

무전극 형광등 시스템의 구동 주파수 및 방식에 따른 특성 분석

목진담* · 전상봉* · 박승근*

*한국전자통신연구원

Analysis of the Electrodeless Fluorescent Lamps' Radio Interference Characteristics by Operating Frequencies and Structures

Jin-dam Mok* · Sang-bong Jeon* · Seung-keun Park*

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jdmok@etri.re.kr

요 약

무전극 형광등은 수명이 매우 길고 에너지 효율이 높아 점차 활용이 늘고 있는 친환경적인 새로운 광원에 속하지만 자기유도 방전을 위해서는 최소한의 구동 주파수를 확보해야 하므로 인접주파수와의 간섭문제가 유발될 수 있다. 또한 이 전구는 교체주기가 긴만큼 본격적인 확산이 이루어지기 전에 해당 주파수를 이용하는 서비스와의 간섭 보호거리 및 방식에 따른 특성 등을 사전에 인지하고 활용함으로써 미래 전파환경에 대비하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 이러한 목적으로 본 논문에서는 250 kHz의 구동 주파수를 갖는 무전극 형광등의 전파간섭 특성에 대해 측정하여 해당 기기의 전파간섭 보호거리를 산출함으로써 무전극 형광등의 안전한 미래 활용에 대비하고자 한다.

ABSTRACT

The electrodeless fluorescent lamp is relatively new luminaire and has been known as the high energy saving lamp which has long life and environment-friendly. But these kind of lamps have some risks to cause harmful radio interference unavoidably due to its own inductive characteristics. In this paper we measured the radio disturbance characteristics of the induction lamp with the operating frequency at 250 kHz, and compared the values with the limits of relevant standards. Finally we have estimated the interference protection distance between the induction lamps and some services around their operating frequencies, and considered the desirable future scopes and limits of the applications for these kind of lamps.

키워드

무전극램프, 무전극형광등, 자기유도등, 자기유도방전, 간섭보호거리

I. 서 론

오늘날 시판되고 있는 전등의 종류는 매우 다양하지만, 크게 백열등, LED등, 가스방전등의 세 가지 부류로 구분할 수 있다. 이 가운데 가스방전등은 백열등이나 LED등과는 달리 상당히 높은 주파수에서 정상 동작하는 특성을 가지며 특히 무전극 형광등의 경우에는 일반 형광등과 달리 자기유도 방전을 일으키는 구동주파수가 140 kHz 이상이 되어야 하므로 인접 주파수를 이용하는 서비스에 간섭을 야기할 가능성이 있다. 본 논문에서는 여러 종류의 무전극 형광등 가운데 가장 수명이

길고 효율이 높은 것으로 평가되는 250 kHz의 구동 주파수를 갖는 관상형(tubular type) 무전극 형광등에 대해 전파간섭 특성을 측정하고 이를 통해 전파간섭 보호거리를 산출하였다.

II. 무전극 형광등

통상 일컬어지는 무전극램프는 초고주파 대역에서 동작하는 무전극 황램프(electrodeless sulfur lamp)를 포함하는 명칭이므로 여기서 소개하는 램프에 대해서는 무전극 형광등(electrodeless fluorescent lamp) 또는 자기유도등(magnetic induction lamp)이라 부르는

것이 합당할 것이다. 따라서 본 논문에서는 이 램프를 무전극 형광등이라 부르기로 한다. 무전극 형광등의 기본원리에 대해서는 그림 1을 통해 대신하고 이후 전파간섭 문제에 대해 집중 기술하고자 한다.

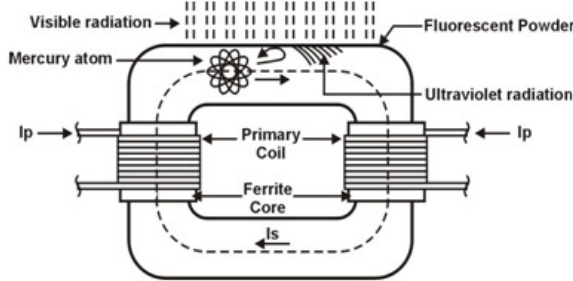


그림 1. 관상형 무전극 형광등 (코일의장형)

III. 전파간섭 측정

CISPR 15 및 CISPR 16-1-4에 따르면 그림 2와 같이 직경 2m인 LLA(Large Loop Antenna)에서 측정된 150 kHz ~ 3 MHz에서의 전자파 방사장해 허용기준은 58 dB μ A이다[1][2]. 구동주파수가 250 kHz인 관상형 무전극 형광등으로부터 유기되는 전류 크기는 XY축 44.154 dB μ A, YZ축 56.519 dB μ A, ZX축 39.602 dB μ A로 이를 만족하였다.

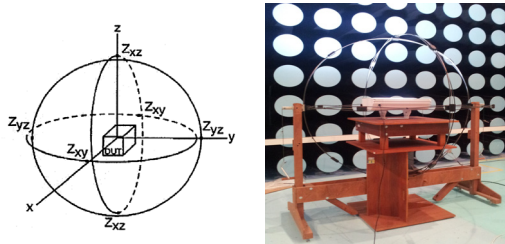


그림 2. LLA(Large Loop Antenna) 측정 모델

또한 ECC Report 67 및 ERC Report 69에서는 그림 3과 같은 전파간섭 측정 모델을 이용하여 다음과 같이 해당 주파수 대역에서의 유도성 전자기기와 무선기기 간의 전파간섭 보호거리를 산출하는 절차에 대해 기술하고 있다.[3][4]

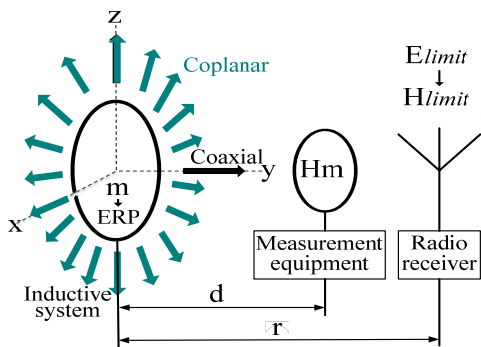


그림 3. 전파간섭 측정 모델

이처럼 유도성 전자기기의 방사전력은 마그네틱 다이폴 모멘트로부터 얻을 수 있으며, 이는 측정 루프의 표면에 생성되는 전류의 합으로 특정 지점에서 측정된 자계강도로부터 구할 수 있다. 유도성 전자기기의 방사전력은 인접한 무선기기에 간섭 요인으로 작용하므로 무선기기의 허용 가능한 간섭 수준보다 낮아야하며 이를 위해서는 전자기기와 무선기기 간의 최소 보호 거리를 산출하여 적용하여야 한다. LLA를 통한 시험결과에 대한 검증차원에서 이러한 절차에 따라 동축(coaxial) 및 동면(coplanar)방향에 대해 무전극 형광등을 90°회전시켜 가며 얻은 값을 다음과 같은 절차에 따라 적용하여 전파간섭 보호거리를 산출하였다.

IV. 전파간섭 보호거리 산출

그림 4는 유도성 전자기기로부터 무선기기를 보호하기 위한 전파간섭 보호거리 산출과정을 나타내고 있으며[5][6], 다음 장에 보인 측정치와 해당 대역의 통신 서비스에서의 주파수 관련 파라미터 항목을 대입하여 전파간섭 보호거리를 얻을 수 있다.

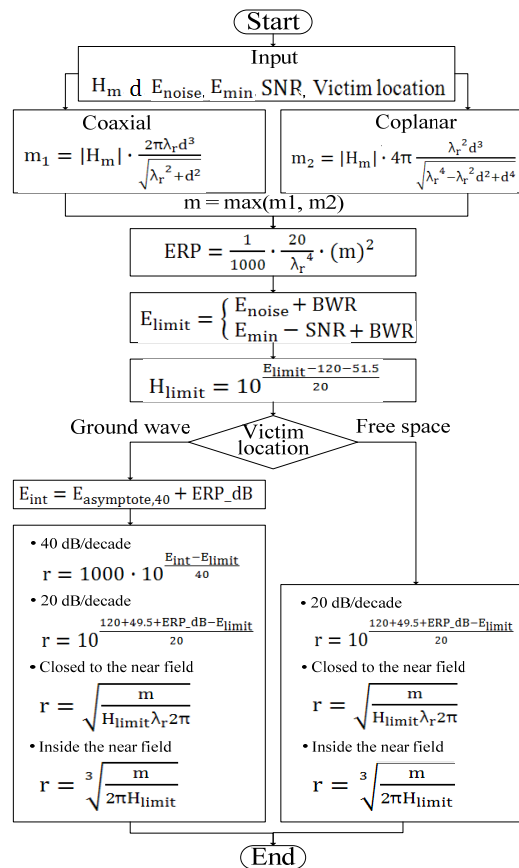
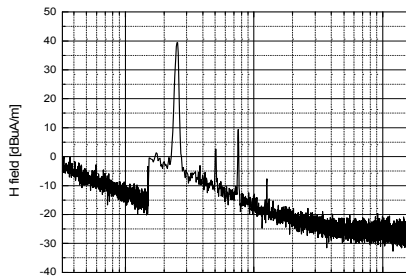


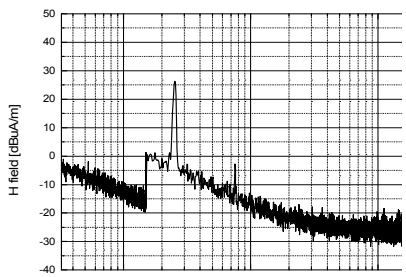
그림 4. 전파간섭 보호거리 산출 흐름도

V. 무전극 형광등의 전파간섭 특성 측정

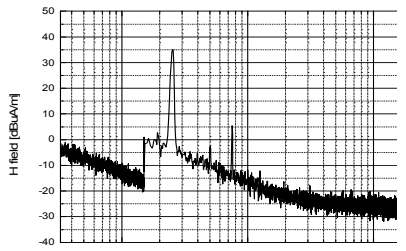
Lamp Front (0°)



Lamp Right (90°)



Lamp Back (180°)



Lamp Left (270°)

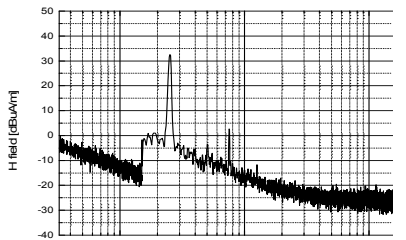
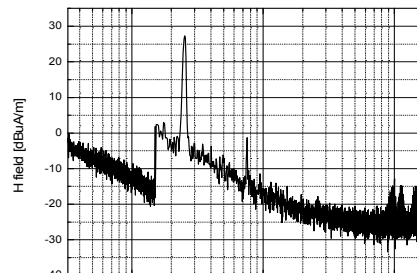


그림 5. 안테나와 동축방향(coaxial-direction)

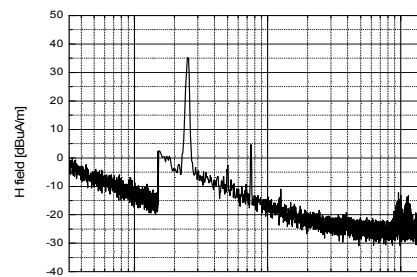
표 1. 동축방향(coaxial-direction) 측정치

Freq. [kHz]	Coaxial Direction [dBuA/m]			
	0°	90°	180°	270°
252	39.42	26.23	35.14	32.45
504	2.63	-7.77	-2.64	-3.46
756	9.35	-3.06	5.17	2.38

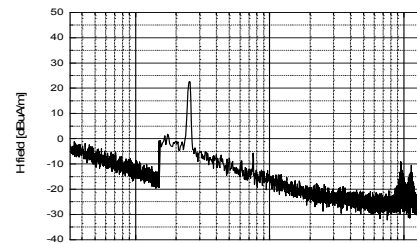
Lamp Front (0°)



Lamp Right (90°)



Lamp Back (180°)



Lamp Left (270°)

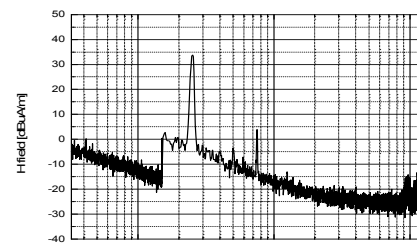


그림 6. 안테나와 동면방향(coplanar-direction)

표 2. 동면방향(coplanar-direction) 측정치

Freq. [kHz]	Coplanar Direction [dBuA/m]			
	0°	90°	180°	270°
252	27.27	35.26	22.75	33.8
504	-7.18	-2.48	-10.47	-4.25
756	-1.63	3.77	-7.87	2.31

VI. 전파간섭 보호거리 산출

앞 장에서 보는 바와 같이 관상형 무전극 램프에 대한 전파간섭 측정 데이터 가운데, 예상한 바와 같이 해당 무전극 형광등의 구동 주파수인 250 kHz 근처 (252 kHz)에서 가장 큰 값들이 측정되었다.

또한 해당 대역에서의 장파방송(longwave broadcasting) 및 항공내비게이션(aeronautical radio navigation) 서비스에 대한 주파수 파라미터에 이러한 값들을 대입하여 산출된 각 방향에 대한 전파간섭 보호거리의 변화는 그림 7과 같다.

표 3. 보호거리 산출 결과 (장파방송의 경우)

항목	최소치	최대치	단위
주파수	252	252	kHz
자계강도	22.75	39.42	dB μ A/m
측정거리	3	3	m
$E_{asymptote,40}$	147	147	dB μ V/m
최대허용간섭레벨	26	26	dB μ V/m
측정대역폭	9000	9000	Hz
Transition 거리	74989.42	74989.42	m
방향	coplanar	coaxial	
자기쌍극자모멘트	0.002327	0.015859	Am ²
유효방사전력(ERP)	-160.76	-144.09	dBkW
	-100.76	-84.09	dBm
간섭 보호거리	0.000084	0.003903	nW
	19	36	m

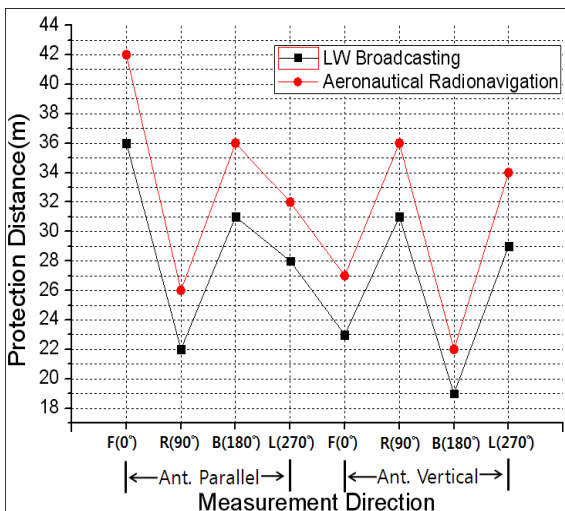


그림 7. 무전극 형광등의 전파간섭 보호거리

그 중에서 해당 주파수 대역에서의 장파방송에 대한 최소치 및 최대치는 표 3에서 보는 바와 같이 각각 안테나 동면방향-램프180°방향 및 안테나 동측방향-램프0°방향에서 측정되었으며 이에 따라 산출된 간섭 보호거리 최소치는 19m이고 최대치는 36m이다.

VII. 결 론

전 단계 논문[7]을 통해 이미 언급한 바와 같이 무전극 형광등 가운데 특히 전구형 무전극 형광등의 경우는 누설되는 자기장의 세기와 그 변동폭이 매우 큰 것을 알 수 있는데, 이는 구조상 코일의 위치가 램프 방열에 극히 불리하여 수명 및 효율을 저하시킬 뿐만 아니라, 코일의 방향 또한 자기장이 램프의 방전 범위를 벗어나는 구조를 피할 수 없기 때문인 것으로 추측된다. 이와는 달리 관상형 무전극 형광등에서는 여러 형태의 무전극 형광등 가운데 가장 수명이 길고 에너지 손실이 적은 만큼 누설되는 자기장 세기도 가장 약한 편이다. 이는 앞에서 측정된 안테나와 램프의 여러 방향에 대해 비교적 안정된 간섭보호 거리를 유지함을 통해서도 짐작할 수 있으며 이는 유도 코일 및 페라이트 코어가 자기유도 방전에 적합한 구조로 설치되어 자계 에너지 손실이 상대적으로 낮으며 가장 높은 에너지 효율을 갖는다는 추정이 가능한 이유이기도 하다. 따라서 향후 전파간섭에 민감한 장소에는 가급적 관상형 무전극 형광등을 설치함으로써 에너지 절약과 함께 유해 전자파를 감소시키는 일석이조의 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이 실험에 사용된 무전극 형광등의 구동 주파수는 250 KHz로 장파대역에 해당하지만 국내에는 아직 장파방송과 같은 서비스가 실시되고 있지 않으므로 현재로서는 큰 문제가 되지 않는다고 볼 수 있다. 그러나 향후 정확한 시보 전달을 위한 방안으로 부상되고 있는 장파시보방송 등의 서비스를 고려할 때 사전에 무전극 형광등의 설치 장소 및 주파수 등을 조율하는 지혜가 요구된다고 하겠다. 조만간 이 실험을 통해 얻은 간섭보호거리에 대해 250 kHz 인접하여 청취 가능한 외국의 장파방송 채널을 이용하여 수신감도 변화정도를 MOS 기법으로 검증해 볼 예정이다.

참고문헌

- [1] CISPR 15: "Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment," Jan. 2009
- [2] CISPR 16-1-4: "Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Antennas and test sites for radiated disturbance measurements," Apr. 2010
- [3] ECC Report 67: "Compatibility study for generic limits for the emission levels of inductive SRDs below 30 MHz" Oct. 2005
- [4] ERC Report 69: "Propagation model and interference range calculation for inductive systems 10 kHz - 30 MHz."Feb. 1999
- [5] ITU-R Recommendation P.372, 2007
- [6] ITU-R Recommendation P.368-7, 1992
- [7] J. D. Mok et al., "A Consideration on the Electroless Fluorescent Lamp and its Radio Interference Characteristics,"ICTC 2011, Sep. 2011.