

30MHz 이하대역의 EMC 기술기준 및 안전관리 제도 연구

2013. 12.

제 출 문

본 보고서를 「30MHz 이하대역의 EMC 기술기준 및 안전관리 제도 연구」 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2013. 12. 31.

연구책임자 : 이대용(전파환경안전과 전자파적합담당)

연 구 원 : 양준규(전파환경안전과 전자파적합담당)

김남진(전파환경안전과 전자파적합담당)

위재형(전파환경안전과 전자파적합담당)

요 약 문

30MHz 이하대역을 이용하는 방송통신 서비스는 조난 등의 사고와 천재 지변 등의 비상 상황에서 생명과 재산을 보호하는 용도로 활용된다. 현재 전자파는 타 산업과의 융합으로 무선전력전송, PDP TV, 산업용 전력제어 설비 등이 출현하였다. 이러한 기기들은 30MHz 이하의 전자파를 비의도적으로 발생시키고 있으며 무선 주파수를 할당받아 사용하고 있는 방송통신 서비스 등에 간섭을 일으킬 수 있다. 본 연구에서는 30MHz 이하대역 방송통신 서비스 장애와 전자파로부터 기기를 보호하기 위하여 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정(안)을 마련하였다.

가변속 전력구동기기는 산업 현장에서 전동기 등을 제어하기 위하여 공장의 벨트컨베이어 시스템, 정밀 전동기 제어기기 등에 응용되고 있다. 산업체에서는 가변속 전력구동기기들이 이용하는 9kHz 이하의 저주파수와 9kHz 이상의 고주파수 전자파에 의해 산업 현장의 전력 및 방송통신 서비스 장애를 일으키고 기기들이 오동작 할 수 있다는 우려를 제기하였다. 본 연구에서는 국내·외 동향 분석, 산업체 의견수렴, 공동 측정 분석 등을 통해 국제표준을 참조하여 가변속 전력구동기기의 전자파 장애방지 및 보호 기준과 시험방법 개정(안)을 마련하였다. 특히 이번에 마련된 가변속 전력구동기기는 최초로 9kHz 이하대역의 저주파수 전자파적합성 기준이 포함되었다.

가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준에 저주파수 기준이 새롭게 규정됨에 따라 시험의 재현성과 일관성을 위해 저주파수 시험을 위한 기본 시험방법 마련이 필요하다. 본 연구에서는 국제표준을 수용하여 고조파와 전압변동 및 플리커에 대한 저주파수 전자파 장애방지 시험방법을 마련하였다. 또한 저주파수 전자파에 의해 기기를 보호하기 위해 저주파수 기본 내성 시험방법을 마련하였다. 저주파수 전자파적합성 기본 시험방법은 가변속 전력구동기기에 한정하여 적용토록 하였다.

무선충전식 전기자동차는 세계적으로 우리나라에서 처음으로 개발하여 상용화 할 계획이다. 무선전력을 공급하기 위한 방법으로 20kHz 전자파를

이용하게 됨에 따라 20kHz 기본 주파수와 20kHz 고조파가 30MHz 이하대역 까지 발생하여 이 대역을 이용하는 방송통신 서비스에 장애를 줄 우려가 있다. 본 연구에서는 무선충전식 전기자동차 전자파 저감 대책에 대한 공동 측정 분석을 실시하고 전자파 장애 기준 초안을 제시하고 시험방법 초안을 마련하였다.

국제적으로 PDP TV, 무선전력전송 기기 등이 출현함에 따라 30MHz 이하대역의 전자파 장애 표준이 마련되고 있으나 이를 시험할 시험장 표준은 마련되어 있지 않다. CISPR에서는 30MHz 이하대역 시험장 평가방법으로 정규화 감쇠량 방법과 기준시험장 방법이 논의되고 있다. 본 연구에서는 30MHz 이하대역의 전자파 장애 시험장 평가방법에 대한 연구를 진행하여 기준시험장 방법을 CISPR에 기고하고 시험장 평가방법 표준화되도록 추진하였다.

현재의 전자파적합성은 제품이 시장에 유통되기 전에 적합성평가를 받도록 하는 인증제도를 운영하고 있다. 그러나 제품이 복합적으로 설치되거나 큰 시설물에 대한 전자파를 평가하는 제도는 마련되어 있지 않다. 본 연구에서는 복합적으로 시설되는 설비에서 전자파를 안전하게 관리하기 위한 제도를 도입 방안을 마련하였다. 또한 전자파 안전관리 기준 및 평가방법 초안을 제시하였다.

전파법 제47조의3에 의해 전자파적합성 여부에 관한 측정·조사 업무가 '11년도부터 국립전파연구원에서 실시하고 있다. '13년도에는 전자파 측정조사 로드맵을 수립하였으며 스마트그리드 기기, 세종시 자전거 도로, 병원 환경 및 의료기기에 대한 전자파 측정조사를 실시하였다.

SUMMARY

Wireless communication and broadcasting services using frequency band under 30MHz are used to protect life and property in the emergency situation like natural disaster and distress. Nowadays the equipment such as wireless power transfer, PDP TV and industrial power control system are emerging in the market due to the convergence into the other industry fields from electromagnetic wave technologies. These equipment are generating the unintentional electromagnetic problem under 30MHz frequency band and are yielding the interference to wireless communication and broadcasting services using the frequency band assigned by frequency auction and beauty contest. This research suggests the revision of EMC technical regulation including the technical criteria and test procedure to protect the equipment from unintentional electromagnetic disturbance and the communication and broadcasting services using frequency band under 30MHz.

Generally power drive systems are employed in belt conveyer systems and precise control systems in manufacturing factory to control motors in the industry site. The industries express concern about the possibilities of equipment malfunction and interference to the power system and communication and broadcasting system in the industry site by the electromagnetic disturbances around 9KHz frequency band used in the power drive system. This research suggests the revision of the power drive system EMI and EMS technical regulations and test procedures based on the reference to the international standards by industry trends analysis, industry survey and cooperated measurement analysis. Especially the technical regulation related with power drive system includes EMC criteria for the low frequency under 9KHz with the first in Korea.

With the revision of EMC technical criteria for the power drive system, the basic test method and procedure will be required for the low frequency test to keep up with the consistency and reproducibility of test. And also, the low frequency EMI test method related with harmonics, voltage variation and flicker are suggested in this research on the basis of international standards. Additionally, this research includes the test method for low frequency EMS to protect the equipment by the low frequency electromagnetic disturbance. Low frequency EMC basic test method mentioned in the above will be used only for the variable speed power drive system.

Wireless power transfer electric vehicle, called "On-Line Vehicle" has been developed and commercialized in Korea with the first in the world. Wireless power transfer electric vehicle using 20KHz frequency on the purpose of its power supply has the possibilities of interference to the communication and broadcasting services using frequency band which are around its 20KHz frequency for wireless power transfer electric vehicle and are under 30MHz influenced by the harmonics of 20KHz for the inherent wireless power transfer electric vehicle. This research includes the cooperated measurement analysis for the EMI technology of wireless power transfer electric vehicle and suggests the draft revision for its EMI regulation and test method.

Although EMI standard under 30MHz frequency band are developed in the world with emerging of PDP TV and wireless power transfer equipment, the standard for the test site validation are not presented in the world. Nowadays NSA(Normalized Site Attenuation) and RSM(Reference Site Method) as a site validation method under 30MHz are discussed in CISPR. With this research, we have studied on the EMI site validation method under 30MHz frequency band, contributed the new RSM(Reference Site Method) to CISPR, propelled to be standardized

for the developed RSM in CISPR.

Currently, although most of countries in the world including Korea are operating the conformity assessment system in the field of EMC before products are placing on the market, there is no conformity assessment regulations for EMC of the fixed installations composed of components, devices and products. We also have developed the new approaches of EMC regulations for the fixed installation and also, suggested the draft EMC technical criteria and assessment method for the fixed installation.

RRA has executed the measurement and survey for the equipment based on the Radio Act, Article 47-3 since 2011 whether it's conformed to EMC regulation or not. And also RRA established the roadmap related with the measurement and survey for the equipment and measured the EM interference status for the equipment by selecting the smart grid facilities, the bicycle road facilities in Sejong City and the medical devices and facilities in hospital in 2013.

목 차

제1장 서론	13
제2장 전자파적합성 기준 체계	15
제3장 가변속 전력구동기기 EMC 기준 및 시험방법 연구	25
제1절 연구 배경	25
제2절 국내·외 가변속 전력구동기기 기준 및 시험방법	26
제3절 저주파수 전자파 장애 및 내성 측정결과 분석	34
제4절 가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정(안)	40
제4장 저주파수 전자파적합성 시험방법 연구	63
제1절 연구 배경	63
제2절 국내·외 저주파수 전자파적합성 기준 및 시험방법	64
제3절 저주파수 전자파적합성 시험방법 개정(안)	67
제5장 무선충전식 전기자동차 EMC 기준 마련 연구	78
제1절 연구 배경	78
제2절 국내·외 무선충전식 전기자동차 전자파적합성 기준 현황	79
제3절 무선충전식 전기자동차 측정 분석	91
제4절 무선충전식 전기자동차 기준 및 시험방법 추진 방향	101
제6장 30MHz 이하대역 시험장 및 가전기기 EMI 시험방법 연구 ·	110
제1절 30MHz 이하대역 시험장 평가 방법	110
제2절 가전기기 EMI 시험방법 연구	114
제7장 전자파 안전관리 제도 연구	116
제1절 연구 배경	116
제2절 전자파 안전관리 이슈분석	116

제3절 전자파 안전관리 제도 및 기준(안)	126
제8장 전자파적합성 측정·조사	138
제9장 결론	143
참고문헌	147

표 목 차

표 1 전자파 장애방지 기준	17
표 2 전자파 보호 기준	18
표 3 전자파 장애방지 시험방법	20
표 4 전자파 보호 시험방법	22
표 5 1종 A급기기 주전원 포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준	26
표 6 1종 A급 기기 방사성 방해 허용기준	27
표 7 설치장소에서 측정하는 1종 A급 기기 방사성 방해 허용기준	27
표 8 정보기기류의 합체포트 전자파 내성	28
표 9 정보기기 입·출력 교류 전원포트의 전자파 내성	29
표 10 미국의 비의도적 방사기기의 전도기준	32
표 11 미국의 비의도적 방사기기의 누설전자파 기준	32
표 12 가변속 전력 구동기기 전압변동 및 플리커 측정결과	34
표 13 엘리베이터 제어기기 전압변동 및 플리커 측정결과	35
표 14 냉장고 전압변동 및 플리커 측정결과	36
표 15 LED 조명기기 전압변동 및 플리커 측정결과	37
표 16 가변속 전력구동기기 전자파 내성 측정결과	39
표 17 엘리베이터 제어설비 전자파 내성 측정결과	40
표 18 입력전류가 16A이하인 기기에 대한 고조파 방해 허용기준	41
표 19 평형 3상기기를 제외한 기기의 고조파 방해 허용기준	42
표 20 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준	42
표 21 특정 조건하에서 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준	43
표 22 입력전류가 75A 이하인 기기에 대한 순간전압변동 및 플리커 방해 허용기준	44
표 23 PDS의 카테고리 C1 및 C2의 기기	46
표 24 PDS의 카테고리 C3의 기기	46
표 25 PDS의 카테고리 C1 및 C2의 기기 전원 인터페이스 전도성 방해 전압 허용기준	47
표 26 PDS로부터 측정거리 10m 거리에서 전자파 방사성 방해 허용기준	47

표 27	PDS의 설치장소에서의 카테고리 C4기기의 전도성 방해 전압 허용기준	48
표 28	PDS의 설치장소에서의 카테고리 C4기기의 방사성 방해 허용기준	49
표 29	정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성	50
표 30	정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전의 전자파 내성	51
표 31	정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성	52
표 32	정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성	52
표 33	정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전의 전자파 내성	53
표 34	정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성	54
표 35	PDS의 합체포트의 전자파 내성	55
표 36	PDS의 전원포트의 전자파 내성	56
표 37	PDS의 전원 인터페이스 포트의 전자파 내성	57
표 38	PDS의 신호 인터페이스의 전자파 내성	57
표 39	PDS의 프로세스 측정 및 제어 포트 및 60V이하 보조 직류전원 포트의 전자파 내성	58
표 40	PDS의 전압 편차 전자파 내성 시험조건	59
표 41	PDS의 주파수 변동 전자파 내성시험 조건	61
표 42	PDS의 전압 불평형 전자파 내성시험 조건	62
표 43	전압 강하와 순간 정전에 대한 권장 시험레벨과 지속시간	64
표 44	C 등급 기기에 대한 적합성 레벨	68
표 45	D 등급 기기에 대한 적합성 레벨	69
표 46	75A이하의 기기에 대한 전압변동 및 플리커 적합성 레벨	70
표 47	고조파 전압 적합성 레벨	71
표 48	총 고조파 왜곡률(THD) 적합성 레벨	72

표 49 전압 변동 및 플리커 적합성 레벨	72
표 50 전압 불균형 적합성 레벨	73
표 51 주파수 변동 적합성 레벨	74
표 52 기함수의 고조파 전압 적합성 레벨(3배수 제외)	74
표 53 기함수의 고조파 전압 적합성 레벨(3배수)	75
표 54 우함수의 고조파 전압 적합성 레벨	75
표 55 우함수의 고조파 전압 적합성 레벨	76
표 56 전압 변동 및 플리커 적합성 레벨	76
표 57 전압 불균형 적합성 레벨	76
표 58 주파수 변동 적합성 레벨	77
표 59 2종 A급 주전원포트 전도성 방해 전압 허용기준	79
표 60 시험장에서 측정하는 2종 A급기기 방사성 방해 허용기준	80
표 61 설치장소에서 측정하는 2종 A급기기 방사성 방해 허용기준	81
표 62 전력선통신 기기의 방사성 방해 허용기준	86
표 63 일본 무선전력전송 응용 시스템과 기본 파라미터	91
표 64 자동차성능연구원 거리별 측정(10m)	96
표 65 자동차성능연구원 거리별 측정(30m)	97
표 66 구미시 실용화 시험국 측정결과 및 비교	100
표 67 구미시 실용화 시험국 거리별 측정결과	100
표 68 측정 주파수 대역 별 -6 dB 대역폭	104
표 69 주파수 범위 별 변환 계수	108
표 70 전자파 안전관리 평가방법	135
표 71 전자파 측정조사 로드맵 추진과제	140

그 립 목 차

그림 1 전자파적합성 기술기준 체계	16
그림 3 미국 EMC 기술기준 체계	31
그림 4 유럽 EMC 기술기준 체계	33
그림 5 가변속 전력 구동기기 고조파 전류 방출량 측정결과	35
그림 6 엘리베이터 제어기기 고조파 전류 방출량 측정결과	36
그림 7 냉장고 고조파 전류 방출량 측정결과	37
그림 8 LED 조명기기 고조파 전류 방출량 측정결과	38
그림 9 PDS의 전압 편차 시험 시퀀스	60
그림 10 PDS의 주파수 변동 시험 시퀀스	61
그림 11 PDS의 전압 불평형 시험 시퀀스	62
그림 12 무선충전식 전기자동차 필터 전후 측정장 구성도	92
그림 13 시간영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교	93
그림 14 주파수 영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교(1MHz 까지)	94
그림 15 주파수영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교(80MHz 까지)	95
그림 16 자동차성능연구원 방사성 방해 측정 결과(150kHz 까지)	95
그림 17 자동차성능연구원 방사성 방해 측정 결과(5MHz 까지)	96
그림 18 자동차성능연구원 전자파 탐지 프로브 측정 결과	97
그림 19 구미시 실용화 시험국 측정 구성도	99
그림 20 단위시스템 내에서 측정 위치 예	105
그림 21 9kHz ~ 30MHz 주파수 대역의 자기장 측정을 위한 안테나 배치도	105
그림 22 30MHz ~ 300MHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나 배치도	106
그림 23 300MHz ~ 1GHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나 배치도	107
그림 24 기준시험장 송수신 지점 예	111
그림 25 기준이 되는 시험장 표준편차(10m)	112
그림 26 기준이 되는 시험장 표준편차(3m)	112
그림 27 10m 전자파무반사실에 대한 기준시험장 평가결과	113
그림 28 우리나라 전자파적합성 기준 체계	117

그림 29 전자파적합성 법령 및 집행제도	117
그림 30 우리나라 방송통신 설비 제도	118
그림 31 우리나라 전기설비 제도	118
그림 32 유럽의 전자파적합성 체계	119
그림 33 유럽의 전자파적합성 기준 적용 체계	120
그림 34 미국 전자파적합성 체계	121
그림 35 우리나라 인증 및 안전관리 제도 비교	123
그림 36 국내·외 전자파적합성 관리 제도 비교	124
그림 37 시설물에서 BRC 사용 예	134
그림 38 전자파 방사 대책 방법 예	135
그림 39 전자파 측정조사 로드맵 비전 및 핵심전략	139

제1장 서론

전자파는 무선을 이용하여 정보를 전달하는 통신과 방송 서비스에서 활발히 이용하고 있다. 이를 통해 전자파는 방송통신 산업을 창출하였으며 사람들에게 편리함을 제공하고 있다. 우리는 전자파가 없는 삶을 상상하기 어려울 정도가 되었다. 현재 전자파는 기존의 이용 범위를 넘어서 다른 산업 분야와 융합이 활발히 추진되고 있다. 전자파와 타 산업과의 융합은 전기·전력분야에서 활발히 추진되고 있다. 무선전력을 전송하기 위한 기술이 개발되어 전자파가 전력으로 융합되고 있다. 또한 산업용 설비들이 전자파를 이용하여 전력을 제어하고 있다. 이러한 무선전력전송 기기와 산업용 전력제어 기기들은 30MHz 이하의 전자파를 이용하고 있다.

30MHz 이하 주파수 대역은 현재 AM방송, 단파방송, 해상 및 항공 무선 서비스, 아마추어무선 등에서 다양하게 응용되고 있다. 특히 해상 및 항공 조난이 발생할 경우 긴급히 구조를 요청할 수 있는 주파수와 AM, 단파 방송 등 국민들에게 쉽고 빠르게 정보를 전달할 수 있는 주파수가 포함되어 있다. 국제적으로도 30MHz 이하 주파수를 생명주파수로 인식하는 경우도 있다.

무선충전식 전기자동차는 30MHz 이하의 전자파를 발생시키고 있음에 따라 기존에 주파수를 분배받아 사용하고 있는 무선 및 방송 서비스 등에 영향을 미칠 수 있다. 특히 비의도적으로 발생하고 있는 고조파들은 30MHz 이하대역 대부분에서 발생하여 방송통신 서비스에 장애를 일으킬 우려가 높다. 9kHz 이하 저주파수를 이용하는 산업용 제어기기 들은 60Hz 고조파와 전압변동을 발생시켜 배전 전력망의 장애를 일으킬 수 있으며 배전망에 존재하는 주파수 및 전압 변동, 고조파, 전압불균형 등 저주파수 현상에 의해 오동작 등의 장애 발생이 우려되고 있다. 이에 따라 무선충전식 전기자동차, 산업용 저주파 이용 기기 등에서 발생하는 불요전자파가 방송통신 서비스와 전력 서비스에 장애를 일으킬 우려가 있어 30MHz 이하대역에 대한 전자파적합성 기준 및 시험방법 마련이 필요하다. 본 연구에서는 무선충전식 전기자동차와 산업용 전력제어 기기에 대한 현황을 조사 분석하고, 전자파 영향을 측정 분석 하며 산업체, 시험기관 등 이해당사자들과의 협의를 통해 전자파적합성 기준 및 시험방법을 마련하고자 한다.

현재 우리나라는 제품이 시장에 출시되기 전에 전자파적합성을 확인하는

적합성평가 제도(인증제도)를 운영하고 있다. 전자파는 제품의 설치 및 이용 형태에 따라 달라질 수 있다. 특히 제품이 복합적으로 설치되는 장소에서의 전자파는 제품들 상호간에 결합이 발생하여 전자파 영향이 많아 질 수 있다. 그러나 이용자들에게 판매된 제품이 복합적으로 설치된 상태에서의 전자파를 확인하는 제도는 마련되어 있지 않다. 유럽의 경우 '07년부터 복합적으로 설치되는 고정설비에 대해서도 전자파적합성 평가를 의무화하고 있다. 이에 따라 복합적으로 설치되는 기기들로부터 방송통신 서비스 장애방지 및 기기 오동작 방지 등 전자파 역기능을 예방하기 위하여 복합적으로 설치되는 설비에 대해 전자파를 평가 관리하는 제도 마련을 추진하고자 한다. 이번 연구에서는 전자파 안전관리 제도 도입방안과 전자파 안전관리 기준 및 평가방법을 제시하고자 한다.

전파법 제47조의3에 의해 전자파적합성 여부에 관한 측정·조사 업무가 '11년도부터 국립전파연구원에서 실시되고 있다. '13년도에는 전자파 측정조사 로드맵을 수립하고 스마트그리드 기기, 세종시 자전거 도로, 병원 환경 및 의료기기에 대한 전자파 측정 조사를 실시하였다.

본 연구에서는 먼저 우리나라 전자파적합성 기준 체계를 설명하도록 하겠다. 새로운 전자파적합성 기준 개정을 위해 9kHz 이하대역의 저주파수 전자파적합성 시험방법, 가변속 전력구동기기와 무선충전식 전기자동차 전자파적합성 기준 및 시험방법에 대해 살펴보도록 하겠다. 그리고 전자파 안전관리 제도 도입 방안에 대해 논의하고 전자파 측정조사 사례를 소개하도록 하겠다.

제2장 전자파적합성 기준 체계

1. 전자파적합성 법령 체계

현재 우리나라 EMC 기준은 전파법령에 근거하고 있으며 국립전파연구원 고시로써 제·개정되고 있다. 정보통신, 방송, 전기전자, 자동차, 의료기기 등의 활성화는 국민들에게 편리한 삶을 제공하고 있으나 이들 기기로부터 발생하는 불요 전자파는 방송통신 서비스에 간섭을 일으키고 외부의 전자파에 의해 기기들이 오동작하거나 품질저하 등이 발생하는 전자파 역기능 문제도 발생시키고 있다.

우리나라는 기기들의 전자파 역기능을 해소하기 위하여 EMC 기준을 1989년 12월 30일 전파법의 전신인 전파관리법에 전자파관련 규정을 마련함으로써 처음 도입하게 되었다. 전파관리법(법률 제4193호, 1989.12.30.)에서는 제29조의4(전자파장해방지기준등)의 규정에 전자파장해를 일으키는 기기의 전자파장해방지기준 및 전자파장해로부터의 보호기준을 체신부령으로 정하도록 하였다. 이에 따라 전자파장해검정규칙(체신부령 제825호, 1990.9.3.) 제3조에서는 전자파장해방지기준을 정하였으며, 제4조에서는 전자파장해로부터 보호기준을 정하고 세부기준은 체신부장관이 정하도록 하였다.

전파법 및 전자파장해검정규칙에서 정하였던 관련 규정들은 현재는 전파법, 전파법시행령, 국립전파연구원 고시 및 공고로써 규정하고 있다. 현재의 전자파적합성 기준 및 시험방법 체계는 다음 그림과 같다.

전파법 제47조의3(전자파적합성등)에서는 전자파장해를 주거나 전자파로부터 영향을 받는 기자재(이하 “전자파적합성기준”이라 한다)에 대한 전자파장해방지 기준 및 보호 기준을 대통령령으로 정하도록 하고 있다. 또한 전자파 장해를 주거나 전자파로부터 영향을 받는 기자재를 제작하거나 수입하려는 자는 전자파적합성기준을 초과하지 않도록 규정하고 있다. 이에 따라 전파법 제58조의2(방송통신기자재등의 적합성평가)에서는 방송통신기자재와 전자파장해를 주거나 전자파로부터 영향을 받는 기자재를 제조 또는 수입하려는 자는 해당 기자재에 대하여 전파법 제47조의3에 의한 기준에 적합함을 확인하는 적합성평가(적합인증, 적합등록, 잠정인증)를 받도록 하고 있다.

법	전파법 제47조의3 (전자파적합성 등)	전파법 제58조의2 (방송통신기자재등의 적합성평가)
대통령령	전파법시행령 제67조의2(전자파적합성기준)	전파법시행령 제77조의2부터 77조의5 적합인증, 적합등록, 잠정인증
고시	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파장해방지 기준 ○ 전자파보호 기준 	방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시
공고	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파장해방지 시험방법 ○ 전자파보호 시험방법 	

그림 1 전자파적합성 기술기준 체계

전파법 제47조의3 위임에 따라 대통령령인 전파법 시행령에서는 제67조의2에서 전자파적합성 기준을 전자파 장해를 주는 기자재와 전자파로부터 영향을 받는 기자재로 분류하여 규정하고 있다.

전자파장해를 주는 기자재는 방송통신망을 보호하고 다른 기자재의 성능에 장애를 주지 아니하도록 하기 위하여 다음과 같은 기준을 규정토록 하고 있다. 첫째 전원선 또는 신호선을 통하여 흐르는 전압 또는 전류에 의한 전자파에너지가 다른 통신망 또는 주변기기 등에 영향을 주지 아니하도록 하여야 한다. 둘째 공간으로 퍼져나가는 전기장의 세기 또는 전력 등의 전자파에너지가 다른 통신망 또는 주변기기에 영향을 주지 아니하도록 규정하고 있다.

전자파로부터 영향을 받는 기자재는 전자파가 존재하는 환경에서 오동작 또는 성능 저하가 발생하지 아니하도록 다음과 같은 기준을 정하도록 규정한다. 첫째 공간에 존재하는 전자파에너지 및 전원선·신호선 등에 의한 전자파 에너지의 영향으로 오동작 또는 성능 저하가 발생하지 아니할 것. 둘째 정전기 등 순간적인 전자파에너지의 변동과 정격전압 변화 등의 영향으로 오동작 또는 성능 저하가 발생하지 아니할 것을 규정하고 있다. 그리고 전자파적합성 기준에 대한 세부적인 내용에 관하여는 국립전파연구원에서 정하여 고시토록 하고 있다.

2. 전자파적합성 기준

국립전파연구원에서는 전파법 시행령 제67조의2 제2항에서 위임한 세부적인 전자파적합성기준을 전자파 장해방지 기준과 전자파 보호 기준으로 정하여 고시하고 있다.

전자파 장해방지 기준에서는 일반기준 2가지 기준(주거, 상업 및 경공업 환경에서 사용하는 제품에 대한 기준, 산업환경에서 사용하는 제품에 대한 기준)과 각각의 제품군 기준으로 나누어 규정되어 있으며 표 1과 같다.

표 1 전자파 장해방지 기준

관련 조항	전자파 장해방지 기준	별표
제2조 제3항 제1호	주거, 상업 및 경공업 환경에서 사용하는 제품	별표 1
제2조 제3항 제2호	산업환경에서 사용하는 제품	별표 2
제5조	산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류의 장해방지기준	별표 3
제6조	자동차 및 내연기관 구동기기류등의 장해방지기준	별표 4
제7조	방송수신기기류의 장해방지기준	별표 6
제8조	가정용 전기기기 및 전동기기류의 장해방지기준	별표 7
제9조	형광등 등 및 조명기기류의 장해방지기준	별표 8
제10조	정보기기류의 장해방지기준	별표 9
제11조	전기철도 기기류의 장해방지 기준	별표 10
제12조	전력선통신기기류의 장해방지기준	별표 11
제12조의2 제1항	무선설비 기기류의 장해방지기준	별표 12
제12조의2 제2항	해상업무용 무선설비의 기기류의 장해방지 기준	별표 13
제13조	무정전 전원장치의 장해방지기준	별표 14
제14조	저압개폐장치 및 제어장치의 장해방지 기준	별표 15
제15조	멀티미디어기기류의 장해방지 기준	별표 16

전자파 장애방지 기준 본문에서는 기술기준 근거 조항을 규정하고 있으며 세부적인 기준은 각각 제품군에 따라 별표로 규정하고 있다. 세부적인 기기별 기준은 대부분 합체포트에서의 방사성 방해 허용기준, 전원포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준, 통신/네트워크 포트에서의 전도성 방해 전압/전류 허용기준을 규정하고 있다.

30MHz 이하대역에서는 전원선 및 통신선에서 발생하는 전도성 방해 전압/전류를 허용기준으로 규정하고 있으며, 30MHz 이상대역에서는 합체포트에서 발생하는 방사성 방해 허용기준을 규정하고 있다. 30MHz 이하대역에서 전자파가 공간으로 방사되기 위해서는 길이가 큰 안테나가 필요로 한다. 실제 기기들이 운영되면서 30MHz 이하대역의 전자파를 방사하기 위한 길이가 큰 안테나 역할은 인위적으로 만들지 않은 이상 전원선, 통신선 외에는 생각하기 어렵다. 따라서 기기에서 발생하는 30MHz 이하대역 전자파는 공간에서 안테나를 이용하여 측정하는 방법보다는 전원선과 통신선에서 발생하는 전자파를 전도적인 방법으로 측정하는 것이 측정의 정확성, 측정비용의 합리성 등을 고려해볼 때 보다 효과적인 방법으로 국제적으로 인식되고 있다. 이에 따라 국제표준 및 각국의 전자파 장애방지 기준에서는 30MHz 이하대역의 전자파를 규제하기 위하여 전원선 또는 통신선에서 전도되는 전도성 방해 전압/전류 기준을 규정하고 있다. 30MHz 이상에서의 전자파는 파장이 짧아 긴 안테나가 필요하지 않는다. 이에 따라 기기 내부의 PCB 회로, 내부 연결 케이블 등은 30MHz 이상대역의 전자파를 공간으로 방사할 수 있다. 기기 내부에서 발생하는 전자파를 측정하기 위해서는 공간에서 안테나를 이용하여 방사성 방해 전압을 측정하여야 한다. 이에 따라 30MHz 이상의 전자파는 합체에서 발생하는 전자파를 측정토록 하고 국제적으로 전자파 방사성 방해 허용기준을 규정하고 있다.

전자파 보호 기준에서도 2개의 일반기준과 각각의 제품군 기준으로 나누어 규정되어 있으며 표 2와 같다. 전자파 보호 기준에서는 일반적으로 합체포트에서의 전자파 내성, 신호선 및 제어선 포트의 전자파 내성, 입·출력 전원포트의 전자파 내성 기준을 규정하고 있다.

표 2 전자파 보호 기준

관련 조항	전자파 보호 기준	별표
제6조 제1항	주거, 상업 및 경공업 환경에서의 일반 내성기준	별표 1
제6조 제2항	산업환경에서의 일반내성기준	별표 2
제7조	자동차 및 내연기관 구동기기류등의 내성기준	별표 3
제8조	방송수신기기류의 내성기준	별표 4
제9조	가정용 전기기기 및 전동기기류의 내성기준	별표 5
제10조	정보기기류의 내성기준	별표 6
제11조	전기철도 기기류의 내성기준	별표 7
제12조	전력선통신기기류의 내성기준	별표 6
제13조	의료용 전기기기류의 내성기준	별표 8
제13조의2	무선설비 기기류의 내성기준	별표 9
제14조	조명기기류의 내성기준	별표 11
제15조	무정전 전원장치의 내성기준	별표 12
제16조	아크용접기의 내성기준	별표 13
제17조	저압개폐장치 및 제어장치의 내성기준	별표 14
제18조	멀티미디어기기류의 내성기준	별표 15

함체포트에서의 전자파 내성은 방사성 RF 전자기장, 전원주파수 자체, 정전기 방전 등의 전자파를 함체포트에 인가하는 하였을 때 기기가 전자파에 대한 내성을 가져 성능평가기준에 적합함을 확인토록 하고 있다. 신호선 및 제어선의 전자파 내성은 전도성 RF 전자기장, 전기적 빠른 과도현상, 서지 등의 전자파에 내성을 갖도록 하는 기준이다. 입·출력 전원포트의 전자파 내성은 전도성 RF 전자기장, 전기적 빠른 과도현상, 서지, 전압강하, 순간정전의 전자파를 인가하여 성능평가기준에 적합함을 확인한다. 성능평가기준은 A, B, C급으로 구분한다. 성능평가기준 A는 시험 중이거나 시험 종료 후에도 당해 기기의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태를 의미한다. 성능평가기준 B는 시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 정상적으로 동작하는 상태이다. 성능평가기준 C는 시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적으로 복원되는 상태를 말한다.

전자파 내성기준에서는 각각의 전자파가 인가되었을 때 내성을 가져야하는 성능평가기준을 각각 규정하고 있다.

3. 전자파적합성 시험방법

전자파 장애방지 시험방법은 「방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시」 제4조제3항에 의하여 국립전파연구원 공고로 규정하고 있다. 이 공고에서는 전자파 장애방지 시험을 위한 시험기기, 시험장 등 일반적인 시험방법과 대상기기별 세부시험방법으로 규정하고 있으며 표 3과 같이 관련 시험방법을 규정하였다.

표 3 전자파 장애방지 시험방법

관련 조항	전자파 장애방지 시험방법	별표	KN
제3조 제1항	전자파장해 및 내성측정기구의 측정기구	1-1	16-1-1
제3조 제2항	전자파장해 및 내성측정기구의 전도성장해 측정용 보조장비	1-2	16-1-2
제3조 제2항	전자파장해 및 내성측정기구의 방사성장해 측정용 보조장비	1-4	16-1-4
제3조 제2항	전자파장해 및 내성측정기구의 30 MHz ~ 1000 MHz 주파수 범위의 안테나 교정시험장	1-5	16-1-5
제3조 제2항	전자파장해 및 내성 측정방법의 전도성장해 측정	1-6	16-2-1
제3조 제2항	전자파장해 및 내성 측정방법의 장해전력 측정	1-7	16-2-2
제3조 제2항	전자파장해 및 내성 측정방법의 방사성장해 측정	1-8	16-2-3
제3조 제9항	전자파장해 및 내성 측정방법의 내성측정	1-9	16-2-4
제3조 제10항	전자파장해 및 내성 측정방법의 대형기기에서 발생한 방해 방출의 현장 측정	1-10	16-2-5
제4조 제1항	산업, 과학, 의료용기기(ISM)류의 장애방지시험	2	11
제4조 제2항	방송수신기 및 관련 기기류의 장애방지시험	3	13
제4조 제3항	가정용 전기기기 및 전동기기류의 장애방지시험	4	14-1
제4조 제4항	조명기기류의 장애방지시험	9	15
제4조 제5항	전자렌지로부터 방사되는 주파수 1GHz 이상의 장애방지시험	10	19
제4조 제6항	정보기기류의 장애방지시험	5	22
제4조 제7항	자동차 및 내연기관 구동기기류 등의 장애방지시험	6	41

제4조 제8항	전기철도기기류의 장해방지시험	7	50
제4조 제9항	전력선통신기기류의 장해방지시험	11	60
제10항 1호	무선설비기기류의 공통 장해방지시험	8-1	301 489-1
제10항 2호	이동가입무선전화장치 및 개인휴대전화용 무선설비의 기기에 대한 장해방지시험	8-2	301 489-7
제10항 3호	무선데이터통신시스템용 특정소출력 무선기기의 장해 방지시험	8-3	301 489-17
제10항 4호	이동통신용 무선설비의 기기에 대한 장해방지시험	8-4	301 489-24
제10항 5호	디지털코드없는 전화기에 대한 장해방지시험	8-5	301 489-6
제10항 6호	생활무전기에 대한 장해방지시험	8-6	301 489-13
제10항 7호	간이무선국에 대한 장해방지시험	8-7	301 489-5
제10항 8호	특정소출력 무선기기에 대한 장해방지시험	8-8	301 489-3
제10항 9호	음성 및 음향신호 전송용 특정소출력 무선기기에 대한 장해방지시험	8-9	301 489-9
제10항 10호	이동전화용, 개인휴대전화용, 이동통신용 기지국, 무선 중계기, 보조기기에 대한 장해방지 시험	8-10	301 489-26
제10항 11호	주파수공용 무선전화장치에 대한 장해방지시험	8-11	301 489-18
제10항 12호	아마추어무선국용 무선설비 장해방지시험	8-12	301 489-15
제10항 13호	무선호출용 무선설비에 대한 장해방지시험	8-13	301 489-2
제10항 14호	체내이식 무선의료기기에 대한 장해방지시험	8-14	301 489-27
제10항 15호	지반 탐사 및 벽면 탐사 레이더에 대한 장해방지시험	8-15	301 489-32
제10항 16호	위성휴대통신용 무선설비 장해방지시험	8-16	301 489-20
제10항 17호	해상항해용 무선설비 장해방지시험	8-17	60945
제4조 제11항	무정전 전원장치 장해방지시험	12	62040-2
제4조 제12항	저압개폐장치 및 제어장치 장해방지시험	13	60947
제4조 제13항	주거, 상업 및 경공업 환경에서의 장해방지 시험방법	14	61000-6-3
제4조 제14항	산업 환경에서의 장해방지 시험방법	15	61000-6-4
제4조 제15항	멀티미디어기기 저차과 장해방지 시험방법	16	32
제4조 제16항	가정용 무선전력전송기기 장해방지 시험방법	17	17

제3조의 규정은 전자파 장해방지 시험을 위한 일반 시험방법으로써 전자파

장해 측정장비, 시험장 조건 등을 규정하고 있다. 제4조의 규정은 대상기기별 세부 시험방법으로써 각각의 기기에 대한 전자파 장애방지 시험방법을 규정하고 있다. 여기서 KN은 국립전파연구원에서 전자파적합성 시험방법을 관리하기 위하여 부여한 번호체계이다. 만약 국제표준을 수용하여 시험방법을 제정하는 경우에는 KN 다음에 국제표준 번호를 부여하고 있다. 독자적으로 시험방법을 제정하는 경우에는 상황에 맞도록 적정한 번호를 부여한다.

전자파 보호 시험방법은 전자파 보호 기준에 의한 적합성평가 시험방법을 확인하기 위하여 「방송통신기자재 등의 적합성평가에 관한 고시」 제4조3항에 의해 규정하고 있으며 표 4와 같다.

표 4 전자파 보호 시험방법

관련 조항	전자파 장애방지 시험방법	별표	KN
제3조 제1항	정전기 방전 내성시험	1-1	6100042
제3조 제2항	방사성 RF 전자기장 내성시험	1-2	6100043
제3조 제3항	전기적 빠른 과도현상/버스트 내성시험	1-3	6100044
제3조 제4항	서지 내성시험	1-4	6100045
제3조 제5항	전도성 RF 전자기장 내성시험	1-5	6100046
제3조 제6항	전원주파수 자기장 내성시험	1-6	6100048
제3조 제7항	전압강하 및 순시정전 내성시험	1-7	61000411
제3조 제8항	펄스자기장 내성 시험방법	1-8	6100049
제4조 제1항	방송수신기 및 관련 기기류의 내성시험	3	20
제4조 제2항	자동차 및 내연기관 기기류 등에 대한 내성시험	6	41
제4조 제3항	전기철도기기류에 대한 내성시험	7	51
제4조 제3항	정보기기류에 대한 내성시험	5	24
제4조 제5항	의료기기에 대한 내성시험	2	60601-1-2
제6항 제1호	무선설비기기류의 공통 내성시험	8-1	301 489-1
제6항 제2호	이동가입무선전화장치 및 개인휴대전화용 무선설비의 기기에 대한 내성시험	8-2	301 489-7
제6항 제3호	무선데이터통신시스템용 특정소출력 무선기기의 내성시험	8-3	301 489-17

제6항 제4호	이동통신용 무선설비의 기기에 대한 내성시험	8-4	301 489-24
제6항 제5호	디지털코드없는 전화기에 대한 내성시험	8-5	301 489-6
제6항 제6호	생활무전기에 대한 내성시험	8-6	301 489-13
제6항 제7호	간이무선국에 대한 내성시험	8-7	301 489-5
제6항 제8호	특정소출력 무선기기에 대한 내성시험	8-8	301 489-3
제6항 제9호	음성 및 음향신호 전송용 특정소출력 무선기기에 대한 내성시험	8-9	301 489-9
제6항 제10호	이동전화용, 개인휴대전화용, 이동통신용 기지국, 무선 중계기, 보조기기에 대한 내성시험	8-10	301 489-26
제6항 제11호	주파수공용 무선전화장치에 대한 내성시험	8-11	301 489-18
제6항 제12호	아마추어무선국용 무선설비 내성시험	8-12	301 489-15
제6항 제13호	무선호출용 무선설비에 대한 내성시험	8-13	301 489-2
제6항 제14호	체내이식 무선의료기기에 대한 내성시험	8-14	301 489-27
제6항 제15호	지반 탐사 및 벽면 탐사 레이더에 대한 내성시험	8-15	301 489-32
제6항 제16호	위성휴대통신용 무선설비 내성시험	8-16	301 489-20
제6항 제17호	해상항해용 무선설비 내성시험	8-17	60945
제4조 제7항	가정용 전기기기 및 전동기기류에 대한 내성시험	4	142
제4조 제8항	조명기기류에 대한 내성시험	9	61547
제4조 제9항	아크용접기에 대한 내성시험	10	60947-10
제4조 제10항	주거, 상업 및 경공업 환경에서의 일반 내성시험	11	61000-6-1
제4조 제11항	무정전 전원장치에 대한 내성시험	12	62040-2
제4조 제12항	저압개폐장치 및 제어장치에 대한 내성시험	13	60947
제4조 제13항	산업환경에서의 일반 내성시험	14	61000-6-2
제4조 제14항	멀티미디어기기 전자파 내성시험	15	35

전자파 장애방지 시험방법 제4조 제10항과 전자파 보호 시험방법 제4조 제6항의 규정은 무선기기 전자파적합성 시험방법으로써 유럽의 유무선 단말지침(R&TTE)에 의한 ETSI 표준을 수용하여 제정하였다. 유럽의 경우 무선기기 전자파적합성 시험방법을 전자파 장애방지와 전자파 보호로 구분하지 않고 기기별로 하나의 시험방법으로 정하고 있다. 우리나라에서도 유럽의

표준을 수용하여 시험방법을 정하였으므로 무선기기 관련 전자파 장해 방지 시험방법과 전자파 보호 시험방법은 내용이 같으며 KN 번호 또한 같다.

제3장 가변속 전력구동기기 EMC 기준 및 시험방법 연구

제1절 연구 배경

산업용 전력망은 전력을 서브시스템으로 공급하는 방식으로 다양한 산업용 기기들이 동시스템에 연결되어 전력을 공급받는 구조로 설계되어있다. 현재 산업현장에서는 벨트 컨베이어 시스템, 정밀 전동기 제어기기 등의 인버터, 모터 등을 사용하는 가변속 전력구동기기가 많이 사용되고 있다. 이러한 대전력을 사용하는 기기에서 발생한 전자파는 공간으로 방출되어 인접 기기나 방송·통신 서비스 등에 영향을 미칠 뿐만 아니라 배전망을 통해서도 영향을 미치고 있다. 이렇게 가변속 전력구동기기와 인접기기 간에 장애가 발생됨에 따라 LG산전, 현대중공업 등의 산업체에서 관련 EMC 기준 마련을 요구하였다.

가변속 전력구동기기에서 발생하는 전자파는 배전망을 통하여 영향을 주고받는 9kHz 이하의 저주파수 대역과 공간으로 방사되어 영향을 주고받는 9kHz를 초과하는 고주파수 대역으로 구분하여 그 특성을 구분할 수 있다. 유럽, 일본, 중국, 캐나다 등 여러 나라에서는 저주파수 및 고주파수 대역의 전자파 기준 및 시험방법을 규정하여 인증에 활용하고 있으나 우리나라의 경우는 저주파수 대역의 기준이 마련되어 있지 않아서 관련 연구가 필요하다. 저주파수 전자파적합성은 배전망에 전자파 영향을 주지 않도록 하고 배전망에서 발생하는 전자파로부터 기기가 보호되도록 하기 위하여 규정하고 있다.

우리나라 전자파적합성 기준 및 시험방법은 IEC/CISPR 국제표준을 수용하여 규정하였고 가변속 전력구동기기는 현재 전자파 장애방지 기준에서 산업·과학·의료용을 적용하고 전자파 내성 기준은 산업환경에서의 일반기준을 적용하고 있는 실정이다. 산업체, 적합성평가 시험기관 등에서는 기기의 해외경쟁력을 높이고 생산 및 시험 비용의 절감을 위하여 가변속 전력구동기기 국제표준을 도입하여 줄 것을 요청하고 있다. 이에 따라 미래창조과학부 국립전파연구원에서는 기술개발에 따른 시장변화에 대응하고 산업체의 요구를 수용하여 가변속 전력구동기기의 전자파적합성 기준 및 시험방법을 마련코자 한다.

제2절 국내·외 가변속 전력구동기기 기준 및 시험방법

1. 국내현황

가. 가변속 전력구동기기 관련 전자파 장해방지 기준

우리나라는 가변속 전력구동기기 전자파 장해방지 기준이 마련되어 있지 않아 인버터 기기에 적용할 수 있는 전자파 장해방지 기준 제5조에 의한 별표 3의 산업·과학·의료용 등 고주파이용기기류 장해방지기준을 적용하고 있다. 산업·과학·의료용 등 고주파이용기기류 장해방지 기준은 CISPR 11의 국제표준을 수용하여 제정하였다.

<산업·과학·의료용 고주파 이용기기류 전자파 장해방지 기준>

산업·과학·의료용 등 고주파이용기기류 장해방지 기준은 전자파 전도기준과 전자파 방사성 방해 허용기준으로 구분하여 규정되어 있다. 전자파 전도 기준에서는 주전원 포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준을 규정하고 있으며 다음 표와 같다.

표 5 1종 A급기기 주전원 포트에서의 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 범위 MHz	정격입력전력 ≤ 20 kVA		정격입력전력 > 20 kVA ^{주1)}	
	준침두치dBμV	평균치dBμV	준침두치dBμV	평균치dBμV
0.15 ~ 0.5	79	66	100	90
0.5 ~ 5	73	60	86	76
5 ~ 30	73	60	90~73 ^{주2)}	80~60 ^{주2)}

주1) 분리된 중성선 또는 높은 임피던스로 접지된 산업용 배전계통에 단독으로 연결된(KS C IEC 60364-1참조) A급 기기에는 시험장에서 2종 A급 기기를 적용한다.

주2) 주파수의 대수적 증가에 따라 직선적으로 감소
(비고)

1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.

여기서 A급 기기는 가정외의 지역에서 사용하는 것을 목적으로 하는 업무용 기기를 의미한다. B급 기준은 주로 가정에서 사용하는 것을 목적으로 하는 가정용 기기를 의미한다.

전자파 방사성 방해 허용기준은 30MHz ~ 1GHz 대역, 측정거리 10m에서 측정하였을 때 기준을 규정하고 있으며 다음 표와 같다.

표 6 1종 A급 기기 방사성 방해 허용기준

주파수 범위MHz	10m 측정거리 정격입력 전력	
	$\leq 20 \text{ kVA}$	$> 20 \text{ kVA}^{\text{주1)}$
	준침두값 $\text{dB}\mu\text{W}/\text{m}$	준침두값 $\text{dB}\mu\text{W}/\text{m}$
30 ~ 230	40(10m 기준)	30(10m 기준)
230 ~ 1,000	47(10m 기준)	37(10m 기준)
주1) 허용기준은 정격 입력전력이 $> 20 \text{ kVA}$ 이고, 제3의 고감도 무선통신과 30m 이상 떨어진 장소에서 사용되는 기기에 적용한다. 제조자는 기기가 제3의 무선 서비스와의 이격 거리가 30m 이상인 장소에서 사용되어야 한다는 것을 기술문서에 표시하여야 한다. 만일 이 조건이 만족되지 않는다면 $\leq 20 \text{ kVA}$ 의 허용기준을 적용한다. (비고) 1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.		

표 7 설치장소에서 측정하는 1종 A급 기기 방사성 방해 허용기준

주파수 범위MHz	기기가 설치된 건물의 외벽 표면에서 30m 측정거리의 허용기준	
	전기장 준침두값 $\text{dB}\mu\text{W}/\text{m}$	자기장 준침두값 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$
0.15 ~ 0.49	-	13.5

0.49 ~ 3.95	-	3.5
3.95 ~ 20	-	-11.54
20 ~ 30	-	-21.5
30 ~ 230	30	-
230 ~ 1000	37	-
(비고)		
1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.		
2. 만일 현장의 조건이 30m의 거리에서 측정할 수 없다면, 더 먼 거리에서 측정할 수 있다. 이 경우, 적합성 검토를 위해 규정된 거리에 대해 측정 데이터를 정규화하기 위하여 20 dB/decade의 역 비례인자를 사용하여야 한다.		

나. 가변속 전력구동기기 관련 전자파 보호 기준

우리나라는 가변속 전력구동기기 전자파 내성 기준이 마련되어 있지 않아 산업환경에 적용할 수 있는 전자파 보호 기준 제6조제2항에 의한 별표 2의 산업환경에서의 일반 내성기준을 적용하고 있다. 산업환경에서의 일반 내성기준은 IEC 61000-6-2의 국제표준을 수용하여 제정하였다.

<산업환경에서의 일반 내성기준>

산업환경에서의 전자파 보호 기준은 합체포트, 신호선 포트, 입·출력 직류 전원 포트, 입·출력 교류 전원 포트에 대한 전자파 내성 기준을 규정하고 있다. 합체포트의 전자파 내성은 전원주파수 자기장, 방사성 RF 전자기장 신호를 인가하였을 경우 성능평가기준 A(시험 중이거나 시험종료 후에도 당해 기기의 사양에서 정한 성능을 유지하는 상태)를 만족하여야 하며, 정전기 방전 시험에서는 성능평가기준 B(시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험종료후 정상적으로 동작하는 상태)을 만족토록 하고 있다. 합체포트에 인가되는 전자파 내성 신호와 성능평가 기준은 다음 표와 같다.

표 8 정보기기류의 합체포트 전자파 내성

내성 시험명	시험 조건	단위	성능 평가 기준	비고
전원주파수 자기장	60 30	Hz A/m (rms)	A	주1), 주2)

방사성 RF 전자기장	80 ~ 1000 10 80	MHz V/m % AM (1kHz)	A	주3), 주4)
	1.4 ~ 2.0 3 80	GHz ^{주3)} V/m % AM (1kHz)		
	2.0 ~ 2.7 1 80	GHz ^{주3)} V/m % AM (1kHz)		
정전기 방전	±8 (기중방전) ±4 (접촉방전)	kV kV	B	

주1) 자계에 민감한 장치를 포함하는 기기에만 적용한다.
주2) CRT의 경우 1 A/m을 인가하며 이때 아래의 지터값을 초과하면 안된다.
 $J = (3C + 1)/40$
J : 지터단위(mm단위)
C : 문자의 크기(mm단위)
인가 레벨을 증가시켜 시험할 수 있으며 이 경우 허용된 지터의 값은 이가 레벨에 비례적으로 변경하여 적용한다
주3) ITU 방송대역 87~108 MHz와 174~230 MHz, 470~790 MHz에서는 3 V/m를 인가해도 좋다.
주4) 시험레벨은 변조하기 전의 실효치 값이며 실제 시험시에는 AM신호를 인가한다.

신호선 포트에는 전도성 RF 전자기장을 인가하였을 때 성능평가 기준 A, 서지, 전기적 빠른 과도현상 전자파를 인가하는 경우 성능평가기준 B를 만족하여야 한다.

입·출력 직류 전원 포트에는 전도성 RF 전자기장을 인가하였을 때 성능평가 기준 A, 서지와 전기적 빠른 과도현상 전자파를 인가하는 경우 성능평가기준 B를 만족하여야 한다.

입·출력 교류 전원 포트에는 전도성 RF 전자기장, 전압강하, 순간정전, 서지, 전기적 빠른 과도현상 전자파를 인가하였을 경우 성능평가 기준을 다음 표와 같이 규정하고 있다.

표 9 정보기기 입·출력 교류 전원포트의 전자파 내성

내성 시험명	시험 조건	단위	성능 평가 기준	비고
전도성 RF 전자기장	0.15~80 10	MHz V	A	주1), 주2)

	80		% AM(1 kHz)		
전압 강하	0		% 감소	B	주3), 주4)
	1		주기		
	40	70	% 감소	C	
	12	30	주기		
순간 정전	0 300		% 잔여전압 주기	C	주3), 주4)
서지	1.2/50 (8/20) ±2(선-접지간) ±1(선-선간)		Tr/Th μs kV(첨두치) kV(첨두치)	B	
전기적 빠른 과도현상	±2 5/50 5		kV(첨두치) Tr/Th ns kHz(반복 주파수)	B	
주1) ITU 방송대역 47~68 MHz에서는 3V를 인가해도 좋다.					
주2) 시험레벨은 변조하기 전의 실효치 값이며 실제 시험시에는 AM신호를 인가한다.					
주3) 입력포트에만 적용한다.					
주4) 전압과형의 위상이 0°에서 실시한다.					
주5) 전원컨버터의 경우 보호장치의 동작은 허용한다.					

2. 국제표준

가. 가변속 전력구동기기 EMC 국제표준

IEC 61800-3(가변속 전력구동기기의 전자파적합성 기준 및 시험방법)은 TC22/SC 22G소위원회에서 작성하였고 '12년 3월에 2.1판까지 발간하였으며 추가 개정작업을 추진하고 있다. 구성은 적용범위, 인용표준, 용어 정의 및 약어 순으로 규정되어 있다. 그리고 환경의 분류, 기기의 분류, 장애 및 내성기준, 기기 문서, 시험보고서에 관한 사항을 규정하고 있다. 부속서에는 EMC 기술, 저주파 현상, 무효 전력 보상-필터링, 고주파 방출에 대한 고려사항, EMC 분석 및 EMC 계획, 저주파수 전자파 내성-시험방법을 정하고 있다.

전자파가 영향을 미치는 경로에 따라 배전망을 통하여 인접 기기나 시스템에 영향을 주고받는 9kHz이하의 저주파수 전자파와 공간을 통하여 영향을 주고받는 9kHz를 초과하는 고주파수 대역의 전자파를 구분하였으며 엔지니어링 개념을 도입해 표준을 규정하였다.

3. 미국

가. EMC 기술기준 체계

미국 EMC 기술기준은 미국 전기통신법 1996에 의하여 FCC가 정하는 CFR(Code of Federal Resister) Part 15에서 규정하고 있다. Part 15는 무선 주파수 장치에 대한 준수하여야 할 규칙으로 해석된다. 우리나라와 미국 법률 체계를 직접적으로 비교하기는 어렵지만 보편적으로 전기통신법 1996은 우리나라 전파법에 해당되고, CFR Part 15는 전파법시행령, 전자파장해방지 기준 등 고시에 해당될 수 있다.

CFR Part 15의 구성을 살펴보면 제A장에서는 총론으로 일반적인 운영조건, 측정표준, 측정 검출기 기능 및 대역폭 등이 규정되어 있다. EMC 기술 기준 차원에서는 시험방법을 정의한다고 볼 수 있다. 제B장에서는 비의도적 방사에 대한 규정으로 컴퓨터, TV 시스템, 정보기기 등에 대한 전도기준과 방사기준에 대해 규정하고 있다. 제C장에서는 의도적 방사에 대한 기준으로 안테나에 의해 방사되는 신호의 크기를 제한하는 규정으로 무선시스템의 EMC 기준 전자파장해방지 기준을 정하고 있다. 제D장에서는 비허가 개인용 통신서비스 장치에 대한 기술적 요구사항을 규정하고 있으며, 제E장에서는 비허가 국가정보기기 장치에 대한 기준을 정하며, 제F장에서는 초광대역 무선기기(UWB) 요구사항을 규정하고 있다. 또한, 제G장에서는 전력선통신에 대한 국선접속 설비 기준(Access BPL) 기준을 규정하고 있다.



그림 3 미국 EMC 기술기준 체계

나. 가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준 및 시험방법

전자파장해방지 기준은 크게 비의도적 방사 특성을 가지는 정보기기 및 방송통신기기와 의도적 방사특성을 가지는 무선기기로 분류하여 세부 기술 기준을 정하고 있다.

비의도적 방사특성에 대한 기술기준은 CFR Part 15의 제B장에서 세부 기준을 정하고 있다. 미국에서도 30MHz 이하에서는 전도기준을 정하고 있으며, 30MHz 이상에서는 방사기준으로 전자파장해방지 기준을 정하고 있다. 미국의 비의도적으로 전파를 방사하는 정보기기 및 방송통신기기에 대한 전자파장해방지 기준은 다음 표와 같다.

표 10 미국의 비의도적 방사기기의 전도기준

주파수(MHz)	전도 한계치(dBμV)			
	준피크치		평균	
	A급	B급	A급	B급
0.15 ~ 0.5	79	66 ~ 56	66	56 ~ 46
0.5 ~ 5	73	56	60	46
5 ~ 30		60		50

비의도적 방사기기의 전도기준은 15.107에서 규정하고 있으며 기기의 전원포트에서 50μH/50Ω LISN을 이용하여 30MHz 이하의 전원주파수 잡음을 측정하게 된다.

비의도적 방사기기의 송출되는 방사 한계치는 15.109에서 규정하고 있으며 30MHz 이상에서의 누설전자파를 규정하고 있다.

표 11 미국의 비의도적 방사기기의 누설전자파 기준

주파수(MHz)	전계강도(μV/m)	
	A급기기	B급 기기
30 ~ 88	90	100
88 ~ 216	150	150
216 ~ 960	210	200
960 초과	300	500

4. 유럽

가. EMC 기술기준 체계

유럽의 EMC 기술기준은 EMC 지침 및 유무선 지침에 의해 규정하고 있다. 동 지침들은 우리나라의 전파법, 전파법시행령에 해당하는 것으로 세부 기술기준은 ETSI나 CEN/ELC 등 유럽표준화기관에서 제정한 표준들 중에 필요한 부분을 정하여 조화(harmonized) 표준으로 지정하여 운용하고 있다.

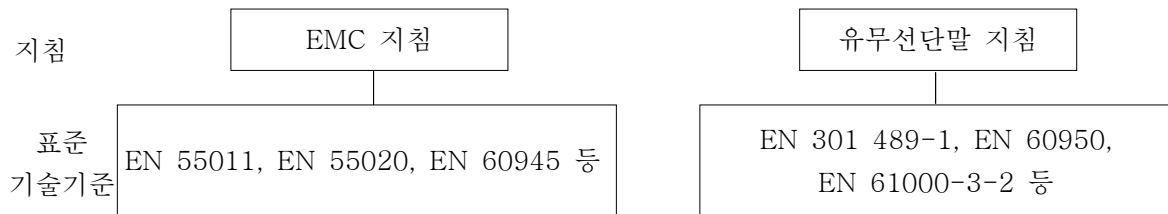


그림 4 유럽 EMC 기술기준 체계

유럽의 EMC 기술기준은 유럽연합의 표준화기관에서 제정한 표준을 기술 기준화함으로서 표준과 기술기준을 상호 조화롭게 운영하고 있다. 이에 따라 표준의 권고성과 기술기준의 강제성을 보완하고, 표준의 신속성과 기술 기준의 보수성을 조화시키고 있다.

나. 가변속 전력구동기기 EMC 기준 및 시험방법

유럽연합의 EMC 기술기준은 국제표준인 CISPR 기준을 수용하여 EN 61800-3을 개정('12년 9월)하고 제품의 인증 및 엔지니어링에 적용하고 있다.

제3절 저주파수 전자파 장애 및 내성 측정결과 분석

1. 저주파수 전자파 장애 측정결과

‘13.7월경에 EMC 기준전문위원회 B소위원회 위원 8여명(정부, 제조업체, 시험기관, 협회 등이 참여)이 참석하여 한국화학융합시험연구원 전자파 시험장에서 실시하였다. 측정목적은 국제 산업체의 기술수준과 시험기관의 저주파수 EMC 시험 능력 및 문제점을 조사하여 가변속 전력구동기기의 전자파적합성 기술기준 및 시험방법을 마련하는데 활용하기 위하여 실시하였다.

시험은 저주파수 전자파를 측정할 수 있는 전용장비를 사용하였으며 전용장비에 시료의 전원선을 연결하고 전원포트에서의 고조파, 전압변동 및 플리커를 측정하였다.

측정절차는 다음과 같이 하였다.

- IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3의 전자파 장애 측정방법 적용
- 가변속 전력구동기기를 저주파수 전자파 측정장비에 연결 후, 모터와 인버터의 동작속도를 최소 및 최대로 설정
- 엘리베이터 제어기기, LED 조명기기, 냉장고 등은 정상적인 동작상태로 설정
- 전원선을 통해 전도되는 고조파 전류 방출량, 전압변동 및 플리커를 측정

<가변속 전력구동기기 측정결과>

인버터와 모터의 동작속도를 최소 및 최대로 설정하고 고조파 전류 방출량, 전압변동 및 플리커를 측정했을 때 인버터와 모터를 최대 동작속도로 설정한 경우가 측정값이 더 높긴 했지만 모두 국제표준을 만족하였다.

시료로 사용된 가변속 전력구동기기는 내수/수출 겸용 모델로 저주파수 EMC 대책이 되어있는 제품을 사용하였다.

표 12 가변속 전력 구동기기 전압변동 및 플리커 측정결과

시 험	인버터 1 KHz,	인버터 15 KHz,	참조 기술기준	비고
-----	------------	-------------	---------	----

	모터 10 Hz	모터 60 Hz		
P_{st}	0.01	0.01	1.0	
P_{lt}	0.001	0.001	0.65	
d_{max}	0.008	0.080	4%	

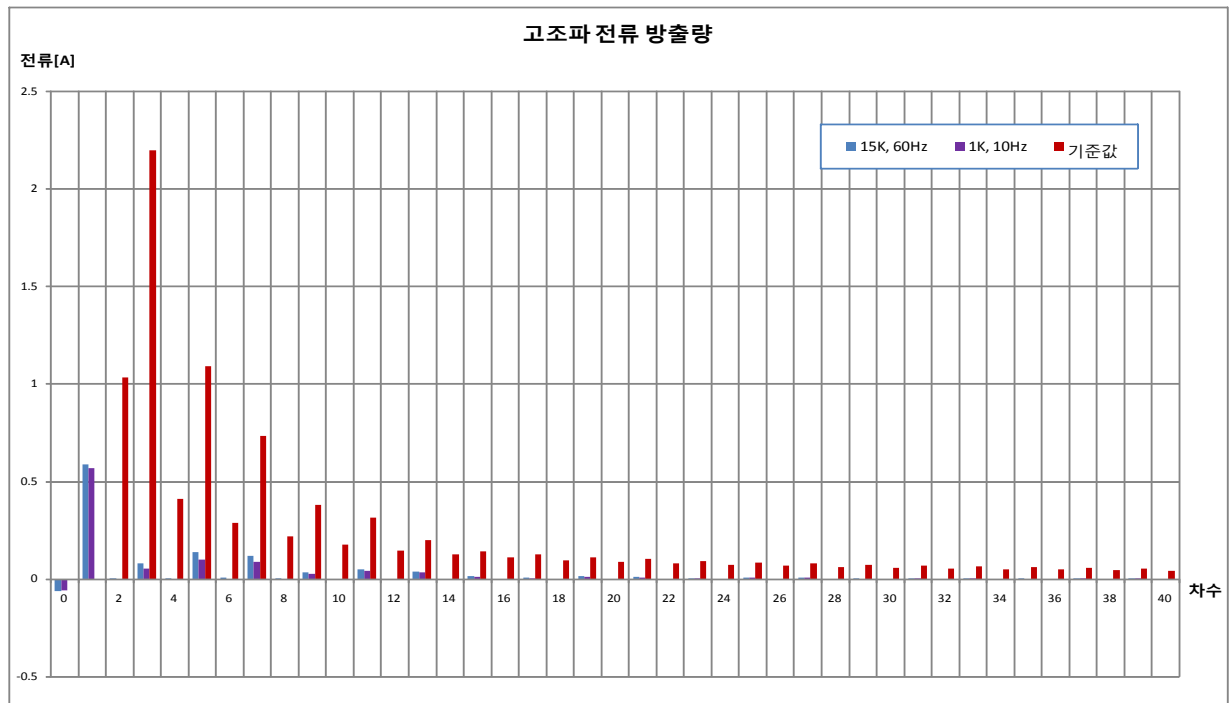


그림 5 가변속 전력 구동기기 고조파 전류 방출량 측정결과

<엘리베이터 제어기기 측정결과>

엘리베이터 제어기기를 정상 동작 상태에서 고조파, 전압변동 및 플리커를 측정한 결과는 국제표준의 기준을 만족하였다. 시료로 사용된 엘리베이터 제어기기는 저주파수 장애방지 대책이 되어있는 제품을 사용하였다.

표 13 엘리베이터 제어기기 전압변동 및 플리커 측정결과

시 험	측정값	참조 기술기준	비고
P_{st}	0.024	1.0	
P_{lt}	0.022	0.65	
d_{max}	0.032 %	4 %	

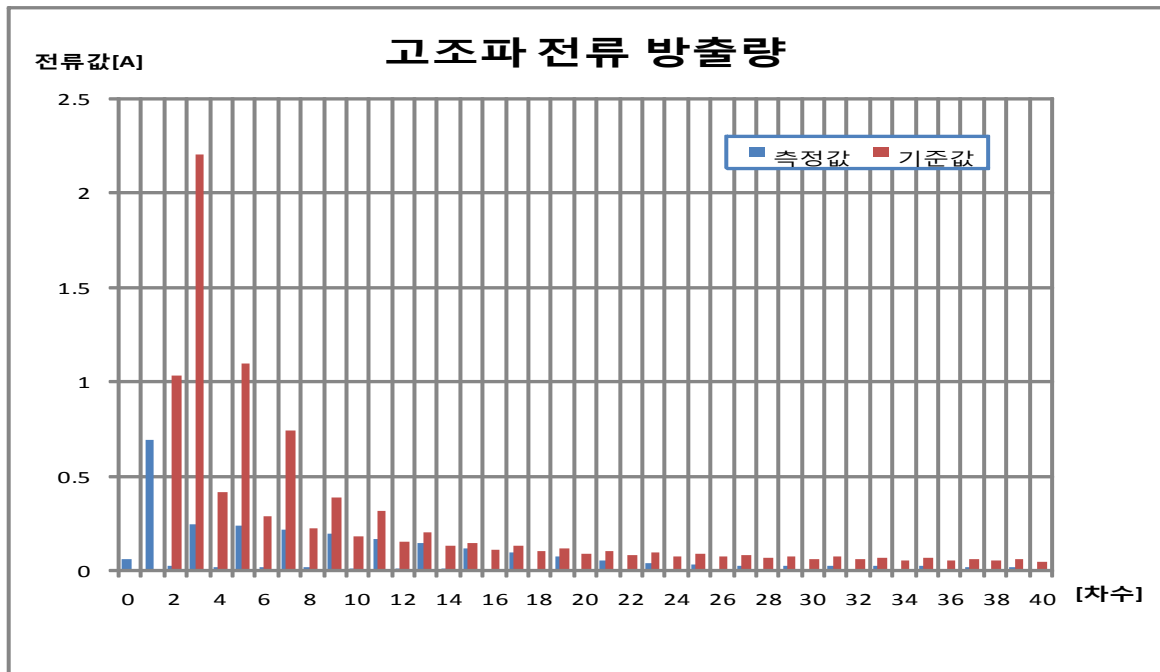


그림 6 엘리베이터 제어기기 고조파 전류 방출량 측정결과

<냉장고 측정결과>

냉장고를 정상 동작 상태에서 고조파 전류 방출량, 전압변동 및 플리커를 측정한 결과, 고조파 전류 방출량은 9, 11, 13, 15차 고조파에서 국제표준의 기준값을 초과하였으며 전압변동 및 플리커 측정결과는 기준값을 만족하였다. 시료로 사용된 냉장고는 내수용으로 제작된 가전기기를 사용하였으며 이 시료는 저주파수 장애방지 대책이 되어있지 않은 제품으로 판단된다.

표 14 냉장고 전압변동 및 플리커 측정결과

시 험	측정값	참조 기술기준	비고
P_{st}	0.024	1.0	
P_{lt}	0.022	0.65	
d_{max}	0.032	4%	

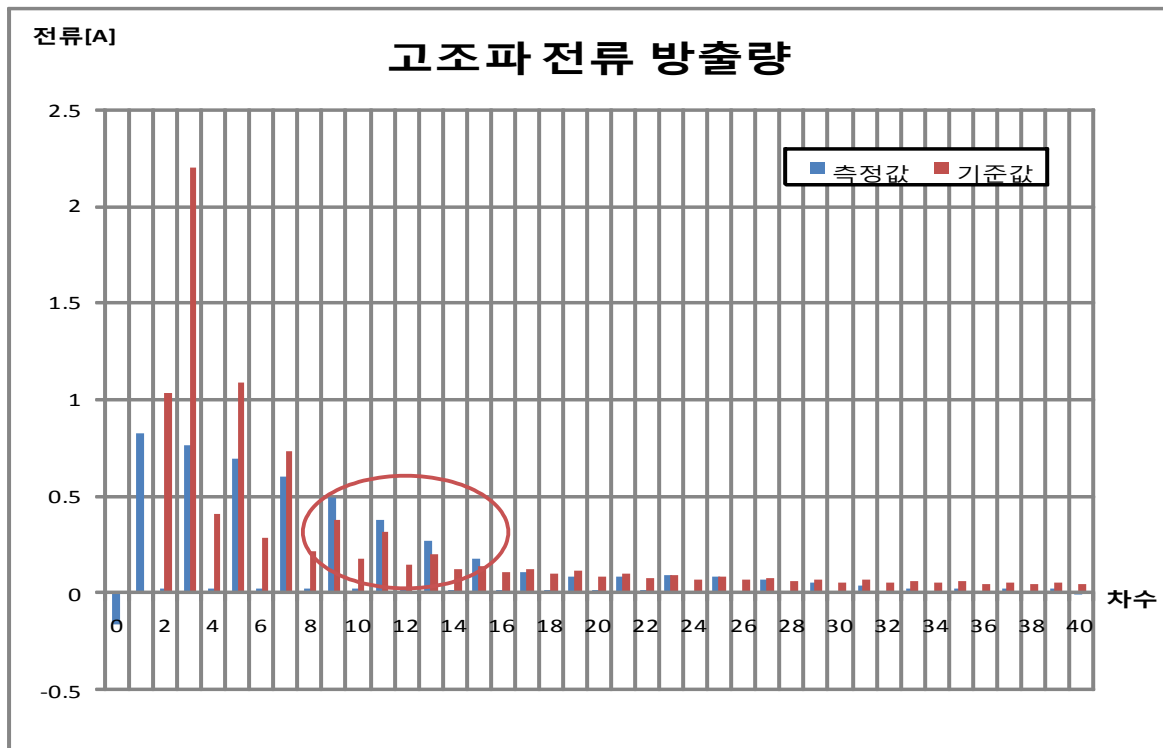


그림 7 냉장고 고조파 전류 방출량 측정결과

<LED 조명기기 측정결과>

LED 조명기기를 정상 동작 상태에서 고조파 전류 방출량, 전압변동 및 플리커를 측정한 결과, 고조파 전류 방출량은 기준값을 갖는 모든 차수의 고조파에서 국제표준의 기준값을 초과하였으며 전압변동 및 플리커 측정결과는 기준값을 만족하였다. 시료로 사용된 LED 조명기기는 내수용으로 제작된 조명기기를 사용하였으며 이 시료는 저주파수 방해방지 대책이 되어 있지 않은 제품으로 판단된다.

표 15 LED 조명기기 전압변동 및 플리커 측정결과

시 험	측정값	참조 기술기준	비고
P_{st}	0.002	1.0	
P_{lt}	0.0017	0.65	
d_{max}	0.008 %	4%	

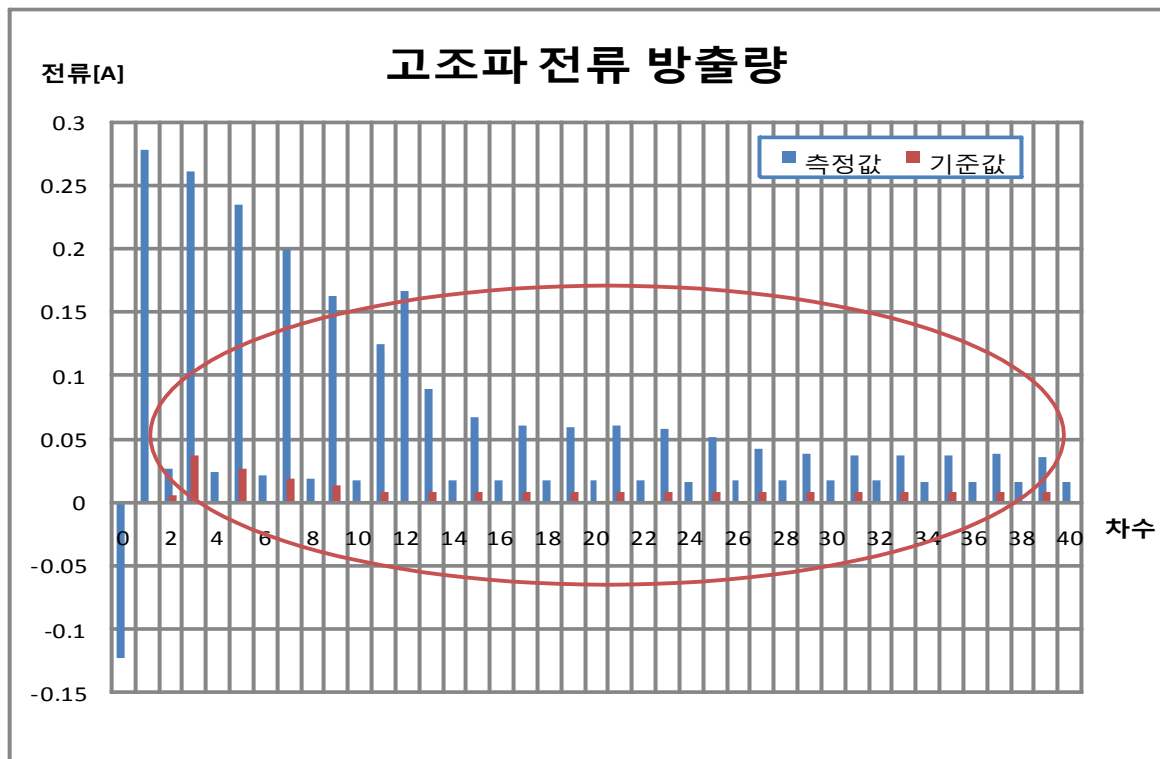


그림 8 LED 조명기기 고조파 전류 방출량 측정결과

<측정결과 분석>

저주파수 전자파 장해 측정결과를 분석한 결과, 내수용으로 제작된 기기는 고조파 전류 방출 허용기준을 만족하지 못하였고 해외 수출용으로 제작된 기기는 허용기준을 만족하였다. 우리나라는 저주파수 EMC 기준을 도입하지 않은 반면 유럽, 중국 등은 기준을 도입하여 기기의 인증에 활용하고 있기 때문에 해외에 제품을 판매하기 위해서는 저주파수 장해방지 부품을 사용하여 대책을 하여야 하기 때문에 내수용 제품과 수출용 제품의 허용기준 만족여부가 달라지는 것으로 판단된다.

2. 저주파수 전자파 내성 측정결과

‘13.7월경에 EMC 기준전문위원회 B소위원회 위원 8여명(정부, 제조업체, 시험기관, 협회 등이 참여)이 참석하여 한국화학융합시험연구원 전자파 시험장에서 실시하였다. 측정목적은 국제 산업체의 기술수준과 시험기관의 저주파수 EMC 시험 능력 및 문제점을 조사하여 가변속 전력구동기기의 전자

과적합성 기술기준 및 시험방법을 마련하는데 활용하기 위하여 실시하였다.

시험은 저주파수 전자파를 측정할 수 있는 전용장비를 사용하였으며 전용장비에 시료의 전원선을 연결하고 전원포트에 고조파, 정류 노치, 전압 편차, 전압강하, 순간정전, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 전자파를 인가해서 각 시험별로 기준에 맞게 동작하는지를 측정하였다.

<가변속 전력구동기기 측정결과>

가변속 전력구동기기는 국제 표준의 저주파수 전자파 내성 기술기준을 만족하였다. 전압강하 테스트의 경우, 공급 전압의 40%를 인가할 경우에는 모터가 정지하였고 공급 전압의 70%와 80%를 인가할 경우에는 가변속 전력구동기기가 초기화 되었다.

표 16 가변속 전력구동기기 전자파 내성 측정결과

시 험	성 능	참조 기술기준	비고
정류 노치	A	A	
고조파	A	A	
전압 강하	C	C	- 40% 전압에서 모터정지 - 70%, 80% 전압에서 PDS 리셋
순시 정전	C	C	
전압 변동	A	A	
전압 불균형	A	A	
주파수 변동	A	A	

※ A : 시험하는 동안에 기기는 정상동작

B : 시험 동안에 성능저하는 허용되지만, 시험이 완료된 후에는 기능 저하 없이 정상동작

C : 시험 후에 전원을 재인가함으로써 기능이 회복된다면 시험 중 일시적인 기능 손실은 허용

<엘리베이터 제어설비 측정결과>

엘리베이터 제어설비는 국제 표준의 저주파수 전자파 내성 기술기준을 만족하였다. 전압강하 테스트의 경우, 공급 전압의 40%를 인가할 경우에는 모터가 정지하였고 공급 전압의 70%와 80%를 인가할 경우에는 가변속 전력구동기기가 초기화 되었다.

표 17 엘리베이터 제어설비 전자파 내성 측정결과

시 험	성 능	참조 기술기준	비고
전환 노치	A	A	
고조파	A	A	
전압 강하	C	C	
순시 정전	C	C	
전압 변동	A	A	
전압 불균형	A	A	
주파수 변동	A	A	

※ A : 시험하는 동안에 기기는 정상동작

B : 시험 동안에 성능저하는 허용되지만, 시험이 완료된 후에는 기능 저하 없이 정상동작

C : 시험 후에 전원을 재인가함으로써 기능이 회복된다면, 시험 중 일시적인 기능 손실은 허용

<측정결과 분석>

시료로 사용된 기기들은 저주파수 전자파 내성 기준을 모두 만족하였다. 사용된 시료는 해외 수출용 제품으로 저주파수 EMC 대책이 되어 있는 것으로 판단된다.

제4절 가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정(안)

1. 전자파 장애방지 기준 및 시험방법 개정(안)

전자파 장애방지 기준 개정(안)에서는 제16조를 신설하여 가변속 전력구동기기 장애방지 기준 근거를 규정하고 별표 17에 세부적인 기준을 규정하고 있다. 가변속 전력구동기기 장애방지 기준은 멀티미디어 기기 전자파 장애 방지 국제표준(IEC 61800-3)을 참조하고 산업체, 지정시험기관 등의 의견을 수렴하여 전자파 장애방지 기준을 개정하였다.

별표 17에 의한 가변속 전력구동기기 장애방지 기준은 배전망을 통해 다른 기기에 영향을 미치는 저주파수 방해 기준, 공간을 통해 다른 기기에 영향을 미치는 고주파수 방해 기준으로 구분하였다. 저주파수 방해 기준은 전

원포트에서의 고조파 방해 허용기준, 순간전압변동 및 플리커 방해 허용기준을 규정하였다.

전원포트의 고조파 방해 허용기준은 기기의 전원포트에서 발생하는 전자파(고조파)가 전원선을 통해 배전망에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 전원포트에서 발생하는 비의도적 전자파를 직접 제한하도록 하는 규정이다. 기기에서 발생하여 배전망을 통해 전도되는 전자파(고조파)는 공칭전원주파수의 정수배가 되는 성분으로 2.4kHz 이하 대역(40차수)으로 한정하여 규정하고 있다. 이는 2.4kHz 이하 대역에서의 전자파 허용기준을 만족하면 그 이상의 대역에서의 고조파 성분(40차 초과)은 기기에 영향을 미치지 않는다는 의미로 해석된다.

고조파 방해 허용기준은 전원포트의 입력전류가 16A이하인 기기, 16A초과 75A이하인 기기, 75A 초과인 기기 그리고 산업용 배전망에 연결된 기기로 구분된다.

입력전류가 16A이하인 기기에 대한 고조파 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 18 입력전류가 16A이하인 기기에 대한 고조파 방해 허용기준

홀수 고조파		짝수 고조파	
고조파 차수 n	고조파 전류 A	고조파 차수 n	고조파 전류 A
3	2.30		
5	1.14	2	1.08
7	0.77	4	0.43
9	0.40	6	0.30
11	0.33	$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \times 8/n$
13	0.21		
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \times 15/n$		

입력전류가 16A초과 75A이하인 기기에 대한 고조파 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 19 평형 3상기기를 제외한 기기의 고조파 방해 허용기준

최소 $R_{sce}^{주1)}$	개별 고조파 전류 $I_n/I_1^{주2)})$ %						고조파 전류 왜곡률 인자 %	
	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}	총 고조파 왜곡률	부분 가중 고조파 왜곡률 ^{주3)}
33	21.6	10.7	7.2	3.8	3.1	2	23	23
66	24	13	8	5	4	3	26	26
120	27	15	10	6	5	4	30	30
250	35	20	13	9	8	6	40	40
≥ 350	41	24	15	12	10	8	47	47
주1) R_{sce} (단락 회로 비) : 단락 회로 전력(공칭 상간 전압과 선로 임피던스 Z 으로 계산)과 기기의 정격 피상 전력의 비 주2) I_1 =기준 기본 전류, I_n =고조파 전류 성분 주3) 부분 가중 고조파 왜곡률 : 고조파 차수 n 를 가중값으로 하는 기본파의 실효값 대비 14차 이상의 고조파의 실효값의 비 (비고) 1) 12차수까지 짝수차 고조파의 상대적인 값은 $16/n$ %를 초과하여서는 안 된다. 12차수 이상의 고조파는 홀수차 고조파에서와 마찬가지로 총 고조파 왜곡률(THD)과 부분 가중 고조파 왜곡률(PWHD)이 고려되어야 한다. 2) 연속되는 R_{sce} 값은 선형 보간값을 적용한다. KN 61000-3-12 부록 B를 참조할 것.								

표 20 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준

최소 $R_{sce}^{주1)}$	개별 고조파 전류 $I_n/I_1^{주2)})$ %				고조파 전류 왜곡률 인자 %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	총 고조파 왜곡률	부분 가중 고조파 왜곡률 ^{주3)}
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥ 350	40	25	15	10	48	46
주1) R_{sce} (단락 회로 비) : 단락 회로 전력(공칭 상간 전압과 선로 임피던스 Z 으로 계산)과 기기의 정격 피상 전력의 비						

주2) I^1 =기준 기본 전류, I^n =고조파 전류 성분
주3) 부분 가중 고조파 왜곡률 : 고조파 차수 n 를 가중값으로 하는 기본파의 실효값 대비 14차 이상의 고조파의 실효값의 비
(비고)
1) 12차수까지 짝수차 고조파의 상대적인 값은 $16/n$ %를 초과하여서는 안 된다. 12차수 이상의 고조파는 홀수차 고조파에서와 마찬가지로 총 고조파 왜곡률(THD)과 부분 가중 고조파 왜곡률(PWHD)이 고려되어야 한다.
2) 연속되는 R_{sce} 값은 선형 보간값을 적용한다. KN 61000-3-12 부록 B를 참조할 것.

표 21 특정 조건하에서 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준

최소 $R_{sce}^{주1)}$	개별 고조파 전류 $I_n/I_1^{주2)}$ %				고조파 전류 왜곡률 인자 %	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	총 고조파 왜곡률	부분 가중 고조파 왜곡률 ^{주3)}
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
≥ 120	40	25	15	10	48	46
주1) R_{sce} (단락 회로 비) : 단락 회로 전력(공칭 상간 전압과 선로 임피던스 Z 으로 계산)과 기기의 정격 피상 전력의 비						
주2) I_1 =기준 기본 전류, I_n =고조파 전류 성분						
주3) 부분 가중 고조파 왜곡률 : 고조파 차수 n 를 가중값으로 하는 기본파의 실효값 대비 14차 이상의 고조파의 실효값의 비						
(비고)						
1) 12차수까지 짝수차 고조파의 상대적인 값은 $16/n$ %를 초과하여서는 안 된다. 12차수 이상의 고조파는 홀수차 고조파에서와 마찬가지로 총 고조파 왜곡률(THD)과 부분 가중 고조파 왜곡률(PWHD)이 고려되어야 한다.						
2) 연속되는 R_{sce} 값은 선형 보간값을 적용한다. KN 61000-3-12 부록 B를 참조할 것.						
3) 특정조건은 다음의 조건 중 하나라도 일치하는 경우에 적용할 수 있다.						
- 5차, 7차 고조파 전류가 각각 기준 기본 전류의 5% 미만일 경우						
- 5차 고조파 전류의 위상각이 전 구간에서 어떤 값이든 취할 수 있는 경우						
- 5차 고조파 전류의 위상각이 기준 기본 위상 전압의 주기 중에 $90^\circ \sim 150^\circ$ 에 위치할 경우						

입력전류가 75A를 초과하는 기기는 IEC 61800-3의 6.2.3.3을 준용하며, 배전망에 기기의 현장측정은 IEC 61800-3의 6.2.3.4를 준용한다.

전원포트에서의 순간전압변동 및 플리커 방해 허용기준은 기기에서 소비되는 전력으로 인하여 배전망의 전압이 순간적으로 변하는 현상을 통해 기기에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 전원포트의 전자파를 직접 제한하도록 하고 있다. 플리커 현상은 전원의 전압변동으로 인하여 필라멘트 전구가 깜빡이는 현상이며, 이러한 자극으로 인하여 야기되는 시각적인 불안정한 느낌의 정도를 통계적으로 수치화하여 기준치가 설정되었다.

입력전류가 75A이하인 기기에 대한 순간전압변동 및 플리커 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 22 입력전류가 75A 이하인 기기에 대한 순간전압변동 및 플리커 방해 허용기준

현 상	허용기준
단기 플리커(P_{st}) ^{주1)}	1.0
장기 플리커(P_{lt}) ^{주2)}	0.65
전압 변화하는 동안의 값($d(t)$)	3.3 % ^{주3)}
상대적인 정상 상태 전압 변화(d_c)	3.3 %
최대 전압 변동(d_{max})	4 %
	6 % ^{주4)}
	7 % ^{주5)}

주1) 단기 플리커 : 짧은 주기 동안 평가되는 플리커의 가혹도

주2) 장기 플리커 : 연속적인 단기 플리커 값을 이용한 장시간 동안 평가되는 플리커의 가혹도

주3) 전압 변화하는 동안의 값 $d(t)$ 는 최소 500 ms 시간동안에 3.3 %를 초과하여서는 안된다.

주4) 하루에 두 번 이상의 수동 스위치 동작, 또는 자동 스위치 동작, 그리고 순간정전 후에 재시작하는데 지연시간(수 십초 이상)이 걸리거나 수동으로 재시작하는 경우

주5) 단속적으로 사용하는 경우(헤어 드라이어, 진공 청소기, 믹서와 같은 주방용 기기, 잔디 깎는 기계 같은 정원기기, 전기드릴 같은 휴대용

공구), 또는 하루에 두 번을 넘지 않는 자동 스위치 동작 또는 수동적으로 스위치 동작 되도록 의도된 경우, 그리고 순간정전 후에 재시작하는데 지연시간(수 십초 이상)이 걸리거나 수동으로 재시작하는 경우
비고) 플리커란 시간에 따라 동요하는 스펙트럼 분포 또는 발광 빛의 자극에 의해 야기되는 시각적인 감각의 불안정한 느낌

고주파수 방해 기준은 가변속 전력구동기기의 설치환경을 제1환경과 제2환경으로 구분하고, 가변속 전력구동기기를 카테고리 C1, C2, C3 그리고 C4로 분류하고 있다.

가변속 전력구동기기의 설치환경은 다음과 같다.

- 제1환경 : 주거용 구내 환경과 주거용 건물에 전원을 공급할 목적으로 제공되는 저압 배전망에 중간 변압기 없이 직접 연결되는 환경
- 제2환경 : 주거용 건물에 전원을 공급할 목적으로 제공되는 저압 배전망에 직접 연결되는 것을 제외한 모든 시설을 포함하는 환경

가변속 전력구동기기의 분류는 다음과 같다.

- 카테고리 C1 : 정격전압 1000V 이하의 가변속 전력구동기기로서, 제1환경에서 사용된다.
- 카테고리 C2 : 정격전압 1000V 이하의 가변속 전력구동기기로서, 플러그 장치 또는 이동식 장치가 아니며, 제1환경에서 사용될 경우 전문가에 의해서만 설치 및 관리된다.
- 카테고리 C3 : 정격전압 1000V 이하의 가변속 전력구동기기로서, 제2환경에서는 사용될 수 있으나 제1환경에서 사용될 수 없다.
- 카테고리 C4 : 정격전압 1000V 초과 또는 정격전류 400A 이상의 가변속 전력구동기기와 제2환경 내에서 복합 시스템으로 사용될 수 있는 기기.

가변속 전력구동기기의 분류별로 포트 방해전압의 허용기준, 전자파 방해 허용기준을 규정하고 있다.

주전원포트 방해전압 허용기준은 150kHz ~ 30MHz 주파수대역에 대한 전원포트 방해전압을 규정하고 있으며 카테고리 C1, C2, C3 기기에 대한 전원포트 방해전압 허용기준은 다음과 같다.

표 23 PDS의 카테고리 C1 및 C2의 기기

주파수 범위 MHz	카테고리 C1		카테고리 C2	
	준침두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)	준침두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)
0.15 ~ 0.5	66 ~ 56 ^{주1)}	56 ~ 46 ^{주1)}	79	66
0.5 ~ 5.0	56	46	73	60
5.0 ~ 30.0	60	50	73	60
주1) 허용 기준은 주파수의 대수적 증가에 따라 선형적으로 감소한다. 비고) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준을 적용한다.				

표 24 PDS의 카테고리 C3의 기기

정격전류	주파수 범위 MHz	준침두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)
I ≤ 100 A	0.15 ~ 0.5	100	90
	0.5 ~ 5.0	86	76
	5.0 ~ 30.0	90 ~ 70 ^{주1)}	80 ~ 60 ^{주1)}
I > 100 A	0.15 ~ 0.5	130	120
	0.5 ~ 5.0	125	115
	5.0 ~ 30.0	115	105
주1) 허용 기준은 주파수의 대수적 증가에 따라 선형적으로 감소한다. (비고) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준을 적용한다.			

통신포트(프로세스 측정 및 제어 포트) 방해전압 허용기준은 150kHz ~ 30MHz 주파수대역에 대한 통신포트 방해전압 허용기준을 규정하고 있다. 카테고리 C1 및 C2기기에 대한 통신포트 방해전압 허용기준은 정보기기류의 장해방지 기준 제1호 나목 (2) B급장비에 대한 전도성 방해전압 허용기준을 적용하고, 카테고리C3기기에 대한 통신포트 방해전압 허용기준은 정보기기류의 장해방지 기준 제1호 나목 (1) A급장비에 대한 전도성 방해전

압 허용기준을 적용한다.

전원인터페이스 방해전압 허용기준은 150kHz ~ 30MHz 주파수대역에 대한 전원인터페이스 방해전압 허용기준을 규정하고 있으며 카테고리 C1 및 C2기기에 대한 전원인터페이스 방해전압 허용기준은 다음과 같다.

표 25 PDS의 카테고리 C1 및 C2의 기기 전원 인터페이스 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 범위 MHz	정격 출력 전류에서 측정	
	준첨두값 dB(μ V)	평균값 dB(μ V)
0.15 ~ 0.5	80	70
0.50 ~ 30	74	64

(비고)

- 1) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준이 적용된다.
- 2) 해당 케이블의 길이가 2 m 미만이거나 전자파 문제가 없도록 완벽한 차폐 케이블이 사용된 경우, 전력 인터페이스에 대한 측정은 수행하지 않아도 된다.
- 3) 방출은 KN 14-1에 따라 전원 인터페이스에서의 방해 전압을 측정한다.
- 4) 전자파 저감 방법이 적용되어 KN 14-1에 따라 점검하는 것이 적절하지 못한 경우(예를 들어 공통모드 감소 방법), 주 전원 포트에서 전도성 방해전압을 측정하는 동안에 주 입력 케이블과 모터 케이블 사이의 결선을 구현함으로써 감소 방법의 적합성이 점검되어야 한다.

전자파 방사성 방해 허용기준은 30MHz ~ 1GHz대역에 대한 기준을 규정하고 있다. 카테고리 C1, C2, C3기기에 대한 전자파 방사성 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 26 PDS로부터 측정거리 10m 거리에서 전자파 방사성 방해 허용기준

주파수 범위 MHz	카테고리 C1	카테고리 C2	카테고리 C3
	전기장의 세기 준첨두값 dB(μ V/m)	전기장의 세기 준첨두값 dB(μ V/m)	전기장의 세기 준첨두값 dB(μ V/m)
30 ~ 230	30	40	50

230 ~ 1000	37	47	60
(비고) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준이 적용된다.			

가변속 전력구동기기 기준에서는 제1환경 및 제2환경의 설치장소에서 카테고리 C4기기에 대한 전자파 방해 허용기준을 규정하고 있다. 설치환경에서의 카테고리 C4에 대한 전도성 방해 전압 허용기준은 설치된 가변속 전력구동기기로부터 전기적으로 가장 가까이에 위치하여 피해가 예상되는 고압 또는 특고압 변압기의 2차측 저압에서 전파된 방해를 측정하여야 하며 전도성 방해 전압 허용기준은 150kHz ~ 30MHz 주파수대역에 대해 규정하고 있다. 설치장소에서 카테고리 C4의 전도성 방해 전압 허용기준은 다음과 같다.

표 27 PDS의 설치장소에서의 카테고리 C4기기의 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 범위 MHz	제1환경		제2환경	
	준첨두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)	준첨두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)
0.15 ~ 0.50	66 ~ 56주)	56 ~ 46주)	79	66
0.5 ~ 5.0	56	46	73	60
5.0 ~ 30.0	60	50	73	60
주) 허용 기준은 주파수의 대수적 증가에 따라 선형적으로 감소한다.				
(비고)				
1) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준이 적용된다.				
2) 설치된 PDS로부터 전기적으로 가장 가까이에 있는 피해가 예상되는 지역의 고압 또는 특고압 변압기의 2차측 저압에서 전파된 방해를 측정하여야 한다. (전자파 장애방지 시험방법 별표 18의 KN 61800-3 6.5.2 그림5, 그림6 참조)				

설치환경에서의 카테고리 C4에 대한 방사성 방해 허용기준은 제1환경에 있는 설비의 외부에서 간섭이 발생하면 이 설비의 경계로부터 10m 거리에서 측정하고 제2환경에 있는 설비의 외부에서 간섭이 발생하면 이 설비의 경계로부터 30m 거리에서 측정하여야 하며 방사성 방해 허용기준은 30MHz ~ 1GHz 주파수대역에 대해 규정하고 있다. 설치장소에서 카테고리

C4의 방사성 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 28 PDS의 설치장소에서의 카테고리 C4기기의 방사성 방해 허용기준

주파수 범위 MHz	전기장의 세기 성분 준침두값 dB(μ V/m)
0.15 ~ 0.49	75
0.49 ~ 3.95	65
3.95 ~ 20	50
20 ~ 30	40
30 ~ 230	30
230 ~ 1000	37
(비고) 1) 경계 주파수에서는 더 낮은 허용기준이 적용된다. 2) 제1환경에 있는 설비의 외부에서 간섭이 발생하면 이 설비의 경계로부터 10 m 거리에서 측정하고 제2환경에 있는 설비의 외부에서 간섭이 발생하면 이 설 비의 경계로부터 30 m 거리에서 측정하여야 한다.(전자파 장애방지 시험방법 별표 18의 KN 61800-3 6.5.2 참조)	

2. 전자파 보호 기준 및 시험방법 개정(안)

전자파 보호 기준 개정(안)에서는 제19조를 신설하여 가변속 전력구동기
기 내성 기준 근거를 규정하고 별표 16에 세부적인 기준을 규정하고 있다.
가변속 전력구동기기 내성 기준은 가변속 전력구동기기 전자파 보호 국제
표준(IEC 61800-3)을 참조하고 산업체, 지정시험기관 등의 의견을 수렴하여
기준을 개정하였다. 별표 16에 의한 가변속 전력구동기기 내성 기준은
9kHz 미만 대역의 저주파수 내성 기준과 9kHz 이상 대역의 고주파수 내성
기준으로 구분하였다. 저주파수 내성 기준의 경우, 내성시험을 통해 적합성
을 입증하여야 하지만 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정
이 불가능한 경우에 한해서 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계
산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 입증할 수 있도록 규정하였다.

저주파수 내성 기준은 정격전압이 1000V이하인 가변속 전력구동기기(PDS)의 주전원 및 보조전원 포트와 정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 및 보조전원 포트에 배전망으로부터 정류 노치, 고조파, 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 전자파가 인가되었을 때 성능평가 기준(A, B, C)에 적합여부를 평가토록 하였다.

정격전압이 1000V이하인 PDS의 주전원 및 보조전원 포트에는 정류 노치, 고조파, 총 고조파 왜곡률, 전압 편차, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 전자파가 인가되었을 때 오동작 또는 성능저하가 발생하지 않도록 A급으로 평가한다. 전압 강하 및 순간 정전은 C급(시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적으로 복원되는 상태)으로 평가한다. 정격전압이 1000V이하인 PDS의 주전원 및 보조전원 포트에 대한 내성 기준은 다음 표와 같이 규정하였다.

표 29 정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성

내성 시험명		제1환경 시험조건	제2환경 시험조건	성능 평가 기준
총 고조파 왜곡률		8 %	12 %	A
정류 노치		요구사항 없음	깊이 = 40 % 총 면적 = 250 % × °	A
고조파 (개별 차수)	2	3 %	5 %	A
	3	8 %	9 %	
	4	1.5 %	2 %	
	5	9 %	12 %	
	짝수 차수 6 ≤ h ≤ 40	요구사항 없음	1.5 %	
	7	7.5 %	10 %	
	9	2.5 %	4 %	
	11	5 %	7 %	
	13	4.5 %	7 %	
	15	요구사항 없음	3 %	
	17	3 %	6 %	
	19	2 %	6 %	
	21	요구사항 없음	2 %	

	23	2 %	6 %	
	25	2 %	6 %	
	27	요구사항 없음	2 %	
	29	1.5 %	5 %	
	31	1.5 %	3 %	
	33	요구사항 없음	2 %	
	35	1.5 %	3 %	
	37	1.5 %	3 %	
	39	요구사항 없음	2 %	
(비고) PDS는 이 표에 의한 내성시험을 통해 적합성을 입증하여야 한다. 다만, 시험 환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.				

표 30 정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전의 전자파 내성

내성 시험명	제1환경 시험조건		제2환경 시험조건		성능 평가 기준
전압 편차 (1분 경과후 부터 적용)	$\pm 10 \%^{(주1),(주5)}$		$\pm 10 \%^{(주1),(주5)}$		A ^{주2)}
전압 강하	잔류 전압 0 % 70 %	사이클 1 25/30 ^{주3)}	잔류 전압 0 % 40 % 70 % 80 %	사이클 1 10/12 ^{주3)} 25/30 ^{주3)} 250/300 ^{주3)}	C ^{주4)}
순간 정전	잔류 전압 0 %	사이클 250/300 ^{주3)}	잔류 전압 0 %	사이클 250/300 ^{주3)}	C ^{주4)}

주1) “전압 편차”는 공칭 공급 전압에 대한 공급 전압의 변동의 비를 의미한다. 3상 PDS의 전압 편차 시험 시에는 3상의 전압을 모두 동시에 올리거나 내려야 한다. KN 61800-3의 부록 F 참조.

주2) 전압이 공칭 값 미만일 경우, 전압에 종속적인 최대 출력 정격(속도/토크)이 감소될 수 있다.

주3) 사이클 x/y의 의미는 50 Hz 주파수에 대한 내성시험 시험조건 x를 적용하고, 60 Hz 주파수에 대한 내성시험 시험조건은 y를 적용한다.

주4) 인버터 모드에서 작동하는 선-정류형(line-commutated) 컨버터의 경우 퓨즈 개방이 허용된다.

주5) 전압 편차를 내성 시험을 하기 위한 전압 변동을 최대 스텝 크기는 내성 시험조건

<p>범위 내에서 제1환경의 경우 8 %, 제2환경의 경우 12 %이며, 전압 변동의 반복 주기 T는 5 초, 지속시간 t는 2 초로 규정한다.</p> <p>(비고) PDS는 이 표에 의한 내성시험을 통해 적합성을 입증하여야 한다. 다만 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.</p>
--

표 31 정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성

내성 시험명	제1환경 시험조건	제2환경 시험조건	성능 평가 기준
전압 불평형 ^{주1)}	역상분 2 % ^{주3)}	역상분 3 % ^{주3)}	A
주파수 변동	± 2 % ^{주2)}	± 2 % ^{주2)} ± 4 % (전원이 공공배전망에서 분리된 경우) ^{주2)}	A
<p>주1) 단상 PDS의 경우 해당 없음.</p> <p>주2) 주파수 변동율은 초당 1 %로 한다. 단, 전원이 공공배전망에서 분리된 경우는 초당 2 %로 한다. KN 61800-3의 부록 F 참조.</p> <p>주3) KN 61800-3 부록 F 참조.</p> <p>(비고) PDS는 이 표에 의한 내성시험을 통해 적합성을 입증하여야 한다. 다만, 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.</p>			

정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에는 정류 노치, 고조파, 총 고조파 왜곡률, 전압 편차, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 전자파가 인가되었을 때 오동작 또는 성능저하가 발생하지 않도록 A급으로 평가한다. 전압 강하 및 순간 정전은 C급(시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적으로 복원되는 상태)으로 평가한다. 정격전압이 1000V이하인 PDS의 주전원 포트에 대한 내성 기준은 다음 표와 같이 규정하였다.

표 32 정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성

내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
고조파 (총 고조파 왜곡률 및 개별 고조파 차수)	KN 61000-2-4 3급 적합성 레벨	A
고조파 단기(<15초)	KN 61000-2-4 2급 영구적 적합성 레벨의 1.5배	A
정류 노치	깊이=40 % 면적 ^{주)} =125 %×각도(°)	A
주) KS C IEC 60146-1-1의 C급이 변압기의 1차측에 해당한다.		

표 33 정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전의 전자파 내성

내성 시험명	시험조건		성능 평가 기준
전압 편차	1분 경과후부터	±10 %	A ^{주1)}
	1분 이내에서	+10 % / -15 %	
전압 강하	잔류 전압 0 % 40 % 70 % 80 %	사이클 1 10/12 ^{주2)} 25/30 ^{주2)} 250/300 ^{주2)}	C ^{주3)}
순간 정전	잔류 전압 0 %	사이클 250/300 ^{주2)}	C ^{주3)}
<p>주1) “전압 편차”는 공칭 공급 전압에 대한 공급 전압의 변동의 비를 의미한다. 3상 PDS의 전압 편차 시험 시에는 3상의 전압을 모두 동시에 올리거나 내려야 한다. 전압 편차를 고려할 때, 모든 스텝 전압은 공칭 전압의 ± 12 %를 초과하지 않아야 하며 스텝 간의 시간은 2 초 이상이어야 한다.</p> <p>전압이 공칭 값 미만일 경우, 전압 종속적인 최대 출력 전력 정격(속도/토크)이 감소될 수 있다.</p> <p>주2) 사이클 x/y의 의미는 50 Hz 주파수에 대한 내성시험 시험조건 x를 적용하고, 60 Hz 주파수에 대한 내성시험 시험조건은 y를 적용한다.</p> <p>주3) 인버터 모드에서 작동하는 선-정류형(line-commutated) 컨버터의 경우 퓨즈 개방이 허용된다.</p>			

표 34 정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 주전원 포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성

내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
전압 불평형	역상분 2 %	A
주파수 변동	± 2 % ± 4 % (전원이 공공배전망에서 분리된 경우)	A

정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 보조전원 포트에는 정류 노치, 고조파, 총 고조파 왜곡률, 전압 편차, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 전자파가 인가되었을 때 오동작 또는 성능저하가 발생하지 않도록 A급으로 평가한다. 전압 강하 및 순간 정전은 C급(시험 중에는 기기의 성능이 떨어지나 시험 종료 후 전원 개폐 또는 재시동 등에 의해 정상적으로 복원되는 상태)으로 평가한다. 정격전압이 1000V이하인 PDS의 보조전원 포트에 대한 내성 기준은 다음과 같이 규정하였다.

정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 보조전원 포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성 기준은 제3장 4절 2.의 표 29정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성과 같다.

정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 보조전원 포트에 대한 총 고조파 왜곡률, 고조파, 정류 노치의 전자파 내성 기준은 제3장 4절 2.의 표 30정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 편차, 전압 강하, 순간 정전의 전자파 내성과 같다.

정격전압이 1000V를 초과하는 PDS의 보조전원 포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성 기준은 제3장 4절 2.의 표 31정격전압이 1000V이하인 PDS의 전원포트에 대한 전압 불평형, 주파수 변동의 전자파 내성과 같다.

고주파수 내성 기준은 합체포트, 전원 포트, 신호 인터페이스, 전원 인터페이스, 프로세스 측정 및 제어 포트에 외부에서 전자파가 인가되었을 때 성능평가 기준(A, B, C)에 적합여부를 평가토록 하였다.

합체포트에는 80MHz ~ 1GHz, 1.4GHz ~ 2.0GHz, 2.0GHz ~ 2.7GHz 대역을 소인하는 방사성 RF 전자기장과 정전기의 전자파가 인가될 수 있으므로 이에 대한 기준을 정하였다. 방사성 RF 전자기장 시험은 공간에서 강한 전자파가 인가되었을 때 오동작 또는 성능저하가 발생하지 않도록 A급으로 평가한다. 정전기는 전자파가 인가되는 순간에는 오동작을 허용하지만 정전기 시험이 끝난 후에는 정상적으로 동작토록 하는 B급으로 평가한다. 합체포트의 전자파 내성은 다음 표와 같이 규정하였다.

표 35 PDS의 합체포트의 전자파 내성

적용 환경	내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
제1환경	정전기방전	±4 kV(접촉방전) ±8 kV(기중방전, 접촉방전이 불가능한 경우)	B
	방사성 RF 전자기장	80 MHz ~ 1 000 MHz 3 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
	방사성 RF 전자기장	1.4 GHz ~ 2.0 GHz 3 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
	방사성 RF 전자기장	2.0 GHz ~ 2.7 GHz 1 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
제2환경	정전기방전	±4 kV(접촉방전) ±8 kV(기중방전, 접촉방전이 불가능한 경우)	B
	방사성 RF 전자기장	80 MHz ~ 1000 MHz 10 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
	방사성 RF 전자기장	1.4 GHz ~ 2.0 GHz 3 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
	방사성 RF 전자기장	2.0 GHz ~ 2.7 GHz 1 V/m 80 % AM(1 kHz)	A
(비고) 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사			

와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.

전원 포트에는 전도성 RF 전자기장, 서지, 전기적 빠른 과도현상의 전자파를 인가하여 내성을 평가토록 한다. 전도성 RF 전자기장은 0.15MHz ~ 80MHz 전자파를 인가하여 성능평가 기준 A를 만족하여야 한다. 서지 및 전기적 빠른 과도현상은 전자파 내성신호 인가시 B급의 성능 평가 기준을 만족하여야 한다. 전원 포트의 내성 기준은 다음 표와 같다.

표 36 PDS의 전원포트의 전자파 내성

적용 환경	내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
제1환경	전기적 빠른 과도현상	$\pm 1 \text{ kV}/5 \text{ kHz}^{\text{주1)}$	B
	서지 ^{주2)}	$\pm 1 \text{ kV}$ (선-선간) $\pm 2 \text{ kV}$ (선-접지간) 1.2/50(8/20) (Tr/Th μs)	B
	전도성 RF 전자기장	0.15 MHz ~ 80 MHz 3 V 80 % AM(1 kHz)	A
제2환경	전기적 빠른 과도현상	$\pm 2 \text{ kV}/5 \text{ kHz}^{\text{주1)}$	B
	서지 ^{주2)}	$\pm 1 \text{ kV}$ (선-선간) $\pm 2 \text{ kV}$ (선-접지간) 1.2/50(8/20) (Tr/Th μs)	B
	전도성 RF 전자기장 ^{주3)}	0.15 MHz ~ 80 MHz 10 V 80 % AM(1 kHz)	A
주1) 전류 정격이 100 A 미만인 전원 포트: 결합/감결합회로망을 이용하여 직접 결합. 전류 정격이 100 A 이상인 전원 포트: 감결합회로망 없이 직접 결합 또는 용량성 클램프 사용. 용량성 클램프를 사용하는 경우, 시험 레벨은 제1환경은 $\pm 1 \text{ kV}/5 \text{ kHz}$, 제2환경은 $\pm 4 \text{ kV}/5 \text{ kHz}$ 를 인가하여야 한다. 주2) 경부하 시험 조건하에서 전류 소비가 63 A 미만인 전원 포트에만 적용한다. 기본 절연의 정격 충격전압을 초과하지 않아야 한다(KS C IEC 60664-1 참조). 주3) 제조업체의 기능 사양에 준하는 연결선의 길이가 3 m를 초과하는 포트 또는 인터페이스의 경우에만 적용한다. (비고) 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.			

전원 인터페이스는 전기적 빠른 과도현상의 전자파를 인가하여 내성이 갖추어져 있는지를 평가한다. 전기적 빠른 과도현상은 B급 성능평가 기준이 적용된다. 전원 인터페이스의 내성 기준은 다음 표와 같다.

표 37 PDS의 전원 인터페이스 포트의 전자파 내성

적용 환경	내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
제1환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주)}	$\pm 1 \text{ kV/5 kHz}$	B
제2환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주)}	$\pm 2 \text{ kV/5 kHz}$	B

주) 제조업체의 기능 사양에 준하는 연결선의 길이가 3 m를 초과하는 포트 또는 인터페이스의 경우에만 적용한다.
 (비고) 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.

신호 인터페이스에는 전도성 RF 전자기장, 전기적 빠른 과도현상의 전자파를 인가하여 내성을 평가토록 한다. 전도성 RF 전자기장은 0.15MHz ~ 80MHz 전자파를 인가하여 성능평가 기준 A를 만족하여야 한다. 전기적 빠른 과도현상은 전자파 내성신호 인가시 B급의 성능 평가 기준을 만족하여야 한다. 전원 포트의 내성 기준은 다음 표와 같다.

표 38 PDS의 신호 인터페이스의 전자파 내성

적용 환경	내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
제1환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주)}	$\pm 1 \text{ kV/5 kHz}$ 용량성 클램프	B
	전도성 RF 전자기장 ^{주)}	0.15 MHz ~ 80 MHz 3 V 80 % AM(1 kHz)	A
제2환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주)}	$\pm 2 \text{ kV/5 kHz}$ 용량성 클램프	B
	전도성 RF 전자기장 ^{주)}	0.15 MHz ~ 80 MHz 10 V 80 % AM(1 kHz)	A

주) 제조업체의 기능 사양에 준하는 연결선의 길이가 3 m를 초과하는 포트 또는 인터페이스

이스의 경우에만 적용한다.

(비고) 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.

프로세스 측정 및 제어 포트 및 60V이하 보조 직류전원 포트에는 전도성 RF 전자기장, 서지, 전기적 빠른 과도현상의 전자파를 인가하여 내성을 평가토록 한다. 전도성 RF 전자기장은 0.15MHz ~ 80MHz 전자파를 인가하여 성능평가 기준 A를 만족하여야 한다. 제1환경의 경우, 전기적 빠른 과도현상의 내성신호 인가시 B급의 성능 평가 기준을 만족하여야 하며, 제2환경의 경우, 서지 및 전기적 빠른 과도현상의 전자파 내성신호 인가시 B급의 성능 평가 기준을 만족하여야 한다. 프로세스 측정 및 제어 포트 및 60V이하 보조 직류전원 포트의 내성 기준은 다음 표와 같다.

표 39 PDS의 프로세스 측정 및 제어 포트 및 60V이하 보조 직류전원 포트의 전자파 내성

적용 환경	내성 시험명	시험조건	성능 평가 기준
제1환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주1)}	±1 kV/5 kHz	B
	전도성 RF 전자기장 ^{주1)}	0.15 MHz ~ 80 MHz 3 V 80 % AM(1 kHz)	A
제2환경	전기적 빠른 과도현상 ^{주1)}	±2 kV/5 kHz	B
	서지 ^{주2)}	±1 kV (선-선간) ±2 kV (선-접지간) 1.2/50(8/20) (Tr/Th μ s)	B
	전도성 RF 전자기장 ^{주1)}	0.15 MHz ~ 80 MHz 10 V 80 % AM(1 kHz)	A

주1) 제조업체의 기능 사양에 준하는 연결선의 길이가 3 m를 초과하는 포트 또는 인터페이스의 경우에만 적용한다.

주2) 경부하 시험 조건하에서 전류 소비가 63 A 미만인 전원 포트에만 적용한다.

기본 절연의 정격 충격전압을 초과하지 않아야 한다(KS C IEC 60664-1 참조).

(비고) 시험환경, 시험설비 등의 기술적인 문제로 시험·측정이 불가능한 경우, 제조사와 시험소간 협의에 따라 대체시험, 계산, 모의시험 등의 방법으로 적합성을 증명할 수 있다.

가변속 전력구동기기 전자파 보호 시험방법은 국제표준(IEC 61800-3)을 대부분 수용하여 규정하였으나 가변속 전력구동기기의 현장측정을 진행하면서 시험조건이 명확하게 규정되어있지 않아 측정이 어려운 몇몇 내성시험의 문제점이 발견되었다. 전압 편차, 전압 불평형, 주파수 변동 등의 세부 시험방법은 관련 국제표준을 참조하였고 부록에 별도로 시험의 조건을 명확하게 규정하였다.

전압 편차

전압 편차 내성시험방법은 공공 및 산업의 전원 공급 회로망에 접속하고 있는 기기에 대한 내성 시험을 포함하며, 전도현상만을 고려한다. 이 시험방법은 국제표준 IEC 61000-4-14를 참조하여 가변속 전력구동기기의 시험조건에 맞게 규정되었으며 학계, 산업체, 적합성평가 시험기관 등의 의견수렴을 통하여 마련하였다. 전압 편차의 시험레벨은 다음과 같다.

표 40 PDS의 전압 편차 전자파 내성 시험조건

등급	U_n	$U_n - 10\% U_n$	$U_n + 10\% U_n$
1	시험이 필요 없다		
2	$\Delta U = \pm 8\% U_n$	$\Delta U = +8\% U_n$	$\Delta U = -8\% U_n$
3	$\Delta U = \pm 10\% U_n$	$\Delta U = +12\% U_n$	$\Delta U = -12\% U_n$
X	X	X	X
주) X급에 대한 레벨은 개방되어 있다.			

피시험기기는 각 선택된 전압편차의 일련의 세가지 시퀀스를 가진 시험레벨 및 간격의 조합에 의해 시험되며 전압편차 시퀀스들 사이에는 두 번의 최소 60초의 시간 간격이 있어야 한다. 3상 기기의 경우는 모든 3상에서 동시에 시험되어야 한다.

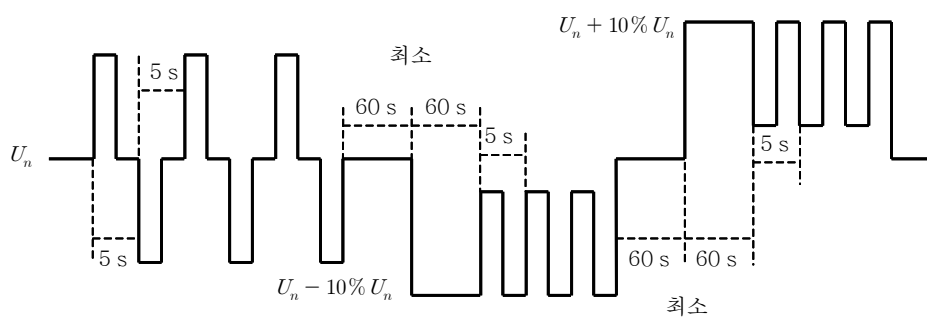
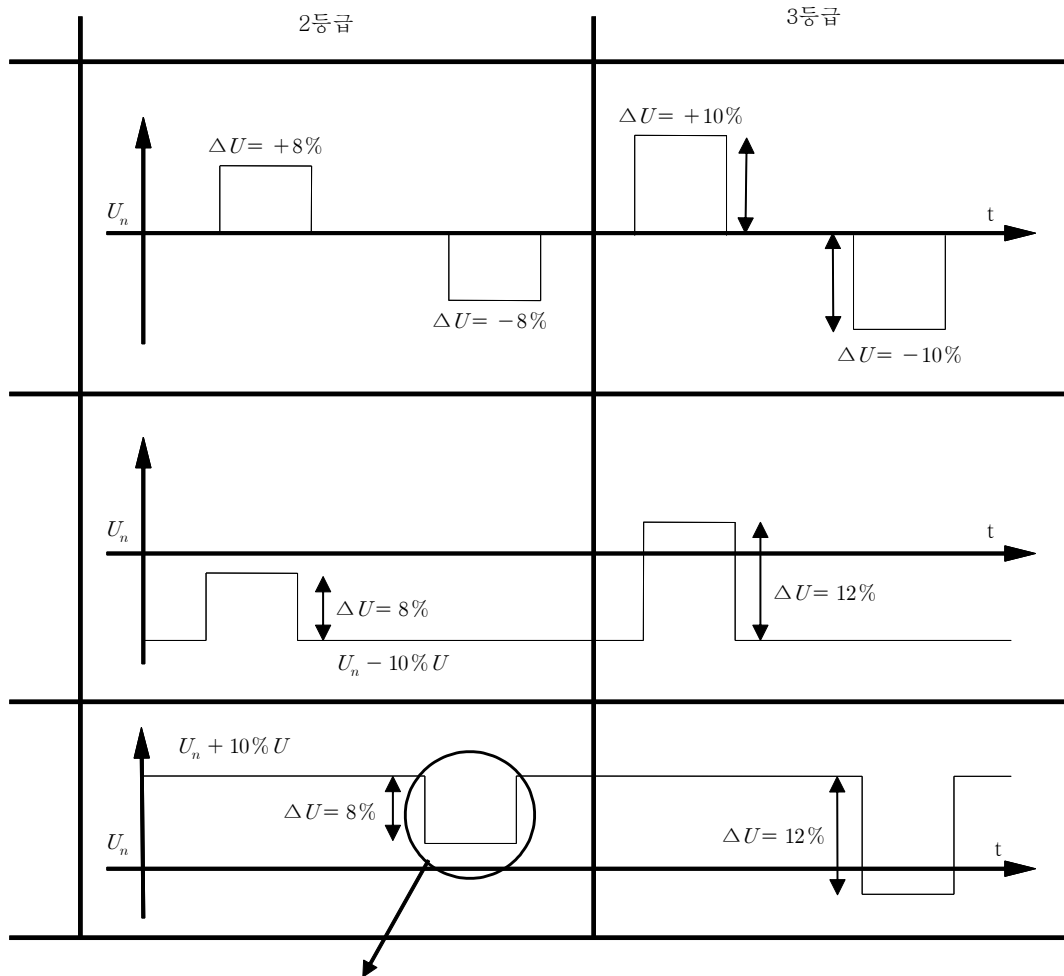


그림 9 PDS의 전압 편차 시험 시퀀스

주파수 변동

전압 편차 내성시험방법은 전원 주파수가 변화할 경우에 전기·전자 기기의 내성 시험에 관한 것이다. 이 시험방법은 국제표준 IEC 61000-4-28을 참조하여 가변속 전력구동기기의 시험조건에 맞게 규정되었으며 학계, 산업체, 적합성평가 시험기관 등의 의견수렴을 통하여 마련하였다. 주파수 변동

의 시험레벨은 다음과 같다.

표 41 PDS의 주파수 변동 전자파 내성시험 조건

등급	주파수 변화($\Delta f/f_1$)	과도 시간 t_p
1	시험이 필요 없음.	시험이 필요 없음.
2	$\pm 2 \%$	2 s
3	$\pm 4 \%$	2 s
X	개방	개방

적절한 시험 레벨을 적용하여 피시험기기를 시험하여야 하며 각각의 시험은 세 번 수행되어야 한다. 3상 시스템에 대해서는 3상 전체가 동시에 시험을 하여야 한다.

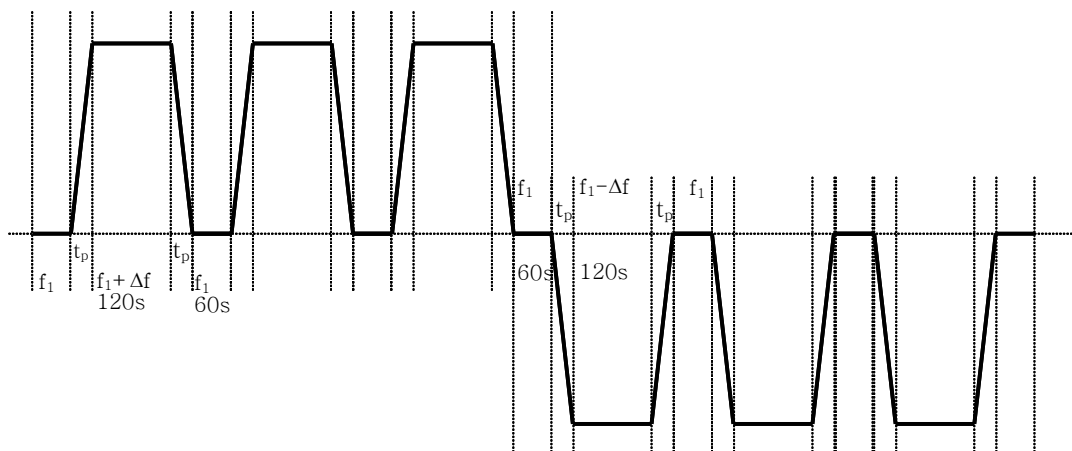


그림 10 PDS의 주파수 변동 시험 시퀀스

전압 불평형

전압 불평형 내성시험방법은 불균형으로 공급된 전력 전압이 전기·전자 장비에 인가되었을 경우에 장비의 내성을 평가하기 위한 것이다. 이 시험은 삼상과 중성선을 가진 장비중에 상과 중성선 사이에 연결된 단상 부하의 조합으로 작동되는 장비에는 적용하지 않는다. 전압 불평형의 시험조건은 다음과 같다.

표 42 PDS의 전압 불평형 전자파 내성시험 조건

시험수	1등급의 시험 레벨	등급 2의 시험레벨					등급 3의 시험레벨					등급X에 대한 시험레벨
		상	증폭 %U _N	각도 °	K ₂ %	시간 s	상	증폭 %U _N	각도 °	K ₂ %	시간 s	
시험	시험은 요구되지 않는다.	U _a	100	0°	2	180	U _a	100	0°	3	180	
		U _b	98.0	121°			U _b	98.0	122.7°			
		U _c	95.2	240°			U _c	95.2	240°			

주1) U_N은 일반적인 전압이다.
주2) U_b는 U_a에 대해 지연된(지상) 값이고, U_c는 U_a에 대해 앞선(진상) 값이다.

각 시험 레벨에 대해서 적어도 세 가지 불평형 시퀀스의 계통이 각 사이에 최소한 3분 간격으로 적용되어야 한다. 적용된 시험 레벨은 다음에 따라서 교대로 한다.

- 첫 번째 시퀀스 : U_a - L₁, U_b - L₂, U_c - L₃
- 두 번째 시퀀스 : U_a - L₂, U_b - L₃, U_c - L₁
- 세 번째 시퀀스 : U_a - L₃, U_b - L₁, U_c - L₂

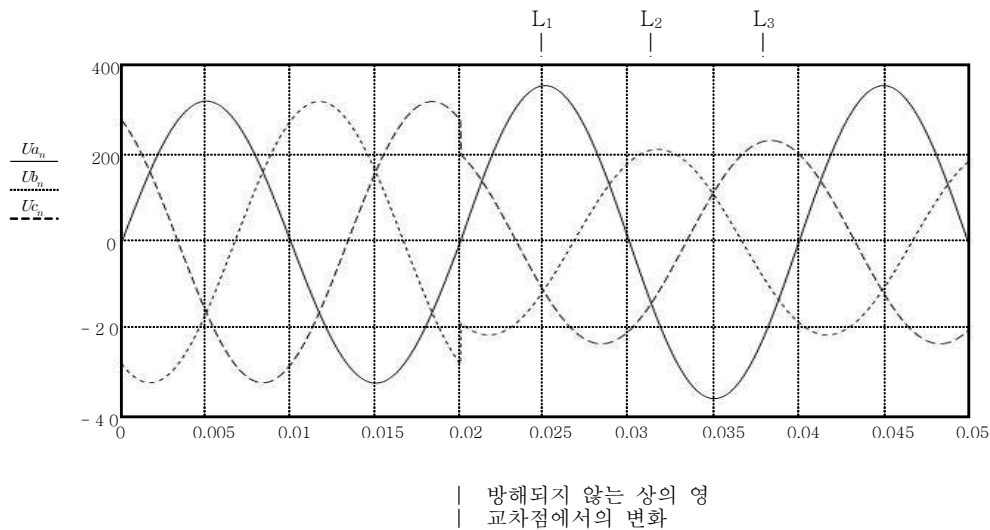


그림 11 PDS의 전압 불평형 시험 시퀀스

제4장 저주파수 전자파적합성 시험방법 연구

제1절 연구 배경

우리나라 전력산업은 공공재로써 한국전력에서 일반 공공 배전망에 대한 저주파수 EMC를 직접 관리하고 있으며 공장 등과 같은 대단위 전력소비자와는 계약을 통해 공공 배전망에 영향을 미치지 않도록 저주파수 EMC를 관리하고 있다. 그러나 산업용 배전망의 경우 관리할 수 있는 관련 규정이 마련되어 있지 않은 실정이다. 산업현장에서는 산업 기술의 발달에 따라 전력전자소자 및 반도체 이용기기 등의 비선형부하를 소재로 하는 산업설비들이 늘어나고 있으며 이러한 고전압·대전력을 사용하는 산업설비들은 공간으로 전자파를 방출하여 인접기기나 방송·통신 서비스에 영향을 미칠 뿐만 아니라 전원 포트에서 전도되는 전자파로 같은 배전망에 연결되어있는 인접기기나 시스템에 영향을 미치고 있다. 이러한 배전망의 전력품질에 영향을 주는 저주파수 전자파는 산업설비의 오류 및 고장 원인이 되고 있어 산업체에서 관련 EMC 시험방법 마련을 요구하였다.

9kHz이하 대역의 저주파수 전자파는 배전망을 통하여 인접 기기나 시스템에 영향을 미치고 있으며 고조파, 상호고조파, 전압 불평형, 전압변동 및 플리커, 과도 과전압, 전압 강하, 순간 정전 등의 여러 형태로 배전망의 전력품질에 영향을 주고 있다. 유럽, 일본, 중국, 캐나다 등 여러 나라에서는 저주파수 장애방지에 대한 규정을 만들어 인증에 활용하고 있으나 우리나라의 경우는 전압 강하, 순간 정전 등 일부의 저주파수 내성 시험방법만이 규정되어있어 이외의 저주파수 전자파와 관련하여 시험할 수 있는 시험방법의 연구가 필요하다.

이에 따라 본 연구에서는 저주파수 전자파에 의한 배전망의 전력품질에 영향을 최소화시키기 위하여 추진되었으며 저주파수 전자파에 대한 국내·외의 동향을 살펴보고 학계, 산업체, 적합성평가 시험기관 등의 의견수렴을 통하여 저주파수 적합성 시험방법을 마련코자 한다.

제2절 국내 · 외 저주파수 전자파적합성 기준 및 시험방법

1. 국내현황

가. 저주파수 관련 전자파 장애방지 시험방법

유럽, 일본 등 외국의 여러 나라에서는 관련 규정을 제정하여 공공 배전망의 전력품질을 관리하고 있으나, 우리나라의 전력사업은 공공재로써 한국 전력에서 일반 공공 배전망에 대한 저주파수 EMC(고조파, 전압 변동)를 직접 관리하고 있으며 산업설비 등과 같은 대단위 전력소비자와는 계약을 통하여 공공 배전망에 영향을 주지 않게 저주파수 EMC를 관리하고 있어 개별 제품에 관한 저주파수 전자파 장애방지 기준 및 시험방법이 마련되어있지 않다.

나. 저주파수 관련 전자파 보호 시험방법

우리나라의 저주파수 관련 전자파 내성 시험방법은 전자파 보호 시험방법 제3조제7항에 의한 별표 1-7의 전압강하 및 순간정전 시험방법이 규정되어 있으며 IEC 61000-4-11의 국제표준을 수용하여 제정하였다. 이 시험방법에서는 상당 16A를 넘지 않는 정격전류를 갖는 전기 및 전자장비에 적용되며 저전압 전원공급회로망에 연결된 전기 및 전자장비에 대한 내성 시험방법과 시험레벨을 정의하고 있으며, 용어 정의, 시험 장치 특성 및 성능, 시험 배치, 시험 절차 등을 규정하고 있다.

표 43 전압 강하와 순간 정전에 대한 권장 시험레벨과 지속시간

시험레벨 % U_T	전압 강하와 순간 정전 % U_T	지속시간(주기)
0	100	0.5 1 5 10 25 50 X
40	60	
70	30	

주1) 0.5 주기에서는 양극성과 음극성에서, 즉 0°와 180° 각각에서 출발하여 시험하여야 한다.

(비고)

1. 위에서 하나 이상의 시험레벨을 선택하여야 한다.
2. 만약 피시험기기가 100%의 전압 강하로 시험된다면, 일반적으로 같은 지속시간에 대한 다른 레벨의 시험은 할 필요가 없다. 그러나 안전보호 시스템이나 전자기계 장치와 같은 어떤 경우에는 사실이 아닐 수 있다. 제품규격이나 EMC 기준전문위원회에서는 이 주에 대한 적용성을 설명하여야 한다.
3. “X”는 미정 지속시간 레벨이다. 이 지속시간을 제품규격에서 제공할 수 있다. 일반적으로 1/2주기부터 3000주기까지 사이의 지속시간에 대한 전압 강하와 순간 정전을 측정하여 왔으나, 실질적으로 50주기 이하가 가장 일반적이다.
4. 임의의 지속시간을 임의의 시험레벨에 적용할 수 있다.

2. 국제표준

가. 저주파수 전자파 장애방지 관련 국제표준

IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-12, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11 등은 TC77/SC 77A소위원회에서 작성하였다. 구성은 적용범위, 인용표준, 용어 정의 및 약어, 기기의 분류, 일반 요구규격, 고조파전류 허용기준 순으로 규정되어 있다. 부속서에는 측정 회로와 공급 전원, 측정 기기에 대한 요구 규격, 시험 조건을 정하고 있다.

IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-12의 표준은 공공 저압 배전망에 연결되어 있는 기기에서 발생하는 고조파 방출량을 측정할 수 있는 시험방법이며, IEC 61000-3-2는 기기의 입력전류가 상당 16A이하인 기기, IEC 61000-3-12는 기기의 입력전류가 상당 16A를 초과하고 75A이하인 기기에 대한 측정방법을 규정하고 있다. 각각의 시험방법에는 기기를 분류하여 2~40차 고조파까지의 허용기준을 정의하고 있다.

IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11의 표준은 공공 저압 배전망에 연결되어 있는 기기에 의해서 전원전압의 변동하는 양과 전압 변동에 의해 발생하는 플리커를 측정할 수 있는 시험방법이며, IEC 61000-3-3는 기기의 입력전류

가 상당 16A이하인 기기, IEC 61000-3-11는 기기의 입력전류가 상당 16A를 초과하고 75A이하인 기기에 대한 측정방법을 규정하고 있다. 각각의 시험 방법에는 환경을 분류하여 전압 변동의 허용기준을 정의하고 있다.

3. 국가별 저주파수 EMC 관리 현황

가. 미국

미국의 저주파수 EMC는 전문가의 자발적 참여로 구성된 위원회에서 제정이 되었으며, 강제적 효력이 없는 IEEE 기준을 적용하고 있으나 현재 국제표준의 개념을 적용하는 방향으로 기준개정을 진행중에 있다.

나. 유럽

유럽의 배전망 관리 기준은 국제 표준을 수용하여 규정하고 있으며, 우리나라와는 다르게 전력사업을 공공 기관이 아닌 사설 전력회사들이 운영하고 있어 전력시스템의 전력품질을 관리하기 위하여 영향을 주는 가정용 등의 일반 전기·전자 기기에서 유출되는 저주파수 전자파를 일정수준 이하로 제한하고 있다.

다. 일본

일본 공공 배전망은 지역에 따라 50Hz 및 60 Hz를 사용하고 있으며 사용 전압은 100V, 110V, 115V 등으로 다양하다. 일본은 1994년 정부의 주도로 산업체, 전력회사 전문가로 위원회를 구성하여 국가차원의 고조파 가이드라인을 설정하였다. 고압 사용자의 고조파 전류 발생량을 50% 감소하기 위하여 수전전압별 억제목표치를 설정하고 있으며 가전기기의 고조파 전류 발생량을 25% 감축시키기 위하여 고조파 억제 가이드라인을 제정하여 운영중에 있으나 가전기기에 대해서는 규제는 하지 않으며 권고사항이다.

제3절 저주파수 전자파적합성 시험방법 개정(안)

1. 전자파 장애방지 시험방법 개정(안)

전자파 장애방지 시험방법 개정(안)에서는 제3조 제11항 및 제12항을 신설하여 저주파수 장애방지 시험방법 근거를 규정하고 별표 1-11 및 1-12에 세부적인 시험방법을 규정하고 있다. 저주파수 시험방법은 가변속 전력구동기기의 저주파수 장애를 측정하기 위하여 국제표준(IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-12, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11)을 참조하고 산업체, 지정시험기관 등의 의견을 수렴하여 전자파 장애방지 시험방법을 개정하였다.

이번에 마련한 시험방법의 적용 범위는 제품별 기준에서 저주파수 시험방법을 준용한 경우에만 적용토록 하였다. 따라서 가변속 전력구동기기에만 저주파수 시험이 적용된다. 일반적인 멀티미디어기기, 가전기기에 대한 저주파수 전자파적합성 적용 여부는 EMC 기준전문위원회에서 별도로 논의되고 있다.

별표 1-11은 공공 저압 배전망에서의 고조파 전류 방출 측정방법이며 전원포트에서 발생하는 비의도적인 전자파를 측정하기 위한 시험방법이다.

공공 저압 배전망에서의 고조파 전류 방출 측정방법은 기기의 전원포트에서 발생하는 전자파(고조파)가 전원선을 통해 배전망에 미치는 영향을 측정하기 위하여 공칭전원주파수(60Hz)의 정수배가 되는 성분을 측정할 수 있도록 규정하였으며 전원포트의 상당 정격전류가 16A이하의 기기, 16A초과 75A이하의 기기로 구분하였다.

상당 정격전류가 16A이하인 기기의 공공 저압 배전망에서의 고조파 전류 방출 시험방법에서는 A, B, C, D등급으로 기기를 분류하고 적합성 레벨을 규정하고 있다.

A 등급의 기기

- 평형 3상 기기
- 가정용 기기, D 등급 분류 기기를 제외한 기기
- 백열등용 조광기

- 음향기기
- 다른 세 개의 등급 중 하나로 지정되지 않은 기기

저주파수 장해방지 시험방법에서 고조파 전류 방출량의 A 등급의 기기에 대한 적합성 레벨은 제3장 4절 1.의 표 18 입력전류가 16A이하인 기기에 대한 고조파 방해 허용기준과 같다.

B 등급의 기기

- 휴대용 기기
- 전문가용 기기에 포함되지 않는 아크 용접기

저주파수 장해방지 시험방법에서 고조파 전류 방출량의 B 등급의 기기에 대한 적합성 레벨은 A 등급 기기에 대한 적합성 레벨에 1.5를 곱한 값을 초과해서는 안 된다.

C 등급의 기기

- 조명 기기

저주파수 장해방지 시험방법에서 고조파 전류 방출량의 C 등급의 기기에 대한 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 44 C 등급 기기에 대한 적합성 레벨

고조파 차수 n	기본 주파수에서 입력 전류의 백분율로 표시되는 최대 허용 고조파 전류 %
2	2
3	$30 \cdot \lambda^{(주)}$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (홀수 차수만)	3
주) λ 는 회로 역률	

D등급의 기기

지정 전력이 600W 이하인 다음과 같은 종류의 기기

- 개인 컴퓨터와 개인 컴퓨터의 모니터
- TV 수신기

저주파수 장애방지 시험방법에서 고조파 전류 방출량의 D 등급의 기기에 대한 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 45 D 등급 기기에 대한 적합성 레벨

고조파 차수 n	최대 허용 고조파 전류 /W mA/W	최대 허용 고조파 전류 A
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
$13 \leq n \leq 39$ (홀수 차수만)	$3.85/n$	$0.15 \times 15/n$

상당 정격전류가 16A초과 75A이하인 기기의 공공 저압 배전망에서의 고조파 전류 방출 시험방법에서는 평형 3상 기기를 제외한 기기, 평형 3상 기기, 특정 조건하의 평형 3상 기기로 구분되며 평형 3상 기기를 제외한 기기의 적합성 레벨은 제3장 4절 1.의 표 19 평형 3상기기를 제외한 기기의 고조파 방해 허용기준, 평형 3상 기기의 적합성 레벨은 제3장 4절 1.의 표 20 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준, 특정 조건하의 평형 3상 기기의 적합성 레벨은 제3장 4절 1.의 표 21 특정 조건하에서 평형 3상기기의 고조파 방해 허용기준과 같다.

별표 1-12는 공공 저압 배전망에서의 전압변동 및 플리커 방출 측정방법이며 전원포트에서 발생하는 비의도적인 전자파를 측정하기 위한 시험방법이다.

공공 저압 배전망에서의 전압변동 및 플리커 방출 측정방법은 기기에 의해서 발생하는 전자파(전압변동)이 전원선을 통해 배전망에 미치는 영향(전압변동 및 플리커)을 측정할 수 있도록 규정하였으며 전원포트의 상당 정격 전류가 75A이하의 기기에 대해서 규정하고 있다.

상당 정격전류가 75A이하의 기기에 대한 고조파 방해 허용기준은 다음과 같다.

표 46 75A이하의 기기에 대한 전압변동 및 플리커 적합성 레벨

현 상	허용기준
단기 플리커(P_{st}) ^{주1)}	1.0
장기 플리커(P_{lt}) ^{주2)}	0.65
전압 변화하는 동안의 값($d(t)$)	3.3 % ^{주3)}
상대적인 정상 상태 전압 변화(d_c)	3.3 %
최대 전압 변동(d_{max})	4 %
	6 % ^{주4)}
	7 % ^{주5)}
주1) 단기 플리커 : 짧은 주기 동안 평가되는 플리커의 가혹도 주2) 장기 플리커 : 연속적인 단기 플리커 값을 이용한 장시간 동안 평가되는 플리커의 가혹도 주3) 전압 변화하는 동안의 값 $d(t)$ 는 최소 500 ms 시간동안에 3.3 %를 초과하여서는 안된다. 주4) 하루에 두 번 이상의 수동 스위치 동작, 또는 자동 스위치 동작, 그리고 순간정전 후에 재시작하는데 지연시간(수 십초 이상)이 걸리거나 수동으로 재시작하는 경우 주5) 단속적으로 사용하는 경우(헤어 드라이어, 진공 청소기, 믹서와 같은 주방용 기기, 잔디 깎는 기계 같은 정원기기, 전기드릴 같은 휴대용 공구), 또는 하루에 두 번을 넘지 않는 자동 스위치 동작 또는 수동적으로 스위치 동작 되도록 의도된 경우, 그리고 순간정전 후에 재시작하는데 지연시간(수 십초 이상)이 걸리거나 수동으로 재시작하는 경우	
비고) 플리커란 시간에 따라 동요하는 스펙트럼 분포 또는 발광 빛의 자극에 의해 야기되는 시각적인 감각의 불안정한 느낌	

2. 전자파 내성 시험방법 개정(안)

전자파 보호 시험방법 개정(안)에서는 제3조 제9항 및 제10항을 신설하여 저주파수 장애방지 시험방법 근거를 규정하고 별표 1-9 및 1-10에 세부적인

시험방법을 규정하고 있다. 저주파수 시험방법은 가변속 전력구동기기의 저주파수 장애를 측정하기 위하여 국제표준(IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-4)을 참조하고 산업체, 지정시험기관 등의 의견을 수렴하여 전자파 장애방지 시험방법을 개정하였다.

이번에 마련한 시험방법의 적용 범위는 제품별 기준에서 저주파수 시험방법을 준용한 경우에만 적용토록 하였다. 따라서 가변속 전력구동기기에만 저주파수 시험이 적용된다. 일반적인 멀티미디어기기, 가전기기에 대한 저주파수 전자파적합성 적용 여부는 EMC 기준전문위원회에서 별도로 논의되고 있다.

별표 1-9은 공공 저압 배전망에서의 저주파 내성 시험방법이며 고조파, 상호고조파, 전압 불평형, 전압변동 및 플리커, 과도 과전압, 전압 강하, 순간 정전 등의 공공 배전망의 특성과 배전망에 연결된 기기의 내성 기준을 설명하고 있다.

고조파

고조파는 공칭 전원주파수의 정수배가 되는 성분으로 주파수 컨버터, 사이클로 컨버터, 인덕션 모터, 용접기 그리고 아크 용광로 등의 비선형 전압/전류 특성을 갖는 장비에서 발생된다. 고조파는 변압기 과열, 커패시터와 회전 기계 내의 부가적 손실, 통신 장애 등의 원인이 될 수 있다.

공공 저압 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 고조파 전압 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 47 고조파 전압 적합성 레벨

홀수 고조파 3의 배수가 아님		홀수 고조파 3의 배수 ^{주)}		짝수 고조파	
고조파 차수 h	고조파 전압 %	고조파 차수 h	고조파 전압 %	고조파 차수 h	고조파 전압 %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1.5	4	1
11	3.5	15	0.4	6	0.5
13	3	21	0.3	8	0.5
$17 \leq h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$21 < h \leq 45$	0.2	$10 \leq h \leq 50$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$

주) 3의 배수인 홀수 고조파에 대해 주어진 레벨은 영 순차 고조파로 적용한다. 또한 중성 선이 없거나 선로와 접지 간의 연결부하가 없는 3상 배전망에서 3차와 9차 고조파의 값은 시스템의 불평형에 따라서 적합성 레벨보다 많이 낮을 것이다.

표 48 총 고조파 왜곡률(THD) 적합성 레벨

	적합성 레벨
총 고조파 왜곡률(THD)	8 %

상호고조파

상호고조파는 공칭 전원주파수의 비 정수배가 되는 성분(고조파와 인접한 고조파 사이의 성분)으로 주파수 컨버터, 사이클로 컨버터, 인덕션 모터, 용접기 그리고 아크 용광로 등의 비선형 전압/전류 특성을 갖는 장비에서 발생된다. 상호고조파는 열을 발생시키고 통신 간섭의 원인이 될 수 있으며 디스플레이 및 백열전구의 플리커 현상이 발생할 수 있다.

전압 변동 및 플리커

전압 변동은 공칭 전원전압의 진동, 상승, 하강 등의 현상이며 용접기, 아크 용광로, 아크 용접기, 다양한 부하를 가진 큰 모터 등에 의해 발생된다. 전압 변동은 디스플레이 및 백열전구의 플리커 현상, TV나 컴퓨터 등 전압 변동에 민감한 전자제어장비의 시스템 오류 등의 원인이 될 수 있다.

플리커는 전압 변동에 의해서 생기는 현상으로 전압 변동으로 인해 백열전구가 깜빡일 때 사람이 느끼는 불안한 정도를 수치화한 값이다.

공공 저압 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 전압 변동의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 49 전압 변동 및 플리커 적합성 레벨

현 상	허용 기준
빠른 전압변동	3 % ^{주1)} ^{주2)}
플리커	단기 : $P_{st} = 1$
	장기 : $P_{lt} = 0.8$
주1) 3 %를 초과 하는 단계 전압변동은 공공 공급 네트워크에서 가끔 발생	

할 수 있다.
 주2) 예외적인 부하의 변화 또는 스위칭 동작에 따른 일반적인 구동 범위 (예 : 명시된 공급전 압의 $\pm 10\%$)를 벗어나는 전압 진폭은 고전압-중전압 변환기에서 부하가 장착된 탭 전환기가 동작할 때까지 수십 초 간 가능하다.

전압 강하 및 순간 정전

전압 강하 및 순간 정전은 일정시간동안 공칭 전원전압이 감소하는 현상이며 과도한 전류를 포함하고 있는 스위칭 조작 또는 단전을 야기하는 보호 장비(자동 차단기 포함)의 조작에 의해 발생한다. 전압 강하 및 순간 정전은 정류 장비의 부정확한 동작, 모터의 속도 변화 또는 정지, 컴퓨터나 전자 장비의 고장 또는 계산 에러 등의 원인이 될 수 있다.

전압 불균형

전압 불균형은 3상 배전망의 공칭 전원 전압이 서로 달라지는 현상이며 3상 배전망에 연결된 부하가 고르게 분포되지 않아짐으로 인해 발생한다. 전압 불균형은 모터 구성품에 대한 과열 및 모터 제어 장치의 간헐적인 고장 등의 원인이 될 수 있다.

공공 저압 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 전압 불균형의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 50 전압 불균형 적합성 레벨

현 상	허용 기준
전압 불균형 (U_{neg}/U_{pos})	2 % ^{주)}
주) 대형 단상 부하에 연결되는 곳에서는 3 %까지 허용된다.	

주파수 변동

주파수 변동은 공칭 전원주파수가 증가 또는 감소하는 현상이며 제한 용량을 넘어선 부하의 연결에 의해 발생한다. 주파수 변동은 동조 장비의 오류 및 고장, 모터의 속도변화와 추가적인 전류 소모를 통한 모터의 과열 등의 원인이 될 수 있다.

공공 저압 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 주파수 변동의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 51 주파수 변동 적합성 레벨

현 상	허용 기준
전압 주파수 변동	$\pm 1 \text{ Hz}$ ^{주)}
주) 공칭주파수로부터의 주파수 연속상태 편차는 훨씬 작다.	

과도 과전압

과도 과전압은 아주 짧은 시간동안에 전원전압이 급격하게 증가하는 현상이며 번개, 약한 접지, 유도 부하의 스위칭 등에 의해서 발생한다. 과도 과전압은 컴퓨터, PLC, Solid-state 모터제어기, 통신장비 등 전압에 민감한 기기에 심각한 손상을 입힐 수 있다.

별표 1-10은 산업용 배전망에서의 저주파 내성 시험방법이며 고조파, 상호고조파, 전압 불평형, 전압변동 및 플리커, 과도 과전압, 전압 강하, 순간 정전 등의 산업용 배전망의 특성과 배전망에 연결된 기기의 내성 기준을 설명하고 있다.

고조파

산업용 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 고조파 전압은 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 52 기함수의 고조파 전압 적합성 레벨(3배수 제외)

차수 h	1등급 U_h %	2등급 U_h %	3등급 U_h %
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3.5	5
13	3	3	4.5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$4.5 \times (17/h) - 0.5$

비고 1 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3등급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 장비의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 네트워크의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KS C IEC 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어져 있다.

표 53 기함수의 고조파 전압 적합성 레벨(3배수)

차수 h	1등급 U_h %	2등급 U_h %	3등급 U_h %
3	3	5	6
9	1.5	1.5	2.5
15	0.3	0.4	2
21	0.2	0.3	1.75
$21 < h \leq 45$	0.2	0.2	1

비고 1 이 레벨들은 0 연속 고조파에도 적용된다.

비고 2 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3등급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 장비의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 네트워크의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KS C IEC 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어져 있다.

표 54 우함수의 고조파 전압 적합성 레벨

차수 h	1등급 U_h %	2등급 U_h %	3등급 U_h %
2	2	2	3
4	1	1	1.5
6	0.5	0.5	1
8	0.5	0.5	1
10	0.5	0.5	1
$10 < h \leq 50$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$	1

비고 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3등급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 장비의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 네트워크의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KS C

IEC 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어지 있다.

표 55 우함수의 고조파 전압 적합성 레벨

	1등급	2등급	3등급
총 고조파 왜곡(THD)	5 %	8 %	10 %
산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3등급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 장비의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 네트워크의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KS C IEC 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어지 있다.			

전압 변동 및 플리커

산업용 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 전압 변동의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 56 전압 변동 및 플리커 적합성 레벨

현 상	1등급	2등급	3등급
전압 변동 $\Delta U/U_N$	$\pm 8 \%$	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \% \sim 15 \%$
비고 플리커를 발생시키는 전압 변동은 일반적으로 조명장비에서만 고려된다. 이것은 2등급 공급과 결합되어야 하며 적합성 레벨은 KN 61000-2-2를 적용한다.			

전압 불균형

산업용 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 전압 불균형의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 57 전압 불균형 적합성 레벨

현 상	1등급	2등급	3등급
전압 불균형 U_{neg}/U_{pos}	2 %	2 %	3 %

주파수 변동

산업용 배전망에서의 저주파수 내성 시험방법에서 주파수 변동의 적합성 레벨은 다음과 같다.

표 58 주파수 변동 적합성 레벨

현 상	1등급	2등급	3등급
전원-주파수 변동 ^{주)} Δf	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$
주) 분리된 네트워크일 경우에는 $\pm 2 \text{ Hz}$			

제5장 무선충전식 전기자동차 EMC 기준 마련 연구

제1절 연구 배경

무선충전식 전기자동차 시스템은 먼저 도로에서 무선전력을 전송하기 위한 급전선로를 매설한다. 그리고 전기자동차는 도로에 매설된 급전선로로부터 무선전력을 공급받아 전기모터를 구동하여 주행토록 하는 시스템이다.

우리나라는 무선충전식 전기자동차를 세계 최초로 상용화하고 있다. KAIST를 중심으로 2009년부터 연구개발을 시작하여 2010년에는 KAIST 문지동 캠퍼스에 테스트 베드를 설치하였으며, 2010년에는 서울대공원 코끼리 열차 운행 구간에서 시험 운행을 실시하고 있다. 2012년에는 여수 엑스포 행사의 일환으로 무선충전식 전기자동차 시범 운행 구간을 구축하고 우리나라 국민들과 세계 사람들에게 친환경 전기자동차 기술을 체험할 수 있도록 하였다. 2013년에는 본격적인 상용화를 위해 자동차안전연구원에 시험 운행 구간을 설치하여 운행한 후 자동차 인증을 획득하였다. 그리고 구미 시내버스 노선에서 무선충전식 전기자동차 실용화 시험국을 설치하고 2014년부터 시내버스 전기자동차 운행을 준비하고 있다.

무선충전식 전기자동차 시스템은 급전 선로에서 도로위의 전기자동차로 전력을 공급하기 위하여 무선 주파수를 이용하고 있다. 무선으로 발사되는 주파수를 이용하기 위해서는 미래창조과학부로부터 주파수 할당을 받아야 한다. 그리고 무선 전자파 이용 기준을 규정하는 무선설비규칙 및 관련 고시, 전자파로부터 인체를 보호하기 위한 전자파 인체보호 기준, 무선 신호 전송에 의해 발생하는 비의도적 전자파로부터 주파수 자원을 보호하기 위한 전자파 적합성 기준을 만족해야 한다. 산업체에서는 무선충전식 전기자동차 상용화를 위해서는 관련 기술기준 및 시험방법에 대한 정비가 필요하다는 의견을 제시하고 있다.

의도적 전자파에 의한 무선설비 기준과 전자파 인체안전 기준 분야 연구는 별도로 진행되고 있어 관련 보고서를 참조할 수 있다. 본 연구에서는 무선충전식 전기자동차 시스템에서 발생하는 전자파로부터 방송통신 서비스를 보호하기 위한 전자파적합성 기준에 대해 살펴보도록 하겠다.

제2절 국내·외 무선충전식 전기자동차 전자파적합성 기준 현황

1. 우리나라

가. 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류 장애방지 기준

현재 무선전력전송기기는 전자파 장애방지 기준 제5조(산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류의 장애방지기준)에 의한 별표 3에서 규정하고 있다. 우리나라 산업·과학·의료용 등 고주파 이용기기류(ISM) 기준은 국제표준인 CISPR 11을 참조하여 규정하였다. 이에 따라 국제표준과 우리나라 기준의 차이점을 크지 않다. ISM 기준에서 “2종 기기”는 무선주파수 에너지를 전자파 방사, 유도, 용량성 결합의 형태로 의도적으로 발생시켜 재료의 가공, 검사, 분석에 이용하는 기기를 의미한다. “1종 기기”란 2종 기기로 분류되지 않는 기기를 말한다. 무선충전식 전기자동차 시스템은 전자파를 방사의 형태로 전력을 전송하므로 ISM기기로 분류하면 2종기기와 유사하다고 볼 수 있다. 또한 무선충전식 전기자동차 시스템은 자동차가 운행되는 도로에 설치되므로 가정용 환경이 아닌 곳에 설치되므로 A급 기기(가정에서 사용하는 환경 이외에서 사용하는 기기)에 해당된다. 이에 따라 무선충전식 전기자동차 시스템은 전자파 장애방지 기준 별표 3 산업·과학·의료용 등 고주파이용기기류의 장애방지기준 중 2종 A급의 기준이 적용되게 된다.

시험장에서 측정하는 2종 A급 기기에 대한 주전원포트 전도성 방해 전압 허용기준은 다음 표와 같다.

표 59 2종 A급 주전원포트 전도성 방해 전압 허용기준

주파수 대역 MHz	정격입력전력 ≤ 75 kVA		정격입력전력 > 75 kVA 주1)	
	준첨두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)	준첨두값 dB(μV)	평균값 dB(μV)
0.15 ~ 0.5	100	90	130	120
0.5 ~ 5	86	76	125	115

5 ~ 30	90 ~ 73 ^{주2}	80 ~ 60 ^{주2}	115	105
주1) 분리된 중성선 또는 높은 임피던스로 접지된 전력분배망에 단독으로 연결되는(KS C IEC 60364-1참조) A급기기에는 2종 기기 정격입력전력 > 75 kVA의 허용기준을 적용한다. 주2) 허용 기준은 주파수의 대수적 증가에 따라 선형적으로 감소한다. (비고) 1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.				

주전원포트에서 발생하는 전압을 주파수 0.15MHz ~ 30MHz 대역까지의 전자파를 전도적인 방법으로 측정토록 하고 있다. 이는 ISM 기기에서 발생하는 비의도적 전자파가 전원선을 통해 공간으로 방출되는 값을 최소화하기 위하여 규정하고 있다. 2종 A급기기는 무선 전자파 에너지를 산업용 가공, 용접 등의 용도로 사용하고 있다. 이에 따라 1종기기와 2종 B급 기기에 비해 고전력 에너지를 발생시키고 있어 전자파 에너지를 저감 대책에 어려움이 있어 전자파 전도 기준은 30dB 정도 완화되어 있다. 전자파 전도 기준이 완화됨에 따라 다른 기기 및 서비스에 대한 영향은 증가할 수 있다는 우려를 제기할 수 있다. 그러나 2종 A급기기는 대부분 가정용 환경에서 떨어진 산업 환경의 한정된 장소에서 이용되게 되므로 전자파 발생으로 인한 다른 기기 및 방송통신 서비스 영향은 특정한 지역에 한정될 수 있어 관련 기준을 완화하여 적용할 수 있다.

2종 A급 기기들은 시험장 측정이 가능한 제품과 설치 장소에서만 측정이 가능한 제품들로 구분할 수 있다. 설치 장소에서 측정 가능한 제품은 산업 현장에서 많이 이용되고 있으며 제품이 대량 생산으로 판매되지 않고 소량 시스템 단위로 설치되고 있다. 이에 따라 방사성 방해 측정은 시험장과 설치장소에서 기준을 별도로 규정하고 있으며 다음 표들과 같다.

표 60 시험장에서 측정하는 2종 A급기기 방사성 방해 허용기준

주파수 대역 (MHz)	측정거리D(m)에 따른 허용기준			
	시험장의 시험기기로부터 D = 30 m		시험장의 시험기기로부터 D = 10 m	
	전기장 준침두값 (dB μ V/m)	자기장 준침두값 (dB μ A/m)	전기장 준침두값 (dB μ V/m)	자기장 준침두값 (dB μ A/m)
0.15 ~ 0.49	-	33.5	-	57.5
0.49 ~ 1.705	-	23.5	-	47.5

1.705 ~ 2.194	-	28.5	-	52.5
2.194 ~ 3.95	-	23.5	-	43.5
3.95 ~ 20	-	8.5	-	18.5
20 ~ 30	-	-1.5	-	8.5
30 ~ 47	58	-	68	-
47 ~ 53.91	40	-	50	-
53.91 ~ 54.56	40	-	50	-
54.56 ~ 68	40	-	50	-
68 ~ 80.872	53	-	63	-
80.872 ~ 81.848	68	-	78	-
81.848 ~ 87	53	-	63	-
87 ~ 134.786	50	-	60	-
134.786 ~ 136.414	60	-	70	-
136.414 ~ 156	50	-	60	-
156 ~ 174	64	-	74	-
174 ~ 188.7	40	-	50	-
188.7 ~ 190.979	50	-	60	-
190.979 ~ 230	40	-	50	-
230 ~ 400	50	-	60	-
400 ~ 470	53	-	63	-
470 ~ 1000	50	-	60	-
(비고)				
1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.				

표 61 설치장소에서 측정하는 2종 A급기기 방사성 방해 허용기준

주파수 대역 (MHz)	건물 외벽으로부터 측정 거리 D(m)의 허용기준	
	전기장 준침두값 (dB μ V/m)	자기장 준침두값 (dB μ A/m)
0.15 ~ 0.49	48	23.5
0.49 ~ 1.705		13.5
1.705 ~ 2.194		18.5
2.194 ~ 3.95		13.5
3.95 ~ 20		-1.5
20 ~ 30		-11.5
30 ~ 47		

47 ~ 53.91	30	
53.91 ~ 54.56	30	
54.56 ~ 68	30	
68 ~ 80.872	43	
80.872 ~ 81.848	58	
81.848 ~ 87	43	
87 ~ 134.786	40	
134.786 ~ 136.414	50	
136.414 ~ 156	40	
156 ~ 174	54	
174 ~ 188.7	30	
188.7 ~ 190.979	40	
190.979 ~ 230	30	
230 ~ 400	40	
400 ~ 470	43	
470 ~ 1000	40	

(비고)

1. 경계 주파수에서는 더 낮은 허용 기준이 적용된다.
2. 설치장소에서 측정하는 기기에 있어서, 만약 측정거리 D가 건물 경계 내에 있으면 기기가 위치한 건물 외벽으로부터의 측정거리 D는 $(30 + x/a)$ m 또는 100 m와 같거나 둘 중 더 짧은 값과 같다. 여기서 계산된 거리 D가 건물의 경계를 벗어나는 경우, 측정 거리 D는 x 또는 30 m와 같거나 둘 중의 더 긴 값과 같다. 여기서 D를 계산하기 위하여 다음과 같이 정의한다.
 - x : 각 측정 방향에서, 기기가 위치한 건물 외벽과 사용자 건물 경계 사이에서 가장 가까운 거리
 - a=2.5, 1 MHz 미만의 주파수일 때
 - a=4.5, 1 MHz 이상의 주파수일 때

ISM 고주파 이용기기류 2종 A급에대한 방사성 방해 기준은 0.15kHz ~ 30MHz 대역은 자기장의 세기로 규정하고 있으며 30MHz ~ 1GHz 대역은 전기장의 세기를 측정토록 하고 있다. 정보, 가전 등 대부분 기기들은 30MHz이하 대역의 방사성 방해 기준을 규정하고 있지 않다. 그러나 ISM 고주파 이용기기류는 30MHz 이하대역의 무선 전자파를 의도적으로 발생시키고 있음에 따라 관련 대역에 대한 방사성 방해기준을 규정하고 있는 것으로 사료된다.

ISM 고주파 이용기기류의 전자파 장애방지 기준은 국가에서 할당한 ISM 대역에서 기준 적용을 하지 않도록 규정하고 있다. 무선 주파수의 이용에 대해서는 주파수 분배·할당, 무선설비 규칙 등에서 이미 규정하고 있으며

로 전자파적합성 기준에서는 별도로 규정할 필요가 없다고 보고 있다. 그러나 ISM 대역을 이용하지 않고 무선 주파수를 발생시키는 ISM 기기들은 모든 주파수 대역에서 본 기준을 만족해야 한다.

시험장에서 측정하는 기기들은 측정거리를 10m, 30m 거리에서의 기준을 규정하고 있다. 측정거리 10m를 적용하는 기기는 소형기기로써 케이블을 포함하여 접지면 위 지름 1.2m, 높이 1.5m의 원통형 시험공간 안에 들어가는 탁상형 또는 바닥설치형 기기로 전자파 장애방지 시험방법 표 9의 주에서 규정하고 있다. 그 외 기기들은 30m에서 측정을 기준으로 하고 있다. 30MHz 이하 대역에 대한 자기장의 세기는 측정거리 30m에서 $33.5 \sim -1.5\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ (전기장으로 환산하는 경우 $84.5 \sim 49.5\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)로 규정되어 있다. 30MHz 이상 대역에서는 $40 \sim 68\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 의 전기장의 세기를 규정하고 있다. 30MHz 이상대역에 대해 일상생활에서 많이 사용하고 있는 멀티미디어 기기의 A급 기준과 비교(측정거리에 관계없이 수신안테나 지점에서 비교)하면 10 ~ 28dB 정도 완화되어 있다 할 수 있다. 이는 완화된 주파수 대역을 이용하는 ISM 고주파 이용기기들이 존재하고 이들 기기들의 정상적인 동작을 위해서 별도의 기준을 주파수별로 규정하였다는 추론이 가능하다.

설치장소에서 측정하는 2종 A급기기의 방사성 방해 기준은 시험장에서 측정하는 기기와 같이 30MHz를 중심으로 자기장의 세기와 전기장 세기로 구분하여 규정하고 있다. 측정거리는 2종 A급 기기가 설치되는 건물 외벽을 중심으로 계산하여 적용하도록 규정하고 있다. 측정 위치를 설치자 소유의 경계(건물 경계 또는 분계점)에서 하는 경우는 기기가 설치된 건물 외벽으로 30 ~ 100m 사이에서 측정토록 하고 있다. 측정 위치가 설치자 소유 경계를 벗어나는 경우는 기기가 설치되는 건물 외벽에서 최대 30m 정도에서 측정토록 하고 있다. 0.15 ~ 30MHz 대역의 자기장의 세기 기준은 $23.5 \sim -11.5\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ (전기장 세기로 환산하는 경우 $74.5 \sim 39.5\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)로 규정되어 있다. 30MHz ~ 1GHz 대역의 전기장의 세기는 $30 \sim 58\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 로 규정되어 있다. 시험장에서 측정하는 기기와 비교(거리에 관계없이 수신안테나 위치에서 자기장 및 전기장 세기 비교)하면 10dB 정도 강하게 규정되어 있다. 시험장에서의 측정거리는 시험기기를 중심으로 30m에서 측정하고 설치 장소에서는 기기 설치 건물 외벽에서 30m 정도를 이격하여 측정토록 하고 있다. 따라서 기기들은 건물의 벽에서 10m 이상 이격되어 설치될 수 있으며 건물 차폐에 의한 영향 등을 종합적으로 고려하여 설치 장소에서의

기준이 10dB 정도 강하게 정해진 것으로 추정된다. 설치 장소에서의 기준의 의미는 설치자 소유의 경계 내에서는 방사성 방해기준을 완화하여 적용할 수 있으나 경계를 벗어난 지역에서는 일반적인 멀티미디어 기준 등과 유사한 방사성 방해 기준을 적용해야 한다는 의미로 해석될 수 있다.

ISM 고주파 이용기기류 전자파 장해방지 기준은 0.15MHz ~ 1GHz 대역까지의 전자파 전도성 방해 기준과 방사성 방해 기준을 규정하고 있다. 무선충전식 전기자동차 시스템은 20kHz의 전자파를 발생시키고 있으며 기본주파수와 그 고조파들의 전자파가 발생하고 있다. 이에 따라 ISM 고주파 이용기기류의 기준을 적용하는 경우 9kHz ~ 0.15MHz 대역에 대해서는 전자파 장해방지 기준을 규정하지 않게 되는 문제가 발생한다.

ISM 2종 A급 고주파 이용기기류는 산업 지역 등에서 한정된 장소에서 고주파 에너지를 이용하여 가공, 접속 등의 한정된 용도로 이용된다는 가정에서 전자파 장해방지 기준을 규정하고 있다. 그리고 ISM 기기들이 설치된 특정한 지역을 벗어난 곳에서의 전자파 영향은 크지 않을 것으로 예측될 수 있다. 이에 비해 무선충전식 전기자동차 시스템은 일반 주거지 도로에 광범위하게 설치되게 되므로 ISM 2종 A급 기기의 설치 환경과는 차이가 있다. 이에 따라 설치 환경이 차이가 존재하는 ISM 2종 A급 기기 기준을 무선충전식 전기자동차에 적용하기에는 어려움이 있다.

ISM 2종 A급 기기의 기준은 기기에서 발생하는 의도적 전자파와 비의도적 전자파를 구분하지 않고 복합적으로 규정되어 있다. 따라서 의도적 전자파를 고려한 ISM 2종 A급 기기 기준은 상당 부분 완화되어 있다고 볼 수 있다. 무선충전식 전기자동차는 고조파 등 비의도적 전자파 기준만을 규정하려 하고 있다. 이에 따라 ISM 2종 A급 기기 기준을 적용하기에는 어려움이 있다.

나. 전력선통신 장해방지 기준

무선충전식 전기자동차 시스템은 주파수를 할당받아 무선전력 전송용으로 이용하는 20kHz 대역의 주파수의 전자파와 20kHz의 고조파들로 구성된 비의도적 전자파가 20kHz ~ 30MHz 대역까지 발생한다. 전자파적합성 관점에서는 무선충전식 전기자동차 시스템에 의한 전자파로부터 30MHz 무선

통신 및 방송 서비스에 간섭을 최소화하기 위한 기준을 마련할 필요가 있다.

우리나라 30MHz 이하대역의 무선통신 및 방송 서비스를 보호하기 위하여 '05년도 전력선통신 전자파 장애방지 기준을 마련한 경험에 있다. 전력선통신에서 발생하는 전자파로부터 간섭영향을 분석하고, 전력선통신 서비스를 통해 발생하는 전자파 방출에 대한 적정 허용 기준을 제시하였으며 이를 근거로 간섭을 일으키는 전력선통신 사업자와 간섭 영향을 받는 무선통신 및 방송 사업자들간의 합의를 통해 전자파 장애방지 기준이 마련되었다.

무선충전식 전기자동차와 전력선통신은 비의도적으로 발생하는 전자파에 의해 30MHz 이하대역의 무선통신 및 방송 서비스에 간섭을 줄 수 있다는 점에서 공통점이 있다 할 수 있다. 이런 부분 때문에 무선충전식 전기자동차 시스템의 전자파적합성 기준 마련을 위해서는 전력선통신 기준과 제정 당시 상황을 참조하는 것이 필요할 것이다. 다음의 내용은 '12년도 연구보고서에서 참조하였던 부분을 인용하여 전력선통신 전자파 장애방지 기준의 의미를 제고하고자 한다.

전자파 장애방지 기준 제12조에 의해 전력선통신기기류의 장애방지 기준은 별표 11에서 규정하고 있다. 전력선통신 기기 장애방지 기준은 주전원포트에서의 전도성 방해 허용기준, 통신포트에서 전도성 방해에 대한 허용기준, 전자파 방사성 방해 허용기준으로 구분되어 규정하고 있다. 전력선통신은 전력선을 통해 신호를 전송하기 때문에 주전원포트에서의 전도성 방해 허용기준은 전력선통신이 동작하지 않는 대기 상태에서 측정하여야 한다. 전력선통신이 동작하게 되면 주전원 포트를 통해 의도적 전자파가 발사되고 있으므로 이를 규제할 경우 전력선통신이 동작하지 않을 수 있기 때문에 대기 상태에서 측정토록 하고 있다. 전력선통신 방사성 방해 기준은 전력선통신 설비를 실제 가정환경에서 사용하는 형태로 배치하고 전력선통신을 직접 송·수신하는 상태에서 방출되는 전자파를 측정한다. 전력선통신 방사성 방해 허용기준은 다음 표와 같다.

표 62 전력선통신 기기의 방사성 방해 허용기준

주파수 범위MHz	준침두치 허용기준dBμV/m	
	A급 기기(10 m)	B급 기기(10 m)
0.009 ~ 0.45	47 - 20log f ^{주2)}	

0.45 ~ 30	54 ^{주2)}	
30 ~ 230	40	30
230 ~ 1000	47	37
주2) 9 kHz ~ 30 MHz 주파수 범위에서 허용기준은 3 m 측정거리를 적용한다. f는 주파수 MHz이다.		

전력선통신은 전력선을 이용하여 고주파수의 통신신호를 전송하고 있으며 대부분 30MHz 이하 대역을 이용하고 있다. 전력선은 차폐가 되어 있지 않고 평형도가 낮아 전송하는 통신신호가 공간으로 방사가 일어나게 된다. 이에 따라 전력선통신 장애방지 기준에서는 30MHz 이하에 대한 방사성 방해 기준을 정하고 있다. 세부적인 전력선통신 기준은 3m에서 측정할 때 주파수 9kHz ~ 450kHz 대역에서 87.9dB μ V/m ~ 54dB μ V/m 이하가 되도록 전기장의 세기를 규정하고 있다. 우리나라 전력선통신 기준은 '02년부터 연구하기 시작하였으며 전력선통신 산업 활성화와 전력선통신에서 발생하는 전자파로부터 단파방송, AM 방송, 아마추어무선, 해상통신, 인명안전 대역 등 30MHz 이하대역의 방송, 통신 서비스를 보호하기 위하여 '05년 이해당사자 합의를 통해 기준을 마련하였다. 30MHz 이하대역에서 비의도적 전자파를 발생시키는 전력선통신 제조업체와 전자파로부터 영향을 받는 방송 및 통신 서비스 제공자 간에 전자파를 공유할 수 있는 전자파 장애방지 합의 기준을 마련하였다. 전력선통신 기준은 당시 국제적으로 30MHz 이하대역에 대한 기준이 명확히 정해져 있지 않은 상태에서 국내 이해당사자들이 합의하에 기준을 마련하였다는 측면에서 큰 의미가 있다. 이에 따라 전력선통신 기준은 30MHz 이하의 대역의 전자파 자원을 보호하기 위한 장애방지 기준의 가이드로써 활용될 수 있게 되었다.

전력선통신 전자파 장애방지 기준은 가정환경에서 전력선통신을 이용함에 따라 발생하는 전자파로부터 방송통신 서비스를 보호하기 위하여 제정하였다. 이에 반해 무선충전식 전기자동차는 자동차가 운행하는 도로에 설치되고 있어 전자파 환경이 다르므로 전력선통신 전자파 장애방지 기준을 참조할 때 고려할 필요하다.

2. 국제표준

IEC/CISPR에서는 무선전력전송에 대한 국제표준화를 2013년부터 본격적

으로 시작하였다. CISPR는 무선전력전송 기술이 정보, 가전, 자동차 등 다양한 분야로 융합되어 새로운 서비스를 창출하고 있음에 따라 2013년 10월 CISPR 총회를 개최하여 향후 추진방향을 논의하였다. CISPR에서 조사한 결과에 따르면 무선전력전송 기술을 응용하고 있는 제품들은 멀티미디어 기기(핸드폰, TV 등), 가정용 전기기기(전동칫솔, 가전기기 등), 조명기기, 전기자동차 등이 있다. CISPR 총회에서는 무선전력전송 기술 자체는 무선 주파수를 이용하여 전력전송 에너지를 전달하므로 기본적으로 산업·과학·의료용 고주파 이용기기류 기준이 적용될 수 있다고 결정하였다. 그러나 무선전력전송 기술이 응용된 제품들은 사용 환경이 다양하므로 개별 제품군 표준을 개발하는 소위원회에서 별도의 표준을 새롭게 개발토록 하였다. 산업·과학·의료용 고주파 이용 기기류 장애방지 표준(CISPR 11)에서는 무선전력전송 기술이 포함됨을 명확화 하기 위하여 적용 기기류의 정의에 무선전력전송 기기를 추가하는 개정안을 추진기로 하였다. 총회의 결정에 따라 소위원회에서는 제품 특성에 맞는 무선전력전송 표준화 추진방안을 논의하였다. 멀티미디어기기 표준을 개발하는 I 소위원회에서는 휴대폰, TV 등에서 응용되는 무선전력전송 기기 전자파 장애방지 표준 개발을 위해 별도의 TF팀을 구성하였다. 가전 및 조명기기 표준을 개발하는 F 소위원회에서도 전동칫솔, 가전기기, 조명기기에 응용되는 무선전력전송 기기 표준 개발을 위한 TF 팀을 구성하였다. 전기기기, ISM 기기의 표준을 개발하는 B 소위원회에서는 전기자동차 무선전력전송 기기에 대한 표준화 추진을 위해 TF팀 구성 방안을 마련하여 회람하고 '14.6월에 개최되는 중간 회의에서 결정하기로 하였하였다. 또한 각 소위원회에서 마련된 무선전력전송 기술 응용 기기에 대한 전자파 장애방지 기준의 적합성은 무선 주파수 간섭 표준을 추진하는 H소위에서 전파 간섭분석 시뮬레이션 등을 통해 검증토록 하였다. 우리나라는 무선전력전송 기술 응용 TF팀에 국내 전문가들이 참여토록 하였으며 이를 통해 국내 산업체 의견, 우리나라 기준 및 시험방법을 국제표준에 반영토록 추진하고자 한다.

우리나라는 유일하게 무선충전식 전기자동차 기술을 개발하여 상용화를 추진하고 있기 때문에 국제적으로 전자파 장애방지 표준 개발 추진은 이루어지지 않고 있다. 무선충전식 전기자동차는 무선전력을 자동차에 공급한다는 의미에서 B 소위원회에서 논의하는 전기자동차 무선충전과 유사성이 있

다고 볼 수 있다. 이에 따라 무선충전식 전기자동차에 대한 전자파 장애방지 표준이 전기자동차 무선충전 시스템 표준 개발시 함께 논의될 수 있도록 표준 추진을 제안 할 필요가 있다.

CISPR에서는 30MHz 이하대역에 대한 방사성 방해 전자파 표준은 산업·과학·의료용 고주파 이용기기류에서만 규정하였다. 그러나 PDP TV에서 30MHz 이하대역에 전자파를 발생시키고 있어 논의를 거쳐 '12년도에 임시 참조 표준(PAS)으로 제정하였다. 이에 따라 PDP TV 전자파 장애방지 표준에 대한 의미를 다음과 같이 '12년도 연구보고서를 참조하여 살펴보고자 한다.

CISPR에서는 30MHz 이하대역에서 PDP TV의 전자파에 방사로 인하여 AM방송, 아마추어무선 등의 무선 및 방송서비스에 영향을 줄 우려가 제출되었다. 이에 따라 30MHz 이하대역에 적용되는 PDP TV에 적용되는 표준을 PAS로 제정하였다. PDP TV는 화면을 보여주기 위해 아크방전 방식을 이용한다. 이에 따라 방전 기본주파수와 그 고조파가 방사되는 현상이 발생한다. 방전 기본주파수는 200kHz 정도의 주파수를 이용하므로 30MHz 이하대역에 영향을 준다. PAS의 적용대상 기기는 주거 및 상업환경에서 사용되는 대형 PDP TV에 적용된다. 또한 주파수대역 150kHz ~ 30MHz에서 방사성 방해를 평가하기 위한 한계치 및 측정방법 명시하고 있다. 허용기준은 주파수대역 150kHz ~ 30MHz에서 CISPR 11 기준보다 10dB 완화시켜 적용하고 추가적으로 150kHz ~ 3.5MHz 주파수대역에서 추가적으로 5dB 완화시켰다. 또한

플라즈마 발생 기본주파수(200kHz 대역)를 제외하였다. 측정 시험장은 야외 시험장 및 대용시험장을 이용할 수 있도록 하였다. 측정은 PDP TV 동작 상태에서 3m 거리 떨어지 상태에서 0.6m 루프안테나를 이용하여 준침두치로 측정토록 하였다. 또한 시험장으로 야외시험장과 반전자파무반사실을 사용할 수 있으나 접지면은 시료 경계와 안테나 지지대를 포함하여 1m이상 확장되어야 하고 반사물체는 3m이상 떨어져 있어야 한다. 측정거리 3m는 시료 회전으로 생기는 가상의 원과 수신안테나의 중심 사이의 최단거리로 하였다. 안테나의 방향은 시료면과 평행/직교면에 대해 각각 측정토록 하였다.

우리나라 전력선통신 전자파 장해방지 기준을 살펴본 것처럼 국제적으로 논의되었던 ITU-R 전력선통신 표준을 12년도 연구보고서를 참조하여 다음과 같이 살펴보도록 하겠다.

전력선통신에 대한 전자파적합성 국제표준은 ITU-R SM.1879-1(The impact of power line high data rate telecommunication systems on radiocommunication systems below 30 MHz and between 80 and 470 MHz)에서 규정하고 있다. 이 표준은 30MHz 이하, 80MHz에서 470MHz 대역의 전력선통신으로부터 무선통신 서비스 간섭을 일으킬 우려가 있어 표준을 제정하였다. 전력선통신 시스템은 무선통신서비스가 아니므로 전파규칙에 의해 주파수가 할당되지 않았음에도 불구하고, 상당한 RF 에너지는 전송선로와 구내통신선로설비에 접속함에 의해 방사(Radiate) 된다. 이에 따라 전력선통신 시스템은 무선통신 서비스에 간섭을 일으킬 우려가 있어 국제표준을 제정하였다. 표준의 주요 내용은 각 정부는 전력선통신 시스템으로부터 무선통신서비스를 보호하기 위한 실질적인 기준, 측정 및 절차를 규정할 수 있도록 하였다. 또한 이 표준 부속서에 포함된 각 국가의 기준은 전력선통신을 사용하고자 할 때 국가의 가이드라인으로 채택될 수 있도록 하였다. 부속서에는 우리나라, 미국, 일본, 유럽, 브라질 전력선통신 기술기준 및 시험방법이 규정되어 있다.

3. 미국

미국은 무선충전식 전기자동차에 대한 전자파 장해기준에 대해 특별히 검토하고 있지는 않고 있다. 그러나 무선전력전송 기술 연구는 민간 분야에서 활발히 연구되고 있고 있음에 따라 국가차원에서 무선전력전송 전자파 장해기준을 어떻게 제시할 것인지에 대해 검토하고 있는 실정이다. 미국의 무선전력전송 기준 검토 현황은 다음과 같은 12년도 연구보고서를 참조토록 하겠다.

미국의 무선전력전송기기에 대한 기준은 Part 15의 의도적 무선기기 기준과 Part 18에 의한 산업·과학·의료용 기기 기준을 혼용하여 적용하고 있다. 무선전력전송기기가 전자파를 의도적으로 발사하고 기기의 제어를 위해 통신기능이 장착되었다는 측면에서 Part 15를 적용한다. 또한 무선전력전송기

기가 전자파를 발생시켜 통신용으로 이용하지 않고 전력을 전송한다는 의미에서 ISM 기기로 분류하여 Part 18을 적용하는 경우도 있다. 미국에서는 무선전력전송기기를 무선기기로 보아야 하는 지 또는 ISM 기기로 취급하여야 하는지에 대해 많은 논의가 진행되고 있는 실정이다.

무선전력전송기기를 의도적 전자파를 발생시키는 무선기기로 분류 이전까지는 파장 등을 고려하여 300m 거리에서 측정토록 하는 하는 기준이다. 0.490MHz ~ 1.705MHz 대역에서는 측정거리 30m에서 $2400/F(\text{kHz})\mu\text{V}/\text{m}$ 로 규정하고 있다. 이 기준은 AM 방송 신호를 보호하기 위한 기준으로 활용된다. 1.705MHz ~ 30MHz 까지는 측정거리 30m에서 $30\mu\text{V}/\text{m}$ 로 규정되어 있다.

무선전력전송기기를 ISM 기기로 분류하는 경우 Part 18이 적용된다. Part 18은 우리나라, CISPR 11기준과 유사하게 규정된다.

4. 유럽

유럽에서는 무선전력전송기기에 대한 기준을 EMC 지침에 의해 EN 55011(산업, 과학, 의료(ISM) 기기 - 무선주파수 방해 특성 - 한계값 및 측정방법)을 적용하고 있다. EN 55011의 기준은 우리나라 및 국제표준(CISPR 11)과 같다. 유럽에서 무선충전식 전기자동차에 대한 전자파 장해방지 기준을 적용할 경우 2종 A급으로 분류되어 적용할 것으로 예상된다.

유럽의 경우 무선전력전송 기기를 ISM 기기로 분류하고 있다. 이에 따라 기기에서 발생하는 의도적 전자파에 맞추어 기준이 적용되고 있다.

5. 일본

일본은 무선전력전송에 대한 전자파 장해방지 표준의 필요성을 CISPR 등에 제안하고 있다. CISPR에서 일본은 무선전력전송 기기들이 가전, 멀티미디어, 전기자동차 등에 다양하게 응용됨에 따라 사용 주파수, 전자파 장해방지 허용 기준, 측정방법 등이 마련되어야 함을 주장하고 있다. 일본 광대

역 무선전력전송 포럼(BWF)에서는 전자파적합성 관련 무선전력전송 기술 규제를 응용 제품군, 이용 주파수, 송신 전력, 전력전송 거리로 나누어 다음 표와 같이 검토하고 있다. 일본은 2015년까지 다음 표와 같은 파라미터에 대하여 이용 주파수 할당과 전자파적합성 기준 및 시험방법에 대해 논의를 진행할 예정임을 2013년 CISPR 회의에서 발표하였다.

표 63 일본 무선전력전송 응용 시스템과 기본 파라미터

응용기술	전기자동차 무선전력전송	이동통신기기 무선전력전송		가정 및 사무실 응용 무선전력전송
무선전력전송 기술	자계 결합 전력 전송	자계 결합 전력 전송	유도 결합 전력 전송	자계 결합 전력 전송
송신전력	~ 3 kW (최대 7.7 kW)	수 W ~ 100 W	~ 100W	수 W ~ 1.5 kW
무선전력전송주파수	42kHz ~ 48kHz,	6,765kHz~6,795kHz	480kHz~524kHz	20.05kHz ~ 38kHz,
	52kHz ~ 58kHz,			42kHz ~ 58kHz,
	79kHz ~ 90 kHz,			62kHz ~ 100kHz
	140.91kHz~148.5 kHz			
전송 거리	0 ~ 30cm	0 ~ 30cm	0 ~ 1cm	0 ~ 10cm

제3절 무선충전식 전기자동차 측정 분석

1. 전자파 저감 필터 전후 측정 분석

가. 개요

무선충전식 전기자동차가 운행되기 위해서는 자동차 관리법에 의한 인증을 받아야 한다. 이에 따라 자동차안전연구원 시험선로 구간에 무선충전식 전기자동차를 운행하기 위한 시스템을 설치하고 자동차 안전관련 시험을 진행하였다.

무선충전식 전기자동차는 20kHz의 기본주파수와 고조파들이 공간으로 방

출되므로 비의도적 전자파를 줄이기 위한 노력은 계속하고 있다. 본 연구에서는 인증을 위해 설치한 시험선로 구간에서 전자파 장애를 측정하고 전자파 저감방안 등을 검토하였다.

무선충전식 전기자동차 시스템은 4월에서 8월에 EMC 기준전문위원회 D소위 위원들이 참석하여 경기도 화성 자동차안전연구원 시험선로 구간에서 실시하였다.

나. 시험장 구성도 및 측정방법

무선충전식 전기자동차 시스템의 전자파 저감 필터 효과를 측정하기 위한 시험장 구성도는 다음 그림과 같다.

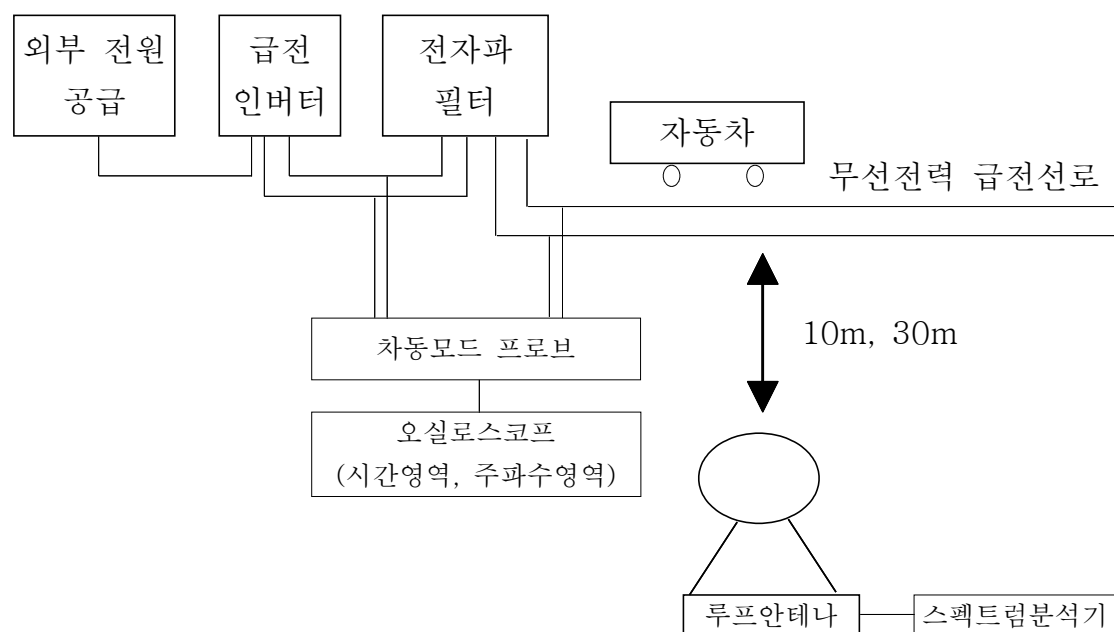


그림 12 무선충전식 전기자동차 필터 전후 측정장 구성도

측정방법은 다음과 같이 진행하였다.

- 필터를 설치하고 무선충전식 전기자동차 무선전력전송시스템 급전 상태로 구성
- 전자파 필터 전·후 단에서 오실로스코프를 이용하여 시간 영역과 주파수 영역에서 필터에 의한 전자파 효과를 측정
- 전자파 필터를 ON/OFF 하고 급전선로와 루프안테나를 측정거리만큼 이격

하여 전기장의 세기를 측정

다. 측정결과

전자파 필터 전·후단에서 전도성 전자파 변화 측정

시간영역에서 전자파 필터 전후에 대한 측정결과는 다음과 같다.

전자파 저감 필터 앞단

전자파 저감 필터 후단

그림 13 시간영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교

전자파 저감 필터 전단에서의 파형의 주기는 0.0005초로 20kHz 간격으로 발생함을 알 수 있지만 신호들이 급변하고 있어 고조파들이 상당히 발생하고 있음을 알 수 있다.

전자파 저감 필터 후단은 주기가 명확히 0.00005초로 20kHz 정현파로 필터링되고 있음을 알 수 있으며 일부 급격하는 고조파들이 존재함을 알 수 있다.

이에 따라 전자파 저감필터의 효과는 상당할 것으로 예측된다.

주파수 영역에서 1MHz 이하대역의 전자파 필터 전·후단에서 전도성 전자파 변화 측정 결과는 다음과 같으며 20kHz 홀수 고조파가 전도 주파수로 측정되고 60kHz 부터 1MHz 대역까지 30 ~ 40dB 정도 신호를 감쇠 시키고 있다.

주파수	20kHz	60kHz	100kHz	140kHz	180kHz	220kHz	300kHz	980kHz
필터 앞단	-24.6	-18.1	-25.9	-35.2	-27.4	-31.8	-32.8	-44.6
필터 뒷단	-29.5	-48.2	-65.8	-66.8	-60.1	-62.7	-65.5	-78.3
차이	4.9	30.1	39.9	31.6	32.7	30.9	32.7	33.7

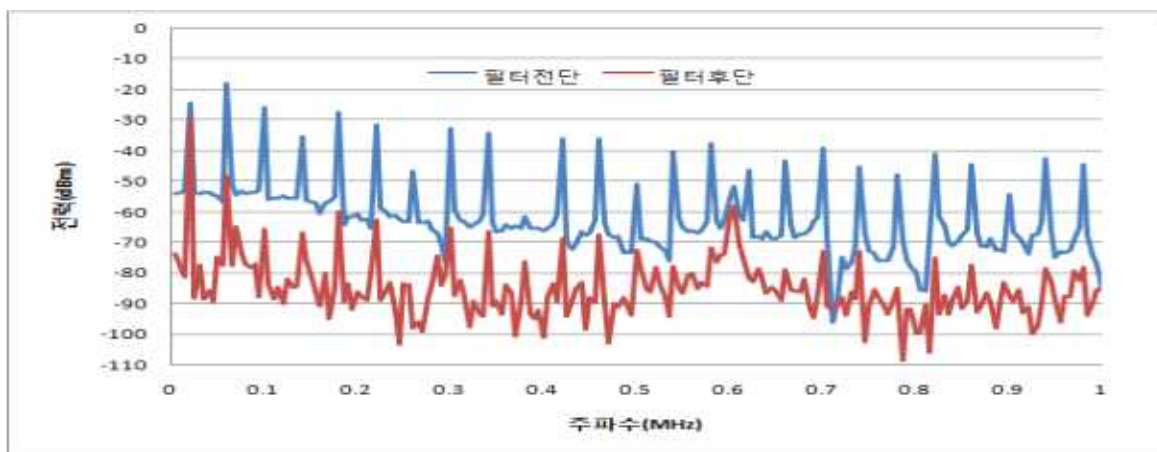


그림 14 주파수 영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교(1MHz 까지)

1MHz ~ 3MHz 대역까지의 측정결과는 다음과 같으며 20dB ~ 30dB 정도 전자파를 차단하고 10MHz 대역까지 10dB 정도 차단 효과가 있다.

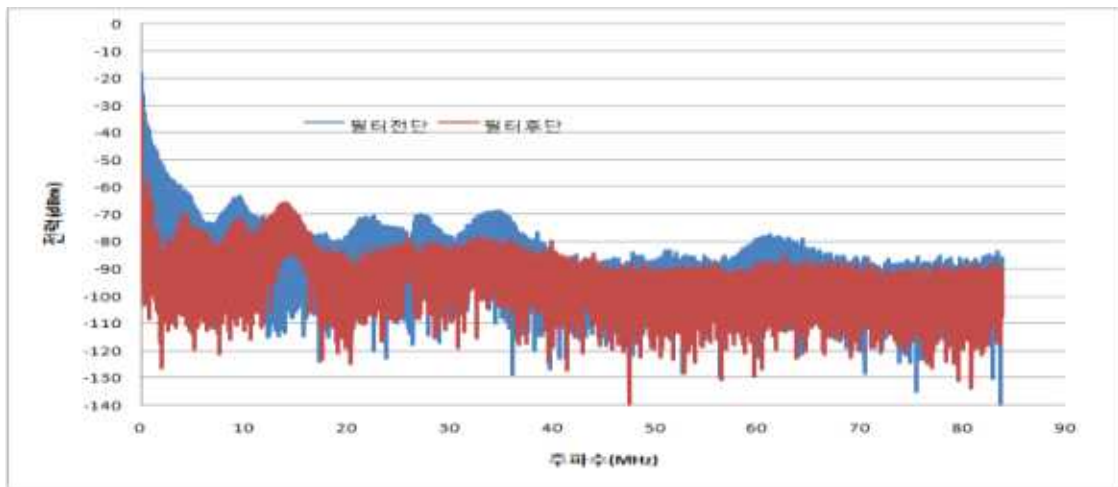
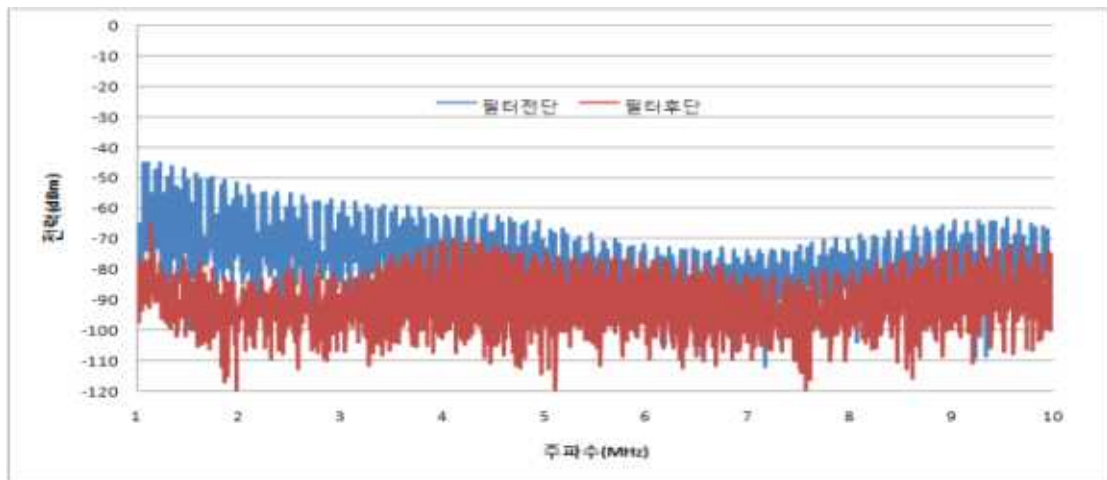


그림 15 주파수영역 전자파 저감 필터 전후 특성 비교(80MHz 까지)

전자파 필터 설치 전후 방사성 전자파 변화 측정

10m에서 방사성 방해 전자파를 측정한 결과 150kHz 이하대역에서는 전자파 필터에 의해 10 ~ 30dB 정도 감쇠하고 있으며 전도성 전자파에서 측정되지 않은 짝수 고조파가 발생하고 있다. 측정결과는 다음과 같다.

주파수		20kHz	40kHz	60kHz	80kHz	100kHz	120kHz	140kHz
10m 전기장 세기 (dB μ V/m)	필터없음	140	86.9	111	63	76	58	95.3
	필터동작	140	86.5	77.6	56	70.76	54	66
차이		-	-	33.4		5.2		29.6

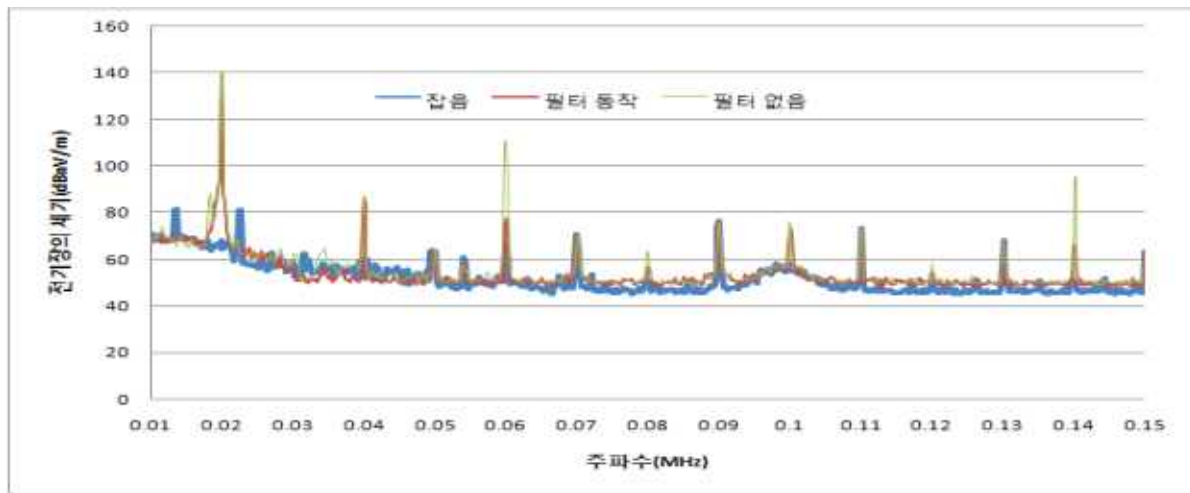


그림 16 자동차성능연구원 방사성 방해 측정 결과(150kHz 까지)

전자파 차단 필터에 의해 150kHz ~ 2 MHz 대역에서는 10 ~ 30dB 정도 감소하지만, 3MHz ~ 5MHz 대역에서는 전자파 차단필터에 의해 방사성 전자파가 증가하는 현상이 발생하고 있으며 측정결과는 다음과 같다.

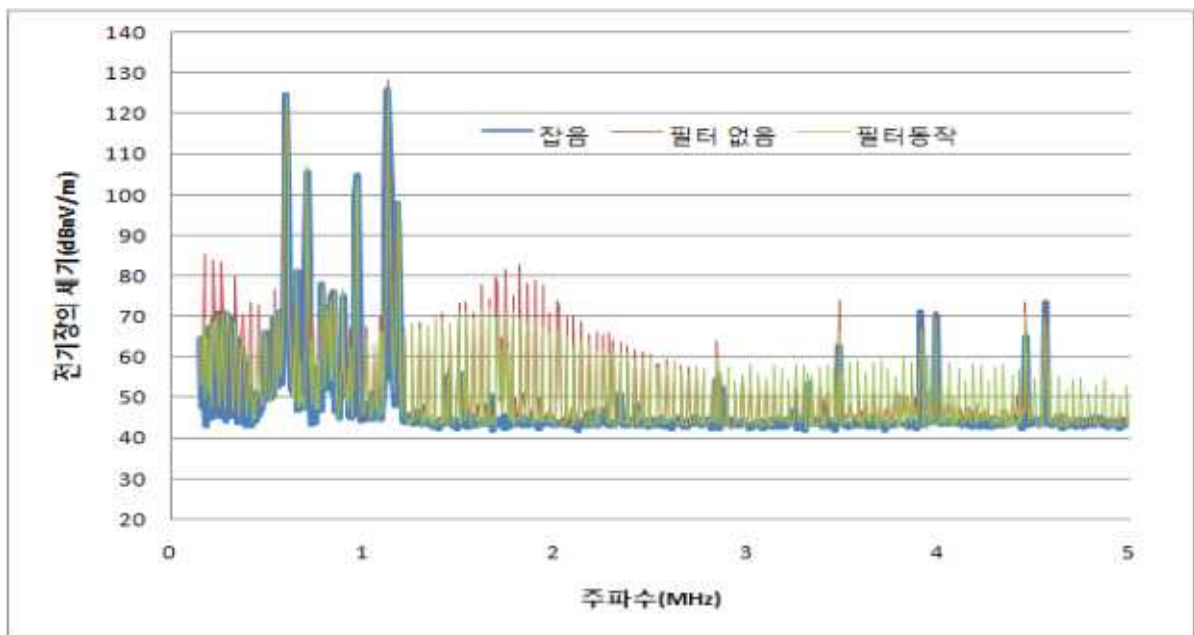


그림 17 자동차성능연구원 방사성 방해 측정 결과(5MHz 까지)

거리별 전자파 필터 설치에 따른 전기장의 세기 변화
10m 측정결과는 다음 표와 같다.

표 64 자동차성능연구원 거리별 측정(10m)

주파수	20kHz	40kHz	60kHz	80kHz	100kHz	120kHz	140kHz
전기장 세기 (dB μ V/m)	140	86.5	77.6	56	70.76	54	66
주파수	150kHz~1.6MHz~5MHz~5MHz			5MHz~10MHz	10MHz~14MHz~30MHz		
전기장 세기 (dB μ V/m)	70 ~ 76 ~ 60 ~ 50			50 ~ 35	35 ~ 40 ~ 35		

30m 측정결과는 다음과 같다.

표 65 자동차성능연구원 거리별 측정(30m)

주파수	20kHz	40kHz	60kHz	80kHz	100kHz	120kHz	140kHz
전기장 세기 (dB μ V/m)	124	39.9	72		67		58.8
주파수	150kHz~5MHz		5MHz~10MHz		10MHz~14MHz~30MHz		
전기장 세기 (dB μ V/m)	60 ~ 40		35 ~ 30		25 ~ 32 ~ 25		

10m와 30m 측정결과를 비교하면 10dB ~ 20dB 정도 감소함을 알 수 있다.

전자파 탐지 프로브 측정

전자파 탐지 프로브를 전자파 필터 앞단과 뒷단에서 각각 측정한 결과 전자파 변화량은 발생하지 않았다. 또한 전자파는 20kHz 홀수 고조파만 측정되었다.

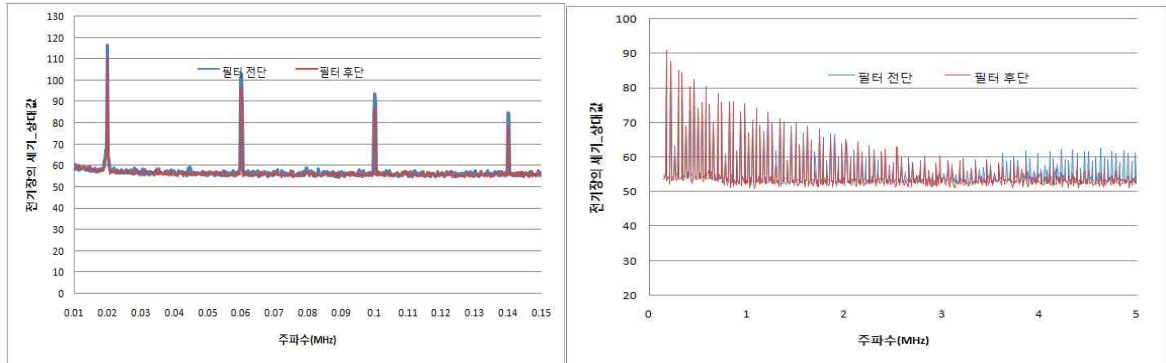


그림 18 자동차성능연구원 전자파 탐지 프로브 측정 결과

라. 측정결과 분석 및 시사점

측정결과를 종합하면 다음과 같다.

인버터와 급전선로 사이에 20kHz 고조파를 저감하는 저역통과필터를 설치하고 필터 전·후단의 전도성 전자파(차동모드) 측정하면 전단보다 후단이 60kHz ~ 1MHz 대역에서 30 ~ 40dB 저감하고 있다. 1MHz ~ 3MHz 대역은 20 ~ 30dB, 10MHz 이상은 10dB 저감하고 있다. 그리고 20kHz 홀수 고조파만 측정되고 짝수 고조파는 발생하지 않음을 알 수 있다.

급전선로부터 10m 거리에서 방사성 전자파를 측정하면 60kHz ~ 150kHz 대역은 10 ~ 30dB 정도 저감되고 150kHz ~ 2MHz 대역에서 10 ~ 30dB 정도 저감된다. 그러나 필터의 특성에 의해 3MHz ~ 5MHz 대역에서는 필터 동작상태에서 전자파가 증가하고 있었다. 20kHz 짝수, 홀수 고조파 모두가 발생하고 있었다.

전자파 차단필터를 통해 급전선로에 인가되는 전자파는 30dB 정도의 감쇠에 따라 방사성 전자파는 10 ~ 30dB 정도 감쇠하고 있다. 또한 전도성 전자파는 20kHz의 홀수 고조파 성분을 갖지만, 방사성 전자파는 짝수, 홀수 고조파가 발생되고 있다.

측정결과 급전선로에 전송되는 전자파는 20kHz 홀수 고조파만 존재하므로 방사성 전자파는 홀수 고조파만 측정되어야 하나 짝수 고조파도 함께 측정되고 있다. 전도성 전자파 변화량에 따라 방사성 전자파 변화량은 비례관계가 성립되는 것이 이론적으로 타당하나 두 값의 변화량이 선형적이지 않다. 이에 따라 방사성 전자파는 무선충전을 위한 급전선로에서 발생하는 전자파 이외에도 인버

터, 전력공급장치 등에서 발생하는 전자파가 함께 측정되는 것으로 사료된다.

무선전력 전송을 위해 사용하는 20kHz 신호에 의한 전자파는 전자파 차단 필터를 통해 충분히 저감되고 있다고 사료된다. 그러나 무선전력 전송 신호 외에 발생하는 전자파는 인버터, 전력변환기 등 기기 단위에서 전자파 저감 대책이 마련되어야 함을 알 수 있다.

2. 구미시 실용화 시험국 측정 분석

가. 개요

구미시 시내버스 노선에 무선충전식 전기자동차 시스템을 구축하고 실용화 시험국으로 미래창조과학부로부터 허가를 받았다. 운행구간은 구미시 차고지(선기동), 구미역, 인동 구간까지 왕복 28km까지 구간이다.

무선충전식 전기자동차 급전선로 설치 구간은 5km 정도 간격으로 6개 지역(차고지 2, 인동 1, 중간 3개) 버스 정류장에 설치하였다. 무선충전식 전기자동차는 6대를 10분 간격으로 '14년 상반기에 운행할 예정이다.

전자파 측정은 '13년 12월에 EMC 기준전문위원회 D소위 위원들과 함께 진행하였으며 시내버스 노선에 설치된 무선충전식 전기자동차 시스템의 전자파를 측정하였다.

나. 측정 구성도 및 측정방법

구미 시내버스 운행구간에서 전자파 측정을 위한 측정 구성도는 다음과 같다.

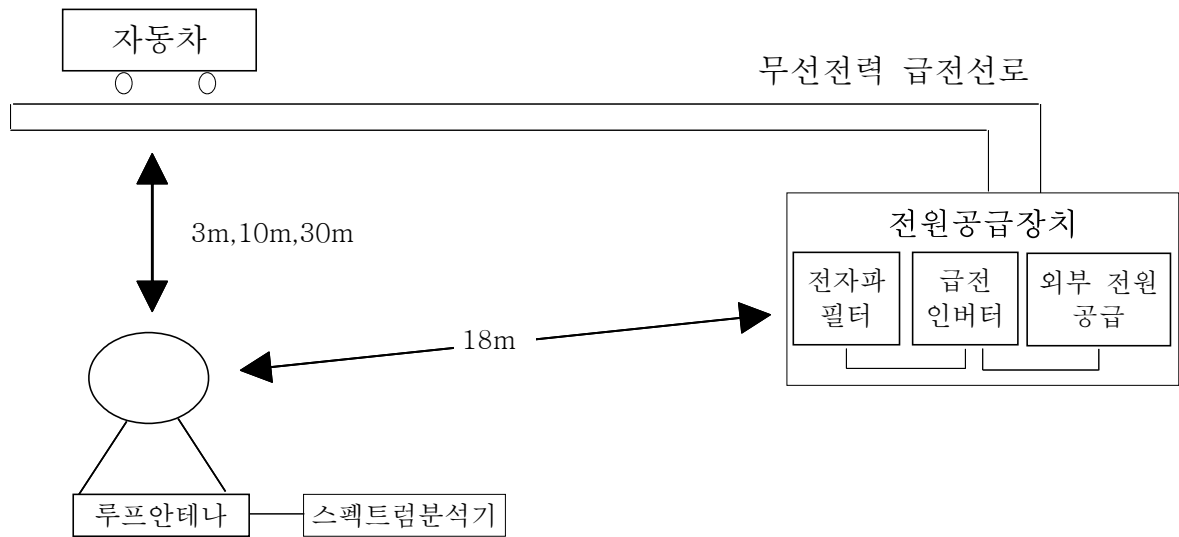


그림 19 구미시 실용화 시험국 측정 구성도

측정방법은 다음과 같다.

- 자동차를 무선전력전송 시스템에 위치시킴
- 무선충전식 전기자동차 무선전력전송 시스템 급전 상태로 구성
- 급전선로와 루프안테나를 3m, 10m, 30m 측정거리로 이격하여 전기장의 세기를 측정

다. 측정결과

10m 거리에서 측정 결과

구미 시내버스 구간 측정결과는 20kHz의 고조파 성분이 비교적 높게 측정되었다. 측정 지역별로 비교하면 20kHz 무선전력전송용 신호는 가장 작은 값이 측정되고 있으나 고조파 성분은 가장 큰 값이 측정되고 있어 필터에 의한 전자파 저감 효과는 미약하게 나타났다. 측정결과는 다음과 같다.

표 66 구미시 실용화 시험국 측정결과 및 비교

주파수 전기장 세기($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	20kHz	40kHz	60kHz	80kHz	100kHz	120kHz	140kHz
구미시 시내버스	115	74	92.8	-	93.4	58.8	84.1
자동차안전연구원	140	86.5	77.6	56	70.76	54	66
KAIST 문지동	120.8	92.3	84.1	78.7	77.8	61.9	74.7
주파수 전기장 세기($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	150~500kHz	~ 2MHz	~ 3MHz	~ 5MHz	~ 10MHz		
구미시 시내버스	70~84	60~79	50~62	40~50	32~40		
자동차안전연구원	66~72	66~75	60~70	50~60	32~48		
KAIST 문지동	66 ~ 71	46~66	47~40	32~40	30 이하		

측정 거리별 전기장의 세기 변화

150kHz 이하에서 3m와 10m 측정값은 17~37dB 정도 작아지고, 10m와 30m는 20~22dB 정도 작아지고 있다.

표 67 구미시 실용화 시험국 거리별 측정결과

주파수 전기장 세기($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	20kHz	40kHz	60kHz	80kHz	100kHz	120kHz	140kHz
3m	132	109	130	110	122	108	119
10m	115	74	92.8	-	93.4	58.8	84.1
30m	92	-	70	-	69	-	62

1.2MHz ~ 2MHz에서 3m와 10m 측정값의 변화는 3 ~ 15dB 정도로 급전선로 외의 전력설비(인버터 등)의 전자파가 측정되는 것으로 판단된다.

라. 측정결과 분석 및 시사점

방사성 방해 전자파를 측정한 결과 전자파 필터 설치에 따른 전자파 저감 효과는 명확하지 않았다. 100kHz 이상의 전자파가 저감되지 않고 1 ~ 2MHz 구간에서 전자파가 증가하는 현상이 발생하고 있었다.

전자파 필터효과가 방사성 방해 전자파를 통해 확인되지 않는 이유는 인버터 등 전력변환설비에 의해 전자파가 크게 발생 하여 무선전력전송용 비의도적 전자파보다도 크게 나타난 것으로 판단된다. 이에 따라 무선전력전송을 위한 급전선 전자파 저감대책과 더불어 인버터 등 전력전환설비에 대한 전자파 대책 마련이 필요함을 알 수 있다.

제4절 무선충전식 전기자동차 기준 및 시험방법 추진 방향

1. 추진경위

국립전파연구원에서는 무선충전식 전기자동차 전자파 장애방지 기준 마련을 위해 다음과 같이 측정 분석을 추진하였다.

‘11년 ~ ‘12년 KAIST 문지동 캠퍼스 시범 선로 구간에서 무선충전식 전기자동차 전자파 발생원, 거리별 전기장의 세기 측정·분석을 실시하였다.

‘13.3월 ~ ‘13.8월 자동차안전연구원 선로 구간(자동차 인증 선로)에서 20kHz 이상의 고조파를 차단하기 위한 전자파 저감 필터 설치하였다. 그 결과 무선충전으로 발생하는 불요 전자파 감쇠(30dB 정도) 하고 있음을 확인하였다. 그러나 인버터 등 전력변환기로부터 불요 전자파가 높이 발생하고 있으므로 전자파 대책 필요함을 확인하였다.

‘13.12월 구미시에 설치된 무선충전 전기자동차 구간에 대한 측정 분석을 실시하였다. 자동차안전연구원에서 확인된 전자파 저감 필터, 전자파 차폐 대책을 실시하여 구미시 구간에 설치하였으나 측정결과 불요 전자파가 높이

측정되고 있어 전자파 저감 대책에 대한 점검을 진행하여야 하며 인버터 등 전력변환기의 근본적인 전자파 저감 대책 마련이 필요함을 확인하였다.

2. 무선충전식 전기자동차 시스템 전자파 장애방지 기준 초안

무선충전식 전기자동차 시스템에 대한 전자파 장애방지 기준 마련을 위한 기본 원칙은 의도적으로 전자파를 발생시키는 주파수 대역을 제외한 주파수에 대해 전자파 장애방지 기준 마련하고자 한다. 20kHz, 60kHz 대역을 제외하고 9kHz ~ 1GHz 대역에 대한 전자파 장애방지 기준을 규정하려 하고 있다.

전자파 장애방지 기준 초안은 산업체 기술개발 수준, 기존 전자파 장애방지 기준을 고려하여 필요 최소한의 기준을 마련 할 예정이다. 30MHz 이상 대역은 자동차, ISM, 산업용 환경에서의 일반 기준 등 기존 전자파 장애방지 기준 적용하고자 한다. 30MHz 미만은 방송통신 서비스 등에 장애를 최소화 하고 산업체 기술수준을 고려하여 기준 마련할 예정이다. 전자파 장애방지 기준 초안은 기본적으로 전력선통신 기준을 참조하고자 한다. 전력선통신 기준은 '05년 30MHz 미만 전력선통신 기준은 전자파 발생원 측과 전자파에 의해 피해를 받는 기관(수협, 아마추어무선, 단파방송, 군, 공항 등)이 합의하에 장애방지 기준을 마련 하였다. 이에 따라 전력선통신 기준을 중심으로 무선충전식 전기자동차 환경에 적합토록 검토할 예정이다. 또한 구미시에 설치된 실용화 실험국의 불요 전자파 저감 방안 연구를 진행하여 전력선통신 기준을 응용한 기준 초안을 기반으로 전자파 저감 목표를 설정하고 기술개발을 지원하고자 한다.

무선충전식 전기자동차 시스템의 전자파 장애방지 기준 초안의 예는 다음과 같이 검토하고 있다.

별표 무선충전식 전기자동차 시스템에 대한 전자파 장애방지 기준

1. 30MHz 미만 전자파 방사기준

주파수 범위MHz	전기장의 세기 준침두치 허용기준dB μ V/m 측정거리 : 10m 또는 30m
0.009 ~ 0.45	47 ~ 20log f
0.45 ~ 30	54
주) 기술수준을 고려하여 고조파에 대한 여유값 설정	
2. 30MHz 이상에서의 전자파 방사기준은 제6조에 의한 별표 4(자동차 등의 전자파 장애방지 기준), 제2조제3항2호에 의한 별표 2(산업환경에서의 장애방지기준)의 전자파 장애방지 기준에 적합하여야 한다.	

전력선통신 기준은 가정 환경에서 이용되므로 3m 거리에서 측정값을 규정하고 있으나 무선충전식 전기자동차 시스템은 일반 도로 환경에서 이용되므로 10m 또는 30m 거리에서의 측정값을 규정할 필요가 있다. 또한 무선충전식 전기자동차 시스템의 무선전력을 전송하기 위한 기술적 한계에 의해 전자파 저감이 현실적으로 어려운 경우 특정 고조파에 대한 여유값을 부여하는 방안도 검토할 필요가 있다.

3. 무선충전식 전기자동차 전자파 장애 시험방법 초안

가. 측정 요구 조건

무선충전식 전기자동차 전자파 장애 측정은 설치장소에서 실시하여야 한다. 이에 따라 측정 기후 조건을 규정한다. 건조한 기후(0.1 mm 미만의 비가 내리고 24시간이 지난 후)에서 온도가 적어도 5°C 이상, 풍속이 10 m/s 미만일 때 측정할 것을 권고한다. 기후 조건을 알 수 있기 전에 측정을 계획할 경우도 있으므로, 목표 조건을 충족하지 못하는 기후 조건에서 측정을 수행해야 할 수도 있다.

동작 조건은 무선충전식 전기자동차 시스템이 최대 전자파 방출 상태가 될 수 있도록 다음과 같은 전체 시스템 동작 모드에서 측정을 실시한다.

- 전기자동차는 정지상태이며 키-온 상태이어야 한다.
- 급전인버터로부터 최대 전력을 급전 받아 충전하는 상태이어야 한다.

측정 수신기는 KN 16-1-1의 요구사항을 만족하여야 한다. 측정에 사용하는 주파수 대역 및 -6 dB에서의 대역폭은 KN 16-1-1에 따르며, 다음 표2와 같다.

표 68 측정 주파수 대역 별 -6 dB 대역폭

주파수 대역	9 ~ 150 (kHz)	0.15 ~ 30 (MHz)	30 ~ 300 (MHz)	300 ~ 1000 (MHz)
대역폭	200Hz	9kHz	120kHz	120kHz

방사성 방해 측정을 위한 안테나는 KN 16-1-4의 요구사항을 만족하여야한다.

측정 현장은 주변 구조물, 인접한 급전 선로 등의 영향을 받기 때문에 방해물이 없는 완벽한 측정 조건을 만족할 수는 없지만, 가능하다면 안테나는 반사 구조물로부터 멀리 떨어진 곳에 배치하여야 한다. 급전 시스템의 일부인 경우를 제외한 기타 가공 전력선은 측정 장소에서 100 m 이상 떨어져 있어야 한다.

측정 위치는 단위시스템내의 급전 선로 구획 중에서 가장 방출량이 큰 급전 선로 구획을 선정하고, 선정된 급전 선로 구획의 중간지점으로 하여야 한다.

측정 구역과 인접한 급전 시스템은 측정에 영향을 주지 않도록 적절히 조치하여야 한다.

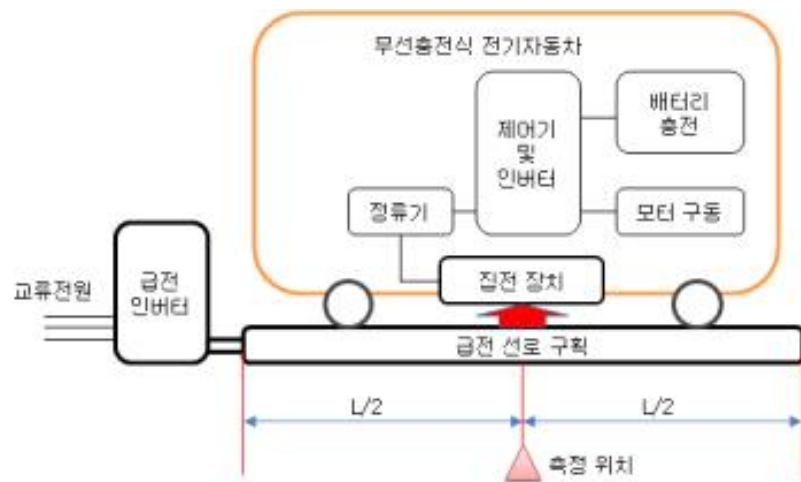


그림 20 단위시스템 내에서 측정 위치 예

측정 안테나 위치는 측정위치와 가까운 쪽의 차량 표면에서 측정 안테나까지의 측정거리는 10 m로 한다. 이는 안테나 기준점까지의 거리이다. 9 kHz ~ 30 MHz 주파수 대역의 자기장 측정을 위한 안테나는 다음과 같이 배치한다.

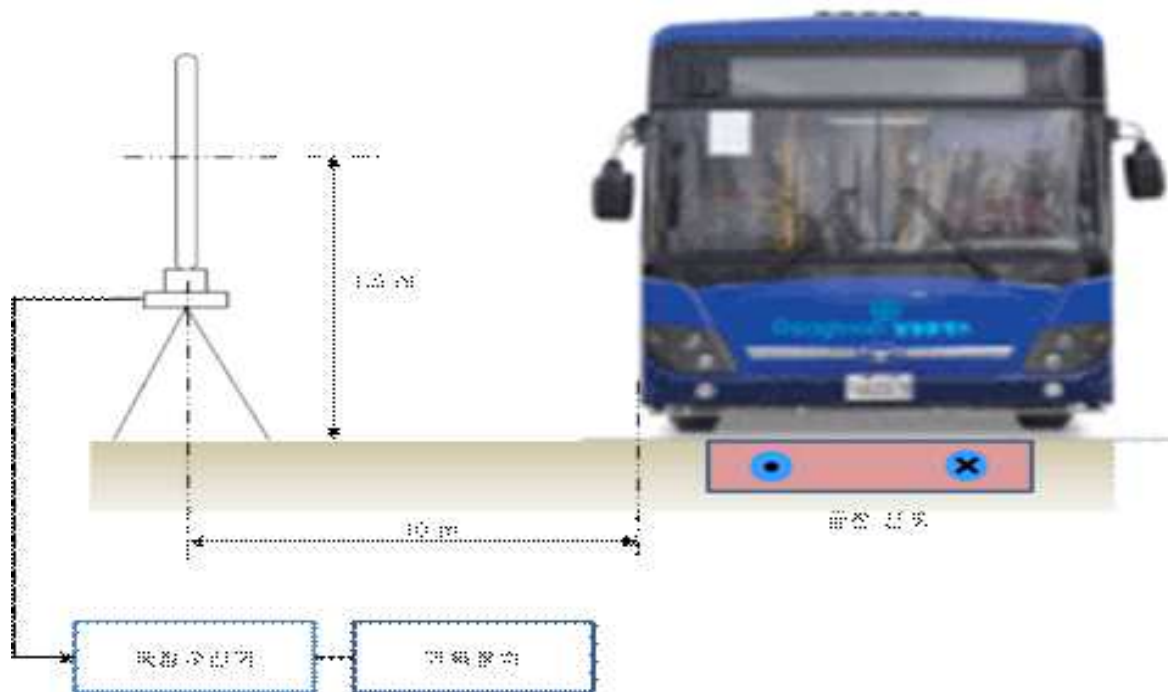


그림 21 9kHz ~ 30MHz 주파수 대역의 자기장 측정을 위한 안테나 배치도

30 MHz ~ 300 MHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나(수직 편파의 예)는 다음과 같이 배치한다.

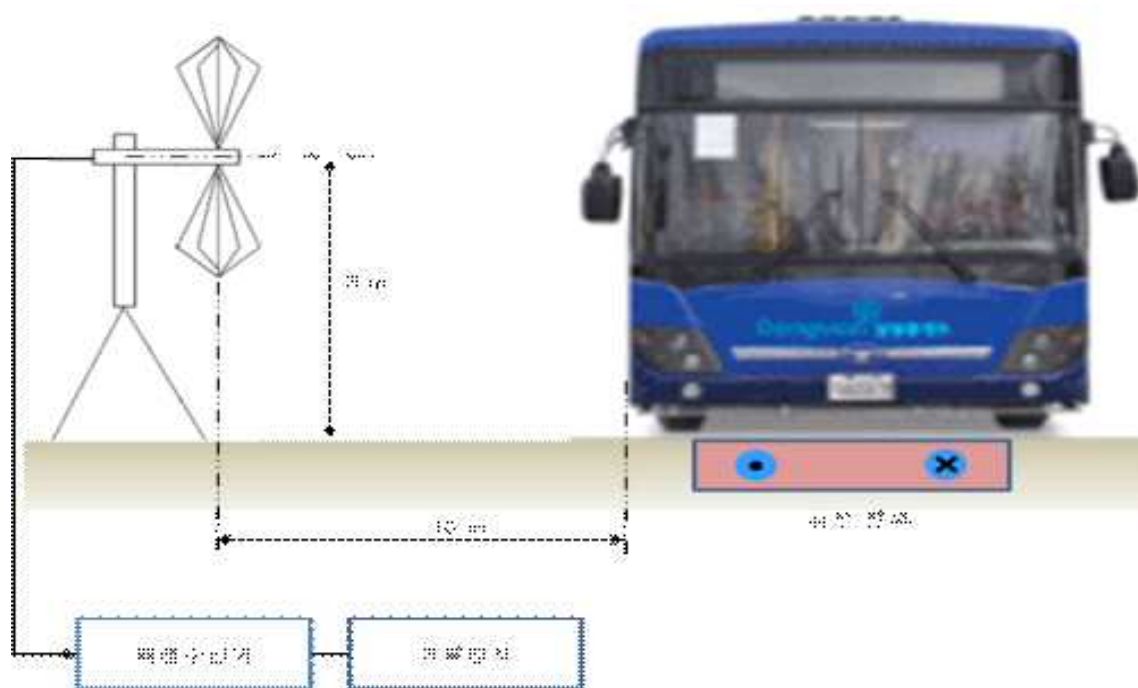


그림 22 30 MHz ~ 300 MHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나 배치도

300 MHz ~ 1 GHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나(수직 편파의 예)는 다음과 같이 배치한다.

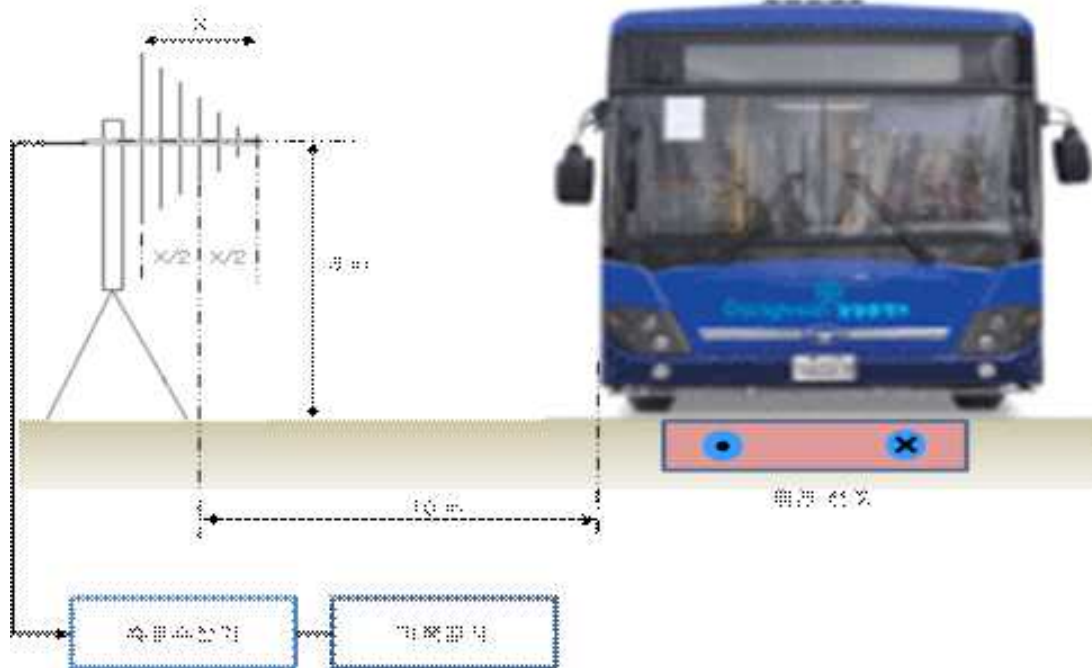


그림 23 300MHz ~ 1GHz 주파수 대역의 전기장 측정을 위한 안테나 배치도

나. 복사성 방출 측정 방법

무선충전식 전기자동차가 무선전력전송 급전 선로에서 충전할 때 발생하는 복사성 방출의 측정 범위는 9 kHz ~ 1 GHz 주파수 범위로 한다. 측정은 준침두값 검파기를 적용하여 실시한다. 측정 중에는 전원 회로 차단기의 작동에 의해 발생하는 과도현상이 검출될 수도 있다. 이러한 현상에 의한 측정값은 최대 신호 레벨을 선택할 때 무시하여야 한다.

현장 조건상 기준거리가 아닌 다른 거리를 사용하는 경우, 다음 공식을 이용하여 해당 결과를 10 m 거리의 등가 값으로 변환할 수 있다.

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \log_{10} (D / 10) \quad (1)$$

여기서,

E_{10} 은 10 m에서의 전기장의 세기,

E_x 는 측정거리 D m에서 측정된 전기장의 세기,

n은 표 2에 따른 변환 계수이다.

표 69 주파수 범위 별 변환 계수

주파수 범위	n
9 kHz ~ 150 kHz	2
0.15 MHz ~ 0.4 MHz	1.8
0.4 MHz ~ 1.6 MHz	1.65
1.6 MHz ~ 110 MHz	1.2
110 MHz ~ 1000 MHz	1.0

급전 선로의 물리적 형상으로 인해 기준 거리를 적용할 수 없는 경우에는 특수한 상황에 적합한 방식에 대한 합의가 이루어져야 한다.

급전 선로가 매설된 지면에서 안테나 중심까지의 높이는 루프 안테나의 경우 1.5 m, 바이코니컬 안테나 혹은 대수주기 안테나의 경우 3 m 이어야 한다. 안테나가 있는 지면의 높이가 급전 선로의 지면 높이와 0.5 m 이상 차이가 나는 경우에는 시험 보고서에 실제 값을 기록하고 도면으로 표시해야 한다.

루프 안테나의 평면은 급전 선로의 방향과 수직인 곳에 위치시키고 평행이 되도록 하여야 한다. 바이코니컬 안테나와 대수주기 안테나는 안테나가 급전 선로를 향하게 하여 수직 및 수평 편파 신호를 측정할 수 있도록 배치하여야 한다. 측정 시 측정기기가 포화되지 않도록 주의하여야 한다.

급전 선로와 측정 지점의 높이 차이가 커서 위 내용에 명시된 높이로 안테나를 배치할 수 없는 경우, 급전 선로 대신 측정 지점의 지면을 기준으로 안테나 중심의 높이를 정할 수도 있다. 이 경우 식 (1)의 변환 공식을 적용해야 하며, 여기서 D 는 급전 선로와 안테나 간의 경사거리이다. 안테나의 위치에서 급전중인 전기자동차 시스템이 보여야 하며, 안테나 측은 전기자동차 시스템을 지향하도록 들어 올려야 한다. 매우 높은 곳에 설치된 급전 선로의 경우에는 급전중인 차량의 표면에서 30 m의 측정 거리를 표준으로 한다. 측정 구성에 대한 자세한 내용은 시험 보고서에 기록하여야 한다.

복사성 전자파 방출은 급전 시스템의 상태에 영향을 받게 된다. 급전 인버터의 스위칭 및 일시적인 작업들은 시스템에 영향을 미친다. 따라서 시스템의 상태를 시험 보고서에 기록할 필요가 있으며, 가능하다면 모든 유사한 시험은 동일한 일자에 실시하도록 한다.

측정값은 다음과 같이 표현하며 이것은 적절한 안테나 인자와 변환을 통하여

얻어진다.

- 자기장의 세기의 경우 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$
- 전기장의 세기의 경우 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

주변 전자파는 측정 장소에서 무선충전식 전기자동차 시스템이 동작하지 않을 때 측정하여야 한다. 이렇게 함으로써 무선전력전송을 위하여 급전된 급전 선로부터의 복사성 방출 값을 구분할 수 있다. 이 값이 상당히 큰 경우에는 피 시험 시스템 이외의 다른 방해 전자파원을 찾아낼 수 있도록 100 m 떨어진 지점에서 측정을 실시할 것을 권장 한다.

제6장 30MHz 이하대역 시험장 및 가전기기 EMI 시험방법 연구

제1절 30MHz 이하대역 시험장 평가 방법

PDP TV, 무선전력전송 등 최근 30MHz 이하 대역의 전자파 이용이 증가하고 있으나 국제적으로 30MHz 이하대역의 전자파 장해 시험장을 평가할 수 있는 방법이 마련되어 있지 않다. 전자파 장해 시험장에 대한 국제표준을 논의하는 CISPR에서는 2011년부터 30MHz 이하 대역 시험장 평가방법을 논의하기 시작하였다. 2012년 CISPR 총회에서는 독일과 일본에서 정량화 시험장 평가(NSA) 방법을 이용한 시험장 평가결과를 발표하였다. 현재 전자파 시험장 평가방법 표준인 CISPR 16-1-4에는 30MHz ~ 1GHz 사이에서의 시험장 평가방법으로 정규화감쇠량방법(NSA)과 기준시험장 방법(RSM : Reference Site Method)이 제시되어 있다. 이에 따라 30MHz 이하의 대역에서의 전자파 장해 시험장 평가방법도 NSA 방법과 더불어 RSM 방법이 논의될 수 있다는 생각에서 본 연구는 추진되었다.

30MHz ~ 1GHz 대역 전자파 장해 시험장 평가방법

전자파 장해 시험장을 평가하는 NSA 방법은 송신기 신호발생기 전력 - 송신 안테나 - 자유공간 손실(직접파 + 제1 바닥반사파 벡터의 합) - 수신 안테나 - 수신 전력에 대한 이론값과 실제 측정값을 비교하여 $\pm 4\text{dB}$ 이내에 들어오면 적합한 시험장으로 평가한다. NSA 평가에서 이론값과 측정값의 변화가 발생할 수 있는 부분은 자유공간 손실 부분이 가장 크다. 실제로 정규화된 이론적 감쇠량 값과 실제 측정된 자유공간 손실 값과의 차이로 그 시험장을 평가하게 된다. 그러나 자유공간 손실 부분의 차이 이외에도 이론값과 측정값의 차이를 발생시킬 수 있는 부분은 송수신 안테나 팩터가 존재한다. 안테나 팩터는 교정기관에서 산출한 값을 NSA 시험시 반영하게 된다. 교정기관에서의 안테나 팩터는 수평 또는 수직 1개 성분에 대해서만 실시하고 있으며 모든 주파수 대역에 대해서 실시하지 않고 필요 주파수에 대해서만 교정을 한다. 또한 안테나가 이용되면 팩터의 변화가 일어나게 된다. 이에 따라 NSA 시험을 하는 경우 안테나 방향, 주파수, 노후화 등으로

안테나 팩터 값이 변화하면 측정값과 이론값의 차이가 측정될 수 있다. 이는 시험장 특성과는 관계없는 성분으로 인해 시험장 평가에 영향을 줄 수 있어 안테나 팩터를 고려하지 않는 방법을 고민하게 되었다.

안테나 팩터를 고려하지 않고 전자파 장애 시험장을 평가하는 방법으로 기준시험장 방법이 국제표준화 되었다. 기준시험장 방법은 기준이 되는 시험장에서 측정을 통해 얻은 시험장 감쇠량 값과 시험기관들의 전자파 장애 시험장에서 측정한 시험장 감쇠량 값을 비교하여 $\pm 4\text{dB}$ 이내 이면 적절한 시험장으로 평가하는 방법이다. 이에 따라 기준시험장 방법은 기준이 되는 시험장에서의 감쇠량 측정과 전자파 장애 시험장에서의 감쇠량 측정 2단계로 나누어져 시험장을 평가한다.

대형 기준이 되는 시험장 측정은 9개 송수신 지점 쌍을 지정하고 각 지점간의 거리는 3m 이격하고 송수신 지점간 거리는 10m로 한다.

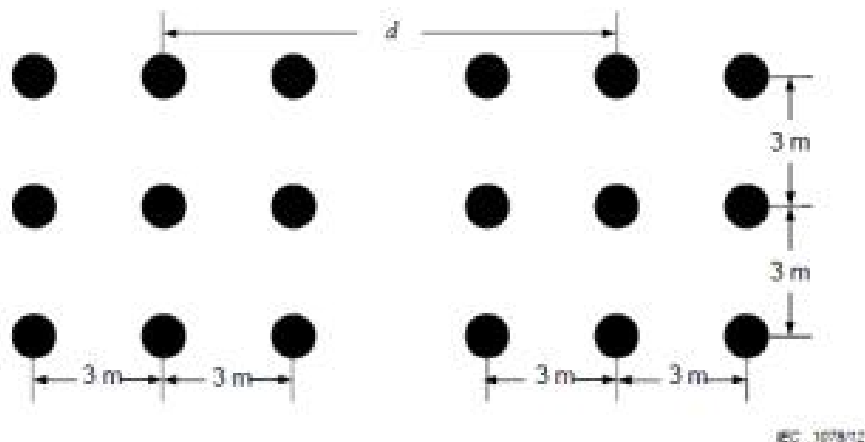


그림 24 기준시험장 송수신 지점 예

송수신 지점간의 감쇠량 측정은 송신 신호발생기 전력 - 송신안테나 - 자유공간 손실(직접파와 제1 바닥 반사파의 팩터의합) - 수신안테나 - 수신기 전력을 측정한다. 이 측정을 9개 지점에서 각각 실시한다. 9개 지점에서 측정된 모든 주파수별 표준편차를 구하여 0.6dB 이내이면 기준이 되는 시험장으로 고려될 수 있다. 각 9개 지점 주파수별 측정값의 평균값이 기준이 되는 시험장 감쇠량이 된다. 이 방법 이외에 CISPR 16-1-5에 적합한 안테나 교정 기준시험장(REFTS)에서 1개 송수신 쌍에서 측정한 값도 기준시험장 감쇠량이 될 수 있다.

기준이 되는 시험장 감쇠량 측정에 이용되었던 계측기, 안테나, 케이블 등을 그대로 전자파 장해 시험장에 배치하고 시험장 감쇠량을 측정한다. 이렇게 측정된 시험장 감쇠량과 기준이 되는 시험장 감쇠량 값의 차이로 전자파 장해 시험장 적합여부를 평가한다. 결국 안테나 팩터를 고려하지 않기 위해 기준이 되는 시험장 평가에서 이용했던 안테나 등을 전자파 장해 시험장 평가에 그대로 이용토록 하는 방식이다.

30MHz 이하대역 기준시험장 측정 분석

EMC 기준전문위원회 A 소위원회에서는 30MHz 이하대역에서 기준시험장 평가방법이 사용 가능한지 여부에 살펴보기 위하여 측정분석을 실시하였다. 측정은 국립전파연구원 이천 시험장에서 실시하였다.

기준이 되는 시험장 평가는 측정거리 3m와 10m에서 각각 실시하였다. 안테나 높이는 1m로 하고 각각의 편파에 따라 측정하였다. 측정결과는 다음 그림과 같다.

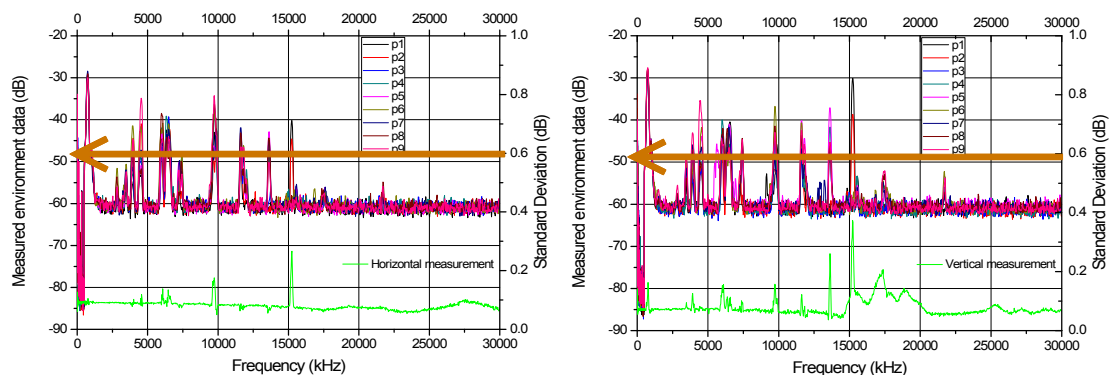


그림 25 기준이 되는 시험장 표준편차(10m)

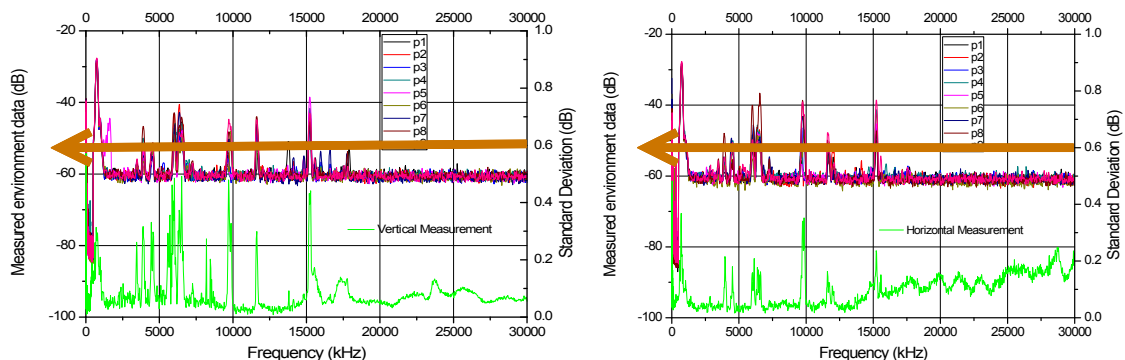
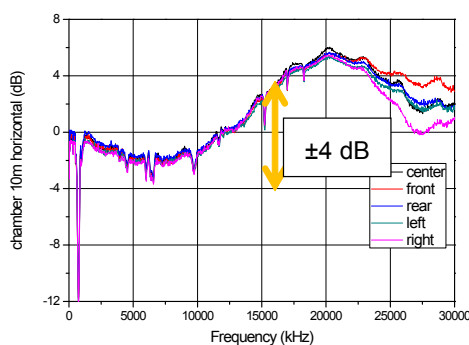


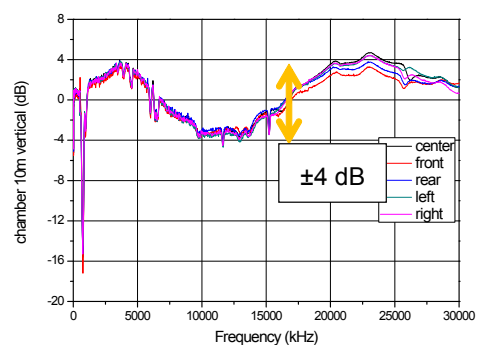
그림 26 기준이 되는 시험장 표준편차(3m)

기준이 되는 시험장 표준편차는 10m, 3m 측정거리에서 0.6dB 이하로 측정되어 이천 시험장에서 측정한 9개 지점의 평균값을 시험장 감쇠량으로 이용할 수 있게 되었다.

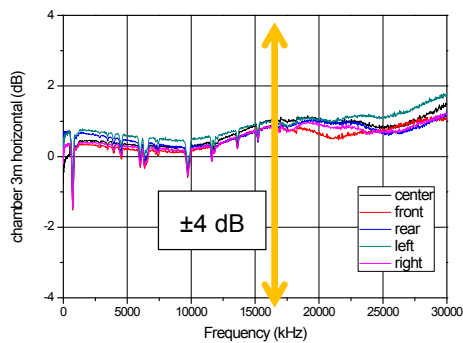
실제 10m 전자파무반사실에서 기준시험장 평가방법을 이용하여 전자파장해 시험장 평가를 실시하였다. 측정결과는 다음과 같다.



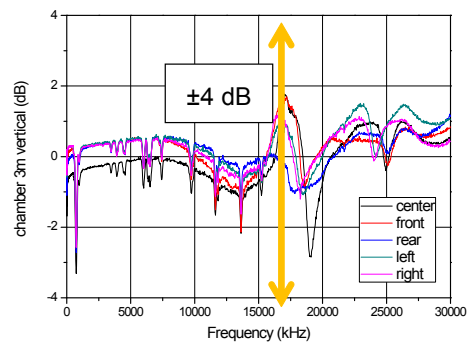
(a) 수평평파(10 m)



(b) 수직평파(10 m)



(C) 수평평파(3 m)



(b) 수직평파(3 m)

그림 27 10m 전자파무반사실에 대한 기준시험장 평가결과

10m 전자파무반사실에서 기준시험장 방법을 이용하여 30MHz 이하대역에 대한 시험장 평가를 실시한 결과 3m 거리에서는 $\pm 4\text{dB}$ 이내로 평가되었으나 10m 거리에서는 $\pm 4\text{dB}$ 를 초과하는 것으로 평가되었다. 이에 따라 향후에 10m에서 $\pm 4\text{dB}$ 이상 측정된 이유에 대한 연구를 더 진행되어야 할 것

이다. 본 연구결과는 2013년 CISPR A소위 회의에서 발표하였으며 국제적으로 공동 연구를 제안하였다.

제2절 가전기기 EMI 시험방법 연구

전자파 장애 시험방법 제4조제3항에 의한 별표 4의 KN 14-1에서는 가정용 전기기기 및 전동기기류의 장애방지 시험방법을 규정하고 있다. 이 시험방법은 CISPR 14-1 국제표준을 수용하여 마련하였다.

현재 우리나라에서는 로봇청소기들이 활발히 보급되어 국민들에게 편리함을 제공하고 있다. 로봇청소기는 고정되어 있지 않고 자기의 힘으로 집안 곳곳을 이동하면서 청소를 실시한다. 전자파 장애 시험은 기본적으로 기기들이 원래 동작하는 상태에서 실시하게 된다. 이에 따라 로봇청소기가 움직이는 상태에서 전자파를 측정하여야 하나 전자파 장애 시험장의 한계와 움직이는 물체에 대한 전자파 장애 시험 오차가 커서 표준화된 시험방법 마련이 필요한 실정이다. 이에 따라 우리나라에서는 CISPR F 소위에 로봇청소기 시험방법을 제안하였으며 국제표준 개정(안)으로 채택되었다.

EMC 기준전문위원회 F 소위에서는 국제표준 개정(안)으로 채택된 로봇청소기 전자파 장애방지 시험방법을 제조업체, 시험기관 등과 공동으로 측정분석을 실시하고 의견수렴을 거쳐 개정(안)을 다음과 같이 마련하였다.

자동(로봇) 진공청소기방해 측정을 위한 지침

자동 진공청소기(로봇 청소기)의 구동 부분 (청소를 위한 부품)은 자동진공청소기의 의도한 기능을 수행하기 위한 전자 제어 (마이크로 프로세서 및 센서) 동작과 함께 측정되어야한다. 모터들은(예 : 브러시 모터, 바퀴 모터, 흡입 모터) 정상 조건(바퀴가 회전하고, 흡입 입구가 막혀있지 않고 브러시가 지속적으로 동작하지만, 기계 또는 기구적인 부하 없이)에서 동작되어야 한다. 이러한 동작을 원할 하게 하기 위하여 전자파 소프트웨어를 사용하지 않고 측정할 수 있는 비전도성 재질의 아이들 롤러를 사용할 수 있다. 피시험기기 구동 부분은 바닥 접지면으로부터 $10\text{cm} \pm 2\text{cm}$ 높이에 고정되도록 설치하여야 한다.

주) 여러 방을 청소하기 위한 인공지능 같은 기능이 주어지는 프로그램을 사용

하는 자동 진공청소기가 상기에서 언급한 동작 조건을 사용할 수 없을 때는 제조자에 의해 제공 되어지는 특별한 소프트웨어를 이용하여 상기의 시험조건을 만들 수 있다.

시험을 시작할 때는 완충된 배터리를 사용하여야 한다. 시험하는 동안 배터리 조건은 정상적인 구동조건을 유지하기 위해 충분하여야 한다.

자동 진공청소기의 고정 부분(도킹 스테이션)은 각 허용 모드에서 시험되어야 하며, 완전 방전된 배터리가 장착된 자동 진공청소기를 고정 부분에 접속 또는 연결하여 지속적으로 충전하면서 시험하여야 한다.

만일 구동 파트(로봇 청소기)가 고정 부분의 동작 모드를 동작시키기 위해 필요하다면, 일반적인 동작조건에 따라 함께 시험되어야 한다.

TEM-도파관 시험 방법은 자동 진공청소기를 시험하기에 적합하지 않다.

제7장 전자파 안전관리 제도 연구

제1절 연구 배경

방송통신, 디지털 기기의 이용 활성화는 우리에게 편리함을 제공하고 산업의 육성과 부가가치를 창출시켜 경제발전에 기여하고 있다. 그러나 전기를 이용하는 기기들의 이용은 필연적으로 전자파가 발생되어 전자파 역기능 문제도 함께 발생하고 있다. 전자파 역기능으로 기기에서 발생하는 전자파에 의해 방송·무선통신 서비스 간섭이 발생하거나 외부 전자파에 의해 기기가 오동작하거나 서비스 품질이 저하되는 현상이 일어난다.

전파법령에서는 기기에서 발생하는 전자파가 다른 기기의 동작을 방해하는지 여부(전자파 장애방지 기준)와 외부 전자파의 영향을 받을 때에도 기기가 정상 작동하는지 여부(전자파 보호 기준)를 평가토록 하고 있다. 현재의 전파법에서는 기기 단위로 적합성평가(인증)를 실시하여 기준에 적합한 제품만 시장에 출시·유통되어 소비자를 보호하고 있다.

현재 전기·전자·방송통신 기기 및 설비들은 융·복합 추세에 따라 복합적으로 설치되고 있는 추세에 있다. 그러나 기기들이 복합적으로 설치되는 상태에서의 전자파적합성은 평가하고 있지 않다. 유럽의 경우 '07년부터 복합적으로 설치되는 고정설비에 대해서도 전자파적합성 평가를 의무화하고 있는 실정이다. 이에 따라 방송통신 서비스 장애방지 및 기기 오동작 방지 등 전자파 역기능을 예방하기 위하여 복합적으로 설치되는 설비에 대한 전자파적합성을 평가하여 관리하는 제도 연구를 추진할 필요가 있다.

본 연구에서는 전자파 안전관리 제도의 이슈를 분석하고 전자파 안전관리 제도 초안과 안전관리 기준 초안에 대해 살펴보도록 하겠다.

제2절 전자파 안전관리 이슈분석

1. 국내·외 현황

가. 우리나라

<전자파적합성 관리 제도>

전자파적합성 정책은 '89년부터 전파법령에 기술기준을 규정하기 시작하여 현재에 이르고 있다. 세부 기술기준은 전자파 장애방지 기준과 전자파 보호 기준으로 규정하고 국립전파연구원이 고시하고 있다.



그림 28 우리나라 전자파적합성 기준 체계

전자파적합성 기술기준은 정보, 방송, 가전, 자동차, 전기철도 등 기기별 전자파 발생의 한계값과 전자파 내성 기준을 규정하고 있다.

기기의 적합성평가 제도는 전자파 장애를 주거나 전자파로터 영향을 받는 기기를 제조·판매하고자 하는 경우 전자파적합성 기술기준을 만족 여부를 평가하여 국립전파연구원에서 인증을 받아야 한다. 기기의 사후 관리는 국립전파연구원에서 시장에 유통되는 제품이 기술기준 적합한 지 여부를 조사·시험 하여 관리하고 있다.



그림 29 전자파적합성 법령 및 집행제도

<방송통신, 전기설비 등의 관리제도>

방송통신 기기를 시장에 유통하기 전에 기술기준을 확인하는 인증제도와 설치·운용하는 자의 설비가 기술기준에 적합한지 여부를 조사·검사하는 제도를 운영하고 있다. 방송통신 기술기준은 방송통신발전기본법, 전파법, 방송법, 전기통신사업법에서 규정하고 있다.

방송통신 기기 인증 (제조, 유통, 수입업체)	• 방송통신 기기를 시장에 유통하기 전에 기술기준 적합여부를 시험하여 인증(대상 : 유선, 무선, 방송 단말기기)
구내설비 사용전 검사 (건축주 또는 시설자)	• 구내통신설비 기술기준 적합여부를 사용전에 검사 (대상 : 구내에 설치하는 통신, 방송 설비)
사업용설비 적합조사 (방송통신사업자)	• 사업용 설비 기술기준 적합여부를 기록관리하고 사후에 조사시험 (대상 : 사업용 방송통신설비)

그림 30 우리나라 방송통신 설비 제도

전기설비에 대해서는 전기용품을 시장에 유통하기 전에 인증하는 제도와 전기설비의 설치·운용하는 자를 관리하는 제도로 구분하여 운영하고 있다. 전기사업법령에서는 전기설비 기술기준과 전기사업용설비, 자가용전기설비, 일반용전기설비에 대한 안전관리 제도를 규정하고 있다. 전기용품안전관리법령에서는 전기용품 기술기준과 인증 제도를 규정한다.

전기용품 인증 (제조, 유통, 수입업체)	• 전기용품을 시장에 유통하기 전에 기술기준에 적합여부를 시험하여 인증(대상 : 가전, 조명, 전기 기기 등)
사용전 검사제도 (사업용 및 자가용 전기설비 설치자)	• 전기설비의 설치공사 또는 변경공사를 한 자는 기술기준에 적합한지 여부를 사용전에 검사를 받아야 함 (대상 : 전기사업용설비, 자가용전기설비)
전기설비 점검 (일반 전기설비 설치자)	• 전기설비의 사용전과 사용 중에 기술기준에 적합한지 여부를 정기적으로 점검을 받아야 함(대상 : 일반용 전기설비)

그림 31 우리나라 전기설비 제도

나. 유럽 현황

EU 집행위원회에서는 전자파적합성 지침(EMC Directive)을 제정·운영하고 있으며 기기에 대한 전자파적합성을 확인하는 인증제도(CE)를 통해 제조자, 판매자를 관리하고 있다. 또한 EMC Directive 2004/108/EC of the European Parliament and the Council에 의해 대형·네트워크 등 고정설비에 대한 전자파적합성을 확인하는 엔지니어링 제도를 '2017년부터 의무화하여 설치·운영자를 관리하고 있다.

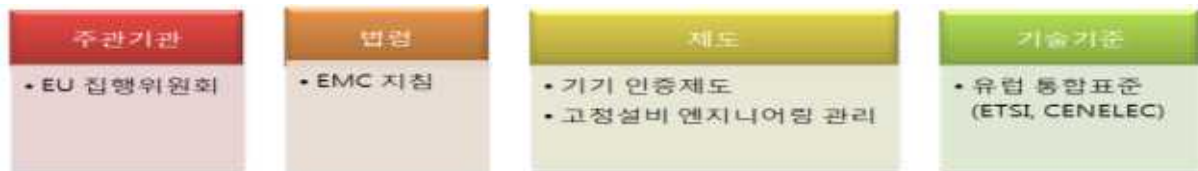


그림 32 유럽의 전자파적합성 체계

EMC 지침에서 전자파적합성 기술기준 원칙을 규정하고 있다. 전기통신 설비 등이 정상 작동할 수 없게 하는 전자파 발생을 차단하고, 일반적인 전자파에 의해 성능 저하가 발생하지 않도록 전자파 내성을 갖추도록 하고 있다. 세부 기술기준은 유럽표준화기구에서 제정한 통합표준을 지정하여 활용하고 있다. 통합표준(harmonised standard)은 유럽표준(Cenelec, CEN, ETSI) 중에서 의무적으로 준수토록 유럽 관보에서 지정하는 표준을 말한다.

기기의 적합성평가 제도를 운영하여 기기들이 시장에서 유통하기 전에 제조자는 기술기준에 적합한지 여부를 평가하여 적합성선언(인증) 실시하고 있다. 그리고 기기의 사후관리를 통해 EU 국가들은 기술기준에 적합하지 않은 것을 확인하는 경우 시장에서 철수시키는 등의 적절한 조치를 취하도록 하고 있다.

고정설비를 설치 운영하는 자는 기술기준에 만족하도록 엔지니어링을 실시하고 기술기준 적합여부를 문서화 하여 기록·관리하도록 하고 있다. 고정설비에 대한 책임자를 지정하고 국가에 신고하여야 한다. 또한 엔지니어링 적합여부 문서는 고정설비가 운용되는 동안 보관하고

정부의 제출 요구 및 점검 또는 심사 시 제시하여야 한다. 여기서 고정설비란 미리 정해진 위치에서 영구적으로 사용하기 위하여 다양한 형식의 기기들을 조립하거나 설치하는 특정 조합을 의미하며 공장, 발전소, 전력/통신/컴퓨터 네트워크 설비, 공항설비, 철도 기반시설 등이 해당 한다. 고정설비에 대한 적합여부 확인은 고정설비의 규정을 준수하지 못한 징후가 있는 경우, 설비로부터 발생하는 전자파 장애에 대한 민원이 제기되는 경우 실시한다. 회원국은 기술기준을 준수하지 못한 사실이 확인 되면 고정설비가 필수요건을 준수하도록 적절한 조치를 취할 수 있다.



그림 33 유럽의 전자파적합성 기준 적용 체계

다. 미국

전자파적합성 제도는 전기통신법 1996에 의해 미연방통신위원회(FCC)가 EMC 기술기준을 규정하고 인증을 통해 확인하고 있다. 방송통신기기와 산업과학의료용 고주파 이용기기에 대한 전자파적합성 기준을 각각 규정하고 있다. Part 15에서는 의도적으로 전파를 발사하는 무선기기와 비의도적 전파를 발사하는 일반 방송통신기기의 기준을 규정하고 Part 18에서는 전자렌지, 유도조리기구 등에 대한 기준을 규정한다. 미국은 전자파적합성 기술기준 중 전자파 장애방지 기준에 대해서만 규정하고 있으며 전자파 내성 기준은 규정하지 않고 있다. 미국에

서는 EMI 기준은 무선주파수를 보호하기 위하여 엄격하게 규제하고, EMS 기준은 제품 및 신뢰성에 관련되므로 정부에서는 관여하지 않는 것으로 사료된다.

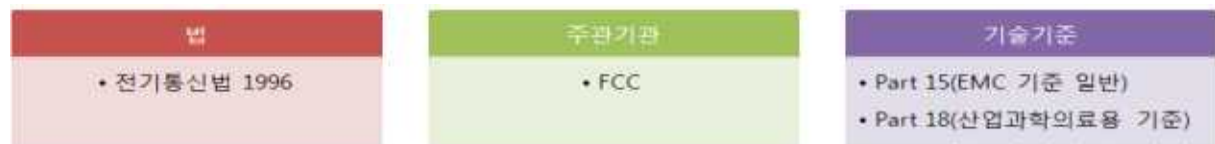


그림 34 미국 전자파적합성 체계

미국에서도 기기들이 시장에서 유통하기 전에 제조자는 기술기준에 적합한지 여부를 평가하여 적합성선언(인증) 실시한다. 그리고 시장에 유통 중인 기기에 대한 기술기준 준수여부를 확인하고 위반시 수거, 인증취소 등의 조치를 하는 사후관리 제도를 운영하고 있다.

미국은 원자력 설비에 대하여 전자파적합성 안전관리 제도를 운영하고 있다. 미국 「원자력 규제 위원회」에서는 원자력에 관한 미연방규정집 Part 50에 근거하여 원자력 설비를 전자파로부터 보호하기 위한 가이드라인을 제정하여 시행하고 있다. 원자력설비 전자파적합성 가이드라인에서는 안전장치와 제어계측 설비를 전자파 영향으로부터 평가하기 위한 방안을 제시하고 있다. 안전장치와 제어계측 설비의 전자파 방출량 한계값, 전자파로부터 원자력 설비를 보호하기 위한 내성 기준을 규정하고 있다. 또한 제어계측 기기가 위치한 곳의 전자파는 전자파 내성기준보다 8dB이상의 여유를 가지도록 하는 등의 설계 및 통제구역 설정토록 하고 있다. 원자력설비 전자파적합성 확인은 원자력설비 전자파적합성 가이드라인에 적합한지 여부를 측정 조사하는 제도를 운영하고 있다.

2. 최근 국내 전자파 영향에 의한 피해사례

- (승강기에 의한 이동통신 장애) 특정 회사의 승강기에서 발생한 전자파에 의해 승강기 주변에서 LTE 서비스 장애가 발생('13년, 전자파 환경 측정 조사 결과)

- (전자파 영향으로 K-11 복합소총 고폭탄 폭발) K-11 소총의 내부장치와 탄약간의 상호 작용에 전자파가 영향을 미쳐 오동작이 발생하여 총기내에서 고폭탄이 폭발(헤럴드경제, '12.5.2)
- (나로호 소방설비 오동작으로 인한 발사 지연) 나로호 연료주입장치에서 발생한 전자파가 소방설비에 영향을 주어 소화전이 나로호 발사전에 작동하여 발사가 연기됨
- (전기철도에 의한 디지털 TV 수신장애) 전기철도 무선국 오동작으로 발생한 전자파에 의해 철도 주변 가구에 디지털 TV 수신 장애 발생('10년, 중관소 혼신·조사 민원)
- (LTE 휴대전화기에 의한 유선전화기 잡음유입) LTE 통신방식에 의해 전자파가 발생하여 인접한 유선전화기 및 스피커 등에 잡음이 발생(MBC 9시 뉴스, '11.12.03)
- (진공청소기 전자파에 의한 원자력발전소 가동 중지) 원자력발전소 내부 진공청소기에서 나온 전자파로 인하여 제어장비가 오동작하여 원자력발전소 가동 중지(신동아, '08.6.25)
- (산림청 헬기 추락) '06년 7월 산림청 헬기가 전자파에 의해 조정봉이 오작동된 것으로 추정되는 원인으로 추락하여 기장 사망(한국일보, '08.10.6)
- (전자파 영향에 의해 자동차 부품공장 불량품 양산) 전자파 장애로 인해 자동차 공작기계 컨트롤러가 불규칙하게 작동하여 불량품 양산
- (태양광 발전설비에 의한 자전거 속도계 오동작) 세종시 자전거도로에 설치된 태양광 발전설비 전자파에 의해 자전거 속도계가 동작하지 않음

3. 이슈분석 및 대응 방안

<국내 인증 및 안전관리 제도>

기기의 기술기준을 확인하는 적합성평가는 개별 법령에 따라 전자파 적합성, 방송통신, 전기 분야 모두 규정·운영하고 있다. 안전관리 제도는 방송통신, 전기 분야의 경우 각각 관련 법령에 규정되어 있으나 전자파적합성은 마련되어 있지 않다.

제도	전자파적합성설비	방송통신설비	전기설비
인증제도	기기 적합성평가	기기 적합성평가	기기 적합성평가
안전관리 제도	없음	사업용설비 적합조사·시험 구내통신 사용전검사	사업용설비 사용전 검사 일반 전기설비 점검

그림 35 우리나라 인증 및 안전관리 제도 비교

국내 인증 및 안전관리 제도의 시사점으로는 기기들이 복합적으로 설치되는 환경을 고려하여 전자파 영향 최소화를 위한 전자파적합성 설비 안전관리 제도 마련이 필요함을 알 수 있다. 방송통신, 전기 설비 등은 이미 기기의 인증제도와 함께 설비에 대한 안전관리 제도를 의무화 하고 있다. 안전관리 제도는 설치·운용자들이 기술기준에 적합하게 설비를 설치하여 국민들이 안전하고 편리한 서비스를 받도록 하기 위하여 마련되었다.

<국내·외 전자파적합성 제도>

우리나라 전자파적합성 제도는 기기를 시장 출시 전에 기술기준 적합여부를 확인하는 인증제도를 운영하고 있다. 유럽은 기기의 인증제도와 모든 고정설비에 대한 전자파적합성을 평가토록 하는 안전관리 제도를 운영하고 있다. 미국은 일반 기기에 대한 전자파적합성은 인증제도를 통해 확인하고 원자력설비 등 특별 설비는 전자파 안전관리를 의

무화하고 있다.

제도	우리나라	영국 등 유럽	미국
기기 인증제도	○	○	○
안전관리 제도	X	○	○ (원자력 등 특별 기기)

그림 36 국내·외 전자파적합성 관리 제도 비교

국내·외 전자파적합성 제도 비교를 통한 시사점은 고정된 장소에서 복합적으로 설치되는 전자파적합성 설비에 대한 안전관리 제도 마련이 필요함을 도출 할 수 있다. 유럽은 모든 고정설비에 대한 전자파적합성 안전관리 제도 시행하고, 미국은 원자력 등 특별설비에 대한 안전관리를 이미 2007년부터 의무화 하였다.

미래의 전자파 영향은 서비스 장애, 기기 오동작 정도의 의미에서 벗어나 인명과 재산에 피해를 일으키는 원인으로 작용할 수 있으므로 전자파 안전관리를 통해 대비할 필요가 있다. 무인 자동차, 자동제어 시스템, 스마트 설비 들은 전자파 영향이 발생하는 경우 인명 및 재산에 직접적인 피해를 줄 수 있다.

<새로운 전자파 안전관리 산업의 육성>

방송통신, 전기 등 안전관리 제도는 공익적 규제를 통해 설계, 공사, 감리 등 새로운 산업을 육성을 육성하고 있다. 분야별 안전관리를 통해 컨설팅, 측정·검사 산업이 출현하고 인력양성, 자격제도 등이 도입되어 부가가치를 창출에 기여하고 있다. 또한 국내 시험·인증 시장의 성장은 한계에 놓여 있어 새로운 시장 창출이 필요한 실정이다.

전자파 분야에서도 안전관리 제도를 마련하여 새로운 산업을 육성하고 고품질 일자리를 창출될 것으로 전망된다. 새로운 전자파적합성 안전관리 제도를 통해 전자파적합성 설비에 관한 설계, 공사, 감리에 이

르는 새로운 시장이 창출될 것이다. 또한 전자파적합성 안전관리 제도 지원을 위한 인력양성, 자격제도 도입 등의 부가산업 창출할 것이다.

전자파적합성 소재·부품 시장 관점에서 살펴보면 국내 전자파적합성 시장 점유율은 5% 정도를 차지하고 있으며, 일본은 50% 정도를 차지하고 있다. 전자파적합성 소재·부품 세계 시장 점유율을 10% 정도 높이면 우리나라 산업발전에 많은 도움이 될 수 있다. 유사한 전자 부품의 경우 우리나라 세계 시장점유율은 9% 정도이다.

전자파 안전관리 산업의 활성화 되면 전자파 소재·부품 시장 활성화도 가능할 것이다. 설비의 전자파적합성 문제 해결을 위하여 신규 및 기존 전자파 소재·부품 시장이 활성화 된다.

<사회적 안전 측면에서 전자파 안전관리>

기기 단위로 전자파적합성을 평가하고 있어 복합적으로 설치된 상태에서 발생하는 전자파에 의해 안전 문제가 발생 할 수 있다. 복합설비에서 발생한 불요 전자파에 의해 방송 및 통신서비스에 장애를 일으킬 수 있다. 또한 전자파에 의해 복합설비 들이 오동작을 일으키거나 품질 저하 현상이 발생하여 국민의 재산 및 안전에 위협을 줄 수 있다.

이에 따라 복합적 설비에 대한 전자파적합성 안전관리를 의무화하여 국민들에게 보편적 방송통신 서비스 장애를 최소화하고 전자파 위협으로부터 국민들의 재산과 생명을 보호할 수 있을 것이다.

<새로운 제도마련에 따른 반발>

전자파 영향 평가와 안전관리 제도 도입으로 설비의 설치·운영자는 비용 및 규제 증가로 인해 반발할 가능성이 높다. 이에 따라 전자파 영향 평가와 안전관리 제도 도입 초기 단계에는 설치·운영자들에게 의무를 부과하지 않고 지원 및 진흥 정책을 시행하고 단계적으로 공감대가 형성되는 설비부터 의무화 추진하는 것이 필요할 것이다. 또한 새로운 제도 시행에 앞서 유예기간 부여하고 시범 운영을 실시하여 제도의 문제

점, 행정 불편 사항, 민원 사항 등을 점검할 필요가 있다. 유예기간을 통해 제도를 홍보할 수 있는 설명회 등 개최하고 시행 초기 전자파 안전관리 지원업무 수행할 필요가 있다.

제3절 전자파 안전관리 제도 및 기준(안)

1. 전자파 안전관리 제도

가. 전자파 안전관리 제도 초기 모델

전자파 안전관리 제도는 복합적으로 설치된 설비의 전자파 영향을 최소화하기 위하여 전자파 안전관리 기준과 절차에 적합하게 전자파 설비를 설치·운영토록 하는 제도이다. 전자파 안전관리 제도는 설비를 설치·운영하는 자들이 전자파 안전관리 규정을 준수토록 의무를 부과하는 규제으로써 작용하게 된다. 이는 국민들에게 규제 확대에 의한 부담이 전가될 수 있다는 우려가 있으므로 제도 도입 초기 단계에서 추진하기에는 무리가 있다. 이에 따라 제도 초기 도입 단계에서는 설비 설치·운영자에 대한 규제를 부과하는 것보다 정부에서 관련 산업을 진흥하고 홍보할 수 있는 부분부터 출발하는 것이 필요하다.

전자파 안전관리 제도 초기 모델은 다음과 같이 검토될 수 있다.

<제도 도입 방향>

전파법 제47조의4를 신설하여 전자파 안전관리 제도를 도입하는 것이 필요하다. 먼저 전자파 안전관리 대상 설비를 규정하고 전자파 안전관리 기준과 평가 방법을 규정할 필요가 있다.

<제도 개선 내용 초안>

전파법 제47조의4를 신설하여 전자파 관리가 필요한 복합설비에 대한 안전관리 기준을 규정하고 세부적인 사항은 시행령 및 고시로 위임

할 필요가 있다.

전자파 안전관리 대상은 전자파 발생으로 장해 발생 우려가 높은 통신설비(방송통신 국사, IDC 센터, 전산실 등), 안전 및 재산에 피해를 줄 수 있는 산업설비(전기철도, 에너지 저장시설, 산업용 제어시설), 사람에게 영향을 줄 수 있는 생활 주변 설비(지능형 건물 시스템, 대형전광판, 놀이공원 등)들로 구분할 수 있다. 전자파 안전관리가 필요한 설비에 대한 세부적인 내용은 대통령령에서 정하도록 규정할 필요가 있다.

미래창조과학부 장관은 다음의 사항을 고려하여 전자파 안전관리 기준을 고시토록 할 필요가 있다. 미래창조과학부에서는 전자파 안전관리 기준 마련에 대한 의무를 부과하여 국민들이 원할 경우 실질적으로 전자파 안전관리를 할 수 있도록 기준을 마련하여 보급하여야 한다.

- 전자파 설비에서 발생하는 전자파 또는 주변의 전자파 영향으로 인체에 영향을 주거나 영향을 줄 우려가 없도록 할 것
- 전자파 설비는 공간 또는 전도성 전자파에 의해 오동작 또는 품질 저하 없이 안전하게 보호되도록 할 것
- 전자파 설비에서 발생하는 전자파가 방송통신 서비스나 다른 기기에 영향을 주지 않도록 할 것

전자파 설비를 설치하거나 확장하고자 하는 자는 전자파 안전관리 기준에 적합한지 여부를 직접 평가할 수 있도록 하였다. 직접적인 의무를 부과하지 않고 설치자가 직접 평가를 통해 전자파 안전관리 제도 정착을 유도하려는 규정이다.

전자파 안전관리 평가를 설치자가 직접 할 수 없을 때에는 미래창조과학부 장관에게 전자파 안전관리 기준에 적합한지 여부 등 안전성 평가를 요청할 수 있도록 하였다. 설치자의 요청을 받은 미래창조과학부 장관은 안전성을 평가하는 서비스를 제공하고 그 결과를 통지하고 개선 대책을 권고할 수 있도록 하였다. 다만 전자파 안전성 평가 서비스

제공에 따른 수수료는 요청자가 부담하여야 한다.

미래창조과학부장관은 전자파 안전관리에 관한 산업 육성, 전문 인력의 양성 및 연구개발 등의 시책을 수립토록 하였다. 이는 전자파 안전관리 산업이 육성될 수 있도록 지원 근거를 규정한 내용이다.

나. 전자파 안전관리 제도의 완성 모델

전자파 안전관리를 제도적으로 정착하기 위해서는 법령에 전자파 안전관리 제도를 정의하고 전자파 안전관리를 어떻게 수행해야 하는지에 대한 기준이 명확히 규정할 필요가 있다. 그리고 규제자와 규제자의 의무를 정하고 집행방법이 마련되어야 할 것이다. 초기 제도도입 단계를 거쳐 전자파 안전관리 제도가 완전히 정착되면 다음과 같은 체계가 마련될 것으로 생각된다.

<개선방향>

초기 모델에서 신설하였던 전파법 제47조의4를 개정하여 전자파 안전관리 제도를 보완할 필요가 있다. 세부 내용은 전자파 안전관리 대상 설비, 전자파 안전관리 기준, 전자파 안전관리 적합 확인 및 기록 관리, 설계도서의 작성 및 보존 규정 마련이다. 또한 전자파 안전관리 책임자 지정 및 임무, 산업 육성 등에 관한 시책 수립 지원 규정 마련하고 전자파 안전관리 적합·조사 시험할 수 있는 근거 규정 신설할 필요가 있다. 전자파 안전관리 대상 설비는 대통령령으로 규정하고 전자파 안전관리 기준 및 세부적인 사항 등은 고시에서 규정해야 한다.

<개선 내용>

전자파 안전관리 대상 설비는 대통령령으로 정하며 제도 초기는 최소로 한정하여 규정할 필요가 있다.

1. 전자파 발생 및 영향으로 기기 및 서비스 장애 발생 우려가 높은 설비
 - o 제도 초기에는 방송통신 국사, IDC 센터, 전산실 등 전자파에 민감한 시설로 한정하고 향후 다른 산업분야로 확대
2. 산업 및 상업 환경에서 전자파 간섭 및 오동작이 발생하여 사람의 안전 및 재산에 피해를 줄 수 있는 산업용 설비
 - o 현재 민간영역, 공공부분에서 부분적으로 시행하고 있는 설비 : 전기철도 설비, 공장 및 산업용 제어설비, 에너지 저장 설비
3. 일상생활에서 전자파 장애 및 품질저하가 발생하여 국민들의 불편 및 안전에 영향을 줄 수 있는 복합설비
 - o 스마트그리드 발전설비, 놀이공원 설비, 승강기, 지능형 건물 시스템
4. 생활 주변에 기기들이 복합적으로 설치되고 인증하기 곤란하여 설치현장에서 전자파를 확인이 필요한 설비
 - o 주문에 의해 설비별로 별도 설치되는 대형전광판, 교통신호등, 대형 기기 등

< 전자파 안전관리 대상 초안>

전자파 안전관리 기준의 원칙은 법령에서 정하고 세부 기준은 고시로 정한다.

< 전자파 안전관리 기준 원칙>

1. 설비에서 발생하는 전자파 또는 주변의 전자파 영향으로 인체에 영향을 주거나 영향을 줄 우려가 없도록 할 것
2. 설비는 공간 또는 전도성 전자파에 의해 오동작 또는 품질저하 없이 안전하게 보호되도록 할 것
3. 설비에서 발생하는 전자파가 방송통신 서비스, 다른 기기에 영향을 주지 않도록 할 것

< 전자파 안전관리 세부 기준>

1. 전자파 안전관리 설비의 분계점 설정
2. 설비에서 발생하거나 영향을 받는 전자파에 대한 제한 기준
3. 전력선, 통신선으로 전자파가 전도되거나 유입되지 않도록 하는 설비의 전도적 전자파 차단하거나 저감시키는 설치 방법
4. 공간으로 전자파를 발생시키거나 유입되지 않도록 하는 설비의 방사성 전자파를 차단하거나 저감시키는 설치 방법

- | |
|--|
| 5. 기기들이 상호간 전자파에 영향을 받지 않도록 이격하거나 격리하는 설치 방법
6. 전자파 저감을 위한 접지, 케이블, 함체 등의 설치 방법 |
|--|

전자파 안전관리 대상 설비를 설치하거나 확장하는 자는 이용 전에 전자파 안전관리 기준에 적합한지 확인 하고 그 결과를 기록하여 관리·보관 하여야 한다. 설치·운용자는 전자파 안전관리 기준 적합 여부를 자체적으로 확인 하여 사전에는 규제없이 이용토록 규정한다. 그리고 적합 확인 결과를 기록하여 관리하고 보관하는 의무 부과한다.

전자파 안전관리 대상 설비의 설치 및 보전은 설계도서에 따라야 한다. 전자파 안전관리 기준에 따라 설비를 설치할 수 있는 설계도서를 작성하고 그 설계도서에 의해 설비가 설치될 수 있도록 하여야 한다.

전자파 안전관리 대상 설비를 설치하고자 하는 자는 전자파 안전관리를 위하여 책임자를 지정할 수 있으며 지정하는 경우 미래창조과학부 장관에게 신고하여야 한다. 설비의 전자파를 안전하게 관리할 수 있도록 자격이 있는 전자파 관련 전문가를 책임자로 지정할 수 있는 근거 마련되어야 한다. 책임자는 설치자의 의무를 위임받아 적합 확인 및 기록 관리, 설계도서의 작성 및 보전 등을 수행 한다. 책임자의 조건은 전자파 관련 학식과 경험이 풍부하고 자격조건을 취득한 자로 한정할 필요가 있다.

미래창조과학부에서는 필요한 경우 전자파 설비가 전자파 안전관리 기준에 적합하게 설치·운영되고 있는지 여부를 확인하기 위하여 소속 공무원으로 하여금 적합 조사·시험을 할 수 있는 근거 마련해야 한다.

< 전자파 적합조사·시험에 해당하는 경우>

- | |
|--|
| 1. 설비의 전자파가 방송통신 설비 및 다른 설비, 인체에 영향을 주거나 영향을 줄 우려가 있는 경우
2. 공간에 존재하는 전자파, 전력선 및 통신선 등의 전자파에 의해 설비가 영향을 받을 우려가 있는 경우 |
|--|

- 3. 설비에 의한 전자파 민원이 발생한 경우
- 4. 전자파 안전관리 관련 시책을 수립하기 위한 경우

미래창조과학부는 전자파 안전관리 산업이 육성 될 수 있도록 전문 인력 양성, 연구개발 등의 시책을 수립하고 지원할 수 있는 근거 마련해야 한다.

2. 전자파 안전관리 기준 및 평가방법

전자파 안전관리 기준은 전자파 안전관리에 대한 세부 기술적인 사항을 규정하는 것으로 실질적인 이행 기준으로써 작용하게 된다. 전자파 설비들은 그 기능과 역할에 따라 설비별로 각각의 전자파 설치방법이 발생할 수 있다. 이에 따라 모든 설비들이 공통으로 적용 가능한 전자파 안전관리 기준이 마련될 필요가 있다. 전자파 안전관리 기준은 전자파 설비의 전자파 장애, 전자파 내성, 전자파 인체안전 등을 규정하는 전자파 측정 기준과 설비들이 전자파 영향을 최소화하기 위한 설치방법으로 구분할 수 있다. 전자파 안전관리 기준 초안은 '12년도 연구보고서를 참조하여 '13년도에 논의된 내용을 반영하였다.

가. 전자파 측정 기준

전자파 기준은 현재의 전자파 장애방지 기준, 전자파 보호 기준, 전자파 인체보호기준이 준용되어 이용될 수 있다. 다만 같은 장소에 설비들이 복합적으로 설치되고 있으므로 이를 포괄 할 수 있는 기준 마련이 필요하다. 또한 대부분의 설비들이 시험장에서 측정이 어려우므로 설비 설치 현장에서 전자파를 측정하고 평가할 수 있는 시험방법이 필요하다.

전자파 장애방지 기준

현재 복합적으로 설치된 설비에 적용할 수 있는 기준은 산업·과

학·의료용 고주파 이용기기류의 장애방지 기준 중 설치 현장에서의 기준을 적용할 수 있다. 이 기준은 기기들이 복합적으로 설치된 건물의 외벽에서 전자파 장애를 평가하도록 되어 있어 제품별 전자파적합성 기준과는 별도로 전자파 안전관리에서 공통으로 적용 할 수 있다.

국립전파연구원에서는 '13년에 전자파 장애방지 시험방법 별표 1-10에 대형기기에서 발생한 방해 방출의 현장 측정방법을 마련하여 공고하였다. 이 시험방법은 현장에서 전자파를 측정하는 경우 활용될 수 있을 것이다.

전자파 내성 기준

전자파 내성기준은 제품단위로 평가를 하여야 하므로 전자파 보호 기준에 적합함을 확인받은 기기는 내성평가에서 생략한다. 전자파 보호 기준 평가를 받지 않은 제품은 일반 산업용 환경에서 내성 기준을 적용하여 평가할 수 있다. 전자파 내성 기준은 합체포트에서의 전자파 내성, 신호선 포트의 전자파 내성, 입출력 직류 전원포트의 전자파 내성, 입출력 교류 전원포트이 전자파 내성으로 구분할 수 있다. 세부 내성 시험은 전원주파수 자기장, 방사성 RF 전자기장, 정전기 방전, 전도성 RF 전자기장, 서지, 전기적 빠른 과도현상/버스트, 전압강하, 순간정전과 같이 일반 내성 신호를 인가하여 성능평가기준에 적합여부를 시험한다.

나. 전자파 설비 설치기준

전자파 설비 설치기준은 설비들이 전자파 영향을 주거나 받지 않도록 하기 위하여 건축물 또는 시설물에 전자파 저감할 수 있는 시설을 설치하는 공통 기준을 제공하기 위해 규정한다.

기기의 배치

기본적으로 전자파를 강하게 발생시키는 기기와 전자파 영향에 민감한 기기는 거리적으로 이격시키거나 차폐, 흡수, 필터 등을 이용하여 격리시켜야 한다. 기기를 고전압(33kVAC 이상), 중전압(1~33kVAC), 저전압(1kVAC 이하) 기기로 분류하고 각 기기에 연결되는 전원단자를 분리하여 고전압,

중전압 기기에서 발생된 전자파가 인접기기에 미치는 영향을 최소화 하여야 한다. 전자파 발생기와 전자파 민감기기 종류의 예는 CISPR 11를 수용하여 규정하였다.

케이블 설치 기준

케이블은 전기, 전자신호, 전력 등의 귀환을 위하여 귀환선로를 별도로 설치하여야 한다. 케이블과 귀환선로는 가능한 가까워야 한다. 또한 덕트 및 트레이의 내부에 케이블을 설치하는 경우 내부를 채우지 않아야 한다. 금속 도체의 커버는 $30/f_{\max}$ 보다 적은 거리를 두고 금속 도체에 RF 본딩을 시켜야 한다.

커넥터 접속 기준

커넥터는 케이블과 적절히 정합되도록 설치하여야 한다. 차폐를 가진 평형케이블은 360° 접착을 허용하는 커넥터를 사용해야 한다. 차폐시설과 접지시설 연결 시 견고한 금속도체를 이용하여 단단히 고정되어 접속되도록 하여야 한다.

접지 및 본딩

접지시스템은 상호 연결된 기기들이 전자파 영향으로부터 최소화 되도록 설치하여야 하며 등전위를 갖도록 하여야 한다. 접지시스템은 그물망 형태의 구조로 구성하여야 한다.

전자파 전도 대책 방법

전도성 불요전자파로부터 보호하고자 하는 구역을 구성하는 경우 그 구역에 본딩 링 컨덕터(BRC)를 구성하고 구역 내로 들어오는 모든 도체 및 전도성 물질은 BRC의 한 위치에서 직접 혹은 간접적으로 연결해야 한다. 시설물 구역 내로 들어오는 모든 도체 및 전도성 물질들은 하나의 영역으로 모으고, 가장 인접된 BRC의 특정 영역의 양단에 RF 본딩으로 구성하여야 한다. 필터나 서지 방지기 등을 통한 연결을 위해 본딩 판 구조를 사용해야 한다. 시설물 구역 내에 기기가 BRC에 근접해 있는 경우는 다음과 같이 설치하여야 한다. 기기가 BRC로부터 2m 내에 있는 경우 최소 단면이

28mm²의 도체를 이용하여 연결한다. 4m 이상의 경우 최소 단면이 50mm²의 도체로 그물망 형태로 연결한다. 도체는 안전을 위한 보호용 접지로 사용하여서는 아니 된다.

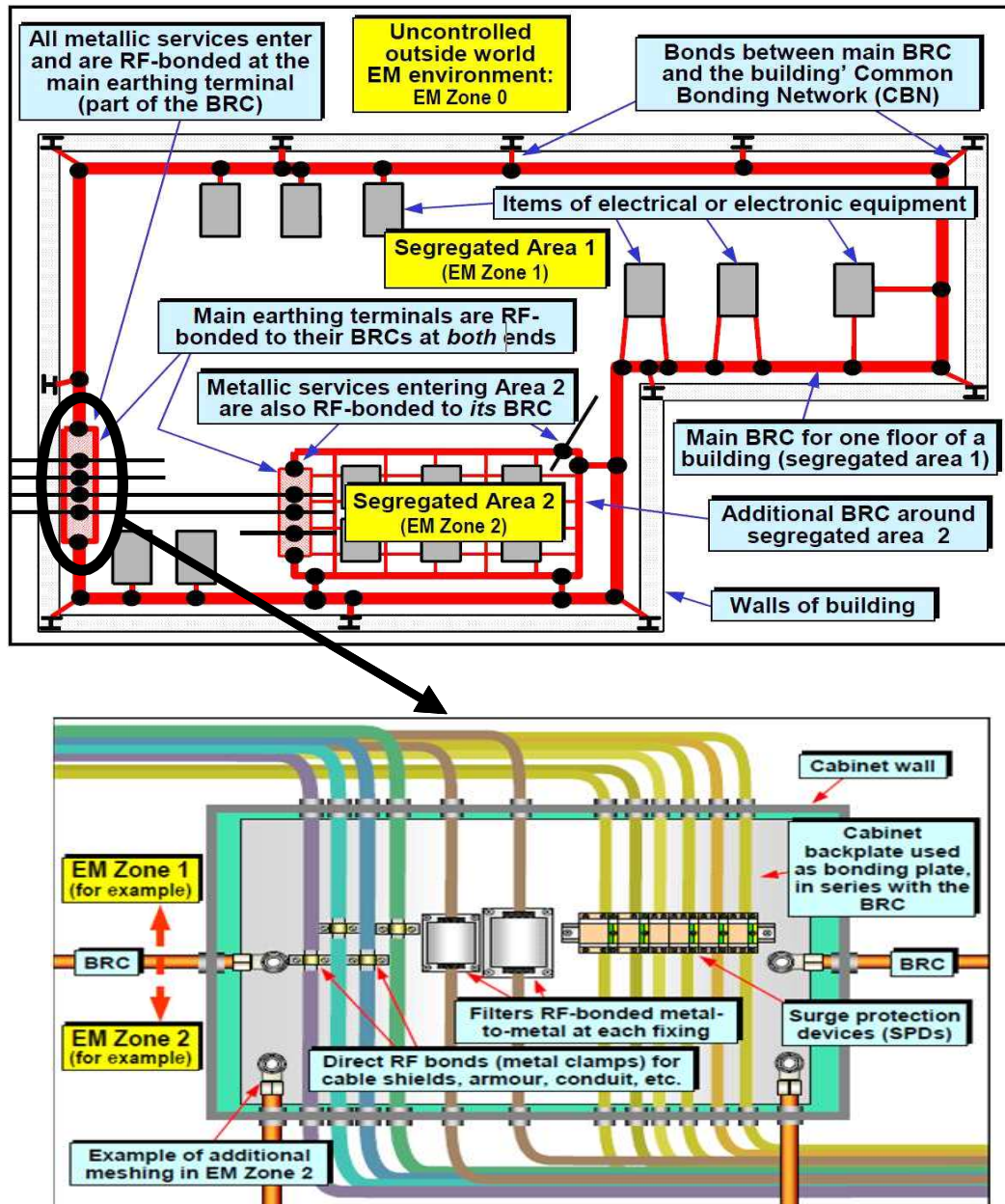


그림 37 시설물에서 BRC 사용 예

(출처 : REO Good EMC Engineering Practices in the Design and Construction of Fixed Installation)

전자파 방사 대책 방법

설비의 경계에서 방사성 전자파 방해를 제어하기 위해서는 경계 전체에 대해 그물망 형태의 공통 본딩 네트워크를 설치하거나 동일한 성능을 갖는 구조물을 설치할 수 있다. 차폐효과를 얻기위한 최대 주파수와 그물망의 직경(m)와의 관계는 $D < 50/f_{\max}[\text{MHz}]$ 로 하여야 한다. 전자파에 민감한 기기들은 공통 본딩 네트워크로부터 가능한 떨어진 지점에 배치하여야 한다.

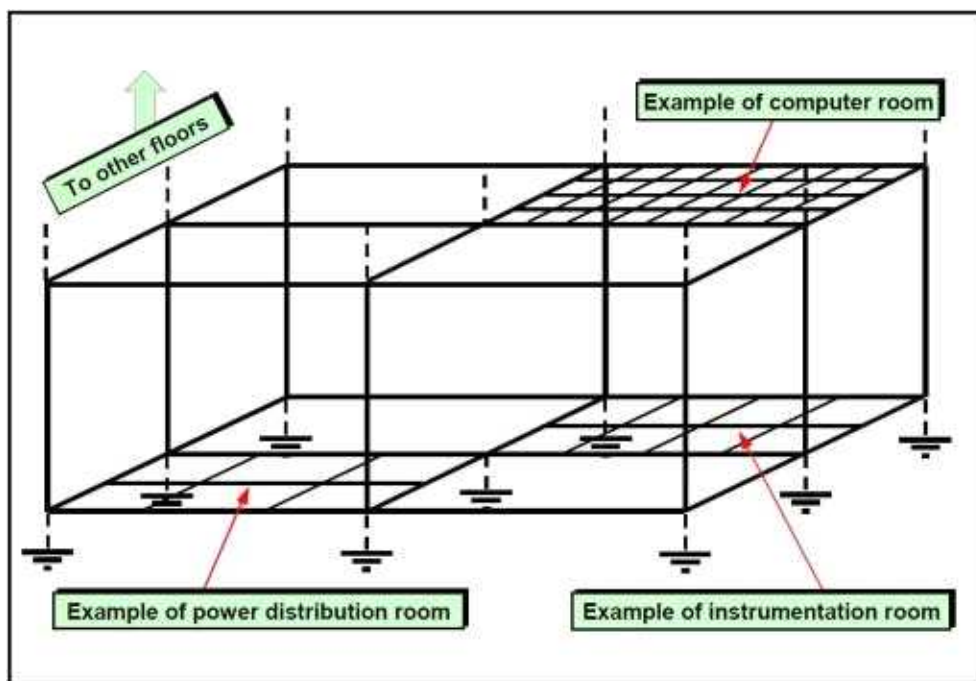


그림 38 전자파 방사 대책 방법 예

(출처 : REO Good EMC Engineering Practices in the Design and Construction of Fixed Installation)

3. 전자파 안전관리 평가방법

전자파 안전관리 기준에 적합하게 설치되었는지 여부를 평가하는 방법은 다음과 같은 확인할 수 있다.

표 70 전자파 안전관리 평가방법

평가항목	평가 방법
인증여부 확인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 시장에서 유통중인 기기들의 경우는 인증 품 여부와 인증서 또는 시험성적서 등으로 확인
전자파 장해 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설비에서 발생하는 전자파 값을 실내·외 공간에서 측정하여 기술기준에 적합한지 여부를 확인 ○ 설비의 전원 및 통신 케이블에서 발생하는 전자파가 기술기준에 적합 여부를 기기 단위 및 분계점에서 측정
전자파 내성 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파에 민감한 기기들이 충분한 전자파 내성 여유를 갖는 위치에 설치되어 있는지를 측정 확인 ○ 전자파 전도성 및 방사성 내성을 가지고 있는지 여부를 분계점, 기기 단위에서 인가하여 오동작 또는 품질저하가 없는지를 확인 ○ 설비에 낙뢰, 버스트 신호를 인가하여 기기들이 오동작 또는 품질 저하 없이 동작하는지 여부를 확인
설치 기준 평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적정하게 차폐된 전력 및 통신 케이블을 사용하고 있는지 여부 ○ 함체의 구조가 전자파를 차폐하도록 되어 있는지 여부 ○ 커넥터 접속이 기준에 적합한지 여부 ○ 트레이, 덕트 등이 기준에 적합한지 여부 ○ 본딩 링 커넥터가 설치되어 있는지 여부 ○ 공통 본딩 네트워크가 설치되어 있는지 여부 ○ 메쉬 공통 본딩 네트워크 ○ 설계도, 설치 현장에서 육안으로 확인

접지설비 적합성 확인	○ 접지설비 전자파 효과적으로 차단하기 위하여 등전위 본딩 구조로 설치되었는지 및 접지저항이 충분하기 여부를 측정·확인
-------------	--

4. 전자파 안전관리 평가기관 및 책임자 등

정부는 전자파 안전관리를 지원하기 위하여 전자파 안전관리 기준에 적합하게 설치되었는지 여부를 평가할 기관을 지정할 필요가 있다. 평가기관은 전자파 측정 및 전자파 차폐 대책 등을 할 수 있는 시설 및 인력을 보유한 기관으로 하여야 한다. 전자파 안전관리 평가 기관은 전파법령에 의해 지정을 받아야 한다.

전자파 안전관리 책임자는 전자파적합성에 관한 경험과 능력을 갖추고 있는자로 건축주·시설자가 지정 할 수 있다. 이에 따라 전자파 안전관리 책임자의 경험과 능력을 객관화하여 자격을 부여하고 책임자 인력풀을 관리하는 방안이 마련되어야 한다. 또한 책임자 및 평가기관 기술자를 육성하기 위한 교육 실시하여야 한다. 책임자 육성은 전자파 자격을 가진자 중에서 실무 경력이 일정 정도 이상인 자를 대상으로 시장의 인력 수급 상황을 고려해야 할 선정해야 할 것이다.

제8장 전자파적합성 측정·조사

1. 전자파적합성 측정·조사 개요

방송통신기자재등이 전파법 제47조의3 제1항에 따른 전자파적합성 기준에 적합여부는 전파법 제58조의2에 따른 방송통신 기자재등의 적합성평가(인증제도)를 통해 확인하고 있다. 방송통신 기자재등의 적합성 평가는 기본적으로 제품이 시장에 출시되기 전에 제조자, 판매자, 수입하려는 자에 의해 기술기준에 적합함을 확인(인증)받는 제도이다. 또한, 기기가 시장에서 유통될 때 인증 받은 기술기준에 적합한지 여부를 사후관리를 통해 확인받는다.

기기들은 이용에 따라 설치환경의 변화, 기기 노후화 등으로 인하여 적합성 평가(인증) 받을 당시의 전자파 성능이 발휘되지 않을 수 있다. 만약 설치 상태에서 전자파가 과도하게 방출되는 경우에는 인접 방송통신 서비스에 장애를 일으킬 우려가 있으나 기기가 이용자에게 판매되어 사용하는 경우 전자파적합성 기준에 적합한지 여부를 평가할 수 있는 제도가 규정되어 있지 않았다.

이에 따라 설치 운영중인 기기에 대해서도 전자파적합성 기준에 적합한지 여부를 평가하기 위하여 '2010년 7월 전파법을 개정하여 전자파적합성 측정·조사 근거를 마련하였다. 전파법 제47조의3 제3항에서는 미래창조과학부는 전자파장해를 주거나 전자파로부터 영향을 받는 기자재에서 발생하는 전자파가 전자파적합성기준을 초과할 가능성이 있다고 판단할 경우에는 해당 기자재에 대하여 전자파적합성 여부를 측정하거나 조사할 수 있도록 하였다. 또한 전파법 제47조의3 제5항에서는 미래창조과학부는 제3항 전자파적합성 측정·조사에 따라 측정·조사된 전자파가 전자파적합성기준을 초과하는 경우에는 해당 기자재의 전자파 저감 및 차폐를 위하여 필요한 조치를 권고할 수 있도록 하였다. 설치 운영중인 기기가 전자파적합성 기준을 초과하는 경우에는 강제적인 조치는 아니지만 권고적인 저감 및 차폐 조치를 권고할 수 있는 권한을 부여하였다. 그리고 측정이나 조사의 절차와 방법은 제71조의2 조사 및 조치를 준용토록 하였다. 조사 및 조치에서는 미래창조과학부는 필요한 경우 관련 자료 또는 해당 기자재를 제출을 요구할 수 있으며 필요한 경우 소속공무원으로 하여금 해당 기자재의 설치 장소, 사무실, 사업장 등 그밖에 필요한 장소에 출입하여 설비를 조사 또는 시험하게 할 수 있다. 전파법

시행령 제123조의 권한의 위임·위탁에서는 전파법 제47조의3 제3항 및 제5항에 규정된 전자파적합성 여부에 관한 측정·조사 및 전자파 저감·차폐를 위한 조치 권고에 관한 권한을 국립전파연구원장에게 위임하였다.

국립전파연구원에서는 '11년부터 전자파적합성 측정·조사를 위해 전자파적합성 측정·조사 연구반을 구성하고 기본계획을 수립하였다. '13년도에는 전자파 측정 조사 로드맵을 수립하였으며 스마트그리드 기기, 병원 환경 및 의료 기기 등에 대한 전자파 측정·조사를 실시하였다.

2. 전자파 측정조사 로드맵 수립

전자파적합성 측정조사의 효율적 추진을 위해 국립전파연구원은 '13년 2월에 전자파 측정조사 로드맵을 수립하여 시행하고 있다. 전자파 측정조사의 비전 및 전략은 다음과 같다.

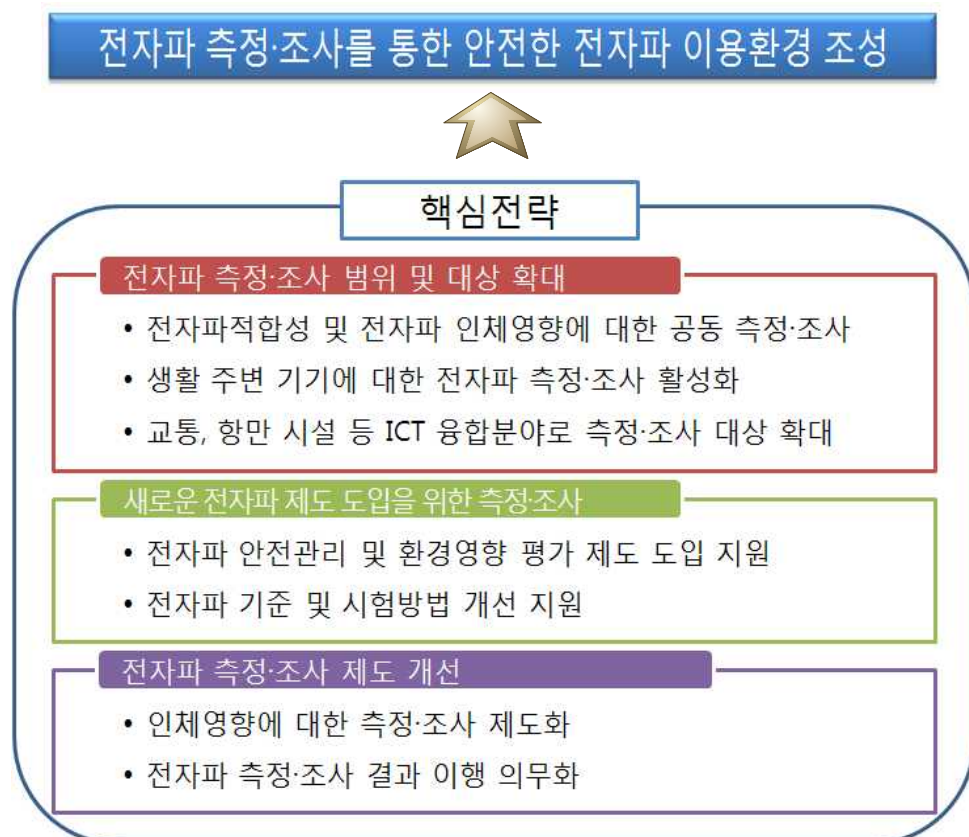


그림 39 전자파 측정조사 로드맵 비전 및 핵심전략

추진과제는 다음 표와 같이 요약할 수 있다.

표 71 전자파 측정조사 로드맵 추진과제

추진과제	세부 내용
전자파 측정·조사 범위 및 대상 확대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정·조사 범위를 전자파적합성과 전자파 인체 보호로 확장 ○ 생활 주변에서 전자파를 많이 발생시키는 기기에 대한 측정·조사 <ul style="list-style-type: none"> - 송·배전 전력설비, 공장 설비, 전기자동차 충전기, 스마트그리드 기기('13~'14) - 산업·과학·의료용 기기, 민원 및 중관소 혼신조사 등 다수의 전자파 문제를 발생시키는 기기('15~'17)
ICT와 기존 산업이 융합된 기기로 측정·조사 확대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전기철도의 역사, 전동차, 전로, 공항의 제어기기, 화물 운송기 등 ('14) ○ 항만 시설, 지능형 전기자동차 등('15년~'17)
새로운 전자파 제도 도입을 위한 측정·조사	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 안전관리 및 환경영향 평가 제도 도입을 위한 선도적 대응 ○ 방송통신망 설비, 전력망 설비, 에너지 저장 시설 ('13~'14)

3. 스마트그리드에 대한 전자파 측정조사

스마트그리드 전자파 측정조사는 '13.3월에 제주 김녕 지역에 설치된 스마트그리드 태양광 설비, 에너지 저장장치와 제주 김녕, 행원, 신창 지역에 설치된 풍력발전 설비에 대해 실시하였다. 그리고 태양광 발전설비, 풍력 발전설비, 에너지 저장장치의 전자파적합성 및 전자파 강도(전자파 인체안전) 기준 적합여부 측정하였다.

스마트그리드에 대한 전자파 측정조사 결과는 부록 1과 같다.

4. 세종시 태양광설비와 자전거 속도계 전자파 측정조사

태양광 설비가 설치된 세종시 자전거 도로(약 4.6km)에서 자전거 속도계가

오동작하는 사례가 발생하여 자전거 이용자들이 태양광 설비에서 발생하는 전자파에 의해 인체의 불안감을 느끼고 있어 측정·조사를 실시하였다. 측정 조사는 '13년 8월에 실시하였다. 세종시 자전거 도로에서 태양광 설비에 의해 발생하는 전자파 인체노출량, 태양광 설비에서 발생하는 전자기장의 세기, 태양광 설비에 의한 자전거 속도계 전자파 영향, 자전거 속도계에 의한 전자파 영향을 측정·조사 하였다.

세종시 자전거 도로에 대한 전자파 측정조사 결과는 부록 2와 같다.

5. 의료기기 및 세종시 태양광설비와 자전거 속도계 전자파 측정조사

'13.10월부터 11월경에 전파이용 의료기기와 병원 환경에 대한 전자파적합성 및 전자파 강도 기준을 측정하였다. 전파이용 의료기기는 환자상태 모니터, MRI, CT, 이동형 엑스레이, 심전도, 외과수술기 등 6종에 대해 실시하였다. 병원환경 병실, 진료실, 응급실, 수술실, 중환자실 등에 대해 전자파 환경을 측정 하였다. 측정조사 결과를 요약하면 다음과 같다.

<전파이용 의료기기 측정조사 결과>

- 12개 전파이용 의료기기 전자파를 측정한 결과 비의도적 전자파는 전자파적합성 기준과 전자파 강도(인체안전) 기준을 만족하고 있었음
- 외과용 수술기는 동작 상태에서 높은 전자파를 발생시키고 있으나 국제표준에서는 대기 상태에서 측정토록 하고 있어 제도 개선 필요

※ 식약처와 공동으로 '14년 의료기기 전자파적합성 기준 정비 추진 예정

- MRI 기기는 전자파 차폐실에서 운용하고 있으나 차폐 방법 및 성능 등이 마련되어 있지 않고, 의료기기 설치 방법이 명확하지 않으므로 전자파 안전관리 제도와 연계할 필요가 있음

- 외과용 수술기 일부(2개)가 60Hz에서 직업인 인체 보호기준을 만족하나 상대적으로 많은 전자파가 측정되므로 사용시 주의 필요

※ 기기 노후화로 인하여 60Hz 전력단자에서 높은 전자파 강도가 발생하는 것으로 사료됨

가. 병원 환경

- 응급실, 수술실 등 주요 병원 환경에 대한 전자파를 측정한 결과 일반 사무환경 정도의 전자파가 발생되고 있음
 - 전자파 강도(인체안전)는 대부분 미약한 수준으로 측정됨
- 응급실에서 151MHz 전자파가 크게 측정되고 있어 확인 결과 무선통신용 무선국으로 분당 서울대병원에서 허가받아 상용하고 있음
- 중환자실, 복도에서 가끔씩 무선기기(무선랜 AP등) 불요파가 1.5GHz ~ 3.5GHz 대역에서 미약하게 측정되고 있으나 전자파 장애방지 기준을 만족하고 있음

제9장 결론

30MHz 이하대역의 전자파는 AM 방송, 단파방송, 아마추어 무선, 해상 및 항공 서비스, 인명구조용 무선 서비스 등이 활발히 이용하고 있다. 30MHz 이하대역의 방송통신 서비스 들은 우리 주변에 항상 존재하지만 일반적인 상용서비스로는 이용되지 않아 중요성 있게 생각하지 않는 경우가 있다. 그러나 조난 등의 사고와 천재지변 등의 비상 상황에서는 30MHz 이하대역을 이용한 서비스는 생명과 재산을 보호하는 중요한 자원으로 활용될 수 있으므로 엄격히 보호 되어야 한다.

디지털 기술의 발전과 전자파와 타 산업과의 융합으로 전력선통신, PDP TV, 무선전력전송, 가변속 전력제어 기기 등 30MHz 이하 전자파를 이용하는 기기들이 등장하였다. 이들 기기에서 발생하는 30MHz 이하대역 비의도적 전자파는 동일한 대역을 이용하는 방송통신 서비스에 간섭 영향을 주거나 받을 수 있으므로 전자파적합성 기준 연구가 필요한 실정이다. 본 연구는 30MHz 이하대역을 이용하는 기기들에 대한 전자파적합성 기준 및 시험방법 연구를 통해 방송통신 서비스 장애 등을 최소화하고 전자파로부터 기기를 보호할 수 있는 개정(안)을 마련하기 위해 추진하였다.

가변속 전력구동기기는 산업 현장에서 전동기 등을 제어하기 위하여 이용되고 있으며 공장의 벨트컨베이어 시스템, 정밀 전동기 제어기기 등에 응용되고 있다. 가변속 전력구동기기는 저주파수와 고주파수의 전자파를 이용하거나 발생시키고 있어 산업 현장에서 전자파로 인하여 전력 및 방송통신 서비스 장애를 일으킬 우려가 있으며 기기 오동작 등의 피해가 발생할 수 있다. 현재 가변속 전력구동기기는 산업용설비로 구분하여 산업·과학·의료용 고주파 이용기기류의 전자파 장애방지 기준과 산업 환경에서의 일반 내성 기준을 적용받고 있다. 산업체에서는 고전력 가변속 전력구동기기들의 국제표준이 마련되어 유럽, 일본의 경우도 이를 적용하고 있으므로 우리나라 기준에 대한 제도 개선을 요청하였다. EMC 기준전문위원회 B 소위원회에서는 국제동향 분석, 산업체 의견수렴, 공동 측정 분석 등을 통해 가변속 전력구동기기의 전자파 장애방지 및 보호 기준과 시험방법 개정(안)을 마련하였다. 가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준 및 시험방법은 국제표준을 참조하여 개정(안)을 마련하였으며 국제표준에서 명확히 규정되어 있

지 않은 적용방법 등은 산업체, 시험기관 협의를 통해 기준 및 시험방법에 추가하였다. 가변속 전력구동기기 기준은 저주파수와 고주파수에 대한 전자파적합성 기준이 포함되어 있다. 현재 우리나라 제품별 전자파적합성 기준은 고주파수(9kHz 이상)의 대역에 대해서만 규정되어 있는 실정이다. 따라서 이번에 마련된 가변속 전력구동기기 저주파수(9kHz 이하) 전자파적합성 기준 및 시험방법은 우리나라 최초의 규정이 된다. 처음으로 가변속 전력구동기기의 저주파수 전자파적합성 기준을 적용함에 따라 제조업체, 시험기관 등과 긴밀한 협의를 진행하였다. 그 결과 국제적으로 저주파수에 대한 전자파적합성 기준 적용이 일반화되어 있고 시험기관들도 저주파수 시험 능력을 보유하고 있어 개정(안) 시행에 어려움이 없다고 판단하였다.

가변속 전력구동기기 전자파적합성 기준이 마련으로 저주파수 기준이 새롭게 규정됨에 따라 저주파수 시험을 위한 기본 시험방법 마련이 필요하다. 현재는 고주파수 기본 시험방법에 대해 전자파 장애방지 및 보호 시험방법에서 각각 규정하고 있다. 저주파수 기본 시험방법은 전압강하, 순간정전 내성 시험방법만이 규정되어 있어 시험의 재현성 및 일관성을 위해 저주파수 기본 시험방법을 마련할 필요가 있다. 저주파수 전자파 장애방지 시험방법으로 60Hz의 고조파 시험을 위해 “공공 저압 배전망에서의 고조파 전류 전류 방출 시험방법”을 IEC 61000-3-2(정격전류 16A 이하)와 IEC 61000-3-12(정격전류 16A 초과 75A 이하)를 수용하여 규정하였다. 전압 변동 및 플리커(깜박거림) 시험을 위해 “공공 저압 배전망에서의 전압 변동 및 플리커 시험방법”을 IEC 61000-3-3(정격전류 16A 이하)과 61000-3-11(정격전류 16A 초과 75A 이하)를 수용하여 규정하였다. 저주파수 전자파에 의해 기기를 보호하기 위해 저주파수 기본 내성 시험방법을 마련하였다. 일반적으로 저주파수 내성 시험방법은 기기 등이 공공 저압 배전망의 저주파수 특성에 내성을 갖는 것을 시험해야 하므로 저주파수 적합성 레벨을 규정하고 있는 IEC 61000-2-4를 수용하였다. 산업용 저주파수 내성 시험방법은 산업용 저압 배전에서의 저주파수 내성을 규정하고 있는 IEC 61000-2-4를 수용하여 규정하였다. 내성 시험 항목은 전압변동과 플리커, 고조파, 상호고조파, 전압 불평형, 주파수 변동, 전압강하와 순간 정전, 과도 과전압 등이다. 저주파수 전자파적합성 기본 시험방법은 가변속 전력구동기기에 한정하여 적용토록 하였다. 가전기기, 멀티미디어 기기 등에 대한 적용여부

는 한국전력, 가전업체 등 이해당사자들의 협의를 진행 중에 있으므로 향후 결정할 예정이다.

국제적으로 PDP TV, 무선전력전송 기기 등이 출현함에 따라 30MHz 이하대역의 전자파 장해 표준이 마련되고 있으나 이를 시험할 시험장 표준은 마련되어 있지 않다. CISPR에서는 30MHz 이하대역 시험장 평가방법으로 정규화 감쇠량 방법과 기준시험장 방법이 논의되고 있다. EMC 기준전문위원회에서는 30MHz 이하대역에 대한 전자파 장해 시험장 평가방법을 연구를 진행하여 기준시험장 방법을 CISPR에 기고하고 시험장 평가방법 표준화 되도록 추진하고 있다.

로봇청소기는 한곳에 머물지 않고 이동하게 되므로 전자파 장해를 효과적으로 측정하기 위한 방법이 국제적으로 논의되고 있다. 우리나라는 로봇청소기 시험방법을 CISPR에 기고하였으며 동 방법이 국제표준 개정(안)으로 채택되었다. 이에 따라 가정용 전기기기 전자파 장해방지 시험방법에 국제표준 개정(안)으로 채택된 로봇청소기 시험방법을 추가하는 개정(안)을 마련하였다.

무선충전식 전기자동차는 세계적으로 우리나라에서 처음으로 개발하여 상용화 하고 있다. 무선전력을 공급하기 위한 방법으로 20kHz 전자파를 이용하게 됨에 따라 20kHz 기본 주파수와 20kHz 고조파가 30MHz 이하대역까지 발생하여 이 대역을 이용하는 방송통신 서비스에 장해를 줄 우려가 있다. EMC 기준전문위원회 D 소위에서는 무선충전식 전기자동차에서 발생하는 비의도적 전자파 저감방안을 산업체, 학계에 요청하였으며 공동 측정 분석을 실시하였다. 그 결과 무선전력을 공급하는 급전 부분에서의 전자파는 상당 부분 저감하였다. 그러나 전력공급장치 부분의 전자파는 저감되지 않고 있어 기술개발을 추진중에 있다. 본 연구에서는 무선전력 공급 부분의 전자파 저감이 가시화 되고 있음에 따라 무선충전식 전기자동차 전자파 장해 기준 초안을 제시하고 시험방법 초안을 마련하였다.

현재의 전자파적합성은 시장에 제품이 유통되기 전에 적합성평가를 받도록 하는 인증제도를 운영하고 있다. 그러나 제품이 복합적으로 설치되거나 큰 시설물에 대한 전자파를 평가하는 제도는 마련되어 있지 않다. 현재 전자파는 건축, 자동차, 조선, 항공, 전기전자 등의 다양한 산업과 융합되어 이용되고 있다. 이러한 상황에서 만약 전자파 피해가 발생하게 되면 이동통

신 서비스 품질저하, TV 화면의 정지의 방송통신 서비스 장애에 그치지 않고 인명과 재산의 피해로 이어질 수 있다. 이에 따라 복합적으로 시설되는 설비에서 전자파를 안전하게 관리하기 위한 제도를 마련하고 있다. 본 연구에서는 전자파 안전관리 제도 도입 방안을 마련하였다. 또한 전자파 안전관리 기준 및 평가방법 초안을 제시하였다.

전자파법 제47조의3에 의해 전자파적합성 여부에 관한 측정·조사 업무가 '11년도부터 국립전자파연구원에서 실시하고 있다. '13년도에는 전자파 측정조사 로드맵을 수립하였으며 스마트그리드 기기, 세종시 자전거 도로, 병원 환경 및 의료기기에 대한 전자파 측정조사를 실시하였다.

참고문헌

- 1 전파법, 전파법 시행령
- 2 전자파 장해방지 기준, 전자파 장해방지 시험방법
- 3 전자파 보호 기준, 전자파 보호 시험방법
- 4 CISPR 11, CISPR 13, CISPR 20, CISPR 22, CISPR 24, CISPR 32, CISPR 35, IEC PAS 62825
- 5 IEC 61800-3, IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-12, IEC 61000-3-11, IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-4, IEC 61000-5-2, IEC 61000-4-14, IEC 61000-4-27, IEC 61000-4-28
- 6 ITU-R SM 1879-1
- 7 미국 47CFR Part 15, Part 18
- 8 유럽 EMC 지침 및 가이드
- 9 영국 EMC 규칙
- 10 전파연구소 연구보고서, “전자파 적합성 기술기준 연구”, 2008
- 11 전파연구소 연구보고서, “전자파적합성 기준 연구”, 2009
- 12 전파연구소 연구보고서, “전자파적합성 기술기준 및 시험방법 연구”, 2010
- 13 국립전파연구원 연구보고서, “전자파적합성 기준 연구”, 2011
- 14 국립전파연구원 연구보고서, “전자파적합성 기술기준 및 시험방법 연구”, 2012
- 15 REO, Good EMC Engineering Practices in the Design and Construction of Fixed Installation
- 16 CISPR/A/WG1_(Nam Kim, S.Lee, J.G.Yang, H.S.Keum, B.H.Kim, S.H.Choi) Reference Site Validation by using the Reference Site Method below 30 MHz, 2013.10월
- 17 2013년 CISPR 회의 자료
- 18 배전계통 고조파 관리기준(잠정)(<http://cfil205.uf.daum.net/attach/19606A504DAF7E8D0AFB45>), 한국전력 마케팅본부 배전계획처, 2008.9.

19 <http://www.rra.go.kr>

20 <http://www.kcc.go.kr>

21 <http://www.iec.ch>

22 <http://www.itu.int>

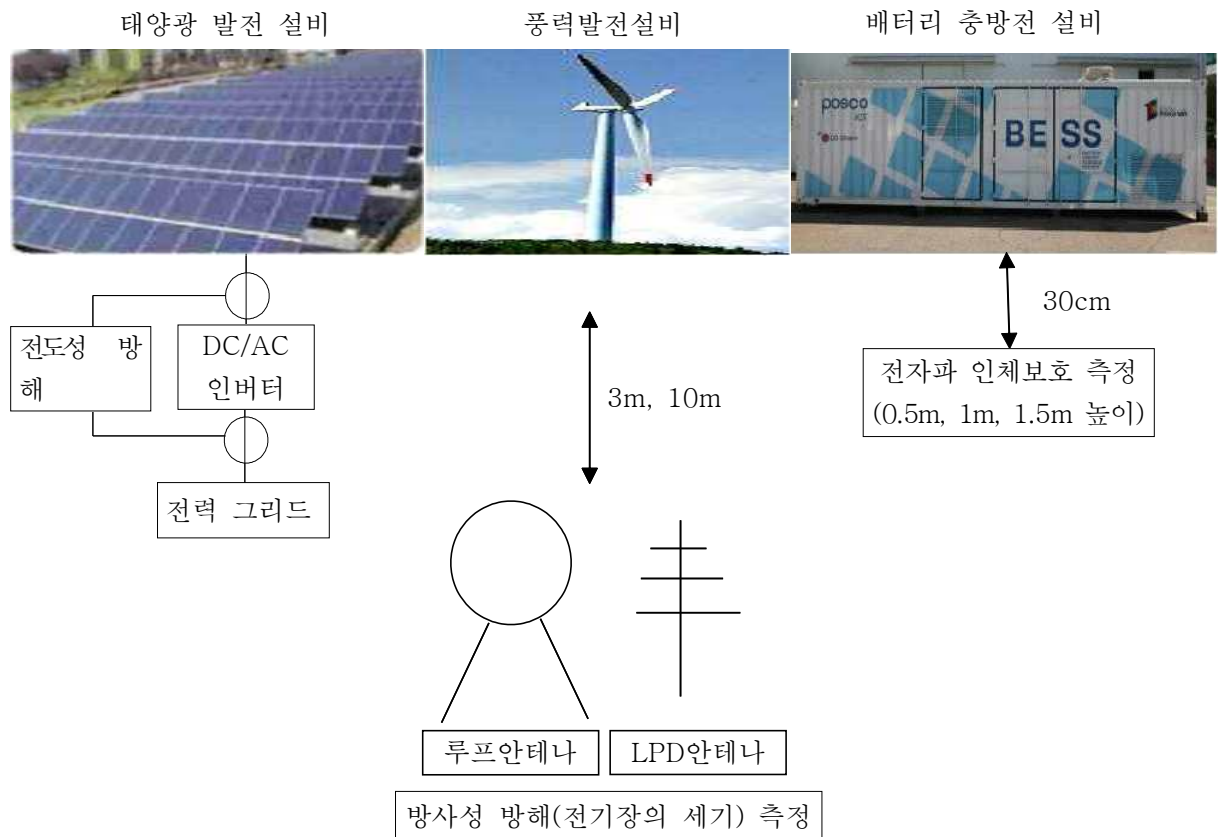
부록 1

스마트그리드에 대한 전자파 측정조사 결과

1. 개요

- 일 정 : '13.03.21 ~ 03.25
- 장 소 : 제주 김녕 지역 스마트그리드 태양광 설비, 김녕, 행원, 신창 지역 제주에너지공사 등 풍력발전 설비(9기)

2. 측정 구성도



3. 측정 항목 및 방법

○ 태양광 발전설비

- 합체포트에서 발생하는 전기장의 세기를 10m에서 안테나로 측정
- 인버터 AC/DC 전원포트에서 전도성 방해 전압을 전류프로브로 측정
- 전력제어실 내·외 30m 지점에서 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정

○ 배터리 충방전 설비

- 합체포트에서 발생하는 전기장의 세기를 10m에서 안테나로 측정
- 인버터 AC/DC 전원포트에서 전도성 방해 전압을 전류프로브로 측정
- 충방전기 30cm 지점에서 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정

○ 풍력 발전설비

- 울타리에서 10m 지점에서 전기장의 세기를 안테나로 측정
- 풍력발전기 변압기 30cm 지점에서 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정

4. 관련 참조 기술기준

가. 전자파 장애방지 기준

○ 방사성 방해 기준

- 스마트그리드 설비는 산업·과학·의료용(ISM) 설비로써 전도적 방식으로 전자파를 이용(1종)하는 산업용(A급) 기준을 고려할 수 있음

주파수 대역(MHz)	ISM 1종 A급 현장설치 기준($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)		전자파도 변전소 기준($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)
	30m 전기장의 세기	10m 전기장의 세기	10m 전기장의 세기
0.009	-	-	101
0.15	-	-	76
0.15 ~ 0.49	64.5	84.5	106
0.49 ~ 3.95	54.5	74.5	
3.95 ~ 20	39.5	59.5	
20 ~ 30	29.5	49.5	56
30 ~ 230	30	40	60
230 ~ 1000	37	47	50

※ 기술기준에서 30MHz 이하는 자기장의 세기($\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$)로 규정되어 있으며 전기장의 세기($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)로 변환하는 경우 51dB를 더하여 환산토록 하고 있음

o 전도성 방해 기준

- ISM 기기의 1종 A급 기기 전도성 방해 기준

주파수 범위 (MHz)	정격입력전력 $\leq 20 \text{ kVA}$		정격입력전력 $> 20 \text{ kVA}$	
	준첨두값($\text{dB}\mu\text{V}$)	평균값($\text{dB}\mu\text{V}$)	준첨두값($\text{dB}\mu\text{V}$)	평균값($\text{dB}\mu\text{V}$)
0.15 ~ 0.50	79	66	100	90
0.50 ~ 5	73	60	86	76
5 ~ 30	73	60	90 ~ 73	80 ~ 60

- 상업용 유도조리기구 전도성 방해 기준

주파수 범위 (MHz)	유도조리기구 허용기준($\text{dB}\mu\text{V}$)	
	준첨두치	평균치
0.009 ~ 0.050	110	-
0.050 ~ 0.1485	90 ~ 80	-
0.1485 ~ 0.50	66 ~ 56	56 ~ 46
0.50 ~ 5	56	46
5 ~ 30	60	50

나. 전자파 강도 기준(전자파 인체보호 기준)

주파수 범위	전기장강도(V/m)		자기장강도(A/m)		자속밀도(μT)	
	일반인	직업인	일반인	직업인	일반인	직업인
1Hz 이하	-	-	3.2×10^4	1.63×10^5	4×10^4	2×10^5
1Hz ~ 8Hz	10,000	20,000	$3.2 \times 10^4/f^2$	$1.63 \times 10^5/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$
8Hz ~ 25Hz	10,000	20,000	$4,000/f$	$2 \times 10^4/f$	$5,000/f$	$2.5 \times 10^4/f$
0.025kHz ~ 0.8kHz	$250/f$	$500/f$	$4/f$	$20/f$	$5/f$	$25/f$
0.8kHz ~ 3kHz	$250/f$	-	5	-	6.25	-
0.82kHz ~ 65kHz	-	610	-	24.4	-	30.7
3kHz ~ 150kHz	87	-	5	-	6.25	-
0.15MHz ~ 1MHz	87	-	$0.73/f$	-	$0.92/f$	-
0.065MHz ~ 1MHz	-	610	-	$1.6/f$	-	$2.0/f$
1MHz ~ 10MHz	$87/f^{1/2}$	$610/f$	$0.73/f$	$1.6/f$	$0.92/f$	$2.0/f$
10MHz ~ 400MHz	28	61	0.073	0.16	0.092	0.2

400MHz ~ 2,000MHz	$1.375f^{1/2}$	$3f^{1/2}$	$0.0037f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.0046f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$
2GHz ~ 300GHz	61	137	0.16	0.36	0.20	0.45

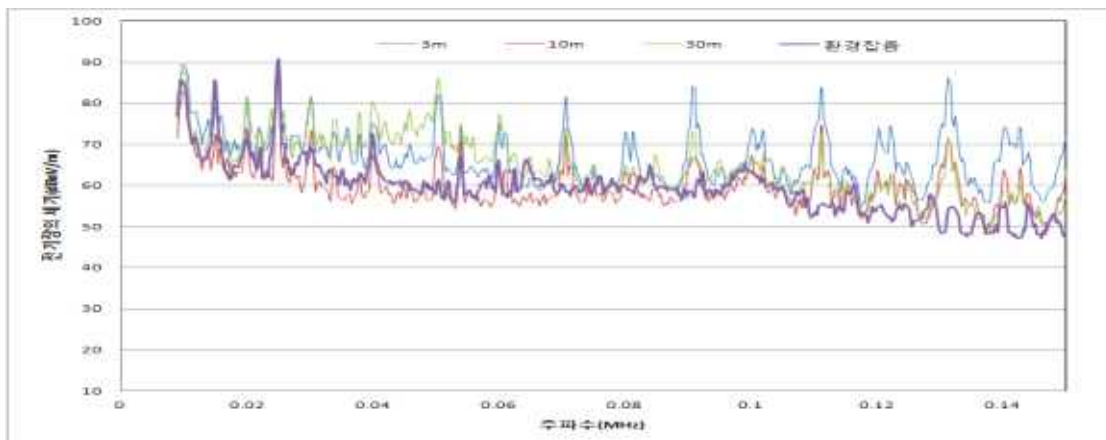
5. 측정결과

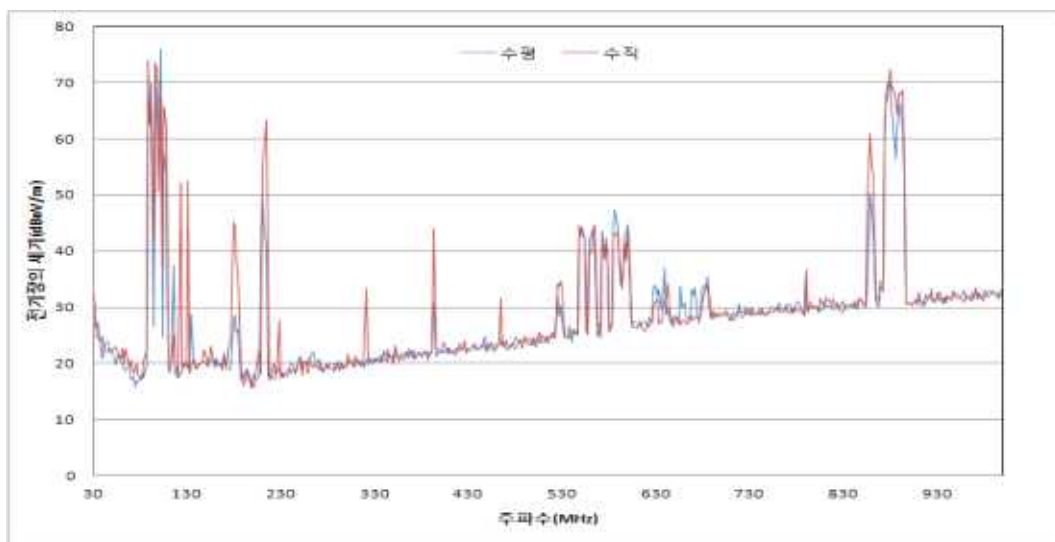
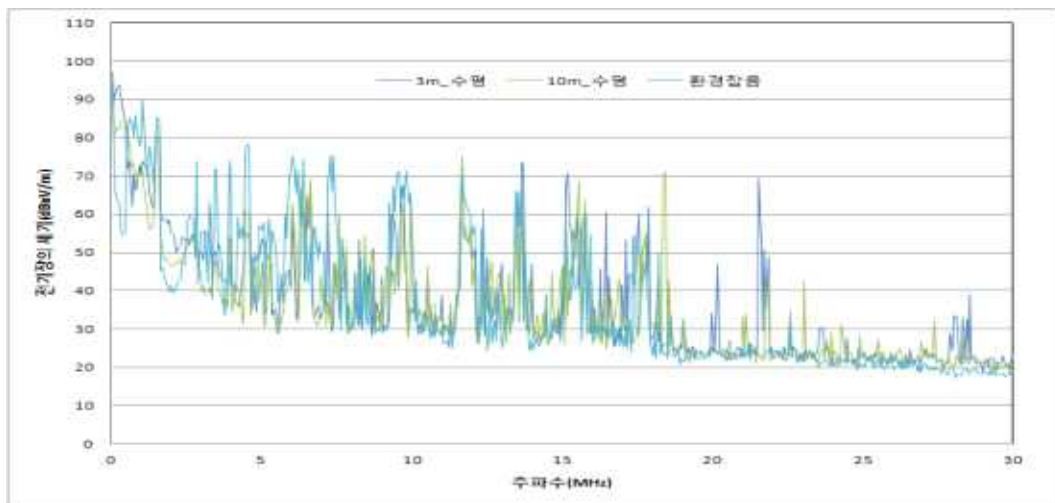
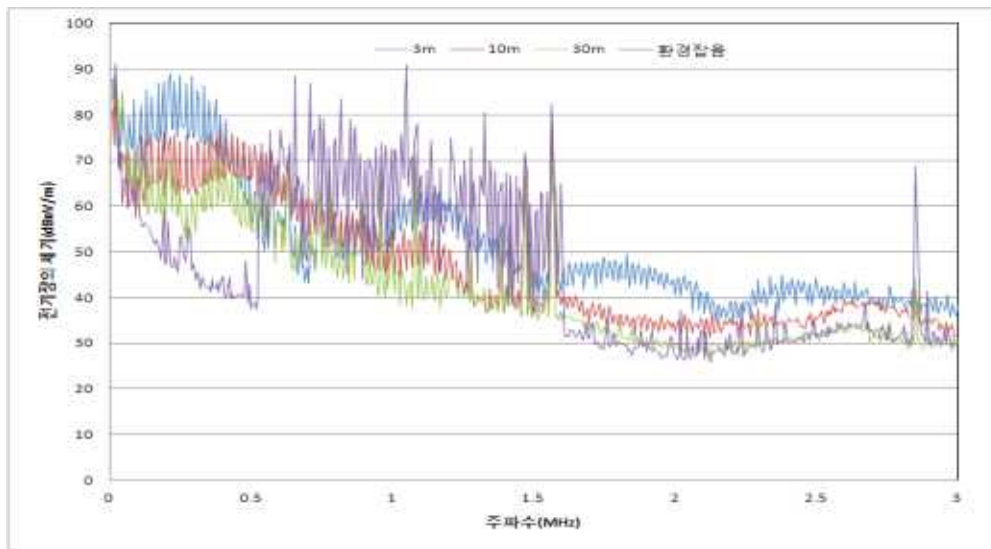
가. 태양광 발전설비

(1) 방사성 방해 측정

- o 10m에서 측정할 경우 9kHz ~ 4MHz 대역에서 85dB μ V/m 정도의 전파가 측정되며 ISM, 전기철도 변전소 기준을 만족하고 있음
 - 태양광 발전기 동작 여부(낮 시간과 밤시간), 측정거리에 따른 전기장의 세기 변화를 비교하여 측정
 - 전자파 발생원은 10kHz 태양광 인버터 내부 클럭 주파수로 추정됨
 - ※ 10kHz의 신호의 고조파가 연속해서 발생하고 있음
- o 4MHz ~ 1GHz 이상의 대역에서는 환경잡음 이하의 값이 측정되며 기술기준을 만족하고 있음

주파수(MHz)	측정값(dB μ V/m)	참조 기술기준(dB μ V/m)	비고
0.009 ~ 0.15	65 ~ 85	76 ~ 101	o ISM 기준 없음 - 전기철도 변전소 기준
0.15 ~ 3.95	35 ~ 75	49.5 ~ 74.5	o ISM 1종 A급
3.95 ~ 30	환경잡음 이하	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
30 ~ 1,000	환경잡음 이하	40 ~ 47	o ISM 1종 A급

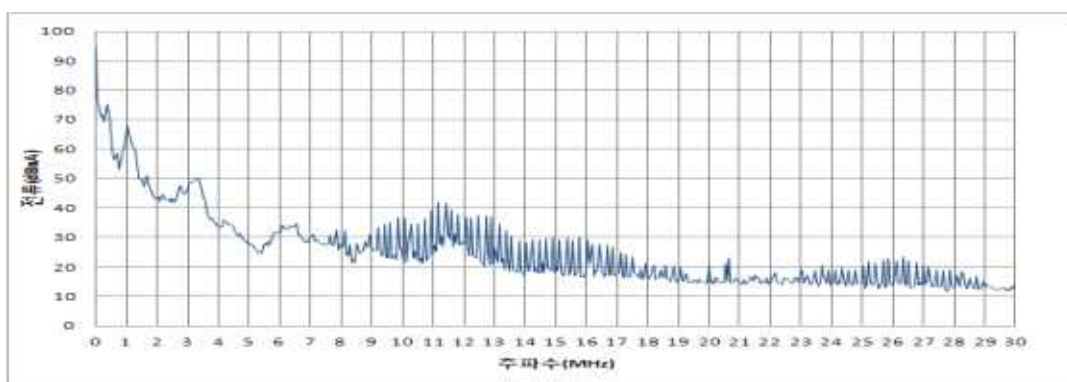
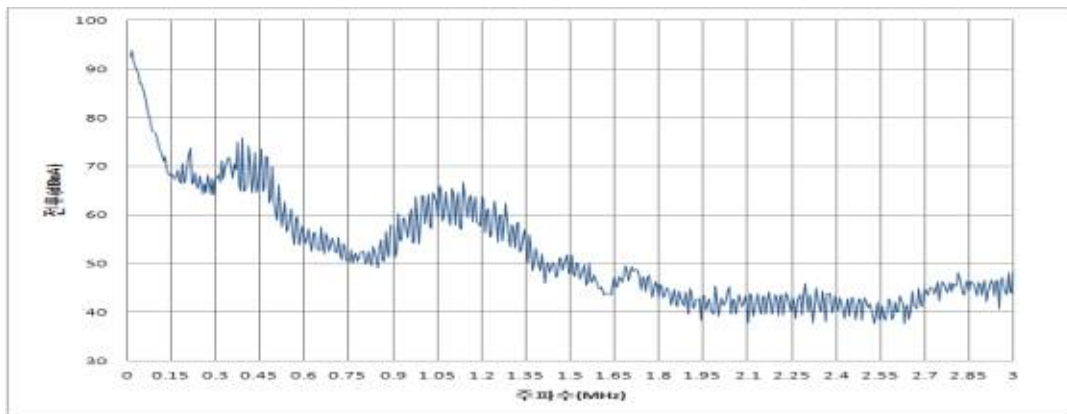




(2) 인버터 AC 포트 전도성 방해 측정

- 9kHz ~ 150kHz 대역에서 128 ~ 102dB μ V, 150kHz ~ 30MHz 대역에서 110 ~ 76dB μ V 정도 높이 측정되어 기술기준을 초과하고 있음
- 실제 전기설비들이 연결된 상태에서 측정하였으므로 제품단위로 시험한 결과와는 차이가 있을 수 있음
 - ※ 전류프로브로 전류를 측정하여 전압으로 환산(34dB) 하였음
- 9kHz ~ 6MHz 사이에서는 10kHz 고조파가 발생되며, 6MHz ~ 30MHz 에서는 220kHz의 고조파 신호가 발생함
 - ※ 6MHz부터 발생하는 220kHz 고조파는 외부 신호가 유입여부 검토 필요

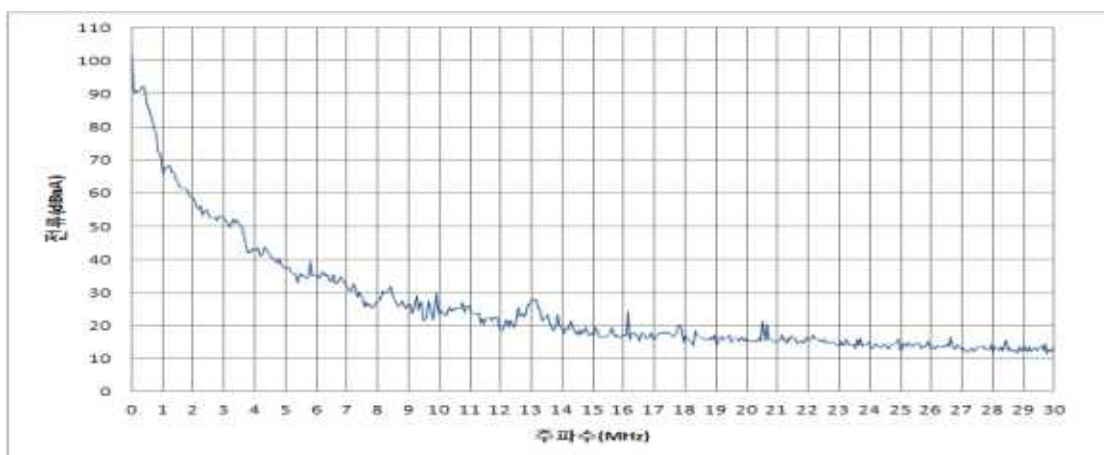
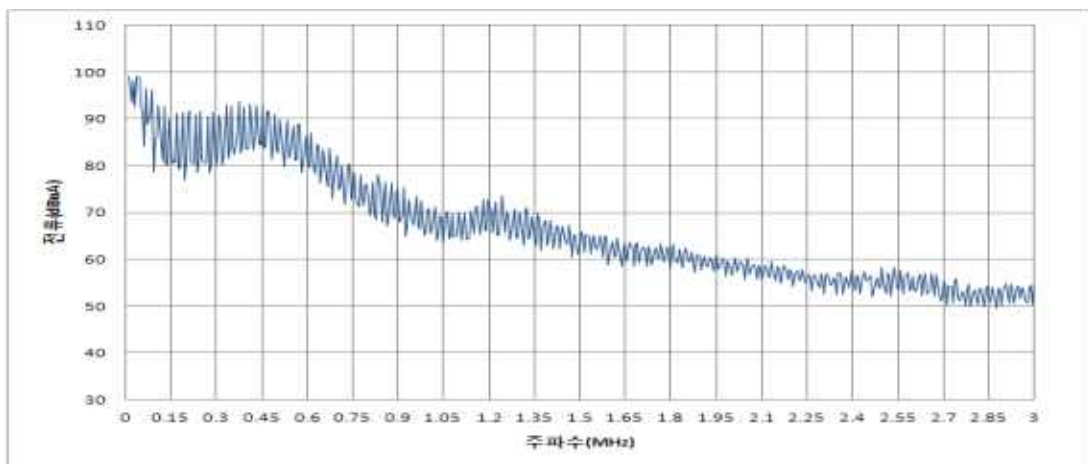
주파수(MHz)	측정값(dB μ V)	참조 기술기준(dB μ V)	비고
0.009 ~ 0.15	128 ~ 102 (94 ~ 68dB μ A)	110 ~ 80 (76 ~ 46dB μ A)	○ ISM 기준 없음 - 상업용 유도조각기
0.15 ~ 30	110 ~ 47 (76 ~ 13dB μ A)	100 ~ 73 (66 ~ 39dB μ A)	○ ISM 1종 A급 - 정격입력전력 > 20kVA



(3) 인버터 DC 포트 전도성 방해 측정

- o 9kHz ~ 150kHz 대역에서 134 ~ 124dB μ V, 150kHz ~ 30MHz 대역에서 127 ~ 47dB μ V 정도 측정됨
- 인버터 DC 포트에 대한 전도성 방해 기술기준이 규정되어 있지 않아 AC 포트보다 높은 전자파가 발생하는 것으로 판단됨
- 9kHz ~ 6MHz 사이에서는 10kHz 고조파가 발생
 - ※ AC단에서 발생하던 6MHz ~ 30MHz 대역 220kHz의 고조파는 발생하지 않음

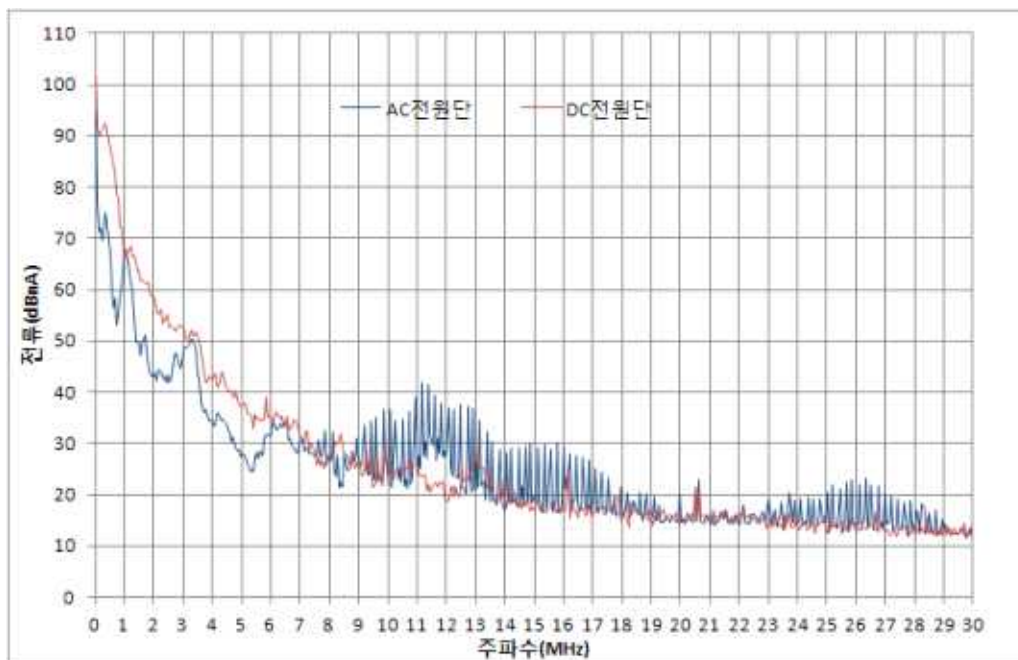
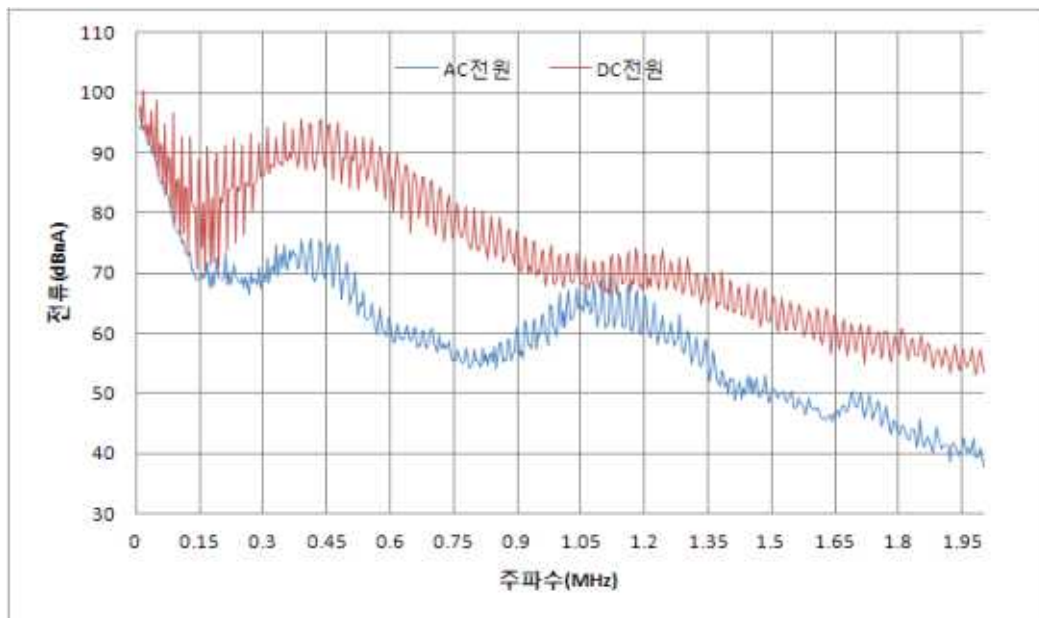
주파수(MHz)	측정값(dB μ V)	참조 기술기준(dB μ V)	비고
0.009 ~ 0.15	134 ~ 124 (100 ~ 90dB μ A)	110 ~ 80 (76 ~ 46 μ A)	o ISM 기준 없음 - 상업용 유도조리기구
0.15 ~ 30	127 ~ 47 (93 ~ 13dB μ A)	100 ~ 73 (66 ~ 39dB μ A)	o ISM 1종 A급 - 장격압력전력 > 20kVA



○ 인버터 출력(AC)단과 입력(DC)단 비교

- AC단보다 10 ~ 20dB 정도 높ی 측정되고 있음

※ AC 단은 전자파저감 필터가 설치되어 있고 DC 단은 필터가 없으므로 큰 값이 측정되는 것으로 판단됨



(4) 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정

- 제어실 내부(인버터 앞)에서 전기장의 세기는 180Hz에서 최고 4.7V/m, 자기장의 세기는 60Hz에서 2.3A/m 정도 측정되며 직업인 및 일반인의 전자파 인체보호 기준을 만족하고 그 외 대역은 미약한 값이 측정됨

※ 전자파 인체보호 기준 : 180Hz : 2777(1388)V/m, 60Hz : 333(67)A/m

높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자기장(A/m)			전기장			자기장		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	180Hz	4.7	2777 (1388)	60Hz	1.9	333 (67)	0.4MHz	183 mV/m	610V/m (87)	0.4MHz	1.1 mA/m	4A/m (1.8)
1m	180Hz	1.8	2777 (1388)	60Hz	2.3	333 (67)	0.4MHz	300 mV/m	610V/m (87)	1.13MHz	0.89 mA/m	1.4A/m (0.6)
1.5m	60Hz	3.4	8333 (4167)	60Hz	0.8	333 (67)	0.4MHz	475 mV/m	610V/m (87)	1.13MHz	0.87 mA/m	1.4A/m (0.6)

※ 제어실은 일반인 출입이 금지되어 있어 직업인 기준이 적용되고 ()에 일반인 기준을 명시

- 제어실 외부에서 전기장의 세기, 자기장의 세기는 모두 60Hz에서 최고 값을 가지며 제어실 내부 보다 작은 값이 측정됨

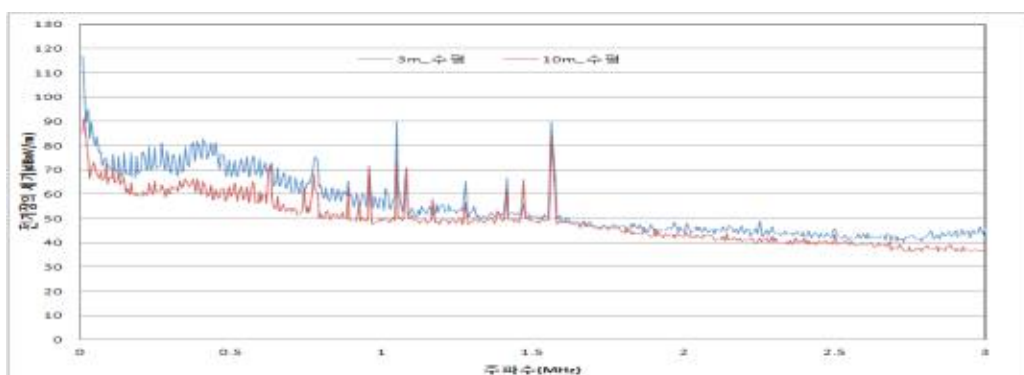
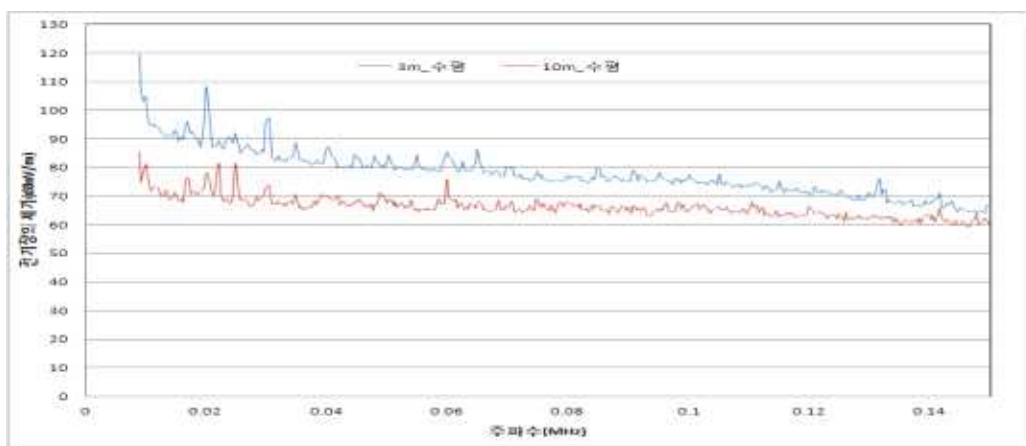
높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자기장(A/m)			전기장(mV/m)			자기장(mA/m)		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	60Hz	0.26	8333 (4167)	60Hz	0.01	333 (67)	225MHz	18 mV/m	271V/m (58)	1.13MHz	0.9 mA/m	1.4A/m (0.6)
1m	60Hz	0.93	8333 (4167)	60Hz	0.008	333 (67)	0.4MHz	37 mV/m	610V/m (87)	1.13MHz	0.8 mA/m	1.4A/m (0.6)
1.5m	60Hz	1.52	8333 (4167)	60Hz	0.007	333 (67)	0.4MHz	34 mV/m	610V/m (87)	1.13MHz	0.9 mA/m	1.4A/m (0.6)

나. 배터리 충방전 설비

(1) 방사성 방해 측정

- o 9kHz ~ 150kHz에서 86 ~ 60dB μ V/m, 150kHz ~ 5MHz 에서는 65 ~ 40dB μ V/m 정도 측정되며 기술기준을 만족하고 있음
- o 5MHz ~ 1GHz 이상의 대역에서는 환경잡음 이하의 값이 측정되며 기술기준을 만족하고 있음

주파수(MHz)	측정값(dB μ V/m)	참조 기술기준(dB μ V/m)	비고
0.009 ~ 0.15	86 ~ 60	101 ~ 76	o ISM 기준 없음 - 전기철도 변전소 기준
0.15 ~ 3.95	65 ~ 40	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
3.95 ~ 30	환경잡음 이하	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
30 ~ 1,000	환경잡음 이하	40 ~ 47	o ISM 1종 A급



(2) AC 라인 전도성 방해 측정

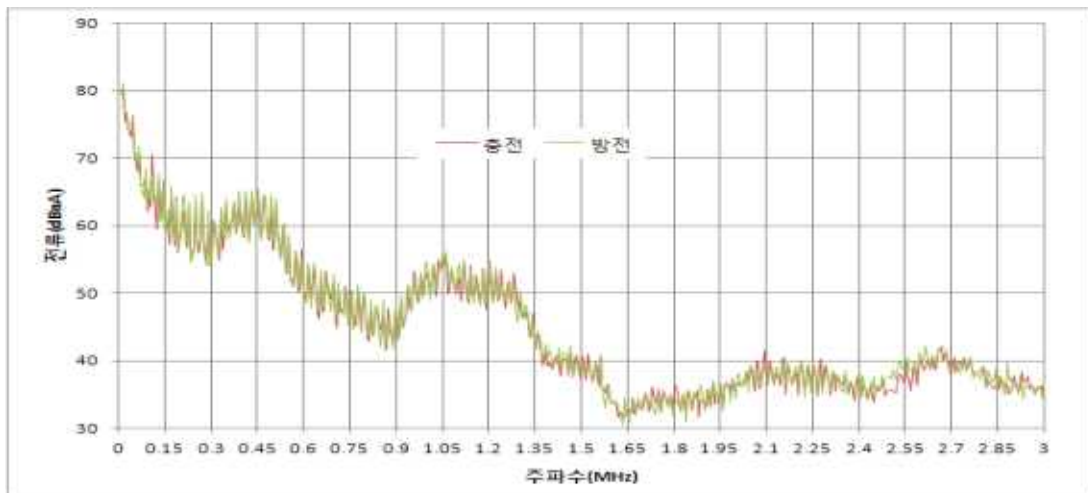
- o 9kHz ~ 150kHz 대역에서 115 ~ 110dB μ A, 150kHz ~ 3MHz 대역에서 100 ~ 69dB μ V 정도 측정되며 기준을 만족하고 있음

※ ISM 기기 기준은 9kHz ~ 150kHz는 규정되어 있지 않으나 상업용 유도조리기 기구 기준 보다는 5dB 정도 초과하고 있음

- 충전설비와 외부 전력선로가 연결된 상태에서 측정한 값으로 충전설비에 의한 전자파인지 또는 외부 전자파 인지 검토 필요
- 충전 및 방전 설비 동작 여부에 관계없이 일정한 전자파가 발생

※ 전류프로브로 전류를 측정하여 전압으로 환산(34dB) 하였음

주파수(MHz)	측정값(dB μ V)	참조 기술기준(dB μ V)	비고
0.009 ~ 0.15	115 ~ 100 (81 ~ 66dB μ A)	110 ~ 80 (76 ~ 46dB μ A)	o ISM 기준 없음 - 상업용 유도조리기
0.15 ~ 5	100 ~ 69 (66 ~ 35dB μ A)	100 ~ 86 (66 ~ 52dB μ A)	o ISM 1종 A급 - 정격입력전력 > 20kVA



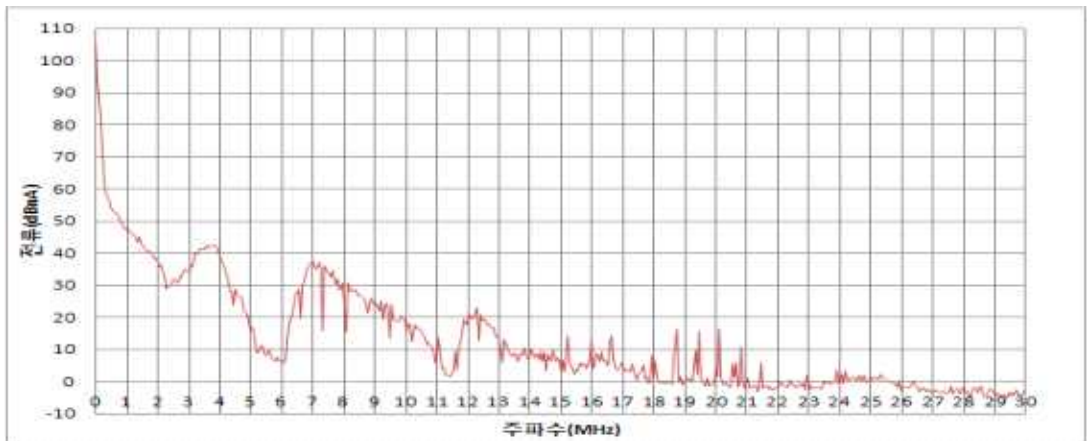
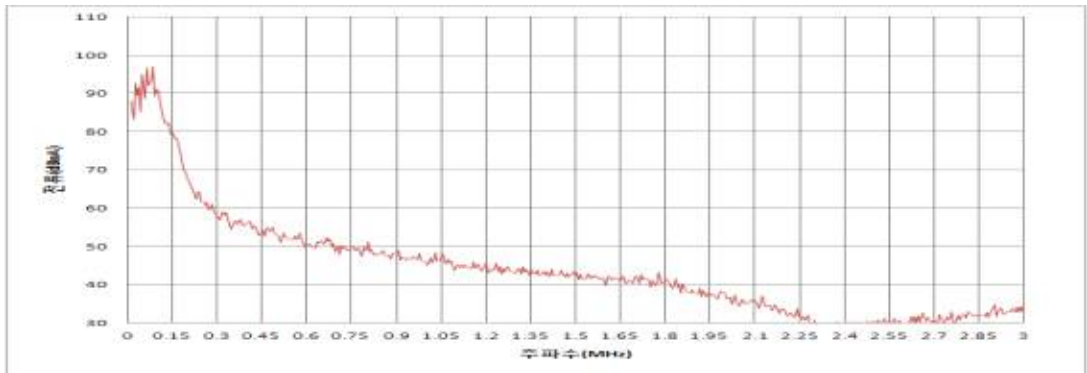
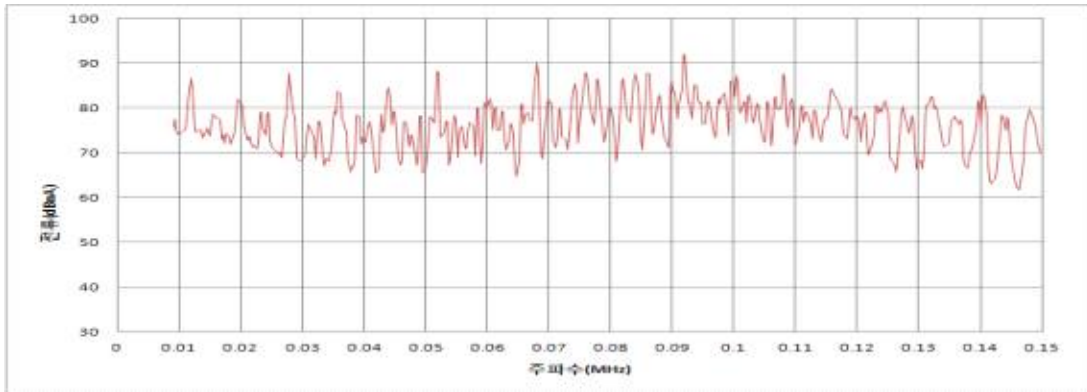
(3) DC 라인 전도성 방해 측정

- o 9kHz ~ 150kHz 대역에서 126 ~ 114dB μ A, 150kHz ~ 30MHz 대역에서 89 ~ 114dB μ V 정도 측정됨

- 300kHz 미만에서는 고조파 신호가 발생하지만 300kHz 이상에서는 외부 전자파 인지에 대해 검토 필요

※ 전류프로브로 전류를 측정하여 전압으로 환산(34dB) 하였음

주파수(MHz)	측정값(dB μ V)	참조 기술기준(dB μ V)	비고
0.009 ~ 0.15	126 ~ 114 (80 ~ 92dB μ A)	110 ~ 80 (76 ~ 46 μ A)	o ISM 기준 없음 - 상업용 유도조리기
0.15 ~ 30	110 ~ 31 (76 ~ -3dB μ A)	100 ~ 73 (66 ~ 39dB μ A)	o ISM 1종 A급 - 장격압력전력 > 20kVA



(4) 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정

- 내부 배터리 시설 앞에서 전기장의 세기는 4kHz에서 최고 26V/m, 자기장의 세기는 60Hz에서 5.5A/m 정도 측정되며 직업인 및 일반인의 전자파 인체보호 기준을 만족하고 그 외 대역은 미약한 값이 측정됨

※ 전자파 인체보호 기준 : 4kHz : 610(87)V/m, 60Hz : 333(67)A/m

높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자기장(A/m)			전기장			자기장		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	4kHz	26	610 (87)	60Hz	4.6	333 (67)	2.26MHz	20 mV/m	270V/m (58)	1.13MHz	0.78 mA/m	1.4A/m (0.6)
1m	4kHz	12	610 (87)	60Hz	5.5	333 (67)	2.26MHz	19 mV/m	270V/m (58)	1.13MHz	0.94 mA/m	1.4A/m (0.6)
1.5m	4kHz	13	610 (87)	60Hz	4.7	333 (67)	2.26MHz	19 mV/m	270V/m (58)	1.13MHz	0.93 mA/m	1.4A/m (0.6)

※ 내부 배터리 시설은 일반인 출입이 금지되어 있어 직업인 기준이 적용. ()는 일반인 기준

다. 풍력발전기 전자파 측정

(1) 김녕 지역 풍력발전기 2기 방사성 방해

- 9kHz ~ 150kHz 주파수 대역에서 110 ~ 140dB μ V/m, 150kHz ~ 500kHz 대역에서는 80 ~ 110dB μ V/m 정도 측정되어 기술기준에서 규정한 값을 초과하고 있음

- 전자파를 발생시키는 주파수는 2kHz 고조파가 측정됨

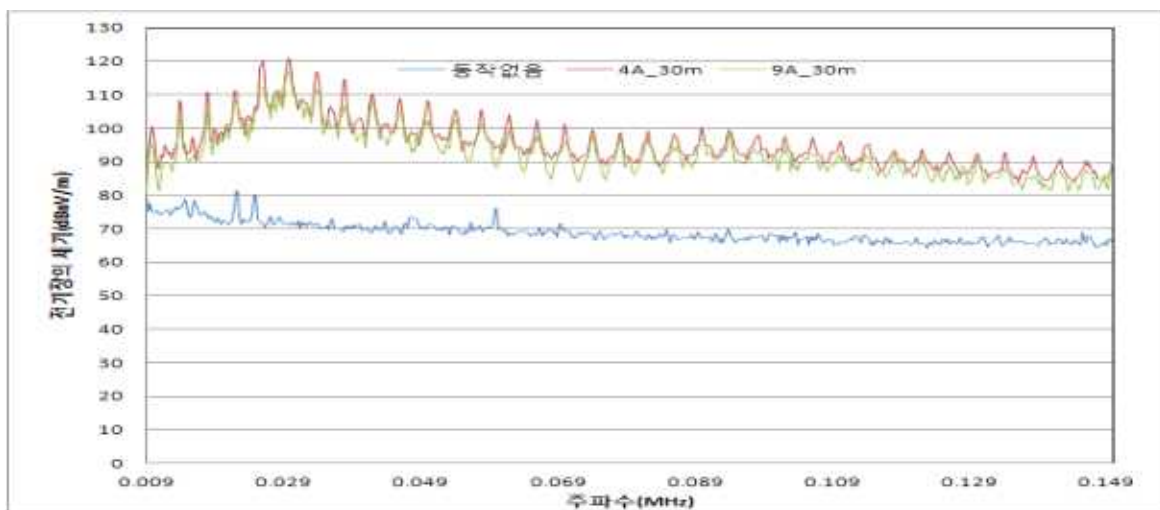
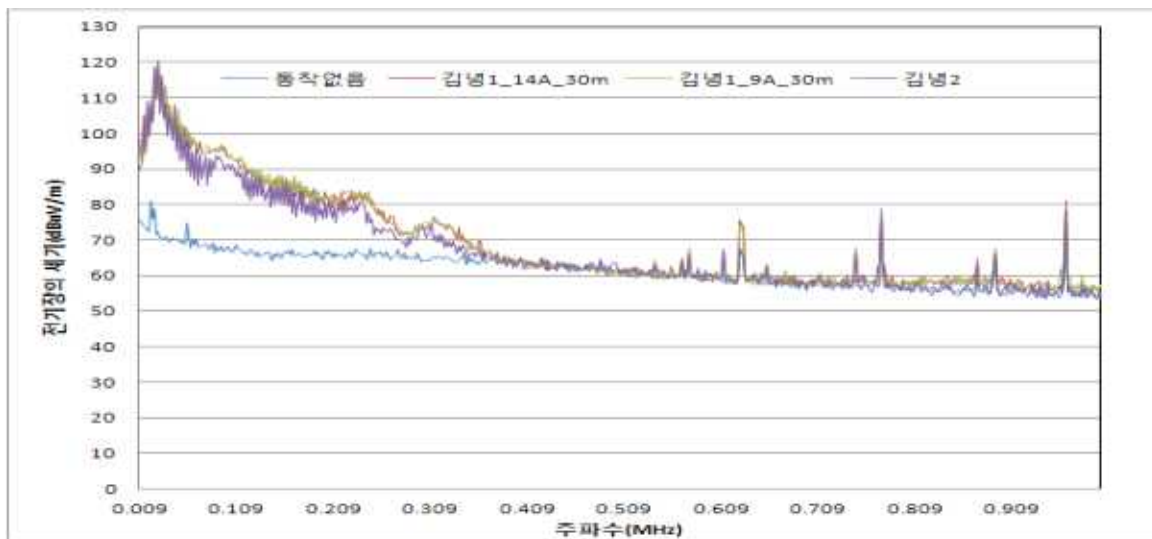
※ 30m 측정값을 10m에서의 값으로 20dB를 더하여 환산한 값으로 10m에서 측정하는 경우 신호가 커 계측기가 포화됨

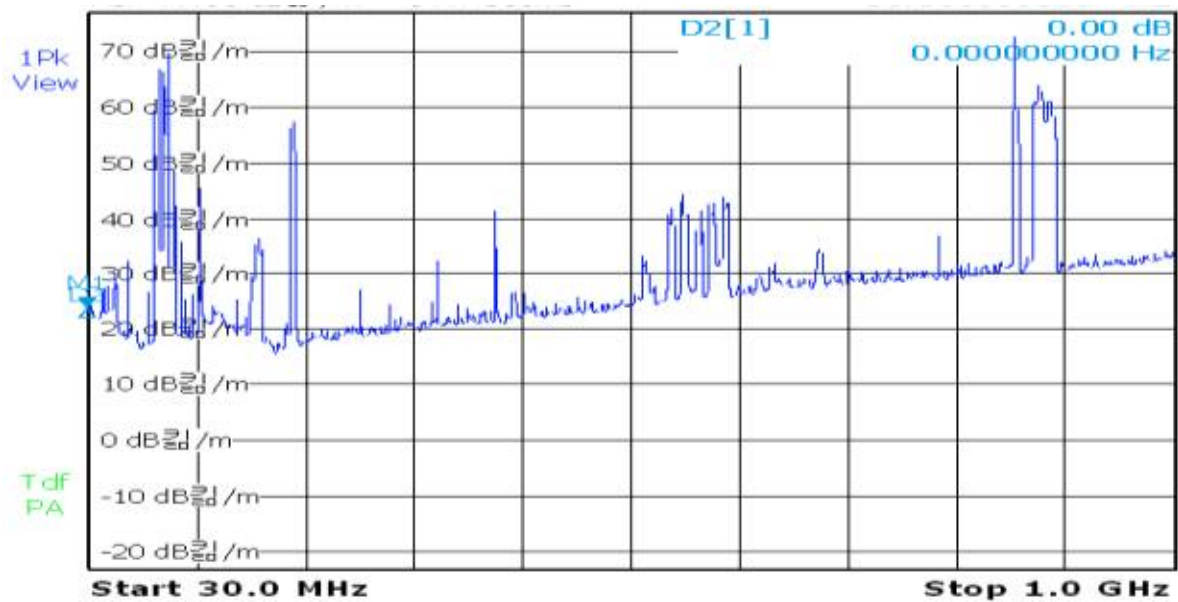
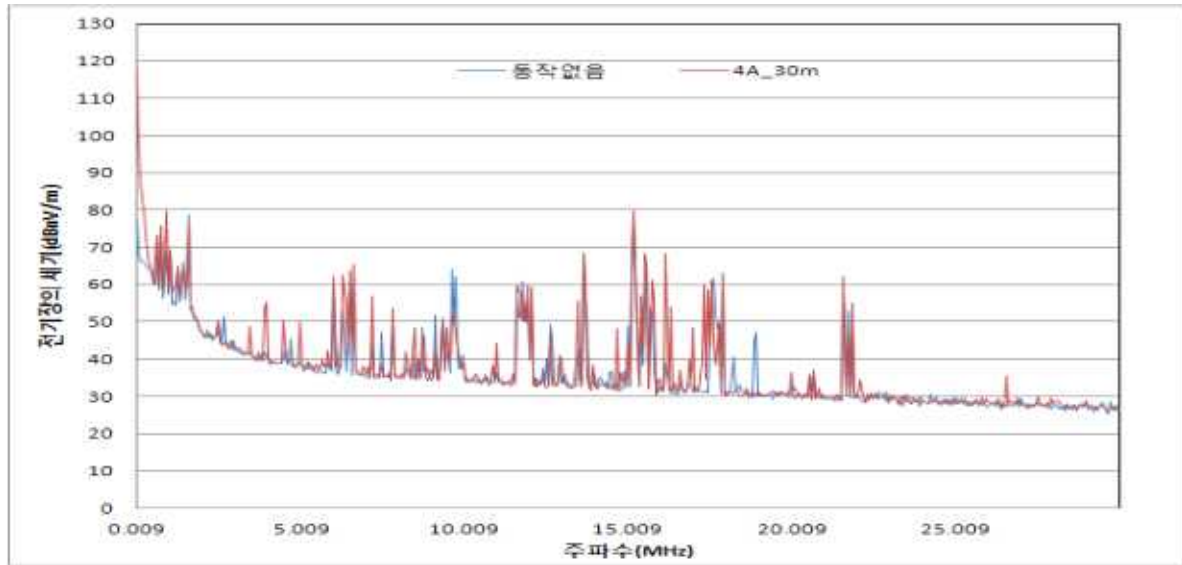
- 발생원인은 풍력발전 기술방식에 의해 전력을 생산하여 인버터, 컨버터를 거쳐 전력을 그리드 함에 따른 스위칭 고조파에 의해 발생하는

것으로 사료됨(기술방식은 제주에너지공사에 확인)

- o 설치된 2기의 풍력발전기에서 발생하는 전자파는 동일하며 발전하는 전류의 변화에 따라 전자파가 달라지지 않고 동일함

주파수(MHz)	측정값(dB μ V/m)	참조 기술기준(dB μ V/m)	비고
0.009 ~ 0.15	110 ~ 140	76 ~ 101	o ISM 기준 없음 - 전기철도 변전소 기준
0.15 ~ 3.95	95 ~ 110	74.5 ~ 84.5	o ISM 1종 A급
3.95 ~ 30	환경잡음 이하	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
30 ~ 1,000	환경잡음 이하	40 ~ 47	o ISM 1종 A급





(2) 행원 지역 풍력발전기 4기 방사성 방해

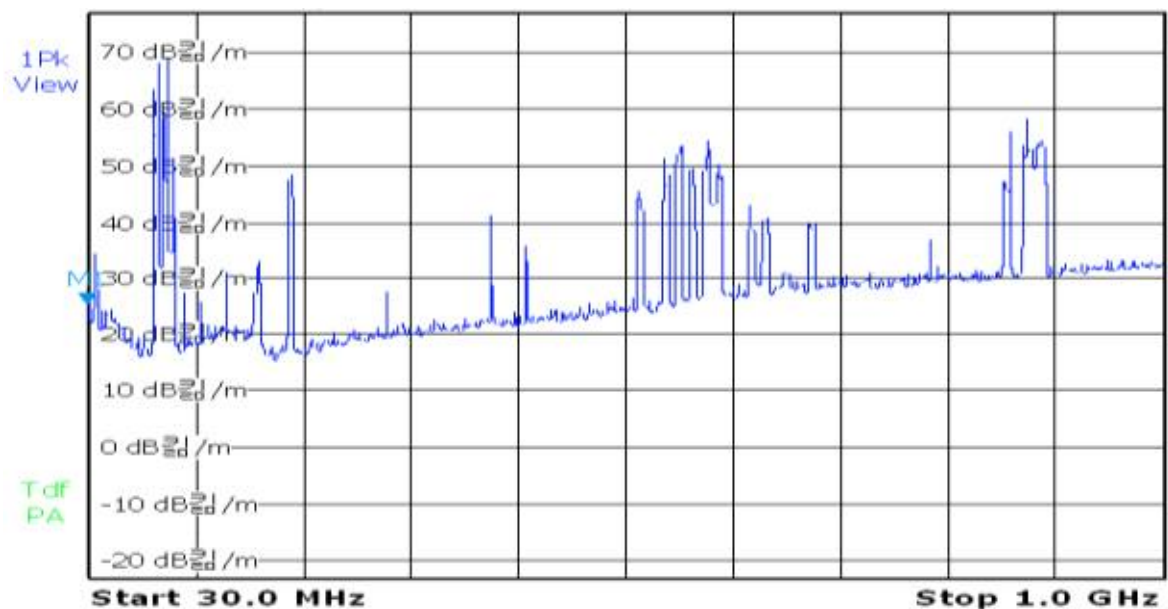
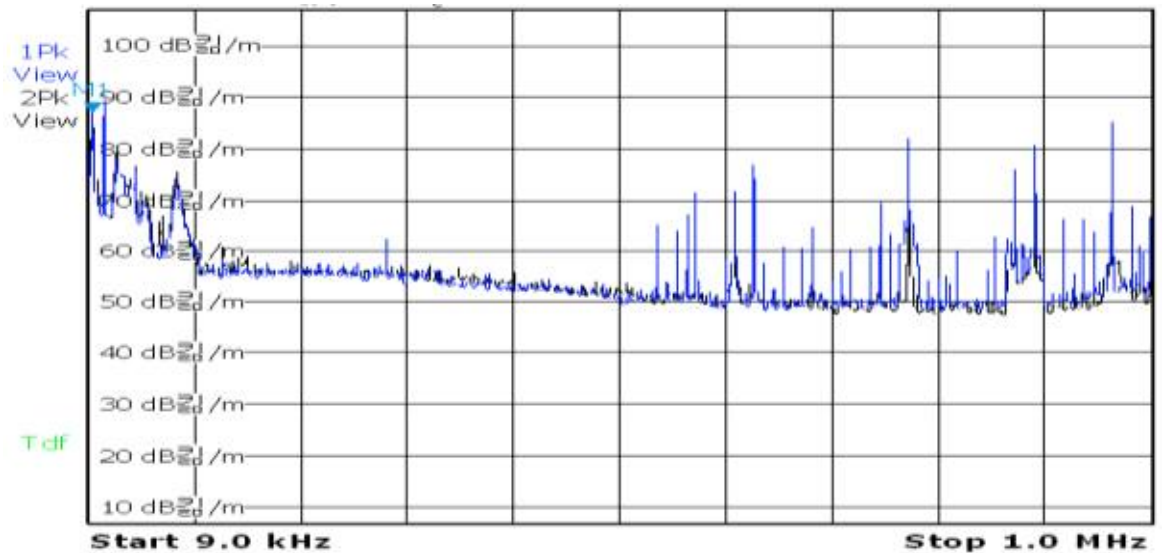
○ 풍력발전기에 의한 전자파는 측정되지 않음

- 9kHz ~ 1GHz 대역에서 전자파는 환경 잡음보다 작은 값이 측정됨

※ 3m 측정값과 10m 측정값을 비교하였을 경우 동일한 값을 얻음

○ 전자파가 환경잡음보다 낮게 측정되는 이유는 풍력발전기에서 생산한 전력이 바로 그리드 됨에 따라 전자파가 발생되지 않은 것으로 추정됨

- 9kHz ~ 1GHz 대역에서 전자파는 환경 잡음보다 작은 값이 측정됨



(3) 행원 지역 풍력발전기 1기(배터리 충방전 설비 설치) 방사성 방해

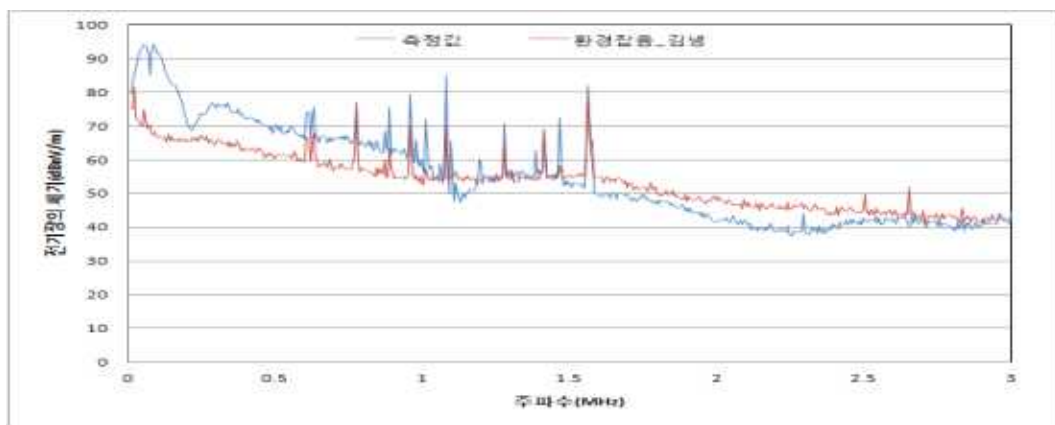
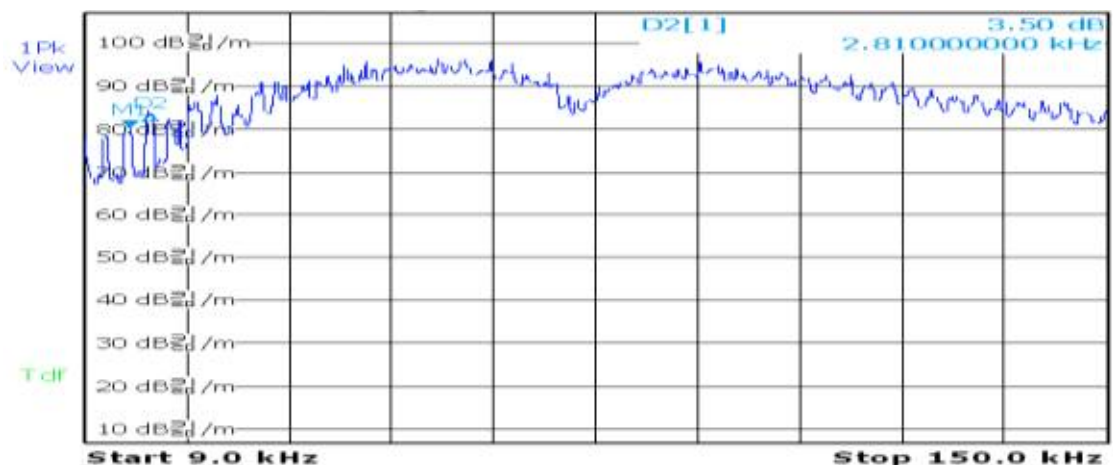
- 9kHz ~ 150kHz 대역에서 80 ~ 95dB μ V/m, 150kHz ~ 1MHz 대역에서는 55 ~ 80dB μ V/m 정도 측정되어 기술기준을 만족하고 있음

※ 측정은 첨두치 이루어져 준첨두치로 환산하면 6dB이상 차이가 발생하여 기술기준을 만족하는 것으로 추정됨

- 발생원인은 풍력발전기 기술방식은 다른 행원 지역과 비슷하나 배터리가 충방전되면서 인버터, 컨버터가 동작하여 전자파를 발생시키는

것으로 사료됨(기술방식은 제주에너지공사에 확인)

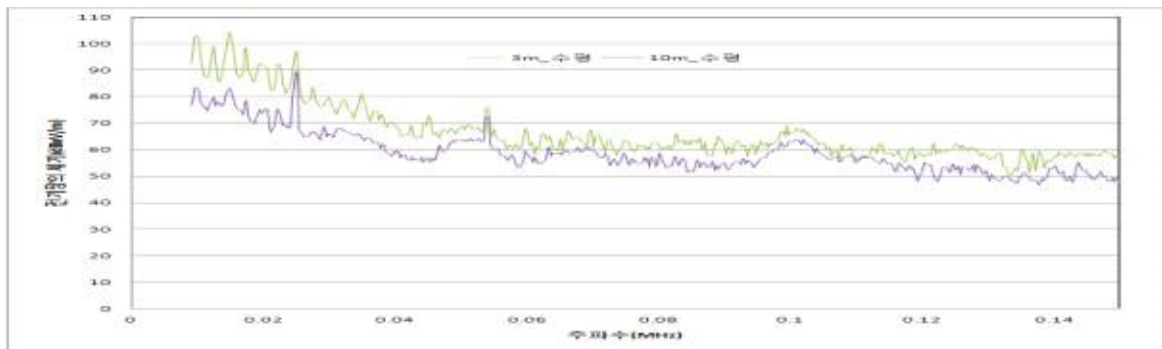
주파수(MHz)	측정값($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	참조 기술기준($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)	비고
0.009 ~ 0.15	80 ~ 95	76 ~ 101	o ISM 기준 없음 - 전기철도 변전소 기준
0.15 ~ 3.95	55 ~ 80	74.5 ~ 84.5	o ISM 1종 A급
3.95 ~ 30	환경잡음 이하	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
30 ~ 1,000	환경잡음 이하	40 ~ 47	o ISM 1종 A급



(4) 신창 지역 풍력발전기 1기 방사성 방해

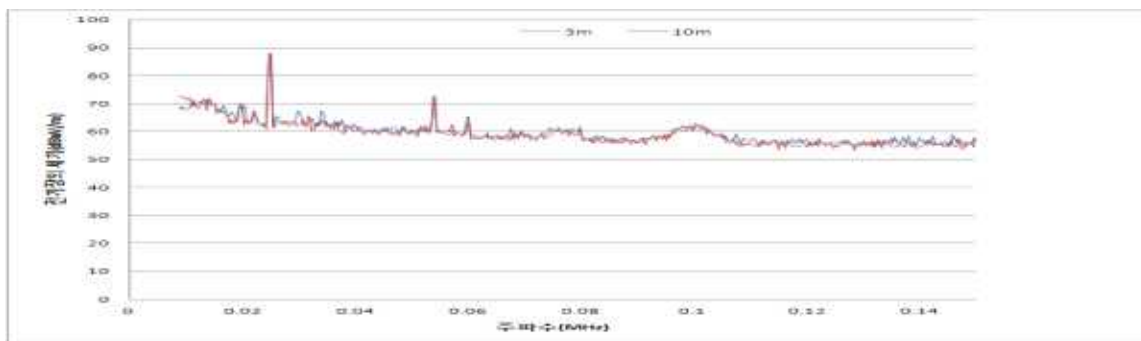
- o 9kHz ~ 150kHz 대역에서 55 ~ 83 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 정도 측정되며 150kHz 이상의 대역에서는 주변 잡음보다 작은 전자파가 측정되며 기술기준을 만족함
- o 발생원인은 풍력발전 기술방식에 의해 전력을 생산하여 인버터, 컨버터를 거쳐 전력을 그리드 함에 따른 스위칭 고조파에 의해 발생하는 것으로 사료됨

주파수(MHz)	측정값(dB μ V/m)	참조 기술기준(dB μ V/m)	비고
0.009 ~ 0.15	55 ~ 83	76 ~ 101	o ISM 기준 없음 - 전기철도 변전소 기준
0.15 ~ 3.95	환경잡음 이하	74.5 ~ 84.5	o ISM 1종 A급
3.95 ~ 30	환경잡음 이하	74.5 ~ 49.5	o ISM 1종 A급
30 ~ 1,000	환경잡음 이하	40 ~ 47	o ISM 1종 A급



(5) 신창 지역 남동발전 풍력발전기 1기 방사성 방해

- o 풍력발전기에 의한 전자파는 측정되지 않음
- 9kHz ~ 1GHz 대역에서 전자파는 환경 잡음보다 작은 값이 측정됨



(6) 풍력발전기 전자파 강도(전자파 인체보호 기준) 측정 결과

- o 김녕 지역 풍력발전기(변압기 앞) 측정
- 전기장의 세기는 26kHz에서 최고 36.2V/m, 자기장의 세기는 60Hz에서 1.86A/m 정도 측정되며 직업인 및 일반인에 대한 전자파 인체보호 기준

을 만족하고 그 외 대역은 미약한 값이 측정됨

※ 전자파 인체보호 기준 : 26kHz : 610(87)V/m, 60Hz : 333(67)A/m

높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자기장(A/m)			전기장			자기장		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	26kHz	22.6	610 (87)	60Hz	1.86	333 (67)	2.26MHz	17.55 mV/m	270V/m (58)	0.72MHz	0.25 mA/m	2.2A/m (1)
1m	26kHz	36.2	610 (87)	60Hz	1.16	333 (67)	2.26MHz	18.76 mV/m	270V/m (58)	1.13MHz	0.12 mA/m	1.4A/m (0.6)
1.5m	30kHz	20.3	610 (87)	60Hz	1.22	333 (67)	2.26MHz	19.31 mV/m	270V/m (58)	1.13MHz	0.1 mA/m	1.4A/m (0.6)

※ 변전소는 일반인 출입이 금지되어 있어 직업인 기준이 적용되고 ()에 일반인 기준을 명시

o 행원 지역 풍력발전기 측정

- 변압기 앞에서 전기장의 세기 및 자속밀도는 60Hz에서 최고 7.48V/m, 1.78μT 정도 측정되며 직업인 및 일반인 기준을 만족하고 있음

※ 전자파 인체보호 기준 : 60Hz : 8333(4166)V/m, 60Hz : 417(83)μT

높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자속밀도(μT)			전기장			자기장		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	60Hz	0.70	8333 (4166)	60Hz	1.78	417 (83)	1.13MHz	19.26 mV/m	539V/m (82)	1.05MHz	1.4 mA/m	1.5A/m (0.7)
1m	60Hz	1.88	8333 (4166)	60Hz	0.69	417 (83)	2.26MHz	14.04 mV/m	270V/m (58)	1.05MHz	1.6 mA/m	1.5A/m (0.7)
1.5m	60Hz	7.48	8333 (4166)	60Hz	0.53	417 (83)	2.26MHz	17.87 mV/m	270V/m (58)	1.05MHz	1.6 mA/m	1.5A/m (0.7)

- 풍력발전기 기둥 앞에서 전기장의 세기 및 자속밀도는 60Hz에서 최고 9.6V/m, 0.11μT 정도 측정되며 직업인 및 일반인 기준을 만족

높이	40 Hz ~ 32 kHz						100 kHz ~ 10 MHz					
	전기장(V/m)			자속밀도(μ T)			전기장(mV/m)			자기장(mA/m)		
	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준	주파수	측정값	기준
0.5m	60Hz	4.2	8333 (4166)	60Hz	0.08	417 μ T (83)	2.26MHz	17.4 mV/m	270V/m (58)	1.05MHz	7.8 mA/m	1.5A/m (0.7)
1m	60Hz	9.6	8333 (4166)	60Hz	0.03	417 μ T (83)	2.26MHz	19.3 mV/m	270V/m (58)	1.05MHz	8.2 mA/m	1.5A/m (0.7)
1.5m	60Hz	9.2	8333 (4166)	60Hz	0.11	417 μ T (83)	2.26MHz	19.6 mV/m	270V/m (58)	1.05MHz	8.4 mA/m	1.5A/m (0.7)

부록 2

세종시 자전거 도로에서의 전자파 측정조사 결과

□ 측정 결과

① 태양광 설비에서 발생하는 전자파 인체노출량 측정

- 오작동을 일으키는 태양광 설비의 전자파(19kHz 주파수 대역)에 대한 인체보호기준

주파수 범위	전기장강도(V/m)	자기장강도(A/m)	자속밀도(μ T)	자속밀도(mG)
3kHz 이상 - 150kHz 미만	87	5	6.25	62.5

- 오작동을 일으키는 19kHz 주변(18~21kHz)의 자기장강도는 최대 0.07mG(기준대비 0.11%), 전기장강도는 0.17V/m(기준대비 0.2%)가 측정됨

주파수	자기장 강도		전기장 강도	
	측정값 mG	기준값 대비%	측정값 V/m	기준값 대비%
15 kHz	0.22	0.35	0.18	0.21
18 kHz	0.07	0.11	0.17	0.20
21 kHz	0.06	0.09	0.10	0.12
36.5 kHz	0.45	0.72	0.06	0.07

< 자기장 강도 측정결과 : 10 ~ 50 kHz >



< 전기장 강도 측정결과 : 10 ~ 50 kHz >



② 태양광 설비에서 발생하는 전자기장의 세기 측정

○ 태양광 설비에 적용되는 전자파 장애방지 기준

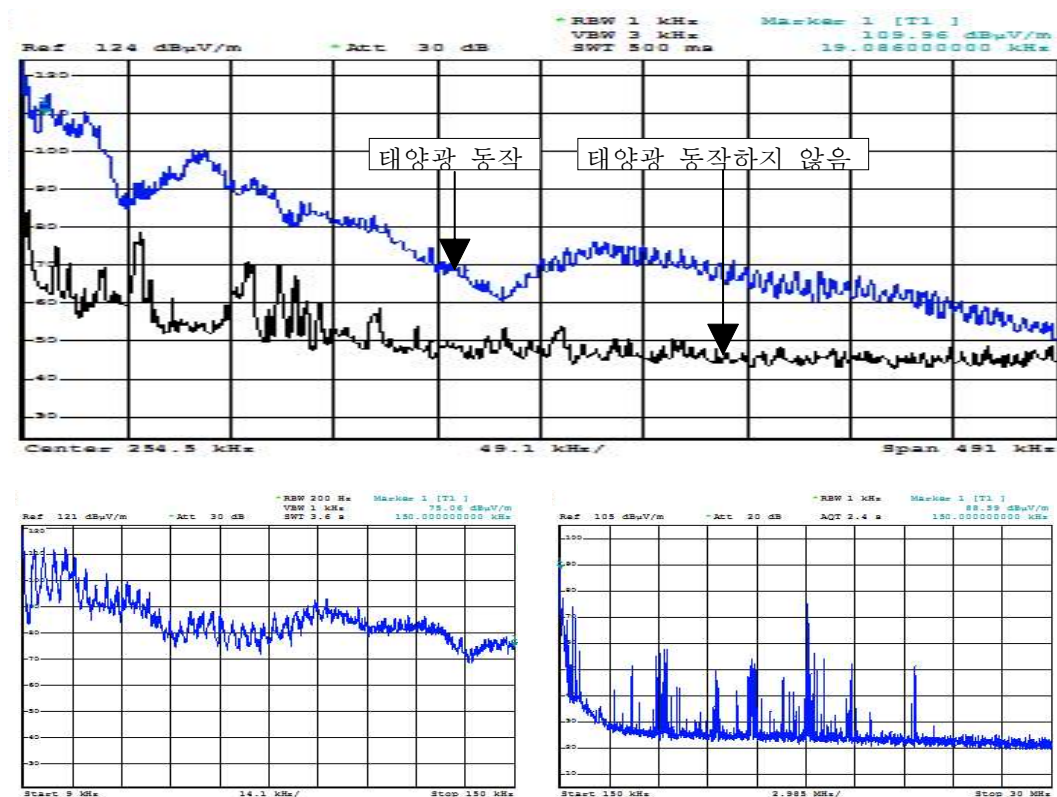
- 전자파 장애방지 기준에서는 9 ~ 150kHz 이하 대역 기준과 태양광 판넬에서 인버터 사이의 기준은 규정되어 있지 않음

주파수 범위(MHz)	측정 포트	준침두값	평균값(dB μ V)
0.15 ~ 0.50	주 전원	79 dB μ V	66
0.50 ~ 5		73 dB μ V	60
5 ~ 30		73 dB μ V	60
30 ~ 230	함체	40 dB μ V/m	-
230 ~ 1000		47 dB μ V/m	-

- 9 ~ 500kHz 대역에서 50 ~ 120dB μ V/m 정도 까지 3kHz 간격으로 전자파가 발생되고 있음

※ 자전거 도로에서 자전거 속도계 부착 위치에 안테나를 설치하고 측정하였으며 태양광 판넬과의 거리는 약 2m 떨어진 곳에서 측정

<태양광 설비 전자파 발생 비교>

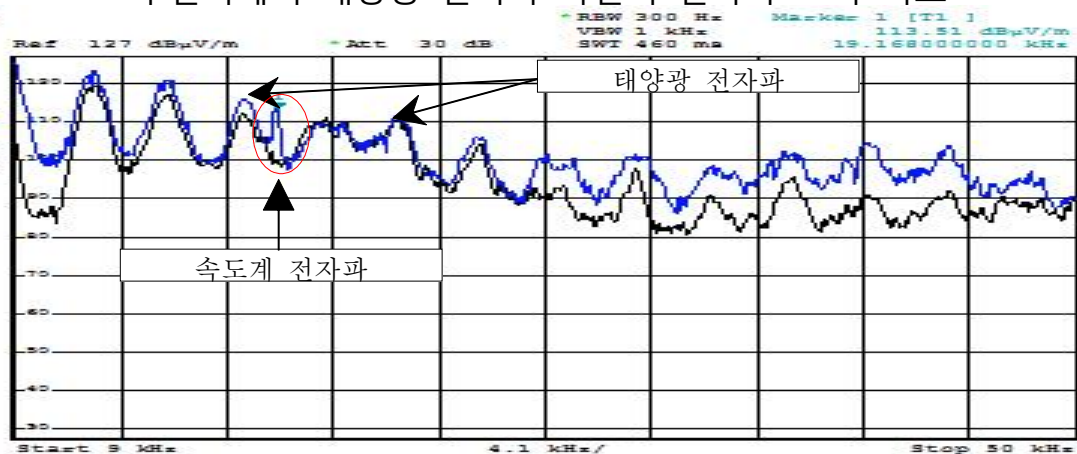


③ 태양광 설비에 의한 자전거 속도계 전자파 영향 측정 · 조사

○ 미약전계강도 주파수(19kHz)을 이용하는 제품

- 태양광 설비가 켜지면 오동작하고 태양광 설비가 꺼지면 정상 동작
- 자전거 속도계는 바퀴에서 19kHz 전자파를 송신하고 핸들에 있는 수신기(모니터)는 18 ~ 20kHz 부근의 전자파를 수신함
- 자전거 속도계의 수신기에 유입되는 전자파는 송신기 신호 보다 태양광 설비의 신호가 높으므로 수신기에 오동작을 일으킴

<수신기에서 태양광 설비와 자전거 전자파 크기 비교>



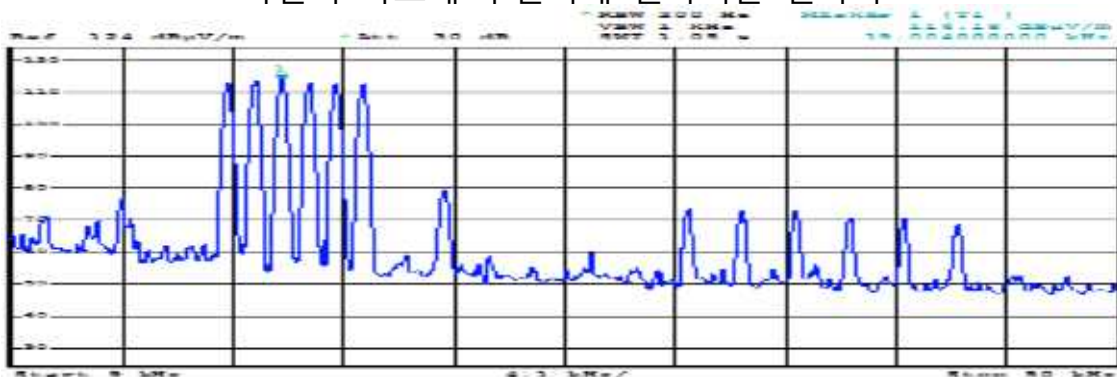
○ WiFi 등을 이용하는 제품

- 태양광 설비에 동작 유무에 무관하게 정상동작 하였음

④ 자전거 속도계에 의한 전자파 영향 측정

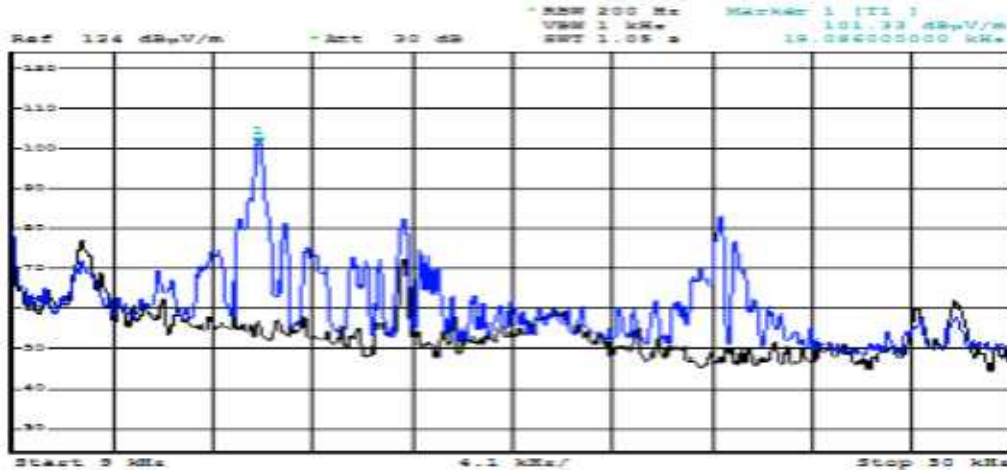
- 태양광 설비에 영향을 받은 제품에 대해 18 ~ 21kHz 전자파를 115dB μ V/m 정도를 인가하면 오동작이 발생

<자전거 속도계 수신기에 인가되는 전자파>



- 자전거 속도계의 송신 신호는 수신기 위치에서 100 ~ 110dB μ V/m 정도 측정됨

<자전거 속도계 수신기에서 측정되는 송신기 전자파>



□ 결과 분석

- 태양광 설비에 의한 19kHz 대역의 전자파 인체노출량은 기준대비 1/500 ~ 1/1000 수준으로 전자파로 인한 인체영향은 없음
- 태양광 설비의 전자파에 의해 19kHz 대역을 이용하는 자전거 속도계에 주파수 간섭 영향을 일으켜 오동작을 발생시키고 있으나 다른 대역을 이용하는 기기에는 영향을 일으키지 않음
 - 영향을 받은 속도계는 19kHz를 이용하는 미약전계강도 기기이며, 태양광 설비는 태양광 패널과 인버터 사이에 전자파 방해방지 기준이 규정되어 있지 않아 발생하는 것으로 사료됨
 - 미약전계강도 기기는 전파간섭을 용인하는 상태에서 이용