

FHF-32W 전자식 안정기의 회로해석에 관한연구

오 창록* 백 수현* 김 응* 김 일남* 정 일록* 류 종삼* 최 병인*
* 동국 대학교

Study on Circuit Analysis of FHF-32W Electronic Ballast

C.R.OH* S.H.BAEK* Y.KIM* I.N.KIM* I.R.JUNG* J.S.Ryu* B.I.CHOI*
* Dongguk University

Abstract - A paralld-loaded electronic ballast operating slightly above its resonant frequency is selected because of the high voltage gains. It is shown that the ballast can be designed to operate under Zero Voltage Switching(ZVS) conditions. Pspice simulation is useful in predicting the waveforms and rms of lamp voltage and current.

1. 서 론

형광등은 백열등보다 크고, 부가적인 구동장치를 필요로 하지만 전기적인 입력에 대한 높은 효율때문에 널리 이용되고 있다. 기존의 형광램프는 40W와 34W형광 램프가 조명시장에서 주류를 이루었으나, 최근에는 FHF(Flourescent High Frequency)-32W램프가 각광을 받고 있다. 형광램프는 램프전류가 증가하면 램프양단 전압은 오히려 감소하는 부성저항 특성이 존재한다. 따라서 부성저항 특성으로 인하여 점등이 불안정 해지거나 램프가 파손될 수 있으므로 점등시에는 전류 제한 장치를 연결함으로써 방전개시후의 램프전류를 제한하는데 이 장치를 안정기(Ballast)라한다. 기본적으로 형광등용 안정기는 기본적으로 두가지의 기능을 가지고 있다 [1][2]. 첫째, 램프를 점등하기 위해서 필요한 방전 전압을 제공하여, 램프가 점등하는 동안에 전류를 제한하도록 한다. 둘째, 램프점등시 램프의 전극을 가열시키기 위한 전압을 공급한다. 기존의 자기식 안정기는 전자식 안정기에 비해 에너지 손실이 크므로 더이상의 실용적인 가치가 없으므로, 최근에는 소용량, 고효율 및 장시간 램프의 수명을 유지할 수 있는 전자식 안정기를 필요로 하고 있다[2]. 전자식 안정기는 수십 kHz로 램프를 구동 시키게 되므로 기존의 60Hz 자기식 안정기에 비하여 광효율이 10%-20%정도가 증가하며 같은 광출력에 대해서도 20-25%정도의 에너지를 절약할 수 있다[3][4]. 또한 점등전압은 주파수가 증가함에 따라서 감소하

고, 인덕터와 커패시터의 크기도 감소한다[5]. 또한 120Hz마다 생기는 빛의 깜박임과 노이즈를 억제할수 있는 등의 여러 가지 장점을 지니고 있다. 본 논문에서는 공진주파수 보다 약간 높은 주파수로 스위칭을 하는 병렬 부하 공진을 이용하여 최근 많이 채용하고 있는 32W-FHF형광램프에 적합한 안정기를 제안하고, Pspice 통한 시뮬레이션을 통한 FHF-32W형광램프의 전기적인 특성을 모델링하여 근사적으로 나타내고 전력, 전압, 전류의 변화에 따른 특성을 실험을 통하여 입증하고자한다.

2. 본 론

2.1 병렬부하공진

그림(1)은 병렬 부하 공진형 안정기의 정상 상태에 대한 등가회로이며, 근사적인 부하 저항을 인덕턴스와 커패시터에 병렬로 연결된 형태로 전달할수는 식(1)과 같이 나타낼 수있다[5].

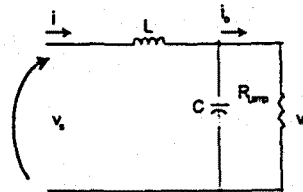


그림 1 병렬 부하 공진회로

Fig.1 Circuit of PLR (Parallel-loaded Resonant)

$$r(\omega) = \frac{v_o(\omega)}{v_s(\omega)} = \frac{1}{\sqrt{[1 - (\omega/\omega_0)^2]^2 + [\omega/\omega_0 \cdot Q]^2}} \quad (1)$$

정상상태에서의 회로방정식은 식(2)와 같이 표현할수 있다.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1/L \\ 1/C & -1/RC \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_L \\ V_C \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} V_s \quad (2)$$

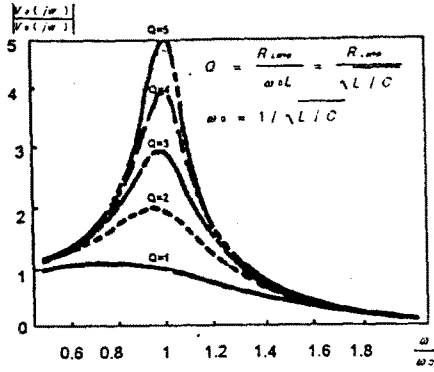


그림 2 병렬 부하 공진 회로의 주파수 특성
Fig.2 Frequency Characteristics of The Parallel-Loaded Resonant circuit

그림(2)는 병렬 부하공진회로의 주파수 특성을 나타내고 있다. 형광 램프는 기동시 내부 저항이 크게 되며, 정상상태에서는 작은 저항으로 가변되어서 공진 주파수 동안은 부하에 의존하는 특성을 가진다. 그림(2)와 같이 보는것 처럼 PLR기법은 ω_0 근처에서 부하에 따라 전압의 이득이 감소한다. 큰 전압 이득은 ω_0 근처에서 가능하게 된다.

전압이득 Q는 R_{Lamp} 에 비례하기 때문에 ω_0 근처에서 높은 저항 부하에 대해서는 높은 출력 전압을 제공하고, 낮은 저항 부하에 대해 낮은 출력 전압을 제공한다. PLR은 램프가 기동할 때 (높은 저항) 필요한 전압 이득을 제공하기 때문에 램프가 이온화될 때(낮은 저항) 비교적 낮은 전압을 공급하기 때문에 램프를 점등시키기 위한 승압 변압기가 필요 없다. 이 기법의 하나의 단점은 입력 전류가 커패시터와 부하에 병렬로 흐르기 때문에 부하 전류가 작다. PLR 인버터는 ω_0 근처에서 부하 의존적인 특성 때문에 형광등용 안정기로서 가장 적절한 기법이다. $\omega > \omega_0$ 에서 운전시 스위칭 손실은 턴 온, 턴 오프 에 의해 제한받고 스너버(Suubber)가 요구되지 않으며, 고속 회복 다이오드도 필요하지 않다. 효율과 저가격을 위해서 전자식 안정기는 ω_0 이상에서 동작을 위해 설계되는 것이다. 회로 부하는 광범위한 범위(점등시 높은 저항, 기동시 낮은 저항)를 가지고 있기 때문에 모든 시간에서 영전압 스위칭(zero-voltage switching)을 확실하게 해야 한다. 영전압스위칭 주파수는 $\omega > \omega_0$ 에서 가능하다. 요구되는 스위칭 주파수 ω 는 무손실 스위칭을 확실하게 하기 위해서 두배 이상이 되어야 한다. 인버터의 동작 주파수를 변화함으로써 출력전압을

제어할 수 있다.

2.2 제안된회로

그림(3)은 주 전력회로이며 영전압스위칭을 하기 위한 커패시터 $C_{s+}(=C1)$ 와 $C_{s-}(=C2)$ 를 구하기 위하여 근사적인 주전력회로 나타내고 있다. 부하 전류 I_0 는 수식(3),(4)로 표현할 수 있다.

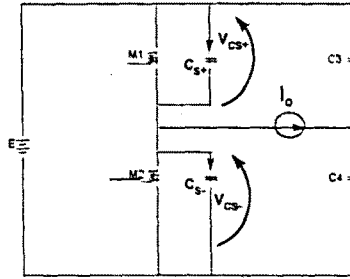


그림 3 제안된 병렬부하 공진형 회로
Fig.3 The Proposed PLR Circuit

$$I_o = C_s - \frac{VC_s}{\Delta T} - C_s + \frac{VC_{s+}}{\Delta T} \quad (3)$$

$$I_o = 2C_s + \frac{VC_{s+}}{\Delta T} \quad (4)$$

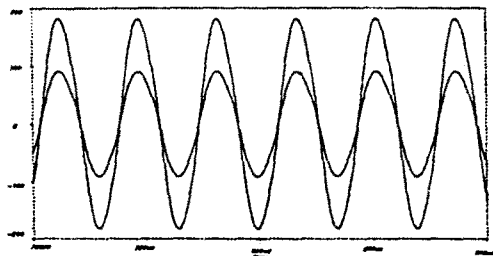


그림 4 시뮬레이션에 의한 램프전류와 전압파형
Fig.4 Simulated WaveForm of Lamp Voltage and Current(100v/div,0.4A/div)

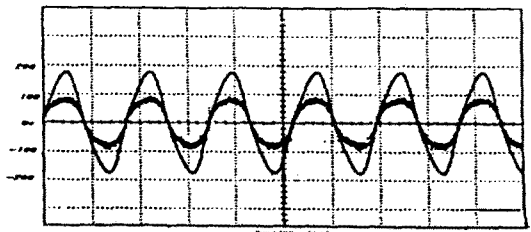


그림 5 실험에 의한 램프전류, 전압파형
Fig.5 Experimental WaveForm of Lamp Voltage and Current (100v/div, 0.3A/div)

그림(4)과 그림(5)는 램프의 전류와 전압을 Pspice시뮬레이션과 실험결과 에서 얻은 파형이다. 동일한 전압과 전류가 동일한 크기의 정현파를 얻

을 수 있고, 실험적으로 10kHz 이상의 고주파에서 램프의 전압과 전류 파형이 동상이다.

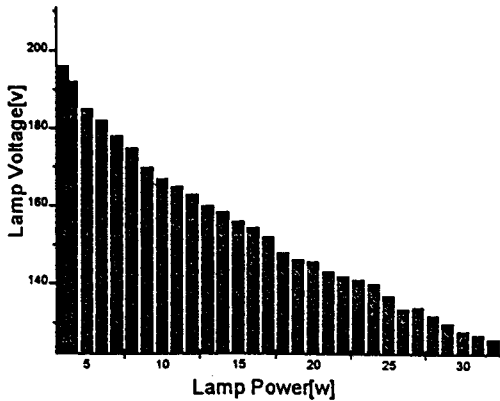


그림 6 램프전압과 전력
Fig.6 Lamp Power versus Lamp Voltage

그림(6) 램프의 전압이 증가함에 따라서 램프의 전력 오히려 감소한다. 램프전압을 램프전력에 대한 함수로 표현하면 $V(P)=193-2.25P$ 로 나타낼수 있다.

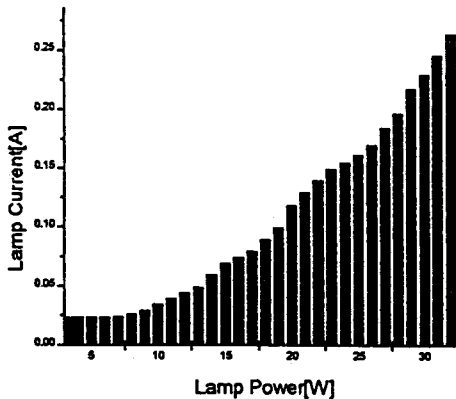


그림 7 램프전류와 전력
Fig.7 Lamp Power Versus Lamp Current

그림(7)은 램프의 전류가 증가함에 따라서 램프전력은 비선형적으로 증가한다. 2차다항식으로 램프전류를 램프전력 대한 함수로 표현하면 $I(P) = 0.0155 - 0.000196P + 0.0002462P^2$ 로 나타낼수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 형광 램프의 동적인 변화에 따른 전압을 가변시키기 위해서 병렬 부하 공진기법을 이용하였다. 이 기법으로부터, 전압과 전류의 변화에 따른 램프의 출력을 수식적으로 모델링 하였으며, 이로 부터 램프의 등가저항을 계산하였다. 또한 정상상태에 대한 램프의 특성을 분석하기 위하여 Pspice로 시뮬레이션 하였으며, 이 결과와 실험 결

과를 비교, 분석하여 본 기법의 타당성을 입증할 수 있었다. 앞으로, 안정기의 역률과 파고율 등이 분석 가능하고, 형광램프의 과도특성 해석을 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1]Melvin c. cosby,Jr and Rom.Nelms, A Resonant Inverter for Electronic Ballast Applications,IEEE Transactions on Industrial Electronics,Vol.41,No.4,pp418-425,August 1994.
- [2]NLPPIP Specifier Reports Abstract Electronic Ballasts volume2 Number3 May 1994.
- [3]R.Verderber Electronic ballast improves efficiency Elec. Consultant, vol.60 pp.22-26, Nov/Dec.1980
- [4]E.E.Hammer, High frequency characteristics of flouresnt lamps to 500kHz, J.Illuminating Eng.Soc.,pp.52-61,Winter 1987
- [5]R.L.Steigerwald, A comparison of half-bridge resonant convertor topolgies IEEE Trans.Power Electron. vol.3,no2,pp.174-182 Apr.1988