

전자식 안정기의 출력반도체 온도에 따른  
주파수 가변회로 설계

최명호\* 임성훈\* 오성근\*\* 한병성\*  
전북대 전자정보공학부\* 전주공업대 전기과\*\*

Design of Variouable Frequency Driver with  
Semiconductor Switch Temperature for Electronic Ballast

Myoung-ho Choi\* Sung-hun Lim\* Seong-keun Oh\*\* Byung-sung Han\*  
Faculty of Elec. and Inform. Eng. Chonbuk Univ.\* Dept. of Elec. Jeonju Industrial Coll.\*\*

**Abstract** - Many electronic ballasts for low pressure discharge lamps as fluorescent lamps are produced and commercialized. However, the electronic ballasts for high pressure lamps are now in progress to because of poor reliability and high cost of production. To obtain the confidence of electronic ballasts, it is necessary to prolong the life time of output switches. A variable frequency driver for inverter switches that can control the magnitude of output current with temperature of switches was designed and simulated. A conditions for circuit design are 22kHz : standard frequency, 100°C: standard temperature,  $I_{peak}$  : 0.76A, and  $V_{peak}$  : 184V, respectively. By simulation, as the temperature exceed a standard temperature, the frequency was increased up to 40kHz. However, the current and voltage that flow through switches were decreased to 0.507A and 121V at 150°C, respectively.

1. 서 론

최근 조명에 사용되는 전력에너지 절감을 위하여 램프의 봉입물질이나 구조개선을 통한 효율개선, 자동조도 조절장치등 조명의 적절한 제어를 통한 전력절감, 그리고 등기구의 개선 등 여러 가지 여러 방안이 제안되고 있다. 특히 방전등의 경우 등기구의 개선중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 것은 주로 안정기분야로서 기존의 자기식 안정기의 손실중 대부분을 차지하는 동손과 철손을 감소시키기 위한 전자식 안정기의 도입이 요구되고 있다. 형광등과 같은 저압방전등용 안정기의 경우 상당한 신뢰성을 바탕으로 이미 상용화되어 투입되고 있으나 고압나트륨등과 같은 고압방전등용은 상대적으로 빈약한 신뢰성 및 높은 생산단가로 인하여 실제 투입되지 못하고 이를 개선하기 위하여 연구되고 있는 중이다.<sup>(1)</sup>

일반적으로 전자식 안정기의 사고원인 분석결과는 전원으로부터 유입되는 높은 임펄스 전압이나 출력 전류·전압증가에 의한 출력용 트랜지스터의 파괴가 대부분을 차지하고 있다. 현재까지 개발된 대부분의 고압방전등용 전자식 안정기는 신뢰도가 낮아 실제 채택이 되지 못하고 있으며 그 이유는 고주파전압 및 상당한 수준의 전류가 반도체소자에 계속적으로 인가되어 저형열이 발생, 열화(degradation)에 의하여 온도부저항 특성을 보이는 출력반도체 소자의 수명이 급격히 단축되거나 파괴되기 때문이다.<sup>(2)</sup> 그러므로 입력전원으로부터 임펄스 전압이나 출력 전류·전압증가에 의한 출력용 트랜지스터 보호를 위한 보호회로 기술개발은 현재 대부분의 전자식안정기의 문제점인 신뢰도에 큰 영향을 미친다. 따라서 전자식안정기의 실투입을 위해서는 출력스위칭용 반도체가 정상적으로 장시간 동작하여야 함이 선결조건이며 가장 어려움이 큰 부분이다.

본 연구에서는 전자식안정기에 방전램프 점등유지용 고주파 전류의 주파수 가변회로를 추가, 온도변화에 따

라 주파수를 변환시켜 임피던스 값을 변환시킬 수 있는 출력반도체를 보호하고자 하였다. 반도체 온도상승으로 인한 출력전류의 증가를 정격으로 유지시켜 출력변환용 반도체를 보호하기 위한 가변주파수 구동회로를 연구, 모의실험을 통하여 타당성을 증명하였다.

2. 주 파 수 가 변 회 로 설 계

2.1 메탈할라이드램프용 전자식 안정기

본 논문의 실험을 위하여 그림 1과 같은 전자식 안정기를 설계하였으며 정상점등상태에서 온도변화에 따른 주파수 가변 회로를 관찰하므로 시동회로는 무시하였다. 램프 출력단 변압기에 교류구형파를 인가하기 위한 인버터회로가 접속되어 있으며 정류회로는 리플을을 감소시키기 위하여 전파 브릿지정류회로를 구성하였으며 고주파변환을 위한 스위칭인버터로 풀브릿지 인버터를 설계하였다. 특히 전형적인 풀브릿지 인버터에 스너버회로를 추가하여 과전압이나 과전류로부터 인버터 회로 보호, EMI, 그리고 역류방지용 다이오드의 2차항복을 방지하도록 설계하였다. 인버터에 사용된 출력스위치는 22KHz 이상의 고주파가 인가되므로 고주파스위칭이 가능한 전력용 BJT(FE 2SC2625 :허용전류 100A, 허용전압:10KV, 최대 스위칭 주파수 : 60KHz)를 사용하였다.

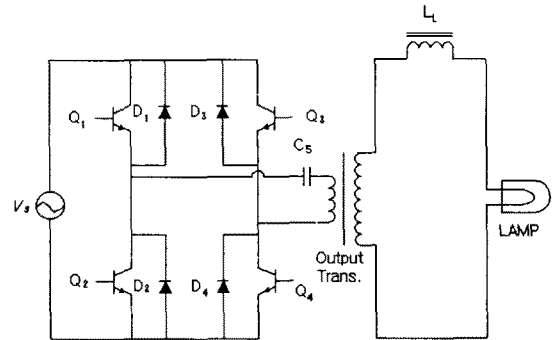


그림 1. 전자식 안정기의 기본회로  
Fig. 1. Basic circuit diagram an electronic ballast

2.2 주파수 가 변 회 로의 구성

출력반도체에 고주파 전압과 전류가 인가되면 스위칭손실에 의한 전력의 소비가 뒤따르게 되며 스위치에서 손실되는 전력에너지는 주로 열손실에 의하여 소비된다. 기준이상으로 반도체 스위치에 열손실이 발생시 스위치 열화의 주요한 원인이 되며 반도체의 온도 부저항특성에 의하여 반도체스위치의 이득특성이 변화하는등 여러 가

지 영향을 미친다. 결과적으로 출력스위치의 수명이 단축되어 안정기의 수명 또한 단축된다. 따라서 출력전류를 일정하게 제어하고자 출력스위치에 온도센서를 투입하였고 온도의 변화에 따라 센서의 출력전압이 가변된다. 가변된 출력전압은 전압-주파수컨버터(voltage to frequency converter)에 의하여 주파수 변환되어 인버터의 반도체스위치에 투입된다. 그림 2는 주파수 가변회로와 전자식안정기가 결합된 구성도를 나타내고 있다.

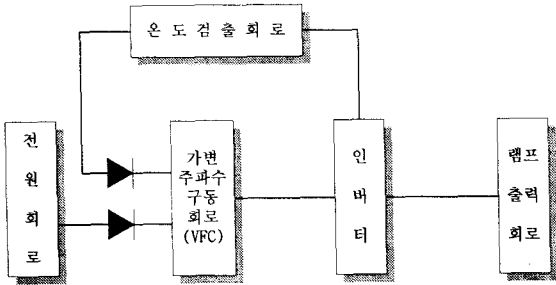


그림 2. 주파수 가변회로와 결합된 전자식 안정기의 구성도  
Fig. 2. Diagram of an electronic ballast coupled with variable frequency driver

주파수의 변환에 따라 램프출력측 인덕터의 임피던스를 변환시키게 되고 임피던스의 변화량은 식 (1)에 의하여 결정된다.

$$Z = 2\pi fL \text{ ----- (1)}$$

- 단)  $\pi = 3.141592\dots$   
 $f$  = 주파수 (Hz)  
 $L$  = 인덕턴스 (H)

주파수 변환에 따른 인덕터의 임피던스량의 변화는 표 1과 같다.

표 1. 주파수에 따른 임피던스 변화  
Table1. A variation of impedance according to frequency (L=2mH)

Frequency (kHz)	20	22	25	30	35	40
Impedance ( $\Omega$ )	251	276	314	377	440	503

출력스위치의 온도를 검출하기 위하여 반도체 IC센서(LM35A)를 사용하였으며  $-55^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 이내의 동작 범위를 갖는다. 센서의 일반적 제원은 표 2와 같다.

검출된 온도를 토대로 주파수를 변환하는 장치로는 일체형 모노리직 VFC를 사용하였다. 기준온도를  $100^{\circ}\text{C}$ 로 정하였으며 이는 전력용 트랜지스터 운용상 최대 허용 보온온도보다  $50^{\circ}\text{C}$ 가 낮은 값으로 장시간 사용되는 점을 고려하여 반도체스위치의 수명향상을 위한 안정적인 범위로 설정하였다.<sup>(3-4)</sup> VFC의 동작범위를 결정하기 위한 설계기준을 표 3에 나타내었다.

표 2와 표 3은 출력용 반도체 스위치에 방열판을 사용하지 않는 조건에서 주위온도  $25^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 정해진 값이며 복사 및 안정기 내부의 대류에 의한 열전달은 고려하지 않았다. 이러한 조건을 기준으로 출력반도체의 온도에 따른 주파수 가변회로를 그림 3과 같이 설계하였다.

표 2. 반도체 온도센서의 특성

Table2. A characteristics of Semiconductor sensor

구분	동작 온도	센서 이득	출력 전압	정밀도 ( $T_a = 25^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ )
범위	$-55^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$	$+10.0(\pm 0.1)$ mV/ $^{\circ}\text{C}$	$-1.0\text{V} \sim +6\text{V}$	$\pm 0.2^{\circ}\text{C} \sim 1.0^{\circ}\text{C}$

표 3. VFC의 설정조건

Table3. Set up condition of VFC

구분	기준입력전압 ( $T=100^{\circ}\text{C}$ )	기준주파수 ( $T=100^{\circ}\text{C}$ )	주파수 가변범위	주파수 가변율
범위	3.0V	22kHz	22kHz ~ 40kHz	5kHz/V

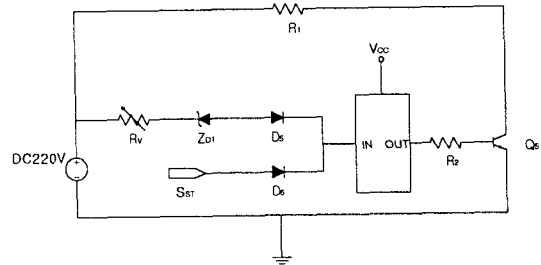


그림 3. 주파수 가변회로

Fig. 3. Circuit of an variable frequency driver

VFC의 입력단은 정류된 220V의 전압과 온도센서의 출력전압이  $D_5$ ,  $D_6$ 를 통하여 인가될수 있도록 접속되어 있다.  $D_5$ ,  $D_6$ 의 출력전압중 높은 출력전압이 발생하는 다이오드는 나머지 다른쪽의 다이오드를 강제로 턴오프시켜 한쪽의 전압만이 출력된다. 정류된 220V의 전압은 정전압다이오드  $Z_{D1}$ 을 이용하여 3V의 정전압이 출력된다. 출력반도체의 온도가 기준 설정온도인  $100^{\circ}\text{C}$ 를 초과하게 되면 온도센서  $S_{ST}$ 에서 3V 이상의 출력전압이 발생하여  $D_6$ 를 통하여 출력되고  $D_5$ 는 역전압이 인가되어 강제로 턴오프된다. 따라서 온도센서에 의한 출력전압만이 VFC에 인가된다. 주파수 변환된 VFC출력전압은  $R_1$ 을 통하여  $Q_s$ 에서 증폭된 후 인버터스위치에 변환된 제어신호로 투입된다.

### 3. 모 의 실 험

설계된 주파수 가변회로를 안정기와 결합하여 P-spice를 이용한 모의실험을 행하였다. 실험조건은 완전 점등상태 만을 고려하였으며 출력반도체 스위치의 온도를  $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 까지 변화시키면서 인버터의 출력주파수 변화 및 램프에 인가되는 출력전류를 측정하였다.

표 4. 주파수에 따른 출력값의 변화

Table4. A variation of output current and voltage according to frequency (L=2mH)

Frequency (kHz)	22	25	30	35	40
Voltage ( $V_{\text{peak}}$ )	187	172	152	137	121
Current ( $A_{\text{peak}}$ )	0.766	0.708	0.623	0.549	0.507

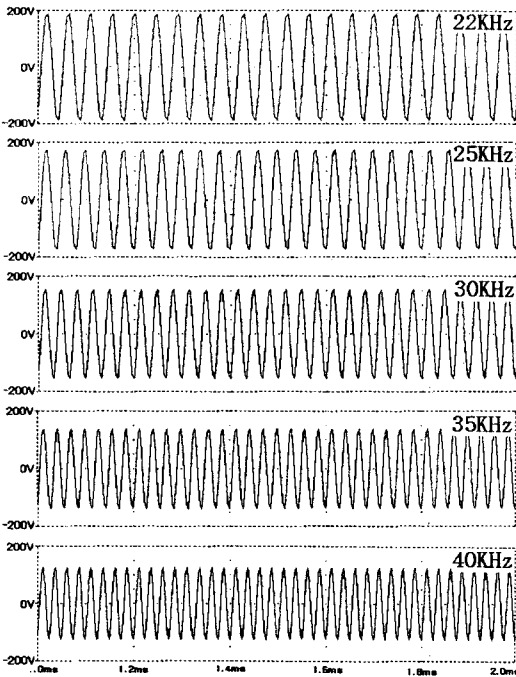


그림 4. 주파수변화에 따른 램프입력전압 파형  
 Fig. 4. Waveform of input voltage according to frequency variation

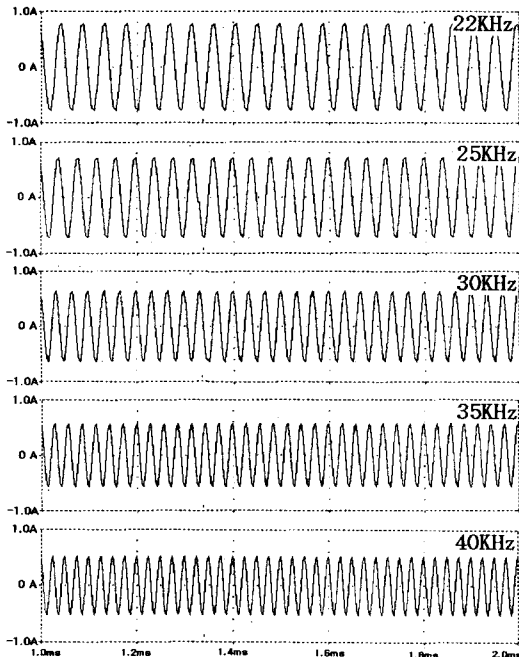


그림 5. 주파수변화에 따른 램프입력전류 파형  
 Fig. 5. Waveform of input current according to frequency variation

그림 4는 모의실험 결과 인버터의 출력전압의 주파수 변화에 따른 램프입력전압을 나타내고 있으며, 그림 5는 인버터 출력전압의 주파수 변화에 따른 입력전류의 변화를 나타내고 있다. 표 4는 주파수 변환에 따른 출력값의 변화를 나타내고 있다.

#### 4. 결 론

출력반도체를 보호하여 전자식안정기의 수명을 향상시키기 위한 방안으로 스위치에 흐르는 전류를 제어하고자 하였다. 인버터스위치를 통하여 램프에 인가되는 전류를 제어하기 위한 방법으로 주파수변환을 통한 인덕터의 임피던스 변환방식을 제안하였으며 P-spice를 이용한 모의실험으로서 그 타당성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 인버터부의 반도체 스위치는 100℃~150℃의 범위로 설정하였으며 100℃이상의 온도에서 온도센서의 출력전압에 의하여 22~40kHz범위로 주파수가 변환되도록 설정하였다.
- 2) 주파수변환은 22kHz~40kHz범위로 설정하였으며 주파수에 따른 램프입력전압( $V_{peak}$ )은 인덕터의 임피던스 변화에 의하여 187~121V범위에서 가변된다.
- 3) 임피던스값에 따른 램프입력전류는 0.766A~0.507A로 감소하고 있으며 온도의 증가에 따라 전류가 감소, 스위칭 손실을 감소시켜 반도체의 온도가 기준치로 떨어질때까지 계속 저전류를 인가한다.

이상의 스위치 보호회로는 온도에 따라 스위치를 도통하는 전력을 낮춤으로서 소기의 목적을 이룰 수 있으나 과도하게 전류가 강하되었을 때 방전관내부의 방전상태가 불안정하여질 수 있고, 몇가지 방전등은 음향적공명 현상을 고려하여 점등주파수가 제한되므로 이에따른 연구가 계속되어야 한다.

#### ( 참 고 문 헌 )

- [1] 中道 昌夫, 井原 實, "HID 램프 조명기구의 전자적 기술의 경향", J. Illum. Eng. Inst. Jpn Vol. 77 No. 5, pp. 233~237, 1993
- [2] 神谷 明宏, "光源별 點燈回路", J. Illum. Eng. Inst. Jpn Vol. 80 No. 8B, pp.586~592, 1996
- [3] D. Finney, The power thyristor and its application, Mc-Graw Hill, pp.13~14,1984
- [4] N. Mohan, T.M.Underland, and W.P.Robbins, Power Electronics -Converters, Applications, and Design, Wiley, pp.665~681,1995