

전력계통에서의 EMI 현상

이 기 철*

(*한국전기연구소 전기환경연구실장)

1. 개 요

전기에너지의 사용은 인류의 문명생활에 크게 기여하여 왔다. 그러나 사회가 더욱 복잡해지고 고도 정보화를 추구함에 따라 전기에너지의 사용은 급증하고 다양해지고 있다.

이러한 시점에 인간이 전기에너지를 사용함에 따라 본래 기능 이외의 역작용이 수반되고 있어 이에 대한 제반의 역작용을 종합적으로 검토 분석하고 이

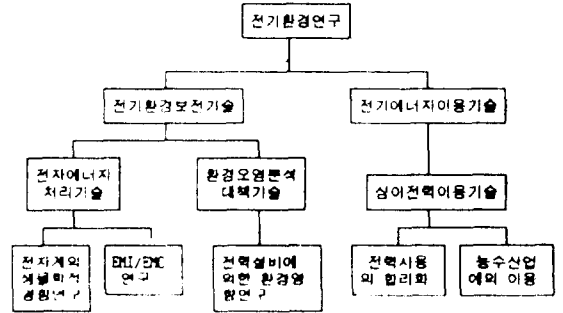
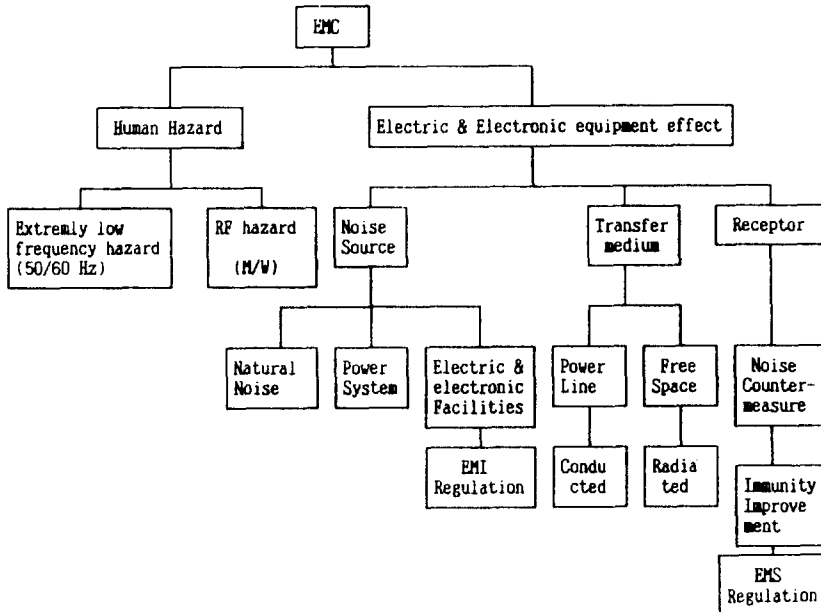


표 1. EMC 분야



를 최소화함으로써 쾌적한 전기환경보전하에서 본래의 전기 사용목적을 달성하고 불필요한 전자에너지를 처리하고자 함을 목표로 하고 있다.

가까운 선진국의 예로서 일본의 전력중앙연구소(CRIEPI)에서도 수십년간에 걸쳐서 환경연구를 수행하고 있다. 전기환경연구분야를 요약하면 다음과

표 2. EMC 분야에서의 최근수행연구내용 (한국전기연구소)

EMC 분야		연구제목	연구내용	수행년도	
Human Hazard	ELF (60 Hz)	전자계의 생물학적 영향에 관한 연구 (I) (II)	1. 교류송전선하의 전자계실측 및 예측계산 2. 전자계의 인체 유해성 3. 국내의 역학적 설문조사 4. 세계 각국의 전자계규제 및 권고안 제시	1986~1988	
	RF(30 MHz~수 GHz)	해당없음	-	-	
Electric & Electronic Equipment Effect	Noise Source	Power System	800 kV 급초고압 계통 연구	1. 코로나 소음(AN) 및 Hum 2. 라디오 잡음(RI) 3. 텔레비전 잡음(TVI) 4. 개폐서어지해석(EMTP)	1982~1984
		Facilities	전자·전기기기의 EMI 현상실태조사 및 분석연구	1. 전자잡음현상 및 영향 2. 전자잡음의 측정 및 평가 3. 국내 전기·전자기기의 전자 잡음 실태 분석 (고주파전도잡음 : 0.01~30 MHz)	1988
Transfer Medium	PLD (Power Line Disturbance)		수용가 PLD 현상 분석 및 대책기술 개발연구	1. PLD 현상 및 영향 2. 수용가(공장가, 상가, 주택가)별 잡음 조사 분석 3. 잡음요인별 잡음조사분석 (전압 및 주파수변동, 임펄스 현상, 고조파 및 고주파 잡음) 4. Noise 저감용 Filter 개발	1988~1992
		Radiated	전력소구내에서의 전자응용설비에 미치는 EMI 영향 연구	1. 전력소구내 공간 전자파잡음 분포 측정 분석 2. 송전선 주변의 잡음분포 측정분석 3. 전자응용설비 전자파 잡음영향	1989~1991
	Receptor	Noise Counter Measure	Noise Filter 설계용 프로그램 개발 연구	1. 필터의 구성 및 특성분석 2. 필터회로의 합성 3. 필터회로의 성능평가 4. 범용 필터 설계프로그램	1989

표 3. 선로에 따른 전력계통에서의 EMI 분류

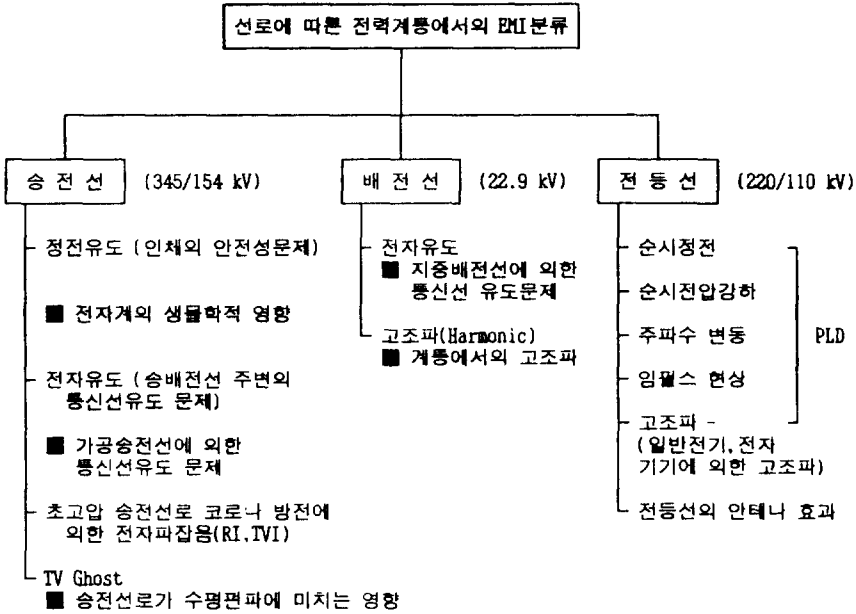
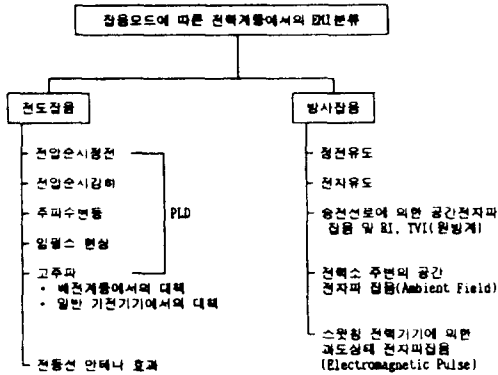


표 4. 잡음모드에 따른 전력계통에서의 EMI 분류



선, 일반 수용가의 전등선으로 구분되며, 송전선은 발전소와 변전소간, 배전선은 변전소와 주상변압기간, 전등선은 주상변압기와 일반 수용가간의 선로이다.

또한 잡음발생원과 피해를 받는 기기와의 사이를 전달하는 경로에 따라 전원선, 신호선, 접지선, 대지 등의 전송선로를 통해 전달되는 전도잡음과 공중을 통한 복사나 유도 등 복사(방사)잡음의 두가지 형태가 있는데, 이러한 잡음모드에 따른 전력계통에서의 EMI 분류는 표 4와 같다.

실제로 잡음은 독립적으로 전달되는 것이 아니고 전달과정에서 서로 조합된 복합잡음의 형태로 나타난다.

같다.

표 1은 전기환경보전기술(EMC 분야)로서 주로 전자에너지의 처리기술분야를 요약한 것이다.

EMC는 잡음 처리문제로 귀결되는데, 이러한 잡음은 표 1에서 보는 바와 같이 인간에 영향을 주는 Human Hazard와 전기·전자설비에 영향을 주는 EMI/EMS 문제로 구분할 수 있다. 전기연구소에서 수행한 최근의 전기환경보전기술(EMC 분야)에 관한 대표적인 연구내용은 표 2와 같이 요약된다.

한편, 선로에 따른 전력계통에서의 EMI 분류는 표 3과 같다. 사용되는 계통전압에 따라 송전선, 배전

2. 송전선에서의 EMI 현상

2.1 코로나 방전에 의한 잡음

코로나 방전은 전위경도가 큰 날카로운 전극의 선단부에서 절연과피가 일어날때 발생하며 어느쪽 전극이 +냐 -냐에 따라 정코로나 방전 또는 부코로나 방전으로 잡음특성이 달라진다. 코로나 방전시 발생하는 잡음은 간헐적인 펄스전류의 발생으로 인

한 잡음과 방전에 수반되는 고주파 진동에 의한 잡음으로 구분된다.

코로나 방전의 발생은 주로 초고압 송전선에서 일어나며 송전선로상의 많은 장소에서 초당 수만번 되풀이되어 일어나기 때문에 여기서 발생하는 고주파 잡음으로 코로나잡음이 일어난다. 또한 송전선로 연결부위의 상태가 건조상태인 경우와 습기를 함유한 경우에는 잡음특성이 달라지며 우천시 코로나 잡음 레벨은 강우량이 수 mm/hr 에 도달할 때까지는 급증하나 그 이상에서는 포화되어 일정값을 나타낸다.

2.2 라디오 잡음

송전선으로부터 발생하는 라디오잡음에 대해서는 2차대전 후 초고압 송전선이 건설된 후부터 강우시 생기는 코로나 방전에 기인한 라디오 수신장애가 문제시되었다.

2.3 전자유도

송전선으로부터 통신선의 전자유도 문제는 전력회사와 통신회사가 유도협정에 의거 처리하는 문제이다. 유도에측계산에 대하여는 전력선과 통신선이 접근하여 있을때 금속 도체의 차폐작용을 고려하는 계산이 필요하다.

일본에서는 차폐물체로 가공지선, 전력케이블의 금속샷시, 고속도로의 가드레일, 통신케이블의 차폐층 등을 사용하고 있다. 해석프로그램은 차폐물질을 집중정수회로로 취급하는 경우와 분포정수회로로 취급하는 경우가 있다.

2.4 정전유도

정전유도는 고전압의 물체가 다른 물체에 발생시키는 전기적 유도를 의미한다. 고전압 송전선에 의한 전계는 교류에서 전계치가 수 kV/m에 이르고 있다. 정전유도는 피유도물체가 접지되어 전류가 흘러 전류치가 문제되는 경우와 피유도물체가 절연이 되어 유도전압이 문제가 되는 두가지 경우로 나눌 수 있다.

고압 송전선 아래의 지표면 근처에서 전계의 세기는 송전전압, 송전선로의 기하학적 모양에 따라 좌

우된다. 가공송전선 아래의 전계의 세기를 좌우하는 몇가지 기본적 요인은 다음과 같다.

- 지면으로부터의 송전선로 높이
- 송전선로의 기하학적 구조
- 송전탑 접지 급속물체의 근접
- 지면으로부터의 측정점 높이
- 송전선로의 실제전압

고압 송전선 주변의 건물 내부에는 외부와 비교하여 전계의 세기가 10~100배 정도로 감소하는데 이것은 건물의 구조나 차폐역할을 하는 재질에 따라 크게 좌우된다. 송전선로의 증가 및 송전전압의 초고압화와 더불어 규제나 권고의 차원에서 가장 관심의 대상은 60 Hz 로서 국내와에서 오랜동안 연구를 하였으나 인체유해성에 대한 통일된 견해는 없고, 나라별로 규제치를 설정하고 있다.

2.5 이상전압

전력선에 이상전압 발생시 이에 따른 전원의 차단이나 과도특성의 발생이 있고, 전자방해의 원인이 된다. 이상전압의 원인으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 뇌(유도뢰, 직격뢰)
- 선로개폐이상전압
- 고장시의 과도이상전압

1) 뇌현상

송전선로 및 배전선로의 사고원인에 대하여 뇌에 의한 원인에 가장 많은 실정이다. 선로 뿐만 아니라 옥외설계에도 뇌의 피해가 많아 전력계통의 신뢰도 향상을 위해서는 적절한 뇌대책을 강구하는 것이 선행되어야 한다.

내뢰대책을 세우기 위해서는 뇌해피해의 원인을 규명하는 것이 필요하며 다음으로 설비의 내뢰성의 평가, 뇌격특성을 밝히는 것이 요구된다. 뇌격전류 파형, 뇌방전로의 형상, 선로상의 과전압 파형 등을 정확히 관찰하여야 뇌격특성을 파악할 수 있으므로 뇌격특성의 각 요소에 대응하는 뇌관측 수법에 다양한 방식을 채택할 필요가 있다.

2) 뇌사고율 예측계산

송전선로의 내뢰설계에는 뇌방전현상, 서어지 전 반현상을 포함하여 급변하는 전자계현상, Flashover, 코로나 등의 방전현상 등 여러가지의 현상이

의한 원인과 수용가측에 의한 두가지 종류가 있다. 전력공급측의 순시저하는 전력계통의 고장에 의해서 전압이 떨어져 보호릴레이가 동작함으로써 고장을 제거하기까지의 순간적인 전압강하현상을 말한다. 그 지속시간은 고장 장소의 보호릴레이 동작시간과 차단기의 차단시간의 합이며 보통 수사이클내지 수초의 범위이다.

순시정전은 보호릴레이와 차단기로 고장을 제거하면서 전압이 완전히 영인 상태로부터 재송전까지의 현상이다. 지속시간은 재송전시간에 따라 결정되지만 대개 1~수분 정도이다.

한편 수용가의 순시정전은 부하설비의 절연열화에 의한 단락, 물체와 혼촉과실 등에 의한 상호단락, 지락사고 등에 의해서 발생하며 순시저하는 배전선로의 임피던스 및 배전선로에 접속된 부하가 문제된다. 돌입전류는 모터 기동시, 백열등 투입시, 변압기 여자시, 진상콘덴서 충전시에도 발생하며 보통 정상전류의 10~40배 정도가 된다. 이러한 돌입전류와 배전선로의 임피던스에 의해 순시변동이 일어나며 배전선로의 임피던수가 크면 순시변동폭은 커지게 된다.

2) 순시변동에 의한 기기의 영향

위와 같은 전원의 순시변동은 각종 전기기기의 기능정지, 오동작을 유발시키고 릴레이나 전자접점등에서는 이상개폐현상 혹은 자기보호회로의 동작정지 등에 원인이 된다. 또한 모터 등의 동력장치는 회전토크가 감소하거나 회전이 정지되어 기기의 기능에 중요한 영향을 미치게 된다. 더구나 전압의 순시변동에 의한 오동작 등 일차적인 영향 외에도 과도현상에 의한 간접적인 영향 또한 매우 크다.

3.4 전력선에서의 임펄스잡음

전원계잡음이 전자기에 침입하면 기기에 많은 영향을 미친다. 전원계잡음은 전력선 자체에서 발생하는 잡음과 인접기기 혹은 수용가 부하 등에서 전원선에 침입하는 잡음으로 나눌 수 있다.

전력선 자체에서는 방전잡음, 순시정전과 전압강하, 계통고장시 혹은 뇌에 의해서 잡음이 발생하며 이들 중 임펄스 또는 서어지는 기기에 치명적인 영향을 미치기 때문에 매우 중요하다고 할 수 있다. 임펄스잡음의 원인으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- 순시정전, 전압강하
- 방전서어지
- 뇌서어지
- 개폐서어지
- 계통사고시

이밖에도 대형 회전기나 모터, 히터, 수윳칭 레굴레이터, SCR 제어기 등에서도 기동시 돌입전류나 위상제어로 인하여 전력선에는 펄스잡음이 발생하고 있다.

임펄스잡음은 기기의 오동작 뿐만 아니라 크기가 클 때에는 수명단축 혹은 파괴손상을 유발하는 것과 더불어 고주파 성분을 포함하고 있기 때문에 고주파잡음에 의한 영향도 받게 된다.

3.5 전등선의 안테나 효과

전등선 특히 가공배전선은 수신안테나와 동일한 효과를 갖는 경우 방사 전자계에 의한 방해기전력을 발생시켜 전원회로를 통해 기기에 유도되는데 이것이 방해의 원인으로 된다. 또한 이 현상을 이용하여 목적으로 하는 방사신호를 전등선 안테나로서 수신하는 것도 가능하므로 라디오 방송수신기로서 실용될 수 있다.

전등선 외에 신호의 입출력선과 제어선이 긴 경우에도 안테나 효과에 의해 방해파를 방사하거나 수신하는 것이다. 수신안테나로서 동작하는 경우는 전파의 편파면과의 관계가 중요하다. 예를 들면 중파라디오의 방송전파는 수직편파이므로 도선의 수직부분이 안테나 효과를 가지며 수평부분은 수직부분의 동작을 도와주지만 그 자체의 안테나 효과는 없다. VHF 대에서는 TV 방송파는 거의 수평편파이므로 수직도체에는 안테나 효과가 없고 수평부분이 유효하게 구동된다.

4. 해외 및 국내의 EMI 연구동향

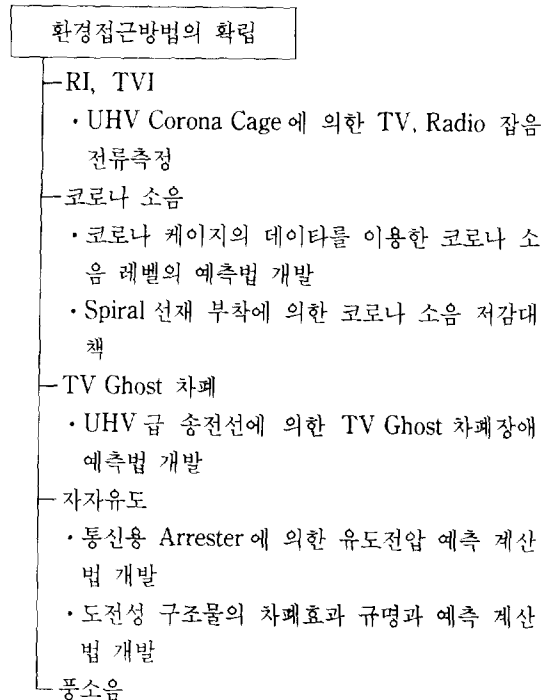
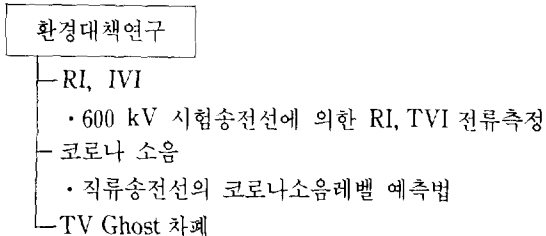
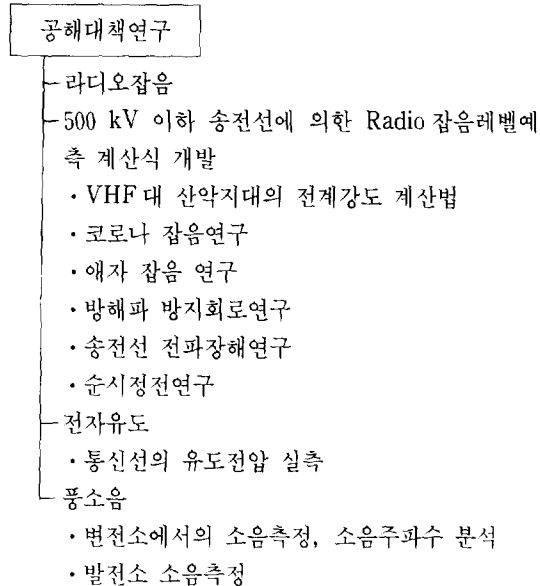
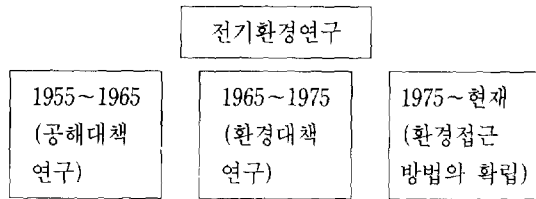
4.1 일본 전력중앙연구소(CRIEPE)의 전기환경연구현황

오늘날의 전기사업은 전력의 원활한 공급이라는 본래의 책무와 더불어 환경의 보전이라는 새로운 책

임이 부여된다. 해외에서도 이러한 맥락에서 수십년에 걸쳐서 환경연구를 수행중에 있다.

환경연구하는 것은 사회의 동향과 기술의 상황이라는 배경과 밀접하게 결부되어 있어, 환경에 대한 사회의 움직임, 생산, 소비과정에서 일반에게 이용되고 있는 기술의 종류나 정도, 크기 등에 따라서 환경연구 대상 문제가 달라진다.

일본에서의 경우, 20~30년전에는 공해대책연구를 시초로, 10~20년전에는 환경대책연구를 하다가 최근에는 환경영향사전평가를 포함한 환경집근방법의 연구를 수행하고 있다. 사회의 동향이나 기술의 상황측면에서 본 일본에서의 환경연구동향을 요약하면 다음과 같다.



4.2 고압송전선의 환경영향과제

일본에서의 년대별로 수행한 환경관련 연구과제와 송전전압을 요약하면 다음과 같다.

년대	과 제	송전전압	비 고
1940	전자유도, 코로나손	154 kV, 220 kV	
1950	코로나잡음	275, 345, 400 kV	
1960	정전유도, 전자유도, 코로나소음, TV 전파장해	500 kV	UHV 검토개시
1970	풍소음, 전계영향, 오존	750 kV	
1980	자계영향	UHF	

원인	현상	대 상	비 고
설비	TV 전파장애	TV 수신기	Ghost 발생, 수신전계의 저감
	풍소음	사람	탁월음에 의한 장애
전압	정전유도	사람, 동물	전압·전류에 의한 감지
	간계영향	사람, 동물, 식물	생리적 장애
	코로나 잡음	Radio, TV	청취장애, 화상장애
전류	코로나 소음	사람	불규칙 소음, Hum음에 의한 장애
	오존	사람	광화학 반응 농도
전류	전자유도	사람, 동물	신류에 의한 충격
	자계영향	사람	직접적 영향, 심장의 기능장애 등

4.3 고압송전선의 원인별 환경영향

고압송전선에 의하여 환경의 영향을 미칠 수 있는 원인별 환경현상과 대상 등을 요약하면 다음과 같다.

4.4 국내의 EMC/EMI 연구동향

국내의 경우, 송배전선에서의 EMI 현상 연구는 부분적으로 수행하였고 또한 연구중에 있으며 부분적으로는 고조파 연구가 전압강화대책 연구 등을 수행하였으나 종합적이고도 분석적인 PLD, EMP, EMS에 대한 연구가 이루어지고 있지 않은 실정이다.

반면에 외국의 경우 송전선로 주변의 공간 전자파 잡음 뿐만 아니라 미국의 EPRI에서는 전력기기의 스위칭 개폐기가 발생하는 전자파펄스에 대해서 EMI/EMC의 최첨단으로 일컫는 EMP 연구가 진행

표 5. 국내의 EMI/EMC 연구동향

구분	국 외	국 내
(1) EMI 분야	<ul style="list-style-type: none"> 국제기구인 CISPR가 총괄하고 이를 응용한 자국의 규격안을 가지고 강제 법령으로 시행 - 국제협기기구(CCIR, CCITT, CISPR) - 자국의 전기·전자환경보전기구(FCC, SAE, VDE, BS, VCCI) 전자파발생으로부터 전달, 최종 대책에 이르기까지 학계, 연구소산업체가 긴밀한 유대관계를 가지고 활발한 학술활동 및 이를 토대로 한 제품의 신뢰도향상에 극대화를 도모 	<ul style="list-style-type: none"> 일부 대기업체가 최근에 EMI 시험 설비를 보유하여 자사 수출제품에 대하여 해외규격에 따른 시험을 시행(금성, 삼성, 현대) 중소기업체는 막대한 시설비에 대한 부담으로 접근이 불가능 Noise 근본발생 및 최종 대책 연구분야의 기본연구만 수행하고 있는 실정 한국전자파환경기술협회(KEES) 발족(1989. 6. 27) 전자파 공해규제의 법적근거제정 움직임(체신부: 1990년도부터 시행)
(2) EMS 분야	<ul style="list-style-type: none"> EMI 보다는 정량화의 어려움으로 늦게 발전하였으나 요즘은 EMI 연구보다 더 많은 비중을 차지하고 있으며 기초연구의 활성화로 평가기술의 정량화 및 법적인 규제의 시행이 확대되고 있다. EMS 연구결과는 전기·전자기술, 정보처리기술의 최첨단 분야로 활용되어 상업적인 영역에까지 EMP(LEMP, NEMP) 기술이 확대되고 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 관련 시험 및 연구활동의 미흡

되고 있으며 이탈리아의 CESI 연구소에서도 전력기기의 잡음 신뢰성 연구를 보다 정확히 수행하기 위한 대형 전자파 무반사실(Anechoic Chamber)을 만들어 연구업무를 진행하고 있는 상황이다.

이와같이 EMI 문제는 전력계통에서나 전기·전자 응용설비에서 빈번히 발생하여 피해를 주거나 받고, 인간은 피해만 받고 있다. 따라서 해외 선진국에서는 EMI 발생원의 잡음발생억제, 잡음전달경로의 차단 및 피해기기의 잡음내력향상 등의 제반 연구에 박차를 가하고 있다. 또한 IEC 산하의 국제무선장해 특별위원회인 CISPR 에서 7개의 소위원회를 구성하

여 EMI/EMC 연구를 활성화하고 있으며, 국내에서도 산학연의 공동협조체제로 연구활성화를 도모하고 있다.

참고로 국내의 EMI/EMS 분야의 연구동향에 관하여 언급하면 표 5와 같다.

참 고 문 헌

- [1] "전연 Review, 일본 전력중앙연구소 보고, No. 1~No. 18, 1981~1988
- [2] "EMI 기초연구", 한국전기연구소 연구보고, 1987, 2
- [3] "수용가 PLD 현상분석및 대책기술개발연구 (1)", 과학기술처 연구보고, 1989, 12



이기철(李起哲)

1951년 11월 26일생. 1974년 서울대 공대전기과 졸업. 1985 동 대학원 전기과 졸업. 현재 한국전기연구소 전기 환경연구실장.