

페라이트 변화에 따른 무전극 형광램프의 휘도 특성 변화

백광현, 양종경, 이종찬, 최용성, 박대희
원광대학교

Brightness special quality change of wireless
electrodeless fluorescent lamp by ferrite change

Gwang-Hyoen Pack, Jong-kyung Yang, Jong-Chang Lee, Yung-Sung Choi, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract - An electric power efficiency of electrodeless fluorescent lamp has big relative property of gas in lamp, gas pressure, lamp formation, ingredients of magnetic substance and shape and action frequency etc. We used magnetic substance that open self-examination material of electrodeless fluorescent lamp antenna. Ferrite that is used in this experiment was Mn-Zn type. Coill turn was changed from 13th to 15th turn to recognize brightness change of lamp by winding number. Optical equipment that used in an experiment was used to measure brightness (LS-100). When an electrodeless fluorescent lamp was made using and T company's PE22, was it showed the highest brightness. As number of winding is increased the brightness increased, and starting characteristic became good.

1. 서 론

오늘날 산업의 급속한 발달과 함께 경제성과 더불어 삶의 질이 향상되면서 에너지 효율이 좋고, 양질의 빛을 내는 새로운 광원기술들이 계속해서 발전하고 있으며, 세계적으로 환경문제에 대한 관심이 부각되면서 친 환경의 요구와 신뢰성을 갖춘 고효율 램프들이 선보이고 있다.^{1),2),3),4)} 무전극 램프의 방전현상은 1884년 Hittrof에 의해서 처음으로 발견되었고, 1891년 Nikola Tesla는 비교적 낮은 용량 결합형 RF주파수에 의한 방전 램프를 소개하였다. 1907년 P. C. Hewitt에 의해 오늘날의 플라즈마 반응으로의 원리인 ICP (Inductively Coupled Plasma)를 발견하였고, Bethenod와 Claude에 의하여 페라이트 코어를 적용한 ICP가 소개 되었다. 그 후, 1970년대 Anderson에 의해서 유도결합형 램프의 원리가 비로소 정착되었다.^{2),3)} 무전극 형광램프는 1978년도에 개발되었으며 상용화는 필립스사의 QL Lamp의 시작으로부터 GE사의 General lamp 및 오스람사의 Endura lamp 등 여러 선진국의 업체들에 의해서 점차 고효율 및 고흡효율이 이루어지고 있다. 이러한 무전극 형광램프의 우수성이 알려지면서 많은 국가들이 무전극 형광램프에 효율 및 성능개선에 많은 연구를 하고 있다. 무전극 형광램프의 전력 효율은 램프 내의 가스 종류, 가스 압력, 램프 형성, 자성체 재료 및 형상 그리고 동작 주파수 등에 큰 의존성을 가진다. 특히, 제한된 주파수에서의 효율 향상을 위해서는 램프의 구조설계 분야도 큰 비중을 차지한다. 또 고주파 에너

지를 공급하는 장치는 중앙부에 발생하는 공진 주파수를 전자기장을 이용하여 에너지를 공급하는데, 이때의 전기적인 변환 결합은 대단히 중요하며, 지금까지 이를 위한 많은 특허와 기술보고가 있으나 실용적으로 많은 해결해 하는 문제점들이 많다.

본 논문은 이러한 무전극 형광램프의 성능 및 효율을 향상시키기 위하여 다음과 같은 실험을 하였다. 무전극 형광램프의 페라이트의 성능에 따라 무전극 형광램프의 휘도가 어떻게 변화하는지 실험하였다. 뿐만 아니라 코일의 권선 수에 따라서 어떻게 휘도가 변화하는지를 알아보았다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 무전극 형광램프의 등가회로

그림 1은 무전극 램프의 등가회로를 구현한 것이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 유도결합형 플라즈마의 2차측을 권선수가 1인 공심코일로 가정하여, 이러한 유도결합회로의 이론을 그대로 적용하여 2차측 방전관의 파라미터와 1차측 유도코일과의 상관관계에 대한 연구가 진행되어 왔다.

방전관의 형태와 크기 그리고 1차측 유도코일 일부와의 상호 관계에 따라 상호인덕턴스, 결합계수의 값이 변하게 되고 1차측의 인덕턴스 및 임피던스 및 임피던스에 영향을 준다.

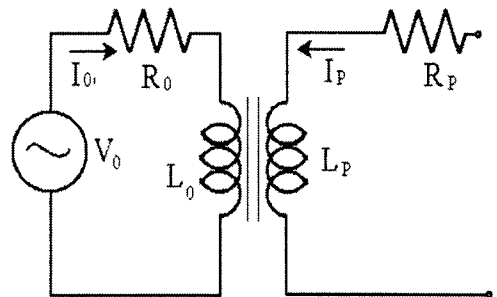


그림 1 무전극 램프의 등가회로
Fig 1. Equivalent circuit of eletrodeless lamp.

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

$$0 = I_P R_P + i \omega L_P I_P + i \omega M I_0 \quad (2)$$

식 (2)로부터

$$0 = (R_P + j \omega L_P) I_P + j \omega M I_0$$

$$\therefore I_P = -\frac{j\omega M}{R_P + j\omega L_P} I_0$$

따라서 전류는 I_0 는 식 (3)과 같이 구할 수 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 이용하여 식 (3)에서 1차측의 임피던스 성분을 전개하면,

$$\therefore Z_0 = (R_0 + \frac{M^2 R_P}{L_P^2}) + j\omega(L_0 - \frac{M^2}{L_P}) \quad (4)$$

과 같이 된다.

위식으로 1차측과 2차측 코일의 주파수 특성을 계산할 수 있다.

2.2 시료

무전극 형광램프 안테나의 자성재료는 연자성체가 주로 이용되고 있다. 대표적인 연자성체에는 Mn-Zn와 Ni-Zn형이 있으며 일반적 MHz 대역에서는 Mn-Zn형의 페라이트를 주로 이용하며, 고주파에서는 Ni-Zn형의 페라이트를 이용한다. 따라서 본 실험에서 사용된 페라이트도 Mn-Zn형의 페라이트를 사용하였다⁵⁾.

실험 재료는 T사의 페라이트 (PE22) 1종류와 F사의 페라이트 2종류 (3F4, 3F45)를 사용하였고, 국내산 제품으로는 S사의 페라이트 (SM8T)를 사용하였다. 표1은 재료별 기본 물성 및 자성을 나타내고 있다. 각 재료마다 투자율, 밀도 등의 물성이 조금씩 다르다는 것을 알 수 있다.

표 1. 페라이트 코어의 기본조건

Model	Size	Length [mm]	Density [kg/m ³]	μ 150[T]	P_v [kW/m ³]
PE22	O.D(Φ)18 I.D(Φ)11	60	≈4,750	≈1,350	≤350
3F4	O.D(Φ)17 I.D(Φ)11	59	≈4,700	≈1,250	≤320
3F45	O.D(Φ)17 I.D(Φ)11	55	≈4,800	≈1,400	≤700
SM8T	O.D(Φ)18 I.D(Φ)11	59	≈4,700	≈1,350	≤659

페라이트 코어에 교류 자장을 인가하면서 주파수를 높여 가면 여러 가지 원인에 의해 유도자장 B는 인가된 교류자장 H를 따라가지 못하고 손실각 δ만큼의 위상이 지연된다. 이러한 위상 지연은 페라이트 코어 내의 에너지 손실로 표현될 수 있으며, 투자율은 다음과 같은 함수로서 나타 낼 수 있다.

$$\mu = \frac{B}{H} = \mu' - j\mu''$$

저주파 대역에서는 위상지연이 거의 일어나지 않아 투자율 $\mu = \mu'$ 가 되지만 고주파에서는 손실각 δ가 커지면서 에너지 손실을 의미하는 μ'' 가 증가 한다⁶⁾.

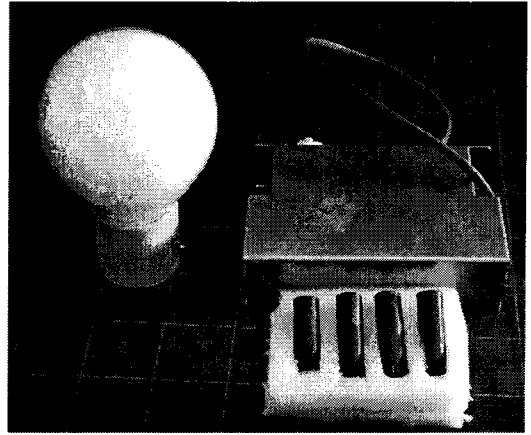


그림 2 실험용 무전극 램프와 시료(페라이트)
Fig. 2. The electrodeless lamp and antenna

2.2 실험방법

권선 수에 따른 램프의 휘도변화를 알아보는 실험을 하였다. 실험에 사용한 광학장비는 휘도계(LS-100)를 사용하여 휘도를 측정하였다.

페라이트를 교체해가면서 램프를 점등시키고 점등시킨 램프는 권선수를 변화해 가며 휘도를 측정하였다. 권선수는 13회부터 15회로 하였고 무전극 형광램프와 마찬가지로 보조코일을 사용하였다. 권선수 12회 이하에서는 원활한 점등이 이루어지지 않아 측정할 수 없었다. 점등된 무전극 형광램프는 점등 후 30초에 휘도를 측정하였고, 다음부터는 1분마다 휘도를 측정하였다. 측정은 점등 시부터 30분까지 측정하였다. 측정위치는 밸브를 상중하로 나누어 측정하였다. 밸브의 중앙부분은 내부 페라이트의 중앙부분과 일치하는 지점으로 설계하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 권선수 13회일 때의 시간에 따른 휘도 변화를 나타내고 있다. 그림 1에서 권선수가 13회일 때 각 페라이트에 따른 휘도 특성은 4,200~4,300 정도로 크게 차이 나지 않았다. F사의 3F45가 가장 높은 4,546[cd/m²]의 휘도를 나타내었다. 안정화 시 가장 높은 휘도를 나타낸 것은 F사의 3F45로 4,502[cd/m²]로 나타났고 가장 낮은 휘도를 나타낸 것은 T사의 PE22가 4,316[cd/m²]로 가장 낮은 휘도특성을 나타냈다.

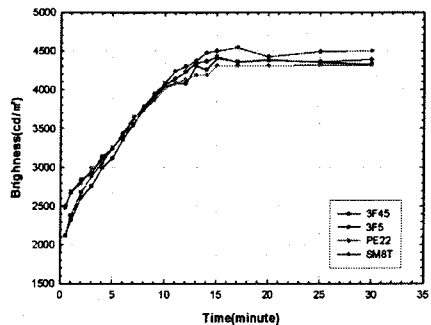


그림 1. 권선수 13회의 시간에 따른 휘도 변화

그림 2는 권선수 14회일 때의 시간에 따른 휘도 변화를 나타내고 있다. 그림 2에서 권선수 14회부터는 페라이트의 종류에 따라 휘도특성의 차이를 보이는 현상이 나타났다. 권선회수가 13회 때와 마찬가지로 F사의 3F45가 가장 높은 휘도 분포를 나타내었다. 가장 낮은 휘도를 나타낸 것은 T사의 PE22이었다. 안정화 시 가장 높은 휘도를 나타낸 것은 F사의 3F5로 4,792[cd/m²]이었고 가장 낮은 휘도특성을 나타낸 것은 F사의 3F45로 4,618[cd/m²]이었다.

그림 1과 그림 2에서 T사의 PE22가 가장 낮은 휘도 특성을 나타내었지만 안정되었을 때의 휘도특성은 T사의 PE22가 가장 우수한 것으로 나타났다.

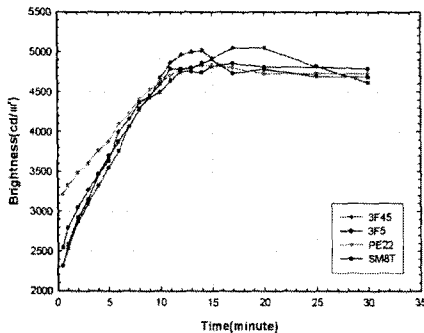


그림 2. 권선 수 14회의 시간에 따른 휘도 변화

그림 3은 권선수가 15회일 때 휘도특성으로, 권선수가 13회 및 14회일 때보다 가장 높은 휘도 분포를 나타내었다. 권선수가 15회일 때 T사의 PE22는 5,284[cd/m²]로 가장 높은 수치를 보였다. 이때는 점등 후 약 12분이다. 그리고 점등 후 약 15분후부터는 안정된 휘도분포를 나타내었다. F사의 3F45는 점등 후 10분경과 시 5,222[cd/m²]로 가장 높은 휘도를 나타내었고, 3F4는 13분경과 시 5,214[cd/m²]의 휘도를 나타내었다. S사 제품인 SM8T는 17분경과 시 5,115[cd/m²]로 높은 휘도를 볼 수 있었다. 권선 수 15회일 때는 점등 후 약 10분에서 17분 사이에 최고점의 휘도를 나타내었고 이후 안정된 휘도 분포를 보였다.

안정화시 휘도는 S사의 SM8T가 5,004[cd/m²]로 가장 높은 휘도를 나타내었고, F사의 3F45가 4,642[cd/m²]로 가장 낮은 휘도를 나타내었다.

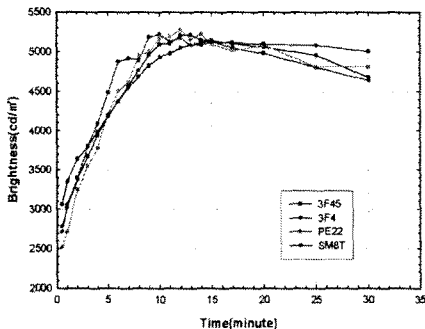


그림 3. 권선 수 15회의 시간에 따른 휘도 변화

이상의 결과로부터 무전극 형광램프는 시간에 따라 휘도특성은 점차적으로 상승하다 안정화되는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

이상과 같이 무전극 형광램프의 페라이트의 휘도 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) F사의 3F45로 무전극 형광등을 제조하였을 때 가장 높은 휘도분포를 나타내었다.
- 2) 권선수가 높아질수록 휘도도 증가하였다.
- 3) 권선수가 15회일 때 시동이 빨라지는 것으로 보아 권선 수는 시동특성에 큰 영향을 준다.
- 4) 권선수가 13회에서 PE22가 안정화특성이 가장 우수하였고, 권선수가 15회일 때 SM8T가 안정화특성이 가장 우수하였다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성 · 지원 사업(I-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] Brian Cook, "New developments and future trends in high-efficiency lighting", Engineering Science and Education Journal, Vol. 9, pp. 207-217, 2000.
- [2] D. O. Wharmby, "Electrodeless lamps for lighting: a review", Science Measurement and Technology, IEE Proceedings A, Vol. 140, pp. 465-473, 1993.
- [3] V. A. Godyak, Ohata, et al., "Radio Frequency Light Sources", Industry Application Conference, Conference Record of the 2002 IEEE, Vol. 5, pp3281-3288, 2000.
- [4] H. Kido, H. Makimura, S. Masumoto, "A study on electronic ballast for electro ballast for electrodeless fluorescent lamp with dimming capabilities", 36th IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, Vol. 2, pp889-894, 2001.
- [5] H. Y. Lee, H. S. Kim, J. S. Huh, Y. W. Oh, "The Electromagnetic and Thermal Properties of the Mn-Zn Ferrite for the Power Line Communication", KJEE International Transactions on EA, Vol.2-C, pp. 220-224, 2002.
- [6] N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power electronics: Converters, Application and Design, Chapter 7, John Wiley & Sons, 1989.