최근의 高調波와 Noise 대책

1. 머리말

전동력응용기술은 파워일렉트로닉스 기술의 눈부신 발전과 불가분의 관계를 맺고서 고도화와 함께 산업분야에의 보급이 확대되어 왔다. 주회로 디바이스에서는 사이리스터에서부터 시작하여 바이폴러 트랜지스터와 IGBT로 변화되어 왔다. 이러한 변화에 따라 스위칭 스피드도 100ns 정도까지 고속화되었다. 또 제어방식은 아날로그에서 시작하여 디지털화, MPU 응용, DSP, ASIC 응용으로 발전되어 왔다. 그 어느 시대에 있어서도 전원고조파와 電磁노이즈 대책은 필수과제였으며, 그것은 이 전동력응용분야에서는 특히 중요한 과제였다. 이것은 전동력응용 제품이 그 자체에 강한 노이즈를 발생하는 주회로와 노이즈에 대하여 감수성이 높은 제어부로 구성되어 있는 것에 기인한다.

1990년대에 들어서는 범용인버터가 일반산업의 범위에서 멈추지 않고 시민생활에 가까운 경공업분야에까지 보급된 것은 물론 국내·해외 공히 법제도와 규격의 정비가 진전되었고, 나아가 지구환경문제가 논의되기에 까지 이르렀다. 이러한 동향 속에서 현재 전원고조파와 전자노이즈 문제는 「電磁的인 환경문제」로서 클로즈업되고 있다.

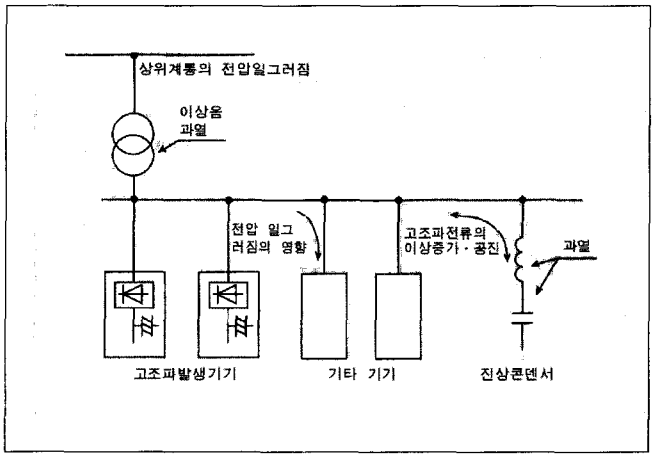
2. 電源高調波 문제

가. 電源高調波와 장해

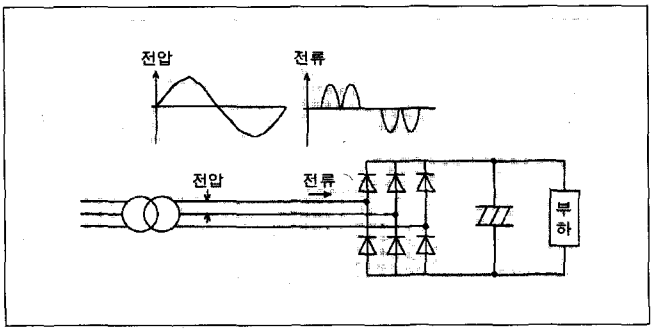
일반적으로 말하는 「전원고조파」란 계통에 접속된 기기의 입력전류파형과 전압파형의 일그러짐을 지칭한다. 이 전류 또는 전압의 일그러짐이 계통에 함께 접속되어 있는 기기에 장해를 주는 것이 문제가 되고 있는데(그림 1 참조) 그 전형적인 예는 그림 2에 표시하는 정류회로방식에 의한 것이다.

철강이나 제지·전철 등의 대형설비에서는 일찍부터 이런 문제에 착안하여 조사·연구되어 규격정비와 대책이 시행되어오고 있다.

그럼에도 불구하고 전원고조파는 범용인버터에 한하지 않고 텔레비전이나 비디오 등의 일반가전제품이나 OA기기, 퍼스널 컴퓨터 등의 콘덴서입력형 전원회로가 있는 전자기기가 보급됨에 따라 이 전원고조파 문제는 일반시민생활에까지 바싹 다가오고 있다. 사례로서는 1994년 3월에 나고야市의 중심가에서 발생한 수전설



〈그림 1〉 전원고조파의 상호 영향



〈그림 2〉 전원고조파의 발생 예

비의 폭발사고가 기억에 새롭다. 이것은 시가지 사무실 빌딩에서 발생한 사고로 고조파전류에 의한 리액터의 가열이 원인이라고 보고 있다. 또 그러한 징후가 이 주변에서 또다시 확인되고 있다.

표 1에 전원고조파에 의한 장해의 예를 나타내었다. 전기사업연합회의 조사에 의하면 이 가운데에서도 진상콘덴서에 부속하는 직렬리액터에서 장해사례가 가장 많고 다음으로는 진상콘덴서라는 보고가 있다.

나. 電源高調波 대책

일본 국내에 있어서는 지난 20년 동안의 조사·연구에 기초하여 1994년에 資源에너지廳 公益事業部 통지로 다음과 같은 가이드라인이 발행되고 있어 종합적이

〈표 1〉 고조파에 의한 기기의 장해

기 기	고조파에 의한 장해·영향
콘 덴 서 리 액 터	·과대한 고조파전류의 유입 또는 공진현상에 의한 과열, 소음, 燒損
변 압 기	·鐵損, 銅損의 증가에 의한 과열 ·자왜에 의한 소음
유 도 기	·회전수의 주기적인 변동 ·鐵損·銅損의 증가에 의한 효율저하
노 퓨 즈 브레이커 전력퓨즈	·과대한 고조파전류에 의한 오동작, 용단
텔레비전, 라디오 등	·정류용 다이오드, 평활콘덴서 등의 고장, 열화 ·영상의 어른거림, 잡음의 발생
형 광 등	·고조파전류의 유입에 의한 과열, 燒損
각종 제어기	·제어신호의 위상차 등에 의한 오·부동작

며 구체적인 대책을 위한 전기가 되고 있다.

① 가전·범용품 고조파 억제대책 가이드라인

② 고압 또는 특별고압으로 수전하는 수용가의 고조파 억제대책 가이드라인

이것들은 다음과 같은 취지에 기초하고 있다(가이드라인에서 轉記).

(가) 고조파 환경목표 레벨을 종합 전압왜율로서 6.6kV 배전계통에서는 5%, 특고계에서는 3%로 하는 것이 타당하다.

(나) 2000년까지의 보급·수요예측을 고려하여 고조파총량의 억제량을 가전·범용제품은 현행의 25%, 특정수용가는 현행의 50%를 목표로 한다.

(다) IEC 규격에의 整合을 기본으로 하고, 일본 국내 특유의 사정을 고려한다.

또 이들 가이드라인에는 고조파 한도치, 측정방법, 고조파의 산정방법, 이들에 대한 적용플로 등이 상세하게 또한 구체적으로 제시되어 있어, 電機메이커 뿐만 아니라 수용가에게도 유용한 것이 되고 있다(그림 3 참조).

현재는 이들 가이드라인의 취지에 따라 JIS를 비롯하여 각종 규격, 기술자료 등이 개정·정비되어 가고 있다.

明電舍에서도 환경시스템기술부가 중심이 되어 「고조파 억제대책 가이드라인 기술자료」를 편찬하여 이것을 사내의 대응매뉴얼로 하고 여기에 기초하여 수용가 개별로 컨설팅하고 있다.

고조파 억제수법으로는 다음과 같은 것이 있으며, 이것들은 「고압 또는 특별고압으로 수전하는 수용가의 고조파 억제대책 가이드라인」 중 6펄스 변환장치에 대한 환산계수의 저감이라는 형태로 평가받고 있다.

① 교류 입력리액터의 설치(그림 4-(a))

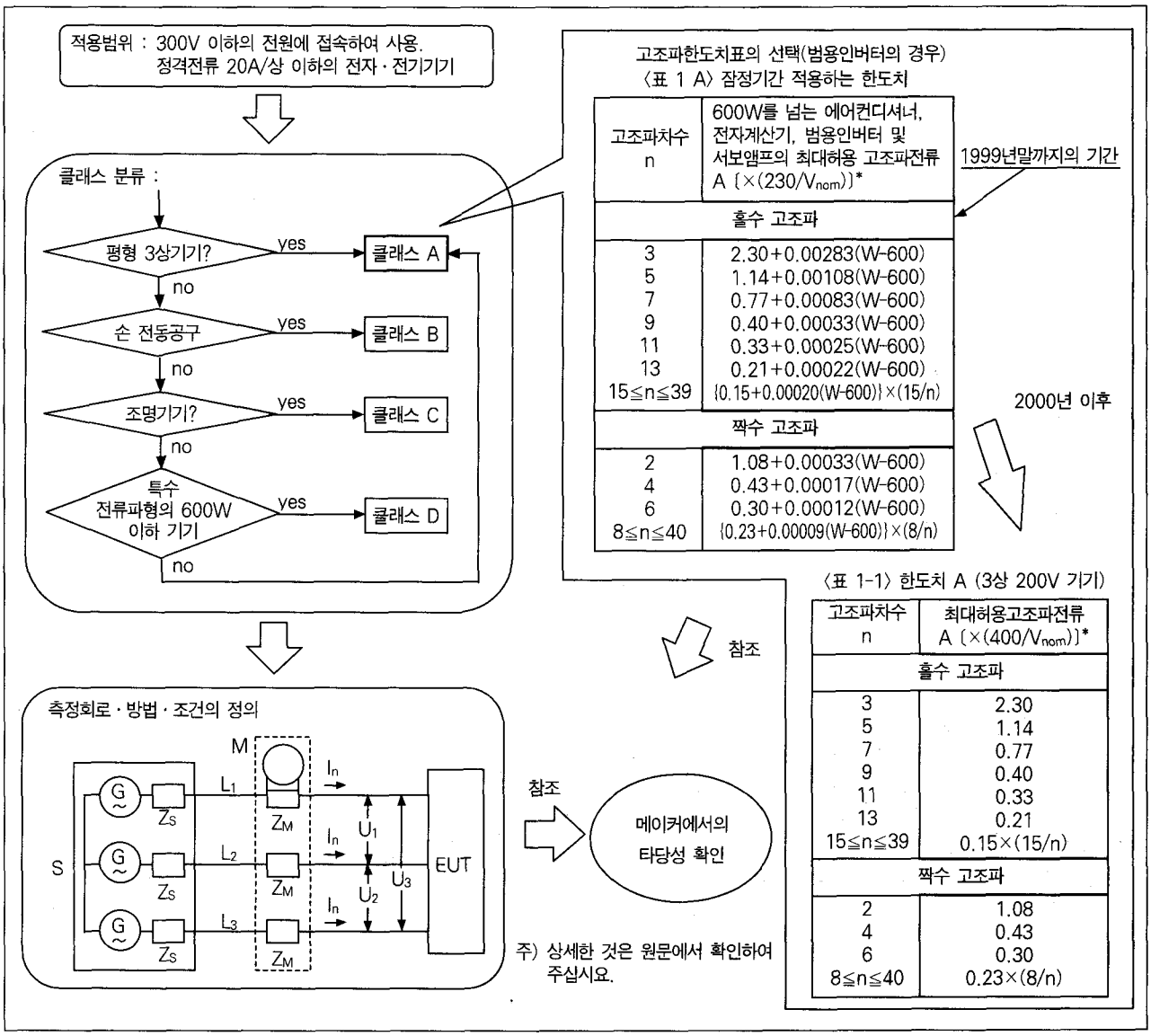
② 직류리액터의 설치(그림(a))

③ Y-△형 변압기를 통한 12펄스 정류방식

④ 정현파 PWM컨버터의 설치(그림 4-(b))

⑤ 액티브 필터의 설치(그림 5)

⑥ 기 타

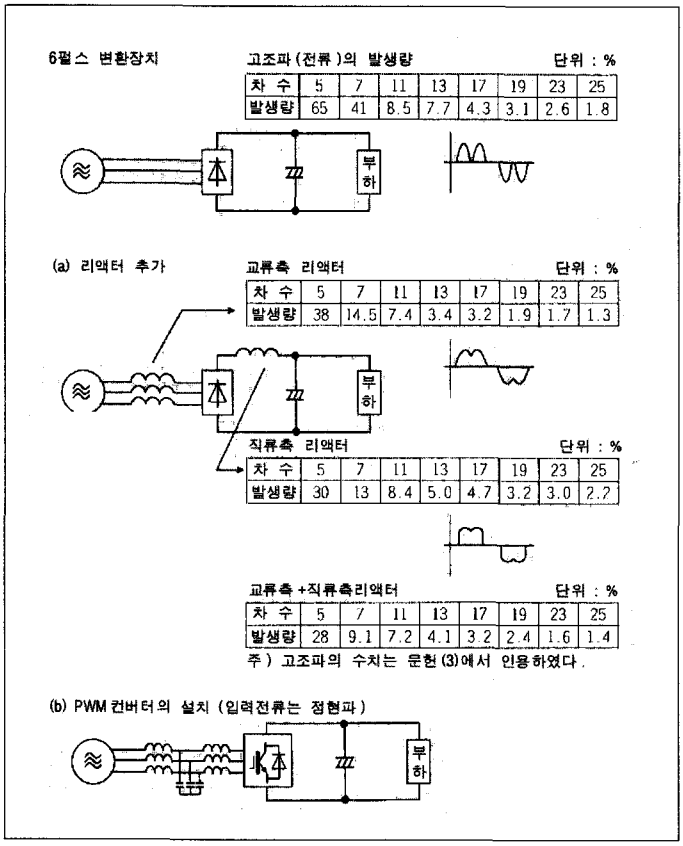


〈그림 3〉 고조파대책의 흐름(가전 · 범용품 고조파대책 가이드라인에서)

다. 明電舍의 고조파대책 제품

同社는 1986년에 고조파대책 · 전원회생용 컨버터로는 업계 최초로 VT86×R를 제품화하였다. 또 계통에 대한 본격적인 대책을 시행할 수 있는 액티브 필터를 제품화하여 왔다. 최근에는 이것들을 모델체인지하여 각각 「CV210S 시리즈」, 「다기능형 액티브 필터」로 생산 · 판매하여 호평을 얻고 있다. CV210S 시리즈에 대해서는 별도로 소개하고 있으므로 그것을 참조하기 바란다. 다기능형 액티브 필터에 대해서는 그림 5와 표 2에 개요를 표시하였다.

또 Passive형의 대책기기인 교류리액터, 직류리액터도 소용량에서 대용량까지 표준화하여 대응하고 있다.



〈그림 4〉 고조파대책의 주된 예(3상 브리지의 경우)

3. EMC 대책

가. EMC 규제의 동향

유럽에서의 경제통합을 위한 활동 중에서 1995년부터 1997년에 걸쳐 순차적으로 법적인 효력을 갖고 시행된 CE 마킹은 그때까지 개별적으로 대응해오던 안전에 관한 규제를 통합한 것으로서 획기적인 사건이었다. 그중 전동력응용 시스템에 관하여는 다음의 세 가지가 해당된다. 이밖에도 중요한 개별제품그룹마다 여러 가지 指令이 발효되어 있다.

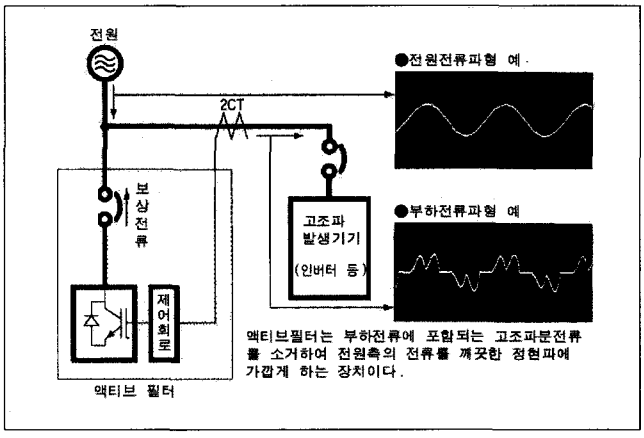
(1) 機械指令 : 1995년 발효
(2) EMC指令 : 1996년 발효
(3) 低電壓指令 : 1997년 발효

현재 EU 가맹국시장에 제품을 내놓기 위해서는 상기지령의 요구사항에 적합해야 하며 또한 규정된 CE 마크를 첨부하지 않으면 안된다. EU 역내에서는 사람·물건·자금의 자유로운 이동을 지향하는 방향으로 경제통합을 모색하고 있으며, CE 마킹은 지령의 요구에 적합함을 나타냄으로써 물건의 이동 수속(절차)을 간소화하기 위한 「패스보드」로 자리잡아가고 있다.

이들 지령의 요구에 따라 EN 규격이 순차적으로 정비되어 EU 각국의 국내규격 및 법제도도 이에 정합하도록 요구되고 있다.

EN 규격은 그 대부분이 IEC, CISPR에 기초를 두고 있으며 규격의 整合(Harmonize)을 위해서도 노력하고 있다. 이와 같은 활동을 New Approach라 칭한다.

특히 EMC 지령은 Electro Magnetic Compatibility(電磁的 兩立性)이라는 이름이 나타내는 것처럼 개개의 기기에 대하여 전자적 Noise 발생량 규제(Interference)와 전자적 Noise를 받은 경우의 내량(Susceptibility)의 양쪽을 규제하고 있다. 이렇게 하여 개별기기에 Noise Margin을 갖게 함으로써 상호간섭을 억제하여 기기의 誤·不動作을 방지하고자 하는 것이다. 이점에 관



〈그림 5〉 액티브 필터의 설치

〈표 2〉 다기능형 액티브 필터의 사양

장치용량(kVA)	50	75	100	150	200	300	400	500	750	1000
상 수	3상 3선									
입력전압(V)	200, 210, 220±10%, 400, 420, 440±10%, 6600±10%									
주파수(Hz)	50/60 ±5%									
억제고조파차수	2~25차									
고조파억제율 [1]	정격출력시 85% 이상									
정격의 종류	연 속									
응 답 성	1ms 이하									
냉각방식	강제풍냉									
도 장 색	JEM표준색(5Y7/1)									
사용환경	온도 0~40℃, 습도 85%RH 이하, 실내·표고 1000m 이하									
소음(dB)	65			70				75		
적용규격	JIS, JEC, JEM									

주 1). 고조파억제율 $= (1-\frac{I_{H2}}{I_{H1}})\times 100(\%)$

I_{H1} : 고조파억제 대책이 없을 때, 전원측에 흐르는 고조파전파 $(\sqrt{\Sigma I_{n1}{}^2})$.

I_{H2} : 액티브필터에 의하여 고조파 억제되었을 때의 전원측에 흐르는 고조파전류 $(\sqrt{\Sigma I_{n2}{}^2})$.

해서는 IEC 61800-3; Annex A에 기술되어 있다. 여기서 취급하는 노이즈는 표 3에 표시하는 것과 같이 비교적 저주파의 전원고조파로부터 무선주파수대까지의 광범위한 영역을 커버하고 있다.

나. 기타 동향

모든 전기제품에 전자기술이 도입되고 또한 정보기기(퍼스널 컴퓨터), 휴대단말(휴대전화 등)이 경제의 글로벌화에 따라 세계시장에 동시에 보급·유통이 이루어지게 됨으로써 EMC 규제의 필요성은 EU 제국에 한한 것이 아니라 전세계 공통의 과제가 되고 있다.

이러한 가운데 한국·대만 기타 국가에서도 법제화 방향으로 움직이고 있다. 또 규격에 있어서도 각국에서 정비가 진전되고 있는데 앞서 기술한 세계공통규격에의 정합이 기본적인 동향이 되고 있다.

다. 明電舍의 EMC 대응

明電舍는 현재 EU 제국에 각종 제품을 출하하고 있는데 인버터관련제품은 CE 마킹에 적합하도록 전용 노이즈 필터를 갖추고 또한 기종별 설치방법을 해설한 「EMC 매뉴얼」을 작성하여 대응하고 있다.

또 제어반으로 출하할 경우에는 그때마다 EMC 시험을 실시하여 대응하고 있다.

EMC지령에 적합하다는 증명으로서 제품마다 「적합선언서」가 필요하다. 또 제품에 따라서는 CB (Competent Body)의 증명이 필요한 경우가 있는데 이때에는 일본 국내 또는 유럽의 어느 기관을 適時 선정하여 이용하고 있다.

이 적합성 평가에 있어서는 비용과 시간을 효율적으로 운용하기 위해 사전에 동사내에서 타당성을 확인해 둘 필요가 있다. 이 때문에 동사에서는 전동력시스템 공장내에 전파暗室 및 Emission 측정시스템, Immunity 시험장치 등의 설비를 설치·보강하고 있다.

4. 앞으로의 과제

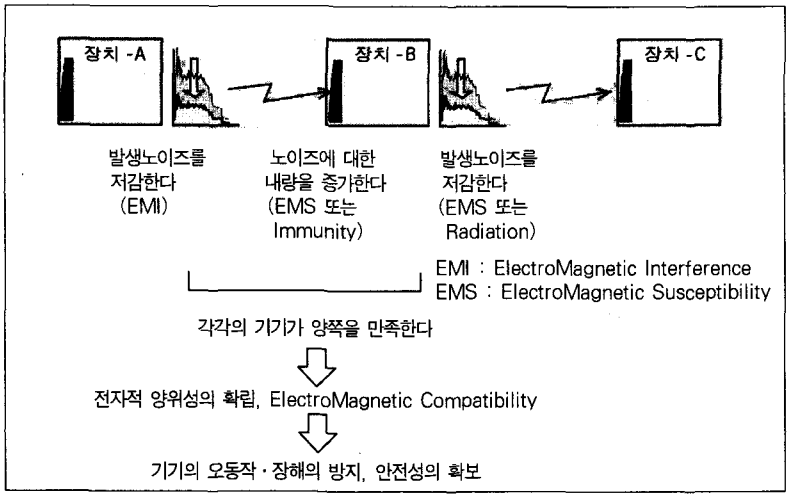
전원고조파대책 및 EMC 대책은 이미 필수적이며 모든 전기제품에서 대책이 취해지고 있다. 한편 지구온난화문제를 계기로 모든 제품에 대하여 省에너지와 고효율화가 요구되고 있다. 이들의 요구는 전동력응용 제품에 대하여 특히 강하게 요구되고 있다.

이와 같은 배경에서 전동력응용 제품의 고효율화와 노이즈 대책에 대해서는 아래 사항이 과제가 될 것으로 생각된다.

〈표 3〉 인버터 관련 EMC규격

구 분	규격번호	오리지널 타이틀
정합규격	EN61800-3	Adjustable speed electrical power drive systems- Part 3: EMC product standard including specific test methods
주된 참조규격	IEC61000-2 IEC/TR3 61000-2-1	Electromagnetic compatibility EMC-Part 2: Environment- Section 1:Description of the environment-Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling in public power supply systems
	ENV61000-2-2	Section 2:Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signaling in public low-voltage power supply systems
	EN 61000-2-4	Section 4:Compatibility levels in industrial plants for low-freqency conducted disturbances
	IEC/TR3 61000-2-6	Section 6:Assessment of the emission levels in the power supply of industrial plants as regards low-frequency conducted disturbances
	EN 61000-3 EN 61000-3-2	Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 3:Limits- Section 2: Limits for harmonic current emissions (equipment input current <=16 per phase)
	EN 61000-3-3	Section 3:Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current<=16A
	IEC/TR2 61000-3-5	Section 5:Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16A(TR2)
	EN 61000-4 EN 61000-4-2	Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 4:Testing and measurement techniques- Section 2: Electrostatic discharge immunity test. Basic EMC Publication
	EN 61000-4-3	Section 3:Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test
	EN 61000-4-4	Section 4:Electrical fast transient/burst immunity test. Basic EMC Publication
	EN 61000-4-5	Section 5:Surge immunity test
	EN 61000-4-6	Section 6:Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields
	EN 61000-4-9	Section 9:Pulse magnetic field immunity test. Basic EMC Publication
	EN 61000-4-10	Section 10:Damped oscillatory magnetic field immunity test. Basic EMC Publication
	EN 61000-4-11	Section 11:Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

주) 타이틀 내의 파트부분은 최초섹션만을 기술하였다.



〈그림 6〉 EMC의 개념

① 인버터장치 내부회로의 본질적인 노이즈 저감과 손실 저감
② 노이즈대책 부품 및 기기의 소형화와 손실 저감
③ 노이즈 대책을 위한 인버터장치의 설치기술, 케이블포설기술 등의 기술확립과 기술자료의 정비
④ 관련규격 정비·개정에 맞춘 사내 시험설비의 갱신과 보강 ■

이 원고는 일본 明電時報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 明電舍에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.