

무전극 고주파조명기기의 전자파장해 방지기준 연구

Study on the Limits of Electromagnetic Interference for
Electrodeless Lamps and Luminaires

정보통신 표준화 기술 특집

박진아 (J.A. Park)

기술기준연구팀 연구원

박승근 (S.K. Park)

기술기준연구팀 책임연구원

목 차

-
- I. 서론
 - II. 무전극 조명기기
 - III. 전자파장해 방지기준
 - IV. 방송대역의 전계강도 측정
 - V. 결론

본 논문에서는 무전극 고주파 조명기기의 빛 발생원리와 불요발사를 중심으로 동 기기에 대한 국내외 전자파장해 방지기준을 소개한 후, 실제 측정결과를 통하여 무전극 고주파조명기기의 구동 주파수에 의한 하모닉 성분으로 인하여 VHF 대역에서 TV 및 FM 방송의 혼신 가능성을 제시하였다. 또한, 국내 무전극 고주파조명기기의 제도적 개선점으로 50W 초과 조명기기를 허가제도에서 인증제도로 전환하여 운영하는 방안과 현행 전자파장해 방지기준의 개선방안을 제안하고 있다.

I. 서론

우리의 지구생활에 빛이 미치는 영향은 크다. 빛은 누구에 의해서 어디서 생성되었는지는 정확히 알려져 있지 않지만, 물리학에서는 온도와 밀도가 무한히 높은 상태에서 대폭발(big bang)이 일어나 우리의 태양이 탄생되었다고 추론하고 있다. 빛의 생성원인이 무엇이든, 모든 만물의 근원으로서 빛은 과학적인 탐구의 대상이었다. 뉴턴은 <광학>이라는 책을 통하여 ‘빛을 프리즘에 굴절시키면, 스펙트럼의 다른 색을 낸다’는 것을 입증하였고, 맥스웰은 이론적으로 ‘빛은 전자기파의 일종’이라고 추론했으며, 에디슨은 상용 백열전구를 만들어 우리의 일상에 ‘빛의 문화’를 주었다. 또한, 아인슈타인은 ‘빛의 속도는 항상 초속 30만km로 일정하다’는 것을 이용하여 특수 상대성 이론을 완성하였다. 현대 물리학의 양자이론에 따르면 열이나 전기, 또는 다른 효과들이 전자를 원자 안에서 더 높은 수준으로 올라갈 수 있게 충분한 에너지를 주면, 이 전자는 결국 다시 원래 수준으로 떨어지는데, 전자가 더 낮은 수준으로 떨어질 때마다 양자 에너지를 잃는다. 이러한 양자 에너지는 광자라는 입자로 방출되어 빛은 실제로 광자들의 집합으로 인식되고 있다. 그리고 빛은 입자성질과 더불어 파동성질을 동시에 가지고 있으므로 광파라고 불리기도 한다.

맥스웰의 이론대로 빛은 전자기파이므로 빛을 복사하는 조명기기는 전자기파와 밀접한 관련이 있다. 현재 대부분의 국가에서는 전자기파, 즉 전자파를 국가의 공공자원으로 인식하여 전파이용은 법령에 의해서 관리하고 있으며, 전파법규의 대상기기는 통신용도와 비통신용도로 구분되는데, 대부분 일반 이용자들은 전파법령을 통신용도에 한하여 생각하고 있다. 통신용 무선기기는 특정정보에 따라 구별할 수 있는 변조된 파형을 전파로 복사하는 것으로서 셀룰러폰, 코드 없는 전화기, 무선 랜, RFID, 무선마이크 등 다양한 기기들이 있다. 비통신기기의 전파이용은 에너지의 전달을 목적으로 하고 있고, 대표적인 기기로는 고주파치료기, 온열기, 전자레인지,

유도가열기기, RF 용접기, 고주파조명기기, 초음파 세척기 등이 있다.

국내 전파법 제2조에서는 전자파를 발생시키는 기기로부터 전자파가 방사(전자파 에너지가 공간으로 퍼져나가는 것을 말함) 또는 전도(전자파에너지가 전원선을 통하여 흐르는 것을 말함)되어 다른 기기의 성능에 장애를 주는 것을 ‘전자파장해’라고 정의하고, 동법 제57조에 의해서 정보통신부는 50W 이하의 조명기기에 대하여 전자파적합등록 인증제도를 시행하고 있다. 또한, 전파법시행령 제56조에 의해서 50W 초과 조명기기는 무선설비규칙 제14조에 정한 전계강도 기준에 적합하여야 한다[1]-[3].

최근에 조명기기의 효율과 사용시간 연장에 대한 요구로 인하여 전극(필라멘트)을 이용하는 형광등에서 전극이 없는 조명기기(무전극) 기술이 출현하여 국내 조명시장에 무전극 조명기기가 등장하고 있다. 무전극 조명기기는 형광물질 사용여부에 따라 다시 분류되는데, 본 논문에서는 형광재료를 사용하는 무전극 조명기기만 다룬다. 산업자원부는 2005년도를 기준으로 국내 조명산업 규모가 2조4400억원으로 집계하였는데, 이는 2년 전인 2003년의 1조7000억 원에 비해 약 7400억 원 늘어났다고 밝혔다. 이는 세계 27위에 해당하는 수준이며, 시장점유율은 약 2%에 해당된다[4].

이러한 국내 조명시장의 확대로 인하여 무전극 형광 조명기기(이하 무전극 조명기기라고 함)의 이용은 필연적으로 증가할 것으로 예상되는데, 무전극 조명기기는 전극 대신에 페라이트 코어에 고주파를 인가하여 생성된 자기장 이용으로 빛을 복사하는 기기이므로 구동 고주파의 불요발사에 의한 통신기기의 혼신이 우려된다. 따라서 본 글에서는 무전극 조명의 동작원리를 살펴보고, 국내외 제도를 비교한 후, 무전극 조명기기에 대한 국내 제도 개선점을 인증제도 및 전자파장해 방지기준 중심으로 제안한다.

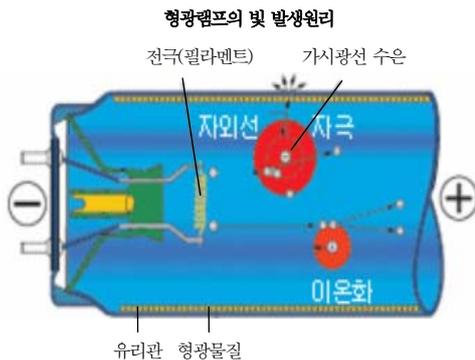
II. 무전극 조명기기

전자가 기체분자와 충돌하면 빛 발생현상이 발생

하므로 전구, 안정기, 등기구로 구성된 조명기기는 반드시 전자를 이동시킨다. 또한, 전구의 내부압력을 대기압보다 낮게 하면 전자의 평균자유행정¹⁾이 길어져, 전리에 필요한 에너지를 쉽게 얻어 빛 발생 현상이 쉽게 일어난다. 본 절에서는 전극을 이용하는 형광등 조명기기를 살펴본 후 유도결합형 무전극 조명기기에 대하여 간단히 설명한다.

1. 형광등 기기

형광등의 빛은 등 안의 기체가 전리되었을 때에 발생하는 빛 자체가 아니다. (그림 1)은 형광등의 빛 발생원리를 보여 준다[5]. 즉, 전자들의 충돌에 의한 전리에 의해서 생긴 자외선이 안벽에 발라든 형광물질에 부딪쳐서 가시광선을 발생시키는 것으로써 관 안은 자외선이 발생하기 쉽게 수은증기(10만분의 1)와 아르곤가스(1000만분의 1)를 넣어서 봉하고 있다. 형광등의 발광 시간차이는 0.1~0.5초 정도의 시간지연이 발생하는데, 그 이유는 형광등 안의 기체전리 시간 때문이 아니고, 높은 전압을 발생시켜 전자의 평균자유행정을 길게 하기 위하여 별도로 설치한 작은 램프가 300V 이상으로 전압을 상승시키는 데 시간이 필요하기 때문이다.



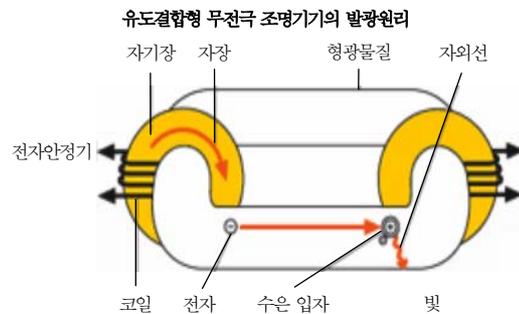
(그림 1) 형광등의 원리

1) 평균자유행로(平均自由行路, Mean Free Path)는 기체분자나 금속 내의 자유전자가 다른 입자와 충돌하지 않고 자유로이 움직이는 자유행로라 하며, 이의 평균거리를 평균자유행로 또는 평균자유행정이라고 한다.

2. 유도결합형 무전극 조명기기

무전극 전구는 벌브 내부에 필라멘트나 발광관이 장치된 기존의 전구와는 개념이 다른 전구로 가스가 봉입된 외부에 페라이트 코어가 장치된 구조이다. (그림 2)는 유도결합형 무전극 조명기기의 원리를 보여주고 있다[5]. 페라이트 코어에 고주파 스위칭이 가능한 안정기로부터 에너지가 공급되면 전구에 자체가 발생해 전구 내부의 봉입가스를 여기시켜 빛을 발하는 전구이다.

무전극 전구는 <표 1>과 같이 각 제조사별로 전구의 구동 주파수가 다르므로 안정기 또한 해당 전구에 따라 구동 주파수를 맞게 설정해야 한다[6]. 특히, 무전극 전구는 수백 kHz 또는 수십 MHz대의 구동 주파수가 필요하다고 알려져 있으므로 고주파 스위칭 기술 및 전자파장해, 열발생 대책 등의 기술이 요구되고 있다. 무전극 전구의 가장 큰 특징은 약 6만 시간의 긴 수명으로, 유지보수 비용과 폐기물 배출을 획기적으로 줄일 수 있는 고효율 에너지 절약 제품이다.



(그림 2) 무전극 전구의 원리

<표 1> 무전극 조명기기 비교

항목	마쓰시타	필립스	오스람
기기의 구성	기구일체	램프와 점등회로	램프와 점등회로
정격수명	6만 시간	6만 시간	6만 시간
입력전력	9, 23, 64W	55, 85, 165W	100, 150W
점등주파수	13.56MHz	2.65MHz	250kHz
사용온도	-20~40도	-30~52도	-25~50도

Ⅲ. 전자파장해 방지기준

본 절에서는 무선기기와의 혼신을 고려하여 고주파조명기기의 구동주파수에 의해서 발생하는 불요발사의 규격을 소개한다.

1. CISPR 15

CISPR는 전자파장해 방지기준과 전자파 내성기준을 연구하는 국제그룹이다. CISPR 11에서는 ISM 주파수를 이용한 조명기기를 다루고 있고, CISPR 15에서는 ISM 주파수를 이용하지 않는 일반 조명기기의 규격을 정하고 있다. 본 서브절에서는 CISPR 15에서 정한 무전극 조명기기의 불요발사 규격만 소개한다[7].

<표 2>는 무전극 고주파 조명기기에 대한 자체강도를 보여주고 있는데[7], 주파수별로 측정용 루

<표 2> CISPR 15의 조명기기 불요발사 자체강도 기준

주파수 범위 (MHz)	루프 공중선 직경에 따른 기준치 dB(μA) ¹⁾		
	2m	3m	4m
9kHz~70kHz	88	81	75
70kHz~150kHz	88~58 ²⁾	81~51 ²⁾	75~45 ²⁾
150kHz~3MHz	58~22 ²⁾	51~15 ²⁾	45~9 ²⁾
3MHz~30MHz	22	51~16 ³⁾	9~12 ²⁾

- 주 1) 경계주파수에서는 보다 낮은 기준치를 적용
 2) 주파수 대수적 증가에 따라 직선적으로 감소; 무전극 전구기기에 대해서 2.2~3MHz, 직경 2m에서는 58dB(μA), 직경 3m에서는 51dB(μA), 직경 4m에서는 45dB(μA)
 3) 주파수 대수적 증가에 따라 직선적으로 증가
 (주의) 일본에서는 9~150kHz 자체기준을 적용하지 않음

<표 3> ITU-R의 기본파에 대한 불요발사 측정 범위

기본 주파수 범위	측정 주파수 범위	
	하한치	상한치
9kHz~100MHz	9kHz	1GHz
100MHz~300MHz	9kHz	10차 하모닉
300MHz~600MHz	30MHz	3GHz
600MHz~5.2GHz	30MHz	5차 하모닉
5.2GHz~13GHz	30MHz	26GHz
13GHz~150GHz	30MHz	2차 하모닉
150GHz~300GHz	30MHz	300GHz

프안테나의 크기에 따라 적용되는 자체기준이 다르다. <표 2>를 보면 30MHz~1GHz에서 불요발사에 신호강도 기준은 없으므로 1GHz 이하에서 방송서비스와의 혼신이 우려된다[8]. 이와 관련하여 ITU-R SM 329-10 불요발사 권고안에서는 <표 3>과 같이 주파수 2.5MHz를 기본파로 이용하는 기기에 대해서는 불요발사 기준치를 주파수 1GHz까지 적용하고 있다[9]. 그러므로 CISPR 15 일반 조명기기 규격에서는 불요발사 측정범위를 30MHz에서 1GHz까지 확대할 필요가 있다.

2. 미국

FCC는 고주파 조명기기를 47CFR Part 18에서 전도성과 복사성 전파세기 기준으로 동시에 관리하고 있다. <표 4>는 FCC가 정한 주파수 30MHz~1GHz 사이에서 정한 전계강도 기준을 보여주고 있다[10].

FCC가 정한 <표 4> 고주파 조명기기의 불요발

<표 4> FCC의 고주파 조명기기에 대한 복사 불요발사 기준

주파수 범위 (MHz)	전계강도 기준치 (μV/m)@30m E30	전계강도 기준치 (μV/m)@10m E10*
비소비자 기기		
20~88	30	90
88~216	50	150
216~1000	70	210
소비자 기기		
30~88	10	30
88~216	15	45
216~1000	20	60

* E10=3×E30

<표 5> CISPR 22 정보기기의 전계강도 기준

주파수 범위(MHz)	전계강도 기준@10m
A급 기기	
30~230	100μV/m(40dB(μV/m))
230~1000	224μV/m(47dB(μV/m))
B급 기기	
30~230	32μV/m(30dB(μV/m))
230~1000	71μV/m(37dB(μV/m))

사 전계강도 기준을 우리의 일상생활에서 많이 이용하는 마우스, LCD 등에 적용되는 CISPR 22 정보기기의 전계강도 기준과 비교할 필요가 있다. FCC가 규정한 비소비자용 및 소비자용 기기는 CISPR 22에서 규정한 A급 및 B급기기에 각각 해당된다. <표 5>는 CISPR 22에서 정한 정보기기류에 대한 전계강도 기준을 보여주고 있는데[11], 미국 FCC가 규정한 <표 4>의 전계강도 기준과 비슷한 수준이다.

3. 일본

총무성은 미국 FCC와 동일하게 고주파 조명기기를 허가절차 없이 인증으로만 관리하고 있다. <표 6>은 10kHz~30MHz에서 고주파 조명기기의 불요발사에 대한 자계강도 기준을 보여주고 있고, <표 7>은 30~300MHz에서 동기기의 불요발사 전력기준을 제시하고 있다[12].

일본 총무성은 CISPR 15 규격과 별도로 주파수 300MHz까지 불요발사 전력기준을 확장하여 무선기기를 보호하고 있다.

4. 국내

국내에서는 전파법시행령 제45조에 의해서 RF 출력이 50W를 초과하는 조명기기는 기타 전파응용설비로 분류되어 허가를 받도록 되어 있고, 무선설비규칙 제14조 전계강도 중 기타 전파응용설비의 해당기준에 적합하여야 한다[3]. <표 8>과 (그림 3)은 허가업무 시에 적용되는 기타 설비에 대한 기준을 제시하고 있다. 50W 이하인 고주파 조명기기는 전파연구소 고시 제2007-69호 제9조 및 [별표 8]에서는 제시된 전자파장해 방지기준에 적합하여 전자파 적합등록을 받도록 되어 있다[13].

국내기준 <표 8>을 보면, CISPR 15 규격 <표 2>와 일본 총무성 기술기준 <표 6>에서 정한 무전극 전구에 대한 기준설명 부분이 빠져 있으므로 이를 구체적으로 보완해야 할 것으로 판단된다. 또한, [별표 8]에 제시된 특정주파수에 대한 전자기장 방해기준은 CISPR 15 2000년도판에서는 없는 내용이므로 삭제여부를 검토해야 할 것이다. <표 9>는 전파연구소가 정한 고주파조명기기의 불요발사에

<표 6> 주파수 30MHz 이하에서의 불요발사 자계기준

주파수대	루프 안테나의 직경별 허용치(1μA를 0dB로 한다.)		
	직경 2m	직경 3m	직경 4m
10kHz~70kHz	88dB	81dB	75dB
70kHz~150kHz	88dB에서 58dB까지 ¹⁾	81dB에서 51dB까지 ¹⁾	75dB에서 45dB까지 ¹⁾
150kHz~2.2MHz	58dB에서 26dB까지 ¹⁾	51dB에서 22dB까지 ¹⁾	45dB에서 16dB까지 ¹⁾
2.2MHz~3MHz	58dB	51dB	45dB
3MHz~30MHz	22dB	15dB에서 16dB까지 ²⁾	9dB에서 12dB까지 ²⁾

주 1) 최대 길이가 1.6m 이내의 기기에는 직경 2m, 1.6m를 초과 2.6m 이내의 기기에는 직경 3m, 2.6m를 초과 3.6m 이내의 기기에는 직경 4m의 루프 안테나를 각각 사용하는 것으로 한다.

2) 1)을 표시한 값은 주파수의 대수에 대해서 직선적으로 감소한 값으로 한다.

3) 2)를 표시한 값은 주파수의 대수에 대해서 직선적으로 증가한 값으로 한다.

4) 무전극 방전 전구기기(이용 주파수가 110kHz에서 150kHz까지의 범위의 것에 한정한다.)에 대해서는, 110kHz 이상 150kHz 미만의 주파수대에 있어서의 허용치는, 이 표에 규정하는 값에 각각 30dB를 더한 것으로 한다.

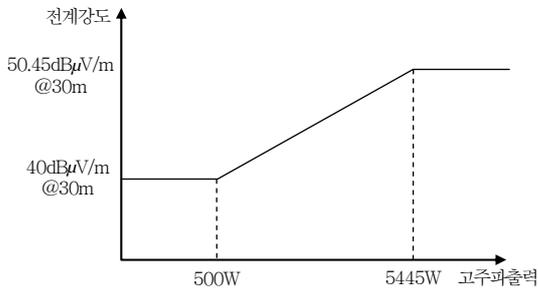
<표 7> 주파수 30~300MHz에서의 불요발사 전력

주파수대	허용치(1pW를 0dB로 한다)	
	준첨두치	평균치
30MHz 이상	45dB에서	35dB에서
300MHz 이하	55dB까지	45dB까지

* 주파수의 대수에 대해서 직선적으로 증가

<표 8> 기타 전파응용설비의 허가기준

고주파출력 500W 이하	30m 거리(또는 시설자 소유구역의 경계선)에서 100μV/m 이하
고주파출력 500W 초과	100m 거리(또는 시설자 소유구역의 경계선)에서 100μV/m 이하이고, 30m 거리(또는 시설자 소유구역의 경계선)에서 100(고주파출력/500) 1/2μV/m 이하



(그림 3) 기타 전파응용설비의 출력별 허가 전계강도 기준

〈표 9〉 자기장 유도전류의 기준

주파수 범위	루프 공중선 직경에 따른 준침두치 허용기준(dBμA)		
	2m	3m	4m
9kHz~70kHz	88	81	75
70kHz~150kHz	88~58 ¹⁾	81~51 ¹⁾	75~45 ¹⁾
150kHz~2.2MHz	58~26 ¹⁾	51~22 ¹⁾	45~16 ¹⁾
2.2MHz~3.0MHz	58	51	45
3.0MHz~30MHz	22	15~16 ²⁾	9~12 ²⁾

주 1) 주파수의 대수적 증가에 따라 직선적으로 감소

주 2) 주파수의 대수적 증가에 따라 직선적으로 증가

대한 자체기준을 보여주고 있다.

IV. 방송대역의 전계강도 측정

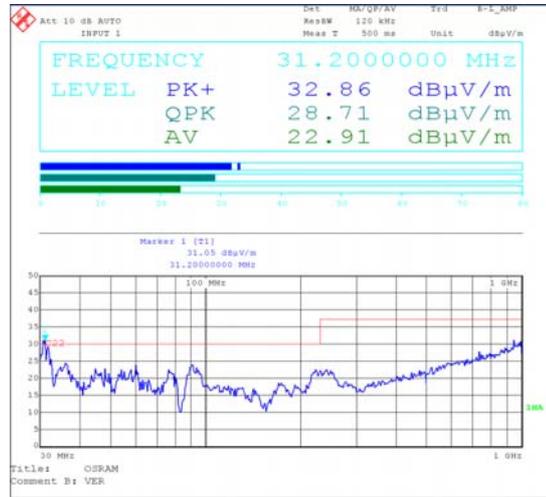
본 절에서 무전극 고주파 조명기기의 구동 주파수에 의해 생성된 불요발사에 대한 혼신 가능성을 파악하기 위하여 구동 주파수별로 무전극 전구를 선정하여 실시한 복사 전계강도 측정결과를 제시한다.

1. A 제품(구동주파수 250kHz)

(그림 4)는 A 제품의 이미지를 나타내고 있다.



(그림 4) A 제품 이미지



(그림 5) 30~1000MHz 불요파 측정결과

(그림 5)는 거리 10m에서 30MHz~1GHz에 복사된 고주파 조명기기의 불요발사 전계강도를 나타낸 것으로, 첨두치(PK)로는 32.86dBμV/m이고, 준침두치(QPK)로는 28.71dBμV/m, 평균치(AV)로는 22.91dBμV/m로 측정되었다. CISPR 22에서 정한 정보기기류의 불요발사 제한치보다 낮은 값으로서, 타 무선기기에 미치는 간섭은 미미할 것으로 판단된다.

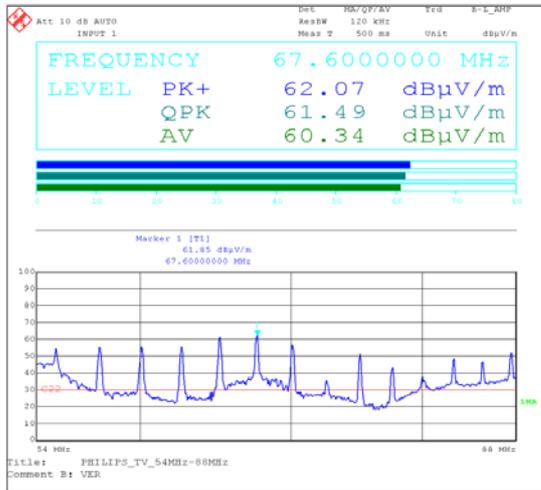
2. B 제품(구동주파수 2.65MHz)

(그림 6)은 B 제품의 이미지를 나타내고 있다.

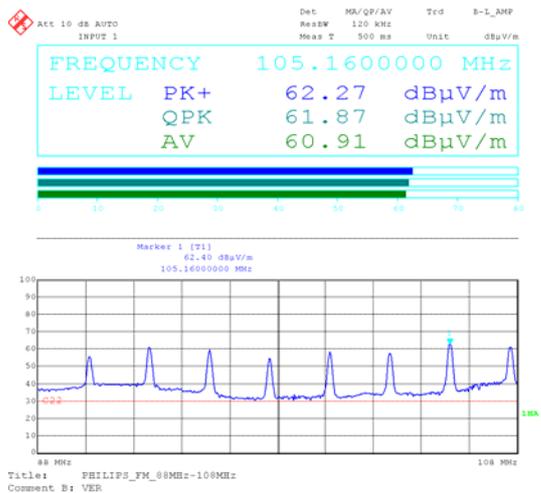


(그림 6) B 제품 이미지

(그림 7)은 거리 10m에서 TV 방송대역(54~88 MHz)에 복사된 고주파조명기기의 불요발사 전계강도이고, (그림 8)은 FM 라디오 방송대역(88~108 MHz)에서 측정한 결과이다. 전계강도 측정결과에 의하면, 구동주파수가 2.65MHz인 무전극 형광 조명기기의 불요발사가 CISPR 22 정보기기에서 정한



(그림 7) TV 방송대역: 54~88MHz의 전계강도



(그림 8) FM 라디오 방송대역: 88~108MHz의 전계강도

전계강도 20~30dB 보다 높아서 방송대역에 영향을 줄 우려가 있는 것으로 관측되었다. 따라서 본 제품에 대한 정확한 측정실험을 추가적으로 실시하여 향후 전자파장해 방지기준에 활용할 것으로 판단된다.

V. 결론

본 고에서는 국내 무전극 형광 조명기기 시장의 활성화를 위하여 국내외 제도를 비교하였는데, 정보

통신부의 제도개선으로는 RF 출력 50W 초과 조명 기기에 대한 무선국 허가제도를 전자파적합등록 인증제도로 전환하는 것과 조명기기에 대한 전파연구소 고시의 전자파장해 방지기준 개선이 요구된다. 특히, 산업자원부에서도 전기용품 대상기기와 관련하여 전자파장해 방지기준을 실시하고 있으므로 양 부처간의 일치성을 확보할 필요가 있다.

또한, 무전극 형광 조명기기 중 2.65MHz 구동 주파수를 이용하는 제품은 방송대역과 혼신 가능성이 있으므로 다양한 제품에 대한 추가적인 전계강도 시험을 실시하고, 그 결과를 바탕으로 주파수 30 MHz~1GHz 사이의 전계강도 기준을 제정하는 방안을 적극적으로 검토할 필요가 있다.

약어 정리

- AV Average
- CISPR The International Special Committee on Radio Interference
- ISM Industrial, Scientific, and Medical
- PK Peak
- QPK Quasi Peak

참고 문헌

- [1] 정보통신부, 전파법
- [2] 정보통신부, 전파법시행령
- [3] 정보통신부, 무선설비규칙
- [4] 황명근, “조명시장규모와 미래의 조명산업,” 한국조명기술연구소, 2007. 4.
- [5] 오스람 코리아 홈 페이지, <http://www.osram.co.kr>
- [6] 최용성, 이종찬, 박대회, “무전극 형광램프의 기술동향,” 한국전기공사협회, 제 20권 제6호, 2003. 6.
- [7] CISPR 15, “Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Electrical Lighting and Similar Equipment,” Edition 7, Nov. 2005.
- [8] J. Rajamaki, Lighting Interferences-An Ever Increasing Threat, Electromagnetic Comptatibilty 학술대회 프로시딩, Vol.1, 2005. 8., pp.8-12.

- [9] ITU-R SM.329-10, "Unwanted emission in the spurious domain, Recommendation," 2003.
- [10] FCC, 47CFR Part 18
- [11] CISPR 22, "Information Technology Equipment - Radio Disturbance Characteristics - Limits and Methods of Measurement." Edition 5.2, June 2006.
- [12] 총무성, 전파법시행규칙
- [13] 전파연구소 고시, 전자파 장해방지 기준, 2007.