

광플리커링에 대한 조도측정법의 적용에 관한 연구

A study on the application of a method of an intensity of illumination measurement for light flickering

최영하* 이강원** 은경근*** 심재복* 권기진* 송중호****
Choi, Young-Ha Lee, Kang-Won Eun, Jung-ghun Shim, Jae-Bok Kwon, Ki-Jin Song, Joong-Ho

ABSTRACT

As a method of confirming light flickering, we tried to confirm the flicker index measured by Flickermeter and the application possibility by using digital intensity of illumination meter. Also, after simulating the quality deterioration of electric power and generating a various voltage change, we studied on the function between the flicker index measured by Flickermeter and the flicker index for the intensity of illumination by using digital intensity of illumination meter.

1. 서론

전동차로 인가되는 전원은 변전소 및 급전소등에서 전력품질이 관리되고 전동차 내부에서 사용되는 후전세이장치, 보조전원장치, 권인전동기, 전력용변압기등의 전력기기를 역시 자체적인 전력품질 안정화 대책을 가지고 있으나 실제 전동차 운행상태는 일정하지 않으므로 실제적으로 전동차 내부의 전력품질이 저하되는 경우가 발생할 수 있다. 주로 전압변동을 일으키는 원인으로서 는 가선전압의 변화, 공기압축기, 냉난방·환기장치 등 대용량 전동기의 반복적인 기동 등을 들 수 있으며 대부분의 전압변동은 광플리커 문제를 발생시키지 않으나, 전압변동의 크기가 크고 빈번하게 발생하며, 특히 고장 level이 낮은 때 많이 발생한다. 전압변동에 가장 민감한 부하는 전동부하로서 전압변동이 공칭전압의 1%이하에서도 플리커 문제를 일으킬 수 있으며, 0.3%에서 0.5%까지의 작은 전압변동도 7 Hz에서 10 Hz정도의 주파수를 갖게되면 인간의 눈에 피로감을 유발할 수 있는 수준의 플리커가 발생할 수 있다. 이는 사람이 느낄 수 있는 전동부하의 광플리커 현상으로 전동차 내부의 전력품질의 상태를 확인할 수 있는 요소가 될 수 있다고 할 수 있다. 플리커의 평가는 Flickermeter에 의해 측정되는 flicker지수(P)를 통하여 확인할 수 있다.

본 논문에서는 광플리커링을 확인 할 수 있는 방법으로서 Flickermeter에 의해 측정되는 플리커 지수(P)와 또다른 방법으로 디지털조도계를 이용한 활용가능성을 확인하고자 한다. 또한 전력품질의 저하를 모의하여 여러 가지 전압변화를 발생시켜 Flickermeter에 의해 측정되는 flicker지수(P)와 전자식조도계를 이용한 조도에 의한 flicker지수와와의 상관관계에 대해 주의 깊게 고찰하였다.

* 한국철도기술연구원 연구원, 정희원
** 한국철도기술연구원 주임연구원, 정희원
*** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원
**** 서울산업대학교 전기공학과 교수, 배희원

2. 본론

2.1. 실험방법

전동차 전등부하의 임펄스전압과 전등부하조건을 구현하기 위한 방법으로 임펄스전압으로는 교류전력공급기(California, 5002ix)를 이용하였으며, 전등부하 모델로는 광플리커의 표준램프로서 사용되는 백열전구(220 V 100 W)와 형광등과 같은 원리의 3파장램프(200 V 20 W)를 사용하였다.

플리커지수 산출에 있어서 임펄스전압변동에 대한 플리커지수 측정은 플리커메타(DEWE-3010)를 사용하였고 조도계를 이용한 플리커지수 산출에 관한 방법으로 먼저 램프의 조도변화를 살펴보았다. 조도값의 변화를 측정하기 위한 방법으로는 램프의 광변화 즉 광플리커는 전자식 조도계를 이용하여 측정하였으며 광원과 측정기기와의 거리는 30 cm를 유지하였고 광원으로부터 방출된 빛의 반사와 외부 빛에 의한 간섭을 배제하기 위한 방법으로 검정종이로 만들어진 원통형 관으로 연결하였으며, 조도계로부터의 아날로그 신호값(Lux)은 1000 : 1 비율로 DC 전압값으로 변환시켜 전압기록계(DM 3100)를 이용하여 전압변화에 따른 조도 변화값을 측정하였다. 또한 조도변화에 대한 플리커지수 측정을 플리커메타((DEWE-3010)를 사용하여 조도계를 이용한 플리커지수 측정 가능성에 대해 알아보고 전압변화에 대한 플리커지수와 전압변화에 의한 조도변화의 플리커지수를 각각 비교해보았다.

2.2. flicker의 평가

flicker의 평가는 Flickermeter에 의해 측정되는 플리커지수(P)를 통하여 이루어지며, 인간의 눈이 플리커에 민감한 정도를 나타낸다. 플리커지수는 관찰시간에 따라서 P_M (단기 플리커지수)와 P_M (장기 플리커지수)로 나누어지며 본 논문에서는 P_M (단기 플리커지수)에 대해서 살펴보았다.

이때 관찰시간은 P_M 와 P_M 각각 10분과 120분(2시간)이며, 관찰시간 10분은 단시간 동작하는 개별적 전압변동원의 관찰에 적당하며, 관찰시간 120분은 간헐적으로 부하가 변동되거나, 몇 개의 부하가 집합적으로 변동되는 경우를 관찰하는 경우에 적당하다. 이러한 관찰시간의 선택에 의하여 고려되어야 할 전압변동의 가장 낮은 빈도 또는 반복율이 정의되고, 이것들이 수치화되어 multipoint algorithm에 의하여 계수들이 정의된다.

인지의 한계값은 $P_M=1$ 로 정의 하였으며, 이 조건은 60W 백열등 아래에서 독서를 하는 기준 관찰조건하에서 독서를 하는 사람의 50%가 인지할수 있다는 것을 이야기 하고, 일반적으로 $P_M<1$ 인 경우에는 플리커를 인지할수 없다고 보며, $P_M>1$ 인 경우에는 플리커를 인지할수 있는 것으로 평가하였다.

P_M 의 계산에는 주기적으로 측정된 플리커 지수(최소한 초당 50개)의 값에 대한 누적확률밀도함수가 이용된다. 누적확률밀도함수의 모양은 전압요동의 성질에 따라서 매우 다르므로, 이것을 적당히 나타내기 위한 알고리즘으로서 multipoint algorithm이 사용되었다. multipoint algorithm을 이용하여 P_M 를 나타내면 식(1)과 같다.

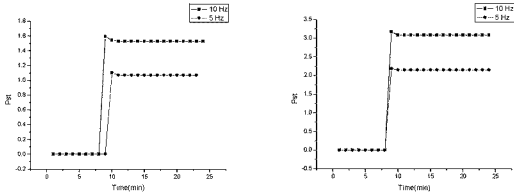
$$P_M = \sqrt{(0.0314P_{0.1} + 0.0525P_1 + 0.0657P_3 + 0.28P_{10} + 0.08P_{50})} \quad (1)$$

이식은 10분관찰주기에 대해서 한계속선의 모든점들에 대해 $P_M=1$ 을 주며, IEC에서 발행한 table에서 주어진 모든 한계 level에 대하여 검토되어 좋은 성능을 나타내었다.

2.3. 실험 결과 및 고찰

2.3.1. 전압변화에 따른 플리커지수

220 V에서 219 V, 218 V로 전압변동시간을 0.05 s(10 Hz), 0.1 s(5 Hz)간격으로 변화시켰을 때 플리커메타로 측정된 플리커지수(P_{st})값은 Fig.1의 (a)와 (b)에 나타난다.



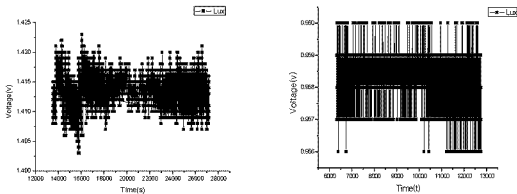
(a) 220 V에서 219 V로 변화시킨 경우, P_{st} (b) 220 V에서 218 V로 변화시킨 경우, P_{st}

Fig.1 전압변동에 따른 플리커지수

Fig.1의 (a), (b)에서 보는 바와 같이 플리커지수는 전압변동폭이 크고 전압변동시간이 큰 경우일 수록 측정되는 플리커지수값이 크다는 것을 알 수 있다. 또한 (a), (b) 모두 단기플리커지수(P_{st}) 값이 1 이상의 값을 갖고, 이는 인간의 눈이 느낄 수 있는 범위에 속하게 된다.

2.3.2. 전압변화에 따른 조도변화

입력전원 220 V에서 219 V로 전압변동시간을 0.1 s(5 Hz)간격으로 변화시켰을 경우 백열전구와 3파장램프로부터 방출된 빛은 전자식 조도계의 신호값을 디지털화하면 Fig.2의 (a)와 (b)와 같이 측정된다.



(a) 백열전구

(b) 3파장램프

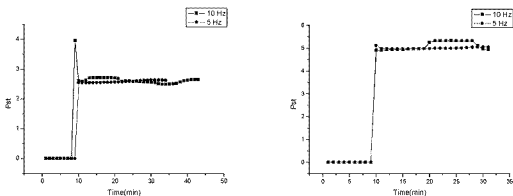
Fig.2 인가전압 변동에 따른 조도변화값

Fig.2에서 알 수 있듯이 전압변동에 대한 조도변화값을 조도계를 이용하여 측정하였을 경우, 백열

전구의 경우 필라멘트의 가열에 의한 저항열 발광이므로 인가된 교류전원의 변화에 매우 민감하게 반응하며, 3과장 형광램프는 백열전구에 비하여 교류전원의 변화에 덜 민감한 것을 알 수 있다. 또한 백열전구의 경우 필라멘트의 발광에 의한 빛을 발생하기 때문에 전압변화에 의한 필라멘트의 온도의 변화로 조도값의 변화가 3과장램프보다 심하다는 것을 알 수 있으며 시간의 경과에 따라 조도가 감소하는 것을 알 수 있다.

2.3.3. 전압변화에 따른 조도변화에 의한 플리커지수

Fig.1에서와 같이 전압의 변화에 의해 측정되는 플리커지수를 확인할 수 있었고 Fig.3, Fig.4는 백열전구와 3과장형광램프의 전압변화에 의해 변화되는 조도값에 의한 플리커지수를 측정한 것이다.

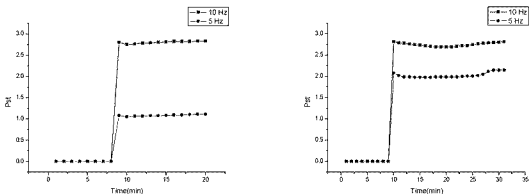


(a) 220 V에서 219 V로 변화시킨 경우, P_{st} (b) 220 V에서 218 V로 변화시킨 경우, P_{st}

Fig.3 전압변화에 의해 변화되는 백열등의 조도값에 의한 플리커지수

Fig.3, Fig.4에서 보는 경우와 같이 조도변화에 의한 플리커지수를 볼 때 백열전구의 경우가 3과장램프의 경우보다 변화의 크기가 더 크다는 것을 알 수 있다.

또한 전압값의 변화폭보다는 전압값의 변화시간(주파수)의 차이에 의한 변화의 차이가 더 크다는 것을 알 수 있으며 백열전구가 3과장램프보다 주파수의 영향을 크게 받는다는 것을 알 수 있다.



(a) 220 V에서 219 V로 변화시킨 경우, P_{st} (b) 220 V에서 219 V로 변화시킨 경우, P_{st}

Fig.4 전압변화에 의해 변화되는 3과장램프의 조도값에 의한 플리커지수

3. 결론

전동차로 인가되는 가선전압의 변화와 전동차 내부의 대용량 부하장치의 모터 구동에 의한 전압변동으로 인하여 전동차 내부의 전력품질의 변화를 일으킬 수 있다. 이 때 가장 민감하게 반응하는 부하로는 실내 전등부하를 들 수 있으며, 조명의 광플리커링을 발생한다. 이때 발생하는 광플리커링을 해석하는 것은 전동차 전력품질을 확인하는 한가지 방법으로 볼 수 있다. 본 논문에서는 광플리커링을 확인 할 수 있는 방법의 하나인 Flickermeter를 이용한 플리커지수 산출에 있어서 조도계를 이용한 플리커지수 산출의 활용가능성을 살펴보고, 전력품질의 저하를 모의하였을 때 조도변화에 따른 플리커지수값이 전압변화에 따른 플리커지수값보다 민감한 반응을 보인다는 것을 알 수 있었으며, 조도계를 이용하여 광플리커링을 파악하는 것은 전력품질을 확인하는 정량화수단의 가능성을 확인하였다.

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.
3. 김명봉(2003), "전동차 실내조명의 flickering 현상에 관한 연구", 한국철도학회.
4. 최영하(2004), "전동차의 전력품질 저하에 따른 광플리커현상에 관한 연구", 한국철도학회