

안전한 전자파 환경 기반 조성
연구 용역
(최종보고서)

2020. 12.



국립전파연구원

National Radio Research Agency

한국전자파학회

제 출 문

본 보고서를 「안전한 전자파 환경 기반 조성 연구 용역」의
최종보고서로 제출합니다.

2020. 12. 14.

연구책임자 : 강 영 홍(군산대학교)

공동연구원 : 김 남(충북대학교)

정 기 범(이앤알)

금 홍 식(한국전파진흥협회)

연구 원 : 박 지 연(한국전자파학회)

임 영 철(한국전파진흥협회)

유 건 석(한국전파진흥협회)

연구보조원 : 박 형 진(군산대학교)

이 진 규(군산대학교)

최 도 민(충북대학교)

후세인아네스(충북대학교)

요 약 문

1. 과제명 : 안전한 전자파 환경 기반 조성 연구 용역
2. 연구 기간 : 2020. 04. 03 - 2020. 12. 14
3. 연구책임자 : 강 영 홍
4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

(계획: — 진도: ...▶)

세부내용	연구자	월별 추진계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. 주요시설 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 적용·검증 <ul style="list-style-type: none"> ○ 보편적 전자파 안전관리 가이드라인 적용·검증 <ul style="list-style-type: none"> - 주요시설 적용 시나리오 마련 - 주요시설 대상 선정 및 적용·검증 ○ 주요시설 전자파 안전관리 가이드라인 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가이드라인 개발 - 보편적 안전관리 가이드라인 및 시험·평가 방법 보완 - 보편적 전자파 안전관리 가이드라인 국가 표준(안) 마련 	강영홍 정기범 임영철 유건석 금홍식				—	—	—	—	—	—	—	—	▶	
2. 전자파 안전관리 전문기술자 양성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 전자파 안전관리 기술자 양성 교육계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 교육대상/과목 선정 및 교육계획 마련 ○ 전자파 안전관리 전문기술자 양성 교육 <ul style="list-style-type: none"> - 교육 강사 풀 구축 - 과목별 교재 제작 - 전문기술자 양성 교육 	강영홍 김남 후세인 아네스 박형진 이진규 최도민			▶	—	—	—	—	—	—	—	—	▶	
3. 전자파 기준 개발을 위한 관계부처, 산학연 협업 체계 구축 운영 <ul style="list-style-type: none"> ○ EMC 기준전문위원회 운영 ○ 전자파 인체보호 위원회 운영 ○ 연구보고서 작성 	금홍식 박세호 유건석				—	—	—	—	—	—	—	—	▶	
4. 사업 관리 <ul style="list-style-type: none"> ○ 착수보고서 ○ 중간보고서 ○ 최종결과물 작성, 보고 	박지연 강영홍 박형진 이진규		▶					▶				▶	▶	
분기별 수행진도(%)		10			30			30				30		

나. 세부 과제별 추진사항

1) 주요시설(태양광 발전 시설)에 대한 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 적용·검증

○ 보편적 전자파 안전관리 가이드라인의 적용·검증

- '20년 전자파 안전관리 가이드라인 실증 대상으로 태양광 발전 시설을 선정
- 대상시설에 보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 적용하기 위한 시나리오(초안) 작성
- 주요 복합시설로서 실제 구축 중인 2 MW급의 태양광 발전시설을 선정하여 전자파 안전관리 실증

○ 주요시설 전자파 안전관리 가이드라인 개발

- 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 검증 결과를 기본으로 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 가이드라인 개발
 - * 보편적 안전관리 가이드라인 및 시험·평가방법을 수정 보완
- 전자파 안전관리 가이드라인과 평가방법의 표준화 및 보완을 위해 한국정보통신기술협회 단체표준화 및 해당 실무반 활동에 적극 참여
 - * 보편적 전자파 안전관리 가이드라인 국가표준(안) 개발 완료

2) 전자파 안전관리 기술자 인력양성

○ 전자파 안전관리 전문기술자 양성을 위한 교육계획 수립

- 전자파 안전관리 기술자 교육을 위한 대상 선정* 계획 수립하여 총 36명의 수강생 모집
 - * 방송통신기자재 등 시험기관 방송통신분야 4년 이상 종사자, 학사 학위 취득 후 정보통신/전기/전자/전파/감리분야 4년 이상 종사자, 전문학사 취득 후 정보통신/전기/전자/전파/감리분야 6년 이상 종사자 중 1개 이상의 자격자를 교육대상자로 선정

- 전자파 안전관리 기술자 인력양성 관련 6개의 교육 과목* 모두 이수하는 구성 방안 및 계획(수료 조건 및 일정) 수립
 - * 전자파환경공학, EMC감리제도, 전자파시스템엔지니어링안전관리, 전자파위험요소관리, 전자파안전관리대책기술, 전자파안전관리측정 등 6개 과목
- 수립된 계획을 바탕으로 교육계획(안)을 계약 후 1개월 이내에 국립전파연구원에 제출 완료

o 전자파 안전관리 전문기술자 양성 교육 실시

- 전자파 안전관리 기술자 교육계획에 의해 기술자 교육을 담당할 강사를 섭외 완료
 - * '19년도 구축된 강사 인력 풀을 적극 활용하였음
- 기 개발된 전자파 안전관리 기술자 교육 과목(6개)별 교재를 제작하여 전자파 안전관리 기술자 양성(36명) 교육 완료
 - * 교육일수 : 한 과목당 최소 4일 이상, 총 153시간 교육 완료

3) 전자파 기준 발을 위한 관계부처, 산학연 협업체계 구축·운영 연구

- o 전자파적합성 기준 개발을 위하여 관계부처, 이해관계자들이 참여하는 EMC 기준전문위원회 및 소위원회 운영
 - EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회, 특별연구반 32회 개최
- o 전자파 인체보고 관련 제도, 정책 및 연구 업무를 수행을 위하여 소비자 및 산학연관 전문가로 전자파 인체보호 위원회 및 소위원회 운영
 - 전자파 인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 소위원회 29회 개최

5. 연구결과

- 1) 태양광 발전시설 전자파 안전관리 시나리오(초안) 작성 및 대상시설 선정, 전자파 안전관리 실증 완료
- 2) 전자파 안전관리 절차 가이드라인 표준(안) 수정 보완하여 TTA 표준 제정
- 3) 전자파 안전관리 절차 평가방법 표준(안) 수정 보완하여 TTA 표준 제정
- 3) 전자파 안전관리 기술자 교육 대상자로 36명 수강생 모집, 기 개발된 전자파 안전관리 기술자 교육 과목별 교재를 사용하여 전자파 안전관리 기술자 양성 교육 실시
- 4) 코로나 사태로 인한 비대면 강의 계획 및 전자파 안전관리 기술자 교육 일정(안) 수립하여 6개 교과목 총 153시간 교육 실시
- 5) 전자파 안전관리 강사로서 '19년도 구축된 강사 풀 적극 활용
- 6) 전자파적합성 기준 및 시험방법 제·개정을 위한 EMC 기준전문위원회 32회 개최
- 7) 전자파 인체보호기준 및 측정방법 제·개정을 위한 전자파 인체보호 위원회 29회 개최

6. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고

최종보고서 초록

국문 초록

본 연구에서는 복합설비 전자파 안전관리 추진 기반 마련을 위해 보편적인 전자파 안전관리 가이드라인 적용, 주요 시설(태양광 발전시설)에 대한 가이드라인 개발 및 적용·검증을 수행하였다. 또한, 전자파 안전관리 제도 확립 기반 마련을 위해 전자파 안전관리 전문 기술자 인력양성을 추진하였다. 나아가 새로운 전자파 기준을 적기에 마련을 위해 전자파 기준 개발을 위한 산학연관 협업체계 구축·운영을 수행하였으며, 그 연구 결과는 다음과 같다.

보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 검증하고, 태양광 발전설비에 대한 전자파 가이드라인 개발을 위해 실제 구축 중인 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 실증을 완료하였다. 복합설비에 보편적으로 적용 가능한 전자파 안전관리 가이드라인을 한국정보통신기술협회 단체표준으로 제정하였다. 또한, 전자파 안전관리 실시 복합설비가 적정하게 설치되었는지 여부를 시험·평가할 수 있는 방법을 한국정보통신기술협회 단체표준으로 제정하였다. 전자파 안전관리 기술자 교육 프로그램 개발을 통해 전자파 환경공학 등 6개 교과목 총 153시간의 온라인 교육을 실시하여 전자파 안전관리 기술자 36명을 양성하였다. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회, 특별연구반 운영과 전자파 인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 소위원회를 운영하였다.

본 연구결과는 전자파 안전관리 가이드라인 등을 개발·보급하여 지능화 시설에 대한 전자파 안전을 보장하고 전자파 안전관리 산업 활성화에 기여할 뿐만 아니라 전자파 안전관리 기술자 육성 추진으로 일자리 창출에 기여 및 전자파 기준을 적기에 개발·보급하여 전자파로부터 국민들을 보호하고 산업 활성화에 기여하게 될 것이다.

영문 초록

In this study, a general ESM(electromagnetic safety management) guideline has been applied and verified to major facilities (SPPS; solar photovoltaic power system) in order to develop a method for testing and estimating whether the complex facilities is properly installed according to the general ESM guideline. In addition, we have promoted the training educations of technicians specialized in

the electromagnetic safety in order to the establish the framework for the ESM. Furthermore, we carried out to consist and operate the committee of industry-university-research-government collaboration in order to develop EMC and EMF standards and to prepare new electromagnetic safety standards in a timely manner. The research results are;

The electromagnetic safety verification has been performed for the SPPS that is actually being built to develop a new guideline for SPPS and apply to the general ESM guideline. A TTA (Telecommunication Technology Association) standard of the ESM guideline that can be generally applicable to the complex facilities has been established. Also, another TTA standard for testing and estimating method whether or not the complex facilities according to the ESM was properly installed has been established. Through the development of the electromagnetic safety management technician training program, 153 hours educating programs of 6 subjects such as electromagnetic environment engineering, etc., was conducted to train 36 instructors who will be in charge of training the ESM technicians. We operates timely the EMC and EMF special committee and its subcommittees.

These results of this study will develop and disseminate the guideline for the electromagnetic safety management to ensure the electromagnetic safety in the intelligent installations, and contribute to the activation of industry for the electromagnetic safety management. In addition, it will contribute to the creation of jobs by training of the electromagnetic safety management technicians, and also to the activation of industry abd the protection of people from EMC and EMF by developing and disseminating timely the EMC and EMF standards.

색 인 어	한글	복합설비, 전자파 안전관리, 가이드라인, 가이드라인 시험평가, 전자파 엔지니어링
	영문	Complex facilities, ESM(electromagnetic safety management, Guideline, Estimation of Guideline, EMC Engineering

SUMMARY

In this study, a general ESM(electromagnetic safety management) guideline has been applied and verified to major facilities (SPPS; solar photovoltaic power system) in order to develop a method for testing and estimating whether the complex facilities is properly installed according to the general ESM guideline. In addition, we have promoted the training educations of technicians specialized in the electromagnetic safety in order to the establish the framework for the ESM. Furthermore, we carried out to consist and operate the committee of industry-university-research-government collaboration in order to develop EMC and EMF standards and to prepare new electromagnetic safety standards in a timely manner. The research results are;

Chapter 1 describes the aim, the necessity and the contents & scope of this study.

Chapter 2 describes the definition and the selection of the complex facilities. In the European EMC Directive 2004/108/EC, the Fixed installations are defined as:

“A particular combination of several types of apparatus and, where applicable, other devices, which are assembled, installed and intended to be used permanently at a predefined location.” This definition covers all installations from the smallest residential electrical installation, through to national electrical and telephone networks, including all commercial and industrial installations.

In order to verify the ESM guideline, a SPSS that is actually being built as a major facilities has been selected as a target for verification.

Chapter 3 describes an EMC for SPSS. The results of Off-Grid set-up showed that for an environment with conducted EMI noise the frequency spectrum band from 150kHz to 5MHz, and for an environment with radiated EMI noise the frequency spectrum band from 30MHz to 200MHz it is more affected. Particularly the results of Off-Grid set-up show that the intensity of the noise depends on the operating mode

when the PV inverter performs switching the frequency of the noise increases significantly. The results of Grid-tied set-up show better results, only in some peaks in the frequency bands from 400kHz to 500kHz for conducted EMI noise and from 45MHz to 58MHz for radiated EMI noise it is exceeded the limits of the standard, however the concern is greater since the equipment used for the tests has EMC certifications.

Chapter 4 describes a verification of the ESM guideline for SPSS to test and estimate whether or not the complex facilities was properly installed.

Chapter 5 describes the guideline applied to the SPSS as an example of complex facilities. ESM refers to the system engineering plan for requirements management, performance, function and safety, configuration management, interface, RAM(reliability, availability, maintenance management), EMI/EMC, design and commissioning of the entire system of the project. Also it refers to the activities of establishing and systematically managing production, construction, test and commissioning, and opening in SPSS.

Chapter 6 describes the training for ESM technicians. For this, a committee for ESM education and a supervisory committee for ESM textbooks were formed and operated. Through the development of the electromagnetic safety management technician training program, 6 subjects such as EMC engineering were programmed for major educations. Based on the textbooks developed in the previous year, 153 hours educating programs was conducted to train 36 technicians who will be in charge of ESM technologies.

Chapter 7 describes the operation of the EMC and EMF special committee and its subcommittees.

The main results of this research are as follows;

The electromagnetic safety verification has been performed for the SPSS that is actually being built to develop a new guideline for SPSS and apply to the general ESM guideline. A TTA (Telecommunication

Technology Association) standard of the ESM guideline that can be generally applicable to the complex facilities has been established. Also, another TTA standard for testing and estimating method whether or not the complex facilities according to the ESM was properly installed has been established. Through the development of the electromagnetic safety management technician training program, 153 hours educating programs of 6 subjects such as electromagnetic environment engineering, etc., was conducted to train 36 instructors who will be in charge of training the ESM technicians. We operates timely the EMC and EMF special committee and its subcommittees.

These results of this research will develop and disseminate the guideline for the electromagnetic safety management to ensure the electromagnetic safety in the intelligent installations, and contribute to the activation of industry for the electromagnetic safety management. In addition, it will contribute to the creation of jobs by training of the electromagnetic safety management technicians, and also to the activation of industry abd the protection of people from EMC and EMF by developing and disseminating timely the EMC and EMF standards.

목 차

표 목 차	13
그림목차	14
제 1 장 서 론	17
제 1 절 연구의 목표	17
제 2 절 연구의 필요성	17
제 3 절 연구 내용 및 범위	18
제 2 장 전자파적합성 안전관리 대상 시설	23
제 1 절 복합설비의 정의	23
제 2 절 복합시설로서 태양광 발전시설의 선정	24
제 3 절 태양광 발전설비 구성 및 현황	27
제 3 장 태양광 시스템 EMC	29
제 1 절 전자기 환경	29
제 2 절 시스템 구성도	31
제 3 절 EMC 시스템 인증 및 승인	33
제 4 장 전자파 안전관리 가이드라인 적용·검증	56
제 1 절 전자파 안전관리 주요 성과물	56
제 2 절 EMC 현장조사 결과	61
제 3 절 시사점	65
제 5 장 태양광 발전시설 가이드라인	67
제 1 절 적용 범위	67
제 2 절 태양광 발전설비의 EMC 안전관리 절차	78

제 3 절 전자파 관련 규정	87
제 4 절 문서 활동 및 결과물 정의	89
제 5 절 전자파 안전 환경 요구사항	89
제 6 절 기능 안전 설비 및 설계 고려사항	91
제 7 절 평가 및 검증 계획	92
제 8 절 시스템 통합 검증 및 최종 평가	93
제 9 절 부속서	94
 제 6 장 안전관리 기술자 인력양성	 102
 제 7 장 전자파 기준 개발을 위한 관계부처, 산학연 협업체계 구축·운영	124
제 1 절 EMC 기준전문위원회 구성·운영	124
제 2 절 전자파인체보호위원회 및 산하 위원회 구성·운영	151
 제 8 장 연구 결과	 170
 참고 문헌	 173
 첨부 1 교육에 대한 설문	 175

표 목 차

표 2-1 대상시설 후보지 비교	25
표 2-2 후보지별 세부 내역 비교	26
표 3-1 주파수 범위에 따른 응용	38
표 3-2 PV 시스템의 접지 커패시턴스	39
표 3-3 비접지 시스템의 커패시턴스	41
표 3-4 Grid-Tied 컴포넌트 규격	46
표 3-5 Off-Grid 컴포넌트 규격	49
표 4-1 인버터 노이즈 주파수	58
표 4-2 위험도 평가 매트릭스	59
표 4-3 EMC 적합성 도표	61
표 4-4 설치 전/후, 차폐 후 측정결과 요약표	65
표 5-1 전자파적합성 평가 시스템 내부/상호간/외부 시스템 배열표	83
표 5-2 시스템 내부 위험원 분석 예시	85
표 5-3 전자파 안전관리 산출물	94
표 5-4 장비 등급과 등급별 EMC 관련 규정	96
표 5-5 타 사업 전기철도 시스템 사전위험분석 일부	99
표 6-1 전자파 안전관리 기술자 양성 프로그램	102
표 6-2 전자파 안전관리 기술자 양성 프로그램 교과목	106
표 6-3 1차 강의 수강 차시 및 수강률	111
표 6-4 2차 강의 수강 차시 및 수강률	112
표 6-5 3차 강의 수강 차시 및 수강률	113
표 6-6 4차 강의 수강 차시 및 수강률	115
표 6-7 5차 강의 수강 차시 및 수강률	116
표 6-8 6차 강의 수강 차시 및 수강률	117
표 7-1 EMC 기준전문위원회 개최 리스트	149
표 7-2 전자파인체보호위원회 운영 현황	167

그 립 목 차

그림 2-1	복합설비의 구성 예	23
그림 2-2	스윙캐슬 태양광 발전설비 위치	26
그림 2-3	스윙캐슬 태양광 발전설비 전면도	27
그림 2-4	수행조직도	27
그림 2-5	태양광발전시설 전체 설비 구성도	28
그림 3-1	EME와 PV 시스템간의 커플링	30
그림 3-2	단상 레이아웃	32
그림 3-3	3상 레이아웃	32
그림 3-4	PV 시스템의 DC 측에서의 간섭	34
그림 3-5	임피던스 및 안테나 계수 측정용 테스트 셋업	34
그림 3-6	하이브리드 PV 시스템 연결 그리드 간 커플링 경로	36
그림 3-7	DM 모드 PV 시스템 안테나 방법	40
그림 3-8	CM 모드 PV 시스템 안테나 방법	40
그림 3-9	c-Si PV 셀의 등가 회로	41
그림 3-10	150kHz - 30MHz 주파수 범위에서의 PV 등가 회로	41
그림 3-11	스위칭 디바이스	42
그림 3-12	Grid-Tied 셋업 장치	47
그림 3-13	Grid-Tied 셋업에서 전도성 EMI 노이즈	47
그림 3-14	Grid-Tied 셋업에서 복사성 EMI 노이즈	48
그림 3-15	Off-Grid 셋업 장치	50
그림 3-16	배터리에서 전도성 EMI 노이즈	50
그림 3-17	배터리 전원 공급 AC 발전기에서 전도성 EMI 노이즈	51
그림 3-18	부하 전원 공급 AC 발전기에서 전도성 EMI 노이즈	51
그림 3-19	DC 장치 및 배터리에서의 전도성 EMI 노이즈	52
그림 3-20	Off-Grid 셋업에서 복사성 EMI 노이즈	53
그림 4-1	전자파 안전관리 계획표	56

그림 4-2 케이블 차폐 및 인버터 필터	57
그림 4-3 적합성 확보 순서도	60
그림 4-4 EMC 현장조사 측정 위치	61
그림 4-5 EMC 현장조사 사진	62
그림 4-6 주변 전자파 측정환경	62
그림 4-7 설치 전/후 측정데이터(인버터 앞)	63
그림 4-8 케이블 차폐 및 접지 시공 전/후 측정 결과(AC 케이블) ..	64
그림 5-1 태양광 발전설비 시스템 구성도	67
그림 5-2 시스템 엔지니어의 행위	74
그림 5-3 시스템 엔지니어링(SE) IPO 다이어그램 예	76
그림 5-4 V-모델 예시	77
그림 5-5 전자파 안전관리 기본 프로세스	77
그림 5-6 전체적인 전자파 안전관리 제어 계획	79
그림 5-7 사전 전자파 환경조사 예	82
그림 5-8 사전위험분석 업무 프로세스	98
그림 5-9 하부시스템 주요장비 리스트	98
그림 5-10 전기철도 시스템 사전위험분석 일부	99
그림 5-11 타 철도시설의 위험도 평가 예시	100
그림 6-1 수강생 모집 요강	107
그림 6-2 전자파 안전관리 기술자 양성 프로그램 시간표	108
그림 6-3 강의사이트 메인화면	109
그림 6-4 강의자료 학습 시작 및 진행률	110
그림 6-5 강의자료 시청	110
그림 6-6 퀴즈 제출 및 확인	110
그림 6-7 전자파 환경공학 강의자료 시청 영상	111
그림 6-8 EMC 감리제도 강의자료 시청 영상	112
그림 6-9 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리 강의자료 시청 영상 ·	114
그림 6-10 전자파 위험요소 관리 강의자료 시청 영상	115
그림 6-11 전자파 안전관리 대책기술 강의자료 시청 영상	116

그림 6-12 전자파 안전관리 측정 강의 자료 시청 영상	117
그림 6-13 최종 평가 진행 화면	118
그림 6-14 강의 주제 구성 적절성 결과	119
그림 6-15 강의 내용 체계성 및 충실도 결과	120
그림 6-16 온라인 학습 시스템 이용 만족도 결과	120
그림 7-1 EMC 기준전문위원회 구성도	124
그림 7-2 시험 사진	133
그림 7-3 전자파 인체보호위원회 구성도	151

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목표

가. 지능화 설비에 대한 전자파 안전관리 기반조성

- 새로운 전자파 안전관리 산업 육성 추진
 - 주요시설별 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 적용·검증과 기 개발된 보편적 전자파 안전관리 가이드라인 보완
 - 전자파 안전관리 전문기술자 인력양성 추진

나. 새로운 전자파 기술기준을 적기에 마련·보급

- 전자파 기준 개발을 위한 산·학·연·관 협업체계 구축·운영 지원

제 2 절 연구의 필요성

가. 주요시설별 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 기술자 양성 필요

- 4차 산업혁명으로 새롭게 등장하는 지능화 설비*에 대한 안전한 전자파 환경 기반조성 및 대책 마련 필요
 - * 스마트 팜·공장·시티, 교통관제시설 및 자율주행차, 태양광 발전 시설 등 여러 가지 기기가 다중 통신 방식으로 연결되어 특정 서비스를 제공하는 고정설비
 - 이를 위해 '19년도에는 복합설비에 보편적으로 적용 가능한 단계별 전자파 안전관리 가이드라인 개발과 전자파 안전관리 전문기술자 교육을 담당할 전문 강사 양성 완료
- 보편적인 전자파 안전관리 가이드라인을 적용하여 주요시설별 전자파 안전관리 가이드라인을 개발·검증하고, 이를 통해 보편적인 전자파 안전관리 가이드라인을 보완 필요

- 복합설비의 전자파 안전관리는 전문기술자에 의해 실시되어야 하므로 체계적인 전문 인력양성 필요
- 전자파 위험요소관리, EMC 감리 및 전자파 시스템 엔지니어링 안전 관리 등 전자파 안전관리 수행을 위한 전문지식을 갖춘 인력 필요

나. 관계부처 및 산·학·연·관의 협력을 통해 전자파 기준 개발과 규제개선 추진 필요

- 전자파 적합성 기준은 관계부처, 산·학·연·관 전문가들이 참여하는 EMC 기준전문위원회를 통해 개발하고 있어 운영 지원 필요
- 전자파 인체보호 분야는 산·학·연·관이 참여하는 전자파 인체보호 위원회를 통해 개발하고 있어 운영 지원 필요

제 3 절 연구 내용 및 범위

가. 주요시설(태양광 발전 시설)에 대한 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 적용·검증

- 보편적 전자파 안전관리 가이드라인의 적용·검증
 - 보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 태양광 발전 시설에 적용하기 위한 시나리오

보편적 전자파 안전관리 가이드라인	태양광발전시설 전자파 안전관리 가이드라인
1. 전자파 안전관리 계획	- 신재생에너지 설비 시공기준, 태양광설비 시공기준, 태양광발전시설 설계도 등을 참조하여 전자파 안전관리 계획 수립
2. 전자파 환경 요구사항	- 시설주변 사전 전자파 환경 측정, 현장조사
3. 시스템 사전 위험 분석 절차	- 시스템 관련 전자파 영향 분석
4. 위험분석	- 시스템 전자파적합성 도표 작성 및 관리
5. 통합 EMC 환경시험 검증계획 수립	- 설치후 전자파적합성 평가 계획 수립
6. 최종 환경평가 요구사항	- 최종 환경평가 및 검증
7. 적합성 유지보수 계획	- 적합성 유지보수 계획 수립
8. 계획된 전자파 안전관리 활동	- (향후 정기점검 및 유지보수 활동)

- 가이드라인 개발을 위한 주요시설의 대상(장소, 세부시설 등)을 선정하고, 보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 주요시설에 적용·검증
- * 전자파 안전관리 가이드라인 개발 목적에 부합하기 위해 다음의 조건을 충족하는 시설을 대상으로 선택
 - ① 다수의 인버터(스트링 인버터) 사용 태양광 발전을 구성하는 시설
 - ② 500 KW 이상의 태양광 발전을 구성하여 고압 송전(22.9 KV)을 위한 고압 송전반이 설치된 발전시설
 - ③ 설계부터 시공까지 전체 과정을 검증할 수 있는 곳
 - ④ 가능하면 동일 또는 유사한 구성의 기존 태양광발전시설이 있어 비교 가능한 시설
- 주요시설(태양광 발전시설)의 규모 등 세부시설에 대해서는 국립전파연구원과 협의하여 검증을 수행
- 보편적 전자파 안전관리 가이드라인 적용·검증 결과를 정리하여 검증 결과서를 제출
- 국립전파연구원에서 제공하는 시험·평가방법을 이용하여 전자파 안전관리를 실시한 복합설비들이 적정하게 설치되었는지 여부를 평가하고 그 결과를 제출
- o 주요시설 전자파 안전관리 가이드라인 개발
 - 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 검증 결과를 기본으로 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 가이드라인을 개발
 - * 보편적 안전관리 가이드라인 및 시험·평가방법을 보완하여 제출
 - 주요시설에 대한 안전관리 가이드라인 개발 시 중요 단계별로 국립전파연구원과 협의하여 개발·보완
 - 전자파 안전관리 가이드라인과 평가방법의 표준화 및 보완을 위해 한국정보통신기술협회 단체 표준화 및 해당 실무반 활동에 적극 참여
 - 보편적 전자파 안전관리 가이드라인에 대한 국가표준(안)을 마련

나. 전자파 안전관리 기술자 인력양성 추진

- 전자파 안전관리 전문기술자 양성을 위한 교육계획 수립
 - 전자파 안전관리 기술자 교육을 위한 대상 선정* 계획 수립
 - * 대상: 전기·전자, 전파 및 전자파, 정보통신 등 본 연구사업의 목적에 부합하는 전문기술자(종사자 또는 대학원생 등)
 - 전자파 안전관리 기술자 인력양성 관련 6개의 교육 과목* 모두 이수하는 구성 방안 및 계획(수료 조건 및 일정) 수립
 - * 전자파 환경공학, 전자파 위험요소관리, EMC 감리제도, 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리, 전자파 안전관리 대책기술, 전자파 안전관리 측정
 - 수립된 계획을 바탕으로 교육계획(안)을 계약 후 1개월 이내에 국립전파연구원에 제출
- 전자파 안전관리 전문기술자 양성 교육 실시
 - 전자파 안전관리 기술자 교육계획에 의해 기술자 교육을 담당할 강사를 섭외

<전자파 안전관리 기술자교육 강사섭외 선정 대상(안)-예시>

번호	강의 명	강사명	직위	소속
1	전자파 환경공학	전기·전자, 전파 및 전자파, 정보통신 등 본 사업의 목적에 맞는 학·연·산으로 구성된 전문 강사 섭외		
2	전자파 안전관리 대책기술			
3	EMC 감리제도			
4	전자파 위험요소관리			
5	전자파 시스템 엔지니어링 안전관리			
6	전자파 안전관리 측정			

- 기개발된 전자파 안전관리 기술자 교육 과목(6개)별 교재를 제작하여 전자파 안전관리 기술자 양성(25명 이상) 교육을 실시
 - 교육일수: 한 과목당 최소 4일 이상(25시간)으로 함*
 - * 계획된 일정이 불가피하게 변동되는 경우 국립전파연구원과 협의 하에 일정 조정
- 전자파 안전관리 기술자 교육 종료 후 수강자 수료 관련 처리

- 교육 후 교육 수료 여부에 대한 평가를 통한 수료증 발급(전자과 학회장) 및 인력풀 구축(DB화)을 위한 수료증 사본 등 교육생 자료를 제출
- 기술자 교육에 참여하는 자에게 공무원 여비규정을 준용하여 예산의 범위 안에서 일비, 식비, 숙박비 등을 제공
- 교육을 담당할 강사에게 강사료 지급

다. 전자파 기준 개발을 위한 관계부처, 산학연 협업체계 구축 운영

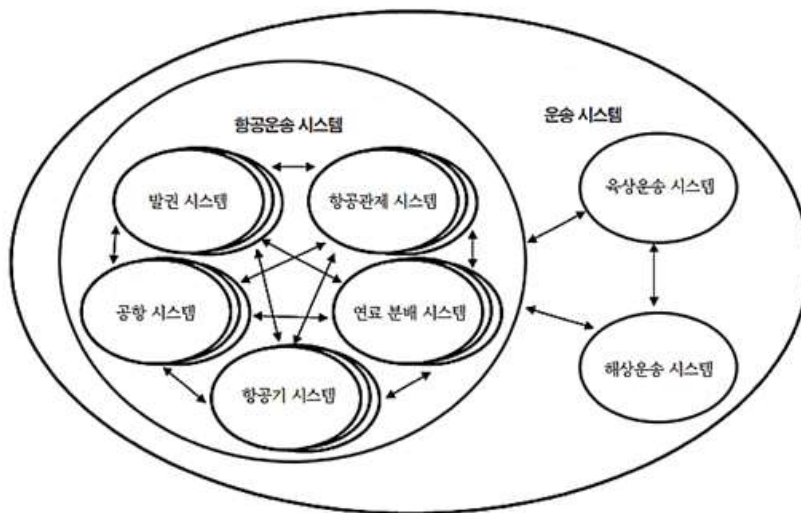
- 전자파 적합성 기술기준 개발을 위하여 관계부처, 이해관계자들이 참여하는 EMC 기준전문위원회 및 소위원회 운영 지원
- 국립전파연구원에서 구성한 EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회, 특별연구반 등에 대한 운영을 지원
 - 국립전파연구원의 2020년 EMC 기준전문위원회 운영계획에 따라 관계부처, 이해관계자들이 참여하는 EMC 기준전문위원회 및 소위원회, 특별연구반을 구성 운영
- 각 위원회 및 연구반에 전자파 적합성 전문가 1인 이상을 배치하고 회의 장소 선정, 회의 소집을 위한 사전 준비, 회의 개최, 회의록 등 자료 정리 및 배포, 전자파 적합성 측정 분석 참여 등의 업무를 수행
 - 회의 및 워크숍을 통한 기술기준안 및 표준안에 대한 검토 및 자문 지원
 - 산업체 의견을 반영하는 창구 역할을 수행하여 실효적 기술기준 제·개정(안) 마련 지원
 - 국제 표준화 문서 검토, 의견서 개발 및 국내 대응 방안 지원
 - 신규 기준 도입에 대한 국외 동향을 분석하고 산업체의 의견 수렴 지원
- 각 회의 및 전자파 측정 참석 수당, 회의장 임대료, 다과, 회의에 따른 식비 등 위원회 운영에 필요한 경비를 처리
- 용역 수행하면서 필요시 전자파 안전관리 가이드라인 적용·검증 및 기술자 교육 양성에 필요한 연구반 회의 및 측정 운영을 지원

- EMC 기준전문위원회, 소위원회, 연구반 운영 상황, 각종 회의 및 측정결과, EMC 기술 동향 등을 정리하여 보고서 형태로 국립전파 연구원에 제출

제 2 장 전자파적합성 안전관리 대상 시설

제 1 절 복합설비의 정의

복합설비란 하나 이상의 장비 혹은 시스템이 여러 개 존재하여 관리상, 운영상 독립적인 시스템을 구성요소로 하는 대상 시스템이며, 다수의 구성 시스템들이 서로 연계/통합 운영되는 설비로 정의한다. [그림 2-1]에 복합설비의 구성 예를 보인다.



[그림 2-1] 복합설비 구성 예

우리 생활 주변에는 다양한 종류와 형태의 복합시설들이 설치, 운영되고 있으며 이러한 시설들을 통해 많은 생활의 편리함을 누리고 있다. 복합시설에 대한 다양한 기능 구현과 성능 개선이 요구됨에 따라 새로운 제품과 시스템, 첨단 기술들이 결합 되어 더욱 새롭고, 개선된 복합시설이 구축되고 있다.

그러나 복합시설을 구성하고 있는 각종 장비 혹은 시스템들이 개별적으로 전자파 적합성 인증을 받은 기기들로 구성되어 있다 하더라도 [그림 2-1]과 같이 내부 기기 및 시스템 간 또는 외부시스템 등 다양한 경로의 연결 구조로 시스템화 되어있어 새로운 형태의 전자파 결합과 간섭을 통하여 EMC 문제를 발생시킬 수 있는 요소를 가지고 있으므로 제품 레벨 이상의

전자파 적합성 수준을 요구하고 있다. 또한, 일단 설치된 시설에 대해서는 수정 및 보완이 매우 어려우므로 시설 설계 단계(혹은 요구사항 정의단계)에서 전자파 적합성을 고려한 설치 기법과 전자파 저감 기술 등을 반영하여 설치할 필요가 있다.

이에 따라 기기들이 복합적으로 설치되는 환경을 고려하여 전자파를 안전하게 관리하기 위한 제도들이 국내·외에서 연구되고 있다. 유럽의 경우 '07년부터 복합적으로 설치되는 고정설비에 대해서는 전자파 엔지니어링을 실시토록 권고하고 있으며, 우리나라도 복합설비의 전자파 안전을 확보하기 위한 방안 연구를 추진하고 이를 제도화하기 위한 검토 연구를 진행하고 있다.

제 2 절 복합시설로서 태양광 발전시설의 선정

1. 개 요

- 전자파 안전관리 가이드라인 실증을 위하여 금년도에 신설되는 태양광 발전시설을 조사하고 안전관리 대상에 부합한 시설을 실증 대상으로 선정하였다.

2. 주요 검토사항

실증 대상의 태양광 발전시설을 선정하기 위한 주요 항목은 다음과 같다.

- ① 다수의 인버터(발전용량↑)를 사용한 시설
- ② 스트링형 인버터 방식
- ③ 설계부터 시공까지 전체 과정을 검증할 수 있는 일정
- ④ 설치 위치 (도심, 부도심, 교외)에 대한 환경조건
- ⑤ 가이드라인 적용 전·후를 비교할 수 있는 시설

3. 대상시설 후보지 비교

검토 항목에 대한 태양광 발전 후보시설 비교 결과를 <표 2-1>에 나타낸다.

<표 2-1> 대상시설 후보지 비교

후보지 \ 항목	①	②	③	④	⑤
스윙에너지	○	○	○	○	○
현대솔라에너지	○	○	○	△	△
유지에스	△	○	○	△	○
탐솔라	○	○	×	△	△
솔라플레이	○	×	×	△	△

4. 후보지 선정 검토

■ (대상시설) <표 2-1>에 따라 주요 항목을 고려한 결과 3개 사이트(스윙에너지, 현대솔라에너지, 유지에스)를 후보지로 검토하였다.

■ (후보지 선정 제안)

- 가장 적합한 후보지를 선정하기 위해 <표 2-2>와 같이 설계부터 시운전까지 가이드라인 적용·검증 가능(현재 설계 단계), 다수의 인버터 적용, 발전용량, 주변 전파환경, 비교 가능 시설 유/무 등을 고려하였다.
- <표 2-2>로부터 스윙에너지(스윙캐슬) 태양광 발전 시설을 우선 가이드라인 적용 대상으로 선정하였다. [그림 2-2] 및 [그림 2-3]에 스윙캐슬 태양광 발전설비 위치와 전면도를 각각 나타내었다.

<표 2-2> 후보지별 세부 내역 비교

	발전용량	인버터방식	시공 시기	주변환경	위치
스윙에너지*	2.2 MW	스트링형	7월 예정	군부대**, 민가 등	강원도 철원군
현대솔라에너지	1.5 MW	스트링형	7월, 8월 예정	민가, 논밭 등	전북 임실군
유지예스*	0.4 MW	스트링형	7월초 예정	농가, 논밭 등	경북 안동시
탑솔라	1 MW	스트링형	6월 초시공	민가, 논밭 등	전북 익산시
솔라플레이	1 MW	센트럴형	9월 예정	민가, 논밭 등	경기 연천군
탑선	-	-	계획 없음	-	-
파루	-	-	계획 없음	-	-

* 스윙에너지, 유지예스는 유사 태양광발전시설이 있어 가이드라인 적용 유/무 비교 가능

** 스윙에너지는 1km 반경 내에 군부대 및 생활 주파수 등 전파 이용 (철원군 무선국수 3,085개)이 많은 곳임

※ 9월 ~ 11월 시공 및 완료 시설의 경우 본 과제 일정에 적합하지 않음

※ 태양광 발전시설의 경우 대용량 설비는 도심과 부도심보다는 교외에 많이 설치함



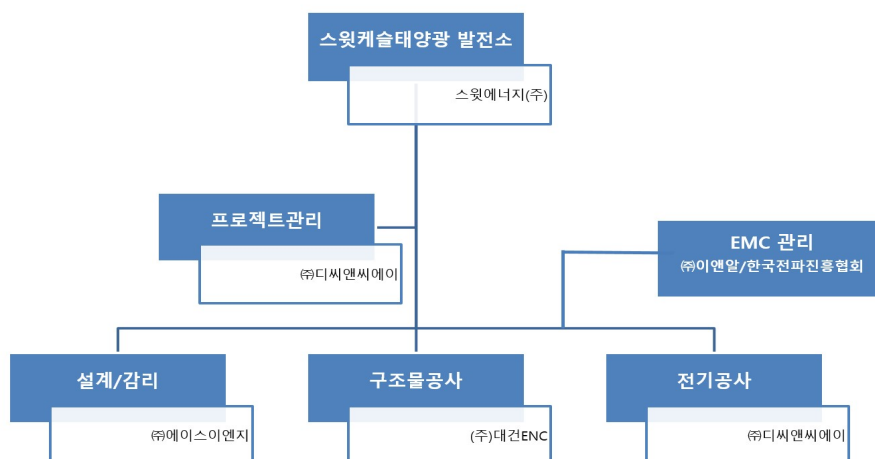
[그림 2-2] 스윙캐슬 태양광 발전설비 위치



[그림 2-3] 스위트캐슬 태양광 발전설비 전면도

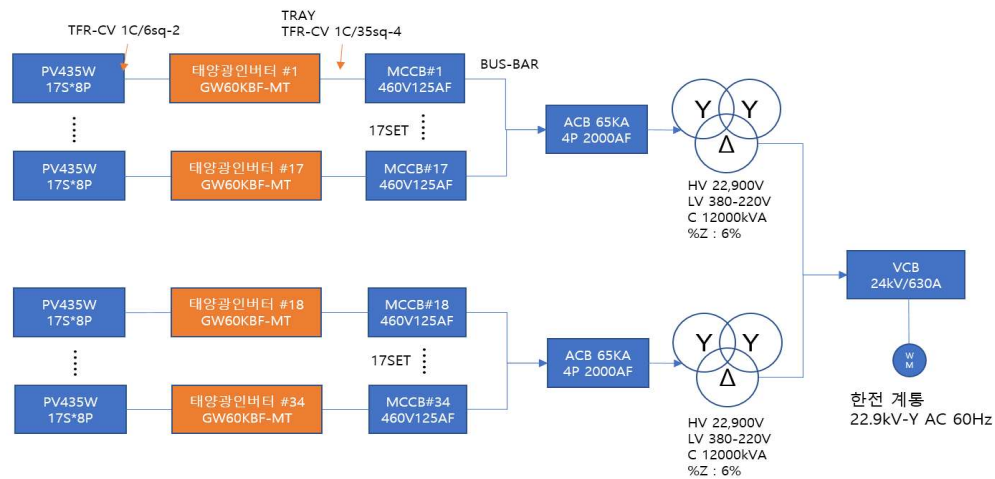
제 3 절 태양광 발전설비 구성 및 현황

태양광 발전설비는 [그림 2-4]와 같이 설계/감리, 구조물공사 및 전기공사의 6개 분야로 구분되어 구성되며, 이장에서는 핵심적인 기능을 수행하는 태양광 발전 시스템에 대한 범위와 이들의 주요 시스템에 대해 개략적으로 기술하였다.



[그림 2-4] 수행조직도

[그림 2-5]는 전자과 안전관리 대상 태양광 발전시설에 대한 전체 설비 구성도이다. 태양광 모듈(패널)을 시작으로 인버터로 전력변환 후 최종적으로 한전의 22.9 kV로 계통 연결된다.



[그림 2-5] 태양광발전시설 전체 설비 구성도

제 3 장 태양광 시스템 EMC

제 1 절 전자기 환경

전자기 환경(EME; Electromagnetic Environment)은 다음과 같이 정의될 수 있다. 즉 전자기 환경은 특정 위치에 존재하는 모든 전자기 현상의 총합으로 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 고려하는 위치에서 간섭원과 수량을 나열하고 특성화
- 설비의 특성을 나열하고 특성화
- 가능하고 실현될 수 있는 EMC 측정 문서
- EMC 관련 비전도 환경조건 (예 : 습도, 마찰 전기)의 목록 및 특성.

이 환경에서의 전자 장치는 어떤 측정으로 환경에 부담을 주지 않으면서 지정된 대로 작동해야 한다.

전자기 간섭 (EMI) 소스는 여러 범주로 분류할 수 있다[1]. 이러한 분류는 소스 (자연 또는 인공), 광대역 또는 협대역 소스, 코히어런트(coherent) 또는 인코히어런트(incoherent) 소스, 또는 여러 다른 카테고리에 따라 수행될 수 있다. EME는 특히 모든 태양광 시설, PV (Photovoltaic) 시스템에 대해 분석해야 한다. [그림 3-1]은 그리드(grid) 연결 PV 시스템과 전자기 환경 사이의 잠재적 커플링(coupling) 경로에 대한 개요를 제공한다. 환경으로부터의 전자기 간섭은 여러 경로에서 PV 시스템에 결합 될 수 있다.

[PV 시스템의 AC side]

인공 및 자연 소스에 의해 발생된 전도성 저주파 및 고주파 교란(disturbances)은 공공 및 주전원(public mains)의 AC 케이블을 통해 PV 시스템에 결합된다.

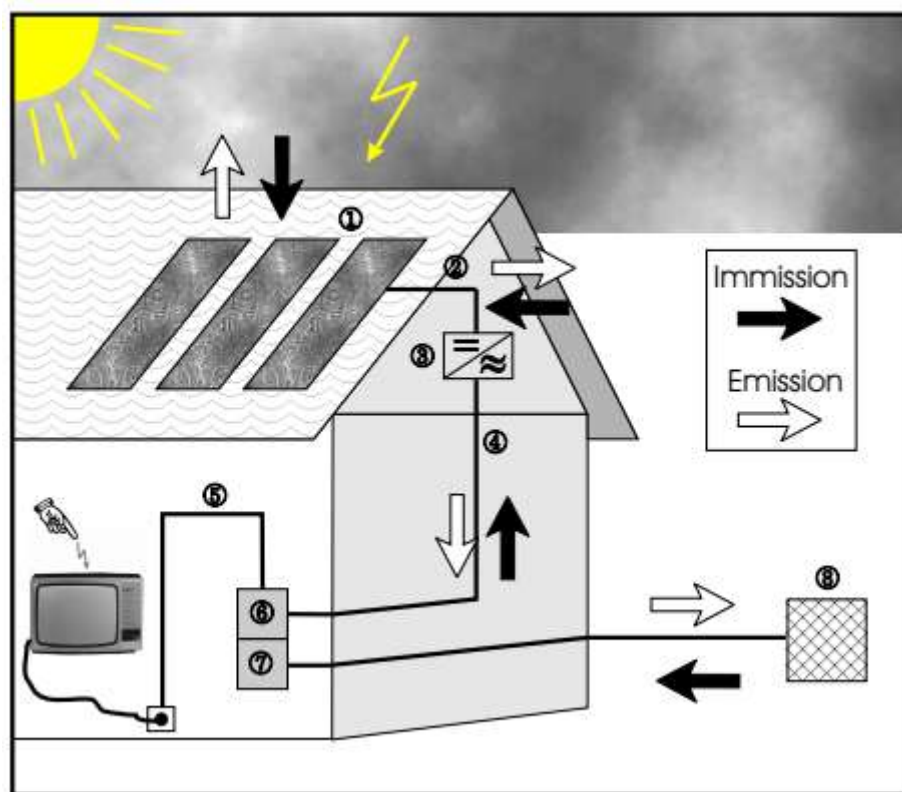
[PV 시스템의 DC side]

높은 전류로 인해 번개(lightning)는 PV 모듈 내부, PV 스트링 및 어레이 케이블 (유도 결합)의 루프를 통해 인버터의 DC 측에 과전압이 발생하여

과도 교란 신호가 발생할 수 있다. 직접 스트로크(strokes)는 PV 발전기 및 인버터를 손상시킬 수 있다. 이러한 영향은 위치에 따라 다르다.

[방사 결합]

(유도성 커플링과 달리) 전자기 방사에 의한 PV 시스템의 손상은 거의 없다. 다른 방법으로, 즉 통신 전자 장치에서 인버터에서 발생된 방사성 교란 신호의 영향이 더 중요하다.



[그림 3-1] EME와 PV 시스템간의 커플링.

1: PV 발전기, 2: DC 케이블, 3: 인버터, 4: AC 케이블, 5: 부하회로, 6: 서브회로
분배보드 및 미터기, 7: 서비스 박스, 8. 주전원

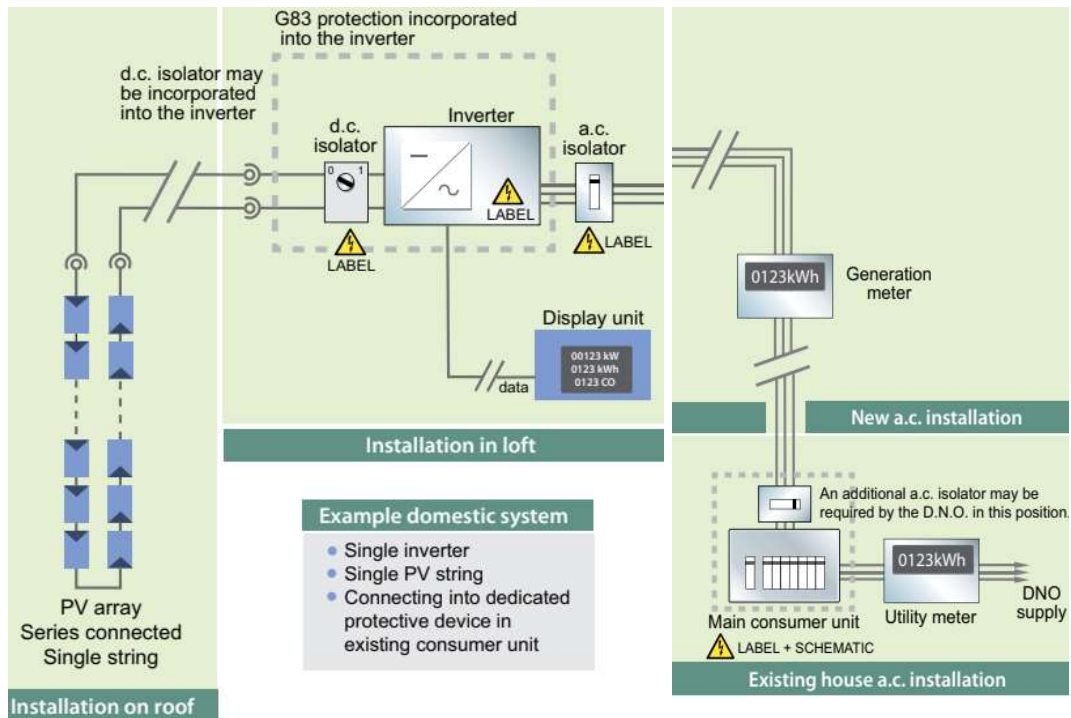
태양광 시스템의 전자기 호환성 (EMC)을 보장하기 위해서는 EMC 시스템 분석의 개별 단계를 설명하는 가이드라인이 필요하다. 불행히도, 일반적으로 태양광 시스템의 EMC는 유럽 EMC 표준에 포함되어 있지 않다. 그러나 군 표준에는 시스템 EMC와 관련된 가이드라인이 포함되어 있다. 군 시스템용 EMC를 PV 시스템에 보장하기 위해 군 표준 VG 95 374에 설명된 절차를 적용했다.

송수신기 없는 일반 상용 프로젝트 및 시스템의 경우 VG 95 374의 절차를 단순화 할 수 있다. PV 시스템에서는 주파수 및 레벨 체계를 고려할 필요가 없지만, 규정과 품질 보증이 매우 중요한 군 프로젝트에는 서로 다른 단계와 계획으로 엄격히 구분하는 것이 유용할 수 있다. 그러나 민간 연구 프로젝트에서는 너무 많은 규정이 과학 연구에 장애가 되고 있다. 따라서 VG 95 374의 공식 절차를 모든 세부 사항에서 따를 필요는 없다.

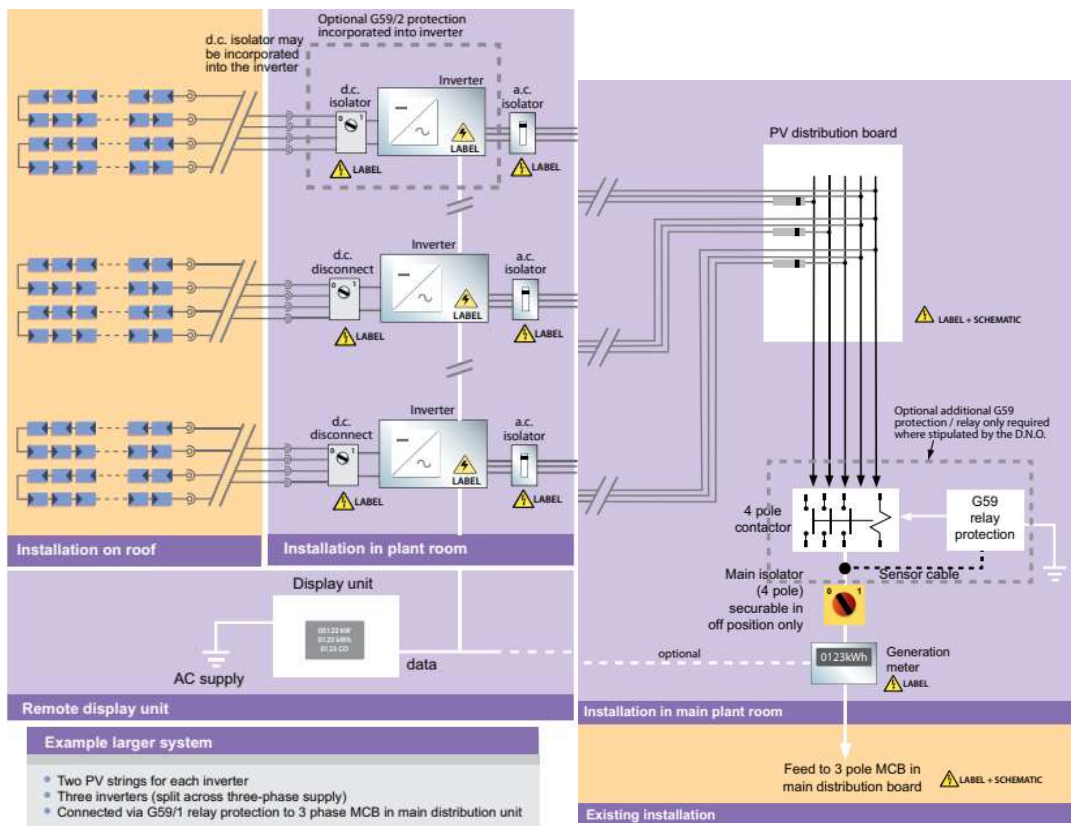
EMC 분석은 영향 매트릭스(influence matrix)를 만드는 것으로 시작한다. 이를 위해 시스템과 환경의 모든 구성요소는 잠재적인 간섭원과 싱크(sink)로 나뉘며, 그다음 영향을 받는 매트릭스로 배열되며 호환되는 장치와 호환되지 않는 장치 조합이 각각 선과 열의 교차점에 표시된다. PV 시스템에 영향 매트릭스를 설정할 때 활성 장치 (PV 인버터 및 배터리 충전 레귤레이터)만이 잠재적인 간섭원이라는 것이 분명하다. 그러나 번개로 인한 과도 장애 신호는 DC 케이블 및 PV 발전기에서 유도될 수 있으므로 이러한 장치는 가상 간섭 원으로 표시될 수 있다. 영향 매트릭스를 사용하면 모든 간섭 경로를 고려해야 한다[2].

제 2 절 시스템 구성도

[그림 3-2] 및 [그림 3-3]에 태양광 시스템의 두 가지 주요 구성도, 단상(single phase)과 3상(three phase) 레이아웃(layout)을 보인다[3].



[그림 3-2] 단상 레이아웃



[그림 3-3] 3상 레이아웃

제 3 절 EMC 시스템 인증 및 승인

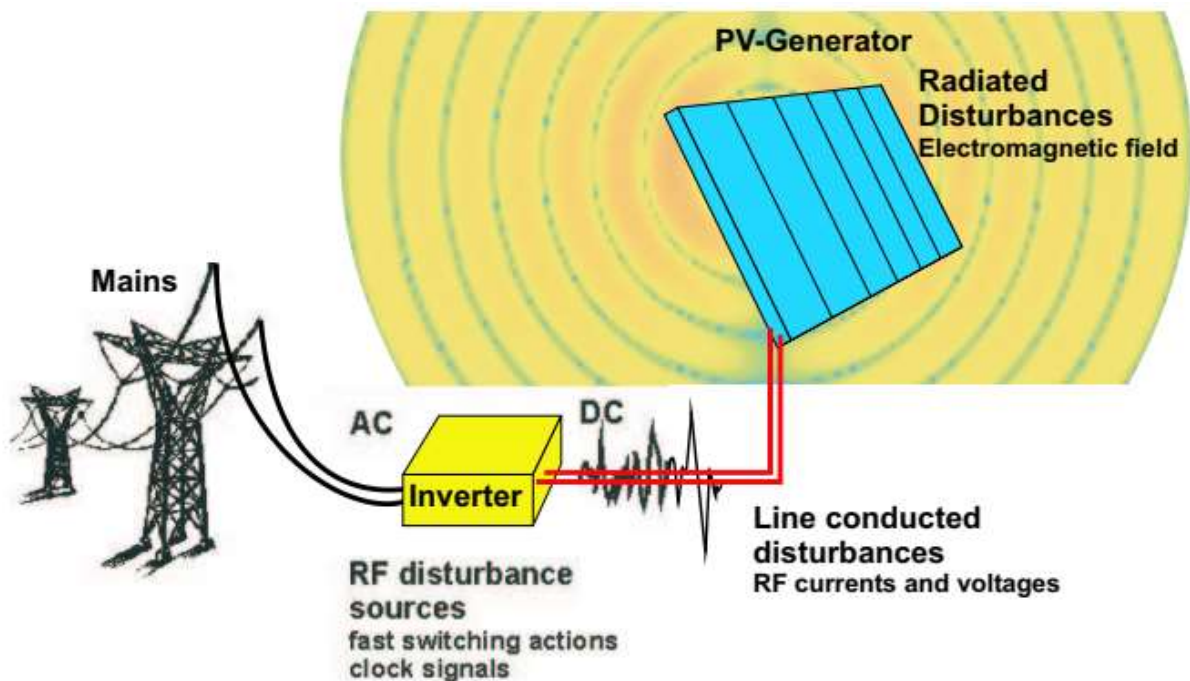
1. 개요

주요 목표는 EMC(Electromagnetic Compatibility) 측면에서 PV 시스템의 완전한 검증 및 개선을 수행하는 것이다. PV 시스템의 전자기 호환성은 PV 시스템 근처에서 다른 전자 장비의 방해 없는 작동을 보장해야 한다. DC 측의 경우 DC 라인의 RF 방해 전류가 전자기장을 생성하기 때문에 복사 방해를 통한 간섭이 가장 중요하다. 긴 DC 케이블 복사로 인해 30 MHz 미만의 주파수 범위에서도 발생한다. 이것은 복사 전자기장의 한계가 150 kHz - 30 MHz 사이의 주파수 범위에서 보증되어야 한다.

2. PV 시스템의 RF 특성

이러한 조사의 목적은 EMC 측정을 수행하기 위해 PV 발전기의 DC 라인에 연결된 컴포넌트(components)를 위한 테스트 적용 개발의 기초를 형성하는 것이다. DC 라인의 전압 측정 테스트 절차는 기존 표준에서 처리되는 AC 라인 방법과 동일하다.

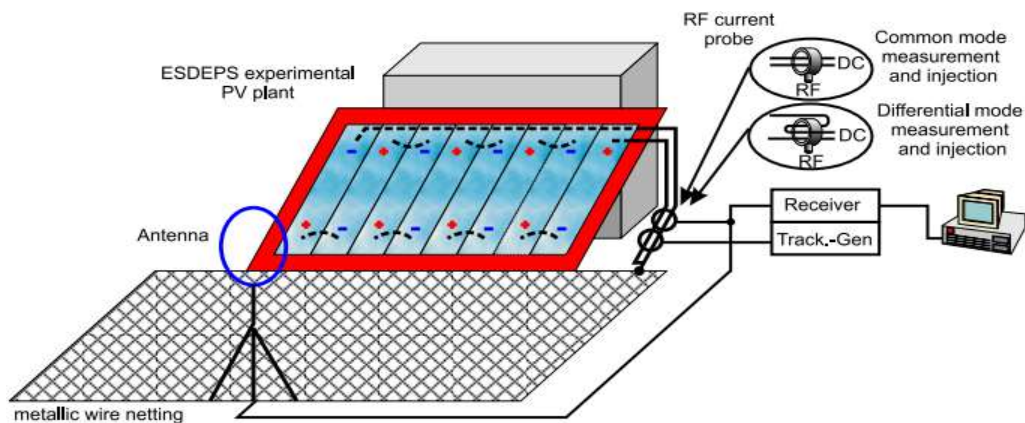
[그림 3-4]는 DC 측에서의 간섭 전파, 즉 스위칭 동작 및 클럭 신호로 인해 인버터에서 RF 교란이 발생하는 물리적 프로세스를 보여주며, DC 라인을 따라 각각 전압과 전류로 전파하게 된다. DC 라인은 수십 미터 이상일 수 있으므로 인덕턴스로 작용한다. PV 발전기는 모듈의 넓은 면적으로 인한 커패시터로 작용한다. 둘 다 모두 여러 주파수에 대한 공진 회로를 구성하게 된다. DC 라인이 길고 PV 발전기가 클수록 공진 주파수는 낮아지게 되어, 케이블 생성기(cable-generator) 구성은 안테나 역할을 하게 되어 전자기장이 생성되어, 원래의 선로 유도 교란은 방사 교란으로 "변환"된다.



[그림 3-4] PV 시스템의 DC 측에서의 간섭

가. 측정 및 시뮬레이션

[그림 3-5]는 임피던스 및 안테나 계수(antenna factor) 측정을 위한 테스트 셋업(setup)을 보여준다. 전류 프로브는 트래킹(tracking) 발생기와 증폭기로 생성된 RF 신호를 PV 발전기에 주입하는 데 사용된다. 주입된 전류의 진폭은 복사 자기장과 함께 두 번째 프로브로 측정되며, PV 발전기 앞의 메쉬(mesh)는 기준 접지 역할을 한다.



[그림 3-5] 임피던스 및 안테나 계수 측정용 테스트 셋업

PV 발전기의 수치 시뮬레이션에는 CONCEPT II 소프트웨어를 사용 가능
한데, CONCEPT II는 전도성 및 유전체 구조에서 전자기장 계산을 위한 수치
시뮬레이션 패키지이다[4]. PV 발전기의 대부분의 RF 특성은 간단한 와이어
모델로 잘 설명할 수 있다.

[안테나 계수]

안테나 계수 H/V 는 복사 자기장(H) 및 공급 전압(V)간의 관계를 나타내며,
안테나 계수가 높을수록 특정 공급 전압으로 발생된 필드가 더 높아진다.
안테나 계수를 측정하기 위해, 공통 모드 또는 차동 모드 교란 신호가 각각
PV 발전기의 DC 라인에 주입된다. 그 후 안테나 계수는 3m 거리에서 측정된
RF 전압 및 자기장 강도로부터 계산될 수 있다.

[임피던스]

PV 발전기의 임피던스는 발전기의 표준화된 대체 장비가 실험실 측정을
위해 설계될 때 중요한 관심사이다. 이 대체 장비는 DC의 라인 임피던스
안정화 네트워크(DC-LISN; DC-Line Impedance Stabilization Network)이다.
가능하면 이 실험실 대체 장비에서 발전기의 실제 성능을 고려해야 한다.
그러나 LISN의 임피던스는 항상 실제 발생기 임피던스와 기술적인 측정 사
이의 절충안이라 할 수 있으며, ISET(Institut fuer Solare Energiever-
sorgungstechnik)는 PV 셀, PV 모듈 및 여러 PV 발전기에서 임피던스 측정
및 시뮬레이션을 수행해 왔다.

나. 결과

PV 시스템의 RF 특성은 많은 요소에 따라 달라지며, 이는 ISET Joule 프로
젝트 PV-EMI의 프레임 워크[5]에서 연구되었다. PV 시스템의 수치 시뮬
레이션을 통한 시스템별 조사는 Schattner의 학위논문에서 찾을 수 있으며,
ISET의 작업은 각 컴포넌트 및 시스템에서의 측정에 중점을 두었다. 이 측정을
통해 대부분 PV-EMI 그룹이 수행한 수치 시뮬레이션 결과를 확인할 수
있었다.

3. EMC 평가

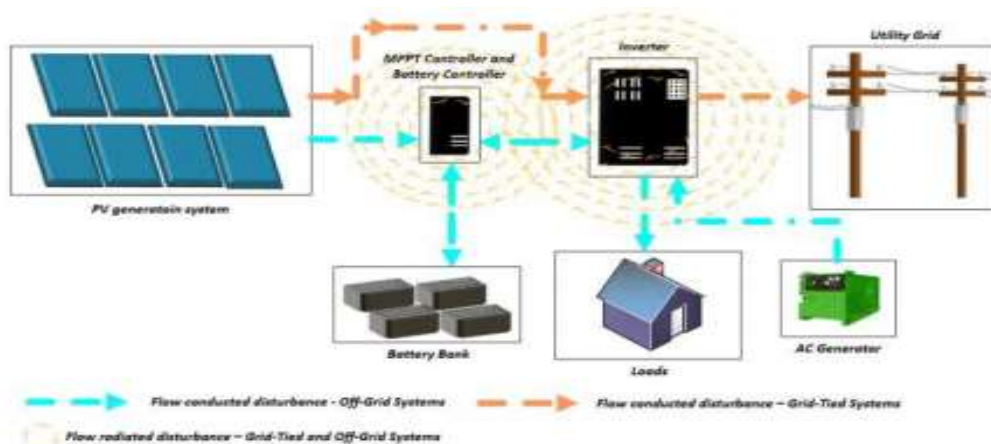
가. 개요

최근 몇 년 동안 태양 에너지가 점점 더 널리 이용되고 있으며, AC(교류) 및 DC (직류) 라인의 전자기 장애와 관련된 PV 시스템 컴포넌트의 요구 사항으로 인해 테스트 셋업 및 적용 가능한 제한과 관련하여 많은 새로운 개선 및 제안이 이루어졌다[6]. EMC 테스트 프로그램은 Grid-Tied, Off-Grid 및 Hybrid 애플리케이션을 위한 여러 PV 발전 시스템에서 개발되었으며, 그중에서도 현재 시판되는 PV 시스템 컴포넌트의 상당 부분이 가정용 장치의 한계를 초과하는 무선주파수(RF)에서 신호를 발생하는 것으로 나타났다.

간섭원은 PV 인버터의 DC 라인에 있는 무선주파수 신호이며, 이는 상당한 복사 전자기장으로 이어질 수 있다[7]. 여기서는 배출(주전원 DC 및 AC 라인에서 복사 및 전도 방해)에 관한 조사와 Grid-Tied 및 Off-Grid 애플리케이션을 위해 PV 인버터에서 수행되는 테스트를 소개한다[8].

나. Grid-Tied 및 Off-Grid

EME는 모든 PV 발전 시스템에 대해 특히 분석되어야 한다. [그림 3-6]은 하이브리드 PV 시스템과 연결된 그리드 사이의 잠재적인 커플링 경로를 개괄적으로 보여주고 있는데, Grid-Tied 및 Off-Grid의 두 가지 운영 모드에 대해 전도 및 복사 방해의 흐름을 나타내고 있다.



[그림 3-6] 하이브리드 PV 시스템 연결 그리드 간 커플링 경로

다. 기본 안테나 이론

안테나는 유도파와 자유 공간과 사이에서 또는 그 반대로 전이 장치 또는 변환기이다. 즉, 안테나는 전자기파를 전류 또는 역으로 변환한다. 안테나는 라디오의 필수 부분으로 라디오 주파수에서 전자기파를 송수신하는 데 사용되어 라디오 및 TV 방송, 라디오 통신, 휴대폰, 레이더 등에 사용되고 있다. 그러나 안테나가 항상 의도된 것은 아니며, 때로는 전기 시스템이 의도하지 않은 안테나 필드를 만들게 된다.

의도된 안테나는 정의된 전자파를 송신/수신하는 데 사용되며, 일반적인 응용 분야로서 무선 안테나, 마이크로웨이브 응용(산업, 의료, 과학) 및 전자기 센서, 프로브 등이다. 의도하지 않은 안테나에는 능동 및 수동의 두 가지 유형이 있으며, 의도하지 않은 부작용으로 전자기파가 방출되면 의도하지 않은 능동 안테나가 나타날 수 있으며, 다음 예와 같은 경우에 발생할 수 있다.

- 교류 전류로 설치된 모든 케이블;
- 장치의 화면 전도성 RF에 노출된 모든 슬롯

의도하지 않은 수동 안테나는 다음 예와 같이 전자기파의 전송 매체에서 발생하는 간섭이다.

- regular (예 : 마스트 안테나 또는 케이블 전송 라인);
- time variable (예 : 풍차 또는 헬리콥터 프로펠러);
- transitional (예 : 항공기, 미사일).

일반적으로 PV 발전 시스템은 서로 다른 토폴로지로 연결된 많은 PV 패널을 나타내며, PV 패널을 인버터와 연결하는 케이블의 길이는 수십 미터를 포함할 수 있다. 이 전류 전달 도체는 무선주파수 범위에서 의도하지 않은 능동 안테나로 작동할 수 있으며, 이러한 접근법의 경우 단순 가정이 가능하다. 이 가정은 인버터를 PV 패널에 연결하는 도체가 Beverage 안테나라고 가정한다.

전형적인 PV 발전 시스템에서 PV 패널과 인버터를 연결하는 케이블의 길이는 수백 미터이므로 가장 큰 간섭은 30-300 kHz ~ 300-3000 MHz의 주파수 범위에 있을 수 있다. 주파수와 주요 사용에 대한 일반적인 제한은 <표 3-1>에 나와 있다.

<표 3-1> 주파수 범위에 따른 응용

Name	Frequency	Principal use
ELF(Extremely Low Frequency)	3-30 Hz	Power grids
SLF(Super Low Frequency)	30-300 Hz	
ULF(Ultra Low Frequency)	300-3000 Hz	
VLf(Very Low Frequency)	3-30 kHz	Submarines
LF(Low Frequency)	30-300 kHz	Beacons
MF(Medium Frequency)	300-3000 kHz	AM broadcast
HF(High Frequency)	3-30 MHz	Shortwave broadcast
VHF(Very High Frequency)	30-300 MHz	FM, TV
UHF(Ultra High Frequency)	300-3000 MHz	LAN, cellular, GPS
SHF(Super High Frequency)	3-30 GHz	Radar, GSO, data
EHF(Extremely High Frequency)	30-300 GHz	Radar, automotive

이 간단한 접근 방식은 AM 방송, 단파 방송, FM, TV, 비콘과 같은 애플리케이션이 PV 발전 시스템에 의해 생성된 교란에 의해 간섭될 수 있음을 보여주고 있으며, 단파 방송 및 비콘에 영향을 미치는 간섭은 상선 및 항공기와 통신하는 데 사용되므로 특히 위험하다. 물론 PV 시스템이 농촌 지역에 있는 경우 이러한 장애물은 위험하지 않지만, 종종 공항과 가까워지거나 건물 지붕에 놓여 위험할 수 있다.

라. PV 시스템 컴포넌트 해석

PV 시스템에는 여러 서브 시스템, 컴포넌트 및 기타 보조 장치가 포함되어 있으며, EMC 관점에서 PV 시스템의 주요 장치는 PV 셀, 인버터, 배터리 컨트롤러 및 케이블이다. PV 셀은 PV 패널에서 합성되고, PV 패널은 어레이로 그룹화된다. PV 발전 시스템의 DC 측은 여러 개의 스트링으로 구성되는데, 스트링은 직렬 또는 병렬로 연결된 PV 패널이라 할 수 있다. 어레이는 PV 발전 시스템 측에 있으며, 장치 출력은 인버터와 연결되어 있다. 인버터는 병렬로 연결되며, 이 구조는 AC 측 배전반에 연결되어 있다. AC 측의 스위치보드 출력은 라인 주파수 변환기에 연결된다.

PV 발전 시스템의 EMI 평가는 매우 어려운 작업으로서 먼저, AC 및 DC 측 모두를 가지면서 PV 발전 시스템의 엘리먼트(element)가 있는 등가 회로로 분석되는데, 이 회로는 EMC 문제의 원인을 보여주는 데 도움을 주게 된다 [9]. EMC 관점에서 PV 시스템의 DC 측 RF 동작은 주로 PV 발전기 시스템

커패시턴스와 DC 라인 인덕턴스의 두 가지 요소에 따라 달라진다.

스위칭 동작 및 클럭 신호로 인해 인버터에서 전자기 장애가 발생하여 DC 선을 따라 전압과 전류로 각각 전파된다. DC 라인은 수 미터 길어질 수 있으므로 인덕턴스를 가지게 되지만, PV 발전기 시스템은 PV 패널의 넓은 면적으로 인해 정전 용량을 나타내어 둘 다 여러 주파수에 대한 공진 회로를 생성하게 된다. DC 라인이 길고 PV 발전기 시스템이 클수록 공진 주파수는 낮아져 케이블 제너레이터 구성은 안테나 역할을 하게 되어 전자기장은 EME에서 발생하게 된다. 즉, 원래의 선로의 유도 교란은 복사 교란으로 “변환” 된다.

PV 발전기 시스템은 PV 패널로 덮인 넓은 영역이므로 이것은 지상을 향한 커패시턴스 또는 "접지 커패시턴스"를 나타낸다. 이 정전 용량은 일반적으로 패널 크기, 지면 위의 높이 및 상대 습도와 같은 여러 요인에 따라 달라진다. 커패시턴스의 전형적인 값이 <표 3-2>에 나타나 있다.

<표 3-2> PV 시스템의 접지 커패시턴스

Conditions	Capacitance
Glass-faced panels	50 - 150nF/kW _{peak}
Thin-film panels	Up to 1μF/kW _{peak(damp environments or rainy days)}

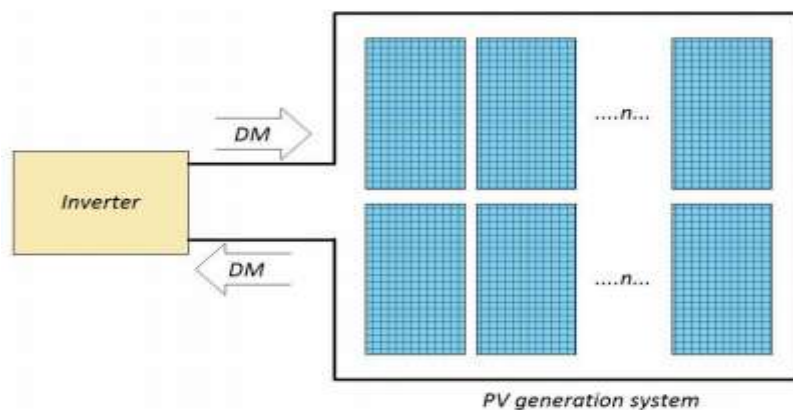
PV 발전 시스템의 크기는 일부 거주지 또는 헥타르로 확장될 수 있다. 따라서 DC 선의 길이는 최대 150m까지 길어질 수 있으며, 긴 선은 분포 (distributed) 트랜버설(transversal) 커패시턴스 효과를 증가시킨다. PV 패널의 프레임 접지는 EMC 측면뿐 만 아니라 개인 보호 및 재산 보호에도 영향을 미치기 때문에 매우 흥미로운 관심사이다. 또 다른 흥미로운 관심사는 DC 라인의 차폐이다. DC 선의 차폐는 전자기장을 크게 줄일 수 있지만, 차폐가 RF 관점에서 접지와 매우 잘 연결되어 양쪽에 접지된 경우에만 가능하다. 또한, 양쪽에 접지된 차폐 DC 라인이 최적의 낙뢰 보호를 위한 최선의 선택이다.

DC 라인의 관점에서 케이블 길이는 분포 트랜버설 커패시턴스에만 영향을

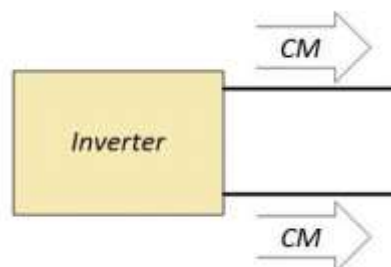
미치지 않으며, 실제로 케이블 연결은 종 방향 인덕턴스로 분포된다. 이 인덕턴스는 공진 회로의 일부라 할 수 있는데, PV 발전기 시스템은 의도하지 않은 능동 안테나와 같이 작동할 수 있기 때문이다. 방해에는 두 가지 유형, 공통 모드(CM; common mode) 방해와 차동 모드(DM; differential mode) 방해가 있다. DM 장애는 반 평행(antiparallel) 방식으로 무선주파수 전류를 유발하고, CM 장애는 무선주파수를 병렬 형태로 발생시킨다. 따라서 태양광 발전소에는 다음의 두 가지 유형의 의도하지 않은 능동(active) 안테나가 제시되어 있다.

- Beverage 안테나 (공통 모드 장애);
- 루프 안테나 (차동 모드 장애).

[그림 3-7]과 [그림 3-8]은 안테나 다이어그램과 어떻게 PV 발전기 시스템과 인버터 사이에서 DC 측을 통해 전류가 흐르는지를 보여준다.

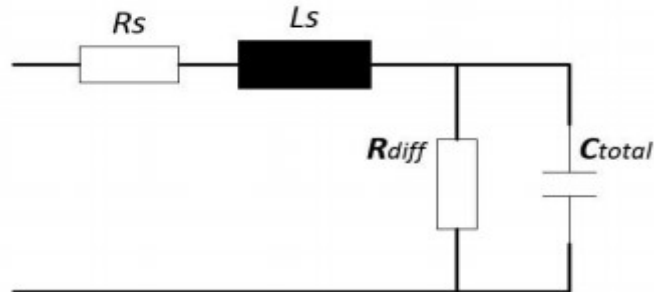


[그림 3-7] DM 모드 PV 시스템 안테나 방법



[그림 3-8] CM 모드 PV 시스템 안테나 방법

PV 발전기 시스템의 DM 전압에 의해 발생된 전자기장을 결정하려면 태양 전지의 등가 회로가 필요하며, c-Si 셀에 대한 등가 회로는 [그림 3-9]에 나타내었다.



[그림 3-9] c-Si PV 셀의 등가 회로

등가 회로의 저항과 커패시터의 값은 셀의 파라미터에 따라 다르다. 인덕턴스 L_s 는 주로 셀 연결 구조에 의해 결정되며, R_s 엘리먼트 $R_{diff} \parallel C$ 의 임피던스는 여러 요소(factor), 즉 셀의 전압, 태양 복사, 온도 및 주파수 등에 따라 다르다. 100 cm^2 셀의 경우 직렬 저항은 일정하며 일반적으로 약 10m 오옴이다. 350 - 450 mV 사이의 셀 전압, 500 - 1000 W/m^2 사이의 조사(irradiation), 주파수 약 100 kHz 및 30 - 75°C 사이의 온도에서 $R_{diff} \parallel C$ 는 <표 3-3>에 나와 있다.

<표 3-3> 비접지 시스템의 커패시턴스

Conditions	f = 100kHz
C_{total}	$10\mu F$
R_{diff}	10..400mOhm

$R_{diff} \parallel C$ 엘리먼트의 임피던스는 주파수 증가에 따라 감소하므로 150 kHz - 30 MHz의 주파수 범위에서는 직렬 저항과 인덕턴스만 고려할 수 있다. 이 주파수 범위에 대한 태양 전지의 등가 회로는 [그림 3-10]에 나타내었다.



[그림 3-10] 150 kHz - 30 MHz 주파수 범위에서의 PV 등가 회로

초고속 PWM 인버터 출력 전압(위상 폭 변조, PWM)에 의해 생성된 변형은 EMC 범주의 여러 문제 원인으로 작용한다. 태양광 발전 시스템에서 인버터에 의해 생성된 공통 모드 전압은 시스템 장치의 모든 커패시턴스를 접지로 자극하여 다른 경로에서 바람직하지 않은 고주파 전류를 생성하게 된다. 이러한 전류는 다른 문제 중에서도 전자기 간섭이 발생할 수 있으며, 이러한 전류를 갖는 루프를 통해 다음 장치들간에 용량성 결합을 포함하게 된다 :

- ① 태양 셀과 해당 모듈 프레임; ② 케이블 위상 전도체와 트레이 또는 금속 튜브 및 해당 모듈 프레임; ③ 변압기의 내부 부품과 필터 및 프레임; ④ 내부 인버터 장치와 접지 방열판.

EMI 발생의 많은 원인으로 PWM 전략, 기생 엘리먼트, 시스템의 커플링, 인쇄 회로 기판(PCB) 등이다. 운영 원리에 따라 3가지 범주의 PV 인버터가 있다.

[Off-grid 인버터]

배터리에 저장된 DC 전원을 AC 전원으로 변환하는 데 사용할 수 있으며, 이러한 응용 분야에서는 배터리의 충전 전원공급을 제어하기 위해 채택 (adoption) 배터리 컨트롤러가 필요하다. 전달되는 출력 파형에 따라 off-grid 인버터는 구형파, 수정된 구형파 및 사인파의 세 가지 등급에 속한다.

[Grid-tied 인버터]

PV 발전기의 DC 전원 출력을 가정용 AC 전원으로 변환하거나 유틸리티 그리드에 판매하는 데 사용되는데, 이때 그리드와 같은 위상에 순수한 사인파를 전달해야 한다. 이 유형의 인버터가 있는 전원 시스템은 그리드를 축전지로 사용하고 있다.

[하이브리드 인버터]

두 기능 Off-Grid 인버터와 Grid-Tied 인버터로 동시에 운영할 수 있으며, 유틸리티에 초과 전력을 판매 할 수 있으며 계통 정전시 배터리 전원을 대기 전원으로 유지할 수 있다. 전형적인 구성으로, 하이브리드 인버터는 배터리 뱅크(bank), 유틸리티 전력선, 대기 발전기 및 주택 로드(load) 센터에 연결된다.

마. EMC 측정 셋업

브라질에서는 Grid-Tied, Off-Grid 및 하이브리드 응용을 고려하여 여러 PV 생성 시스템에서 EMC 종합 테스트가 수행되었으며, 다음과 같은 전자기 장애 범주를 확인할 수 있었다.

[복사 장애]

복사 장애 평가와 관련하여 결과는 신뢰할 수 없으므로(실제 상황에서는 간섭 수준은 케이블, 장비 및 / 또는 근처에 다른 장비의 다른 배열에 의해 크게 변한다) 일반적인 규칙 계산(시뮬레이션)은 권장되지 않는다. 따라서 복사 장애를 평가하는 유일한 수단은 측정을 통해서 수행되어야 한다.

[전도 장애]

AC 주전원을 통한 인버터의 Galvanic 커플링도 문제를 일으킬 수 있으므로 EMC 필터를 사용하여 전도 장애를 줄이고 동일한 AC 주전원으로 구동되는 다른 장비를 깨끗하게 운영할 수 있다. 필터를 인버터에 최대한 가깝게 배치하고 고품질 접지 연결을 유지해야 한다. 브라질의 방사 한계에 대한 복사 및 전도 장애에 의해 발생된 CM 및 DM 노이즈를 더 조사하기 위해 CISPR 22 및 442 ANATEL 표준에 따라 CPqD Campinas의 반무향실 (semi-anechoic chamber)에서 EMI 측정을 수행했다[8]. 표준 CISPR 22는 데이터 처리 장비, 사무기기, 전자 비즈니스 및 통신장비 등에서 무선 간섭을 피하기 위해 무선 교란 방사 및 측정방법에 대한 요구사항을 규정하고 있다.

수행된 측정은 주로 가정에서 사용하기 위한 클래스 B를 고려한 것이며 다음을 포함한다.

- 고정된 사용 장소가 없는 장비 : 휴대용 및 통신 단말장치 및 개인용 컴퓨터;
- 라디오 및 TV 수신기 사용이 전자기 장애 발생 장치에서 10m 거리에 있는 가정환경

무선주파수 방사 측정에서 일반적으로 사용되는 검출기에는 피크, 준피크 (quasi -peak) 및 평균의 세 가지 유형이 있다. 피크 검출기는 신호의 피크

값에 거의 즉각적으로 반응하여 방전된다. 수신기가 단일 주파수에 상주하는 경우, 피크 검출기의 출력은 신호 포락선(연속 피크 값으로 형성된 겉보기 윤곽 신호)을 따르며, 피크 검출기는 매우 빠른 응답을 가지므로 진단 및 신속한 테스트에 적합하다. 그 값은 다음 그림에서(전도성 노이즈 테스트)는 파란색으로 표시된다. 준피크 검출기는 적당한 충전 및 방전 시간을 갖는 피크 검출기이며, 다음과 같은 일반 용도로 설계 및 권장된다. CISPR은 피크 검출기 시간 상수의 가중치를 가짐으로써 EMI 수신기의 판독 값과 사람의 귀가 듣는 전송 장애 사이에 더 나은 상관관계가 있음을 발견했다. 그 값은 다음 그림에서(전도성 노이즈 테스트)는 녹색으로 표시된다.

표준 442 ANATEL은 필수 인증 대상 장비에 적용되는 전자기 간섭 방사 기준을 규정하고 있다. 무선 스펙트럼을 사용하는 장비의 경우 전자파 간섭 복사성 방출에 대한 기준이 이 표준에 설명되어 있으며 특정 기준이 없는 경우에 적용된다. 전자기 간섭 기준에 대한 내성은 통신 제품으로 분류된 장비에 적용된다.

측정은 카테고리 I 및 카테고리 II를 고려하여 수행되었다[8].

- 범주 I : 일반 대중이 공동 관심 통신 서비스에 액세스하기 위해 사용하는 장비 및 터미널
- 범주 II : 범주 I 정의에 포함되지 않지만, 안테나 및 무선 장비를 포함한 무선스펙트럼을 사용하는 장비

전도성 EMI 노이즈의 측정은 CISPR 22 및 442 ANATEL 표준에 따라 다음 장비를 사용하여 수행되었다.

- 전류원 및 DC 전압원
- 하드웨어 설치 : CE 8126 Schuko SN 457
- 측정 유형 : 2 라인 LISN
- 제한 라인 # 1 : 442 ANATEL - 주전원 전압 QP - 클래스 B
- 제한 라인 # 2 : 442 ANATEL - 전원 AV의 전압 - 클래스 B
- 주파수 범위 : 150 kHz - 30 MHz
- 그래픽 레벨 범위 : 0 dB μ V - 80 dB μ V

복사성 EMI 노이즈 측정은 CISPR 22 및 442 ANATEL 표준에 따라 다음 장비를 사용하여 수행되었다.

- 전류원 및 DC 전압원;
- 하드웨어 셋업 : EMI 복사 \ RE3m - PF1 - [EMI 복사];
- biconilog 안테나 및 안테나 타워 : EMCO 2090 안테나 타워 [EMCO 2090 안테나 타워] @ GPIB0 (ADR 8);
- 주파수 범위 : 30 MHz - 1 GHz;
- 그래픽 레벨 범위 : 10 dB μ V/m - 55 dB μ V/m.

바. 분석 및 평가

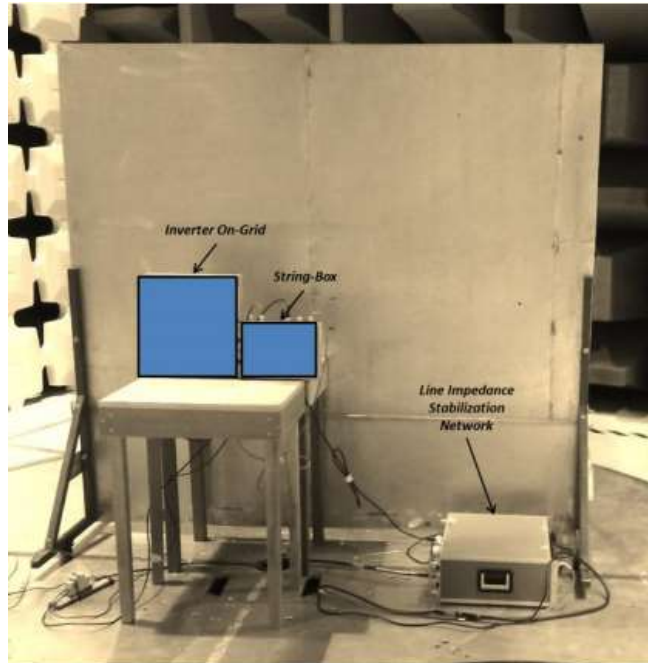
Grid-Tied 및 Off-Grid 운영조건에 대한 EMC 평가를 수행했다[8].

[Grid-Tied]

Grid-Tied 셋업은 하나의 인버터와 하나의 스트링 박스(string-box)로 수행되었으며, <표 3-4>와 [그림 3-12]은 각각 규격 및 측정 장치를 보여준다.

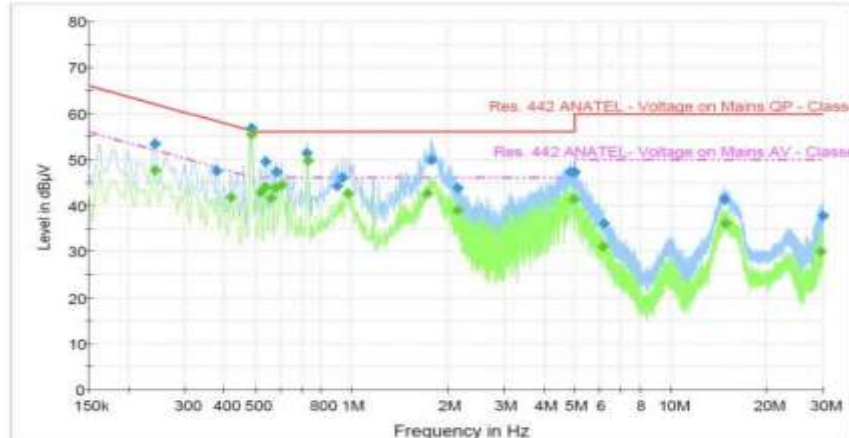
<표 3-4> Grid-Tied 컴포넌트 규격

Inverter	
DC data	
Maximum PV power	1800 W
DC voltage operation range	125 - 400 V
DC voltage starting	125 V
DC current maximum	12 A
AC data	
AC nominal power	1500 W
Maximum CA power	1650 W
AC voltage rated input	220 V
AC current maximum	8 A
Maximum efficiency	97.0%
EMC Certifications	
EN 61000-6-1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-6-4	
String-Box	
DC side	
Fuse	1000 VDC
DC surge protection	1000 VDC
Disconnect switch	600VDC@32A
AC side	
AC surge protection	275 VAC-50kA
Disconnect switch	275 VAC@20A



[그림 3-12] Grid-Tied 셋업 장치

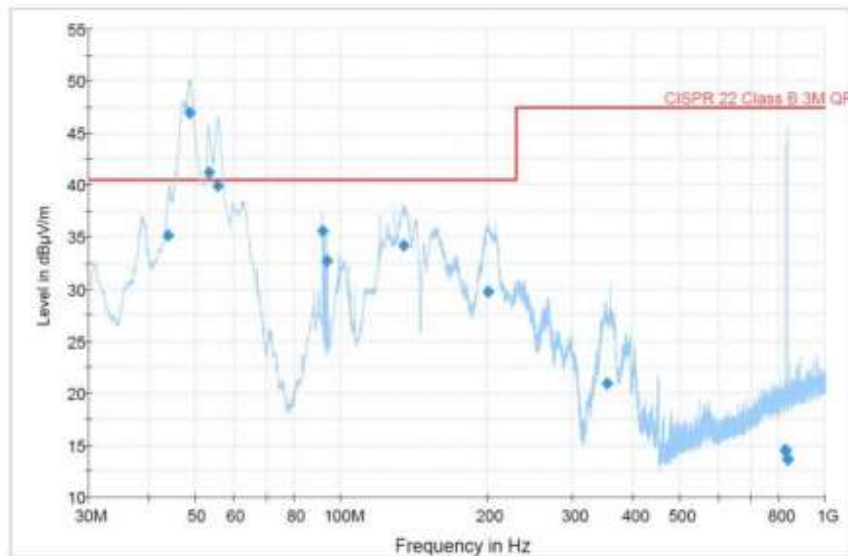
전도성 EMI 노이즈의 측정 결과가 [그림 3-13]에 나타내었다.



[그림 3-13] Grid-Tied 셋업에서 전도성 EMI 노이즈

[그림 3-13]의 그래프는 240VDC 입력 - 220VAC 출력 조건에 대한 전도성 EMI 노이즈를 나타내며, 많은 스펙트럼 주파수 대역에서 표준이 허용하는 제한 미만으로 유지되고 있다. 그러나 400 kHz ~ 500 kHz의 주파수 대역에서 일부 피크가 있어 표준 한계를 초과하고 있다. 이 셋업 장치에서의 측정은 127VDC 입력 - 220VAC 출력 및 400VDC 입력 - 220VAC 출력의

조건에서도 수행되었으며, 유사한 형태의 EMI 노이즈 측정결과를 보인다.



[그림 3-14] Grid-Tied 셋업에서 복사성 EMI 노이즈

Grid-Tied 테스트의 두 번째는 복사성 EMI 노이즈 측정이 수행되었으며, 해당 결과가 [그림 3-14]에 나타내었다.

[그림 3-14]의 그래프는 복사된 EMI 노이즈를 240VDC 입력 - 220VAC 출력 조건에서 나타내고 있으며, 노이즈는 많은 스펙트럼 주파수 대역에서 표준이 허용하는 제한 미만으로 유지되고 있다. 그러나 45 MHz ~ 58 MHz의 주파수 대역에서 일부 피크가 있으며 이는 표준의 제한 규정을 초과하고 있다. 이 셋업 장비에서의 측정은 127VDC 입력 - 220VAC 출력 및 400VDC 입력 - 220VAC 출력의 조건에서도 수행되었으며, 복사성 EMI 노이즈에 대해서도 유사한 프로파일이 관찰되었다. 특히, 이 경우 전자기 장애 펄스는 약 850 MHz의 주파수 대역에서 테스트 장소 주변의 안테나 장치에 의해 포착되었으며, 이는 측정결과에 영향을 미쳤다.

[Off-Grid]

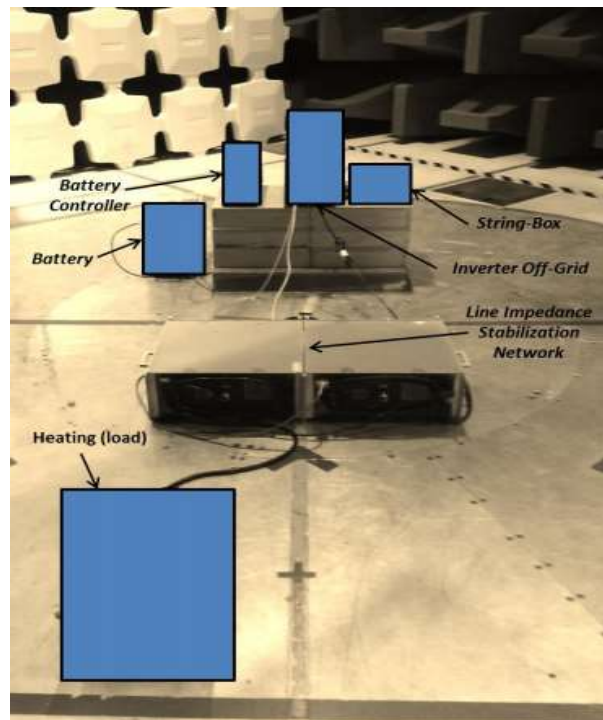
Off-Grid 셋업은 하나의 인버터, 하나의 스트링 박스, 하나의 배터리 컨트롤러, 두 개의 배터리 및 하나의 가열(부하)로 수행되었으며, <표 3-5> 및 [그림 3-15]에 각각 규격과 셋업 장치를 나타낸다.

<표 3-5> Off-Grid 컴포넌트 규격

Inverter	
DC data	
Maximum DC power	1400 W
DC voltage rated input	24 V
DC current maximum	60 A
AC data	
AC nominal power	1400 W
AC voltage	127 V
AC current maximum	60 A
Maximum efficiency	92.0 %
EMC Certifications	
Not certified	
String-Box	
DC side	
Fuse	1000 VDC
DC Surge protection	1000 VDC
Disconnect switch	600 VDC@32A
AC side	
AC Surge protection	275 VAC-50kA
Disconnect switch	275 VAC@20A
Inverter	
DC data	
Maximum PV power	1800W
DC voltage operation range	125 - 400 V
DC voltage starting	125 V
DC current maximum	12 A
AC data	
AC nominal power	1500 W
Maximum CA power	1650 W
AC voltage rated input	220 V
AC current maximum	8 A
Maximum efficiency	97.0%

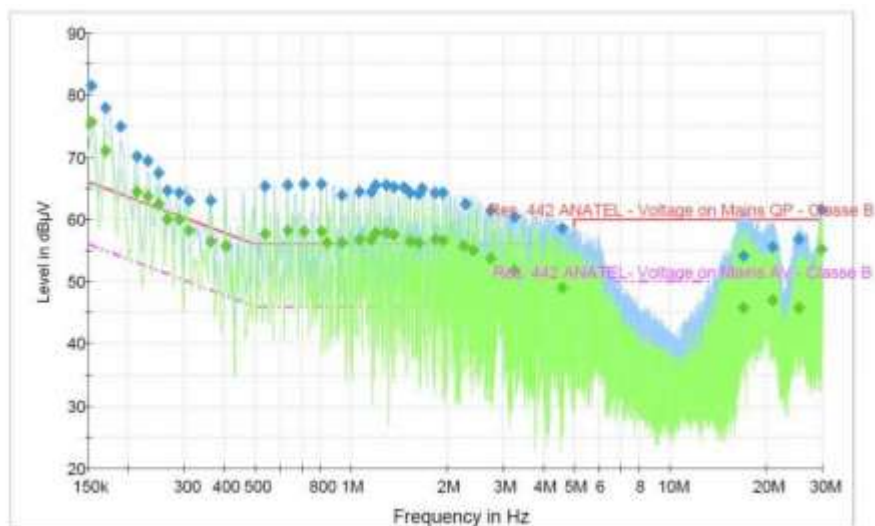
Off-Grid 셋업의 첫 번째 운영 모드는 부하에 대한 배터리 전원공급 장치를 측정하였으며, 그 결과를 [그림 3-16]에 나타내었다.

[그림 3-16]의 그래프는 배터리 전원공급 장치에서 24VDC 입력 - 127VAC 출력 조건으로 부하에 전도된 EMI 노이즈 측정 결과를 보이며, 잡음은 대부분 150 kHz ~ 5 MHz의 많은 스펙트럼 주파수 대역에서 표준 규정 제한을 초과하고 있다. 5 MHz ~ 16MHz 및 24 MHz ~ 26 MHz의 주파수 대역에서는 잡음이 표준 규정 제한 미만으로 유지된 피크도 있다.

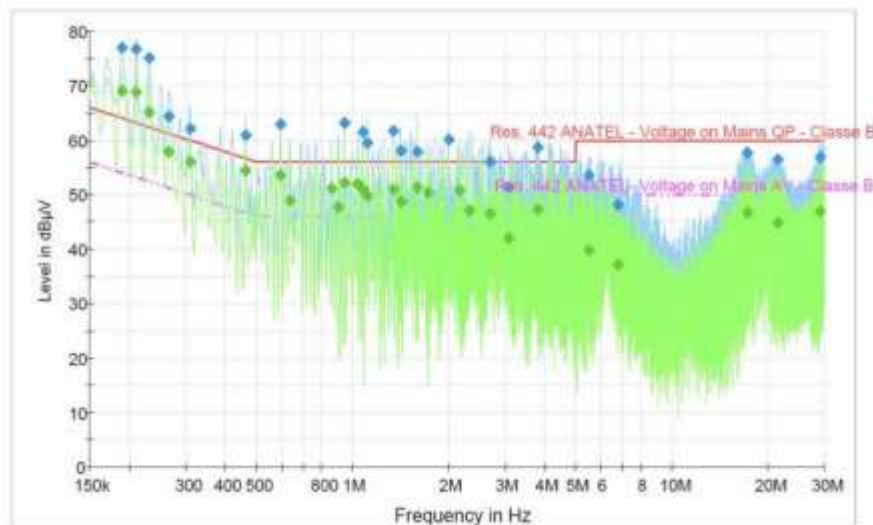


[그림 3-15] Off-Grid 셋업 장치

Off-Grid 셋업의 두 번째 운영 모드는 배터리를 충전하기 위해 전원을 공급하는 AC 발전기(AC 소스 보조)에서 측정이 수행되었으며, 그 결과를 [그림 3-17]에 나타내었다.



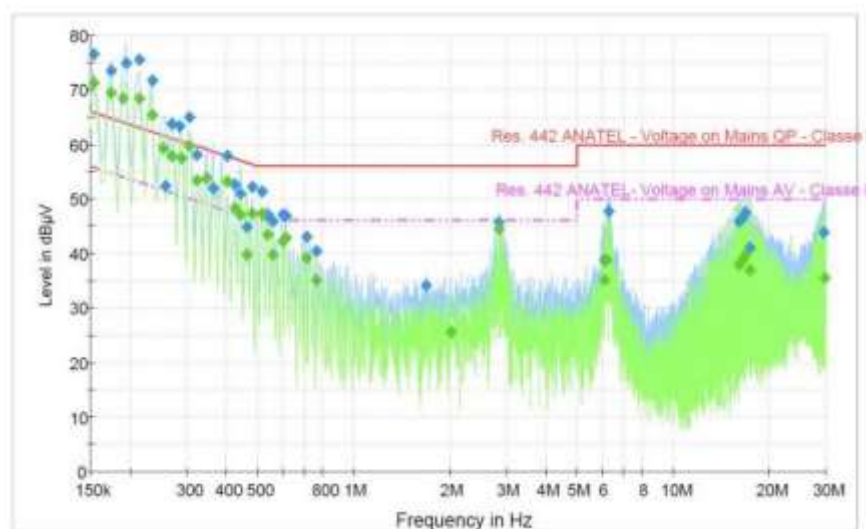
[그림 3-16] 배터리에서 전도성 EMI 노이즈



[그림 3-17] 배터리 전원 공급 AC 발전기에서 전도성 EMI 노이즈

[그림 3-17]의 그래프는 배터리를 127VAC 입력 - 24VDC 출력 상태로 재충전하기 위해 AC 발전기(AC 소스 보조) 공급 전원에서 수행된 EMI 노이즈 측정결과를 나타낸다. 잡음은 대부분 150 kHz ~ 5 MHz의 많은 스펙트럼 주파수 대역에서 표준 규정 제한을 초과하고 있으며, 5 MHz ~ 30 MHz 대역에서는 잡음이 약간의 피크가 있지만, 표준 규정 미만으로 유지되고 있다.

Off-Grid 셋업의 세 번째 운영 모드는 AC 발전기(AC 소스 보조)에서 부하로 공급되는 전원공급 장치에서 측정이 수행되었으며, 그 결과가 [그림 3-18]에 나타내었다.



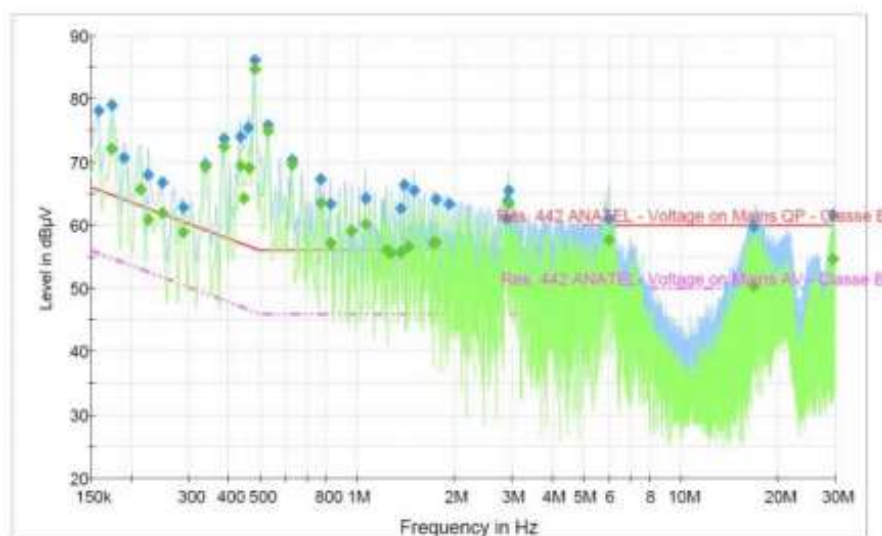
[그림 3-18] 부하 전원 공급 AC 발전기에서 전도성 EMI 노이즈

[그림 3-18]의 그래프는 AC 발전기(AC 소스 보조)가 127VAC 입력 - 127VAC 출력의 조건으로 부하로 전도되는 EMI 잡음 측정 결과를 보인다. 잡음은 스펙트럼의 낮은 주파수 대역, 주로 150 kHz에서 400 kHz까지만 표준의 규정 제한을 초과하지만, 나머지 스펙트럼 주파수 대역의 경우 노이즈가 표준 규정 제한 미만으로 유지되고 있다.

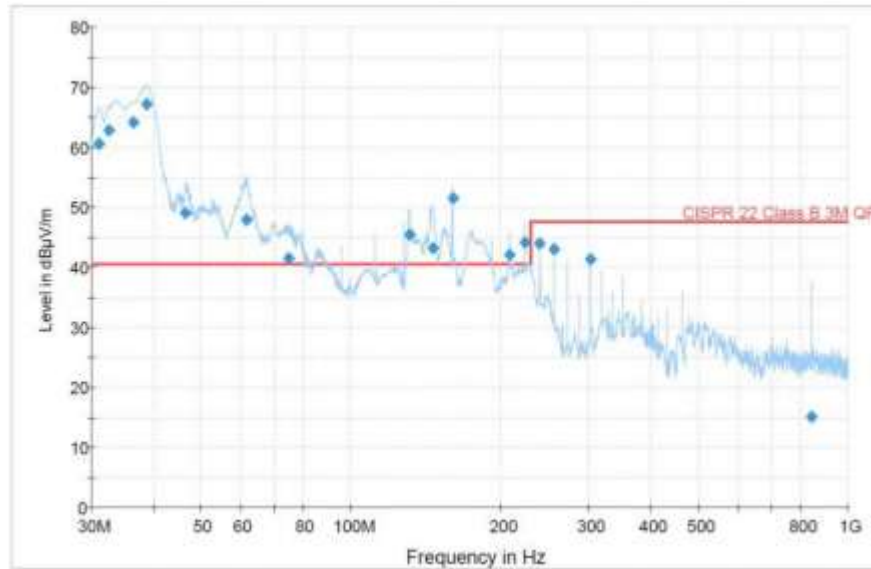
Off-Grid 셋업의 네 번째 운영 모드는 배터리에 전력을 공급하는 DC 소스와 부하에 전력을 공급하는 배터리에서 측정을 수행하였으며, 그 결과를 [그림 3-19]에 나타내었다.

[그림 3-19]의 그래프는 배터리에 대한 DC 소스 공급 전원 및 배터리가 80VDC (PV 생성 시스템) 조건, 24VDC 입력 - 127VAC 출력에서 로드엔 전원 공급하는 배터리에서 수행된 EMI 노이즈 측정 결과를 나타낸다. 잡음은 대부분 150 kHz ~ 6 MHz의 많은 스펙트럼 주파수 대역에서 표준 규정 제한을 초과하지만, 7 MHz ~ 15 MHz 및 19 MHz ~ 26 MHz의 주파수 대역에서 잡음이 표준 규정 제한 미만으로 유지된 피크가 있다. 이 셋업의 측정은 130VDC(PV 생성 시스템) 조건, 24VDC 입력 - 127VAC 출력에서도 수행되었으며, 유사한 측정결과와 EMI 노이즈를 보인다.

Off-Grid 테스트의 두 번째 측정은 복사성 EMI 노이즈 측정으로서 그 결과를 [그림 3-20]에 나타내었다.



[그림 3-19] DC 장치 및 배터리에서의 전도성 EMI 노이즈



[그림 3 - 20] Off-Grid 셋업에서 복사성 EMI 노이즈

[그림 3-20]의 그래프는 DC 소스가 배터리에 전원을 공급하고 배터리가 80VDC (PV 생성 시스템) 조건, 24VDC 입력 - 127VAC 출력에서 로드에서 전원을 공급하는 운영 모드에 대한 복사성 EMI 노이즈 측정 결과를 나타낸다. 잡음은 주로 30 MHz ~ 80 MHz 및 140 MHz ~ 190 MHz의 스펙트럼 주파수 대역에서 표준에서 허용하는 제한을 초과하였지만, 90 MHz ~ 130 MHz 및 200 MHz ~ 1 GHz의 주파수 대역에서의 잡음은 표준 규정 제한 미만으로 유지된 피크를 보인다. 이 셋업의 측정은 130VDC (PV 생성 시스템) 조건, 24VDC 입력 - 127VAC 출력에서도 수행되었으며, 복사성 EMI 노이즈 측정 결과는 유사한 프로파일이 관찰되었다. 특히, 이 경우 전자기 장애 펄스는 [그림 3-14]에서 관측된 결과와 동일하게 약 850 MHz의 주파수 대역에서 테스트 장소 주변의 안테나 장치에 의해 포착되었으며, 이는 측정결과에 영향을 미쳤다.

사. 결론

본 측정에서는 PV 생성 시스템 컴포넌트(주로 PV 인버터)에 대한 EMC의 특정 표준 및 필수 인증 제안의 중요성을 입증하기 위한 목적으로 수행되었다. Off-Grid셋업 측정 결과 전도성 EMI 노이즈가 있는 환경의 경우

150 kHz ~ 5 MHz의 주파수 스펙트럼 대역과 복사성 EMI 노이즈가 있는 환경에서는 30 MHz ~ 200 MHz의 주파수 스펙트럼 대역이 더 영향을 받는다. 특히 Off-Grid 셋업 측정 결과는 PV 인버터가 스위칭을 동작으로 노이즈의 주파수가 크게 증가할 때, 노이즈의 강도가 운영 모드에 달려 있음을 보여주고 있다. Grid-tied 셋업 측정 결과는 전도성 EMI 노이즈의 경우 400 kHz ~ 500 kHz, 복사성 EMI 노이즈의 경우 45 MHz ~ 58 MHz의 주파수 대역에서 일부 피크에서만 더 나은 결과를 보여 주고 있지만, 표준의 규정 제한을 초과하고 있다.

이 측정결과를 통해 PV 발전 시스템에 대한 인증 및 EMC 테스트를 위한 필수기준을 규정해야 할 필요성이 명백하며, 대중화 및 결과적인 구현은 종종 소규모 주거용 설치자를 위한 통합 키트의 형태로 이루어지기 때문에 종종 근처에서 간섭을 일으킬 수도 있다. 기준에는 PV 발전 시스템에서 EMC의 인증 및 표준화뿐만 아니라 라디오, TV, 3G, 4G, Wi-Fi, Bluetooth 및 다른 기기와 같은 다른 서비스에 미치는 위험성을 정확히 평가해야 한다. 규모가 큰 시설에서는 발전 전력의 크기가 훨씬 더 크고 위험 없이 동일한 작업에 대한 전체 단지의 SPDA 시스템과 통합되기 때문에 EMC 작업 수행을 통해 PV 발전시설을 개발해야 한다.

이전 분석을 고려할 때 EMC 규정에 따라 PV 발전 시스템을 설치하는 것이 무엇보다 중요하며, 시설의 간섭을 최소화하기 위한 몇 가지 가이드라인을 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 간섭을 받기 쉬운 장비는 PV 인버터에서 가능한 멀리 설치
- PV 인버터의 AC 측에 장애 억제를 위한 올바른 EMC 필터를 설치하고 가능한 한 필터를 PV 인버터에 가깝게 배치
- PV 인버터와 필터 사이 및 PV 인버터와 PV 발전기 시스템 사이의 케이블은 AC 주전원 케이블과 필터 입력 사이에 잘 분리되어 있어야 함
- 필터를 연결하는 케이블을 줄이려면 PV 인버터에서 필터를 최대한 가깝게 장착해야 함(이 케이블은 안테나 역할을 하여 장애를 복사하므로)
- 전기 차폐 금속 배선 캐비닛에 PV 인버터와 필터를 모두 설치
- 구성의 균형을 맞추고 복사를 줄이려면 꼬인 차폐 쌍을 사용하여 PV 인버터를 PV 패널에 연결. 실드(shield)를 접지에 연결. 쌍의 하나의

도체가 반환에 사용되므로 실드 자체는 넷(net) 전류를 전달하지 않으며
오염을 피할 수 있음

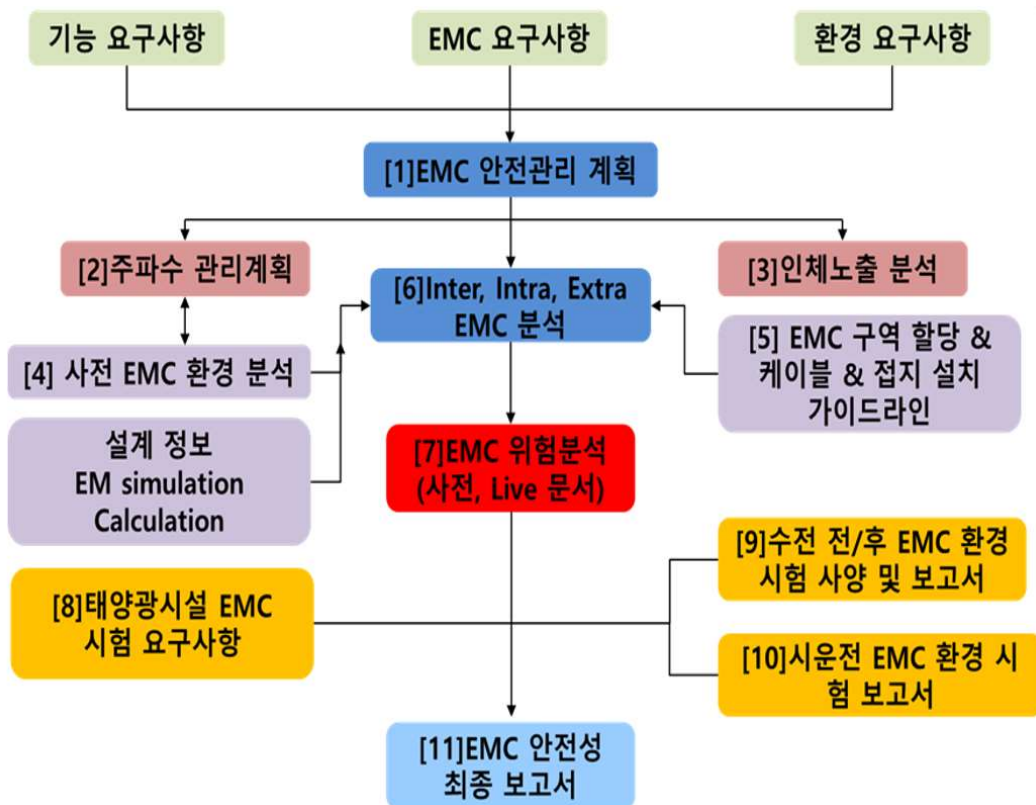
- 감전으로부터 인간을 보호하는 데 효과적인 안전접지(보호 접지)와는
별개의 낮은 임피던스 신호 접지(EMC 접지라고도 함) 제공

제 4 장 전자파 안전관리 가이드라인 적용·검증

제 1 절 전자파 안전관리 주요 성과물

1. 전자파 안전관리 계획서

전자파 안전관리의 목표는 전자파로 인한 태양광 발전설비 고장장해 최소화, 불요 전자파 환경에서도 의도된 기능 수행, 전자파 외부 방출이 최소화되도록 하는 활동이다. 이러한 목표를 달성하기 위해 전자파 관리계획서에는 [그림 4-1]과 같이 발전 시스템이 설계 단계에서 부터 운용상태 및 운영조건의 범위 전반에 걸쳐 전체 발전 시스템의 전자파 적합성 확보를 위한 기본 사항을 제공한다.



[그림 4-1] 전자파 안전관리 계획표

전자파 관리계획서에는 다음 사항이 정의되어 있다.

- 시스템 EMC 요구 조건 정의
- 전자파 환경(EME: Electromagnetic Environment)의 정의
- 프로젝트를 위한 EMC 용어의 정의 및 방사/내성 레벨의 정의
- 설계에 적용되는 주요 EMC 법규 및 규격
- EMC 관리 업무의 일정 및 구성
- EMC 관리 조직
- EMC 산출물 정의

2. EMC 접지 및 케이블 가이드

기본적인 케이블 설치 규격인 “IEC 61000-5-2: Electromagnetic compatibility (EMC). Installation and mitigation guidelines. Earthing and cabling”의 지침을 기본으로 준용하여 적용한다.

본 태양광 발전시설에 적용된 대표적인 전자파 저감 기법은 [그림 4-2]와 같이 노이즈 발생원인 인버터 단품상에서의 DC 입력 전원 및 AC 출력 전원 필터, AC 출력 전원 케이블의 차폐 및 접지, 금속 트레이 접지 및 Cover 차폐가 적용되었다.



[그림 4-2] 케이블 차폐 및 인버터 필터

3. 주파수 관리계획

시스템 및 주변의 의도적 통신 환경에 대한 조사를 통하여 시스템을 구성하는 각 장비의 내성 기준을 판단하고, 주변의 통신 환경에 대한 기초 조사를 사전에 수행하여야 한다. 예를 들면 전력 제어 및 신호 기능의 오작동, 무선기기 및 기타 음성통신에 대한 간섭 등이 있다.

주파수 관리계획은 다음과 같은 내용을 포함한다.

- 시스템 부근의 의도적인 전자기 발생원의 목록
- 시스템이 포함하고 있는 의도적 전자파 발생 목록
- 시스템 주변에 존재할 가능성이 높은 비의도적인 전자파 발생 목록

ex.1) 의도적 전자파 발생원 : 주변 환경(공공 TV 및 관공서 사용 무선통신 시스템)

ex.2) 비의도적 전자파 발생원 : 태양광 발전설비, 인버터, 변전설비, 인근 공장시설 등

<표 4-1> 인버터 노이즈 주파수

인버터 노이즈 주파수	대한민국 주파수 분배표	
	주파수	용도
15.97 kHz	14 - 19.95 kHz	고정, 해상이동, 해안국용(무선전신), 전파응용설비
31.92 kHz	20.25 - 70 kHz	
36.12 kHz		
47.59 kHz		
64.13 kHz		
80.32 kHz	72 - 84 kHz	고정, 해상이동, 해안국용(무선전신)
96.16 kHz	90 - 110 kHz	무선항행
112.58 kHz	112 - 117.6 kHz	무선항행, 고정, 해상이동
128.13 kHz	126 - 129 kHz	무선항행, 고정, 해상이동, 항공무선전화(128.9 kHz)
144.20 kHz	129 - 160 kHz	고정, 해상이동, 무선항행, 항공무선전화
150 kHz ~ 1 MHz	160 - 200 kHz	고정, 항공무선항행
	200 - 285 kHz	항공무선항행, 항공이동
	285 - 325 kHz	항공무선항행, 해상무선항행 (라디오비콘), 무선표지 및 위치 측정용
	325 - 405 kHz	항공무선항행, 항공이동
	415 - 472 kHz	해상이동, 항공무선항행, 항공무선전화, 해상무선전신
	472 - 479 kHz	해상이동, 항공무선항행, 아마추어
	479 - 495 kHz	해상이동, 항공무선항행, 해상무선전신, 490 kHz 국제조난안전호출
	495 - 505 kHz	해상이동, 500 kHz 국제조난호출
	505 - 526.5 kHz	해상이동, 항공무선항행, 512 kHz 해상무선전신, 518kHz NAVTEX용
	526.5 - 1606.5 kHz	방송 (AM 등)

4. EMC 위험요소 분석 (사전위험분석, 위험로그)

EMC 위험요소 분석은 스위트캐슬 태양광발전설비의 잠재적 위험원을 식별하기 위한 것으로 각각의 설비가 다른 설비에 영향을 미치거나 다른 설비들이 해당 시스템에 미치는 영향으로 발생할 수 있는 위험원을 파악하고 경감대책을 수립하여 위험도 등급을 안전등급인 C 또는 D로 낮추는데 그 목적이 있다.

설계 단계부터 사전위험분석을 통하여 20개의 위험요소를 도출하였으며 도출된 위험요소는 각각 스코어링 절차를 거쳐 위험로그에 기록·관리하였으며, 모든 위험요소는 위험도 평가 매트릭스 표(<표 4-2> 참조)를 통해 평가된 후 종료되었다. 하지만 EMC는 장비의 노후화, 무선설비 사용 증가 등 여러 상황 변동에 따라 EMC 조건이 바뀔 수 있으므로 지속적으로 관리되어야 한다.

- 신규 및 교체 장비에 대한 EMC 인증서 및 시험성적서 확보
- 주변 환경의 신규 시스템 구축 등

<표 4-2> 위험도 평가 매트릭스

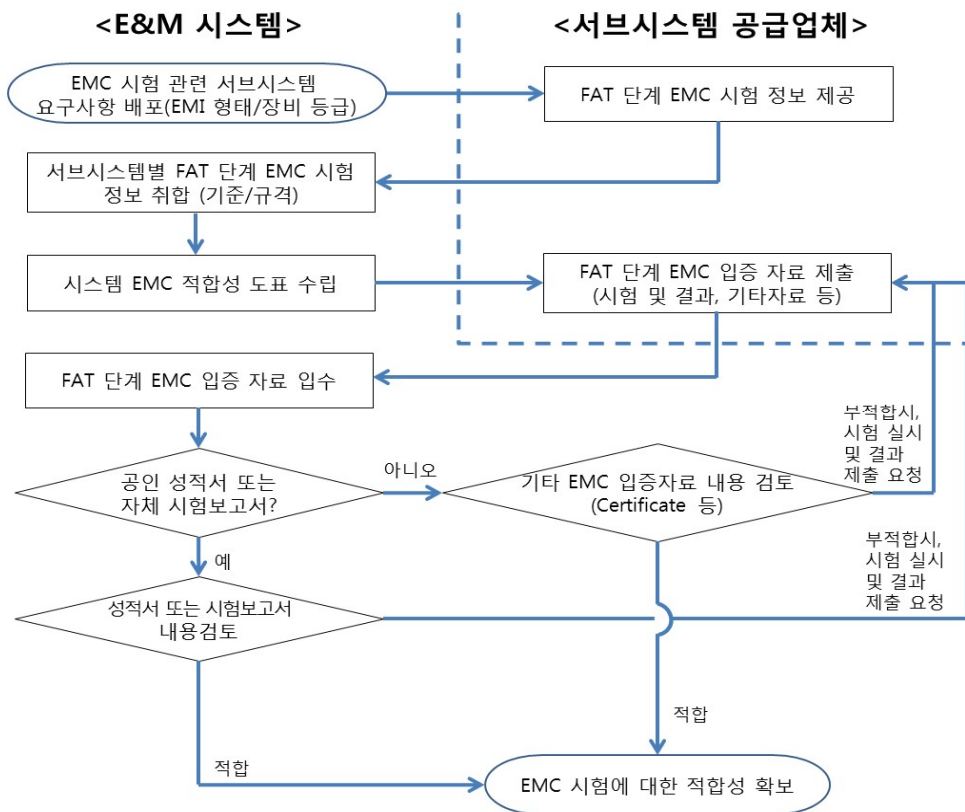
시스템 구분	식별된 위험원 개수	초기 위험도 수준별 개수				잔존 위험도 수준별 개수			
		R4	R3	R2	R1	R4	R3	R2	R1
위험요소	20	-	11	3	6	-	-	12	8

심각도 발생빈도	1 경미함	2 약함	3 중요함	4 치명적
A 빈번함	R3	R4	R4	R4
B 발생 가능함	R2	R3	R4	R4
C 가끔 있음	R1	R2	R3	R4
D 가능성 떨어짐	R1	R1	R3	R4
E 가능성 희박	R1	R1	R2	R3
F 발생 가능성 거의 없음	R1	R1	R1	R2

5. 시스템 EMC 적합성 도표

[그림 4-3]과 같이 시스템 EMC 적합성 문서는 태양광 발전시설에 납품되는 모든 전기/전자 장비들을 분류하고 전자파 적합성을 확보할 수 있도록 제품군별 적용 규격을 지정하며, 시스템 EMC 요구사항에서는 각 전기/전자 장비들이 수행하여야 할 시험 규격 및 방법에 대하여 명시하고 각 장비들이 올바른 절차에 의해 시험되었는지 확인한다.

- 시험할 장비의 설명 및 시험 규격의 목록화
- 시험한 제품의 시험성적서



<그림 4-3> 적합성 확보 순서도

스윗캐슬 태양광 주요 설비들에 대한 전자파 적합성 시험 성적서 및 인증서에 대한 검토가 이루어졌으며, 그 결과는 <표 4-3>의 EMC 적합성 도표에 기록하였다.

<표 4-3> EMC 적합성 도표

NO	시스템 구분	상세 장비	규격	상세 규격 및 허용기준	자료유형
17		인버터	KN11	1) CE (AC output) - 150 kHz ~ 500 kHz : 100 dBuV - 500 kHz ~ 5 MHz : 86 dBuV - 5 MHz ~ 30 MHz : 90 ~ 73 dBuV 2) CE (DC input) - 150 kHz ~ 5 MHz : 97 ~ 89 dBuV - 5 MHz ~ 30 MHz : 89 dBuV 3) RE - 30 MHz ~ 1 GHz : 60 dBuV/m	시험성적서, CE 인증서, 성적서 ACWE-RC180175

제 2 절 EMC 현장조사 결과

태양광 발전설비는 설치 전, 설치 후, 차폐 및 접지 시공 후로 3단계에 걸쳐 현장조사가 이루어졌으며 측정환경 및 포인트는 [그림 4-4]와 같다.



[그림 4-4] EMC 현장조사 측정 위치

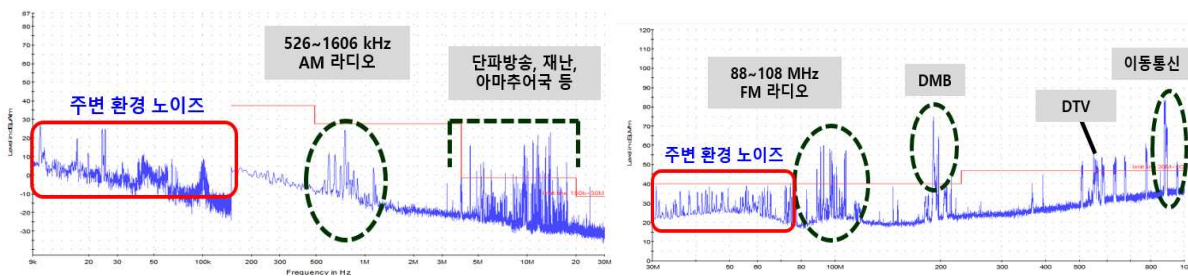
- 설치 전 전자파 측정 : 태양광 설치 이전 상태
- 설치 후 전자파 측정 : 태양광 설치 완료 후 태양광 정상 발전 상태
- 차폐 및 접지 후 전자파 측정 : 차폐 및 접지 시공 후 태양광 정상 발전 상태

설치 전을 제외한 설치 후, 차폐 및 접지 후 측정에서는 태양광이 정상적으로 발전을 하고 있는 상황에서 측정을 실시하였으며, 태양의 일조량으로 인해 시간마다 발전량이 달라 해당 측정 포인트에 대한 해당 발전량을 측정 기록 일지에 나타내었다. 또한, 측정 장비, 측정 방법, 측정 규격, 측정기록 일지 등 상세 내용은 「전자파 적합성 현장조사 보고서(1차, 2차)」에 기록되어 있다. [그림 4-5]는 EMC 현장조사 사진을 나타낸다.

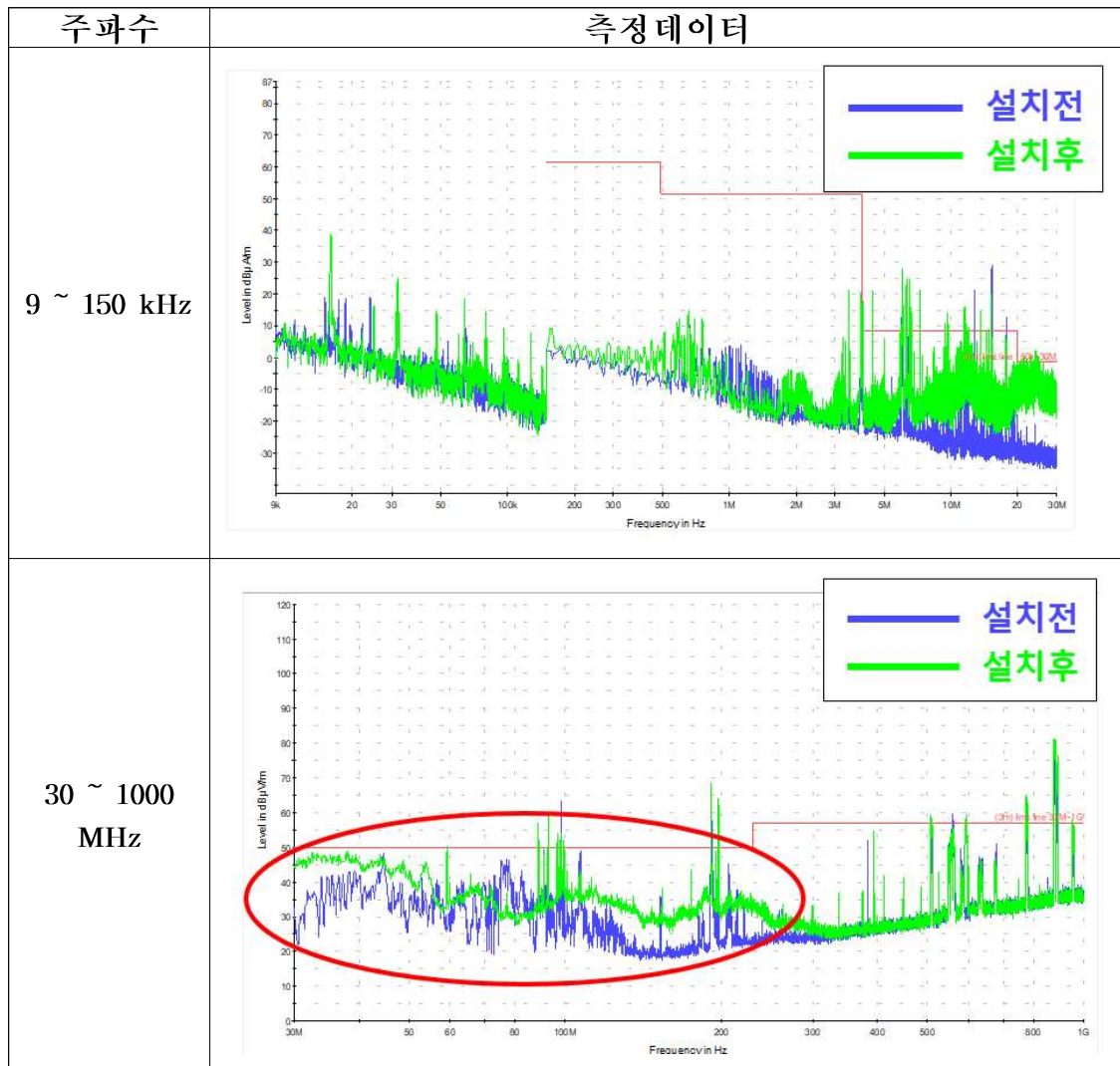


[그림 4-5] EMC 현장조사 사진

[그림 4-6]은 측정 그래프는 태양광 발전설비 예정지의 설치 전에 측정된 주변의 전파환경이다. 9 ~ 150 kHz와 30 ~ 80 MHz에서 주변의 환경 노이즈가 확인되지만 측정된 레벨은 높지 않은 상태이다. 그 외에 AM, FM 단파방송, DMB, 이동통신 등 다양한 RF 신호를 확인할 수 있었다.



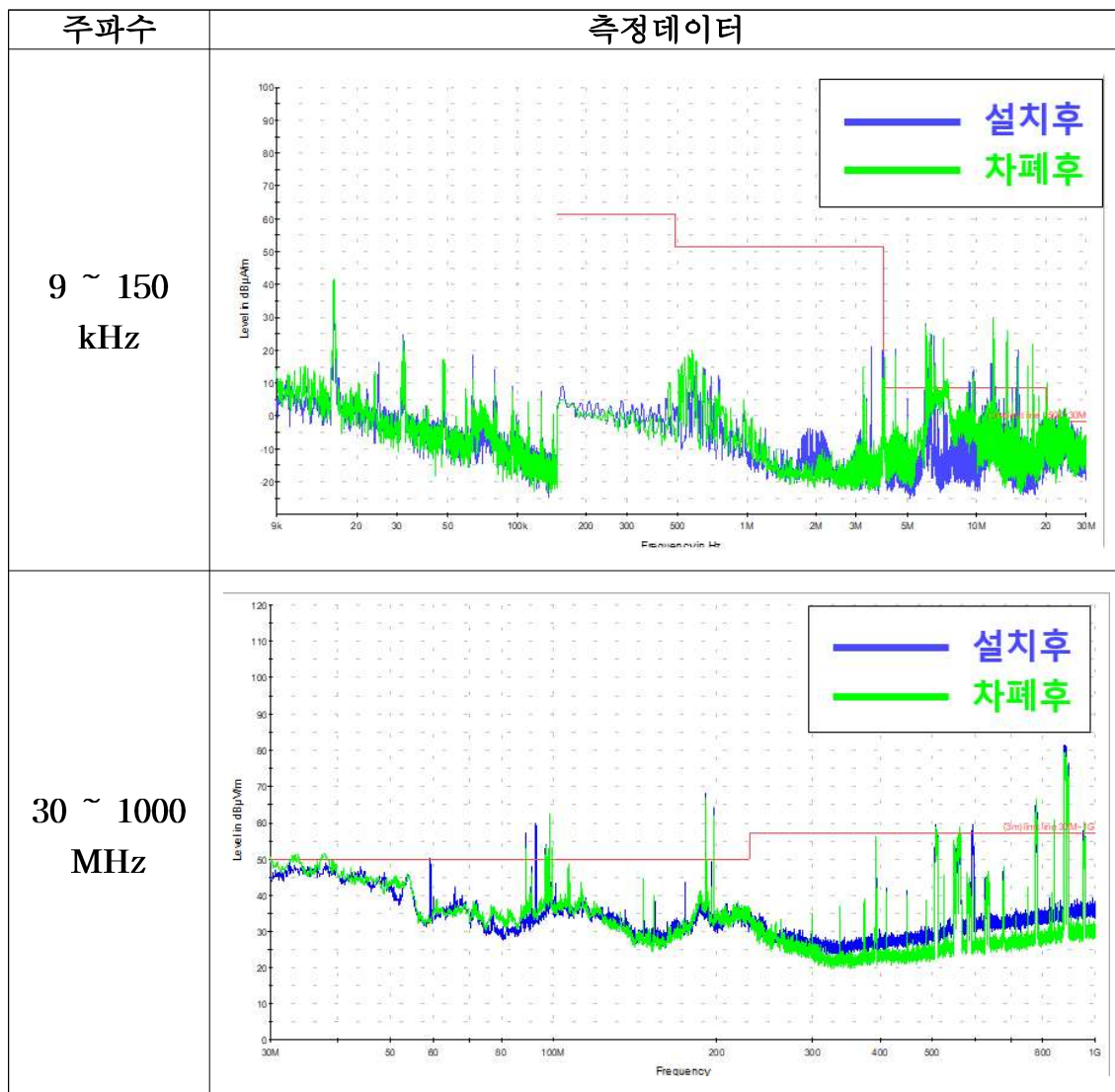
[그림 4-6] 주변 전자파 측정환경



[그림 4-7] 설치 전/후 측정데이터(인버터 앞)

[그림 4-7]은 태양광 발전설비 설치 전, 설치 후 데이터 중 6번 포인트 (인버터 앞)에서 측정한 결과를 나타내었다. 16 kHz 대역 하모닉 노이즈가 확인되었으며 이는 인버터 스위칭 주파수로 확인되었다. 또한, 30 ~ 300 MHz 대역에서 광대역 노이즈가 확인되었으며 이는 인버터에서 발생한 노이즈가 케이블 방사되어 나타나는 것을 확인하였다.

[그림 4-8]은 태양광 발전설비에 인버터 출력단에서 나오는 AC 케이블에 대한 케이블 차폐 및 접지 시공 전/후 결과를 나타내었다. AC 케이블 차폐 및 접지 시공 후 인버터 스위칭 노이즈가 미약하게 감소하였으나 큰 변화는 없는 것으로 확인되었다.



[그림 4-8] 케이블 차폐 및 접지 시공 전/후 측정 결과(AC 케이블)

<표 4-4>에 설치 전/후, 차폐 후 측정결과를 요약하였다.

<표 4-4> 설치 전/후, 차폐 후 측정결과 요약표

주파수(kHz)	설치전 (dBuA/m)	설치후 (dBuA/m)	차폐후 (dBuA/m)	차폐 전/후 노이즈 변화량 (dB)
15.99	2.18	38.83	41.68	2.84
31.99	-3.72	24.91	23.65	-1.26
47.64	-8.49	14.23	17.33	3.09
63.99	-7.77	18.58	11.09	-7.48
79.99	-10.76	14.33	10.09	-4.25
95.98	-10.19	9.17	7.88	-1.30
111.98	-12.04	-1.07	4.34	5.41
127.98	-14.00	7.61	5.89	-1.72
143.97	-14.03	-3.76	0.53	4.29

전자파 안전관리 대상인 스윛캐슬 태양광 발전설비에 설치되는 인버터는 전자파 안전관리자의 요구사항대로 내부 필터, 케이블 배선 처리 등 EMC 대책이 잘되어 있는 상태였기에 외부로 방출되는 노이즈는 매우 낮았다.

추가로 진행된 AC 케이블 구간 약 1.5 km를 알루미늄 재질의 차폐 자켓으로 처리하였으며 전자파 방출은 일부 주파수에서 저감 효과를 보았다. PV 라인의 DC 케이블 차폐 및 접지를 고려했다면 더욱 향상된 저감 효과를 볼 수 있으리라 예상된다.

제 3 절 시사점

‘19년 연구 결과물인 『보편적 전자파 안전관리 가이드라인』을 검증하고 ‘20년 『태양광발전설비에 대한 전자파 안전관리 가이드라인』 작성을 위하여 실제 구축 예정인 태양광 발전 설비에 대한 전자파 안전관리 적용·검증을 진행하였다. 안전관리 수행은 ‘20년 7월부터 11월까지 약 5개월 동안 스윛캐슬 태양광 발전설비에 대해 전자파 안전관리를 수행하였으며, 수행결과에 대한 총 10개의 성과물을 얻게 되었다.

태양광 발전설비 전자파 안전관리는 보편적 전자파 안전관리 가이드라인의 전체 내용 중 태양광 발전설비에 필수적인 부분을 적용하였다. 이는 안전관리

대상인 태양광 발전설비가 구성이 매우 단순하기 때문에 불필요한 부분을 제외하고 스위트케슬 태양광 발전설비에 맞게 최적화를 하였다. 그러나 본 전자파 안전관리 실증 대상인 스위트케슬 태양광 발전 설비보다 훨씬 복잡하고 다양한 구성의 시스템(ESS, 에너지저장시스템 등)이 존재할 수 있으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

본 태양광 발전설비의 전자파 안전관리 적용은 국내 최초로 태양광 발전 설비에 대한 전자파 안전관리를 수행한 것으로 추후 태양광 발전 및 유사 분야에 대한 전자파 안전관리를 수행하는 데 도움이 되리라 판단된다.

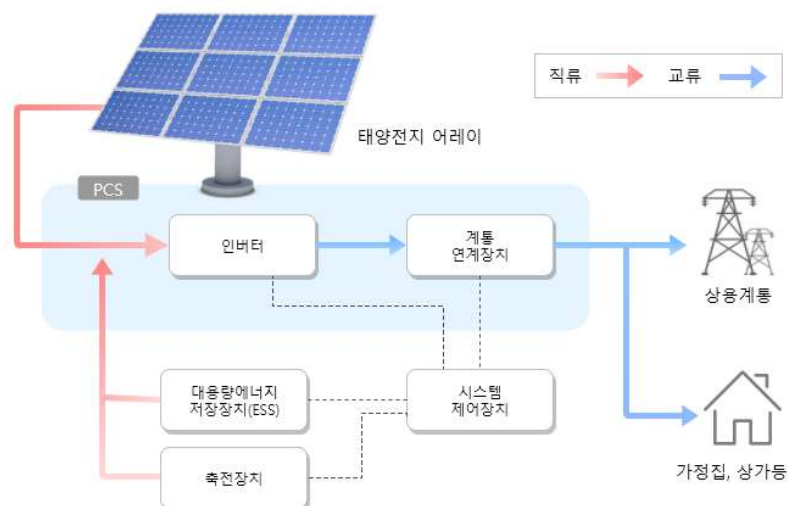
제 5 장 태양광 발전시설 가이드라인

제 1 절 적용 범위

이 태양광 발전설비 안전관리 가이드라인은 전자파 안전관리를 위해 준수해야 하는 절차와 요구 조건을 기술한다. 본 절차는 안전한 시스템을 인도하기 위하여 대상 시스템(System of Interest) 및 복합시스템(SoS: System of Systems)의 설계 및 전체 단계 동안의 태양광 발전설비의 전자파 전체 측면을 관리하는 데 그 범위가 있다. 이 전자파 안전관리 가이드라인은 전자파 관리 계획 수립을 담당하고 있는 시스템 엔지니어링의 전자파 안전관리 책임자에게 기본 원칙을 제공한다.

1. 태양광 발전설비 개요

태양광 발전은 햇빛을 전기로 전환하는 반도체 소자로 구성된 태양광 패널에서 직류 전기를 생산하여 수용가에서 사용할 수 있도록 교류로 변환(D/A인버터)하고 가정집에 공급하거나 전력망에 그리드에 전달하는 시스템이다. 태양광 발전 설비의 기본 구성은 [그림 5-1]과 같다.



[그림 5-1] 태양광 발전설비 시스템 구성도

태양광 발전설비는 태양광 모듈, 인버터 및 에너지 저장시스템(ESS)으로 기본 구성된다. 태양광 발전설비가 구성하는 많은 전기/전자 시스템이 설치되고 전기/전자 장비 혹은 시스템들은 의도적으로 무선통신 주파수를 사용하는 시스템과 비의도적으로 전자파가 발생하는 장비들로 구성된다. 이러한 전자파는 주변 혹은 시스템들-간 다양한 경로를 통하여 결합되어 장비 혹은 시스템에 기능적 요구사항을 만족시키지 못하거나 중대한 위협을 미칠 수 있다.

따라서 태양광 발전설비 시스템을 구성하는 시스템과 장비들은 외부로 방사하는 전자파를 억제하여 국내 법규상 만족하는 시스템을 구축할 필요가 있다. 본 지침에 사용되는 장비는 IEC 61000-6 시리즈 규격을 적용한다. 향후 관련 고시나 규격이 제정된다면 그에 따르도록 한다.

2. 목적

이 지침서는 태양광 발전설비의 기능적 안전을 위해 전자파 성능 확보를 위하여 불요 전자파 및 잡음으로부터 안전한 시스템을 구성하는 데 목적이 있다. 또한, 시작단계부터 요구사항, 설계, 시운전 기간 동안 전자파 적합성을 관리하여 운영 기간 동안에 발생할 수 있는 전자파 간섭현상이 발생하지 않도록 한다. 전기 및 기계(E&M) 시스템의 시스템 엔지니어링 담당자와 각 하위시스템 담당자들이 태양광 발전설비 시스템이 전자파 안전성을 확보할 수 있도록 전체 시스템 수준의 기본 원칙을 제공하며, 전자파 적합성 관리에 대한 방법 및 세부 사항을 규정하도록 한다.

태양광 발전설비의 전자파 안전관리 절차 요구 조건은 다음 사항을 포함한다.

- 전자파 적합성 관리 조직의 서술
- 하위시스템 범위까지 코디네이션(coordination) 관리
- EMC 요구 조건 정의 및 설계 통합을 위한 주요 시행 규정
- EMC 관리 절차: 수행할 업무의 일정 및 구성
- 시스템 적격성에 대한 검증 및 확인(필요에 따라 검사도 실행)

3. 범위

이 가이드라인은 대상 시스템 및 복합시스템 구축의 모든 단계에 적용된다.

4. 사용에 대한 책임

이 가이드라인은 대상 시스템 및 복합시스템 구축의 전자파와 관련된 모든 시스템 엔지니어링에 적용한다. 이 가이드라인은 전자파 적합성을 달성하기 위한 요구 조건, 시험 방법 및 기준을 제공한다. 또한 이 가이드라인은 전자파 에너지를 허용범위 내에서 방출하고 전자파 장애에 민감한 장비들이 내성을 갖도록 한다.

피해 장치는 모든 전자 장치이며, 대부분의 전기적 잡음 발생원은 의도하지 않은 안테나 방사와 전기/전력장치이다. 비의도적 방출원이 되는 주요 장치로는 전력장치, 통신장비 및 기타 시스템 등이 있으며, 이 기기들의 방출 스펙트럼은 적정 수준 이내로 고려되어야 한다. 민감한 저전압 개인 통신기기 및 항공 주파수 대역 또한 피해 목록에 포함될 수 있다.

복합설비 전자파는 전자기 환경조건을 반영한 규정에 의해 복합설비 모든 구성요소의 전자파 적합성 시험 및 검증 또는 수치 해석적 시뮬레이션을 통하여 입증되어야 한다.

전자파 통합에 대한 접근 방식은 복합설비 각 시스템이 전자기 환경에 미치는 영향평가 및 관리를 근거로 한다. 이러한 접근 방식은 잠재적 위험구역 파악, 설계 규정 및 통합절차, 호환성 있는 기기, 캐비닛, 차량, 역사 등 시스템 수준을 만드는 기술 수립에 중점을 둔다. 이 과정에서 복합설비 서브 시스템 공급자는 잠재적 위험구역 평가에 필요한 핵심 전자파 장애 정보를 제공해야 한다.

따라서 복합설비 전체 시스템 계약자는 과도한 자체 발생 전도 및 방사 방출을 통한 장애를 발생시키지 않으면서 전자기 환경(EME)에 영향을 받지 않는 시스템을 제공해야 한다.

복합설비 전체 시스템으로부터 발생하는 전자파 간섭(EMI) 영향을 받는 통신 시설 조사 시 해당 시설로부터 합리적인 거리를 고려하여 전자파 장애를 방지하고 전자파 적합성(EMC)을 확보할 수 있도록 필요한 대응책을

수립하여야 한다.

또한 태양광 발전설비의 경우 케이블 차폐 및 접지가 매우 중요하므로 이러한 지침을 만들고 그에 따라 설치 및 시공을 해야 한다.

복합설비 전체 시스템 계약자는 관계자 회의를 소집하여 개선된 대책 방법을 논의하여 회의 결과를 공지해야 한다.

5. 인용 표준

IEC 61000-6 시리즈 및 향후 개정되는 관련 고시와 규격에 따른다.

6. 용어 정의

(1) 전자파 적합성

장비 및 전원 공급원은 기기 혹은 장비(시설), PS(전원공급원, Power Supply), BM(기계 및 모든 전기부속장치건물, Building Mechanical and all electrical subsystems), TS(통신시스템, Telecommunication Systems), MS(유지 보수설비, Maintenance Facilities) 그리고 S(신호, Signaling)로 분류된다.

전자파 방출 수준이 다른 장비에 영구적 손상 또는 성능 손실을 야기시키지 않는 한도 내에서 유지된다면, 기기 및 전원 공급원은 전자기적으로 적합하다. 이와 마찬가지로, 장비가 전자파 민감도에 대한 내성이 충분히 높아서 영구적 피해나 성능 손실 없이 규정된 방출 수준을 충분히 견딜 수 있는 경우, 장비는 전자기적으로 적합하다.

(2) 시스템 내부 전자파 적합성

서브시스템(subsystem) 내부로부터 발생하는 전자기적 발생원에 의해 감지할 만한 성능 저하 없이 서브시스템 내부의 다양한 부분이 제 기능을 수행할 수 있는 조건을 말한다.

이러한 상태는 “시스템 내부의 전자파 적합성 분석” 문서로 제공되어야 한다.

복합설비 시스템 내부 분석에는 전체 서브시스템 및 다음의 항목이 포함된다.

- DC 대전
- AC 대전
- 신호
- 통신
- 접지 및 케이블 차폐
- 의도적 혹은 비의도적 장비 혹은 시스템
- 각종 무선 서비스 및 보호 서비스 대역

(3) 시스템 간 전자파 적합성

복합설비 타 서브시스템으로부터 발생하는 전자기적 발생원에 의해 감지할 만한 성능 저하 없이 서브시스템이 제 기능을 수행할 수 있는 조건을 말한다. 이러한 상태는 ‘시스템 간 전자파 적합성 분석’ 문서로 제공되어야 하며, 문서는 전체 시스템 계약자 범위에 포함된 장비 및 발생원 간의 전자파 적합성을 평가하기 위한 시스템 간 분석을 기술한다. 부가적으로 이 문서는 EMC에 대한 가이드라인을 제공하며, 다음 사항들이 포함된다. 필요시 특수 요구 조건 및 수정대책이 명시되어야 한다.

- 통신 및 케이블
- EMI/EMC 케이블 차폐
- 완전한 신호
- 통신
- 기기들의 적합성
- 접지 및 본딩
- 전력공급 적합성
- 기타

(4) 외부시스템에 의한 전자파 적합성

외부환경에서의 전자기적 발생원에 의한 성능 저하가 발생하지 않고 복합설비 시스템이 정상 기능을 발휘할 수 있는 상태를 말한다. 이러한 상태는 ‘외부시스템과의 전자파 적합성 분석’ 문서로 제공되어야 하며, 문서는 복합설비 전체 시스템 계약자 범위에 포함된 장비 및 장해 발생원과 타 계약자,

공기업(공항, 철도공사, 한전 등) 및 사기업 (방송국, 통신사 등)의 범위에 포함된 장비 및 장애 발생원 사이의 전자파 적합성을 평가하기 위한 시스템 간의 분석을 기술한다. EMI 잡음원 및 EMI 위험요소는 복합설비 전체 시스템 계약자에 의해서 분석되고, 수행될 전자파 안전관리 계획의 일반적인 EMC 규정 및 EMC 기준과 비교되어야 한다. 필요시 특수 요구 조건 및 수정 대책이 명시되어야 한다.

(5) 의도적 방출

의도적 방출은 무선, 레이더 및 시스템과 같은 장비 운영의 일환으로서 의도적으로 방출되는 것을 말한다.

(6) 비의도적 방출

비의도적 방출은 기기, 신호 장비, 전력공급 장치와 같은 장비 운영으로부터 발생하는 원치 않는 방출이다.

(7) 전기 시스템

환경에서의 전자기 에너지의 흐름 및 저장을 관리하는 완전한 전기 네트워크를 의미한다. 여기에는 통신 및 신호 시스템과 모든 관련 케이블이 포함된다.

(8) 전자파 장애

전자파 장애는 장비, 기기 또는 시스템의 교란 및 원치 않는 반응을 생성하는 전기적 잡음을 의미한다.

(9) 방출

장비, 기기 또는 시스템의 운영에 영향을 미칠 수 있는 원치 않는 신호를 의미한다.

(10) 내성

기능의 손실 없이 의도된 전자기 환경에서 제 기능을 발휘하는 장비나 시스템의 능력을 의미한다.

(11) 전자기 현상 원리

① 전도 저주파 현상

전도 저주파 현상은 주로 교류 네트워크 내에 발생하는 직류 성분과 저주파 전압을 유발하는 전력 주파수 변화, 즉 전력공급에 의한 고조파(3차 고조파 및 기타)와 관련이 있다.

② 방사 저주파 현상

전기장 및 자기장을 안정된 상태 및 일시적으로 변화시키는 전원주파수 전류(power frequency current)의 흐름이다.

③ 전도 고주파 현상

스위칭 현상에 의하여 단일 이벤트 또는 연속적으로 발생하는 단일 방향성의 과도 전류로서, 이러한 스위칭 현상으로 인하여 금속 제품 및 케이블에 유도 전류가 흐르게 된다.

④ 방사 고주파 현상

전기 시스템 내에 발생하는 전자기장을 말하며 구조물을 통하여 방출된다. 고전위 아크용 접음 방사 전자기장을 유발한다.

(12) 결합 경로

① 정전기 결합

충전된 본체가 피해기로 방전된다.

② 전기장 결합

한 회로에서 전압의 변화는 상호 캐패시턴스(용량)에 의하여 피해 회로의 전압 변화를 발생시킨다.

③ 자기장 결합

한 회로에서 전류에 의하여 변화되는 자기장은 상호유도(mutual inductance)로 피해 회로와 결합하여 전압을 발생한다.

④ 전도성

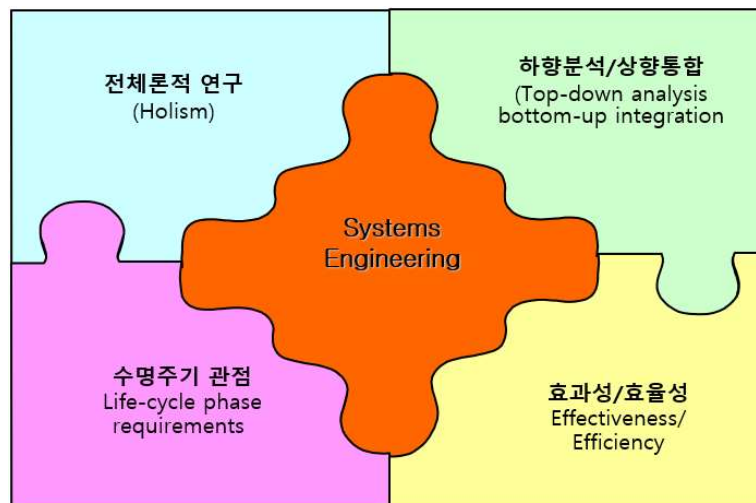
원천 회로 및 피해 회로가 공통 전도 경로를 공유한다(즉, 접지 루프).

⑤ 방사

방사 전기장 및 자기장 속에서 회로 구조물은 에너지를 송·수신하는 안테나 역할을 한다.

(13) 전자파 시스템 엔지니어링(SE)

시스템 엔지니어링 프로세스는 시스템 엔지니어링 업무를 달성하기 위해 선택적으로 사용된 논리적이고 체계적인 문제해결 과정의 집합체이다. 또한, 시스템 요구사항을 충족시키기 위하여 관련 요소와 하부시스템을 배열하고 기능을 할당하는 일련의 행위를 말한다. [그림 5-2]는 전자파 안전관리 제도하에 시스템 엔지니어가 해야 할 일련의 행위를 나타낸다.



[그림 5-2] 시스템 엔지니어의 행위

① 전자파 시스템 엔지니어링 역할

시스템 엔지니어링은 다음과 같은 요소를 정의하여야 한다.

- 문제 정의 및 요구사항
- 위험 제거를 위한 프로세스
- 각종 관리계획 수립
- 해결 방안 정의(솔루션을 제공해야 함)

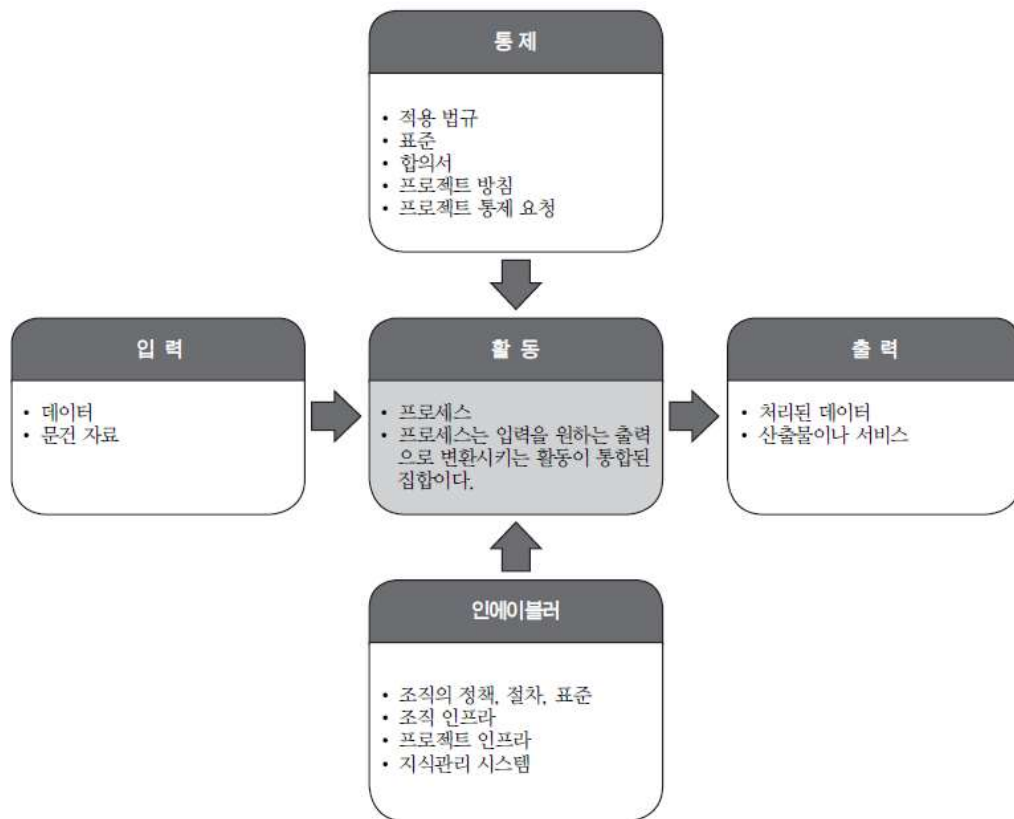
위에 열거한 일련의 역할에 대하여 시스템 엔지니어는 책임의 의무를 가진다. 비용, 일정, 성능 및 위험요소를 균형 있게 하는 종합 시스템 해결책을 개발하고, 수명주기를 통해 경제적, 생산적으로 지원될 수 있는 시스템 개발과 기준 및 형상 통제의 설정, 의사결정에 필요한 기술정보 개발 및 추적, 기술적 해결책이 고객 요건을 충족시키는지에 대한 검증, 개방형 시스템 접근법을 사용하여 시스템 및 하부시스템의 내·외부 인터페이스 호환성 개발 및 감시를 담당할 책임이 있다.

② 전자파 시스템 엔지니어링 검증

객관적인 데이터와 정보의 수집, 분석, 보고를 통한 효과적인 관리지원 및 프로세스의 품질을 실증하도록 하여야 한다. 관리 의사결정을 지원하고 성능 향상을 위해 시스템 엔지니어링을 이행하는데 필요한 정보 유형 정의를 지원하도록 한다. 시스템 엔지니어링 검증의 주목표는 프로젝트와 조직의 필요에 따라 전자파 시스템 엔지니어링 프로세스와 작업 산출물을 검증하는 것이다. 검증 대상의 필요사항은 적시성, 성능 요구사항 및 품질 속성 충족 즉, 기능 안전을 충족해야 하며, 이는 시스템의 표준 준수, 자원의 효과적인 이용, 비용 절감과 수명주기 증대를 위한 지속적인 프로세스 개선에 목적이 있다. 구체적인 검증 지표는 정보에 대한 필요성, 의사결정, 조치 시행에 대한 정보의 쓰임새에 따라 달라질 수 있다. 성공적인 측정을 위해 의사 결정자 간 유의미한 정보 소통이 반드시 필요하다.

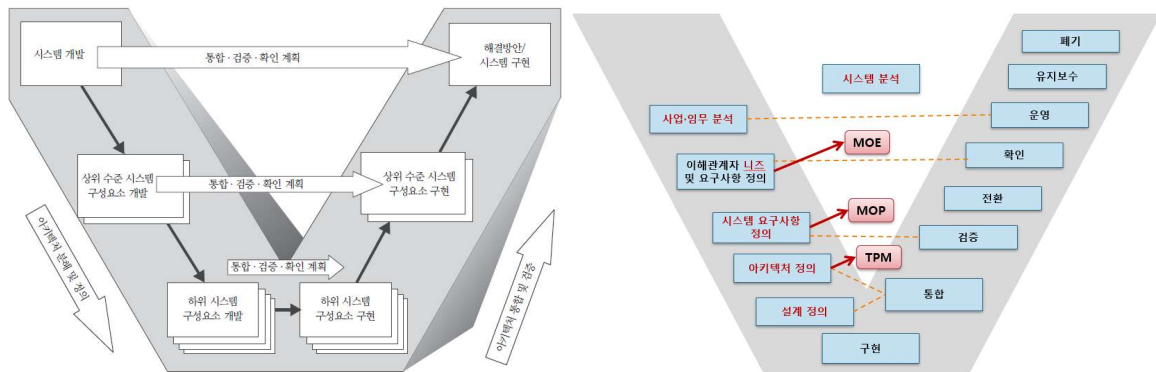
검증은 객관적인 정보 제공을 통해 프로젝트 관리자에게 지원을 할 수 있어야 한다. 즉, 프로젝트 조직 내에서 효과적으로 소통하여, 문제를 조기에 식별 및 시정할 수 있어야 하며, 핵심적인 사안에 대하여 절충을 통한 의사 결정을 도와야 하며, 구체적인 프로젝트 목표를 추적할 수 있어야 하고, 의사 결정 사항을 방어 및 정당화할 수 있도록 객관적이고 개방적이어야 한다.

검증 프로세스는 IPO(Input-Process-Output) 절차에 따라 수행해야 한다. [그림 5-3]은 IPO 다이어그램을 설명하고 있다.

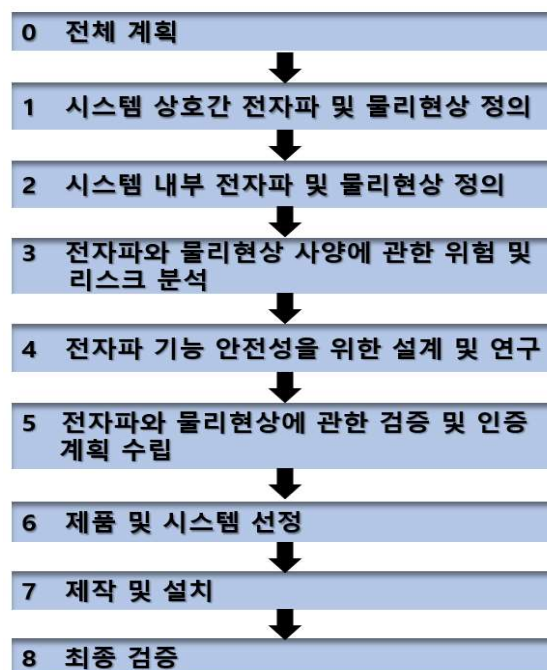


[그림 5-3] 시스템 엔지니어링(SE) IPO 다이어그램 예(INCOSE SEH의 원본 삽화는 Shortell과 Walden의 창작물임)

모든 전자파 안전관리를 위한 시스템 엔지니어링이 수행되어야 한다. [그림 5-4]는 검증 프로세스의 대표적인 V-모델을 보여주고 있다.



[그림 5-4] V-모델 예시



[그림 5-5] 전자파 안전관리 기본 프로세스

검증은 이해관계자와 요구사항을 식별하고, 충족 전략의 개발을 목적으로 하며, 시스템 엔지니어링의 검증은 일종의 피드백 제어 시스템이 된다.

③ 전자파 안전관리 절차

[그림 5-5]와 같은 기본 프로세스는 수명주기 동안 이루어져야 하며, 시스템 엔지니어는 각 단계별 요구사항과 체계, 그리고 연계성을 고려하여 그 역할을 충실히 이해하여야 한다.

제 2 절 태양광 발전설비의 EMC 안전관리 절차

본 절에서는 태양광 발전설비 시스템에 적용되는 시스템 수준의 전자파 적합성 평가 작업 범위에 대해 상세히 서술하고 평가를 위해 사용될 방법에 대해 설명한다. 아래에 서술되어 있는 전자파 적합성 평가의 결과물은 본 문서에서 최종보고서까지의 시스템의 전자파 적합성 평가를 기록한 일련의 문서가 된다.

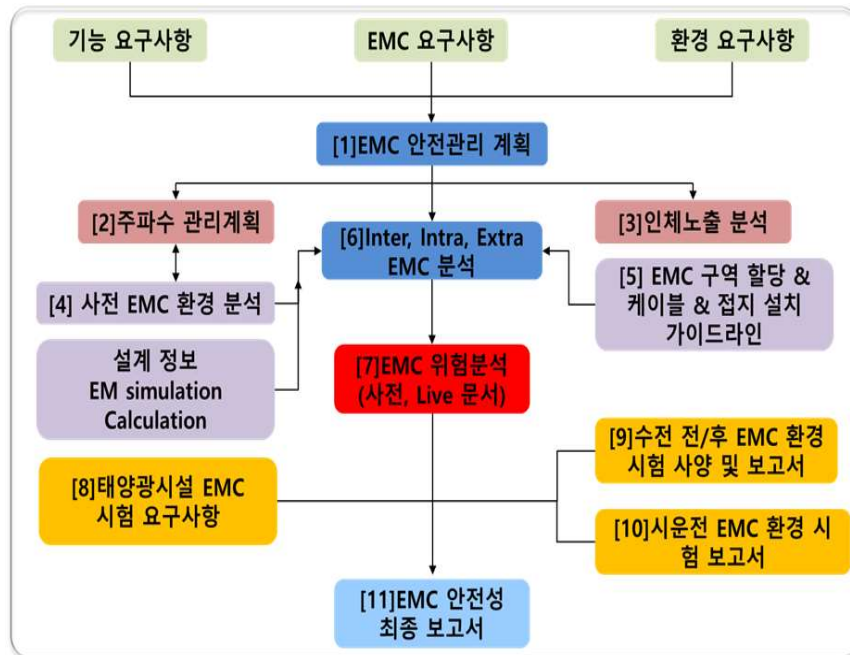
1. 태양광 발전설비의 전체 전자파 안전관리 계획

전자파 적합성의 입증을 위해서는 궁극적으로 주어진 전자기 환경 내에서 전자기적 성능 저하, 오동작이 발생하지 않도록 적합한 설계가 요구된다. 이는 체계적인 관리 절차를 따름으로써 이루어지며, 적합성을 입증하는 증거를 전체적 또는 개별적으로 제시하는 전자파 적합성 평가 보고서를 제작함으로써 입증된다.

평가 절차는 시스템의 설계, 제작 및 시험단계와 나란히 이행되어야 한다. 전체적인 절차는 체계적이고 논리적이어야 한다. 본 시스템에서 전자파 적합성 관리 절차는 [그림 5-6]에 요약되어 있다. 그림의 절차는 제출문서 요구사항에 따라 수립된 전체적인 전자파 적합성 관리계획으로 시작된다. 이로부터 시스템 내부, 상호 간 및 외부와의 인터페이스에서의 전기 및 기계(E&M) 장비에 대한 간섭 요건의 분명한 정의에 기초한 전자파 적합성을 입증하기 위한 기술적 전략을 수립한다.

전체 시스템에 대한 전자파 적합성 평가는 세 가지의 주요 부분으로 구성된다.

- ① 시스템 및 하위 시스템의 관련 국내 및 국외 규격 준수 확인
- ② 전자파에 취약한 장비의 전자파 내성 기준을 파악하고 설치되는 전자기 환경 수준과 내성 기준을 비교
- ③ 시스템의 설치 전 전자기 환경과 설치 후 전자기 환경의 비교



[그림 5-6] 전체적인 전자파 안전관리 제어 계획

전자파 적합성을 입증해야 하는 기기를 식별할 때에는 시스템 부문의 인터페이스인 시스템 내부(intra-system)와 개별 시스템 간의 인터페이스인 시스템 간(inter-system), 그리고 시스템 부문과 상호 영향을 미치는 제3의 외부시스템과의 인터페이스인 시스템 외부(extra-system)를 모두 고려해야 한다. 이러한 기기의 정상 및 이상 작동 상태에서의 평가는 각각 구분하여 진행한다.

정상 작동 상태의 경우, 정상상태 조건과 과도상태 조건에서 관련된 규격에 의한 시험을 실시하고 그 결과를 분석한다. 분석결과 부적합 시에는 문제점에 대한 대책의 수립 및 대책 반영을 통해 해당 문제점을 해소한다. 오동작 상태의 경우, 시스템 안전성 관리자의 주관 하에 수행된다. 시스템엔지니어링의 안전성 관리자는 전자파 측면에서 이상 작동 상태의 경우가 안전성 관련 시스템의 기능에 어떠한 영향을 미치는지를 식별한다. 식별된 부적합성

사항은 이를 제거 또는 저감하거나, 발생빈도를 최소화하는 일련의 절차를 수행함으로써 최종적으로 전자파 적합성에 도달하도록 하여야 한다.

[그림 5-6]에서 기술적 전략은 각 하위시스템 및 장치와 장비간의 상호 전자파 영향성의 측정과 시뮬레이션 기법을 이용하여 안전성 확보 방안에 관한 분석 내용이며, 이와 병행하여 승인절차는 각 장비 및 장치들의 EMC 시험 인증서를 검토하고, 분석하여 전체 시스템의 안전성을 확보하는데 그 목적이 있다.

2. EMC 안전관리 계획

가장 먼저 제공되는 관리계획서는 전체적인 시스템이 작동 환경 범위 내의 운영상태에서 전자파 적합성이 확보되는 기초가 된다. 시스템이 설계 단계에서부터 운용상태 및 운영조건의 범위 전반에 걸쳐 전체 시스템의 전자파 적합성이 확보를 위한 기본 사항을 제공한다.

전자파 관리계획서는 다음 사항이 정의되어 있다.

- 시스템 EMC 요구 조건 정의
- 전자파 환경(EME: Electromagnetic Environment)의 정의
- 프로젝트를 위한 EMC 용어의 정의 및 방사/내성 레벨의 정의
- 설계에 적용되는 주요 EMC 법규 및 규격
- EMC 관리 업무의 일정 및 구성
- EMC 관리 조직
- EMC 산출물 정의

3. 주파수 관리계획

시스템 및 주변의 의도적 통신 환경에 대한 조사를 통하여 시스템을 구성하는 각 장비의 내성 기준을 판단하고, 주변의 통신 환경에 대한 기초 조사를 수행

주파수 관리계획은 다음과 같은 내용을 포함한다.

- 시스템 부근의 의도적인 전자기 발생원의 목록
- 시스템 시스템이 포함하고 있는 의도적 전자파 발생 목록

- 시스템 주변에 존재할 가능성이 높은 비의도적인 전자파 발생 목록

4. 인체 노출 해석

인체 노출 해석은 전자기장이 인체에 미치는 위험을 평가하기 위한 것이 목적이며, 이런 평가의 판단 기준은 일반인의 인체에 무해한 임계치를 기술한 관련 기준에 근거한다. 이러한 목적의 달성은 정상/비정상 운영상태의 관련 임계치를 측정함으로써 증명된다.

태양광 시설의 공급업체는 시스템에 공급되는 전기, 전자 장비에 대한 전자기 적합성에 대한 고려뿐만 아니라 일반 시민, 시스템 유지보수 인력에 대한 전자기장 노출에 대한 인체 보호 기준이 요구된다.

- ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME VARYING ELECTROMAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS(UP TO 300GHz)", 1998
- 전자파인체보호기준, 과학기술정보통신부 고시 제2019-4호

이러한 한계치는 노출된 사람의 몸과 두부 노출량에 관한 것이다. 신체의 다른 부분들에 대한 이상의 한계치보다 더 크다.

5. 사전 전자파 환경 분석

초기 EM 현장조사는 건축 공사를 시작하기 전에 EM 환경의 특징을 파악하고 벤치마크를 제공하기 위해 건설될 장소에서 사전에 전자기 환경조사를 수행한다. [그림 5-7]은 사전 전자파 환경조사의 예를 보인다.



[그림 5-7] 사전 전자파 환경조사 예

6. 태양광 발전설비 시스템의 케이블 및 접지 설치 가이드

모든 하위시스템이 전자기 적합성을 확보하였음에도 불구하고 최종적인 설치 방법에 따라 전자기적으로 다른 결과를 초래하므로 잡음이 심한 장비와 잡음에 민감한 장비를 구분하고, 외부에 대한 전자기적인 간섭 우려가 높은 장비들에 대한 체계적인 분리 체계가 요구된다.

기본적인 케이블 설치 규격인 “IEC61000-5-2: Electromagnetic compatibility (EMC). Installation and mitigation guidelines. Earthing and cabling”의 지침을 기본 적용한다. 이 가이드라인은 설계 및 사업 간 동안 사용되며 다음 사항들을 포함한다.

- 케이블 시스템 격리 및 통합 - 본 항목에서는 태양광 발전설비 사업에 사용되는 케이블의 등급을 잡음의 수준에 따라 분류하여 이격거리 권고안을 준용하여 작성한다.
- 케이블 경로 및 누화(漏話) 규칙 - 케이블의 경로는 전자파 노이즈가 전달되는 주요 경로로서 케이블의 덕트 및 케이블 트레이에 케이블이 설치되는 방법을 기술한다.
- 케이블 등급별 최소 이격거리를 기술한다.
- 커넥터 및 케이블 차폐 요구 조건 - 통신/신호 시스템에서 사용되는 차폐 케이블의 설치조건을 기술한다. 차폐 케이블의 연결 방법 및 신호 케이블의 귀환 경로 설치 방법 등을 포함한다.

- 특정 구역에 대한 접지와 본딩 - 콘크리트 구조물 및 금속 구조물 파이프 렉 및 기계 장비들 및 변전소의 접지와 본딩 세부 지침을 포함한다.

7. 시스템 내부/시스템간/외부 시스템 분석

(1) 시스템 분석 방법

태양광 발전설비 시스템을 구성하는 각 시스템들은 시스템 내부/시스템 간/외부시스템 사이의 전기 및 기계 장비의 전자기적 장해로 인한 장비의 오작동이나 기능적 저하를 최소화하여야 한다. 따라서 각 시스템들은 전자파 적합성을 인증해야 하는 기기들은 기기들이 포함된 분야뿐만 아니라, 타 하위 시스템과 외부의 간섭에 대한 고려가 요구된다. <표 5-1>은 전자파 적합성 평가를 위한 시스템 배열을 나타낸다.

<표 5-1> 전자파적합성 평가 시스템 내부/상호간/외부 시스템 배열표

	태양광 시설에 대한 설비의 범위							태양광시설 외부
	인버터	태양전지 모듈	통신 및 신호	수배전	일반 전기	구조/건설	검수	제3자 (군부대 및 의도 전파)
인버터	내부	상호간	상호간	상호간	상호간	상호간	상호간	외부
태양전지 모듈		내부	상호간	상호간	상호간	상호간	상호간	외부
통신 및 신호			내부	상호간	상호간	상호간	상호간	외부
수배전				내부	상호간	상호간	상호간	외부
일반전기					내부	상호간	상호간	외부
구조/건설						내부	상호간	외부
검수							내부	외부

(2) 시스템 내부 전자파 간섭분석

시스템 내부 전자파 간섭 분석 목적은 시스템 내의 모든 장비들이 전자파 문제를 발생시키지 않으며, 기능적 오류를 발생시키지 않음을 입증하는데 있으며 다음과 같다. 각 하위시스템을 구성하는 부품들간의 전자파 간섭에

대한 평가를 수행한다.

- ① 시스템 내부의 장비가 발생하는 전자파의 방출 혹은 전도의 강도는 시스템 내부 인접 장비의 내성 허용기준 이상이 되어서는 안 된다.
- ② 시스템 내부의 장비가 전자파 간섭이 발생할 소지가 있는 경우 이에 대한 적절한 대책을 통하여 전자파 위험을 제거하거나 허용 가능한 수준으로 낮추어야 한다.

(3) 시스템 상호간 전자파 간섭분석

시스템 상호간 전자파 간섭분석 목적은 시스템과 시스템 사이의 상호간에 전자파 간섭에 대한 위험을 인지하고, 시스템 인터페이스로 인한 전자파 간섭에 대한 분석을 한다.

- ① 각각의 시스템들은 인접한 시스템 장비에 중대한 전자기적 교란 또는 전류를 유도하지 않도록 설계, 검증 되어야 한다.
- ② 시스템 장비는 주변의 타 시스템들에 의해 발생하는 전자파 또는 전류의 허용한계(규격) 내에서도 적절히 동작할 수 있도록 전자파 방출과 전자파 내성 사이의 안전 여유도(Safety Margin)를 두어야 한다.

(4) 외부시스템 전자파 간섭분석

외부시스템 전자파 간섭분석 목적은 태양광 발전설비 시스템의 외부에 있는 타 장비와 태양광 발전설비 시스템이 전자파 간섭이 없음을 입증하는데 있으며 다음과 같다.

- 태양광 발전설비 시스템 장비는 시스템 외부의 인접 장비에 중대한 전자기적 교란이 없음을 증명하여야 한다.
- 태양광 발전설비 시스템 장비는 태양광 발전설비 시스템 외부의 장비에 의해 발생하는 전자파 또는 전류에도 성능 저하나 기능적 오류를 발생하지 않음을 본 문서를 통하여 입증한다.

8. EMC 위험요소 분석

안전관리 대상 시설의 전자파 관련 위험요소를 사전위험 분석을 바탕으로 최종 도출하고, 도출 위험요소 각각에 대하여 위험도와 원인분석 및 대책 방안 제시, 그리고 대책 적용 후의 재평가를 통하여 위험요소를 제거하거나 허용 가능 수준으로 위험도를 경감시키는 등의 과정으로 위험분석 활동이 수행된다. 이 문서에는 다음의 각 항목들의 내용을 포함하도록 권고한다.

- 사전 위험분석 요소 정의
- 사전 위험분석 로그 도표 작성
- 위험 로그 관리
- 위험도 평가방법
- 저감 방안 및 관리 방법

각 시스템별 위험원 분석은 실시설계 보고서를 통한 위험원의 상세 분석 후 향후 발행될 “시스템 EMC 분석” 보고서를 통하여 제출된다. 각 위험원들은 허용할 수 있는 수준으로 위험이 저감되도록 시스템 엔지니어링 팀과 긴밀히 협조하여 저감 대책을 마련해야 한다. <표 5-2>에 시스템 내부 위험원 분석의 예를 보인다.

<표 5-2> 시스템 내부 위험원 분석 예시

위험 참고 번호	위험 설명	관련 서브 시스템		위험 위치	요인	초기 위험 평가		저감 대책	관련 부서	현재 위험 평가	
		소스 원	피해 기기			F	S			F	S
						위험 등급				위험 등급	
IAHA -RS 1	인버터의 전자파파 간섭으로 기능적 저하를 발생함	인버 터	태양 광 발 전 설 비 내 의 장 비	태양 광 발 전 설 비 내 부							

9. 태양광 시설의 EMC 시험 요구사항

시스템 EMC 적합성 문서는 태양광 발전시설에 납품되는 모든 전기/전자 장비들을 분류하고 적합성을 확보할 수 있도록 규격을 지정하며 시스템 EMC 요구사항에서는 각 전기/전자 장비들의 수행 하여야 할 시험 규격 및 방법에 대하여 명시하고, 본 문서에는 각 장비들이 올바른 절차에 의해 시험 되었는지 확인한다.

제품을 납품하는 하청업체들은 납품되는 장비의 EMC관련 다음 일체의 정보를 제공하여야 한다.

- 납품 장비의 명칭, 설치 위치, 용도
- 시험 규격의 목록
- 전자파 인증서 및 방사/내성 시험 보고서 사본
- 기타 전자파 관련 기술문서

10. 수전 전/후 및 시운전 EMC 환경 시험 보고서

시스템 시운전 최종 EMC 시험은 시스템의 건설이 완료되고 모든 장치 및 장비가 수전이 완료되는 시점에 맞추어 수행한다.

운전 투입 전과 운전 투입 후의 결과를 상호 비교하며, 사전 EMC 환경 시험의 결과와 비교한다.

- 시스템이 건설되기 이전(사전 EMC 환경조사)
- 시스템이 동작되지 않은 상태(수전 이후)
- 시스템이 동작중인 상태(운전 투입 이후)

11. 태양광 발전설비의 EMC 안전성 최종보고서

프로젝트의 완료 시점에 시스템의 전체 EMC 적합에 대한 최종보고서가 작성된다.

전자파 적합성 최종보고서의 주목적은 다음과 같다.

- EMC와 관련된 태양광 시설의 장비 적합성을 증명

- 단품의 인증서, 제품의 설치, 시스템 EMI 분석 등을 통하여 EMC 설계 사항을 확인
- EMC 시험 보고서를 최종 확인
- 위험 요소를 확인하고 운영상 제약 조건 확인 및 유지관리 제안

제 3 절 전자파 관련 규정

복합설비 시스템 계약자와 시설자는 전체 시스템의 요구 조건을 충족시키기 위하여 아래의 규정을 참고하여야 한다.

1. 국내 전자파 관련 규정

- 전파법, 동법 시행령
- 전자파적합성 기준(국립전파연구원 고시)
- 전자파적합성 시험방법(국립전파연구원 공고)
- 전자파인체보호 기준(과학기술정보통신부 고시)
- 방송통신설비의 기술기준에 관한 규정
- 무선설비 규칙 및 관련 고시
- 방송통신기자재등의 적합성평가에 관한 고시(국립전파연구원 고시)

2. 전자파적합성 시험방법

국내에서 적용하고 있는 전자파적합성 시험방법은 다음과 같다.

KN 16-1	전자파장해시험을 위한 측정기기 장해방지 시험방법
KN 16-2	전자파장해에 대한 일반적인 장해방지 시험방법
KN 11	산업, 과학, 의료용(ISM) 기기류 장해방지 시험방법
KN 14-1	가정용 전기기기 및 전동기기류의 장해방지 시험방법
KN 14-2	가정용 전기기기 및 전동기기류의 내성 시험방법
KN 15	조명 기기류 장해방지 시험방법
KN 20	방송수신기 및 관련기기류 내성 시험방법
KN 41	자동차 및 내연기관 구동기기류 등에 대한 전자파적합성 시험방법
KN 32	멀티미디어기기 전자파장해방지 시험방법

KN 35	멀티미디어기기 전자파내성 시험방법
KN 50	전기철도 장애방지 시험방법
KN 51	전기철도 기기류 내성 시험방법
KN 60	전력선통신기기류 장애방지 시험방법
KN 100	계량기 전자파적합성 시험방법
KN 101	소방용품 전자파적합성 시험방법
KN 160	항공기 탑재기기 전자파적합성 시험방법
KN 61000-2-2	공공 저압 배전망에서의 저주파 내성 시험방법
KN 61000-2-4	산업용 배전망에서의 저주파 내성 시험방법
KN 61000-3	공공 저압 배전망에서의 장애방지 시험방법
KN 61000-4-2	정전기방전 내성 시험방법
KN 61000-4-3	방사성 무선주파수 전자기장 내성 시험방법
KN 61000-4-4	전기적 빠른 과도현상,버스트 내성 시험방법
KN 61000-4-5	서지 내성 시험방법
KN 61000-4-6	전도성 RF 전자기장 내성 시험방법
KN 61000-4-8	전원주파수 자기장 내성 시험방법
KN 61000-4-9	펄스자기장 내성 시험방법
KN 61000-4-11	전압 강하 및 순간 정전 내성 시험방법
KN 61000-6-3	주거, 상업 및 경공업 환경에서의 장애방지 시험방법
KN 61000-6-1	주거, 상업 및 경공업 환경에서의 일반 내성 시험방법
KN 61000-6-4	산업 환경에서의 장애방지 시험방법
KN 61000-6-2	산업 환경에서의 일반 내성 시험방법
KN 60601-1-2	의료용 전기기기류 내성 시험방법
KN 60974-10	아크용접기에 대한 전자파적합성 시험방법
KN 62920	태양광발전시스템용 전력변환기에 전자파적합성 시험방법
KN 61131-2	산업용 프로그램제어기 전자파적합성 시험방법
KN 60255-26	보호계전기 전자파적합성 시험방법
KN 62040-2	무정전전원장치(UPS)류 전자파적합성 시험방법
KN 60947	저압개폐장치 및 제어장치 전자파적합성 시험방법
KN 61800-3	가변속전력구동기기에 대한 전자파적합성 시험방법
KN 60945_60533	해상업무용 무선설비 항해기기 및 선박용 전기전자기기 전자파적합성 시험방법
KN 12015	승강기 전자파 장애방지 시험방법
KN 12016	승강기 전자파 보호 시험방법

제 4 절 문서 활동 및 결과물 정의

전자파 안전관리 시스템 엔지니어링 책임자는 9절의 [부속서 A]의 결과물을 정의하고 산출물을 시설 책임자 혹은 계약자, 사용자에게 제출을 해야 한다.

산출물 작성 시 필요에 따라 시스템 및 장비의 등급을 정의할 필요가 있는 경우는 9절의 [부속서 B]에 따라 진행하고 필요시 인터페이스 회의에서 결정을 해야 한다.

제 5 절 전자파 안전 환경 요구사항

1. 전자파 환경 영향 평가 목적

전자파 환경의 특성을 파악하기 위한 목적은 잠재적 전자파 간섭원을 파악하고 이들이 감응기기에 미칠 영향을 분석하기 위함이다. 전자파 적합성 안전관리 계획에 따르면, 모든 장비의 전자파 적합성 증명은 장비 시험 프로그램, 시뮬레이션 계산, 서브시스템 관련 준수 시험 그리고 전자파 환경 반영 기준 준수 여부는 복합설비 전체 시스템 환경 영향 평가 시험을 통해 이루어진다.

프로젝트 수행 기간 중 전자파 적합성 시험은 크게 3단계에 걸쳐 이루어지며, 공장 단계 시험을 시작으로 최종 단계에서는 전체 시스템의 환경시험이 있다. 각 단계별 전자파 적합성 시험과 관련된 내용은 전자파 적합성 안전관리 계획에 제시되어야 하며, 전자파 적합성과 관련된 업무는 1단계 공장 시험단계, 2단계 부하 없는 상태, 3단계 부하 있는 상태에서 시험한다. 단, 일반적인 경우 EMC 시험은 크게 5단계로 구성이 되며 다음과 같다.

- 전자파 환경 영향평가: 사전 환경시험(실시설계 전)
- FAT(공장시험단계): 공장 시험단계(설계 단계)
- 전원공급 전 복합설비 전자파 환경 영향평가(건물/시설 완공단계)
- 전원공급 후 복합설비 전자파 환경 영향평가(Idle 상태)
- 부하 동작 후 복합설비 전자파 환경 영향평가(부하 조건별 시험)

본 지침 내의 분석 사항은 사전 위험분석과 시스템의 설계, 위험 검토 회의 그리고 유사한 프로젝트의 전문지식을 고려하여 기술한다. 각각의 위험요소는 하나 또는 그 이상의 인터페이스에 할당되어 전자파 적합성 인터페이스 표에 반영하고 본 문서에서는 시스템 내부 간 위험요소를 다룬다. 각각의 인터페이스에서 전자파 발생원, 전자파 장애 피해 기기 그리고 결합 방법이 명기된다. 이것은 위험 빈도수와 심각도를 다루는 시스템의 안전 계획에서 제정된 기준에 따라 위험요소 평가점수가 계산될 수 있도록 한다. 위험요소 평가점수 방식은 9절의 [부속서 C]에 따른다.

2. 환경 영향 평가를 위한 주변 환경 정의

외부환경에서의 전자파 간섭에 의한 성능 저하가 발생하지 않고 해당 시스템으로부터 발생하는 전자파 간섭에 의해 외부시스템이 정상 기능을 발휘할 수 있도록 해야 한다. 이러한 문제를 분석하기 위하여 환경 영향 평가는 필수적인 요소라 할 수 있다.

3. 전자파 환경평가 절차

전자파 환경평가를 위하여 모든 책임자와 설계자들은 인터페이스 회의를 거쳐 평가를 위한 절차를 확립해야 한다.

4. 사용자 및 운영자를 위한 인체 노출 기준

전자파 인체 노출에 대한 연구는 전자기장이 인체에 미치는 위험을 평가하기 위한 것이며, 일반인의 인체에 무해한 허용기준에 근거한다. 이 연구의 목적은 임계치가 정상 동작 조건 미비, 정상 동작 조건하에서 어느 정도 레벨 인지를 측정에 의해 증명하는 것이다. 오동작이 나타나는 기간이 상대적으로 짧기 때문에 임계치를 오동작 상태에 적용하지는 않는다.

측정 시 인체가 장비 주변에 접근할 경우 장비 주변 안전거리가 충분한지와 안전거리 확보가 필요한 것인지를 확인하게 된다. 인체 노출량 허용기준은

9절의 [부속서 E]의 국제비전리방사보호위원회(ICNIRP) 가이드라인을 따른다. 하지만 일반인 혹은 작업인의 정의는 필요시 인터페이스 회의를 거쳐 정의 하도록 한다.

제 6 절 기능 안전 설비 및 설계 고려사항

전자파 간섭에 취약한 장비 및 시스템들을 가려내어 필요한 경우 위험요소 감소 대책을 제안하고, 간섭원으로 작용할 수 있는 장비 및 시스템을 식별 하여 전자파 방사 유형 및 방사 수준 평가를 수행하기 위한 목적으로 작성 되어야 한다.

사전위험 분석 회의는 일반적인 서브시스템간 EMC 문제들에 주목하기 위해 사전 설계 정보를 비롯해 요약 설계보고서에 기술되어 있는 사항들이 함께 논의되어야 한다. 사전위험분석 회의를 통해 EMC 표준에 의한 각 시스템 장비들의 전자파 적합성 준수 여부를 판별할 수 있는지를 각 설계 엔지니어들과 EMC 관리자는 검토를 진행하고, EMC 위험 로그에 기록하여 추적관리를 하여야 한다.

시스템 사전위험 분석 절차는 9절의 [부속서 C]의 방법을 따른다. 이러한 기능 안전성을 확보하기 위하여 다음의 사항을 정의하고 기록하여야 한다.

- 설비 및 설계 고려사항 정의
- 전자파 안전구역 설정
- 안전에 관련된 시스템 사양 정의 및 분석
- 관련 법 및 단체표준 정의 및 추가 지침서 작성
- 설계 제작을 위한 지침서
- 인터페이스 관리 항목 정의

전자파 안전관리의 중요한 목적은 기능 안전에 있으며 위 6가지 항목을 정의하고 분석하여 위험 로그 문서에 작성해야 한다.

제 7 절 평가 및 검증 계획

1. 요구사항에 관한 평가방법 수립

물리적으로 EMC 시험을 수행할 수 없는 산업 장비 또는 시스템에 대한 EMC 시험은 현재 존재하지 않는다. 이 현장 시험은 EM 현상 및 주파수 그리고 의도적 무선기기가 존재하는 일반적인 EM 환경에 해당한다. EM 환경 평가는 합리적으로 예측 가능한 모든 EM 현상과 최악의 주파수 범위, 진폭 및 기타 특성 (예 : 변조 주파수, 다중 간섭원 등)을 고려해야 한다. 발생할 수 있는 모든 EM 현상에 사용할 수 있는 현장 시험표준은 큰 용량의 문서가 될 수 있으므로 이 문서에서는 일반적인 EMC 표준 IEC 61000-6-1, 2, 3, 4로 제한한다. 이것만으로는 충분하지 않을 수 있으며, 현장 상황에 따라 적절한 유연성을 가질 필요가 있다.

전자파 내성 시험을 현장에서 수행할 경우에는 성능평가 기준이 명확해야 하지만 대형 시스템의 경우에는 많은 다른 동작 모드와 출력을 가지고 있기 때문에 판단이 어려울 수 있다. 이런 경우에는 다음의 가능성이 있는 하나의 주요 기능(primary function)을 선정하여 평가한다.

- 시험품이 위협해지는 경우
- 주요 기능이 중지되는 경우(예, 제철소의 경우 철의 생산이 중단될 때)
- 시스템의 중단(shut down)되는 경우
- 표시되는 제어 데이터가 변동(fluctuation)되는 경우

시험평가가 수행되기 위해서 기기는 설치조건에 맞게 설치되고 운영 메뉴얼에 따라 동작해야 하며, 정상 동작 범위는 제조자와 사전에 충분하게 협의되어야 한다.

2. 안전관리 단계별 검증

시험품이 설치된 상황이나 조건에 따라 모든 시험을 적용하는 것이 비현실적이거나 불가능한 경우가 많다. 이 경우에는 인터페이스 회의를 거쳐 지침을 제공해야 한다.

3. 공장시험(FAT)에 필요한 사항

가이드로 사용되는 관련 표준은 IEC 61000-6-4 및 IEC 61000-6-2이다. 현장 시험이 적용되는 환경에 따라서 표준에 명시된 시험방법 및 한계값이 그대로 적용되지 못할 수 있다.

4. 통합 EMC 환경시험 검증 계획 및 요구사항

7절의 1항과 7절의 2항에 명시된 것과 같이 통합 EMC 환경시험은 사전 환경시험 그리고 부하가 없을 경우와 부하가 동작할 경우의 환경시험 방법을 계획하고 요구사항에 부합하도록 시험 계획을 작성하여 그 결과에 대한 종합적인 판단과 검증을 진행하도록 해야 한다.

5. 시스템 평가 및 검증 제약사항

인터페이스 회의를 거쳐 평가 및 검증 제약사항을 정의하고 기록하여야 한다.

제 8 절 시스템 통합 검증 및 최종 평가

1. 통합 검증 절차

물리적 제한(크기, 전력, 서비스 요구사항 등)으로 인해 시험표준에 명시된 시험 장소에서 피시험 기기를 시험할 수 없는 경우 제품에 대한 EMC 성능 데이터를 수집하고 비표준 시험 환경에서 피시험 기기를 시험하는 것이다. 최종 설치 위치에서 장비를 시험할 경우 KN11 표준을 적용하여 장비의 방출 시험을 수행할 수 있다. 그러나 대부분의 산업 제품은 해체되어 최종 목적지로 배송되기 전에 제조 현장에서 설계, 제조, 조립 및 시운전된다. 실제로 계약 및 법적 이유로 장비에 필요한 성능을 보장하기 위해 제조자는 선적 전에 장비의 EMC 방출 성능을 확인해야 한다. 이 절은 비이상적인 장소에서 KN11 표준의 요구사항에 따라 장비를 시험하는 것과 관련된 주요 문제를 확인하기 위한 것이다. 또한, 위험 로그 분석 보고서를 통하여 최종 평가가 수행되어야 한다.

2. 적합성 유지보수 계획

전자파 안전관리의 수행에 있어서 최종 단계에는 적합성의 유지보수 계획이 추가되어야 한다. 수명주기 동안의 복합설비 모든 시스템 및 장비가 초기 성능을 유지할 수 있도록 지침서를 제공하고 그에 EMC 성능 유지를 위한 유지보수 계획을 작성하여 문서로 제출하도록 한다. 이 문서는 발주처 혹은 시스템 관리자의 승인이 필요하다.

3. 수명 만료 특성 유지방안

모든 시스템 내부의 장치 및 설비들에 대한 수명주기를 명확히 밝히고 그에 따른 수명주기가 만료된 설비들에 대한 교체방안과 기능 유지를 위한 방안을 관리자의 승인하에 문서로 남겨야 하고, EMC 성능도 함께 유지 될 수 있도록 문서를 제출해야 한다.

제 9 절 부속서

1. 부속서 A : 전자파 안전관리 산출물

<표 5-3>은 전자파 안전관리 시스템 엔지니어링 책임자가 작성하고, 시설 책임자 혹은 계약자, 사용자에게 제출해야 하는 결과물 목록을 나타낸다.

<표 5-3> 전자파 안전관리 산출물

No.	Title	Reference No.
1	전자파 안전관리 계획	
2	시스템간 EMC 분석	
3	주파수 관리계획	
4	케이블 및 접지 설치 지침	
5	인체노출 분석	
6	대상 시스템 설치 전후 전자파 환경조사 분석 보고서	
7	현장 제약사항 및 관련 대응 조치에 대한 보고서	

8.1	최종 EMC 환경 영향 평가 보고서(설치후-전원 미인가 상태)	
8.2	최종 EMC 환경 영향 평가 보고서(설치후-전원 인가 상태)	
8.3	최종 EMC 환경 영향 평가 보고서(모든 부하 정상 동작상태)	
9	전체 대상 시스템에 관한 EMC 최종 분석 보고서	
10	제 3 자 시스템에 관한 영향성 분석	
11	EMI/EMC 사전 위험 분석 보고서	
12	EMI/EMC 위험 로그 분석 보고서	

2. 부속서 B : 시스템 및 장비의 등급

다음은 전자파 안전관리를 적용하는 시스템 및 장비의 등급을 나타낸다.

(1) 3 등급

전자파 참고 기준은 시스템의 모든 범위를 포함한다. 장비의 대부분은 이 규정을 만족해야만 한다.

(2) 2 등급

다른 장비들은 산업 현장에서만 사용되고, KN 61000-6-1,2,3,4 규정 또는 동등의 규정 (예를 들어 방화시스템, 환기)을 준수해야 한다.

(3) 1 등급

기성 장비 및 사전 설계된 부품이 시설하고자 하는 시스템에 사용되기도 한다. 이 장비의 일부는 주거 (상업 및 경공업) 환경에만 사용하도록 되어 있으며 KN 61000-6-3과 KN 61000-6-4 규정 혹은 동등의 규정 (예를 들어 PC, Workstation)을 준수해야 한다. 이 경우 이러한 장비가 위치한 환경을 분석해야만 하며 필요한 경우 내성을 개선할 보호 조치를 취해야 한다.

(4) 0 등급

이러한 규정을 적용하기 전에 설계된 장비의 경우 이를 준수할 필요는 없다. 그러나 이 장비들은 실제 운행에서 전자파 적합성이 입증되어야만 한다. 이러한 경우 시운전 환경 내에서 문제없이 운영된다는 기록을 입증하기 위한 것이다.

결론적으로 장비에 대한 4가지 주요 등급이 <표 5-4>와 같이 있다.

<표 5-4> 장비 등급과 등급별 EMC 관련 규정

장비 등급	EMC 환경	EMC 관련 규정(국내)
0	대형 고정시설	없음
1	주거, 상업 및 경공업	KN 61000-6-1 및 KN 61000-6-3
2	산업	KN 61000-6-2 및 KN 61000-6-4
3	대형 고정시설	KN 11

의도적 전자기파를 영구적으로 방사하는 장치인 라디오 장비 및 시스템 (RES)과 단거리 장비(SRD)들은 무선기기 EMC 기준과 시험방법(KN 301 489 시리즈, KN 32)에 대한 규정을 준수해야 한다. 산업과학의료용 고주파 이용기기류들은 KN 11 방출 한계치를 준수해야 한다.

3. 부속서 C : 사전위험 분석 절차

다음은 기능 안전성을 확보하기 위한 사전위험 분석 절차를 나타낸다.

(1) 범위

사전위험 분석 회의에서는 복합설비 전체 시스템에 공급되는 전기/전자/통신 등 서브시스템과 개별 장비 및 전체 시스템을 다루어야 한다.

(2) 사전위험 분석에 대한 접근

하부시스템의 장비 납품 업체는 전자파 적합성을 확보했음을 증명하기 위한 활동을 수행하여야 한다. 사전위험 분석 활동을 지원하기 위해 서브시스템 설명서와 기술 사양서의 내용을 기초로 요약 설계보고서를 작성하여야 한다. 설계보고서에는 각 서브시스템을 구성하는 하부시스템의 장비 목록이 나와 있어야 한다. 사전위험 분석 회의에서는 이들 장비 목록들에 대한 보강이 이루어져야 하며, 보강 내용은 프로젝트 기간 동안 설계 단계에서 적절히 반영되어야 한다.

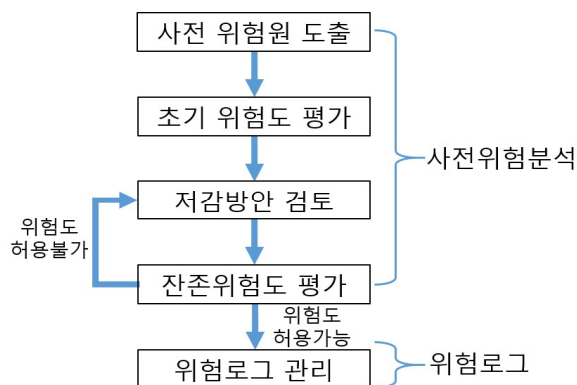
사전위험 분석회의는 각 서브시스템별로 진행이 되어야 한다. 회의 시 위험 요소 목록을 기록하고, 서브시스템 담당자들의 검토를 거쳐 향후 발견되는

위험요소나 검토 의견을 추가로 반영할 수 있도록 하여야 한다. 사전위험 분석 보고서의 주된 내용은 하부시스템의 위험원에 대한 장비 목록과 함께 회의 시 다루어졌던 검토 의견이 기록되어야 한다. 사전위험 분석회의 시 발견된 개별 위험요소는 시스템 안전 계획에 기술되어 있는 방법론에 따라 평가되는 EMC 인터페이스 보고서에 그대로 기입되어야 한다.

(3) 사전 위험원 분석(Preliminary Hazard Analysis, PHA)

사전 위험원 분석을 통해서 위험원을 사전에 제거하거나 위험도를 수용 가능한 수준으로 경감시키는 활동을 위해 예비 위험원 분석을 먼저 수행하여야 한다.

- 전체 시스템 및 서브시스템에서 발생할 수 있는 다양한 문제를 각종 자료와 전문지식, 경험을 토대로 예측하여 위험원을 도출하여야 한다.
- 도출된 위험원의 발생빈도, 심각도를 평가하여 초기 위험도를 평가하여야 한다.
- 식별된 위험원들은 위험도를 허용 가능한 수준으로 경감시키기 위해 각종 대책 방안 검토 및 제안 활동을 하여야 한다.
- 대책 방안이 적용되었음을 가정하고 잔존 위험도를 평가하여 위험도 수준이 일정 이하가 되는지를 확인하여야 한다.
- 위험도가 일정 수준 이하가 되지 않으면 추가적인 대책 방안을 제시하여 위험도 수준을 허용범위까지 저감시킬 수 있는 활동을 계속 수행하여야 한다. 만약, 위험도를 더 이상 낮출 수 없는 경우는 전자파 간섭 영향에 대한 내용을 복합설비 사업자와 협의하도록 한다.



[그림 5-8] 사전위험분석 업무 프로세스

(4) 사전 위험요소 도출

① 자료 수집

- 전체 시스템에 대한 장비명, 장비 종류, 장비 사양 등을 각각 조사한다.
- 해당 시스템과 동일하거나 유사한 시스템에 대한 문제 사례를 조사한다.

시스템	장비	S 신호	통합 기능 및 장비	T 통신
PS 전력 공급 설비	고전압 급전 장치 - 지하 케이블을 이용해 22.8 kV 전력을 사용하는 3개의 급전 장치 고전압/저전압 변전 시설 - 변전 시설과 역사 시설의 고전압 케이블 배로 - 22.8 kV / 380 V AC 변압기, 고전압 개폐 장치, 고전압 배전반, 저전압 배선, 축전 변압기, 개전기 및 변전소와 개별 역사 전기실에 설치된 제어 캐비닛 고전압/750VDC 견인 변전기 - 변압 장류기, 다이오드 브리지(12 필스), 600 V AC 차단기, 트럭 피드 750 V DC 차단기, 단로기, 배전반, 저전압 제어 회로, 트랙 피드 케이블로 구성된 7개 직류 변전소 설비 - 사출 성형 알루미늄과 스테인레스 스틸 바로 이루어진 외부 레일 컨덕터 - 전동 개폐기 및 절연 장치 저전압 배전 - 신호변 장비를 위한 저전압 배전 설비 - 역무 서비스 설비를 위한 저전압 배전 설비 SCADA 연결설비 - 연결설비 연결 저전압 전원 공급 - 전지 및 UPS 시스템 - 110 V DC에서 작동하는 제어 및 비상 전력 공급 장치 기타 - 여러 케이블 설비 - 급지 및 분당 장치 - 표류 역류 전류 귀환 장치	지상 및 선회변 장비 - 지상 제어 장치 - 지상 전신 제어 처리 장치 - 지상 부속 장치 - 지상 공급 설비 - 인버터리스 중개 장치 - 케이블 중간 접속 조인트 - 불차 장크 플라이드 - 비상 장치 버튼 - 조종판 - 데이터 통신 터 - 차량지상 설비간 데이터 통신용 2.4 GHz 송신 안테나 (대역 확산 무선통신 방식) - 차량지상 설비간 데이터 통신용 수신 안테나 (대역 확산 무선통신 방식) - 송수신 안테나에 연결되는 케이블 차량 내부에 설치되는 ATC 장비 - ATP 및 ATO 장치가 들어 있는 VOBBC 레 - 2.4 GHz를 사용하는 데이터 통신 장치 (DUC) - 무선 안테나 - 인버터리스 중개 장치 (IBU) - ATC - PRS로 인터페이스 장치 - 차량 탑재용 무선 장치 - 차량지상용 무선 송출기 (VOBBC 역에 포함) 및 안테나 - 열차 장크 안착 센서 (VOBBC 역에 포함) - 전력 공급 장치 (PSU) - 공기 개폐 유압 장치 - 기압도계	통신 - 개발 역사에 데이터, 음성, 영상 전송을 위한 네트워크를 통한 통신을 노드가 탑재한 디지털 광섬유 SDH 기간 통신 회선, STM-1 채널에서 초당 155.520 Mbps로 통신 - 개발 역사에 데이터, 음성, 비디오를 위한 복합 노드 가입 설치 중앙 제어 장치 - 중앙 제어 장비가 주요 제어 기능들을 수행할 것을, 제어 장비에는 다중과 같은 장치들이 포함됨. - 사이트 탈출 데스크 - 네트워크 관리 인터페이스 - 음성 방향 데스크 - CAD 시스템 - 차량 접근 시스템 영상 기록 - 영상용 전화, 지상 설치 전화 및 엑스용 전화용 - 비상용 긴급 전화용 - 개발 역사의 차량 기지에 음성 및 데이터 전송을 위한 CER 내 주 역선반 - CCTV 카메라, 적외선, 콘술, 배관당 시스템 및 CRT 모니터로 구성된 영상 레코딩 시스템 - 통신사용 CER에 설치되는 전자 교환 시스템 (전자 은행 및 송수 경도화 공학의 음성, 데이터 링크) - 영상용 통신 인터페이스 음성 정보 시스템 - 송신기에 설치되는 LED 모듈이 탑재된 음성 정보 시스템 - GPS로 동기화된 클럭, 클럭은 24V 펄스를 사용한다. - 전 역사의 클럭 주소 관리 시스템 - 통합 사명 설비와 통신하는 3개 역사의 PC를 - GPS로 동기화된 클럭, 클럭은 24V 펄스를 사용한다. - 전 역사의 클럭 주소 PED - PED 모니터 역무 자동화 - 역무 자동화 조종 차선 전류 - 기동 전파력(전파) 통신 조종 - 열차 라디오 시스템 - 열차 라디오 시스템 - 음성, 문자 메시지를 위한 이동 라디오	
표 1 전력 공급 설비			표 2 신호 장비	

표 1 전력 공급 설비

표 2 신호 장비

[그림 5-9] 하부시스템 주요장비 리스트

② 사전위험 요소 도출

- 수집한 자료와 경험, 노하우 등을 통해 해당 시스템에서 발생할 수 있는 모든 EMC 문제를 도출하여야 한다.
- 시스템 내부 장비, 외부 환경요인 등 전체 시스템의 전자파 방출 장비, 취약 장비, 결합 메커니즘을 검토하고, 전자파 장애 문제 발생 시 우려되는 상황을 정리하여야 한다.

번호	해당 시스템	EMC 위험원	초기 위험도			검토의견	경감대책	잔존 위험도			비고	담당
			발생 빈도	심각도	위험도			발생 빈도	심각도	위험도		
PHA-01	전기											
PHA-02	신호											
PHA-03	통신											

[그림 5-10] 전기철도 시스템 사전위험분석 일부

<표 5-5> 타 사업 전기철도 시스템 사전위험분석 일부

번호	서브 시스템	장비 및 전자파 영향성	위험요소 카테고리 (A~D)	검토 의견/ 해당 조치
1	신호	<ul style="list-style-type: none"> - 인증 받지 않은 신호 장비에서 불요 전자파가 발생할 수 있음 - 일부 장비가 EMC 시험을 거치지 않음 	C	<ul style="list-style-type: none"> - 시스템에 포함되는 장비들은 EMC 시험 및 인증을 받아야 함 - EMC 인증에 필요한 장비들의 시험 성적서를 제공하도록 함 - 신호실 내부에 대한 EMC 측정 및 평가가 진행될 것임
2	신호	<ul style="list-style-type: none"> - 신호 장비 전자파에 의해 ATP 오작동이 발생 - 차량의 급정차나 충돌 등이 발생할 수 있음 	B	<ul style="list-style-type: none"> - 신호장비에 대한 EMC 인증 여부 및 EMC 시험 결과를 확인할 것임 - 수전 전, 시운전 단계에서 EMI 측정이 진행됨 - ATP가 오동작이 유발되어도 시스템적으로 열차 방호가 되도록 구성되어 있음
3	신호	<ul style="list-style-type: none"> - 각종 신호선이 고압선과 함께 있을 경우 커플링이 일어날 수 있음 	B	<ul style="list-style-type: none"> - 신호선과 고압선간 규정거리 이상을 이격시켜 커플링 영향을 억제함 - EMC 케이블 설치 가이드라인을 준수하여 설치함 - 국내 규정상 전차선(DC750 V)과 약전케이블의 최소 이격거리는 30 cm로, 현재 설계상 신호선과 전차선간 가장 근접 개소의 이격거리는 89 cm로 기준을 만족함

③ 사전위험 분석 회의 개최

장비 중에서 EMC에 영향이 있는 위험원에 대한 논의가 이루어져야 한다. 참석 인원은 각 하부시스템별(전기, 신호, 통신 등) 설계자 및 관련 전문가가 그 중 EMC 전문가는 2명 이상 참석을 하여야 한다. 회의내용에서는 하부 시스템에서 발생 가능한 EMC 문제를 검토하고 도출하여야 하며, 발생 빈도 및 심각도에 의한 초기 위험도를 평가하여야 한다.

④ 위험도 평가

EMC 사안의 중요성 정도를 파악하기 위해 위험도 평가를 실시한다. 초기 위험도는 아무런 경감대책이 반영되지 않은 상태에서의 위험도로 경감대책을 제외하고 평가를 하여야 한다. 잔존 위험도는 저감 대책이 반영되었다는 가정하에 위험도 평가를 실시한다. 잔존 위험도 등급이 A, B일 경우에는 추가적인 경감대책이 필요하다. 위험도 평가 기준은 위험원의 발생 빈도, 발생 시 사고의 심각도의 조합으로 정의된다. (*IEC 62278)

* IEC62278 : 철도용 전기설비의 신뢰성, 가용성, 유지 보수성, 안전성 (RAMS) 관련 시방서 및 설명서

[그림 5-11]은 위험도 예시이며, 등급별로 분류가 달라질 수 있다.

구분	정성적 설명	정량적 설명	정량적 기준 (연간 발생건수)
F6	매우 자주 발생	특정장소에서 자주 발생하는 경우	연간 100회 이내
F5	빈번한 발생	선로구간 내에서 자주 발생하는 경우	연간 10 ~ 100 회
F4	발생 가능성이 있음	선로구간 내에서 1회 혹은 2회 발생가능 한 경우	연간 1 ~ 10 회
F3	때때로 발생함	선로구간 내 뿐만 아니라 관련 산업분야에서 다수 발생	10년 1회 ~ 1년 1회
F2	발생 가능성이 희박함	관련 산업분야 내에 1회 혹은 2회 발생하는 경우	100년 1회 ~ 10년 1회
F1	발생할 수 없음	관련 산업분야 내에 발생한 적이 거의 없는 경우	100년 1회 이하

「발생빈도」

구분	등급	C1	C2	C3	C4	C5	C6
		무시할만한	경미한	주요한	중대한	치명적인	재난
결과 (서비스)	서비스 지연	10분 미만	10분 이상 ~ 20분 미만	20분 이상 ~ 2시간 미만	2시간 이상 ~ 8시간 미만	8시간 이상 ~ 1일 미만	1일 이상
결과 (안전성)	사망	0	0	0	1≤ and <2	2~10	> 10
	중상	0	0	≥ 1			
	경상	0	≥ 1				

「심각도」

발생빈도 분류	심각도 분류	C1	C2	C3	C4	C5	C6
		무시할 만한	경미한	주요한	중대한	치명적인	재난
F6	매우 자주 발생	B	B	A	A	A	A
F5	빈번한 발생	C	B	B	A	A	A
F4	발생 가능성이 있음	C	C	B	B	A	A
F3	때때로 발생함	D	C	C	B	B	A
F2	발생 가능성이 희박함	D	D	C	C	B	B
F1	발생할 수 없음	D	D	D	C	C	C

「위험도 평가 매트릭스」

위험도 등급	설 명
A	반드시 제거되거나 허용 가능한 수준으로 위험도를 감소시켜야 함
B	추가적인 경감대책이 존재하지 않거나 존재하더라도 철도산업에 적용된 사례가 없을 경우 발주자의 동의를 통해 수용될 수 있음
C	경감대책은 존재하나 적용사례가 제한적이고 비용 대비 효과가 적어 실행 가능하지 않으며, 현재 위험도가 유사시스템과 동일한 경우 발주자의 동의를 통해 수용될 수 있음
D	별도의 동의 없이 수용 가능함

「위험도 기준」

[그림 5-11] 타 철도시설의 위험도 평가 예시

⑤ 위험 로그 관리

사전위험 분석을 통하여 도출된 위험원과 경감대책을 각 하부시스템에 전달하여 설계 및 제작 시 반영되도록 하여야 한다. 단계별 V&V (Verification and Validation)를 실시하여 도출된 위험원에 대한 경감대책이 각 하부시스템에 설계 및 제작 반영되었는지 확인을 하여야 한다.

도출된 해당 위험원의 모든 경감대책이 적용되어 위험도가 목표 수준으로 낮아지면 위험 로그 관리를 종료한다. 만일 적용이 불가능한 경감대책의 경우

추가적인 검토를 진행하여야 한다.

⑥ 저감 방안 검토

EMC 전문가 및 각 시스템 분야 전문가와 함께 시스템에 적용 가능한 저감 방안을 검토하여야 한다.

예시1) 케이블과 관계된 위험원의 경우는 광케이블 사용 여부, 차폐 케이블 사용 여부, 케이블 종류별 이격 거리를 검토하여야 한다.

예시2) 복사성 방출 노이즈에 대한 위험원의 경우는 전기철도표준 규격 EMC 시험 및 인증 여부 확인, 차폐 등 복사성 방출 대책이 적용되었는지를 검토하여야 한다.

예시3) 전도성 방출 노이즈에 대한 위험원의 경우는 전기철도표준 규격 EMC 시험 및 인증 여부 확인, 필터 설치 등 전도성 방출 대책이 적용되었는지를 검토하여야 한다.

⑦ 보고서 작성

보고서에 포함되어야 할 내용은 개요, 목적, 적용 범위, 주요장비, 평가방법 등을 작성하여야 하며, 초기/잔존 위험도, 검토 의견, 저감 방안을 포함한 위험원 전체에 대한 내용이 포함되어야 한다. 또한, 사전위험 분석 회의 일시, 장소, 참석자 리스트도 포함이 되어야 한다.

제 6 장 안전관리 기술자 인력양성

1. 목적

최근 지능정보화 기술의 발달로 전자 기기들이 복합적으로 결합하여 설치되는 경우가 많다. 이와 같은 복합설비시설로부터 발생하는 전자파가 다른 기기 및 서비스에 영향을 주며, 전자파 영향이 안전의 문제로 연결될 수 있으므로 복합설비의 전자파 안전관리 산업 육성을 위한 기반이 마련되어야 한다. 복합설비의 전자파 안전관리는 전문기술자에 의해 실시되어야 하므로 체계적인 인력양성 프로그램 운영이 필요하다. 그 방안으로 전자파 안전관리 전문기술자 육성을 위한 프로그램을 개발하고 실제 교육을 위한 교재개발 및 활용 가이드를 제공하여 전자파 안전관리 분야 기술자 양성 프로그램 운영을 통해 전자파 안전관리 분야의 활성화·전문화 및 인식제고를 기대하고자 한다.

2. 교과 개요

<표 6-1> 전자파 안전관리 기술자 양성 프로그램

번호	강의 명	강의 주요내용
1	전자파 환경공학	<ul style="list-style-type: none"> • 안테나 기본 개념 및 전파 • EMI/EMC 안테나 • 안테나 측정 및 응용
2	EMC 감리제도	<ul style="list-style-type: none"> • 법령에서의 감리 제도 • 정보통신 감리제도 현황 및 전망 • 감리 실무 • 전자파 안전관리 감리 도입
3	전자파 시스템 엔지니어링 안전관리	<ul style="list-style-type: none"> • 전자파 시스템엔지니어링 개념 및 정의 • 전자파 안전제도 개요 및 시스템엔지니어링(SE) • 전자파 시스템엔지니어링을 위한 EMC 엔지니어의 역할 • 안전제도의 의미와 개념
4	전자파 위험요소관리	<ul style="list-style-type: none"> • 전자파 관리 개요 • 위험요소 도출 및 평가 • 사전위험 및 고장영향 분석 • 위험로그(Hazard log) 관리 • 위험로그 저감활동 및 결과확인
5	전자파 안전관리 대책기술	<ul style="list-style-type: none"> • 노이즈 대책 기본 및 응용 부품 • 전원회로의 EMC 대책 • 차폐, 접지 및 본딩, 케이블링 개요 • PCB, 시스템에서의 EMI 대책 • EMC 대책 사례
6	전자파 안전관리 측정	<ul style="list-style-type: none"> • 전자파 노이즈 발생원 분석 • 전자파 안전관리 요구조건 • 시설 설치 전, 후 전자파 측정 방안 • 전자파 안전관리 EMI 측정 방법 • 전자파 안전관리 EMS 측정 방법

(1) 전자파 환경공학

최근, 정보통신기술의 급격한 발전으로 정보통신기기의 개발과 사용량이 급증하고 있는 4차 산업사회가 도래함에 따라 전자파에 의한 자동차 급발진, 휴대전화 사용자의 전자파 인체영향 가능성이 이슈화 되면서 전자파에 대한 관심이 높아지고 있다. 전자파 문제는 지속적인 현상으로 일어날 수도 있지만 간헐적 과도현상에 의해서 발생될 수도 있고, 때와 장소를 예정할 수 없는 경우가 많기 때문에 발생 이후 대책을 세우기는 매우 어렵다. 이러한 관점에서 전자파 환경공학은 이러한 기기와 기기 간의 전자파 영향인 EMI/EMC, 기기와 인체간의 전자파 영향인 EMF에 대한 기초지식을 제공한다. 본 강의에서는 전자파 안전관리 전문 기술자 육성을 위해 주파수의 정의, 전파의 정의, 전자파의 분류 및 특성, EMI/EMC의 개념, EMF의 개념, 전자파전달 및 전자기장 강도에 대해 배우며, 생활속 제품에 대한 전자파 측정 실습을 통해 전자파에 대한 이해 및 지식능력을 배양하는 것을 목표로 한다.

(2) EMC 감리제도

최근 통신관련 자료 등에서 화두는 4차 산업혁명, 5G, ICBM, 자율운행, 로봇 등이며 ICT(Information and Communication Technologies) 기술의 발전으로 새로운 기기와 시스템이 생겨났고, 이러한 신기술의 기기들은 산업, 사회기반시설, 건축물, 가정 등에 다양한 형태로 융합되어 생산성을 높이고 편리한 생활에 이용되고 있으며 새로운 아이디어로 지속적 발전하게 될 것임에 틀림이 없다. 본 강의에서는 정보통신시설의 건설에 있어서 관계되는 법령, 고시, 규정, 지침, 방침, 공법, 품셈 등과 발주자, 설계사, 시공사, 감리사 간 업무한계, 협업 등에 대하여 서술과 각종공사와 관련되는 사항은 개략적 설명하였으므로, 세부적인 내용은 추가학습이 필요하며, 이해를 돕기 위하여 실무에서 적용된 시방서와 설계서 내용중 일부를 발췌하여 소개하고 발주처 기획, 설계, 시공, 감리 등 기술자가 관계법령, 공사업법, 설계기준, 공법, 감리제도를 준수하여 목적물을 안전하게 건설하여야 할 것이며, 가장 중요한 것은 지속적인 발전을 위한 기술연구발전과 고급기술자 양성을 목표로 한다.

(3) 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리

건축, 토목공사 등에서 그 공사가 설계대로 이루어지는지를 확인하기 위해 감리제도를 두고 있다. 감리자는 품질관리, 안전관리 등에 대한 기술 지도도 해야 하며, 공사가 발주자의 위탁에 따라, 그리고 관련법령에 위배되지 않게 이루어지도록 하는 책임을 지고 있으며, 공사 발주자를 대신해서 공사감독을 수행하고 있다. 이에 전자파 안전관리 제도를 정립하기 위해서는 전자파 안전관리 감독을 수행할 수 있는 전자파 안전관리 감리자 양성을 위해 엔지니어링 개념 및 전자파와의 관계, 전기 통신 건축 등에서 감리제도는 어떻게 반영되어 있는지, 감리제도 관련 국제표준, 산업현황 등에 대한 전문 지식 능력을 배양하는 것을 목표로 한다.

(4) 전자파 위험요소 관리

우리 생활 주변이나 산업 현장 등에서 사용되는 각종 제품들은 대부분 제품 동작에 따른 전자파가 발생되게 된다. 이렇게 발생한 전자파의 세기가 높아질 경우에는 주변에서 사용되는 기기에 전자파 간섭을 유발하여 오동작이 발생될 수 있다. 뿐만 아니라, 이들 전자파가 무선통신이 이루어지는 주파수 대역에 존재하게 되면 무선통신 신호와 간섭을 일으켜 통신 문제를 일으킬 수 있으므로 이러한 문제 방지를 위하여 국제적으로 제품의 전자파 방출량에 대한 규제가 시행되고 있다. 그리고 인체 근접사용 무선제품에 대하여 적용되는 전자파흡수율(SAR) 기준은 인체 노출부위별로 “전신노출”과 “국부노출”에 대한 기준이 구분되며 다양한 제품 또는 시스템에서 발생하는 전자파에 대하여 인체노출 부분도 관리되어야 한다. 본 강의에서는 전자파로 인하여 다양한 형태의 오동작 또는 다양한 제품 또는 시스템에서 발생하는 전자파에 대하여 인체노출 부분으로 인한 사고 예방을 목표로 한다.

(5) 전자파 안전관리 대책기술

현대사회는 다양한 신기술이 도입되고 많은 전기/전자 제품들이 쏟아지고 있다. 이러한 기술 발전으로 인해 우리의 삶은 보다 윤택해지고 편리해지고 있지만 전파의 사용이 많아지고 다양한 융·복합 제품이 나오면서 역효과로 전자파 문제가 커져가고 있다. 특히, 여러 기기와 시스템이 결합된 복합

시스템은 단품 기기에 적용되던 전자파 대책기술과 상이한 부분이 많다. 본 강의에서는 전자파 안전관리를 위한 차폐, 접지, 필터, 본딩 등 여러 가지 대책기법에 대한 이론적인 배경과 실제 적용 방법에 대하여 배운다. 더불어 안전관리를 위한 전자파 현장 측정 영향 분석, 차폐 및 전원 필터 설계, 케이블 배선 등에 대해 습득하여 전자파 안전관리 대책 및 검증 능력을 배양하는 것을 목표로 한다.

(6) 전자파 안전관리 측정

전자파 환경(Electromagnetic Environment)은 임의의 장소에서 존재하는 모든 전자기적 현상의 총체이며, 여기에는 자연 전자파 노이즈와 인공 전자파 노이즈가 포함된다. 특히, 인공 전자파 노이즈에는 통신, 방송, 레이더 등이나 고주파 이용 등에서 발생하는 부차적인 노이즈와 전동 응용기기, 고전압 기기, 전기 접점 기기, 반도체 응용 제어기 등에서 발생하는 노이즈가 있다. 임의의 환경에 배치된 전자장비 및 기타 요인에 따라 전자파 환경은 다양하게 나타나고 있다. 이러한 주변의 전자파 환경을 정확하게 진단할 수 있어야만 향후 발생 가능한 전자파로 인한 문제를 사전에 예방할 수가 있으며, 전자파 안전관리를 달성할 수 있다. 본 강의에서는 전자파 환경 측정기구 및 측정 방법을 이해하고 실제 장비를 활용한 현장평가를 통하여 전자파 안전관리 측정을 수행할 수 있는 능력을 배양하는 것을 목표로 한다.

3. 교과 과정

- 강의는 대면 교육이 원칙이지만 코로나-19에 따른 방역대책 마련을 위하여 코로나지침(사회적 거리두기)에 따라 비대면으로 온라인 교육을 진행하였다.
 - 비대면 강의는 수강생들이 효율적으로 수업을 수강할 수 있도록 온라인 동영상(녹화본) 강의자료를 마련하였다.
- 강사 선정은 각 과목별 '19년 구축된 전문 강사 인력풀 등을 참고하여 15년 이상 경력자를 교육 강사로 섭외하였다.
- 강의는 총 153시간에 걸쳐 6과목을 교육하였으며 수업과목과 일정은 <표 6-2>와 같다.

<표 6-2> 전자파 안전관리 기술자 양성 프로그램 교과목

구분	교과목	계획	일	시간
전문 교육	전자파 환경공학	8/10(월)~14(금)	5	24시간/week
	EMC 감리제도	8/24(월)~28(금)	5	24시간/week
	전자파 시스템 엔지니어링 안전관리	9/7(월)~11(금)	5	36시간/week
	전자파 위험요소 관리	9/21(월)~25(금)	5	25시간/week
	전자파 안전관리 대책 기술	10/12(월)~15(금)	5	19시간/week
	전자파 안전관리 측정	11/9(월)~13(금)	5	25시간/week
합계	6개 과목	-	30	153 시간

- 수강생 모집은 전자과학회에서 소속 회원 및 회원사에게 단체메일 송부하고 홈페이지 공지를 활용하여 홍보를 진행하였다.
- 전자과학회에서 인력구성을 지정한 대상기관(한국정보통신시험기관협회, 한국정보통신감리협회, 한국정보통신공사협회 등)에 안내
 - 수강생 모집 관련 공고문은 [그림6-1]과 같이 공지하였다.
 - 1차 모집 (20. 6. 22. ~ 30)
 - 2차 모집 (20. 7. 7. ~ 14)

‘전자파 안전관리 기술자 교육’ 수강생 모집요강

□ 목적

- 전자파 안전관리 분야 기술자 양성 프로그램을 통해 전자파 안전관리분야 활성화·전문화 및 인식제고 기대

□ 교육개요

- 교육명 : 전자파 안전관리 기술자 교육
- 주최/주관 : 국립전파연구원 / 한국전자파학회
- 교육기간(예정) : 2020년 8월 - 11월
 - * 수강일정은 교육생 모집 후, 코로나-19 상황을 고려하여 세부 수강일정 통보 예정
- 모집정원 : 총 36명(예산 범위에 따라 변동 가능)
- 지원자격 : 1. 방송통신기자채용 시험기관 방송통신분야 4년 이상 종사자
2. 학사학위 취득후 정보통신전자전자안전관리 분야 4년 이상 종사자
3. 전문학사 취득후 정보통신전자전자안전관리 분야 6년 이상 종사자
- 선발기준 : 해당분야 경력(60%), 자기소개서(40%)
- 교육장소(예정) : 한국전파진흥협회 (코로나-19에 따른 방역대책 마련)
- 교육비 : 무료(강의자료 및 점심 제공)
- 교육과정 : 6과목, 총 153시간[붙임 1, 2 참조]
 - * 교육생 모집완료 후, 코로나-19 상황에 맞게 교육 실시 예정
- 수료기준 : 출석(25%)과 퀴즈(25%), 시험점수(50%)를 합산하여 최소 80점 이상

□ 신청방법

- 신청기간 : 2020년 7월 7일(화) - 7월 14일(화) 18:00
- 신청방법 : 인터넷 접수(E-mail: happy00@kiees.or.kr)
 - [붙임 3 지원서 및 자기소개서], [붙임 4 개인정보 이용·제공 동의서]를 작성하여, 상기 이메일 주소로 송부

□ 제출서류

- 전자파 안전관리 기술자 교육 신청서 및 동의서 각 1부 [붙임 3][붙임 4 참조]
- 합격생에 한해 지원자 이메일로 추후 별도 통보

[붙임 1] 전자파 안전관리 기술자 교육 강의계획(안)

[붙임 2] 전자파 안전관리 기술자 교육 시간일정

[그림 6-1] 수강생 모집요강

○ 전자과 안전관리 기술자 교육 강의계획서를 [그림 6-2]와 같이 마련하였다.

전자과 안전관리 기술자 수강계획표							
월	시간	1차 강의	월(8/10)	화(8/11)	수(8/12)	목(8/13)	금(8/14)
8월	1	09:00~09:50					
	2	10:00~10:50	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학
	3	11:00~11:50	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학
	4	13:00~13:50	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학
	5	14:00~14:50	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학
	6	15:00~15:50	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학	전자과 환경공학
	7	16:00~16:50					총 : 24시간
	8	17:00~18:00					
월	시간	2차 강의	월(8/24)	화(8/25)	수(8/26)	목(8/27)	금(8/28)
8월	1	09:00~09:50					
	2	10:00~10:50	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도
	3	11:00~11:50	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도
	4	13:00~13:50	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도
	5	14:00~14:50	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도
	6	15:00~15:50	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도	EMC 감리제도
	7	16:00~16:50					총 : 24시간
	8	17:00~18:00					
월	시간	3차 강의	월(9/7)	화(9/8)	수(9/9)	목(9/10)	금(9/11)
9월	1	09:00~09:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	2	10:00~10:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	3	11:00~11:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	4	13:00~13:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	5	14:00~14:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	6	15:00~15:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	7	16:00~16:50	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
	8	17:00~18:00	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술	전자과 안전관리 대책기술
							총 : 36시간
월	시간		월(9/21)	화(9/22)	수(9/23)	목(9/24)	금(9/25)
9월	1	09:00~09:50					
	2	10:00~10:50	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리
	3	11:00~11:50	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리
	4	13:00~13:50	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리
	5	14:00~14:50	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리
	6	15:00~15:50	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리	전자과 위험요소관리
	7	16:00~16:50					총 : 25시간
	8	17:00~18:00					
월	시간		월(10/12)	화(10/13)	수(10/14)	목(10/15)	금(10/16)
10월	1	09:00~09:50					
	2	10:00~10:50	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리
	3	11:00~11:50	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리
	4	13:00~13:50	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리
	5	14:00~14:50	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리	전자과 시스템 엔지니어링 안전관리
	6	15:00~15:50					총 : 19시간
	7	16:00~16:50					
	8	17:00~18:00					
월	시간		월(11/09)	화(11/10)	수(11/11)	목(11/12)	금(11/13)
11월	1	09:00~09:50					
	2	10:00~10:50	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정
	3	11:00~11:50	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정
	4	13:00~13:50	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정
	5	14:00~14:50	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정
	6	15:00~15:50	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정	전자과 안전관리 측정
	7	16:00~16:50					총 : 25시간
	8	17:00~18:00					

[그림 6-2] 전자과 안전관리 기술자 양성 프로그램 시간표

4. 비대면 온라인 교육 마련

- 전문성 있는 비대면 온라인 교육을 위해 강의 사이트 임대하여 교육을 진행 하였다.
 - 업 체 명 : 브이스퀘어
 - 수강 사이트 주소 : <https://kiees.cloudlms.org>
- 강의 사이트의 접속 방법 및 주요 기능은 아래 항목과 같다.
 - 계정등록을 위해 수집한 구글계정을 아이디로 활용하고 초기비밀번호를 본인 핸드폰 '뒷자리!'로 설정 후 개인변경 가능하게 하였다. 그리고 사이트 개별 계정을 생성 후 수강생들에게 분배하였다.
 - 수강생의 각 계정의 IP확인을 통해 실시간 로그인 정보를 모니터링 할 수 있다.
 - 실시간 출석 확인 및 강의 진행 현황을 수강생 및 관리자가 확인 가능하며 수강 영상 중간에 수강확인용 퀴즈를 삽입하여 집중도 높은 수업을 진행하였다.
 - 비대면 종합평가 진행 가능하며 평가 및 출결관리를 총괄적으로 관리 할 수 있고, 부정시험에 대한 로그를 확인하여 시험의 공정성을 확보 하였다. (동시 접속 사이트 로그 확인 가능)
- 온라인 학습 방법은 제공된 계정으로 로그인하여 [그림6-3]과 같이 주차에 맞는 수강 과목을 선택하여 수강한다. 모든 강의자료를 끝까지 시청해야 출석으로 인정되며, 강의자료 중간에 시청확인 안내문을 추가하여 강의 집중도를 높였다.



[그림 6-3] 강의사이트 메인화면

- [그림6-4]와 같이 강의자료 시청가능 기간 및 출석인정 시간이 표시되며, 현재 수강 진행도를 확인할 수 있다. 진행도 100%를 달성하면 출석으로 인정하였다.

1회 3차 비대면 수강 - 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리_			
정기범대표님			
INTRO_정기범	2020-09-01 00:00:00 2020-09-20 23:59:59	100% 학습시간 00:00:09	학습하기
1강	2020-09-01 00:00:00 2020-09-20 23:59:59	0.8% 학습시간 00:00:15	학습하기
2강	2020-09-01 00:00:00 2020-09-20 23:59:59	0% 학습시간 00:00:24	학습하기
3강	2020-09-01 00:00:00 2020-09-20 23:59:59	4.6% 학습시간 00:01:09	학습하기

[그림 6-4] 강의자료 학습시작 및 진행률

목차

5강 기술 관리 프로세스

5.1 프로젝트 계획 수립 프로세스

5.2 프로젝트 평가 및 통제 프로세스

5.3 의사결정 관리 프로세스

5.4 리스크 관리 프로세스

5.5 항상 관리 프로세스

5.6 정보 관리 프로세스

5.7 확장 프로세스

5.8 품질보증 프로세스

6강 합의 프로세스

6.1 획득 프로세스

6.2 공급 프로세스

7강 조직 프로젝트 인에이블링 프로세스

7.1 수명주기 모델 관리 프로세스

7.2 인프라 관리 프로세스

7.3 포트폴리오 관리 프로세스

7.4 인력 자원 관리 프로세스

7.5 품질 관리 프로세스

7.6 지식 관리 프로세스

3차 비대면 수강 - 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리_ 정기범대표님

03:43:00

INTRO_정기범 00:00:00

1강 00:31:00

2강 00:27:00

3강 00:25:00

4강 00:29:00

5강 00:25:00

6강 00:25:00

7강 00:30:00

[그림 6-5] 강의자료 시청

- [그림6-6]과 같이 매 강의의 차시마다 학습 증진을 위해 퀴즈를 추가하고 채점하여 출석 점수에 반영하였다.

이름	학생 구분	학과/부서	학년	진도율	시험
김종식 (samuelkeum@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	25 / 25
김남진 (kimnj9015@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	24 / 25
김완 (wan82.kim@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	25 / 25
김우식 (Kwsm861@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	25 / 25
김일신 (kis10425@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	25 / 25
나승관 (a67674520@gmail.com)	재학생(정규)	-	-	100%	25 / 25

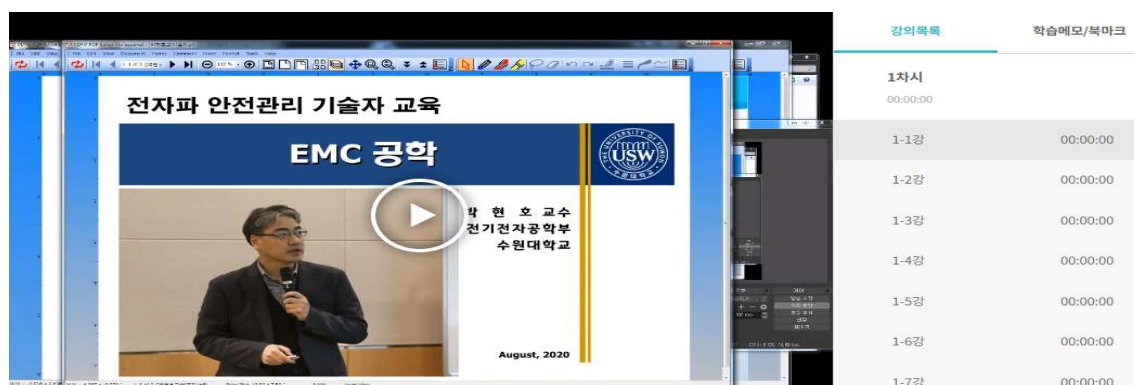
문제 그룹명	5-4강 Quiz 답안제출		
용도제한	제한없음		
문항수	1 개		
문제 묶음	1개씩 묶음		
문제	문제 카테고리	미지정	
	문제 유형	객관식	
	난이도	최하	
	정답파일	-	
문제	문제	5-4) 시험 와이어 방법에서 금속결지면에 150Ω을 연결하는 방법은 몇 가지인가?	
	보기	<input type="checkbox"/> 1가지 <input type="checkbox"/> 2가지 <input checked="" type="checkbox"/> 3가지 <input type="checkbox"/> 4가지	
	해설		
	사용	사용중	

[그림 6-6] 퀴즈 제출 및 확인

- 1차 강의는 “전자파 환경공학” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 93.82점으로 세부내용은 <표 6-3>과 같다.
- 1차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-7]과 같이 진행되었다.

<표 6-3> 1차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
1차강의 전자파 환경공학	이행선 (전자기학)	서강대학교 (교수)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			1-6강	100 %
			1-7강	100 %
			1-8강	100 %
	윤영중 (안테나공학)	연세대학교 (교수)	2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			2-6강	100 %
			2-7강	100 %
			2-8강	100 %
	박현호 (EMI/EMC)	수원대학교 (교수)	3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			3-6강	100 %
			3-7강	100 %
			3-8강	100 %



[그림 6-7] 전자파 환경공학 강의자료 시청 영상

- 2차 강의는 “EMC 감리제도” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 98.66점으로 세부내용은 <표 6-4>과 같다.
- 2차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-8]과 같이 진행되었다.

<표 6-4> 2차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
2차강의 EMC 감리제도	김용수	안세기술 (상무)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			4-1강	100 %
			4-2강	100 %
			4-3강	100 %
			4-4강	100 %
			4-5강	100 %
			5-1강	100 %
			5-2강	100 %
			5-3강	100 %
			5-4강	100 %

EMC 감리제도

서론

서론
최근 통신관련 자료 등에서 화두는
4차 산업혁명의 ICBMS [사물인터넷(IoT, Internet of Things) · 클라우드(Cloud) · 빅데이터(Big data) · 모바일(Mobile) · 보안(Security), 5G, 자율운행, 로봇, 등이며

ICT(Information and Communication Technologies) 기술의 발전으로 새로운 기기와 시스템이 생겨났고, 이러한 신기술의 기기들은 산업, 사회기반시설, 건축물, 가정 등에 **다양한 형태로 융합되어** 생산성을 높이고 편리한 생활에 이용되고 있으며 새로운 아이디어로 지속적 발전하게 될 것임에 틀림이 없다.

새로운 기기, 시스템은 EMC관련 문제가 발생할 것이며 모두 해결해야 할 문제들이다.

1차 산업혁명	2차 산업혁명	3차 산업혁명	4차 산업혁명
18C	19~20C초	20C후반	21C초
증기기관 기반 기계화혁명	전기에너지 기반 대량생산 혁명	컴퓨터, 인터넷 기반, 지식 정보 혁명	AI, ICBMS 등 정보기술기반, 초연결 혁명

강의목록

학습메모/북마크

1차시
00:00:00

1-1강 00:00:00

1-2강 00:00:00

1-3강 00:00:00

1-4강 00:00:00

1-5강 00:00:00

2차시
00:00:00

3차시

[그림 6-8] EMC 감리제도 강의자료 시청 영상

- 3차 강의는 “전자파 시스템 엔지니어링 안전관리” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 95.02점으로 세부내용은 <표 6-5>과 같다.
- 3차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-9]와 같이 진행되었다.

<표 6-5> 3차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
3차강의 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리	정기범	이앤알 (대표)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			1-6강	100 %
			1-7강	100 %
			1-8강	100 %
			2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			2-6강	100 %
			2-7강	100 %
			2-8강	100 %
			3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			3-6강	100 %
			3-7강	100 %
			3-8강	100 %
			4-1강	100 %
			4-2강	100 %
			4-4강	100 %
			4-5강	100 %
			4-6강	100 %
			4-7강	100 %
			4-8강	100 %
			5-1강	100 %
			5-2강	100 %
			5-3강	100 %
			5-4강	100 %

PHYSICAL AND CONCEPTUAL COMPONENTS OF ENGINEERED SYSTEMS

- 엔지니어링된 시스템에는 제품/서비스 및 기업이 포함되고, 하드웨어, 펌웨어, 프로세스, 사람, 조직, 거버넌스 구조, 정보, 지식, 기술, 설비, 서비스, 기타 지원 요소 및(대개 수평면) 자연요소가 포함될 수 있음.
- 엔지니어링된 시스템의 “시스템 엔지니어링”에서 중요한 작업은 의도하지 않은 부정적인 결과를 피하면서 시스템을 어떻게 사용하여 가치를 창출할 것인가라는 확인개념을 설정하거나 확인하는 것.
- 그러므로 시스템 엔지니어링은 개념적 시스템과 물리적 시스템을 모두 포함하며, 엔지니어링된 시스템은 거의 예외 없이 내적적 요소와 개념적 요소를 모두 포함함.
- 순환한 “물리적 시스템”의 경우에도 설계에 내장된 개념을 더하여 시스템을 사용할 수 있는 한, 예를 들어, 시스템 사용 방법, 커가터가 방법, 시스템의 어느 부분이 안전한지, 조건이 있을 때 만지기 안전한지에 대해 사용자에게 의미를 전달하는 기호, 색상, 모양 및 기타 사항 등.
- 시스템 엔지니어링에는 종종 개념 시스템(현재 문제 상황의 모델, 알려진 문제 또는 기회, 그리고 예상되는 미래 솔루션과 그것이 문제 상황에 미칠 영향)을 산출함.
- 일단 제안된 솔루션의 개념 모델이 문제 상황을 해결하거나 개선할 충분한 가능성을 가지고 있다는 것이 입증되면 그 개념 모델은 물리적 시스템의 청사진이 됨.

26

03:43:00

INTRO_정기범	00:00:00
1-1강	00:31:00
1-2강	00:27:00
1-3강	00:25:00
1-4강	00:29:00
1-5강	00:25:00
1-6강	00:25:00
1-7강	00:30:00
1-8강	00:31:00

- 114 -

- o 4차 강의는 “전자파 위험요소 관리” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 99.01점으로 세부내용은 <표 6-6>과 같다.
- o 4차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-10]과 같이 진행되었다.

<표 6-6> 4차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
4차강의 전자파 위험요소 관리	김보현	한국건설 생활시험 연구원 (책임)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			4-1강	100 %
			4-2강	100 %
			4-3강	100 %
			4-4강	100 %
			4-5강	100 %
			5-1강	100 %
			5-2강	100 %
			5-3강	100 %
			5-4강	100 %
			5-5강	100 %

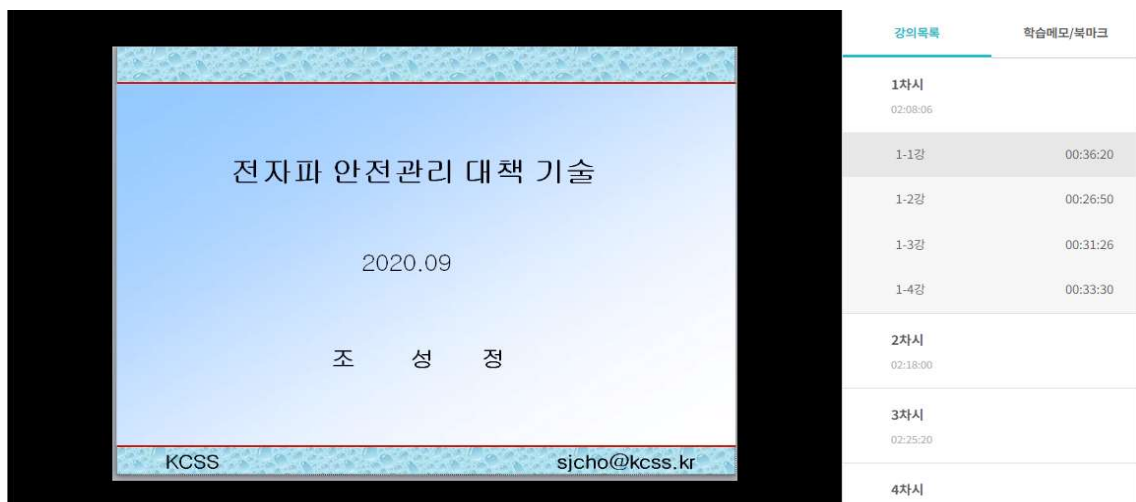


[그림 6-10] 전자파 위험요소 관리 강의자료 시청 영상

- 5차 강의는 “전자파 안전관리 대책기술” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 84.47점으로 세부내용은 <표 6-7>과 같다.
- 5차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-11]과 같이 진행되었다.

<표 6-7> 5차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
5차강의 전자파 안전관리 대책 기술	조성정	KCSS (대표)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			4-1강	100 %
			4-2강	100 %
			4-3강	100 %
			4-4강	100 %



[그림 6-11] 전자파 안전관리 대책기술 강의자료 시청 영상

- o 6차 강의는 “전자파 안전관리 측정” 과목으로 진행 사항은 수강생 수강률 100%, 퀴즈 평균점수 91.55점으로 세부내용은 <표 6-8>과 같다.
- o 6차 강의에 대한 수강생 강의 시청은 [그림 6-12]과 같이 진행되었다.

<표 6-8> 6차 강의 수강 차시 및 수강률

강의	강사	소속	수강 차시 및 수강률	
6차강의 전자파 안전관리 측정	김희수	원주의료기기 테크노벨리 (본부장)	1-1강	100 %
			1-2강	100 %
			1-3강	100 %
			1-4강	100 %
			1-5강	100 %
			2-1강	100 %
			2-2강	100 %
			2-3강	100 %
			2-4강	100 %
			2-5강	100 %
			3-1강	100 %
			3-2강	100 %
			3-3강	100 %
			3-4강	100 %
			3-5강	100 %
			4-1강	100 %
			4-2강	100 %
			4-3강	100 %
			4-4강	100 %
			4-5강	100 %
			5-1강	100 %
			5-2강	100 %
			5-3강	100 %
			5-4강	100 %
			5-5강	100 %

강의목록 학습메모/책마크

1차시 01:19:40

1-1강 00:14:10

1-2강 00:14:40

1-3강 00:15:50

1-4강 00:19:00

1-5강 00:16:00

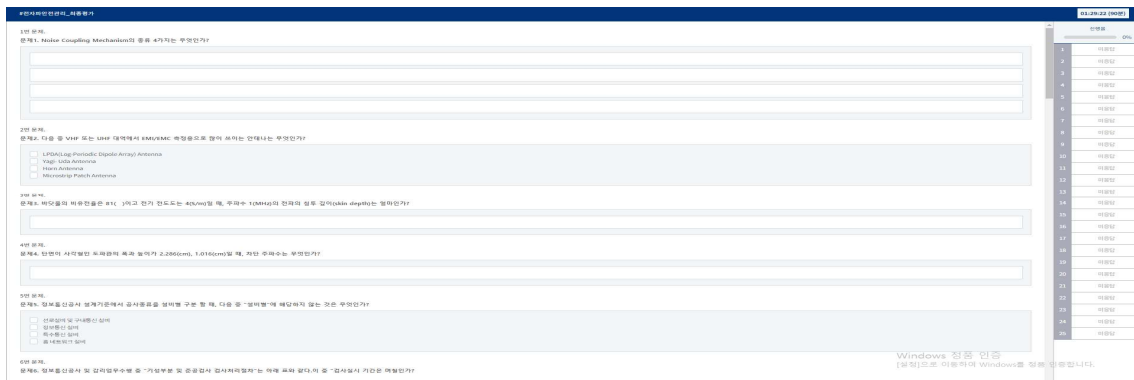
2차시 02:01:10

3차시 01:45:45

[그림 6-12] 전자파 안전관리 측정 강의 료 시청 영상

5. 최종 평가 및 수료

- 최종 평가는 온라인으로 진행하였고, 아래 일시에 진행하였다.
 - 일시 : 12월 09일(수), 오전 10:00 ~ 11:30분 (총 90분)
- 평가 문제는 강의 시간을 고려하여 각 강의 강사에게 요청하여 선정하였으며 세부내용은 아래 항목과 같다.
 - 1차 전자파 환경공학 : 박현호, 윤영중, 이행선 (각 3문제씩 총 9문제)
 - 2차 EMC 감리제도 : 김용수 (8문제)
 - 3차 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리 : 정기범 (10문제)
 - 4차 전자파 위험요소 관리 : 김보현 (8문제)
 - 5차 전자파 안전관리 대책 기술 : 조성정 (8문제)
 - 6차 전자파 안전관리 측정 : 김희수 (8문제)
- 총 51문제 중 25문제를 선정하여 최종 평가 문제를 출제하였다.
- 평가 문제 출제
 - 객관식 : 9문제 (각 3점)
 - 단답형 : 14문제 (각 4점)
 - 서술형 : 2문제 (각 8.5점)
 - 시험 참여율 : 100%
 - 시험 전체 평균 점수 : 87.58점



[그림 6-13] 최종 평가 진행 화면

○ 수료 기준 및 수료생 집계

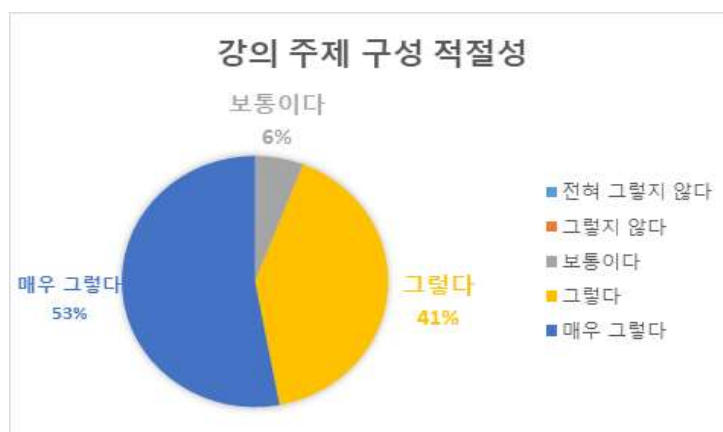
- 전자과 안전관리 기술자 수료생 선발 회의를 서면으로 개최하여 심사를 통해 수료생 선발하였으며, 기준은 출석(25%) + 퀴즈 (25%)와 최종 평가점수(50%)를 합산하여 80점 이상이면 수료생으로 인정하였다. 그 결과 총 36명 중 36명 수료하였다.

○ 전자과 안전관리 기술자 양성 교육의 수강생을 대상으로 설문 조사를 진행하였다.

- [첨부 1]의 설문 조사는 온라인으로 진행되었으며 항목은 아래와 같다.

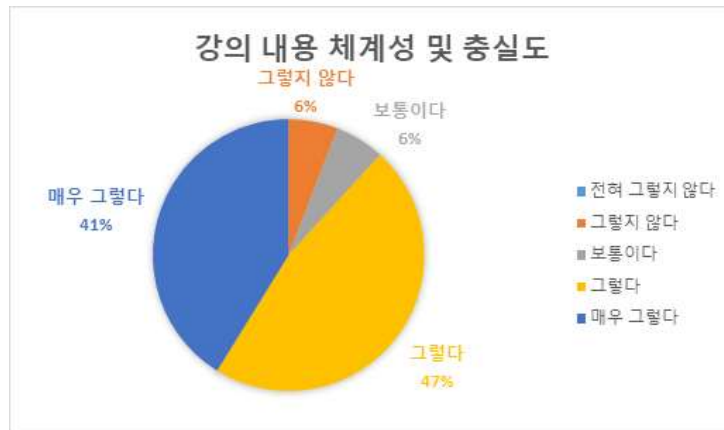
- 1)기본사항
- 2)프로그램 만족도
- 3)교육 만족도
- 4)온라인 학습 만족도
- 5)기타 사항

- 강의의 주제와 구성은 목적에 적절했는지에 대해서는 ‘그렇다’ 이상이 92%, ‘보통이다’ 8%로 교육의 주제와 구성이 전자과 안전관리 교육 목적에 적절한 것으로 판단되었다.



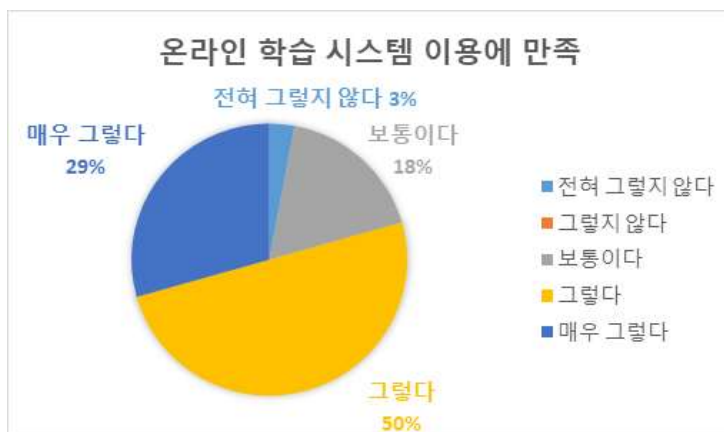
[그림 6-14] 강의 주제 구성 적절성 결과

- 강사의 강의 내용은 체계적이고 충실했는지에 '그렇다' 이상이 88%, '보통이다' 6%, '그렇지 않다' 6%로 강사의 강의 내용이 체계적으로 충실히 이루어진 것으로 조사되었다.



[그림 6-15] 강의 내용 체계성 및 충실도 결과

- 온라인 학습 만족도에 대해선 '그렇다' 이상이 79%, '보통이다' 18%, '그렇지 않다' 3%로 온라인 학습에 대한 만족도가 높았다.



[그림 6-16] 온라인 학습 시스템 이용 만족도 결과

교육 만족도에 대한 의견은 다음과 같다.

1	- 강의 편성이 만족스러움.
2	- “전자파 시스템 엔지니어링 안전관리” 과목의 경우, 전자파 관련 내용보다는 일반적인 시스템 엔지니어링 내용이어서 본 과정에서 다루기에는 분량이 너무 많음.
3	- 전자기학, 안테나공학, 환경공학 3과목은 각각 별개의 과목으로 진행되어야 할 것 같습니다. - 대면교육이었다면 일주일로는 전혀 도움이 되지 않을 것 같습니다.
4	- 전자파 기초에 해당되는 과목은 기본적으로 준비되어야 하는 과목으로 실무 위주의 과목 중점적 교육이 필요함.
5	- 일부 강사분들의 발음이 듣기 힘들.
6	- ‘전자파 시스템 엔지니어링 안전관리’ 과목이 난해하고 교육의 효과가 없었다고 판단됨.
7	- 수강과목 및 교육 편성은 적절하였습니다.

온라인 학습 만족도에 대한 의견은 다음과 같다.

1	- 코로나가 아니었다면 오프라인 강의를 희망합니다.
2	- 강의 동영상에 일정 기간 부족한 부분을 반복하여 수강할 수 있도록 해주시면 고맙겠습니다.
3	- 사운드가 작고 싱크가 맞지 않습니다.
4	- 온라인 학습의 경우, 집중도가 다소 떨어질 수 있으며, 현업과 병행해야하기에 전체적인 교육과정 분량을 좀 더 줄이는 것도 좋을 듯 합니다.
5	- 강의자료를 그대로 읽는 분들도 몇 분 계시고, 교육하실 준비가 안된 분들이 몇 분 계십니다.
6	- 동영상 강의의 방송환경이 외부 잡음 및 음량 불량으로 시청하기에 불편한 점이 있어서 개선 필요.
7	- 이메일 발송과 함께 공지사항 등은 문자나 카톡 등을 이용해 함께 공지가 되었으면 좋겠습니다.
8	- 오프라인으로 강의할 때는 어떨지 모르겠지만, 온라인 강의를 ppt를 읽는 수준으로 강의를 진행하는 경우도 있음.
9	- 일부 강의가 싱크가 조금 안 맞는 경우가 있습니다.
10	- 불가피한 상황에서도 온라인으로 과정을 잘 이끌어주셔서 고맙습니다.
11	- 강사님과의 질문/답변 등을 할 수 있는 시스템이 마련되었으면 좋겠습니다.
12	- 이메일 공지를 gmail을 이용하였는데, 회사에서는 보안 문제로 gmail 등의 메일은 접속이 되지 않아 불편하였음.

[기타 의견]

1	- 자유롭게 수강할 수 있도록 온라인 강의해 주신 점 시의적절했고 업무와 병행할 수 있어 좋았습니다. 향후 교육도 업무와 병행할 수 있도록 했으면 합니다.
2	- 일부 온라인 강의가 교재를 읽는 형태로 진행 되다 보니 집중이 떨어짐. - 온라인 강의인 만큼 강의 자료가 Text 위주에서 각종 실사례 관련 미디어 등을 활용하면 보다 양질의 강의가 되지 않을까 생각합니다.
3	- 안내 메일을 업무 메일 주소로 안내해주시는 것이 좋을 것 같습니다. - 한번에 너무 많은 강의를 수강하기 어렵습니다. 한 ~ 두 달에 한 과목씩 하면 좋을 것 같습니다.
4	- 교육내용 중 일부는 실제 현장에서 문제점을 해결하는 내용이 포함되었으면 합니다. - 전자파 안전관리 측정서비스를 현장에서 받고자하려면 어떻게 해야 하는지 절차, 방법, 전문기관, 비용 등 관련 내용도 포함.
5	- 현재 하고 있는 업무보다 더 넓은 영역을 본거 같아 좋았습니다.
6	- 일부 강사님은 교재 내용을 읽기만 하는 강의를 하셔서 개선 필요. - 일부 교재의 글자가 너무 작음.
7	- 오프라인 교육이었다면 현실적으로 참석이 힘들었을 것 같습니다. - 앞으로도 온라인으로 진행해도 좋을 듯하며, 전체 과정을 개괄적으로 살펴보고, 강사님과도 만날 수 있도록 총 1~2일 정도 오프라인 교육과 병행하여 진행하는 것도 좋아보입니다.
8	- 코로나로 인하여 대면교육이 아닌 온라인 교육이 진행된 점은 만족스러우나, 장시간 교육으로 집중력이 떨어짐. - 회사 업무를 병행하면서 150시간이라는 장시간 교육으로 주말을 거의 반납하다시피 교육을 들었으나, 수료증 하나를 받기 위해 시험도 합격하여야 되고, 자격 제도가 아니라면 추후 교육받을 인원이 있을지 모르겠습니다.
9	- 본 과정의 내용이 전자파에 관련된 모든 주제를 망라하고 있어서 향후 관련 업무에 많은 도움이 될 것으로 판단됩니다.
10	- 교육은 많은 도움이 됨. 특히 전기철도 같은 타 사업 예를 들어가며 설명했던 것이 인상 깊습니다. - 수업을 듣다보니 시간이 부족한 과목, 남는 과목이 있다는게 느껴집니다. 교수님께 권한을 주어서 시간을 유동적으로 쓰는게 좋겠습니다. - 대책기술 실습, 측정 실습 등 다양한 실습 강의를 있으면 좋겠습니다.
11	- 온라인 강의시에 해당 교재를 전자문서로 다운받아 사용할 수 있었으면 합니다.
12	- 교육내용은 만족하나 일부 강사는 ppt를 읽는 수준에 그쳐 개선 필요.
13	- 비대면 온라인 교육은 교육 효과를 늘리기 위한 다양한 방법이 필요,
14	- 코로나19로 인한 어려운 상황에서도 교육을 원활하게 이끌어 주셔서 감사합니다. - 교육강의 영상관련 자료나 PDF 자료를 공유해 주셨으면 합니다.
15	- 기초이론을 되짚어 볼 수 있어 굉장히 유익하였고, EMC 문제에 대한 대책기술이나 측정 방법 등 실무에서도 적용될 수 있는 교육이라고 생각합니다. - 관련 법령·제도 등에 대한 학습도 할 수 있어 좋은 프로그램이라 생각합니다.
16	- 엔지니어로서 감리제도 교육이 상당히 도움이 되었음. - 전자기공학 기초가 공부한지 오래되어 이해하기가 어려웠음. - 전자파 측정분야는 실제 측정하는 실습을 진행하는 동영상도 포함되었으면 교육에 도움이 될 것 같음.
17	- 회사생활을 병행하며 수업을 듣다보니 집중을 잘 하지 못했던 것이 아쉬웠습니다.

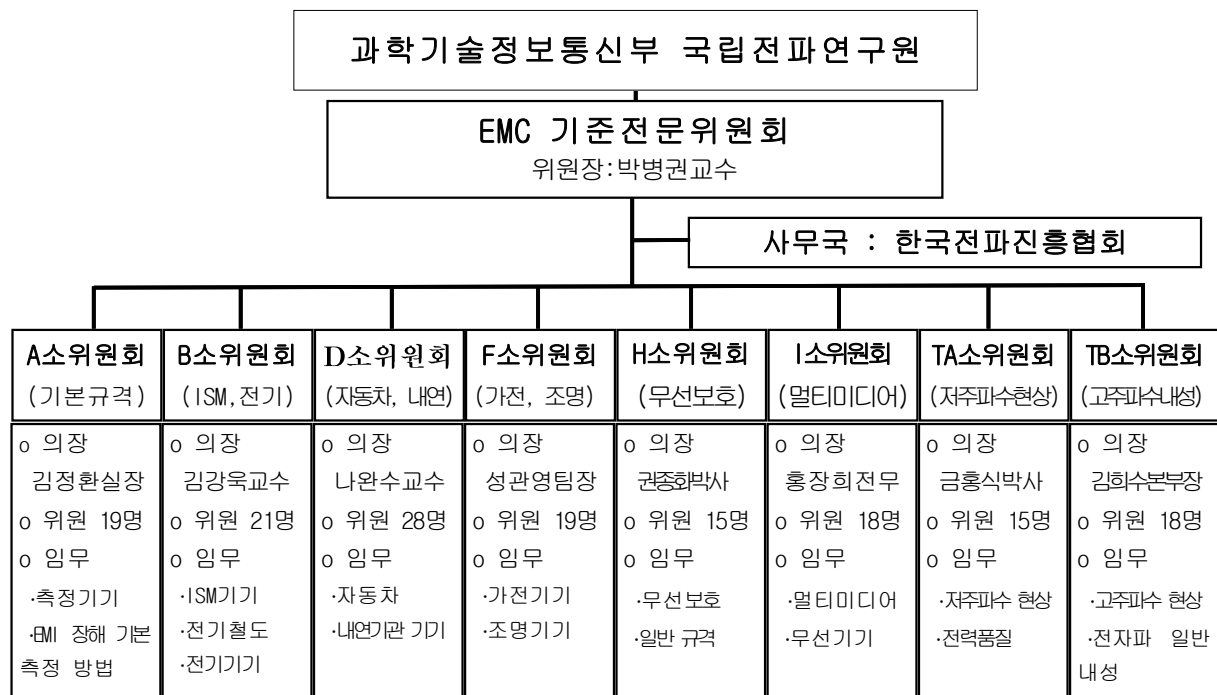
18	<ul style="list-style-type: none"> - 온라인으로만 수업이 진행되다 보니 강사님이나 다른 교육생과의 관계 형성이 되지 않아서 아쉬웠습니다. - 집합교육이 아닌 이상 강의에 집중하기 어려운 부분이 있고, 질의응답 등에도 한계가 있어서 여건만 허락된다면 온라인과 집합교육을 병행하는 것도 좋을 것 같습니다.
19	<ul style="list-style-type: none"> - 전체적으로는 교육내용에 대해 만족합니다. 그러나 비대면으로 수업하다보니, 집중하여 교육에만 전념할 수가 없었습니다. 비상시에는 대면 및 비대면을 동시에 운영하면 좋을 것 같습니다. - 또한, 현장 실습 수업이 추가 되었으면 좋겠고 전자파 안전관리 측정 교육자료를 제공 받고 싶습니다.
20	<ul style="list-style-type: none"> - 시간적으로 촉박하지 않은 교육일정 필요.
21	<ul style="list-style-type: none"> - 본 교육을 통해 많은 부분을 다시 상기할 수 있는 교육이었으며 실무에서 많은 도움이 되었습니다. 교육 및 강의를 준비해 주신 많은 분들에게 감사의 인사를 드립니다.

제 7 장 전자파 기준 개발을 위한 관계부처, 산학연 협업체계 구축·운영

제 1 절 EMC 기준전문위원회 구성·운영

1. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 구성

국립전파연구원의 2020년 EMC기준전문위원회 운영계획에 따라 EMC 기술 기준 및 시험방법 제·개정 심의, EMC 기술기준 및 시험방법 선행연구 등의 임무를 수행하기 위하여 관계부처, 산학연 전문가들로 EMC 기준전문위원회를 구성하고 산하에 산업 분야별 8개 소위원회를 구성하였다. EMC 기준전문위원회 구성은 [그림 7-1]과 같다.



[그림 7-1] EMC 기준전문위원회 구성도

가. EMC 기준전문위원회 구성

EMC 기준전문위원회는 EMC 기술기준, 시험방법의 제정·개정·폐지에 관한 사항 심의, EMC 기술기준·시험방법 선행연구, 이해당사자 의견수렴, 이견조정 등의 활동을 주요 임무로 하고 있다.

2020년도 EMC 기준전문위원회는 대림대학교 박병권교수를 위원장으로 하여 국립전파연구원, 과학기술정보통신부, 국민안전처, 국토교통부, 식품의약품안전처, 한국표준과학연구원, 광주과학기술원, 성균관대학교, 자동차연구원, 한국화학융합시험원, 한국전자통신연구원, 씨티케이, 한국전파진흥협회, 한국산업기술시험원, 서경대학교, 군산대학교, 전남대학교, 충북대학교, 한국전파방송통신진흥원, 한국정보통신시험기관협회 등 총 16명의 위원으로 구성되었다.

나. EMC 기준전문위원회 A소위원회

EMC 기준전문위원회 A소위원회는 전자파 장해 기본 시험분야를 담당하며, 기본 시험방법관련 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 A소위원회는 한국표준과학연구원 김정환 위원장, 충북대학교, 전남대학교, 한국전자통신연구원, 한국ICT조명연구원, 대우전자, 삼성전자, 씨티케이, LG전자, HCT, KCSS, 피앤이, 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험연구원, 한국건설생활환경시험연구원, KCTL, 국립전파연구원 등 총 21명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

다. EMC 기준전문위원회 B소위원회

EMC 기준전문위원회 B소위원회는 산업·과학·의료용 기기 및 전기기기 시험분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 B소위원회는 광주과학기술원 김강욱 위원장, 대림대학교, 한밭대학교, KAIST, 드웰링, 철도기술연구원, 자동차부품연구원, 삼성전자, LS산전, LG전자, 현대로템, ICR, HCT, 이엔알, 한국기계전기전자시험연구원, 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험연구원, 국립전파연구원 등 총 20명의 관련

전문가 위원으로 구성되었다.

라. EMC 기준전문위원회 D소위원회

EMC 기준전문위원회 D소위원회는 자동차 및 내연기관 구동기기, 자동차용 전기전자단위부품 시험분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 D소위원회는 성균관대학교 나완수 위원장, 자동차부품연구원 유승렬 위원장, KAIST, 자동차안전연구원, 한국전자통신연구원, 현대자동차, 쌍용자동차, 한국지엠, 르노삼성자동차, 유라코퍼레이션, 에스엘, LG전자, 한국 ICT조명연구원, 현대모비스, 부산테크노파크, 이엔알, 한국산업기술시험원, 자동차부품연구원, 만도, 모본, 한국SGS, KTR, 디티앤씨, 아이스팩, HCT, 국립전파연구원 등 총 29명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

마. EMC 기준전문위원회 F소위원회

EMC 기준전문위원회 F소위원회는 가전기기 및 전동기구, 조명기기 시험분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 F소위원회는 한국화학융합시험연구원 성관영 위원장, 한국광기술원, 한국조명연구원, 계양전기, 대우전자, 삼성전자, LG전자, 한국조명공업협동조합, 한국전등기구LED산업협동조합, 한국스마트광융복합협동조합, 넴코코리아, RAPA시험인증원, HCT, CTK, KCTL, 한국기계전기전자시험연구원, 한국산업기술시험원, 국립전파연구원 등 총 21명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

바. EMC 기준전문위원회 H소위원회

EMC 기준전문위원회 H소위원회는 확률적 전파간섭 모델링 표준, 일반장해방지 기준 분야를 담당하며, 일반환경 장해방지 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 장해방지 기준 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 H소위원회는 한국전자통신연구원 권종화 위원장, 한국산업기술

시험원, KAIST, 한국전자통신연구원, 대우전자, 삼성전자, LG전자, LS산전, LGU+, CTK, HCT, SGS코리아, 피앤이, 국립전파연구원 등 총 19명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

사. EMC 기준전문위원회 I소위원회

EMC 기준전문위원회 I소위원회는 멀티미디어기기 분야를 담당하며, 관련 제품 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 I소위원회는 씨티케이 홍장희 위원장, 대우전자, 삼성전자, LG전자, 한국스마트광융복합협동조합, 구미대 EMC센터, 에이치시티, 인터텍, CTK, 엔트리연구원, KCSS, 피앤이, 한국산업기술시험원, 한국기계전기전자시험연구원, 한국화학융합시험연구원, GCS한국, 국립전파연구원 등 총 21명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

아. EMC 기준전문위원회 TA소위원회

EMC 기준전문위원회 TA소위원회는 저주파수(9 kHz 이하) 전자파 내성 분야를 담당하며, 관련 기본 내성 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 TA소위원회는 한국전파진흥협회 전자파기술원 금홍식 위원장, 드웰링, 한국전기연구원, 대우전자, 삼성전자, LS산전, LG전자, 한국스마트광융복합협동조합, KCTL, 피앤이, 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험연구원, 국립전파연구원 등 총 14명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

자. EMC 기준전문위원회 TB소위원회

EMC 기준전문위원회 TB소위원회는 고주파수 전자파 내성 표준 분야를 담당하며, 관련 기본 내성 시험방법 기술기준안 마련, 적정성 검증, 이해당사자 이견조정, 시험방법 선행연구 등을 수행한다.

2020년도 TB소위원회는 한국산업기술시험원 김희수 위원장, 한양대학교, 한국표준과학연구원, 한국전자통신연구원, 대우전자, 삼성전자, LS산전, LG전자, 한국스마트광융복합협동조합, 에이치시티, CTK, KCSS, 피앤이, KCTL,

한국기계전기전자시험연구원, 한국산업기술시험원, 한국화학융합시험연구원, 국립전파연구원 등 총 19명의 관련 전문가 위원으로 구성되었다.

2. EMC 기준전문위원회 및 산하 소위원회 운영

2020년도 EMC기준전문위원회 및 산하 소위원회 주요 활동결과는 다음과 같다.

가. EMC 기준전문위원회

1) '20년도 주요 운영계획

2020년도 EMC기준전문위원회 주요 운영계획은 다음과 같다.

○ EMC 기술기준 및 시험방법 개정

- 가정용 전기기기 및 전동기기류, 기본 시험방법 등 개정
- '19년도 검토한 전자파 장해 기본 측정방법의 개정 내용 적용 가능 여부 검증 및 개정(안) 검토
- 직류(DC) 배전망용 가전기기에 대한 전자파적합성 기준 선행연구 및 기술기준 개정(안) 검토

○ 소위원회별 EMC 선행연구 추진

- (A 소위) 18 GHz 이상대역 전자파 장해 시험장 평가방법 연구
- (B 소위) 대형/대전력 기기의 현장 측정방법 연구
- (D 소위) 자동차 전장품 전자파 장해 시험방법 연구
- (F 소위) 직류(DC) 가전기기에 대한 EMC 기술기준 연구
- (H 소위) 확률적 전파 간섭 모델링 연구 (계속)
- (I 소위) 멀티미디어기기 국제표준 개정 이슈에 대한 연구
- (TA 소위) 공공 배전망 주파수 대역 확대에 따른 장해 분석
- (TB 소위) 광대역 신호 내성 시험방법 연구

2) 주요내용

가) 가정용 전기기기 및 전동기기류 기준 개정 심의

EMC기준전문위원회 F소위원회에서 국제표준 개정 내용을 수용하고 산업체 의견을 반영하여 상정한 가정용 전기기기 및 전동기기류 기준 개정(안)을 심의하고 가결하였다.

가정용 전기기기 및 전동기기류 기준의 주요 개정내용은 다음과 같다.

○ 주요 개정내용

- 유도조리기구 교류전원포트의 30MHz이하 방사성방해 허용기준을 유도전력전송 기기로 변경
- 1 GHz 초과 대역 방사성 방해 허용기준 신설
- 전자파 내성 기준 제품군 분류 세분화 변경
- 방사성 RF 전자기장 주파수 확대(80 ~ 6000 MHz)
- 서지시험 유선네트워크 포트 추가

나) 소위원회별 활동 계획 보고

EMC기준전문위원회 소위원회별 2020년도 활동계획에 대하여 서면으로 검토하였다.

① (A 소위) 18 GHz 이상대역 전자파 장애 시험장 평가방법 연구

- 배경 : 5G서비스 도입에 따라 18 GHz이상에 대한 선행연구 필요
- 현황 : CISPR에서는 18 GHz 이상의 시험장 평가와 측정방법을 논의 하기 위한 TF팀을 구성하고 전문적인 자료 수집을 시작함
- 18 GHz 이상대역 평가시 전자파 장애 시험장 요구조건 및 측정방법 등 연구

② (B 소위) 대형/대전력 기기 현장 측정방법 연구 추진

- 배경 : 새로운 대형/대전력기기의 출현에 따른 CISPR 11의 현장측정 방법의 개정이 추진됨
- 현황 : 현장에서 간략한 방사 측정방법을 규정하고 있음
- 대형/대전력기기 측정방법과 전도성 측정방법에 대한 측정사례 등을 수집하여 전문위원회에 제출 및 표준화 대응

③ (D 소위) 자동차 전장품 전자파 장애 시험방법 연구 추진

- 배경: CISPR 25 5판 개정을 위해 표준화 논의가 진행되고 있음
- 현황: 전장품에 연결되는 케이블 등에 대한 시험방법이 없음
- 전장품 실제 셋업을 고려한 CISPR 25 개정 사항이 국내 시험장에서 적용가능한지 여부 등에 대한 기술적 검토 추진

④ (F 소위) 직류(DC) 가전기기에 대한 EMC 기술기준 연구 추진

- 배경 : 직류(DC) 배전망에 대한 연구가 추진됨에 따라 직류(DC)를 사용하는 가전기기가 시장에 출시될 예정임
- 현황 : 직류(DC) 가전기기에 대한 국내·외 전자파 기술기준은 마련되어 있지 않음
- 직류(DC)를 사용하는 가전기기에 대한 기술기준 마련을 위한 연구 및 검증 추진

⑤ (H 소위) 확률적 전파 간섭 모델링 연구 추진

- 배경 및 현황 : CISPR에서는 새로운 전자파 장애 허용기준을 개발하는 경우 무선서비스에 간섭 영향을 분석하기 위해 확률적 전파 간섭 모델링을 실시토록 하고 있음
- 신규 허용기준 마련시 적정성 여부 등에 대한 기술적 분석 수행 및 표준화 대응

⑥ (I 소위) 멀티미디어기기 국제표준 개정 이슈에 대한 연구 추진

- 배경 : 최근 5G, IoT기기 등의 복합 멀티미디어 기기가 증가하고 있음
- 현황 : CISPR에서는 무선기기에 대한 표준이 없었으나, '19년 10월 국제회의에서 미국 기준 및 시험방법을 준용하여 신규 표준을 개발하기로 함
- 5G, 무선기능 추가 등 멀티미디어 기기 국제표준 개정 이슈에 대한 국내 적용시 문제점 분석, 산업체 의견 수렴 등 국내 기술기준과 비교분석

- ⑦ (TA 소위) 공공 배전망 주파수 대역 확대에 따른 장해 분석 추진
- 배경 : 호주, 유럽에서 전력선통신 장해방지를 위해 150 kHz 이하 대역에 대해 기준 제정이 추진됨
 - 현황 : 해당 대역의 EMC 레벨이 규정되었고 일반 환경에 대한 장해 방지 기준 마련을 위해 추진 중에 있음
 - 주파수 확대에 따라 국내 산업체에 미치는 영향 분석 및 개정(안) 반영여부 검토
- ⑧ (TB 소위) 광대역 신호 내성 시험방법 연구 추진
- 배경 : 광대역 신호를 이용한 방사 내성 표준화를 제안
 - 현황 : 77B/WG10에서 신규 표준으로 개발하기로 결정 ('20.1월)
 - 광대역 신호 내성 시험방법 개발 및 검증 등을 실시하여 개발 시험 방법이 국제표준에 반영될 수 있도록 대응

<A소위>

2020년도 활동 계획(표준화, 연구)

- 18 GHz 이상대역 전자파 장해 시험장 평가방법 연구
 - 5G서비스 도입에 따라 18 GHz이상에 대한 선행연구 필요
 - CISPR에서는 18 GHz 이상의 시험장 평가와 측정방법을 논의하기 위한 TF팀을 구성하고 전문적인 자료 수집을 시작함
 - 18 GHz 이상대역 평가시 전자파 장해 시험장 요구조건 및 측정 방법 등 연구

<B소위>

2020년도 활동계획(연구, 표준화)

- ▶ 대형/대전력 기기 현장 측정방법 연구 추진
 - 새로운 대형/대전력기기의 출현에 따른 CISPR 11의 현장 측정방법의 개정이 추진됨
 - 현장에서 간략한 방사 측정방법을 규정하고 있음
 - 대형/대전력기기 측정방법과 전도성 측정방법에 대한 측정사례 등을 수집하여 전문위원회에 제출 및 표준화 대응

<D소위>

2020년 활동계획(연구, 표준화)

- 자동차 전장품 전자파 장해 시험방법 연구 추진
 - CISPR 25 6판 개정을 위해 표준화 논의가 진행되고 있음
 - 전장품에 연결되는 케이블 등에 대한 시험방법이 없음
 - 전장품 실제 셋업을 고려한 CISPR 25 개정 사항이 국내 시험장에서 적용 가능한지 여부 등에 대한 기술적 검토 추진

<F소위>

2020년 활동계획(연구, 표준화)

- ▶ 직류(DC) 배전망용 가전기기에 대한 전자파적합성 기준 선행연구 수행
 - 한국전력의 직류(DC)배전 실증 연구에 따라 DC 가전 기기 시장 출시 예정
 - 직류(DC) 가전기기에 대한 전자파 기술기준 부재 (허용 기준, 시험방법), 가전기기 제조업체에서 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정 요청
 - 직류 배전망용 가전기기에 대한 전자파적합성 기준 선행연구 및 국내 기술기준 도입 등 선제적 대응 필요
 - 선행연구 결과를 바탕으로 직류 배전망용 가전기기 기술기준 개정(안) 마련 및 관련 내용 국제표준에 기고

<H소위>

2020년 활동 계획(연구, 표준화)

- ▶ **확률적 전파 간섭 모델링 연구 추진**
 - ▶ CISPR에서는 새로운 전자파 장애 허용기준을 개발하는 경우 두 번 서비스에 간섭 영향을 분석하기 위해 확률적 전파 간섭 모델링을 실시하도록 하고 있음
 - ▶ 신규 표준 마련 시 적정성 여부 등에 대한 기술적 분석 수행

<I소위>

2020년 활동계획(연구, 표준화)

- **멀티미디어기기 국제표준 개정 이슈에 대한 연구 추진**
 - 최근 5G, IoT기기 등의 복합 멀티미디어 기기가 증가하고 있음
 - CISPR에서는 무선기기에 대한 표준이 없었으나, '19년 10월 국제회의에서 미국 기준 및 시험방법을 준용하여 신규 표준을 개발하기로 함
 - 5G, 무선기능 추가 등 멀티미디어 기기 국제표준 개정 이슈에 대한 국내 적용시 문제점 분석, 산업체 의견 수렴 등 국내 기술기준과 비교분석 추진

<TA소위>

2020년 활동계획(연구, 표준화)

- **공공 배전망 주파수 대역 확대에 따른 장애 분석 추진**
 - 호주, 유럽에서 전력선통신 장애방지를 위해 150 kHz 이하대역에 대해 기준 제정이 추진됨
 - 해당 대역의 EMC 레벨이 규정되었고 일반 환경에 대한 장애방지 기준 마련을 위해 추진 중에 있음
 - 주파수 확대됨에 따라 국내 산업체에 미치는 영향 분석 및 개정(안) 반영여부 검토

<TB소위>

2020년 활동계획(연구, 표준화)

- **광대역 신호 내성 시험방법 연구 추진**
 - 광대역 신호를 이용한 방사 내성 표준화를 제안
 - 77B/WG10에서 신규 표준으로 개발하기로 결정 ('20.1월)
 - 광대역 신호 내성 시험방법 개발 및 검증 등을 실시하여 개발 시험방법이 국제표준에 반영될 수 있도록 대응

나. EMC 기준전문위원회 A소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 A소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

- 18 GHz 이상 대역 전자파 장애 시험장 평가 방법 연구
 - 18 GHz 이상 시험장 평가방안으로 미국 표준협회(ANSI)의 시간영역 평가 방법과 CISPR의 SVSWR 평가법을 비교 검토하기로 하였다.
 - 1 GHz 이상의 틸팅 측정 방법과 방사 측정 시 안테나 이동에 따른 측정 결과 검토를 추진하기로 하였다.
- 전자파 장애 기본 측정방법 개정(안) 검토
 - 기본 시험방법 중 안테나 패턴측정(16-1-5), SVSWR 공간 내 측정 거리 이동(16-2-3) 등에 대한 추가 검토 추진하기로 하였다.

2) 주요내용

가) 18 GHz 이상 대역 전자파 장애 시험장 평가 방법 연구

국제적으로 18 GHz 이상 시험장 평가 방법으로 CISPR, ANSI, ETSI 표준이 있으며, ANSI의 경우 18 GHz까지 통과된 시험장은 그 이상에서도 사용할 수 있다고 주장하여 이에 대한 검토가 필요하다. 현재 국내 시험기관은 CISPR SVSWR 방법으로 18 GHz 까지 평가하고 있으므로, 18 GHz까지 충족하는 시험장에서 시간영역방법과 SVSWR 확장법에 대해 비교하기로 하였다.

평가의 핵심 사항으로 송신용 안테나의 mm 단위로 이동시켜 18 GHz 이상 대역에서 최적의 평가 간격에 대한 검토가 필요하다. 기존 SVSWR 샘플링 간격(0, 2, 10, 18, 30, 40 cm)는 네트워크분석기 교정용 매칭 슬라이딩 로드를 참고하여 결정했다는 논문이 존재하므로, 18 GHz 이상에서도 네트워크분석기 교정용 슬라이딩 로드를 참조하여 평가 간격을 산출하고 검증이 필요하다. 또한, 기존의 SVSWR 평가방법은 같은 거리 간격에서 반복 측정을 하면 같은 결과가 나오지 않아 재현성 및 반복성에 문제가 있으므로, 18 GHz 이상 대역의 경우 파장이 짧으므로 미세한 거리도 측정 결과에 영향을 주는지 검토가 필요하다.

이에 따라서, KTL(원주) 챔버에서 SVSWR 확장법과 시간영역 평가방법 검증을 추진하였다.



[그림 7-2] 시험 사진

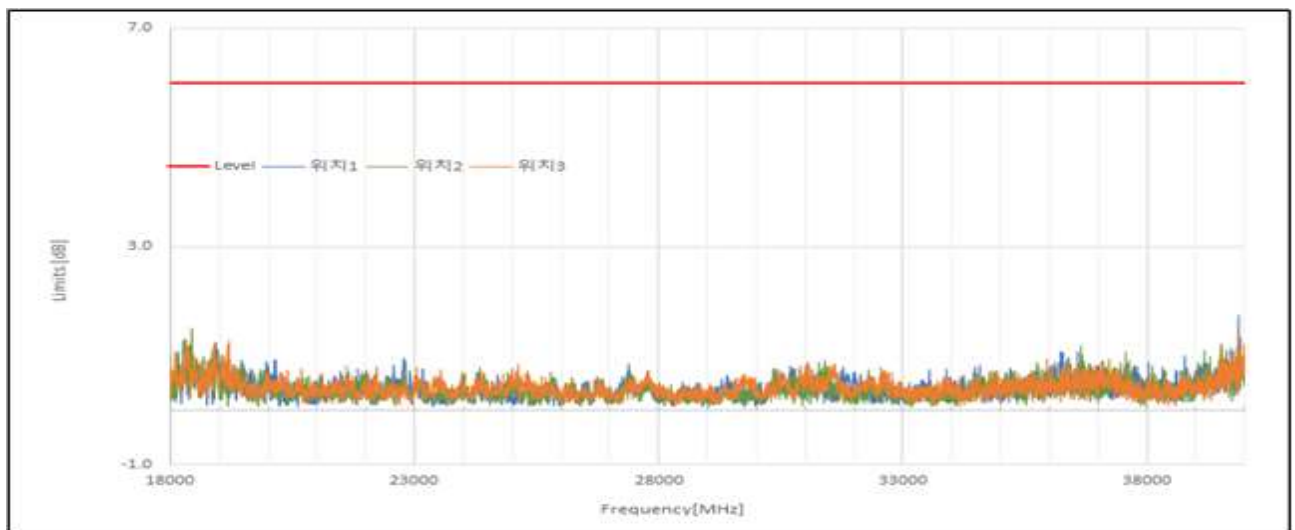
1~18 GHz 대역에서 SVSWR 방법과 시간영역법으로 비교 평가하였고, 비교적 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 18 GHz 이상 대역에서도 검증을 한 결과 비교적 유사한 결과를 확인할 수 있으며, NSA 법과 같이 송수신 안테나 정렬을 수행하면 평가결과가 개선됨을 확인하였다.

18 GHz 이상 대역에 최적 측정 위치 확인을 위하여 벡터회로망분석기 슬라이딩 로드 교정 위치*를 참고하여 측정위치를 선정하고 평가를 수행하였다.

<위치별 평가 결과 비교>

* 3가지 방식에 의한 교정 위치

- 위치1 : (0, 3, 4, 5, 6, 7, 11)mm @구형 도파관 슬라이드 위치 계산 값
- 위치2 : (0, 1, 2, 5, 12, 25)mm @85056A 2.4mm cal kit
- 위치3 : (0, 1.2, 1.9, 2.8, 3.6, 5.4, 8.1)mm @위상 균등 분배 위치



시험장 검증을 추진한 결과 SVSWR 방법과 시간영역법은 평가결과가 비교적 유사함을 확인하였다. 그리고 교정 위치를 참고하여 기존의 cm 이동이 아닌 mm 단위로 이동이 필요한지에 대한 검토를 추진하였는데 측정 결과를 보면 큰 차이가 나지 않는 것을 확인하였다. 향후 1 ~ 18GHz SVSWR 기준값 마진 차이에 따른 18 GHz 이상 대역 시험장 결과 검증이 필요하다. 또한, 18 ~ 40 GHz 대역의 비정렬 측정결과의 경우 안테나 지향성

으로 인해 발생한 문제인지 반사되어 나온 전자파 영향인지에 대한 추가적인 시험이 필요하다.

나) 전자파 장애 기본 측정방법 개정(안) 검토

① 기본 측정방법 개정 관련 논의

16-1-1의 외부증폭기 사용 요구사항은 특별한 이슈가 없으며, 측정 수신기 교정 요구사항은 적용 가능성을 확인하기로 하였다.

16-1-2는 태양광발전기 직류 포트 측정용 의사전원회로망이 추가된 것으로 특별한 이슈가 없다.

16-1-3은 국내에서 많이 사용하지 않는 기준장치교정법 삭제로 이슈가 없다.

16-1-4의 경우 1 GHz 이상 측정 관련하여 국내에서는 거리 보상하는 방법으로 진행하고 있고, 국제표준에서는 SVSWR 검증 공간 내에서 안테나 거리를 조절하는 방식으로 진행하기 때문에 국제표준 내용에 대한 검토가 필요하다. 16-1-5의 경우 1 GHz 이상 대역 안테나 방사 패턴 측정을 위한 완전무반사실의 검증 방법이 추가되었으며 해당 문서를 검토하여 국제표준 현황 파악이 필요하다.

16-2-1은 태양광발전기 직류 포트 측정방법이 추가된 것으로 문제없다.

16-2-3는 위상중심점 관련 내용은 안테나 위상 중심을 고려한 측정값 보정을 적용하거나, 보정하지 않는 경우 측정불확도에 추가하도록 규정된 것이므로 적용에 문제없다.

② 1 GHz 이상 안테나 틸트(Tilt) 측정결과 검토

1 GHz 이상의 틸팅 측정방법 결과를 검토하였다. 측정제품은 모니터로 안테나 높이 1 m 고정, 안테나 높이 가변(1m ~ 4m), 안테나 높이 가변 및 틸트로 측정을 수행하였다. 측정결과 안테나 틸팅과 틸팅을 하지 않은 측정 결과가 최대 6 dB 편차를 보이는 곳이 있었다. 일반제품으로 측정을 수행하여 방사 패턴을 예측할 수 없으므로 방사 패턴을 예측할 수 있는 제품으로 재검증이 필요하다.

③ 1 GHz 이상 안테나 이동에 따른 측정결과 검토
WIFI 단말을 대상으로 거리이동에 따른 결과를 비교 검토하였다.
측정결과 큰 차이가 나지 않는 데이터를 얻었고 두 방식간 전반적인 특성 차이를 확인하기 어려운 것으로 판단되므로 내년에 추가 연구가 필요하다.

다. EMC 기준전문위원회 B소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 B소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 준정규시험장 평가법 및 측정방법에 대한 검증

- 대형·대전력 기기 현장 측정방법 국제표준에서 준정규시험장 검증에 대한 방법이 제시되었으므로 관련 내용을 검토하기로 하였다.

○ 전도성 현장 시험방법 조건별 검증 시험

- 국내 상황을 고려한 전도성 방해 현장 측정방법에 대한 국제표준화 기고를 추진하였으므로 해당 내용에 대한 검증 및 대응하기로 하였다.

2) 주요 내용

가) 준정규시험장 평가법 및 측정방법에 대한 검증

CISPR 37 표준화에서는 대형·대전력 기기에 대한 형식승인을 위하여 준정규시험장(defined site)을 새롭게 규정하고 있으며, 이를 평가하기 위한 간략화된 시험장 평가방법 등을 검토하고 있다.

측정 재현성을 보장하기 위해 준정규시험장에 대한 요구사항, 준정규시험장 검증 방안 및 시험결과, 준정규시험장 평가방안으로 시험장 삽입손실 활용 연구 등에 대한 제안 문서를 검토하였다.

나) 전도성 현장 시험방법 조건별 검증 시험

대형·대전력기기의 현장 측정방법으로 전도성 측정을 제안하였고 이를 대응하기 위해 전도성 현장 시험방법 접지조건 검증 및 측정장비별 결과를 비교하기 위한 시험을 진행하였다.

대구 씨아이에스 공장에서 배터리 커버용 박막 코딩설비를 대상으로 150 kHz ~ 30 MHz의 전도성 방해 전압을 측정장비별, 접지, 필터 조건별로 비교 측정하였다.

측정 결과 현장 전도 측정 요구사항인 허용기준의 6 dB이하 조건을 만족할 수 있는 환경 구성이 가능하며 측정 장비를 접지에 연결함으로써 양호한 측정 환경이 구성됨을 확인하였다.

의사전원회로망의 대체 측정 장비로 전압프로브가 허용되고 있으나 비교 측정결과 의사전원회로망이 양호한 결과를 얻을 수 있고, 전압프로브보다 용량성 전압 프로브가 의사전원회로망과 더 좋은 상관성을 보임을 확인하였다.

라. EMC 기준전문위원회 D소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 D 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 자동차 전장품 전자파 장애 시험방법 연구

전기자동차에서는 고압 케이블의 차폐 특성이 중요하며, 이를 시험하기 위한 기준 시험방법이 필요하다. 국내 제조사는 케이블 차폐성능 측정 국제 표준을 활용하여 고압 케이블 차폐성능을 시험하고 있어, 이에 대한 기술적 검증 추진하기로 하였다.

2) 주요 내용

최근 하이브리드 자동차, 전기자동차 등에서 고전압 와이어 및 커넥터가 다양한 부위에 적용되고 있다. 고전압/대전류로 구동하여 전력전자 회로의 스위칭 노이즈가 크지만, 중량/부피/원가 등으로 EMI 필터 설계에 한계가 있다. 또한 안전(누설전류 감전 보호)을 위하여 전원 그라운드가 차체와 분리된 독립된 전원 계통을 형성하는 시스템 전원 체계를 사용한다. 그로 인해서 부품/커넥터/케이블 등 전 시스템은 차폐되어 차체에 접합되는 특성을 가지므로 전자파가 가장 열세한 차폐구간에서 외부로 방사되어 전체 시스템의 차폐성능을 결정하는 특성을 보인다. 따라서 케이블/커넥터 단품의 차폐성능 검증하는 방법과 시스템의 차폐성능을 검증하는 방법에 관한 연구가 필요하다.

차폐 케이블의 차폐 효과를 측정하는 방법은 IEC 62153의 Triaxial method와 Line injection method 두 가지 방법이 있다. Line Injection method의 경우 표면의 전달 임피던스를 측정하여 차폐 효과를 계산하는 방법이다. 케이블의 임피던스, 유전율, 두께 등의 특성으로 Injection Wire를 계산하고, 반사손실과 Coupling을 측정하여 차폐 효과를 측정할 수 있다.

시스템 차폐성능을 검증하는 방법으로는 CISPR 25의 전장품 부품 시험 방법의 HV/LV Coupling attenuation을 측정하는 방법을 활용하여 고전압 시스템 차폐 효과를 측정할 수 있다. 이 방법 같은 경우는 합체 내의 HV 케이블은 임피던스 매칭 회로를 통해 50 ohm 종단을 해야 한다.

케이블 시료와 측정 장비는 임피던스 정합되어야 한다. 케이블 시료와 측정 장비가 임피던스 정합되지 않으면 반사손실로 인해 차폐 효과가 좋게 측정되므로, 케이블 시료와 측정 장비 임피던스 정합이 필요하다. 일반 케이블은 RF 동축 케이블과 달리 임피던스를 고려하여 설계되지 않으므로 TDR 또는 VNA를 사용하여 시료의 임피던스를 측정해야 한다. 그리고 케이블 임피던스를 측정 장비와 정합할 수 있는 정합 회로가 설계되어야 한다.

고전압 케이블 차폐 측정방법(IEC 62153)은 국표원에 국가표준 수요제기를 추진하여 타 분과와 협력 검토를 추진할 필요가 있고, 시스템 차폐 측정 방법은 D소위원회에서 내부적으로 초안을 마련하여 검증이 필요하다.

라. EMC 기준전문위원회 F 소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 F 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 가전기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정안 검토

- 산업 수요에 따라 가전기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정(안)을 검토하기로 하였다.

- 조명기기 시험방법에 LED 가로등 측정방법을 추가 개정
 - LED 가로등 측정방법을 보완하여 조명기기 시험방법 개정을 검토하기로 하였다.
- 직류(DC) 배전망용 가전기기 측정장비별 검증 시험
 - 직류(DC) 배전망용 가전기기 기준 연구를 위해 측정결과 분석 및 향후 진행방안 논의하기로 하였다.

2) 주요 내용

가) 가전기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정안 검토

가정용 전기기기 및 전동기기류 장애방지 기준 개정안을 검토하고 방사성 방해 측정 주파수대역을 현재 1 GHz까지에서 피시험기기 클록 주파수에 따라 6 GHz까지 확대하였고, 유도조리기구 기준을 유도전력전송기기 기준으로 변경하였다.

가정용 전기기기 및 전동기기류 내성 기준 개정안을 검토하였고 제품군 분류를 현재 4개 제품군에서 5개 제품군으로 확대하였고, 방사성 RF 전자기장 시험 주파수대역을 현재 1 GHz까지에서 피시험기기 클록 주파수에 따라 6 GHz까지 확대하였고, 유선네트워크 포트에 대한 서지 내성 시험 항목이 추가되었다.

2020년 개정된 CISPR 14-1 7판을 반영하여 가정용 전기기기 및 전동기기류 장애방지 시험방법 개정안을 마련하였다.

2020년 개정된 CISPR 14-2 3판을 반영하여 가정용 전기기기 및 전동기기류에 대한 시험방법 개정안을 마련하였다.

전자파적합성(EMC) — 가정용 전기기기,
전동 공구 및 유사기기의 요구사항 —
제1부: 방출

Electromagnetic compatibility(EMC) — Requirements for
household appliances, electric tools and similar apparatus —
Part 1: Emission

1 적용범위

이 표준은 주파수 범위 0 kHz ~ 400 GHz에서 AC 또는 DC(배터리 포함)를 통해 전원을 공급받는 아래에 전기기기, 전동 공구 및 유사 기구에서 발생하는 무선 주파수 방출에 적용되는 요구사항을 규정한다.

이 표준은 다음의 기기에 적용할 수 있다.

- 가정용 전기기기 또는 이와 유사한 기기

비고 1 예외 물면,

- 주책 및 그와 관련된 건물, 정원 등을 포함하여 가정 환경에서 일반적인 실험 기능에 사용되는 것
- 감정, 사후성, 상업용 및 기타 이와 유사한 작업 환경에서 일반적인 관리 업무에 사용되는 것
- 농장에서 사용되는 것
- 호텔을 비롯해 그 밖의 주거 환경에서 고객이 사용하는 것
- 주거 환경이나 상업 환경에서 휴대 전화나 공조를 위해 사용되는 것

전동 공구

비고 2 전동 공구의 예로는 모터 구동식 또는 전자기 구동식 수직형 공구, 이송식 공구, 절단 및 절원 기계류가 있다.

유사 기구

비고 3 예외 물면,

- 반도체 소자를 사용하는 외부 전위 제어장치
- 모터 구동식 전자기력 기기
- 전기전압 감산장
- 개인 전위 및 비음 전위 기기

전자파적합성(EMC) — 가정용 전기기기,
전동 공구 및 유사기기의 요구사항 —
제2부: 내성

Electromagnetic compatibility — Requirements for
household appliances, electric tools and similar apparatus —
Part 2: Immunity — Product family standard

1 적용범위

이 표준은 교류 또는 직류(배터리 포함)로 동작하는 가정기기, 전동공구 및 유사기기에 적용되는 주파수 범위 0 Hz ~ 400 GHz의 전자파 내성 요구사항을 규정한다.

이 표준은 전도성과 방사선에 대한 연속적 및 일시적 전자파 방출에 대한 내성 요구사항을 규정한다. 달리 규정하지 않는 한, 이 표준은 KS C 9814-1의 적용범위에 속하는 모든 기기, 즉 다음과 같은 기기에 적용한다.

- 가정용 전기기기 또는 유사기기

비고 1 예외 물면,

- 주책 및 그와 관련된 건물, 정원 등을 포함하여 가정 환경에서 일반적인 실험 기능에 사용되는 것
- 감정, 사후성, 상업용 및 기타 이와 유사한 작업 환경에서 일반적인 관리 업무에 사용되는 것
- 농장에서 사용되는 것
- 호텔을 비롯해 그 밖의 주거 환경에서 고객이 사용하는 것
- 주거 환경이나 상업 환경에서 휴대 전화나 공조를 위해 사용되는 것

전동 공구

비고 2 전동 공구의 예로는 모터 구동식 또는 전자기 구동식 수직형 공구, 이송식 공구, 절단 및 절원 기계류가 있다.

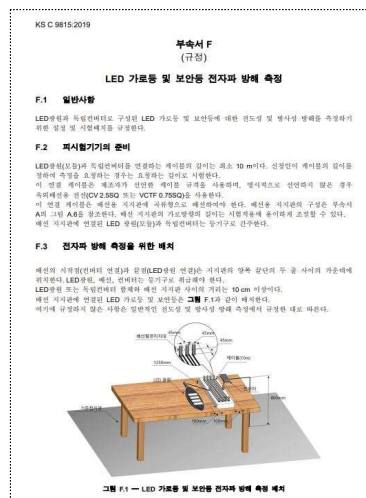
유사 기구

비고 3 예외 물면,

- 반도체 소자를 사용하는 외부 전위 제어장치
- 모터 구동식 전자기력 기기
- 전기/전자 감산장

나) 조명기기 시험방법에 LED 가로등 측정방법 추가 개정
‘19년 조명기기 시험방법을 개정하였으나 누락된 LED 가로등 시험방법에 대해 추가 검토하였다.

배선 지지판 크기 수정, 기존에 10 m로 정해져 있던 케이블 길이를 제조사 요청에 따라 정하고 요청이 없을 시에는 가로등은 10 m, 보안등은 6 m로 하며, 측정 셋업을 수정하고, 제목을 LED 가로등이나 보안등 전자파 방해 측정에서 독립형 컨버터 구조의 LED 등기구(가로등, 보안등) 전자파 방해 측정으로 수정하기로 하였다.



다) 직류(DC) 배전망용 가전기기 측정장비별 검증 시험

직류 배전망용 가전기기 기술기준 선행연구를 위하여 전도성 방출 측정 장비별 결과를 검증하기로 하였다.

LG전자에서 직류 전원에서도 동작 가능한 교류전원용 청소기, 공기청정기를 대상으로 교류 220V와 직류 220V 전원별로 전도성 방출과 잡음전력을 측정하였다. 측정결과 AC AMN으로 측정시 교류전원보다 직류전원 사용시 측정치가 낮거나 유사함을 확인하였다. 직류전원을 인가하여 AC AMN, DC AN 장비별 측정결과는 임피던스 차이(AC AMN: 50 Ω, DC AN: 150 Ω)로 DC AN의 측정결과가 대체로 높게 나왔다. 잡음전력 측정결과 30MHz 이상에서는 유사한 결과를 얻었다.

마. EMC 기준전문위원회 H 소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 H 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

○ 확률적 전파 간섭 모델링 연구 추진

- CISPR에서는 새로운 전자파 장애 허용기준을 개발하는 경우 무선 서비스에 간섭 영향을 분석하기 위해 확률적 전파 간섭 모델링을 실시하도록 하고 있어, 국제표준에 대한 분석 및 선행 연구가 필요하다.

○ 주거/상업/경공업환경 기준 분리에 따른 국내 도입방안 검토

- 국제표준에서 주거/상업/경공업환경 일반 기준을 주거환경 기준(61000-6-3)과 상업/경공업환경 기준(61000-6-8)으로 분리하여 제정됨에 따라 국제표준에 대한 비교분석 및 국내 도입방안 검토가 필요하다.

2) 주요 내용

가) 확률적 전파 간섭 모델링 연구 추진

① 허용기준 제 개정 표준 동향 분석

CISPR 16-4-4에서는 기존의 불만 사항 기반의 허용기준 관리 방식에서 간섭모델 기반의 허용기준 관리 방식으로 변경되었다. 디지털 무선서비스 기술의 발달과 사용이 증가하면서 동일 공간에서 다양한 제품들이 작동할

수 있으며, 실제 전파환경은 전자파잔향실 또는 자유공간에서의 환경과 유사할 것으로 판단된다. 실제 전자 환경을 고려하기 위하여 적절한 통계기반 간섭모델을 활용하여 기존 허용기준 개정 및 6 GHz 이상 허용기준 제정을 추진하고 있다.

먼저 6 GHz 이상 허용기준 신규 제정의 경우 5G 상용화 등으로 전파의 이용이 많아짐에 따라 6 GHz 이상 주파수 대역에서의 허용기준과 측정 방법에 대한 표준이 필요하게 되어 CISPR A/H에서는 ~ 40 GHz 대역 허용기준과 측정방법에 대한 표준 논의가 진행되고 있다. 6 GHz 이하 허용기준 개정의 경우 ISM 기기 등 다양한 전파 사용기기가 개발됨에 따라 6 GHz 이하 대역 허용기준 개정 요청이 증가하고 있으며 CISPR B의 무선전력전송 허용기준 개정, D의 30 MHz 이하 허용기준 개정, H 실내 조명설비 ELF 방사 발출 기준 개정이 추진되었다.

② 6 GHz 초과 기준 및 간섭모델 개발 국제표준 동향 분석

CISPR H AHG9에서는 5G 서비스에 따른 6 ~ 40GHz 대역의 방출 기준 및 간섭모델 제정을 위하여 각국에서 사용되는 무선서비스에 대한 기본 정보를 조사하고 있다.

우리나라는 5G 단말기 EMI 측정결과를 발표하였고, 측정 시 턴테이블 회전 속도에 관한 논의가 있었다. 독일은 5G 통신 서비스 기반의 파라미터를 도출하고 5G 단말기 및 기지국에 대한 간섭 모델링 및 기준값을 제시하고, 10G Base-T 랜 통신 시스템에 대한 측정결과와 제안한 확장모델 기준이 FCC 평균 기준과 거의 같다고 발표하였다.

향후 각 국가에서 제출한 결과를 비교 검토하고, 독일이 제안한 평균 기준값을 기반으로 한 기준 및 간섭 모델링 보완작업이 진행될 것으로 예상된다. '21년에는 '20년 6 GHz 이상 기준 마련을 위한 국제표준화가 진행됨에 따라 확률적 전파 간섭 모델링 검토 및 표준화 대응을 추진하기로 하였다.

나) 주거/상업/경공업환경 기준 분리에 따른 국내 도입방안 검토

① 61000-6-3 표준 검토

주거/상업/경공업환경에서의 A/B급 허용기준 혼용 문제로 주거환경에만 적용하는 것으로 개정되었다(B급). 주요 개정내용으로는 포트 정의를 CISPR 32 내용으로 수정하였고, 실제 사용 환경의 설치 방법에 따른 시험 셋업 구분을 명확히 하였다. 제품설명서에 주거 지역 내에 사용 요구사항을 만족하였음을 명기하고, 차폐 케이블 또는 특수케이블을 사용하여 시험에 통과한 경우 사용설명서에 해당 내용을 명기해야 한다. CISPR 16-4-2 따라 측정불확도를 평가해야 하고, 적합 여부 결정에 반영하여 CISPR 권고 불확도보다 시험소의 불확도가 큰 경우 해당 내용을 기록해야 한다. 통계적 평가 방법이 삭제되었고, 통신 포트 및 DC 포트에 대한 요구사항을 명확히 하였다.

② 61000-6-4 표준 검토

포트의 정의 및 종류를 CISPR 32 내용으로 수정하였고, 산업(장소) 관련 정의를 명확화 하였다. 시험 동안 측정조건에 피시험 기기의 시험 배치조건을 명시하였다. 완전무반사실 편파별 기준정보, 1 GHz 이상의 검파기 선택에 관한 내용이 개정되었다. 또한, CISPR 16-4-2 따라 측정불확도를 평가해야 하고, 적합 여부 결정에 반영하여 CISPR 권고 불확도보다 시험소의 불확도가 큰 경우 해당 내용을 기록해야 한다. 61000-6-3과는 다르게 DC 포트에 대한 요구사항은 참고사항으로 DC 전원을 사용하는 장비별 허용기준 및 측정규격 정보부록이 신설되었다.

③ 61000-6-8 표준 검토

61000-6-8 표준의 경우 상업/경공업 환경의 EMI로 규격이 분리되었으며, 전반적으로 61000-6-3의 내용과 같다. 허용기준의 경우 산업환경과 같이 A급을 따르고 있다. 주요 개정내용으로는 상업/경공업 환경 기기에 대해 명확히 구분하였고, 합체포트, 저전압 교류포트, 직류 전원포트, 유선포트에 대한 A급 허용기준을 규정하였고, 직류 전원포트의 예외사항을 추가하였다.

61000-6-3과 61000-6-4의 국내 도입을 위한 기술적인 검토를 추진할 필요가 있어 '21년 표준에 대한 검토를 추진하고, 61000-6-4의 경우 국가표준 개정 작업을 추진하기로 하였다.

바. EMC 기준전문위원회 I 소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 I 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

- 무선기능 시험방법 국제표준안 분석 및 대응 방안 검토
 - 무선기기 관련 국제표준(안)을 검토하고 차기 회의에서 대응 방안을 논의하기로 하였다.
- 오디오 출력 기능에 대한 내성 시험방법(KN 35 부록 G) 검토
 - KN 35 부록 G 오디오 출력 기능에 대한 시험방법(1 kHz 시험 신호를 발생하기 어려운 제품에 대한 시험 방법) 검토하기로 하였다.

2) 주요 내용

가) 무선기능 시험방법 국제표준안 분석 및 대응 방안 검토

CISPR 35 국제표준 개정안의 무선기능 시험방법을 검토하였다.

'19년도 상하이 회의에서 한국이 제안한 성능평가 기준, 통신안테나 위치 등의 내용이 포함되었고, 배제 대역 설명에 한국 배제 대역이 인용되었으나 주파수대역에 대한 수정이 필요하며, 수신 레벨도 수정이 필요하므로 향후 수정을 요청하기로 하였다.

나) 오디오 출력 기능에 대한 내성 시험방법(KN 35 부록 G) 검토

KN 35 부록 G에 오디오 출력기능에 대한 시험방법이 있으나 고정음 출력 기기(도어벨, 사이렌, 게임기기 등)인 경우 시험에 어려움이 있어 이를 검토하였다.

오디오 출력기능에 대한 검증 시험을 진행하고 1 kHz 신호를 구현할 수 없는 고정음 출력기기에 대한 2가지 개선 방안을 제안하였다.

○ 시험 시 Silence 오디오 신호 발생이 가능한 경우

- (방법1) 오디오 주파수 성분을 확인한 후 최대 발생 값을 오디오 기준 레벨 값으로 정하고, 시험 시 최대 오디오 레벨 발생 주파수로 내성 시험 신호 변조를 실시하여 시험을 실시

- (예: 600 Hz에서 최대값이 발생 시, AM 600 Hz 변조된 내성 신호 인가)
 - (방법2) 오디오 주파수 성분을 확인한 후 최대 레벨을 기준으로 하고, 최대 레벨의 주파수가 $1 \text{ kHz} \pm 500 \text{ Hz}$ 이내인 경우 AM 1 kHz 변조로 시험을 실시(이때 기준 레벨은 방법1의 최대 레벨로 선정한다)
 - 시험 시 Silence 오디오 신호 발생이 불가능한 경우
 - 오디오 주파수 성분을 확인한 후 신호 대 잡음레벨(오디오 주파수가 30 dB 이하인 지점의 레벨)의 비가 30 dB 인 지점을 설정하여, +30 dB인 지점의 레벨을 기준 레벨로 정하고 시험 시 잡음레벨 발생 주파수로 내성 시험 신호 변조($\pm 1 \text{ kHz}$ 이내) 를 실시하여 시험을 실시(최대 레벨 오디오 주파수는 시험 성적서에 기록되어야 한다)
- ‘21년 I소위원회 1차 회의 때까지 시험소별 의견을 취합하여 논의하기로 하였다.

사. EMC 기준전문위원회 TA 소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 TA 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

- 공공 배전망 주파수 대역 확대에 따른 장애 분석 추진
 - 호주, 유럽에서 전력선 통신 장애방지를 위해 9~150 kHz 대역에 대해 장애방지 기준 제정이 추진되어 국내 제조사별 해당 제품군을 조사 및 현황을 검토하고 해당 제품에 대한 전자파 측정데이터를 확보하여 국제표준화 대응 방안을 마련하기로 하였다.
- 일정 전압 범위를 갖는 제품의 전압강하 및 순간정전 내성 시험방법 논의

2) 주요 내용

가) 공공 배전망 주파수 대역 확대에 따른 장애 분석 추진

공공 배전망 주파수 대역 확대에 따라 61000-2-4 산업환경 표준 개정의 CDV문서에 150 kHz 이하의 기준이 추가되었으므로, 관련 국제표준화 현황 파악이 필요하다. 일반제품으로 9~150 kHz 대역의 시험을 추가로 진행하여 국내 산업현황 파악이 필요하여 시험기관 및 제조사에 시험 현황 공유를

요청하였다.

가변속전력구동기기 등에 대한 측정결과 대부분 기준안대비 마진이 확보되어있는 것을 확인하였다.

유럽은 PLC 제품과의 간섭을 이유로 기준을 확대하고 있지만, 국내는 과거 Smart grid에 활용하기 위한 움직임이 있었지만, 다른 좋은 통신들이 많고 전력선 통신이 안정적이지 않아 PLC 기술이 사장되었다. 이로 인하여 전력선 통신을 쓰고 있는 기기를 수배하기도 어려운 현실이다. 이에 전력선 통신을 보호하기 위해 가정용 기기 등을 규제하는 것은 소비자, 제조사에 좋지 않은 상황이다.

현재 61000-2-2의 표준의 경우 기준이 9~150 kHz 대역이 포함되어 개정이 완료된 상황이다. 61000-2-2에서 30~150 kHz 대역에 대한 논란이 많았으며, 제조사 측은 해당 주파수 대역의 허용기준이 없었음에도, 핀란드 지역의 97% 이상에서 의도된 대로 MCS가 정상 동작하고 있고, 방출량을 줄이기 위해 모든 기기에 필터를 사용하는 것은 추가적인 비용 문제 등을 일으킬 수 있으므로 허용기준 완화를 주장하였다. 또한, 대부분 국가에서 해당 주파수 대역의 MCS 통신을 사용하고 있지 않아, 기기에 필터를 사용하는 것은 문제를 해결하기보다는 큰 비용이 든다고 주장하였다. 하지만 전력사업자 및 MCS 입장은 30~148.5 kHz 대역 통신 보호가 필요하다고 주장하고 있다. 150 kHz 이하 대역에서 CISPR 15를 초과하는 NIE는 집중 장치 주변 스마트그리드 전력량계의 높은 통신 손실을 유지한다. CISPR 15 기준에 근거한 절충된 제안 기준은 MCS 성능에 분명히 영향을 줄 것이고, 실제 조건에서 무시할 수 없는 MCS 동작 비용의 추가가 발생할 것이라고 주장하고 있다.

'21년도에는 150 kHz 이하 대역의 국제표준화 대응을 위하여 61000-2-4 개정현황 파악 및 대응을 추진하기로 하였다.

나) 일정 전압 범위를 갖는 제품의 전압강하 및 순간정전 내성 시험방법 논의

전압 범위를 갖는 제품에 적용되는 시험 전압이 내성 기본시험방법 (KN

61000-4-11)과 인증시험시 적용하고 있는 것과 달라 이에 대한 일원화를 중소기업청에서 규제 개선 요청하였다.

KN 61000-4-11에서 전압 범위를 갖는 제품일 경우 전압 범위의 최대 및 최소 전압에서 시험하도록 명시되었고, 국내는 '15년 기술협의회를 통해 국내 정격 전압인 220V에서만 시험하도록 적용하고 있다. 해당 내용에 산업체 의견을 요청한 결과 61000-4-11에 명시되어 있는 것처럼 전압 범위가 정격 전압 범위로 규정된 최저 전압의 20%를 초과하지 않는 경우 정격 전압으로 시험하고, 전압 범위가 규정된 제품의 경우 최소 및 최대 전압으로 시험하는 것이 적합하다는 의견과 국내는 단일 주전압인 220V에서만 시험하자는 의견을 제시하였다. 시험기관(15곳)에서 해외 인증 시 정격 전압을 사용하는 제품의 경우 정격 전압으로 시험을 하고 전압 범위가 있는 제품은 최대/최소 전압으로 시험을 진행하고 있고, 국내 인증제품의 경우 상용전압 220V로 시험하고 있다. 이러한 의견을 바탕으로 기본 시험방법의 취지와 적용성을 고려하여 20%를 초과하지 않는 경우 정격 전압으로, 범위를 갖는 경우 최소 및 최대 전압으로 시험하는 61000-4-11의 원안을 유지하고 제품별 적용 기준은 제품별 위원회에서 추가로 논의하기로 하였다.

아. EMC 기준전문위원회 TB 소위원회

1) '20년도 활동계획

2020년도 EMC기준전문위원회 TB 소위원회 주요 활동계획은 다음과 같다.

- 광대역 신호 내성 시험표준 제정을 위한 시험방안 연구 및 대응
 - 특별연구반을 구성하여 광대역 신호 방사 내성 시험방법에 대한 기술 사항을 논의하기로 하였다.
- 전자파 내성 현장 시험방법 검토
 - 특별연구반을 구성하여 현장시험을 위한 내성 시험방법(안)을 마련하고 기술사항에 대한 논의를 진행하기로 하였다.

2) 주요 내용

가) 광대역 신호 내성 시험표준 제정을 위한 시험방안 연구 및 대응
최신 이동통신의 전자파 영향을 시험하기 위한 광대역 방사 내성 시험에 대한 신규표준 재정이 우리나라의 제안으로 시작되었다.

광대역 방사 내성 시험표준(IEC 61000-4-41)에서 규정해야 하는 시험 목적, 표준 적용성, 시험 신호, 시험레벨, 시험장비, 균일장 요구사항 등에 대한 요구사항 등을 논의하고 정리하였다.

시험신호는 5G 등 최신 통신 신호를 대표하는 OFDM 신호를 제안, 시험레벨은 신호의 채널전력을 추가감산, 시험장비는 광대역 신호를 발생하고 측정할 수 있는지 검증하여 변경을 최소화, 공간 균일장확인인 유지하고 주파수대역내 균일도에 대한 검증 간소화 방안 등을 제안하기로 하였다.

나) 전자파 내성 현장 시험방법 검토

특별연구반을 구성하고 시험항목별 현장 내성 시험방법에 대한 작년 초안과 유럽 연구 자료를 수집 검토하였다.

정전기 내성 시험은 기본적으로 바닥설치형 시험방법을 따르고, 무게 및 크기로 인해 접지판을 설치하지 못할 경우에는 기준접지면을 피시험기기 10 cm 거리에 배치하는 방법을 검토하였다.

버스트 내성 시험은 신호 발생기의 CDN(결합/감결합장치)의 전류 용량 문제로 시험이 불가능할 경우 CDN을 병렬로 연결해서 시험하는 방안을 검토하였다.

서지 내성 시험은 신호 발생기의 CDN(결합/감결합장치)의 전류 용량문제로 시험이 불가능할 경우 CDN을 병렬로 연결해서 시험하는 방안을 검토하였다.

전도성 RF 전자기장 내성 시험은 CDN(결합/감결합장치)의 전류 용량 문제로 전자파 클램프(EM Clamp), 전류 클램프(Current Clamp)로 시험하는 방법을 검토 하였다.

전원주파수자기장 내성 시험은 중심배치법이 불가능할 경우 근접법으로 시험하는 방법을 검토하였다.

방사성 RF 전기장 내성 시험은 국가 규정(전파법)에 따라 정규시험장에서만 시험할 수 있으며 대체 시험방법으로는 ITU-ISM 주파수 대체법, CS 대체법

(BCI Clamp, EM Clamp), 이동형 송신기 대체법을 검토하였다.

3. EMC 기준전문위원회 개최 리스트

2020년도 EMC 기준전문위원회 개최 현황은 <표 7-1>과 같다.

<표 7-1> EMC 기준전문위원회 개최 리스트

번호	회의명	일자	내용
1	EMC 기준전문위 1차 회의	7. 21. ~ 7. 22	가정용 전기기기 및 전동기기류 기준 개정(안) 심의, '20년도 소위원회별 활동(운영) 계획 보고
2	A소위 1차 회의	8. 6.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
3	A소위 2차 회의	11. 27.	18GHz이상 시험장 평가, 안테나 틸트 측정 등 검토, 21년 연구계획 논의
4	B소위 1차 회의	8. 12.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
5	B소위 2차 회의	11. 25.	CISPR 37 표준화 자료 검토, 21년 연구계획 논의
6	D소위 1차 회의	8. 12.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
7	D소위 2차 회의	9. 16.	고전압 케이블 차폐 측정 등 검토
8	D소위 3차 회의	11. 26.	고전압 케이블 차폐측정방법 초안검토, 21년도 연구주제 논의
9	F소위 1차 회의	4. 23. ~ 5. 6.	가전기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정을 위한 사전 검토
10	F소위 2차 회의	6. 11.	가전기기 전자파적합성 기준 및 시험방법 개정 검토
11	F소위 3차 회의	7. 8.	가전기기 전자파적합성 기준 개정(안) 검토 및 논의
12	F소위 4차 회의	7. 17.	가전기기 전자파적합성 기준 개정(안) 검토 및 논의
13	F소위 5차 회의	8. 12.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
14	가전기기 시험방법 편집회의	9. 9.	가전기기 전자파적합성 시험방법 개정(안) 수정 편집
15	F소위 6차 회의	9. 18.	가전기기 전자파적합성 시험방법 개정(안) 등 검토 및 논의

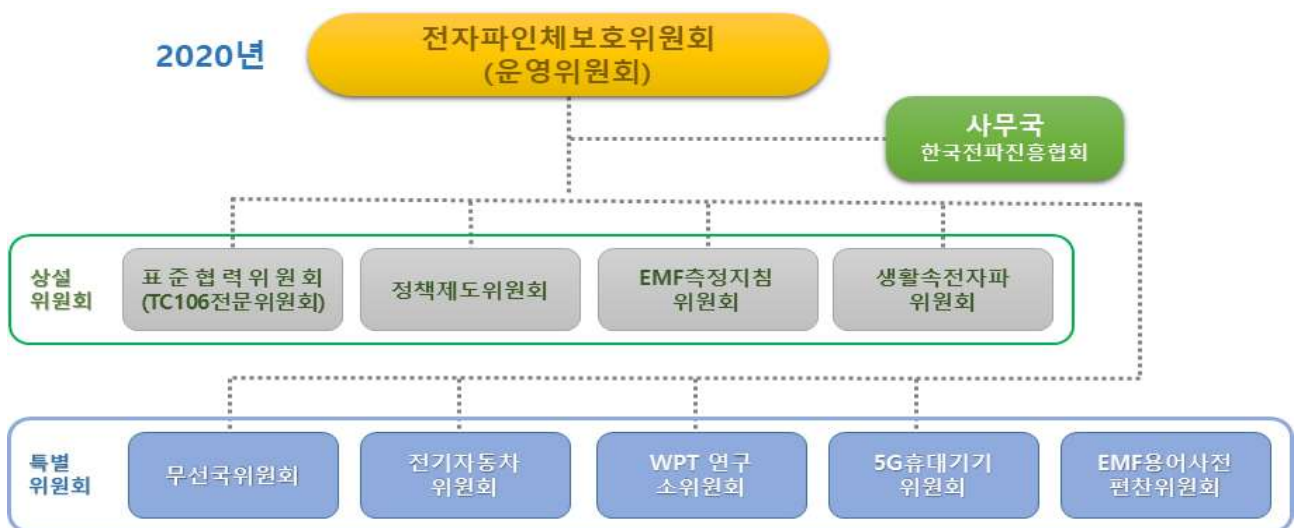
16	F소위 7차 회의	11. 16.	LED가로등 시험방법 개정(안), 직류배전망용 가전기기 측정결과 검토
17	H소위 1차 회의	8. 5.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
18	H소위 2차 회의	9. 17.	일반환경 국제표준 개정사항 검토, 허용기준 개정 표준동향 검토
19	H소위 3차 회의	11. 27.	산업환경 국제표준 개정사항, H AHG9 표준동향 검토, 21년 연구주제 논의
20	I소위 1차 회의	8. 5.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
21	I소위 2차 회의	9. 2	무선기능 국제표준안, 기기별 오디오 시험조건 등 검토
22	오디오 출력기능 검증시험	9. 24.	오디오 시험방법 검토, 검증 시험
23	I소위 3차 회의	11. 23.	오디오 시험결과, VR시험방법 등 검토, 21년 연구주제 논의
24	TA소위 1차 회의	8. 4.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
25	TA소위 2차 회의	9. 7.	Free-Voltage제품의 전압강하내성 시험방법 논의
26	TA소위 3차 회의	11. 25.	150kHz이하 CE측정결과, 표준화동향 검토, 21년 연구주제 논의
27	TB소위 1차 회의	8. 6.	20년 활동계획 소개 및 주제별 논의
28	내성시험방법 TF 1차회의	9. 18.	광대역 방사 내성시험방법, 현장 내성시험방법 논의
29	광대역 신호 분석 시험	10. 8.	광대역 내성신호 측정장비별 측정 분석
30	TB소위 2차 회의	11. 27.	광대역 방사 내성시험방법, 현장 내성시험방법 검토, 21년 연구주제 논의

제2절 전자파인체보호위원회 및 산하 위원회 구성·운영

1. 전자파 인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 위원회 구성

국립전파연구원의 2020년 전자파 인체보호위원회 운영계획에 따라 전자파 인체보호 관련 국가표준 제·개정, 국제표준화 등 협력 활동을 원활히 수행하기 위하여 소비자 및 산·학·연·관 전문가가 참여하는 전자파 인체보호위원회 및 위원회, 특별연구반을 구성·운영하고 있다.

‘20년에는 EMF 용어사전(‘09년도) 개정을 위한 EMF용어사전편찬위원회를 특별위원회로 신설하여 총 9개의 상설 및 특별위원회로 구성되어 있다. 전자파인체보호위원회 구성은 [그림 7-3]과 같다.



[그림 7-3] 전자파 인체보호위원회 구성도

가. 전자파인체보호위원회 운영위원회

전자파인체보호위원회 운영위원회는 전자파 인체보호 관련 정부 정책에 자문 역할을 수행한다. 국제표준화 등 국제협력 활동을 수행하기 위하여 산·학·연·관 전문가로 운영위원회를 구성하였다. 운영위원회는 전자파 인체 노출량 측정방법 관련 국가표준 제정 및 개발을 추진하고 전자파인체보호위원회 위원회 신설·폐지 여부 및 운영계획 검토, 각 위원회의 활동 및 연구실적 검토를 수행하며 국제표준화 대응방안 논의 및 자문 역할을 수행한다.

전자파인체보호위원회 운영위원회는 충북대학교 김남 위원장을 비롯한 국립전파연구원, 충남대학교, 한국전자통신연구원, 한국전력공사, 한국전기연구원 등 18명의 위원으로 구성된다.

나. 표준협력위원회

표준협력위원회는 전자파 인체노출량 관련 IEC TC106 등 국제표준화 회의에 대응하기 위한 방안을 마련한다. 또한, 각 위원회에서 개발된 전자파 인체노출량 평가방법 등 국가표준(안)을 최종 검토하는 역할을 수행한다.

표준협력위원회는 한국전자통신연구원 이애경 위원장을 비롯한 국립전파연구원, 충북대학교, 충남대학교, 삼성전자, LG 전자 등 27명의 위원으로 구성된다.

다. 정책제도위원회

정책제도위원회는 인체보호기준, 전자파흡수율, 전자파강도, 대상기자재 고시 등 EMF 관련 제도·정책 검토 및 제·개정을 추진한다. 또한, 국제기구의 전자파인체보호기준 개정 추진에 따른 국내 인체보호기준 개정방안 검토, 전자파 인체 노출량 평가 방법 개선방안 검토 등 국내·외 전자파 인체보호기준 연구 및 전자파 인체 노출량 측정방법에 대한 연구를 수행한다. 정책제도위원회는 국립전파연구원 김기희 위원장을 비롯한 충남대학교, EMF Safety, 한국방송통신전파진흥원 등 15명의 위원으로 구성된다.

라. EMF 측정지침위원회

EMF 측정지침위원회는 전자파흡수율(SAR)과 전자파강도에 대한 2개 분과의 시험기관 및 전문가들로 구성되어 있으며 전자파흡수율 및 전자파 강도와 관련한 고시에서 다루지 못하는 세부 측정방법을 검토하고 측정방법이 마련되지 않은 신제품에 대한 전자파 측정 가이드라인을 제안한다.

EMF 측정지침위원회는 국립전파연구원 김기희 위원장을 비롯한 EMF Safety, 한국전자통신연구원, 한국방송통신전파진흥원, 중앙전파관리소, HCT, 원택 등 41명의 위원으로 구성된다.

마. 생활속전자파위원회

생활속전자파위원회는 국립전파연구원의 「생활속 전자파 홈페이지」를

통해 접수된 측정신청 제품에 대해 중복성 및 대표성 등을 고려하여 측정 대상을 선정하고 전자파흡수율 및 전자파강도 측정결과를 검토하는 역할을 수행하고 있으며 국립전파연구원 홈페이지, 보도자료 등을 통하여 국민들에게 측정결과를 공개하고 있다. 또한, 과대·과장 광고하고 있는 전자파 차폐제품에 대한 모니터링 및 성능을 측정하여 결과를 검토한다.

생활속전자파위원회는 충북대학교 김남 위원장을 비롯한 충남대학교, EMF Safety, 한국전자통신연구원, 한국방송통신전파진흥원, 국립전파연구원, 녹색어머니회중앙회, 녹색소비자연대 등 15명의 위원으로 구성된다.

바. 무선국위원회

무선국위원회는 5G 이동통신 기지국에 대한 전자파강도 평가방법 및 측정방법을 논의하고, 실생활 환경에서의 무선국 전자파강도 측정방법을 검토한다. 또한, 국제표준화 활동에 대응하기 위하여 무선국 전자파강도 계산방법에 대한 국외동향 조사를 수행한다.

무선국위원회 한국전자통신연구원 최형도 위원장을 비롯한 EMF Safety, 충북대학교, 충남대학교, SK텔레콤, KT, LG유플러스 등 27명의 위원으로 구성된다.

사. 전기자동차위원회

전기자동차위원회는 전기자동차 자기장 측정방법(안)에 대한 국가표준 개발 및 전기자동차 충전시스템 등 측정방법 검토를 수행한다. 또한, 하이브리드 자동차 등 전기모터를 사용하는 차량 및 다양한 차종에 대한 측정 방법 적용 범위 확대방안을 검토하며, 차량 외부의 측정방법을 검토한다.

전기자동차위원회는 한국자동차연구원 김해룡 위원장을 비롯한 현대자동차, 쌍용자동차, GM, 자동차안전연구원, 만도, 한국산업기술시험원 등 25명의 위원으로 구성된다.

아. WPT위원회

WPT위원회는 무선전력전송기술 이용기기 증가에 따른 전자파강도 측정 방법 연구 및 IEC TC106 WG9 국제표준화 규격 대응 활동을 수행한다. 이와 관련하여 무선충전방식별 원리를 분석하고 원거리 충전제품에 대한 전자파

인체영향 평가 적용 여부를 검토한다.

WPT위원회는 한국과학기술원 안승영 위원장을 비롯한 충북대학교, 충남대학교, 한국전기연구원, 국립전파연구원 등 19명의 위원으로 구성된다.

자. 5G휴대기기위원회

5G휴대기기위원회는 5G 휴대전화의 전력밀도 측정방법 및 평가방법을 검토한다. 특히, 5G 근거리장 전자파 측정기술의 측정방법 개선 방향을 검토하며 표준 혼 안테나에 대한 거리 및 면적별 전자파를 측정하고 외삽법(위상 고려)과 비교 검토하여 불확정도 분석을 수행한다.

5G휴대기기위원회는 EMF Safety 김윤명 위원장을 비롯한 충북대학교, 충남대학교, 인천대학교, 삼성전자, DTNC 등 18명의 위원으로 구성된다.

차. EMF용어사전편찬위원회

EMF용어사전편찬위원회는 공학용어와 의학용어로 기술되어 있는 전자파 인체보호 및 인체영향 관련 정보 및 제도를 이해할 수 있도록 EMF용어 사전을 편찬하고 업데이트한다. ‘20년도에는 ‘09년도에 발간된 EMF용어 사전을 기본으로 하여 새로운 용어 추가 및 기준용어 정의를 업데이트한다.

EMF용어사전편찬 위원회는 충남대학교 백정기 위원장을 비롯한 충북대학교, EMF Safety, 한국전기연구원, 한국전자통신연구원, 한국방송통신전파진흥원, 한국과학기술원, 숭실대학교, 단국대학교 의과대학, 이화여자대학교 의과대학, 아주대학교 의과대학, 한국원자력의학원 등 14명의 위원으로 구성된다.

2. 전자파 인체보호위원회 및 산하 상설, 특별 위원회 운영

2020년도 전자파인체보호위원회의 주요 활동결과는 다음과 같다.

가. 전자파인체보호위원회 운영위원회

‘20년도 전자파 인체보호 위원회 운영계획 및 상설·특별 위원회별 주요 활동계획을 검토하였다.

- ICNIRP 등 국제 전자파인체보호기준 개정 내용 분석을 통한 국내 인체보호기준 고시 개정(안) 검토

- IEC 전자파 인체노출량 측정방법 분야 TC106 국제표준화 대응
- '20년 생활제품 및 생활환경 선정 및 거짓·과장 광고 전자파 차단제품 성능평가
- 무선국 전자파강도 평가방법 개선안 검토
- 28 GHz 5G 휴대전화 전력밀도 측정방법 간소화 방법 검토

코로나19의 영향으로 인해 회의 소집이 어려운 점을 감안하여 서면회의 또는 수시 의견 수렴 등 적절한 대체 방안 마련이 필요하다는 의견이 있었으며, 국제 학술대회 및 회의(BioEM, GLORE, IEC TC106 총회 등)가 취소 또는 연기되거나 화상회의로 진행되는 점에 적절하게 대응기로 하였다.

나. 정책제도위원회

1) '20년도 운영계획

- ICNIRP, IEEE 등 국제 전자파인체보호기준 개정 내용 분석을 통한 국내 인체보호기준 고시 개정 방안 검토
- WHO 등 국제회의 및 전자파인체보호 정책제도·연구 관련 국제협력

2) 주요 내용

가) 국제 전자파인체보호기준이 개정됨에 따라 국내 인체보호기준 고시 개정 방안 검토

국제 비전리복사방호위원회 (ICNIRP, the international commission on non-ionizing radiation protection)는 2020년 초에 개정된 전자기장 노출 제한 지침(100 kHz ~ 300 GHz)을 발표함에 따라 우리나라 전자파인체보호 기준 개정을 검토하였다.

정책제도 위원회에서 논의된 국내 인체보호기준 개정 추진 방향으로는 기존 인체보호기준과 개정된 인체보호기준을 검토하여 가장 엄격한 기준을 적용하되 국외의 인체보호기준과 조화를 또한 고려하며 특히, 28 GHz 주파수 대역을 사용하는 5G 이동통신 기술에 대한 인체보호기준에 대해서는 면밀한 분석을 통하여 개정을 추진하기로 하였다.

나) WHO 등 국제회의 및 전자파인체보호 정책제도·연구 관련 국제협력
세계 전자기장 인체영향 연구조정 회의(GLORE)는 각국 정부기관에서
참여하는 세계전자기장 인체영향 연구조정회의로 전자파 인체보호 정책과
방향 등을 논의한다.

‘20년 11월 9일~10일까지 캐나다 오타와에서 개최 예정이던 GLORE
2020 meeting이 화상회의로 개최되었으며 5G 이동통신 등 새로운 기술에
관련된 각국의 전자파인체보호 정책과 연구결과를 주제로 발표를 진행하고
활발하게 의견을 교류하였다.

우리나라에서는 Update of International validation project of the NTP
study on carcinogenesis of mobile-phone RFR-Korea view의 주제로 아주
대학교 안영환 교수가 한국에서의 NTP 연구결과를 소개하였으며, Updates
on EMF Policies and 5G Compliance in Korea의 주제로 국립전파연구원의
김기희 연구관이 5G 이동통신 등 새로운 기술에 따른 한국의 전자파인체
보호 기준 및 정책 동향을 소개하였다.

다. 표준협력위원회

1) ‘20년도 운영계획

2020년도 표준협력위원회 운영계획은 다음과 같다.

- IEC TC106 등 EMF 관련 국제표준화 대응
- 국가표준 제정 최종(안) 검토

2) 주요내용

가) IEC TC106 등 EMF 관련 국제표준화 대응

코로나19의 영향으로 IEC TC106 총회 및 국제회의가 취소 및 화상회의로
대체되었으며 국내 TC106 분과별 위원들은 해당 연구주제에 대해 기고서
발표 및 국제 표준화 대응을 진행하였다.

표준협력위원회에서는 5G 전력밀도 측정방법을 만드는 IEC/IEEE Joint
Working Group 12 작업그룹에서 우리나라의 5G 휴대전화의 28 GHz 전력
밀도 측정방법 개선 연구결과인 Near Field PD Measurement of the
Horn Antenna and a Single Patch Antenna의 주제로 발표를 진행하였고,

5G 무선기지국의 전자파강도 측정방법을 마련하는 MT3에서 5G measurement method RRA contribution에 대한 주제로 기준신호(RSRP) 측정 및 외삽법 적용한 우리나라의 5G 무선국의 전자파강도 평가방법 개선에 대해 소개하였다.

나) 분과별 국제회의의 주요 대응 결과

① (WG9/PT63184) WPT 인체영향 측정방법 주요 개발 현황

2017년 관련 프로젝트 팀 구성을 통해 표준 초안 작업이 시작되었고, 2021년 최종 발간을 목표로 프로젝트 진행 중으로, 우리나라에서 제안한 내용인 무선 충전 드론 및 대형기기에 대한 전자파 인체영향 측정방법은 Annex H(Normative) Use Case에 수록되어 개발 진행 중이며 기존 Annex H의 경우 Normative로 개발 중이었으나, 작업반 회의시 Annex H. (Normative) Use Case를 (Informative)로 변경 건에 대한 논의 진행 중에 있다.

② (JWG11, 12) mmWave 수치해석 및 실측방법 주요 개발 현황

전력밀도(Power Density, PD) 관련 측정방법 개발 진행 사항 검토에 있어서 IEC/IEEE 63195-1(수치해석), 63195-2(측정)로 나누어 표준 개발하고 있으며, 대부분의 측정방법 및 유효성 검증에 대한 작업은 완료되었으며, 몇 가지 잔여 기술적 이슈 사항(PD 정의, DUT 위치, NF/FF 평가, Array 안테나 빔 측정방법)에 대한 검토 진행 중이다.

③ (JWG13) 전자파인체영향 측정방법 주요 개발 현황

IEC/IEEE 62209-1528 와 IEC 62209-3 통합을 위한 개정작업을 18년 3월 추진하였으며, 20년 10월 발간 예정이다.

TAS(Time Averaging SAR) TR 작업 Ad-Hoc team에서는 SAR 규제 준수를 보장하기 위해 적용된 최신 칩셋, 모뎀 및 근접 센서 기반의 동적 전력 제어 및 노출 시간 평균 (dynamic power control and exposure time-averaging, DPC-ETA) 알고리즘의 검증 방법을 개발 중이며 Sub-6GHz Ad-Hoc team에서는 기존 LTE와는 다른 5G New Radio

Frequency Range 1은 최대 100MHz (캐리어 당)의 큰 신호 대역폭을 갖고, 1 ~ 8 개의 캐리어 까지 지원 할뿐 아니라 각 반송파는 높은 변조 방식 (최대 256 QAM) 이 적용되고 있어, 제품의 동시 전송 및 신호 특성이 있어 기존과는 다른 측정방법의 접근이 필요하여, 이에 대한 검토 작업반이 구성 되었으며, 관련 내용은 TR (5G NR FR1 장치에 대한 SAR 추가 지침)에 포함 예정이다.

④ (MT3) 기지국 인체 노출량 측정방법 주요 개발 현황

mmWave 측정방법이 포함된 IEC 62233 Ed.3.0 개정 작업이 진행되고 있으며 IEC 62233 Ed.2.0에 대한 개정 작업이 19년 4월 추진되어 21년 4월 최종 발간을 목표로 작업 진행 중에 있다. ICNIRP 2020 발간에 따른 측정 방법을 분석 진행 중인데, 개정된 ICNIRP 지침에 따르면 WB-SAR에 대한 주파수 범위가 300 GHz까지 확장되었으며, 이를 IEC62236에서 고려 검토 할 예정이다.

국내에서 제안한 5G 이동통신기지국 평가 방법이 Annex F.9에 포함 되었으며, 이에 대한 내용 정리 및 Data Rate 고려한 평가방법 제안되었다. Actual maximum approach에서 massive MIMO만 명시되어 있어 massive MIMO=> beamforming or massive MIMO 로 수정하고 이 방법에 대한 검증 작업이 진행될 예정이며 개정 작업시 주요 검증 이슈가 발생함에 따라 아래와 같이 신규 Adhoc을 구성하여 작업을 추진할 예정이다.

라. EMF측정지침위원회

1) '20년도 운영계획

2020년도 EMF측정지침위원회 운영계획은 다음과 같다.

- 신기술 신제품의 전자파흡수율 세부 측정방법 가이드라인 검토
- 적합성평가지식DB(KSDB) 홈페이지 구축 및 운영 방안 검토

2) 주요 내용

가) 5G 휴대전화의 전자파흡수율/전력밀도 간소화 방안 검토

- ① 3.5 GHz 5G 휴대전화의 전자파흡수율 측정간소화

5G 휴대전화에서 사용하는 3.5 GHz 대역의 전자파흡수율 간소화 방법은 휴대전화의 전도전력과 SAR 값의 상관관계 분석을 통하여 마련하였으며, 1차적으로 전도전력이 가장 높은 통신조건을 선별하고, 측정 불확정도를 고려한 사전 SAR을 통하여 최종 측정 조건을 선별하도록 검토 및 마련하였다.

사전 SAR 측정시 몸통 SAR 측정의 측정 면 간소화는 측정 면은 안테나가 접한 한 면만 적용하여 전체 측정 후 최대조건에서 5면을 측정하는 것을 검토하였다.

② 28 GHz 5G 휴대전화의 전력밀도 측정간소화

5G 휴대전화에 적용되는 28 GHz 대역의 전자파인체노출량 평가 기준은 전력밀도이다. 전력밀도는 전도전력 - EIRP와의 연관성이 적기 때문에 빔 조향 및 조건을 고려하여 송신모드별 빔 개수를 간소화하여 전력밀도를 측정해야 한다.

빔 선정을 위한 판단기준 근거를 각 측정기관의 측정오차를 추가하는 부분 검토와 평균 면적조건 1 cm^2 가 20 cm^2 보다 보수적인지 휴대전화의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 확인 하였다.

빔 선정 근거로 EIRP 측정오차(불확정도)인 2.5 dB 기준을 기본으로 적용 하되 각 시험기관의 측정오차가 큰 경우는 추가적용(단서조향 추가)할 수 있다.

※ 단, 시험기관의 측정오차가 2.5 dB를 초과하는 경우 해당 측정 오차를 적용하고, 측정오차에 대한 정보를 시험 성적서에 명시

나) WLAN 주파수 확대 및 신기술 적용에 따른 전자파흡수율 및 전력밀도 측정기준 검토

전자파 인체노출량 측정방법은 6 GHz 이하는 전자파흡수율, 6 ~ 10 GHz 대역은 전자파흡수율 또는 전력밀도, 10 GHz 이상의 경우는 전력 밀도로 주파수 대역에 따라 분류되고 있다. 이에 따라 WiFi 6E 와 같은 6 GHz 주파수 대역을 갖는 기술의 전자파 인체노출량 측정방법은 전자파 흡수율 또는 전력밀도 측정방법 2가지 모두 적용이 가능한 상황이지만, 관련 대상기기의 적합성 인증시 혼돈이 생기지 않게 일괄된 전자파 인체 노출 측정 방법을 마련이 필요하다.

현재 고려되고 있는 6 GHz WLAN의 주파수 대역은 5.945 GHz ~ 6.145 GHz 주파수 대역에서 80, 20, 40, 160, 320 MHz 대역폭을 사용할 예정이다.

6 GHz 주파수 대역의 전자파 인체노출량 측정방법을 마련하기 위해서는 지정시험기관의 측정시스템 보유현황과 현재 전자파흡수율 및 전력밀도 측정시스템의 불확정도를 검토하여 마련되어야 한다.

EMF측정지침위원회를 통하여 시험기관의 측정시스템 보유현황 및 측정시스템의 불확정도를 확인해 본 결과 전력밀도 측정시스템만 별도로 구축 및 계획하고 있는 지정시험기관은 없으며, 대부분 전자파흡수율 측정시스템을 구축한 상황이다.

또한 측정시스템의 불확정도 같은 경우 전력밀도 측정시스템이 전자파 흡수율 측정시스템보다 측정불확정도가 상대적으로 높은 수준으로 측정되고 있는 실정으로 확인되었다.

6 GHz 대역의 전자파 인체노출량 측정방법의 경우는 시험기관의 측정시스템 보유현황 및 불확정도를 고려할 경우 전자파흡수율 측정방법이 현재로서는 타당한 측정방법이지만, 향후 전력밀도 국제표준과 외국의 측정방법 규정 동향 및 장비의 신뢰성 개선 등을 고려하여 개선할 필요성이 있다.

6 GHz 주파수 대역을 사용하는 WLAN 이 출시 예정에 따라 전자파 인체노출량 측정방법 뿐만이 아니라 불필요하게 측정되는 측정횟수를 줄이기 위한 연구가 필요한 상황이다. WLAN 이용 기자재의 전자파흡수율 측정하기 위해 전도전력의 측정횟수는 주파수 및 모드별로 매우 많아 전자파흡수율 적합성인증 측정시 전도전력 측정에만 약 14,000번, 2주 정도 시간이 소요되고 있어 '21년도에는 이에 대한 연구가 필요한 상황이다. '21년도에는 기존 WLAN 제품을 무작위로 선정하여 데이터를 수집하고 모드, 채널, 주파수별 전도전력의 측정값을 비교하여 경향성을 가지는지 분석할 예정이며, 분석을 통해 각 대역에서 전도전력에서 가장 높은 전력이 측정된 전송속도에서 전자파흡수율을 측정하는 방향으로 간소화를 검토할 예정이다.

마. 생활속전자파위원회

1) '20년도 운영계획

2020년도 생활속전자파위원회 운영계획은 다음과 같다.

- 생활제품·환경 전자파에 대한 측정대상 선정 및 측정결과 검토
- 전자파 차단제품 성능검증 대상 선정 및 측정결과 검토

2) 주요내용

가) ‘20년도 생활제품·환경 전자파에 대한 측정대상 선정 및 측정결과 검토
국립전파연구원은 일상생활에서 국민들이 전자파 안전에 대해 궁금해 하거나 우려하는 생활·환경 가전제품 등에 대한 전자파 강도를 측정하고 그 결과를 공개하고 있다. 뿐만 아니라 허위, 과대·과장 광고 전자파 차단 제품에 대한 모니터링을 실시하고 시중에서 구매한 차단 제품에 대해 성능 평가 및 검토를 진행하고 있다.

① ‘20년도 상반기 생활환경 전자파 제품 선정 및 측정

‘20년도 상반기에는 5G 이동통신 상용화에 따라 5G에 대하여 올바른 정보제공이 필요하다고 판단되어 우선 선정하였으며, 국민들이 신청(28종)한 전자파 측정대상 제품을 검토하여 5종을 선정하였다.

5G 전자파는 무선국 측정결과서 분석을 통해 측정대상(기지국 및 단말기)을 선정하였으며 측정조건 및 측정방법에 대해서 논의하였다.

전자파 차단제품 성능검증 제품 9종 선정 및 성능검증 측정방법을 논의하였다.

② ‘20년도 상반기 생활환경 전자파 제품 측정 결과

별레퇴치기 3종, 공기청정기 2종의 전자파 총 노출지수는 인체보호기준 대비 1% 미만으로 미미한 수준이었다.

음파진동 운동기를 최대 진폭(20)으로 설정했을 때 발판 부분에서 측정된 전자파 총 노출지수는 5.57%로 측정되었다. 음파진동운동기에 사람이 올라가 있는 높이를 가정(손잡이, 머리, 몸통 부분)하여 측정하였을 때는 모두 인체보호기준 대비 1% 미만으로 측정되었다.

3.5GHz대역 5G 기지국은 이용량에 따라 출력을 조정하는 기술 특성을 고려해 최대 전자파를 측정하기 위해 5G 휴대전화로 고용량 데이터를 내려 받는 상태가 지속되도록 조작하고 다양한 설치 유형에서 전자파 강도를 측정했다.

건물 옥상·통신주·지하 등 다양하게 설치된 기지국 전자파 강도 측정 결과, 전자파 인체보호기준 대비 1.35~6.19% 수준이다.

음성데이터 통화, 대용량메일 전송, 동영상 시청 등 실제 사용 환경에서 5G 휴대전화의 전자파흡수율을 측정한 결과, 기준(1.6 W/Kg) 대비 1.5~5.8 % 수준이다.

생활속에서 일반인이 승강기 기계실에 가장 근접할 수 있는 지점(건물별 마지막 운행 층)에서 전자파 총 노출지수는 인체보호기준 대비 1% 미만으로 미미하다.

③ ‘20년도 상반기 전자파 차단제품 성능검증 및 측정 결과

허위 및 과장광고로 의심되는 6종의 제품을 선정하여 전자파 강도를 측정하였으며 6종 제품 모두 다소 자기장 총 노출지수가 감소함을 보이기는 했지만 각 제품이 광고하는 전자파 차단, 타사제품 대비 10배 이상 또는 100배 이상 전자파 감소 등은 허위 및 과장 광고에 해당하는 것으로 판단된다. 또한 전자파 차단 의료용 가운 및 앞치마 등은 전기장은 50% 이상 감소시키지만 자기장에 대한 전자파 감소는 미미하기 때문에 이도 과장 광고에 해당한다.

④ ‘20년도 하반기 생활환경 전자파 제품 선정 및 측정

‘20년 9월초 기준, 국민신청제품(17건)에 대해 중복신청 및 신규 접수건을 고려하여 4종을 선정하였으며 코로나19 확산에 따라 살균기 등의 수요가 급증하여 관련 제품을 선정하여 측정하였다. 또한 겨울철 사용하는 전열제품과 전자파 고노출 제품군에 대해서도 추가 선정 및 측정을 실시하였다.

※ 17건 대부분이 휴대폰 기지국 및 중계기에 대한 중복 신청

전자파 차단제품 성능검증 제품 3종 선정 및 성능검증을 하고 후속조치를 실시하였다.

⑤ ‘20년도 하반기 생활환경 전자파 제품 측정 결과

제습기, 가습기, 전자피아노, 식기세척기의 전자파 총 노출지수는 대부분 인체보호기준 대비 1% 미만으로 미미한 수준으로 측정되었다.

전기매트는 2% 내외로 측정되었고 온풍기, 온수매트, 전기방석, 전기 라디에이터는 모두 인체보호기준 대비 1% 미만으로 미미한 수준이었으며, 헤어 드라이어는 5% 내외, IH 전기밥솥(실제 취사 상태 측정) 전자파 총 노출지수는 30 cm 측정 거리에서 인체보호기준 대비 20 ~ 33 %, 60 cm 측정 거리에서는 5 ~ 7 % 수준으로 나타났다. 단, IH밥솥은 취사시작 후 가열하는 시간 10분 동안 전자파 총 노출지수 최대이고 보온 상태는 1% 내외이다.

공기(공간) 및 제품 살균기 측정결과 모두 인체보호기준 대비 1% 미만이다.

⑥ ‘20년도 하반기 전자파 차단제품 성능검증 및 측정 결과

허위 및 과장광고로 의심되는 3종의 제품을 선정하여 전자파 강도를 측정하였으며 3종 제품 모두 전자파 차단효과가 미미하여 과대광고에 해당된다.

바. 무선국위원회

1) ‘20년도 운영계획

2020년도 무선국위원회 운영계획은 다음과 같다.

- 5G 무선국의 전자파강도 측정방법 개선 방안 검토
- 무선국 전자파강도 계산 평가방법 및 제도 도입방안 검토
- 실생활(in-situ) 환경 중심에서의 무선국 전자파강도 측정방법 검토

2) 주요 내용

가) 3.5 GHz 5G 기지국의 전자파 강도 측정방법 개선(안) 논의

기존 3.5 GHz 5G 기지국 전자파 강도 측정방법의 경우 측정 과정에서 순간적으로 측정값이 높아지는 경우가 발생하기 때문에 측정 방법을 완화해야 할 부분과 강화해야할 부분을 분석하였다.

측정 포인트, 측정간격(거리), 측정시간의 변화에 따라 5G 기지국의 전자파 강도 측정결과와 분석결과를 검토하였다.

<측정 간소화 방안>

- (측정 포인트) 3포인트에서 1포인트로 완화
- (측정 간격) 0.5m에서 1m 로 완화

- ※ 단, 5G 기지국의 경우 최대 지점에서 ± 0.5 m에서 측자 측정
- ※ 사람의 접근거리 및 안테나의 높이 등 고려, 전자파가 상대적으로 높은 기지국은 0.5m 적용
- (측정 시간) 기존 수초 이내 측정의 경우 순간 변하는 값의 오차가 발생함에 따라 시간평균 적용으로 개선이 필요하다. 시험 측정 결과를 분석한 결과 5초 시간 평균값의 경우 6분 평균값에 준하는 값으로 수렴함을 확인했다. 2가지 개선안을 바탕으로 이동통신사와 협력하여 개선방향을 논의할 수 있도록 협의했다.
- >> (개선 1안) 5초 시간 평균 측정
- >> (개선 2안) 수초 측정하되, 이전 Data에 대한 오차가 있는 경우 재측정

무선국의 전자파 강도 측정방법에서 기존 채널파워 측정을 이용하게 되면 시분할복조 통신방식 및 빔포밍이 적용되는 5G 무선국의 경우 정확한 측정이 어려울 수 있다. 이에 따라 무선국 위원회에서는 기준신호(RSRP)의 강도 값을 측정하고 외삽법을 적용하여 전자파 인체노출량을 계산하는 방법을 국제표준으로 제안하고 국제 표준화에 대응하고 있다.

나) 생활환경 전자파 측정방법(안) 검토

국립전파연구원에서는 전파환경조사(민원에 의한 수탁측정) 중 전자파 인체보호기준 관련 측정과 향후 KCA의 전자파안전정보센터에서의 측정 대응 목적으로 실제 환경에서 300 GHz 이하 주파수 범위의 다양한 전자기장(EMF) 발생원에 대한 인체노출량 측정방법을 마련하고 있으며, 현재 측정방법을 국가 표준으로 작성하여 검토하였다.

검토된 내용으로는 저주파(가전기기), 고주파의 경우 각 자기장 측정방법 및 전기장 측정방법 등 서로 다른 측정절차를 가지고 있기 때문에 서로 분리하거나 챕터로 구분할 필요가 있다. 이에 따라 주파수에 대한 측정구분과 별개로 측정절차 및 계획을 수립하는 단계를 우선 정의하여 반영하기로 하였으며, 측정방법 표준의 구성은 ① 일반사항 ② 저주파 측정절차 ③ 고주파 측정절차 ④ 노출지수 평가의 구성으로 제안되었다.

아. WPT위원회

1) '20년도 운영계획

2020년도 WPT위원회 운영계획은 다음과 같다.

- 무선전력전송기기 전자파 인체노출량 IEC 국제표준 전담 대응

2) 주요 내용

PT63184는 2017년 TC106/WG9 산하 PT63184가 신설(NP 승인)되어 표준 초안 작업이 시작되었고, 2021년최종 발간을 목표로 프로젝트 진행중이다. 우리나라에서 제안한 내용인 무선 충전 드론 및 대형기기(H.3 Drone과 H.2 Heavy-duty EV)에 대한 전자파 인체영향 측정방법은 Annex H(Normative) Use Case에 수록되어 개발 진행 중이다. 다만, 기존 Annex. H의 경우 Normative로 개발 중이었으나, 작업반 회의시 Annex H. (Normative) Use Case를 (Informative)로 변경건에 대한 논의 진행 중에 있다.

무선전력전송기술은 30MHz 이하 주파수 대역에서 자기 공진 또는 자기 공명 방식을 이용한 WPT 기술을 적용한 무선기기 개발에서 점점 높은 주파수를 사용하는 radiative WPT를 이용한 제품들의 개발로 확장되어가고 있다. Radiative WPT는 전자파 방사를 이용하여 전자파 에너지를 수신 안테나로 수신한 후 정류 회로를 통하여 정류하여 부하에 전력을 전달하는 기술로써, IEC TR 62905를 발행된 이후 WG 9 국제회의에서 RF 방식을 사용한 WPT 시스템에 대한 인체 노출량 평가 방법에 대한 기술보고서 추진의 필요성이 제기되었으며, radiative WPT에 대한 기술보고서 발행을 위한 작업을 진행하고 있다. 기술보고서에서는 30MHz에서 300GHz에서 동작하는 radiative WPT 시스템에 의한 인체 노출량 평가 방법을 기술하고 있다.

Radiative WPT는 저주파수 대역에서 사용되는 WPT에 비해 전송 거리가 크고 송신기와 수신기 간의 상호 결합이 필요 없으며, 센서, RFID, 모바일 및 웨어러블 기기 등과 같은 저전력 기기에서부터 고전력을 사용하는 기기에 원격으로 전력을 공급할 수 있는 기술로 장점을 가지지만 radiative WPT

시스템에서의 전자파 인체노출량 평가 사례 연구는 미흡한 실정이며, 기술적으로 완성된 기술 보고서를 발행하기 위해서는 기술적 제안 및 의견 제시를 위한 연구를 진행하고 위원회를 통해 적극적인 검토가 필요할 것으로 예상된다.

자. 5G 휴대기기위원회

1) '20년도 운영계획

2020년도 5G휴대기기위원회 운영계획은 다음과 같다.

- 28 GHz 5G 휴대전화의 전력밀도 평가기술 개선방안 검토
- 28 GHz 5G 전력밀도 평가 면적조건 분석 자료 검토
- 28 GHz 5G 전력밀도 측정방법 간소화 방안 검토

2) 주요 내용

가) 28 GHz 5G 휴대전화의 전력밀도 평가기술 개선방안 검토

5G 28 GHz 휴대전화의 전력밀도는 그 파장이 짧아서 근거리장에서의 전력밀도를 측정하는 것이 쉽지 않다. 따라서 근거리장에서 전력밀도를 직접 측정하는 방법에 대한 국내외 연구가 활발히 진행 중이며 5G 휴대기기 위원회에서는 근거리장에서 전력밀도를 측정할 수 있는 전기장 프로브 개발 결과를 검증하고 그 측정결과를 비교분석하기 위해 원거리장에서 전력밀도를 측정하여 근거리장 전력밀도를 추정하는 수치해석 알고리즘에 대한 연구를 진행하였다. 또한 5G 배열 안테나와 휴대전화 시제품에 대한 전력밀도 수치해석/측정 검증 및 측정시스템간의 비교 측정 결과를 검토하였다.

백-프로젝션 기법은 원거리에서의 전기장 세기를 재구성 알고리즘 (Reconstruction algorithm)을 통해 근거리 전기장세기로 투영하는 기법이다. 안테나로부터 방사되는 전기장을 측정할 때 전기장 프로브가 안테나와 근접하는 경우, 다중반사와 같은 복합적인 효과로 인해 측정 프로브가 정확하게 값을 획득하는데 문제가 발생하기 때문에 원거리장에서 얻은 전력밀도 값을 통해 근거리장의 정보를 얻어내는 수치해석 기법에 대한 연구가 필요하다.

전력밀도 측정을 위해 개발된 28 GHz 전기장 프로브를 이용하여 혼 안테나와 패치 안테나의 개구면 및 방사체로부터 거리별 근거리장 전력 밀도를 측정하고, 수치해석 결과와 비교하였다. 면적 1 cm²와 4 cm²의 평균 전력밀도 측정 결과와 수치해석을 비교한 결과, 혼 안테나의 경우 약 ± 10 % 수준의 오차에서 서로 일치하는 것을 확인했고, 패치 안테나 및 배열 안테나의 경우 10 % ~ 20 %의 오차를 가짐을 확인했다.

원거리장에서 전기장의 세기만을 이용하여 근거리장으로 백-프로젝션한 전기장 세기의 크기 값도 수치해석치와 비교하였으며 향후 전력밀도 측정 값의 정확성을 확보하기 위하여 백-프로젝션에 대한 연구가 더 필요한 것으로 판단된다.

5G 휴대기기 위원회에서는 5G 휴대전화의 근거리장 전력밀도 평가기술의 개선 연구 대해서, Near-field PD Measurement of the Horn Antenna and a Single Patch Antenna라는 주제로 IEC/IEE JWG12 국제회의에 기고하는 등 국제 표준화에 대응하였다.

차. EMF용어사전편찬위원회

1) '20년도 운영계획

2020년도 EMF용어사전편찬위원회 운영계획은 다음과 같다.

○ 편찬위원회 구성

- 전자파인체보호위원회 정책제도 위원회에서 별도의 편찬위원회 TF팀을 구성하여 운영

○ '09년도 용어사전 업데이트

- '09년도에 발간한 EMF 용어사전을 기본으로 하여 새로운 용어 추가 및 기존 용어 정의 업데이트

2) 주요 내용

가) EMF 용어사전 발간을 위한 용어 검토

공학 용어와 의학 용어로 기술되어 있는 전자파 인체보호 및 인체영향 관련 정보 및 제도를 이해하기 위하여 공학과 의학 분야의 전문가 14명을

섭외하여 20년 EMF 용어사전 편찬위원회를 별도로 구성하였다. 용어사전 발간은 기존 09년도에 발간한 용어사전을 기본으로 하여 IEC, ITU, WHO 등과 같이 전자파 인체보호와 관련된 문헌들을 조사하여 업데이트 하는 형식으로 진행하기로 하였으며 올해의 경우에는 신규 용어 조사와 기존 '09년도, '15년도 용어를 수합 및 검토하였다. 신규 조사된 용어 및 기존용어를 총 취합된 용어는 1,173개로 이중 중복 및 불필요한 용어를 검토하여 최종 966개 용어를 선정하였다. 향후 발간될 EMF 용어사전은 ① 부록(통신방식 등) ② 표준용어 ③ 용어정의 ④ 용어해설 파트로 나누어 구분하기로 하였으며, 21년도에 지속적으로 검토를 추진하여 21년도 하반기에 초판을 제작할 예정이다.

3. 전자파인체보호위원회 개최 리스트

2020년도 전자파인체보호위원회 운영 현황은 <표 7-2>와 같다.

<표 7-2> 전자파인체보호위원회 운영 현황

번호	위원회명	일자	내용
1	운영위원회	6. 11 ~ 17	1차회의(서면)
2	정책제도	7.20 ~ 8.14	ICNIRP Guideline 2020 번역
3	정책제도	11. 9 ~ 12	GLORE 2020 meeting 국제 표준화 대응
4	표준협력	4. 21 ~ 23	TC106 1차 분과별 대응회의
5	표준협력	7. 1 ~ 17	TC106 2차 분과별 대응회의
6	표준협력	9. 25	1차회의
7	EMF측정지침	5. 22	5G 단말기의 전자파흡수율 측정기준 검토 회의
8	EMF측정지침	6. 19	1차회의
9	EMF측정지침	7. 27	전자파흡수율 측정기준 검토 회의
10	EMF측정지침	9. 21	전도전력 측정 간소화 방안
11	EMF측정지침	10. 19	제2차회의
12	EMF측정지침	11. 18	WLAN 측정 간소화 데이터 검토
13	생활속전자파	4. 23 ~ 28	1차회의(서면)
14	생활속전자파	6. 24 ~ 29	2차회의(서면)
15	생활속전자파	7. 17 ~ 23	3차회의(서면)

16	생활속전자파	9. 9 ~ 15	4차회의(서면)
17	생활속전자파	11. 26 ~ 12. 2	5차회의(서면)
18	무선국	4. 20 ~ 21	생활환경 전자파 측정방법(안) 검토
19	무선국	7. 2 ~ 3	5G무선국 전자파 강도 측정방법 국제표준 검토
20	무선국	7. 13 ~ 24	1차회의(서면)
21	무선국	11. 2	2차회의
22	무선국	11. 30 ~ 12. 7	3차회의(서면)
23	EMF용어사전편찬	5. 26	EMF 용어사전 편찬을 위한 자료 검토 회의
24	EMF용어사전편찬	6. 17 ~ 7. 10	1차회의(서면)
25	EMF용어사전편찬	10. 26	2차회의
26	EMF용어사전편찬	11. 17	3차회의
27	5G휴대기기	7. 2 ~ 3	5G 휴대전화 전력밀도 측정방법 국제표준 검토
28	전기자동차	3. 13	저주파수 자기장 측정방법 개선방안 검토
29	WPT	5. 27	전기자동차 주행중 무선충전에 대한 대응방안 검토

제 8 장 연구 결과

본 연구에서는 전년도 개발된 보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 적용하기 위해 주요 복합시설로서 실제 구축 중인 태양광 발전시설에 대한 전자파 안전관리 가이드라인 개발 및 적용·검증을 수행하였다. 이를 통해 보편적 전자파 안전관리 가이드라인을 수정 보완하여 주요 복합시설인 태양광 발전설비에 가장 적합한 전자파 가이드라인 개발을 수행하였다. 또한, 전자파 안전관리 제도 확립 기반 마련을 위해 전년도 양성한 전자파 안전관리 전문 교육 강사를 활용하여 금년도 전자파 안전관리 전문 기술자 인력양성을 추진하였다. 나아가 새로운 전자파 기준을 적기에 마련·보급을 위해 전자파 기준 개발을 위한 산학연관 협업체계 구축·운영 연구를 최종 목표로 두고 있으며, 그 연구결과는 다음과 같다.

전자파 안전관리 가이드라인 및 시험 평가방법 개발 연구로서 복합설비에 보편적으로 적용 가능한 단계별 전자파 안전관리 가이드라인 실증을 위하여 금년에 신설되는 태양광 발전시설을 조사하고 안전관리 대상에 부합한 시설을 실증 대상으로 선정하였다. 실증 대상 선정과 가이드라인 적용 및 검증을 위해 “전자파 안전관리 가이드라인 실증 검증 연구반” 구성하였으며, 스윛에너지 태양광 발전 시설을 우선 검토 대상으로 선정하였다.

태양광 발전시설의 EMC 분석은 PV 시스템에 EMC 영향 매트릭스를 설정할 때 활성 장치(PV 인버터 및 배터리 충전 레귤레이터)만이 잠재적인 간섭원이며, 번개로 인한 과도 장애 신호는 DC 케이블 및 PV 발전기에서 유도될 수 있으므로 이러한 장치는 가상 간섭원으로 표시될 수 있다. 영향 매트릭스를 사용하면 모든 간섭 경로를 고려해야 한다.

본 태양광 발전설비의 전자파 안전관리 적용은 국내 최초로 태양광 발전설비에 대한 전자파 안전관리를 시행한 것으로 추후 태양광 발전 및 유사한 분야에 대한 전자파 안전관리를 시행하는데 도움이 될 것이라고 판단된다.

전자파 안전관리 기술자 인력양성 교육을 위해 전자파 안전관리 교육 프로그램에 의한 교과목으로서 “전자파 환경공학”, “EMC 감리제도”, “전자파 시스템 엔지니어링 안전관리”, “전자파 위험요소 관리”, “전자파

안전관리 대책기술” “전자파 안전관리 측정” 등 6개 교과목을 지정하였다. 수강생 모집은 전자과학회에서 소속 회원 및 회원사에게 단체 메일 송부 및 홈페이지 공지를 활용하여 홍보를 진행하였으며, 최종적으로 36명의 교육성 모집을 완료하였다. 전자파 안전관리 기술자 양성 교육 프로그램에 따라 코로나-19로 인해 전면적인 비대면 온라인 교육을 실시하였다. 비대면 강의는 수강생들이 효율적으로 수업을 수강할 수 있도록 온라인 동영상(녹화본) 강의 자료를 마련하여 수강생의 동영상 시청 여부에 따른 출석 확인이 가능한 플랫폼을 사용하였으며, 강사는 '19년 구축된 전문 강사 인력풀 등을 참고하여 전자파 분야의 경력자로 구성하여 강의는 총 153 시간에 걸쳐 교육이 진행되었다. 온라인 평가를 진행하였으며 수료 기준으로 출석(25%) + 퀴즈 (25%)과 최종 평가점수(50%)를 합산하여 80점 이상인자로 전자파 안전관리 기술자 수료생 선발 회의를 서면으로 개최하여 수료생 총 36명을 양성하게 되었다.

전자파적합성 기준 개발을 위하여 관계부처, 이해관계자들이 참여하는 EMC 기준전문위원회 및 소위원회와 전자파 인체보고 관련 제도, 정책 및 연구 업무 수행을 위하여 소비자 및 산학연관 전문가로 전자파 인체보호위원회 및 소위원회를 운영하여 관련 기술기준 등을 개발해 나가고 있다. 현재까지 EMC 기준 전문위원회 30회와 전자파 인체보호위원회 29회 회의를 개최하였다.

또한, 복합설비에 보편적으로 적용 가능한 단계별 전자파 안전관리 절차 가이드라인 및 전자파 안전관리 절차 평가방법에 대한 TTA 표준이 제정되었다. 금년도 복합시설로서 태양광 발전시설에 대한 보편적 가이드라인의 적용 및 검증이 이루어졌다.

향후 “전자파 안전관리 가이드라인 개발 연구”를 지속적으로 수행하여 다양한 복합설비에 보편적으로 적용 가능한 전자파 안전관리 가이드라인의 수정 보완과 전자파 안전관리 실시 복합설비가 적정하게 설치되었는지 여부를 시험·평가할 수 있는 방법을 수정 보완하여 전자파 안전관리 가이드라인과 전자파 안전관리 시험·평가 방법의 국가 표준화를 지속적으로 추진해 나가야 한다. 나아가 전자파 안전관리 법제정을 위한 프레임워크 연구가 필요하다. 또한, 지속적으로 전자파 안전관리 기술자 양성 교육 확대


및 양성된 전자파 안전관리 기술자를 적극 활용하기 위해 전자파 안전 관리를 담당할 수 있는 새로운 일자리 창출 등을 모색해 나가야 한다.

참 고 문 헌

- [1] J. L. N Violette, D. R. J. White, and M. F. Violette. Electromagnetic Compatibility Handbook. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.
- [2] C. Bendel, etc., EMC and Safety Design for Photovoltaic Systems, March 2002.
- [3] ECA, Guide to the Installation of Photovoltaic Systems, 2012.
- [4] H. Singer and H.D. Bruns. CONCEPT II Version 8.0, 1998.
- [5] T. Erge, Development of Standard Test Procedure for Electromagnetic Interference (EMI) Tests and Environments on Photovoltaic Components and Plants (PV-EMI Project), Fraunhofer ISE, 2000.
- [6] S.R. Bull, "Renewable energy today and tomorrow," Proc. IEEE, vol.89, no.8, pp.1216-1226, 2001.
- [7] R. Araneo, S. Lammens, M. Grossi, and S. Bertone, "EMC issues in high-power grid-connected photovoltaic plants," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 51, no. 3 PART 2, pp. 639 - 648, 2009.
- [8] H.J. Loschi, etc., "EMC evaluation of off-grid and grid-tied photovoltaic systems for the Brazilian scenario," ResearchGate, Dec. 2017, <https://www.researchgate.net/publication/312332845>
- [9] Y. Smirnov, "RF disturbances produced by high-power photovoltaic solar plants," Lappeenranta University of Technology, 2011.
- [10] 전파법, 전파법 시행령
- [11] 전자파 장애방지 기준, 전자파 장애방지 시험방법
- [12] 전자파 보호 기준, 전자파 보호 시험방법

- [13] CISPR 11, CISPR 13, CISPR 20, CISPR 22, CISPR 24, CISPR 32, CISPR 35
- [14] ITU-R SM 1879-1
- [15] 전파연구소 연구보고서, “전자파 적합성 기술기준 연구”, 2008
- [16] 전파연구소 연구보고서, “전자파적합성 기준 연구”, 2009
- [17] 전파연구소 연구보고서, “전자파적합성 기술기준 및 시험방법 연구”, 2010
- [18] 국립전파연구원 연구보고서, “전자파적합성 기준 연구”, 2011
- [19] <http://www.rra.go.kr>
- [20] <http://www.msit.go.kr>
- [21] <http://www.iec.ch>
- [22] <http://www.itu.int>

[첨부 1] 교육에 대한 설문

 국립전파연구원 National Radio Research Agency	<전자파 안전관리 기술자 양성 교육> 설문조사	시 행 일 자	2020.12.10. ~ 12.11.
		시 행 장 소	온라인

본 설문조사는 향후 <전자파 안전관리 기술자 양성 교육과정>을 더욱 발전시킬 수 있는 중요한 척도가 되오니 솔직하게 답변해주시면 감사하겠습니다.

※ 해당 항목에 V 표 또는 의견을 기재해 주시기 바랍니다.

- 한국전자파학회 -

1. [기본 사항]						
연령대	① 20대	② 30대	③ 40대	④ 50대	⑤ 60대	
근무처	① 대학	② 연구소	③ 공공기관	④ 시험기관	⑤ 기타 ()	
경력기간	① 5년	② 10년	③ 15년	④ 20년	⑤ 25년	⑥ 30년 이상
수강한 과목	① 전자기학		② 전자파 환경공학		③ 안테나 공학	
	④ 전자파 안전관리 대책기술		⑤ EMC 감리제도		⑥ 전자파 위험 요소관리	
	⑦ 전자파 시스템 엔지니어링 안전관리			⑧ 전자파 안전관리 측정		
2. [프로그램 만족도]						
프로그램 내용 및 운영상의 만족도와 관련, 아래의 항목에 대한 동의 정도를 선택해 주시기 바랍니다.						
항목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다	
1) 강의의 주제와 구성은 목적에 적절하였다.	①	②	③	④	⑤	
2) 강사의 강의 내용은 체계적이고 충실하였다.	①	②	③	④	⑤	
3) 교육의 기간은 적절하였다.	①	②	③	④	⑤	
4) 온라인 강의에 따른 교육 자료(동영상, 교재 등) 제공은 적절하였다.	①	②	③	④	⑤	
5) 기타 제반 환경은 만족스러웠다.	①	②	③	④	⑤	
6) 주변 지인들에게 본 강의를 추천할 의향이 있다.	①	②	③	④	⑤	



국립전파연구원
National Radio Research Agency

<전자파 안전관리
기술자 양성 교육>

설문조사

시 행 일 자

2020.12.10. ~
12.11.

시 행 장 소

온라인

3. [교육 만족도]

항목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1) 수강과목의 편성은 적절하였다.	①	②	③	④	⑤
2) 본 교육은 업무에 유익할 것으로 판단된다.	①	②	③	④	⑤
3) 교육 수강 확인을 위한 퀴즈 편성은 적절하였다.	①	②	③	④	⑤
4) 교육에 대한 평가문제는 적절하였다.	①	②	③	④	⑤
5) 수강과목이 적절하지 않은 경우 다른 과목 대체 의견 등을 적어주시기 바랍니다.					

4. [온라인 학습 만족도]

항목	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통 이다	그렇다	매우 그렇다
1) 온라인 학습 시스템 이용에 만족한다.	①	②	③	④	⑤
2) 온라인 강의에 대한 전자파학회의 안내(시스템 이용 방법)에 만족한다.	①	②	③	④	⑤
3) 온라인 강의 접속이나 학습 자료 다운로드가 용이하다.	①	②	③	④	⑤
4) 실시간 온라인 강의와 비교할 때 만족한다.	①	②	③	④	⑤
5) 온라인 학습으로 인한 문제점이나 개선해야 할 사항에 대한 의견 등을 적어주시기 바랍니다.					

4. [기타]

항목	응답
<p>1) 본 교육(전자과 안전관리 기술자 양성 교육 과정)이 본인에게 도움이 되었는지 또는 교육 과정 상 개선되었으면 하는 점이 있다면 자유롭게 적어주시기 바랍니다.</p>	

※오랜 시간 설문에 응답해 주셔서 대단히 감사합니다※
작성해주신 내용은 조사 목적 외에는 사용되지 않습니다.

[주의 문구 삽입]

안전한 전자파 환경 기반 조성 연구



(58323) 전남 나주시 빛가람로 767

발 행 일 : 2020. 12.

발 행 인 : ○ ○ ○

발 행 처 : 과학기술정보통신부 국립전파연구원

전 화 : 061) 338-0000

인 쇄 : 홍길동인쇄소

Tel. 02) 123-1234

ISBN : 978-89-93720-00-6-92560 < 비 매 품 >

주 의

1. 이 연구보고서는 국립전파연구원에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 국립전파연구원 연구결과임을 밝혀야 합니다.

※ 뒷표지 안쪽면 중간에 인쇄