

전압 파형에 따른 형광램프의 특성비교

(The characteristics of Fluorescent Lamp According to Voltage Waves)

노재엽* · 이진우 · 이영후 · 김순기

호서대학교 전기공학과

(Jae-yup No* · Chin-Woo Yi · Yong-Hoo Lee · Soon-Gi Kim)

Dept. of Electrical Eng. Hoseo Univ

요 약

본 논문은 입력전압 파형을 각각 같은 크기의 정현파, 구형파, 삼각파로 변화시켰을 때, 형광램프의 시동특성이 어떻게 달라지는 지에 대해 비교 설명한 논문이다. 구형파가 입력으로 주어질 때 램프의 시동특성은 현저하게 떨어져, 시동전압이 크게 상승하는 것을 볼 수 있었으며, 삼각파의 경우는 대체적으로 정현파 입력과 거의 동일한 특성을 나타냈다.

1. 서론

형광등은 백열등에 비하여 발광효율이 높아 가장 널리 사용되는 인공조명으로 부저항 특성으로 인하여 안정기를 필요로 한다. 안정기는 방전시 높은 전압을 만들고 방전 후의 전류제한 역할을 하는 것으로 현재까지 50~60[Hz]로 동작하는 자기식 안정기가 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 자기식 안정기는 부피가 크고 무거우며 깜박임과 가청잡음이 있고 큰 전력손실로 인한 낮은 효율 등의 단점을 가지고 있어 최근에는 전자식 안정기에 대한 연구가 많이 되고 있다[1].

형광등과 같은 저압 방전등용 전자식 안정기의 경우, 상당한 신뢰성을 바탕으로 이미 상용화되어 투입되고 있으나 전자식 안정기의 고주파 인버터에 매끄러운 직류링크 전압을 제공하기 위해서 상당히 큰 캐패시터와 함께 다이오드 브리지 정류기가 필요하다. 이러한 정류회로는 나쁜 역률과 심각한 고조파 왜곡을 야기하는 높은 입력전류가 불가피하게 생성된다[2].

본 논문에서는 램프의 입력전압에 고조파 성분이 포함되었을 때, 형광램프의 시동특성에 대해 실험한 것이다. 먼저 정현파 입력에 대한 램프특성을 기준으로 하여, 고조파를 포함하고 있는 구형파와 삼각파에 대해서 실험한 후 램프 점등시 2차전류

의 실효치를 푸우리에 전개식으로 전개하여 정현파의 2차 전류와 같아지기 위한 구형파와 삼각파의 고조파 차수의 한계를 구하였다.

2. 실험 및 결과

먼저, 함수발생기의 신호를 각각 정현파, 구형파, 삼각파로 하고 이 신호를 PAS 1000 증폭기를 이용하여 60[Hz], 220[V]의 실제 전압으로 증폭한 후 램프를 점등하였다. 이 때 정현파 교류의 측정치를 기준으로 하여 방전관의 저항 값을 구하고, 구형파와 삼각파의 2차전류의 실효값을 구하여 전류값이 정현파의 값과 같아지는 고조파 차수를 구하였다.

푸우리에 전개식에 의하면 구형파의 전압은 아래의 식 (1)과 같이

$$v(t) = \frac{4V}{\pi} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t \right. \\ \left. \dots \frac{1}{2n+1} \sin(2n+1)\omega t + \dots \right) \quad (1)$$

로 구할 수 있으며, 결국 이 전압은 다수의 정현파의 집합으로 볼 수 있으므로, 그의 등가 회로는 그림 1과 같이 된다[3].

한편, 삼각파의 경우에도 푸우리에 급수로 전개하면 아래의 식 (2)와 같이

$$v(t) = \frac{8V}{\pi^2} \left(\sin \omega t - \frac{1}{3^2} \sin 3\omega t + \frac{1}{5^2} \sin 5\omega t - \dots + \frac{(-1)^{n-1}}{(2n-1)^2} \sin(2n-1)\omega t + \dots \right) \quad (2)$$

로 구할 수 있다[4].

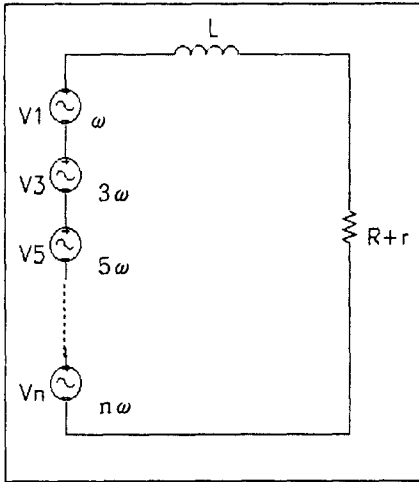
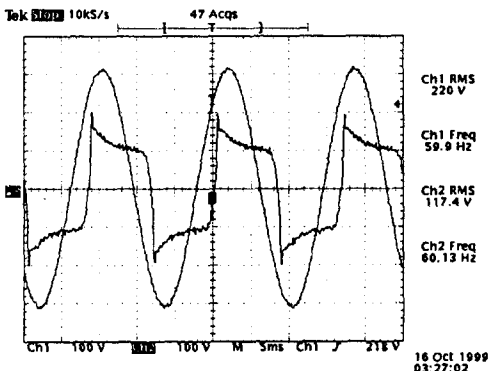


그림 1. 고조파 성분을 포함한 전원의 등가회로

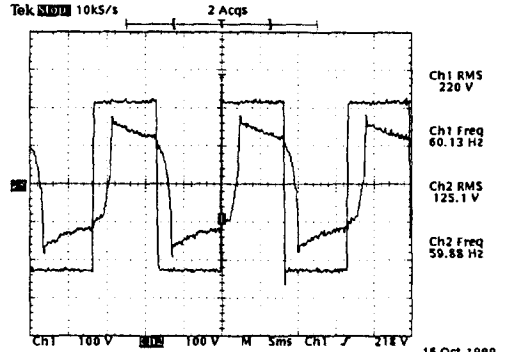
또한, 2차 전류의 각 고조파의 실효값 I_n 은

$$I_n = \frac{V_n}{\sqrt{(r+R)^2 + (n\omega L)^2}} \quad (3)$$

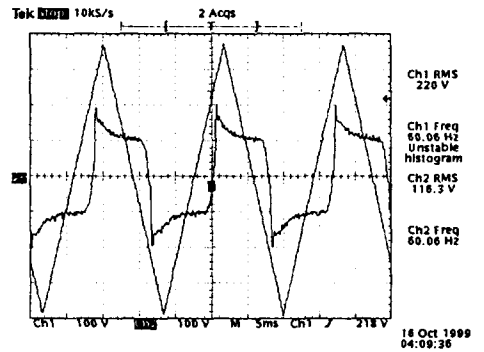
에 의해 구하여 각 고조파에 대한 2차 전류의 실효값의 합의 제곱근으로 전체 2차 전류의 실효값을 구하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 2. PAS 증폭기를 통한 각 파형의 입력 전압과 관 전압 파형

그림 2의 (a)(b)(c)는 함수발생기에서 나오는 정현파, 구형파, 삼각파의 입력전압을 PAS 1000 증폭기로 220[V], 60[Hz]의 실제 전압으로 증폭시킨 후, 점등후의 관 전압 파형과 비교한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 고조파 성분을 많이 포함하고 있는 구형파의 경우, 관 전압 파형이 다른 두 파형에 비해 일그러지고 있는 것을 볼 수 있다.

표 1은 각 입력 파형의 고조파 수에 대한 2차 전류의 데이터이다. 여기서 보는 바와 같이 정현파에 비하여 구형파의 2차전류값은 현저하게 낮아져 시동전압이 크게 높아지고 있음을 알 수 있으며, 이 때문에 정현파 전압과 같이 점등시키기 위해서는 같은 조건에서 주파수가 현저히 증가해야 하며, 관 전압 파형의 일그러짐이 다른 두 파형에 비해 두드러지게 나타나는 것을 볼 수 있다.

삼각파의 경우는 2차전류의 실효값이 거의 정

현파와 같은 시동전압을 유지하고 있음을 알 수 있으며 그림 3에서 이를 그래프로 나타내었다.

표 1. 각 입력 파형의 고조파 수에 대한 2차 전류

전 류	정현파[mA]	구형파[mA]	삼각파[mA]
기본파	395	0.3025752	0.3852676
3고조파		0.0566213	0.0240285
5고조파		0.0220655	0.0056191
7고조파		0.0115362	0.0020981
9고조파		0.0070507	0.0009974
11고조파		0.0047441	0.0005492
13고조파		0.0034067	0.0003337
15고조파		0.0025866	0.0002189
17고조파		0.0019996	0.0001497
19고조파		0.0016017	0.0001073
21고조파		0.0013124	0.0000795

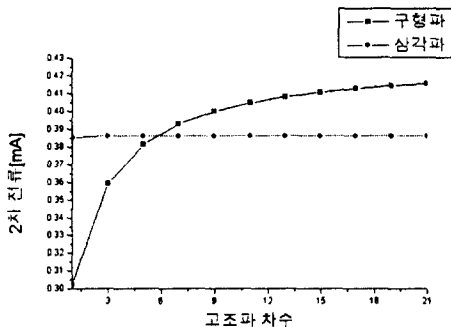


그림 3. 고조파 차수별 실효전류

3. 결론

본 연구에서는 고조파성분을 포함하고 있는 전원에 대한 램프의 시동특성에 대해서 살펴보았다. 위 실험에서 알아본 바와 같이 입력전원의 파형에 따라서 램프의 시동특성이 달라지는 것을 볼 수 있었다.

즉, 정현파와 같은 입력조건인 구형파로 램프를 점등시키는 것은 불가능하며, 점등을 위해서는 전

압 또는 주파수가 증가되어야만 한다. 또한, 정현파 경우의 2차전류와 같은 크기로 구형파 2차전류를 흘리기 위해서는 제 7고조파이상의 성분이 포함되어서는 안 된다.

삼각파의 경우는 구형파와는 달리 정현파 2차전류의 크기에는 미치지 못하지만 안정된 시동특성을 가지며 점등되었다.

이상의 결론으로부터 관에 걸리는 전류의 고조파 성분이 많아질수록 램프의 시동특성은 더 나빠지며, 램프의 수명이 줄어드는 원인이 된다.

참고 문헌

- [1] 류태하 외 3, “고성능 안정기에 적합한 공진형 인버터의 혼합형 구동방식과 제어 IC”, 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp2786, 1999.
- [2] 김종길 외1, “컴팩트 형광램프용 조도제어형 전자식 안정기의 설계와 해석”, 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp2792, 1999.
- [3] 문상일 외2, “전기회로 이론”, 연화사, pp194~195, 1998.
- [4] 이덕출 외3, “회로이론”, 동일출판사, pp384~388, 1994.