

무전극 램프 안테나의 권선수에 따른 휘도와 파라미터 특성

양종경, 최기승, 백광현, 최용성, 이종찬, 박대희
원광대학교, 에히메대학

Parameter and Brightness Characteristic of Antena according to Coil turns
on Electrodeless Fluorescent Lamp

Jong-Kyung Yang, Gi-Seung Choi, Gwang-Hyeon Pack, Yong-Sung Choi, Jong-Chan Lee and Dae-Hee Park
Wonkwang university, Ehime university

Abstract - In Recent, it became necessary to envelope the technology about electrodeless fluorescent lamp according to demand of the electrodeless fluorescent lamp system that used higher efficiency and advantage of long-lifetime. Especially, in the electrodeless fluorescent lamp which used H-mode, efficiency of lamp is decided from matching parameter of antena and inverter. So it is of the utmost importance to design antena and inverter

Therefore, this paper used a transformer principle for efficiency rising of electrodeless fluorescent lamp and interpreted an equivalent circuit, used an impedance analyzer in order to confirm a performance enhancement of lamp along design of antena, and confirmed parameter characteristic of R, L, C, Z, Phase, Q-factor along a change of magnetic flux density. Also, this paper confirmed a luminance characteristic of electrodeless lamp along parameter change with measuring optical characteristic along a change of magnetic flux density.

1. 서 론

무전극 형광램프는 1978년도에 개발되었으며 상용화는 필립스사의 QL Lamp의 시작으로 GE사의 General lamp 및 오스람사의 Endura lamp 등 여러 선진업체들에 의해 점차 고출력화가 이루어지고 있다. 이러한 추세에 맞추어 국내에서도 고효율 및 장수명의 장점을 활용한 무전극 형광등 시스템의 수요가 증가함에 따라 무전극 형광램프에 대한 기술 개발의 필요성이 대두되고 있다.

고주파 무전극 방전의 경우는 E-방전, H-방전, 마이크로파 방전, 표면파 방전 등의 4가지로 구분된다. 그러나 E-방전의 경우는 100MHz 이상의 높은 주파수를 사용하지만 출력이 작고 마이크로파 방전의 경우는 실용적인 면에서 어려움을 갖고 표면파 방전의 경우는 기술적 어려움으로 대부분의 무전극 램프의 경우 H-방전을 이용한다.[1]

지금 상용화된 램프로는 GE사의 Genura 램프, 필립스사의 QL램프, 오스람사의 환형 Endura램프 등이 있으며 이 무전극 램프는 전부 H-방전을 이용하고 있다.

이런 H-방전을 이용한 무전극 램프의 경우 안테나 설계와 인버터 즉 안정기와의 매칭을 얼마나 효율적으로 하느냐에 따라 그 성능이 좌우되기 때문에 안테나, 인버터 등의 설계는 중요한 요소로 대두된다.

따라서 본 논문은 무전극 형광램프의 특성을 알기 위해 변압기 원리를 이용하여 등가회로를 구성하였고 권선수에 따른 광학적 특성을 측정함으로써 파라미터 변화에 의한 무전극 램프의 휘도특성을 확인하였다.

또 안테나의 설계에 따른 램프의 성능향상을 확인하기

위하여 임피던스 아날라이저를 이용하여 페라이트의 권선수를 변화시켜 자속밀도를 변화시켜 R, L, C, Z, Phase Q-factor 등의 파라미터 특성을 확인하였다.

2. 실험 방법

2.1 무전극 램프의 등가 회로

변압기원리를 이용한 무전극 램프의 등가회로는 그림 1과 같이 1차측과 2차측으로 나누어 해석할 수 있다. 그림 1에서 보는바와 같이 1차측의 전류, 저항 및 인덕턴스 성분을 I_0, R_0, L_0 라 하고 2차측의 저항 및 인덕턴스 성분을 I_p, R_p, L_p 라고 할 경우 각각의 등가회로 방정식은 식 (1), 식 (2)로 나타낼 수 있다.

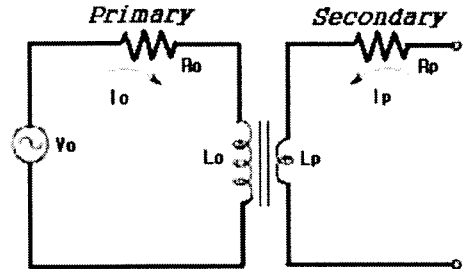


그림 1. 무전극 램프의 등가회로.

Fig 1. Equivalent circuit of eletrodeness lamp.

$$V_0 = I_0 R_0 + i\omega L_0 I_0 + i\omega M I_p \quad (1)$$

$$0 = I_p R_p + i\omega L_p I_p + i\omega M I_0 \quad (2)$$

식 (2)으로부터

$$0 = (R_p + j\omega L_p) I_p + j\omega M I_0$$

$$\therefore I_p = -\frac{i\omega M}{R_p + i\omega L_p} I_0$$

따라서 전류 I_0 는 식 (3)과 같이 구할수 있다.

$$V_0 = (R_0 + j\omega L_0 + \frac{\omega^2 M^2}{R_p + j\omega L_p}) I_0$$

$$\therefore I_0 = \frac{1}{(R_0 + j\omega L_0 + \frac{\omega^2 M^2}{R_p + j\omega L_p})} V_0 \quad (3)$$

$(\omega L_p)^2 \gg R_p^2$ 을 사용하여 식 (3)에서 1차측의 임피던스

성분을 전개하면,

$$\therefore Z_0 = \left(R_0 + \frac{M^2 R_p}{L_p^2} \right) + j\omega \left(L_0 - \frac{M^2}{L_p} \right) \quad (4)$$

와 같이 된다.[2][3][4]

2.2 파라미터 측정

그림 2는 100W 무전극 램프와 안테나를 나타낸 그림으로 안테나의 경우 Sleeve와 Ferrite로 구성되어 있다. 앞의 등가 회로의 경우 1차측에 해당되는 부분이 안테나이고 2차측에 해당되는 부분이 벌브 부분이다. 1차측인 안테나의 파라미터 변화에 따른 2차측인 벌브 특성을 확인하기 위하여 임피던스와 R, L, C, Z, Phase, Q-factor를 측정하였으며 장비는 impedance/Gain-Phase analyzer인 HP4194A를 이용하여 파라미터를 측정하였다.

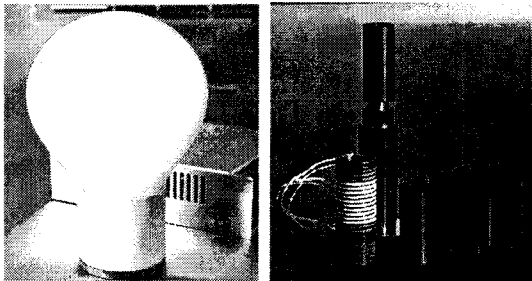


그림 2. 무전극 램프와 안테나.

Fig 2. The electrodeness lamp and antenna.

2.3 자속밀도 변화에 따른 휘도 측정

실제 Sleeve의 권선수를 변화시킴에 따라 파라미터가 변경하게 되는데 그에 따라 광학적 특성인 휘도가 얼마나 변하는가를 확인하기 위하여 파라미터 측정과 마찬가지로 권선수를 11회에서 15회까지 변경함에 따라 휘도계(LS-100)을 이용하여 휘도를 측정하였다.

무전극 램프의 경우 시간에 따라 페라이트 및 내부 온도로 인하여 파라미터가 변경되기 때문에 시간에 따른 휘도 특성을 확인함으로써 파라미터의 변화를 확인할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3.1 권선수 변경에 따른 파라미터 특성

그림 3은 무전극 램프의 슬리브의 권선수를 변화시켜 주파수에 따른 안테나의 Q-factor 특성을 비교하여 나타낸 결과이다. 이 그림 3의 경우 Q-factor는 초기에는 15turn의 경우 최대 123정도까지 주파수에 따라 증가하다 점차 주파수가 증가할수록 지속적으로 감소함을 확인할 수 있었다.

또 권선수 변화에 따라 즉 자속밀도 변화에 따라 Q-factor 특성이 대체적으로 좋아지기는 하였으나 15회와 14회가 거의 비슷한 특성을 보였고 13회와 12회

가 비슷한 특성을 보였다. 이는 정의식 $Q = \frac{\omega_0 L}{R}$ 에서 보듯이 권선수 증가에 따라 L과 R값이 동시에 증가하여 Q-factor값이 비슷하게 나온 것으로 생각된다.

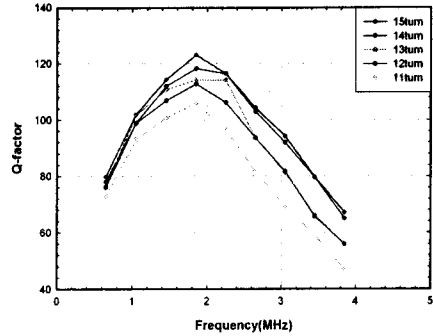


그림 3. 주파수와 권선수에 따른 Q-factor 특성.

Fig 3. The Q-factor characteristics as a change of frequency and coil turns.

그림 4는 무전극 램프의 주파수와 권선수 변화에 따른 Inductance 특성을 확인한 것으로 주파수의 변화에 따라 계속적으로 증가 하였다.

그림 5의 경우도 마찬가지로 무전극 램프의 주파수와 권선수가 증가함에 따라 Resistance특성이 증가함을 보였다.

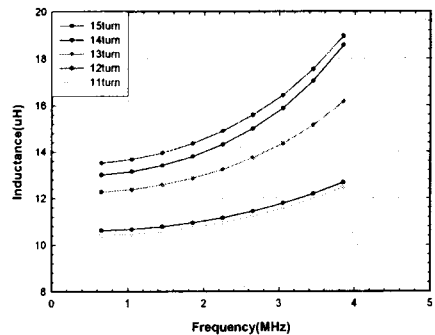


그림 4. 주파수와 권선수에 따른 inductance특성.

Fig 4. The Inductance characteristics as a change of frequency and coil turns.

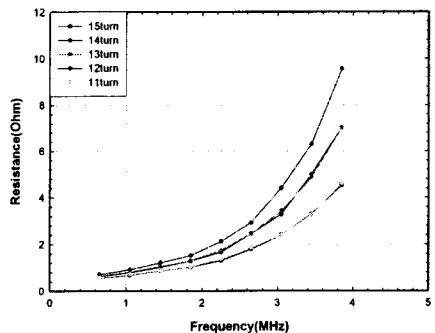


그림 5. 주파수와 권선수에 따른 resistance특성.

Fig 5. The resistance characteristics as a change of frequency and coil turns.

그림 6과 그림 7의 경우도 주파수와 권선수에 따른 Capacitance와 Impedance 특성을 확인한 것으로 Capacitance의 경우는 권선수 변화와 상관없이 거의 일정하였고 초기 주파수 변화에만 급격히 증가하였다. 또 Impedance의 경우도 주파수와 권선수 변화에 따라 증가하였으나 14turn과 13turn, 12turn과 11turn은 거의 차이가 없음을 보였다.

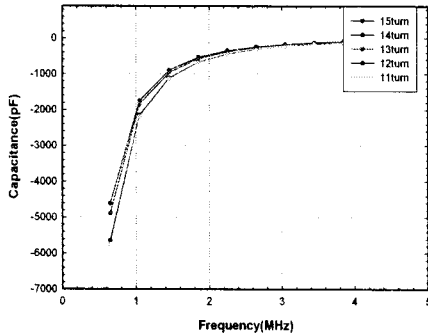


그림 6. 주파수와 권선수에 따른 capacitance특성.
Fig 6. The capacitance characteristics as a change of frequency and coil turns.

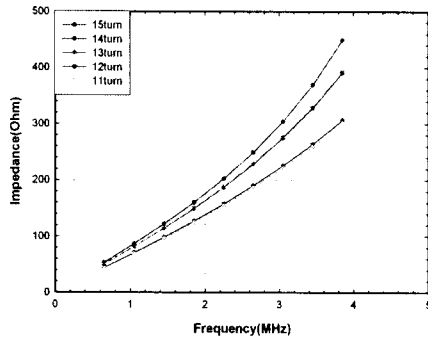


그림 7. 주파수와 권선수에 따른 impedance특성.
Fig 7. The impedance characteristics as a change of frequency and coil turns.

그림 8의 경우도 주파수와 권선수에 따른 Phase 특성을 확인한 것으로 Phase의 경우는 1.85MHz까지는 증가하는 특성을 보였으나 주파수가 증가함에 따라 점점 위상이 감소하는 특성을 보였다. 또 권선수에 증가함에 따라 대체적으로 증가함을 보였으나 14turn과 13turn, 12turn과 11turn은 거의 차이가 없음을 보였다.

이상과 같이 전체적으로 자속밀도의 변화에 따라 R, L, Z, Q-factor 등은 증가 하였으나 C는 거의 변화가 없었으며 phase의 경우는 1.85MHz까지는 증가하다 주파수가 증가함에 따라 감소하는 특성을 보였다.

따라서 이런 안테나의 파라미터 특성을 확인한 결과 전체적으로 전기적 특성이 향상 되었으나 실제 광학적으로 얼마나 성능이 향상되었는지 확인하기 위하여 권선수 변화에 따른 휘도 특성을 측정함으로써 안테나 설계의 중요성을 확인할 수 있었다.

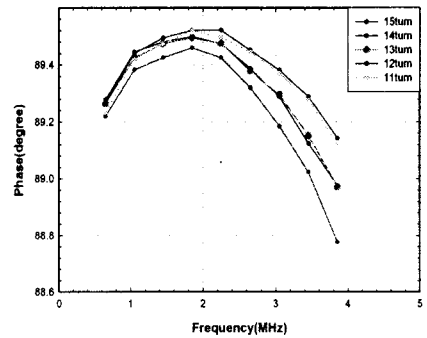


그림 8. 주파수와 권선수에 따른 Phase특성.
Fig 8. The phase characteristics as a change of frequency and coil turns.

3.2 권선수 변경에 따른 휘도 특성

그림 9는 권선수 변화와 시간에 따른 휘도특성을 확인한 것으로 자속밀도가 변화함에 따라 전체적인 휘도가 향상되었음을 확인할 수 있었다. 다만 12회와 11회의 경우는 램프가 점등되지 않았다. 인버터와 안테나사이의 임피던스 매칭이 되지 않아 점등이 안된 것으로 생각된다. 또 시간이 지남에 따라 점차 안정화되어 휘도가 일정함을 보였다.

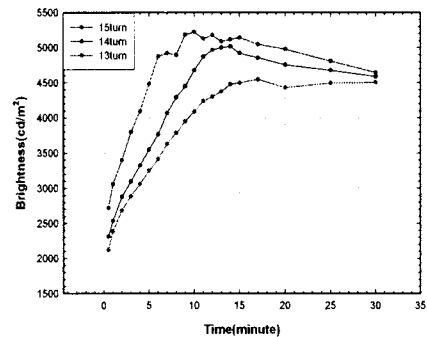


그림 9. 시간과 권선수에 따른 휘도특성.
Fig 9. The brightness characteristics as a change of time and coil turns.

4. 결 론

본 논문은 무전극 형광램프의 안테나의 자속밀도를 변화시킴에 따라 파라미터와 휘도특성을 측정한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 권선수 변화에 따른 안테나의 자속밀도 변화는 Q-factor의 향상을 가져옴으로써 안테나 설계의 중요한 변수임을 알게 되었다.
- 2) 안테나의 권선수 변화에 따른 Q-factor 향상은 무전극 램프의 휘도 특성을 향상시켰다.
- 3) 안테나의 권선수를 12회와 11회로 한 경우 점등이 되지 않은 걸로 보아 램프의 안테나와 인버터 사이의 임피던스 매칭이 중요함을 확인할 수 있었다.
- 4) 램프가 13분정도까지는 증가하다 그이후로 거의 일정해짐을 보아 램프가 안정화되는데 13분정도 걸림을 확인하였다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력 연구센터 육성, 지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의하여 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] 박성목, 함훈, 이종찬, 박대회, “고효율 무전극 형광등 광원 기술 개발”, 한국 조명·전기설비학회 학술대회 논문집 제17권 제1호, pp. 9, 2003
- [2] I. M. El-Fayoumi and I. R. Jones, “The electro magnetic basis of the transformer model for an inductively coupled RF plasma source”, Plasma Sources Science Technology, Vol. 7, pp.179-185, 1998
- [3] D. O. Wharmby, “Electrodeless lamps for lighting : a review”, IEE Proceedings 140A, pp.465,1993
- [4] Oleg A Popov, Robert Chandler, “Characteristics of Ferrite-free electrodeless fluorescent lamp operated at frequencies of 1-15MHz”, Plasma Source Science Technology, Vol. 9, pp.227-237,2000
- [5] R. B. Piejak, V. A. Godyak, B. M. Alexandrovich, “A simple analysis of an inductive RF discharge” Plasma Source Science Technology, Vol.1, pp.179-186.1992