적용하고 있는데, 이는 선박의 제어설비의 중요도에 비추어 너무 낮은 레벨이다. 현재의 레벨3은 선박내 각부에서 흔히 측정되는 레벨이므로 시험실 레벨에서 시험하는 값은 충분한 마진을 확보해야 하므로 현용규정의 경우 Level 4(4k/2kV)로 하거나, 적어도 새로 제안된 안으로 시험하는 경우 전원선 3kV, 신호선 1.5kV이상으로 시험해야 선박내에서 오동작을 방지 할 수 있다.

2.3.3 IACS E-10 No.18 Surge 문제점 및 대안¹¹⁾¹²⁾¹³⁾

본 시험항목은 낙뢰성 서지에 대한 내성을 평가하는 시험으로 본 시험의 문제점으로는 규정보다 대책소자에 있다. 다시말해 본 시험에 합격되기 위해 흔히 삽입되는 바리스터의 경우 시험실 레벨에서 시험하면 이상없이 합격되나 실제 낙뢰가 유입되면 단 1회에 타버려 이후에는 효과가 없다. 따라서 현재 규정을 고쳐 전압과 함께 전류내량을 함께 규정하는 것이 바람직하다.

2.3.4 모니터류에 대한 교류자장 내성시험의 추가제안(IEC 1000-4-8, MF)

현재의 IACS 시험규정에는 상용 주파수의 교류자장에 대한 시험항목이 없다. 때문에 선박에 설치되는 모니터의 화상이 흔들리거나 색조 변화를 일으켜 선박제어에 많은 문제점을 일으키고 있다. 따라서 IEC 1000-4-8로 규정된 시험항목을 IACS 에 포함시킬 것을 제안한다. 특히 엔진 제어실에서 사용되는 모니터의 경우 엔진 제어실에서 <표 2>와 같은 교류자계가 검출되므로 반드시 교류자장에

대한 내성을 평가하는 시험항목을 추가해야 한다. <표 2>에서 보는 바와 같이 선박의 위치에 따라 상당한 차이를 보이고 있다. 엔진 제어실내 모니터가 놓여지는 위치에서 볼 때 엔진 제어실에서 사용되는 모니터의 경우 마진을 고려하여 적용레벨은 10A/m의 교류자계에 견딜 수 있는가를 통합선급 규정에서 규정해 시험되어야 모니터의 떨림, 색조의 변화가 일어나지 않을 것이다.

<표 2> 선박내에서 측정된 자계

엔진제어실 패널내부	: 최대 55A/m
AC 440 feeder 판넬 전후	: 최대 5.6A/m
엔진 제어실 모니터 설치위치	: 1A/m
엔진룸	: 최대 1.59A/m
통신실	: 97mA/m
선실, 기타	: 20mA/m

2.3.5 전원의 순단,변동에 대한 내성평가에 대한 제안(IEC 1000-4-11)

본 과제 수행중에 선박내에서 자주 오동작을 일으키는 장비를 대상으로 정밀 회로분석결과 제어용 전원상태를 검출하는 회로가 너무나 민감하도록 설계되어 아주 짧은 임펄스에도 이상전압으로 판단하여 오동작 처리되는 것을 발견하였다. 대책과정에서 회로의 입력단에 Pull-up저항을 삽입하여 전압검출단의 전압변동을 낮추어 대책을 수립하였다. 따라서 선박용 제어기기는 반드시 전원의 순단과, 변동에 대한 내성을 평가 할 수 있도록 IEC 1000-4-11시험을 추가 할 것을 제안한다.

2.3.6 제어용 기기의 S/W 적인 조치¹⁾

프로세서 내장기기의 오동작 방지는 H/W적으로 어느 정도 해결되나 대책에 한계가 있다. 따라서 프로세서의 경우 반드시 Watch dog기능이 있는 제품으로 설계하거나, S/W적으로 Watch dog기능을 추가하여 프로그램을 작성해야 한다.

2.3.7 선급 취득일자에 있어 문제점

현용 IACS E-10의 경우 비교적 최근에 통합되어 1997년부터 적용시험되고 있으나 이전에는 각

국의 선급회사가 개별로 정해 1990도 초부터 시험하였다. 선급취득과 프로세서 내장기기의 오동작은 매우 밀접한 상관관계를 갖는바 과거에 선급을 취득한 기기로 5년이상된 제품을 계속적으로 사용하고자 할 때는 새로운 규정에 따라 새롭게 선급시험을 하도록 하는 제안을 하고자 한다. 특히 전자파 적합성 시험의 경우 프로세서의 발전에 따라 동작 전압이 낮아지고, 클럭속도가 증가하게되어 전자파 적합성이 떨어질 수 있어 이후 시험항목이 추가될 수 있으므로 대략 5년을 기간으로 정해 재 시험토록해야 선박용 제어기기의 오동작을 방지 할 수 있다. 일례로 선박에서 사용되는 대용량 계폐기의 경우 한번 선급을 받으면 선박에오래동안 계속 사용할 수 있는데 과거의 계폐기는 개폐시 발생하는 전자파량을 정량적으로 규제하지 않았으나 현재는 규제를 해야한다.

본 과제 수행중 프로세서 제어기기의 오동작은 대부분 과거부터 사용되어온 계폐기에 의해 발생되는 것으로 조사되었다. 또한 앞으로 선박내 전자기적인 환경이 프로세서의 발전속도에 따라 더욱 열악해질 확률이 높으므로 선급취득은 기간을 정해 재시험 하도록 개정되어야 할 것이다.

2.3.8 의도 무선기기에 의한 영향과 대책

본 과제 수행중 선박내에서 흔히 사용되는 휴대용 무선기기가 조타기 등에 영향을 주는 것을 확인 하였다. 휴대용 무선기기에 의한 오동작을 방지하기 위해서는 우선 다음 식으로 부터 전계강도를 구해 10V/m이면 2m, 20V/m이면 4m, 25V/m이면 6m의 최소 필요 이격거리를 구해 선박내 브리지, 엔진 제어실에서 적용하는 것이 바람직하다.

$$Vd = (30P)^{0.5}/d$$

단, Vd는 전계강도(V/m), P는 유효방사전력(W), d는 거리(m)

휴대용 무선기의 전계측정은 EIA (Electronic Industry Standard) 329, part II에 따라 선급에서 시험하는 전계내성이 10V/m이므로 1m에서 전계강도 5V/m의 유지를 위해 최소 이격거리를 요구 하고 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 선박내 제어기기의 오동작 원을 측정분석하고 현재 적용하고 있는 IACS E-10규정의 적합성을 평가하였다.

선박용 프로세서 내장 제어기기의 경우 앞으로 프로세서 성능 발전과 함께 새로운 제품이 개발될 것이므로 오동작 발생확율은 높아질 것으로 사료된다. 따라서 본고에서 제안한 균등전계영역의 변경, EFT 레벨의 변경, 서지 대책소자의 변경, 모니터와 같은 표시장치에 대한 자계 내성시험의 추가, 전원변동,순단에 대한 내성시험의 추가 및 선급 취득의 유효기간 설정 등을 새로이 제안한다.

본 제안과 같이 IACS E-10규정을 개정 및 추가한다면 선박내 제어기기의 오동작을 방지하는데 매우 효과적으로 사료된다.

더불어 시험규정의 개정과 함께 제어기기 개발시 S/W 적으로 Watch dog기능을 부가시키고, 엔진 제어실내 각종 기기의 I/O선과 전원선을 철저히 분리, 배관을 통해 배선하는 등 적극적인 전자기적 대책을 수립하고 휴대용 무선기기와 같은 의도무선기기를 규정거리에서 사용하며, 산업용기기의 경우 프로세서용 전원은 가능한 SMPS방식보다 복권 트랜스를 이용한 DC 전원회로를 사용하면 선박내 5V 혹은 3V로 제어되는 프로세서 내장기기의 오동작을 혁신적으로 줄이거나 방지할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 1) 임재열, 임준석, 민경찬, "선박용 제어기기의 EMC환경 정량적/정성적 분석과 대책 보고서" 1998. 10
- 2) 민경찬, "전자파 내성(EMS)향상기술에 관한 연구", 한국해양대학원 박사학위논문 1996. 2 pp36-82
- 3) 민경찬, "선박제어장치의 EFT대책보고서", 현대중공업, 1993. 2
- 4) 민경찬, "용저기 제어회로의 EFT대책보고서", 조흥전기, 1994. 10
- 5) 민경찬, 김동일, "EFT신호분석과 대책부품 개발에 관한 연구", 전자파 기술학회, pp83-87, 1994
- 6) 안상윤, 정재희, 민경찬, "릴레이 개폐서지가 프로세서 제어기기에 미치는 전자기적 영향에 관한 연구", 산업안전학회, '98춘계학술논문.
- 7) M.Lutz, "Electrical Fast Transient IEC 801-4, Susceptibility of electronic equipment and system at high frequency and voltage", IEEE EMC Symposium, pp 189-194,1992
- 8) 민경찬, "차세대 원자력 발전소 제어설비의 EMC 시험규격(안)" 1998.9
- 9) 미 전력연구원, "EPRI TR102323-R1", 1998. 9
- 10) 민경찬, "CISPR 제1 소위원회 2차 회의 세미나 자료", 전파연구소 이천분소, 1998. 5
- 11) 민경찬, "노이즈 종합대책", 성안당, pp.115-168, pp252-258, 1994
- 12) O. Melville Clark, "Aguid for transient suppression using the Transzorb, TVS", General Semiconductor Inc. 1986
- 13) 민경찬, 유승현, "전자교환기의 낙뢰 보호회로에 대한 고찰", 전자공학회 Vol. 10, pp104-108, 1987