

## 주위온도를 고려한 트리플형 콤팩트 형광램프용 전자식 안정기의 최적 설계

송상빈<sup>o</sup>, 곽재영, 여인선

전남대학교 공과대학 전기공학과

The optimal design of electronic ballasts for triple-type compact fluorescent lamps considering variation of ambient temperatures

Sang-Bin Song<sup>o</sup>, Jae-Young Gwark, In-Seon Yeo

Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University

### <Abstract>

This paper investigates the optimal design of an electronic ballast of half bridge inverter type in consideration of the variation of ambient temperatures for a 15[W] triple-type compact fluorescent lamp.

The performances of electronic ballasts under different values of the capacitance ratio in the resonant tank circuit are compared with each other in the practical temperature range between 15[°C] and 35[°C] to determine its optimum value.

As a result, the optimum value is found to be such that  $C_1/C_2=10$  at which value starting of the lamp is most stable and light output reaches its maximum value with lowest variation.

### 1. 서 론

최근 사용이 점차 증가하고 있는 콤팩트 형광램프, 특히 전구식 형광램프는 주위온도, 램프점등위치 등에 많은 영향을 받음으로써 사용상 많은 제약을 받고 있다. 따라서 콤팩트 형광램프용 전자식 안정기의 설계단계에서부터 이러한 온도특성을 고려할 필요가 있다.<sup>[1][2]</sup>

본 논문은 PSpice 시뮬레이션을 수행하여 안정기내 인버터부의 회로정수 값을 구하여 15[W] 콤팩트 형광램프용 하프브리지 인버터 형식의 전자식 안정기를 제작하였으며, 제작된 안정기를 사용하여 주위온도를 변화시켰을 때 시동 및 광출력 특성을 측정·비교하고 주파수제어를 통한 온도보상이 최적인 인버터 회로내의 커페시턴스 비를 구하고자 하였다.

### 2. 온도특성을 고려한 전자식 안정기의 설계 이론

콤팩트 형광램프는 직관형보다 관벽부하가 커지고 열용량이 작아지며 열방산이 나빠지므로 발광관의 온도가 상승하여 방사효율이 낮아지기 때문에, 안정기의 설계에 있어서 온

도특성을 고려할 필요가 있다.<sup>[3]</sup>

### 2.1 전자식 안정기의 등가회로

그림 1은 하프브리지 공진형 인버터 방식의 전자식 안정기의 기본 회로도이다.  $S_1$ 과  $S_2$ 는 스위칭 소자이며 주파수 변환장치를 수반하여 온도보상을 위한 주파수제어를 할 수 있으며, 커페시터  $C_1/C_2$ 값을 조절함으로써 시동특성 및 광출력 특성을 조절할 수 있다.

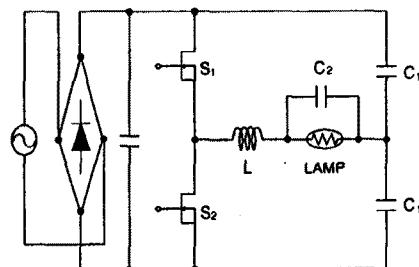


그림 1. 형광램프용 전자식 안정기의 기본 회로도

이러한 전자식 안정기의 해석을 용이하게 하기 위하여, 램프를 등가회로로 치환하여 인버터부를  $R_{lamp}$ - $L$ - $C_1$ - $C_2$  인 등가회로로 변환하였다. 여기서 등가회항( $R_{lamp}$ )은 램프의 최냉부 온도에 따라서 변화한다.

이 등가회로에서 인버터부의 특성을 파악하기 위하여 전압이득 식을 다음과 같이 표현할 수 있다.

#### ① 램프 시동시

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left( C_S - C_S \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right)^2 + Q^2 \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \left( \frac{1}{1+C_R} \right) \left( \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)^2}} \quad (1)$$

$$\text{단, } \frac{C_1}{C_2} = C_R, \quad 1 + \frac{C_2}{C_1} = C_S, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{\omega_0 L}{R_{lamp}}$$

## ② 램프 접등-중

$$\left| \frac{V_o(j\omega)}{V_i(j\omega)} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left( \left( 1 + \frac{1}{C_R} \right) - \frac{1}{C_R} \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \right)^2 + Q^2 \left( \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} \dots\dots\dots(2)$$

단,  $\frac{C_1}{C_2} = C_R$ ,  $\omega_0 = \sqrt{LC_1}$ ,  $Q = \frac{\omega_0 L}{R_{lamp}}$

## 2.3 온도에 따른 전압이득특성

램프가 접등-중일 때인 식(2)를 이용하여 주위온도에 따른 등가회로의 전압이득곡선과 온도보상을 위하여 주파수 변화에 따른 등가회로의 전압이득곡선을 분석하였다.

그림 2는 온도의 변화에 따른 등가저항  $R_{lamp}$ 가 변화하면, 즉  $Q$ 값이 변화하면  $C_1/C_2$ 값이 1~10일 경우에 출력전압의 변동이 심하고  $C_1/C_2$ 값이 10이상일 때가 변동이 적음으로 알 수 있다.

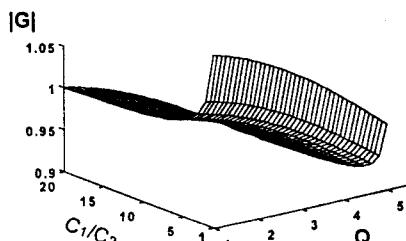


그림 2.  $C_1/C_2$ 값과  $Q$ 값 변화시의 전압이득곡선( $\omega/\omega_0=1.05$ )

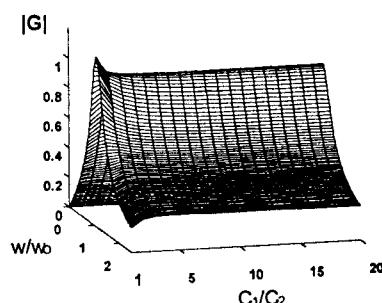


그림 3.  $C_1/C_2$ 값과 주파수의 변화시 전압이득곡선( $Q=2$ )

또한, 그림 3은 주파수를 제어를 통하여 온도 보상할 경우를 전압이득식으로 구한 것으로,  $Q$ 값을 2로 고정시키고 동작주파수를 변화시켜 온도보상을 할 경우의 전압이득곡선을 나타낸 그림으로  $C_1/C_2$ 값이 10이상일 때가 온도보상이 용이함을 알 수 있다.

## 3. PSpice 시뮬레이션

전자식 안정기회로의  $C_1/C_2$ 값에 따른 회로정수를 결정하기 위하여, 먼저 15[W] 트리플형 콤팩트 형광램프가 최대

로 발광할 때의 램프전압 및 전류값을 측정하여 램프의 등가저항( $R_{lamp}$ )을 구하였다.

이렇게 구한  $R_{lamp}$ 값(364[ $\Omega$ ]), 공진주파수(55[kHz])와 1~5까지 변화시킨  $Q$ 값을 식(1)에 대입하여, 각  $C_1/C_2$ 값에 따른  $L$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ 를 구하였다. 이 회로정수와 공진주파수의 1.05배가 되는 동작주파수를 57[kHz]로 하여 PSpice 시뮬레이션을 행한 결과, 표 1과 같은 최적의  $Q$ 값과 각각의 회로정수를 얻을 수 있었다.

표 1. PSpice 시뮬레이션에 의해 결정된 회로정수

$C_1/C_2$	$Q$	$L[mH]$	$C_1[nF]$	$C_2[nF]$
2	2.18	2.29	11.0	5.48
5	2.03	2.13	23.6	4.71
10	1.95	2.05	44.9	4.48
20	1.93	2.03	86.7	4.34

## 4. 실험 결과 및 고찰

시뮬레이션 결과로 얻어진 회로정수와 동작주파수를 57[kHz]로 하여 각각의  $C_1/C_2$ 값에 따른 전자식 안정기를 설계하였다.

설계된 각각의 안정기를 이용하여 실제 사용공간인 실험실(폭4.0[m], 길이6.5[m], 높이 2.6[m])내에서 램프의 시동 및 광출력 특성을 측정하였고, 항온조(폭45[cm], 길이90[cm], 높이70[cm])에서 인버터부의 주파수 제어를 통한 온도보상을 행하였다.

### 4.1 콤팩트 형광램프의 시동 및 광출력 특성

$C_1/C_2=10$ 에 대한 시동특성을 그림 4에 나타냈으며, 직관형 램프의 최적 주위온도( $25^{\circ}\text{C}$ )보다 높은 온도에서는 빠르게 최대광출력에 도달한 다음 큰 폭으로 광출력이 떨어지면서 정상상태에 도달하고, 그 보다 낮은 온도에서는 비교적 느리게 최대 광출력에 도달하지만 적은 변동폭으로 정상상태에 도달함을 보이고 있다. 이 사실로부터 주위온도가  $25^{\circ}\text{C}$ 이상일 경우에 콤팩트램프는 직관형보다 그 특성이 매우 나빠짐을 알 수 있다.

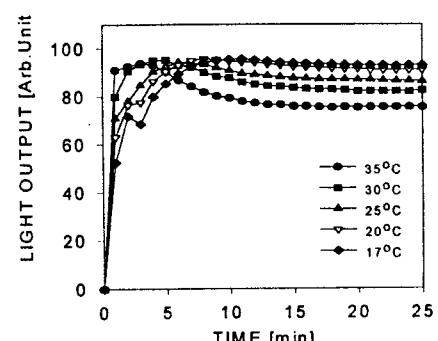


그림 4. 주위온도에 따른 콤팩트 램프 시동특성( $C_1/C_2=10$ )

표 2는 실험실내에서 주변온도에 따른  $C_1/C_2$ 값 변화시의 램프 특성을 나타낸 것으로  $C_1/C_2=2$ 일 때는 전체적으로 점등이 불안하며 광출력이 상대적으로 낮고,  $C_1/C_2=5$ 일 경우는 광출력은 높으나 주위온도에 따른 광출력의 변화폭이 크다. 반면,  $C_1/C_2=10, 20$ 일 경우는 비교적 양호한 광출력을 나타내고 있다. 또한 발광효율은  $C_1/C_2=10, 20$ 일 경우가 효율이 가장 높고  $C_1/C_2=2$ 는 가장 효율이 나쁨을 보이고 있다.

표 2. 주위온도에 따른  $C_1/C_2$ 값 변화시 램프특성

주위 온도 [°C]	$C_1/C_2$	램프전압 [V]	램프전류 [A]	광출력 [%] <sup>1)</sup>	발광효율 [%] <sup>1)</sup>
17	2	72.6	0.217	104	95.5
	5	73.3	0.219	109	99.8
	10	73.9	0.209	108	99.6
	20	73.9	0.208	109	100
20	2	71.5	0.221	101	94.5
	5	71.2	0.218	106	98.8
	10	71.8	0.210	106	101
	20	71.7	0.208	106	101
25	2	69.2	0.222	98.6	97.1
	5	68.9	0.215	99.7	99.0
	10	70.5	0.208	100	100
	20	70.4	0.207	101	100
30	2	66.2	0.217	90.9	95.3
	5	66.3	0.216	95.3	99.8
	10	66.7	0.213	95.6	102
	20	69.8	0.207	99.2	100
35	2	63.8	0.219	84.2	91.1
	5	63.2	0.217	86.5	93.4
	10	64.5	0.213	87.6	96.6
	20	63.8	0.207	86.5	96.2

주) 1. 주위온도 25[°C],  $C_1/C_2=10$ 일 때를 기준으로 한 것임

표 3. 주위온도에 따른  $C_1/C_2$ 값 변화시 주파수제어를 통한 온도보상

주위 온도 [°C]	$C_1/C_2$	주파수 [kHz]	램프전압 [V]	광출력 [%] <sup>1)</sup>	입력 전력 [W]	발광효율 [%] <sup>1)</sup>
0	2	57	65.0	31.2	12.5	37.4
	47(보상)	61.4	46.7	15.0	46.7	
	10	57	63.6	30.2	12.1	37.4
	45(보상)	59.8	48.3	15.0	48.3	
	20	57	63.5	31.3	12.1	38.8
25	2	57	77.4	96.4	15.2	95.2
	10	57	77.6	100	15.0	100
	20	57	77.2	101	15.0	100
	2	57	73.5	94.3	14.1	100
35	54(보상)	72.1	101	15.0	100	
	10	57	73.3	97.9	14.1	104
	53(보상)	70.3	104	15.0	104	
	20	57	73.3	98.6	14.1	105
	52(보상)	70.3	104	15.0	104	

주) 1. 주위온도 25[°C],  $C_1/C_2=10$ 일 때를 기준으로 한 것임

## 4.2 콤팩트 형광램프의 주파수 제어를 통한 온도 보상

표 3은 항온조내에서 주위온도에 따른  $C_1/C_2$ 값에 대한 온도 보상시의 특성을 나타낸 것으로, 실험실내에서의 특성과 매우 비슷한 특성을 나타내고 있다. 그러나 주위온도가 25[°C]일 때 가장 최적의 전력과 광출력, 효율을 나타내고 있는 점이 다른 점이다. 이에 따라 주위온도 0[°C]과 35[°C]일 경우에, 주위온도에 대한 주파수제어를 통한 보상으로는  $C_1/C_2=2$ 일 경우에는 주파수에 따른 변화가 크지만 광출력과 효율이 낮고,  $C_1/C_2=20$ 일 경우에는 주파수에 변화에 대해 적은 변화를 보이고 있어서  $C_1/C_2=10$ 일 경우가 가장 최적임을 알 수 있다.

## 5. 결 론

주위온도를 고려한 15[W] 트리플형 콤팩트 형광램프에 적합한 전자식 안정기를 설계하기 위하여, 안정기를 등가회로로 치환하고 PSpice 시뮬레이션을 수행한 결과  $C_1/C_2$ 값에 대한 가장 적절한 회로정수를 구할 수 있었다. 이를 토대로 하프브리지 공진형 인버터 방식의 안정기를 제작하여 램프의 시동 및 광출력 특성을 분석하고 항온조내에서 주파수제어를 통한 램프의 온도보상을 행하였다.

그 결과, 각각의 경우에 있어서  $C_1/C_2$ 값이 10일 경우일 때가 각 온도에서의 효율이 좋고 온도에 따른 광출력 변동율이 적을 뿐만 아니라 주파수 제어를 통한 온도보상이 가장 최적임을 확인하였다. 또한 콤팩트 형광램프는 직관형 램프의 최적온도 (25[°C])보다 높을 경우에 특성이 나쁘고 광출력이 낮으며 25[°C]보다 낮을 경우에는 그 특성이 직관형보다도 좋은 특성을 나타내고 있어서 이에 대한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] A.K.S. Bhat, "Analysis, selection, and design of resonant inverters for electronic ballasts," IEEE PESC, Vol. 1, 1994, pp. 796-804.
- [2] M. Ouellette, B. Collins and S. Treado, "The effect of temperature on starting and stabilization of compact fluorescent systems," IEEE Ind. Appl. Soc., 28th Annual Meeting, Vol. 3, 1993, pp. 2238-2243.
- [3] A.W. Serres and W. Taelman, "A method to improve the performance of compact fluorescent lamps," Journal of IES, Summer 1993, pp. 40-48.
- [4] 곽재영, 송상빈, 여인선, "콤팩트 형광램프용 Dimming 형 전자식 안정기의 회로정수 결정", 조명·전기설비학회지, Vol. 9, No. 2, 1995, pp. 29-34.