

전동차의 전력품질저하에 따른 광플리커 현상에 관한 연구

Study of Light Flickering according to the Degradation of Power Quality in the electric train

최영하 * 이강원** 김명룡*** 온정근*** 송중호****
Y. H. Choi, K. W. Lee, M. Y. Kim, J. G. Ohn, J. H. Song

ABSTRACT

Light flickering is caused by the degradation of power quality in electric train and can be measured by electronic illuminometer. This paper has shown the relations between voltage variations and illumination of lamps which has two kinds of incandescent lamp and 3-wavelength fluorescent lamp.

1. 서론

전동차는 인가된 직류(1500V) 또는 교류(2500V, 60Hz)전원을 이용하는 각각의 전력기기장치들로써 구성되어 운전되고 있으며, 인가되는 전원의 경우는 변전소 및 급전소등에서 전력품질이 관리되고 있으나 전동차내부에서 사용되는 추진제어장치, 보조전원장치, 전동기, 전력변압기등의 전력기기는 자체적인 전력품질안정화 대책을 가지고 있으나, 전동차의 운전상태는 일정하지 않으므로 실제적으로는 전력품질이 저하되는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 전력기기 특히 보조전원장치(SIV)의 전력품질의 저하는 내부 제어전원의 불안정, 조명장치의 광플리커링등의 원인이 될 수 있다. 보조전원장치의 전력품질의 저하는 자체적인 전력변환의 불안정이 원인일수 있으나 외부로부터의 비정상적인 전력공급등이 원인이 될 수 있다. 그러므로 보조전원장치로부터 전원을 공급받아 전력품질저하시 영향을 받는 조명기구의 광플리커링을 살핀다면 보조전원장치를 비롯하여 다른 전동차내부의 전력품질상태를 확인할수 있을 것이다. 본 논문에서는 광플리커링을 확인할수 있는 방법으로서 전자식 조도계의 활용가능성을 확인하고자 하였다. 또한 전력품질의 저하를 모의하여 여러 가지 전압변화를 발생시켜 백열전구와 3파장 형광램프에서의 조도변화를 살펴보았으며, 이러한 전압변화에 대한 조도변화의 상관관계를 주의깊게 고찰하였다.

* 대영 C&T, 정회원

** 한국철도기술연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원, 정회원

**** 한국산업대학교 전기공학과, 비회원

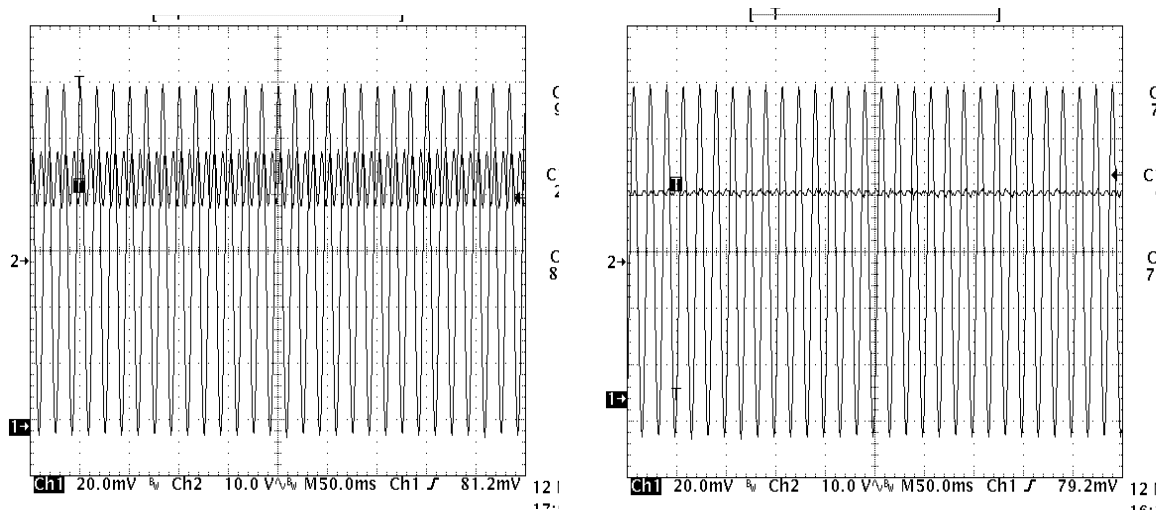
2. 본론

2.1 실험방법

전력품질의 저하를 모의하기 위하여 교류전력공급기(California, 5002ix)를 이용하였으며, 광원으로서 광플리커의 표준램프로 사용되는 백열전구와 형광등과 같은 원리의 3파장형광램프를 사용하였고, 램프의 광변화 즉 광플리커는 전자식 조도계를 이용하여 측정하였으며, 광원과 측정계의 거리는 30cm를 유지하였고, 광원으로부터 방출된 빛의 반사와 외부 빛에 의한 간섭을 배제하기 위하여 검정종이로 만들어진 원통형관으로 연결되었다. 인가된 전원은 220V를 기준으로 하였으며, 인가된 전압변화와 전자식 조도계로부터의 아날로그신호값은 디지털 오실로스코프를 이용하여 측정하였고, 측정된 값은 파일로 저장되어 파형 및 주파수성분등으로 관찰자가 알기쉽게 변환되었다.

2.2 실험결과 및 고찰

220VAC(60Hz)으로 전원이 인가된 경우 백열전구와 3파장 형광램프로부터 방출된 빛을 전자식 조도계를 이용하여 측정하면 조도계내에서의 DC값이 더해진 교류파형으로서 그림 1의 (a)와 (b)와 같이 측정된다



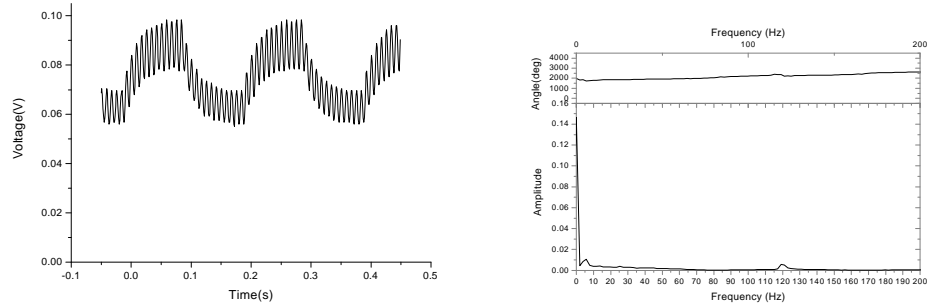
(a) 백열전구

(b) 3파장 형광램프

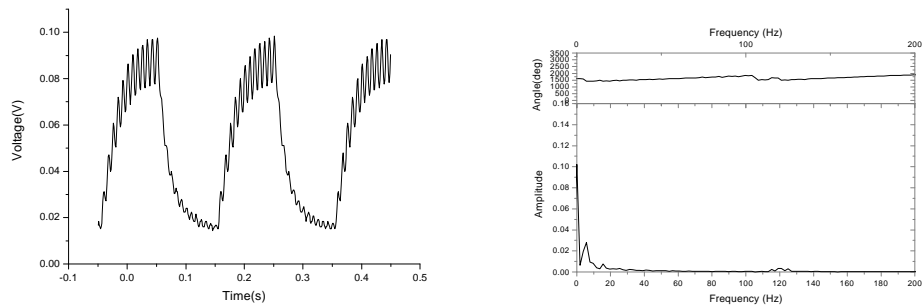
그림 1. 인가전압에 따른 조도

그림 1에서 알수있듯이 백열전구의 경우 필라멘트의 가열에 의한 저항열 발광이므로 인가된 교류전원의 변화에 매우 민감하게 반응하며, 3파장 형광램프는 백열전구에 비하여 교류전원의 변화에 덜 민감하나 백열전구와 마찬가지로 120Hz의 진동주파수를 가진 조도신호로서 측정된다. 본 실험에서 전력품질의 저하중 한가지로서의 순시전압강하를 모의하여 전압변화인가시간을 0.1s(5Hz) 간격으로 기본전압 220V에서 각각 200V, 180V, 160V, 140V, 120V로 변화를 시켜 백열전구와 3파장램프로부터의 광의 변화를 살펴보았다. 그림 2는 백열전구에 대해 광의 변화를 측정한 결과(220V→200V(a), 220V→160V(b))이고 그림 3은 3파장 형광램프의 광의 변화를 측정한 결과(220V→200V(a), 220V→160V(b))이다. 백열전구의 경우가 3파장 형광램프의 경우보다 전압변화의 영향에 보다 더 민감하다는 것을 알수있으며, 각각의 경우에 대하여 주파수분포를 살펴보면 백

열전구와 3파장 형광램프 모두 0Hz, 5Hz, 120Hz 부근에서 주로 주파수성분이 분포하고 있는 것을 알 수 있으며, 전압변화폭이 커짐에 따라 120Hz 성분은 거의 크기가 변화가 없으나, 0Hz 성분 및 5Hz 주파수성분이 커지는 것을 각각의 주파수 분포로부터 확인할 수 있었다. 이것은 전압변화폭이 커짐에 따라 백열전구와 3파장형광램프의 조도변화도 역시 비례적으로 커지므로 이에 따라 변화분이 5Hz의 주파수 성분으로 반영된 것이다.

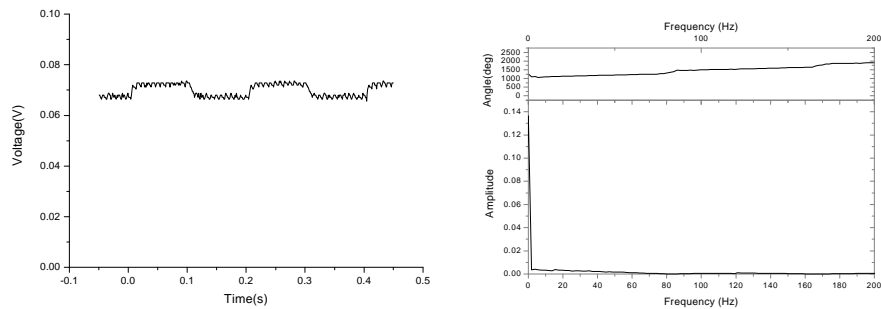


(a) 220V에서 200V로 변화시킨 경우, 파형 및 주파수분포

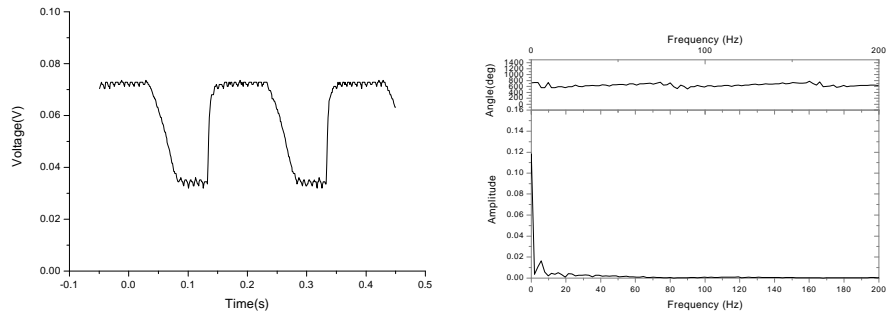


(b) 220V에서 160V로 변화시킨 경우, 파형 및 주파수분포

그림 2. 전압변화에 따른 백열전구의 조도변화



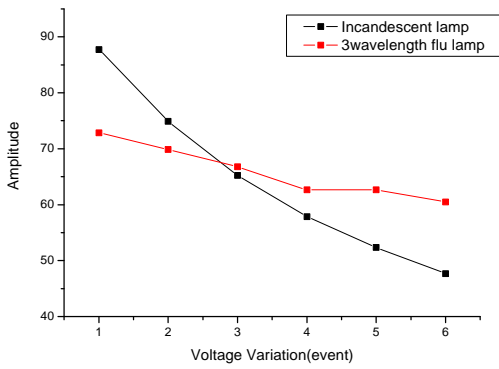
(a) 220V에서 200V로 변화시킨 경우, 파형 및 주파수분포



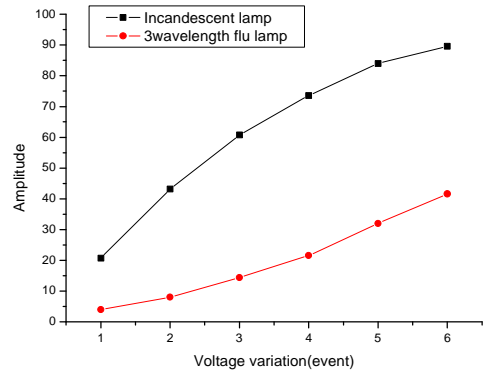
(b) 220V에서 160V로 변화시킨 경우, 파형 및 주파수분포

그림 3. 전압변화에 따른 3파장 형광램프의 조도변화

다음 그림 4에서는 220V(1)에서 200V(2), 180V(3), 160V(4), 140V(5), 120V(6)로 전압변화시간 0.1초로 전압변화를 발생시킨 경우 전압변화 각각에 대한 백열전구와 3파장 형광램프의 조도변화 값의 평균(그림 4(a))과 피크-피크값(그림 4(b))의 변화를 그래프로서 나타낸 것이다.



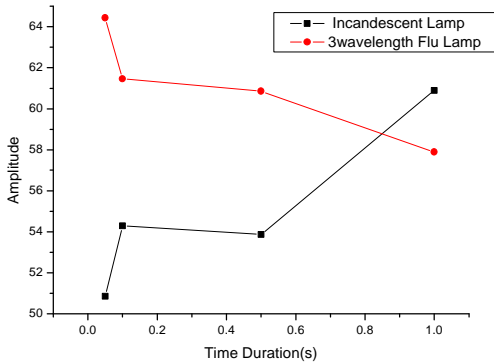
(a) 전압변화에 대한 평균 조도변화



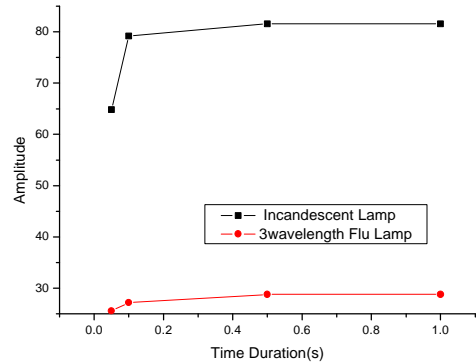
(b) 전압변화에 대한 peak-peak 조도 변화

그림 4 전압변화에 대한 백열전구와 3파장형광램프의 조도변화

그림 4에서 볼수있듯이 백열전구의 전압변화폭의 커짐에 따라 조도평균값의 변화는 3파장 형광램프보다더 심하며, 또한 조도의 peak-peak 값 또한 3형광램프의 경우보다 백열전구의 경우가 조도변화폭이 더 크다는 것을 알 수 있다. 다음으로 전압변화는 220V에서 150V로 일정하게 유지한 후 전압변화시간을 변화시켰을때의 전압변화시간에 대한 백열전구와 3파장 형광램프의 평균조도 변화(그림 5(a))와 peak-peak 조도변화(그림 5(b))와의 관계가 그림 5에 나타나 있다.



(a) 전압변화시간에 따른 평균조도변화



(b) 전압변화시간에 따른 peak-peak 조도변화

그림 5. 전압변화시간에 대한 백열전구와 3파장형광램프의 조도변화

그림 5를 살펴보면 전압변화폭에 대한 조도변화와는 다른 양상을 볼 수 있다. 그림 5(a)의 경우는 전압변화시간에 따른 평균조도변화를 백열전구와 3과장 형광램프의 두가지 경우에 대하여 살펴본 것으로 전압변화시간이 길어짐에 따라 백열전구의 조도변화는 증가하나 형광램프의 경우는 감소한다. 이러한 원인은 백열전구의 경우는 저항열에 의한 발광이므로 흐르는 전류의 변화에 민감하여 전압변화시간과 비례관계를 유지하나, 형광램프의 경우는 인가된 전압의 변화시간이 짧을수록 형광등내부전극의 방전현상이 유지될 가능성이 높아지므로 전압변화시간과는 반비례관계를 유지하게 된다.

3. 결론

인간이 감지할 수 있는 광변동주파수는 60Hz이하로서 조도변화에 의한 기본주파수 120Hz는 전원변동에 따른 주파수성분과는 뚜렷하게 구별된다는 것을 확인하였으며, 전압변화폭이 커짐에 따라서 마찬가지로 백열전구와 3과장램프에서 측정된 조도신호에서의 변동주파수성분도 커진다는 것을 살펴보았다. 또한 전압변동폭 및 전압변화시간에 따른 램프들의 조도변화는 변화를 일으키는 변동원인과의 비례 또는 반비례관계로서 조도변화를 통하여 전원변동을 추정할 수 있다는 것을 확인시켜주었다. 그러므로 전동차의 전력품질저하로서 모의된 전압변화는 백열전구와 3과장형광램프를 통하여 조도변화로서 확인되었으며, 광플리커에 대한 정량화수단으로서 조도계를 이용한 방법이 가능함을 확인시켜주었다.

참고문헌

1. Wei-nan.C, et al, "The Influence of Voltage Flicker on Residential Lamps", IEEE, 1997.
2. S. Mark Halpin et al, "Voltage and Lamp Flicker Issues: Should the IEEE Adopt the IEC approach?", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 18, No.3, p1088-1097, July 2003.