

## 무전극 형광램프의 출력선 연장을 위한 인버터 설계

최희광\* · 양재선

세광에너지(주)

요 약

무전극 형광램프의 출력선 연장은 무전극 램프가 가지는 장수명 등의 이점을 최대화할 수 있는 방안이 된다. 하지만 이를 위해서는 연장에 따라 발생하는 요인들 -공진주파수의 변경, 온도변화에 따른 안정성 등을 고려하여 인버터의 설계가 이루어져야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 ENDURA 150W 인버터의 출력선을 25m 연장하기 위해서 출력선을 고려한 공진 주파수를 설정하였고 온도변화에 따른 대책들을 제시하였다.

### 1. 서 론

무전극 램프는 다른 램프들에 비해 많은 장점들을 가지고 있는 차세대 램프이다. 형광등에 비해서 매우 긴 수명과 에너지효율 등이 뛰어나고 방전등에 비해서는 역시 긴 수명과 광 변환 효율 등이 우수하다. 이 중 무전극 램프의 가장 큰 매력인 약 60,000시간의 수명은 무전극 램프가 가진 최대장점일 것이다. 이는 램프의 교체가 어려운 지점에 설치시 유지, 관리, 교체에 따른 추가비용도 줄일 수 있는 효과도 볼 수 있다. 하지만 이를 위해서는 램프와 인버터의 이격은 필수 불가결할 것이다.

따라서 본 논문은 인버터의 출력선을 연장시키는데 따른 특성변화들에 대해 알아보고 안정화시키기 위한 방법들에 대해서 연구한다. 램프로는 ENDURA 150W 램프를 사용하였고 출력선은 임의로 25m로 실험, 연구하였다.

### 2. 출력선 연장에 따른 특성변화

출력선을 연장함에 있어 가장 먼저 고려해야 할 부분은 출력선이 가지고 있는 capacitance값이다. 출력선은 그 양단으로 전위차가 발생하고 출력선 상호간에 capacitance를 갖는다. 그리고 그 값은 평행선로의 정전용량이므로 다음 식으로써 유도된다.

$$C = \frac{\pi \epsilon}{\ln[(D/2a) + \sqrt{(D/2a)^2 - 1}]} \quad (F/m)$$

D : 선간 거리, a : wire의 반경

우리가 사용한 출력선은 KSC 3304규격의 HVSF 0.75 mm<sup>2</sup>이다. 위의 식에 대입하여 구한 결과 출력선의 capacitance는 30~50pF/m였고, 측정치와도 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 우리가 구하고자 하는 25m 출력선은 대략 750~1250pF을 가진다. 또한 출력선을 capacitor로 가정할 때 start capacitor와 병렬로 접속되어 있으므로 다음 등가회로로 나타내어질 수 있다.

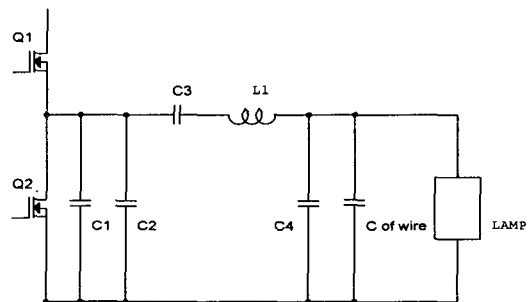


그림 1. 출력선 Capacitance를 포함한 등가회로

공진에 관여하는 소자는 L1과 C4로써 공진주파수는 실험에 의하여 대략 230kHz에서 가장 좋은 파형을 얻을 수 있었다. 또한 L1의 값은 145uH라는 것도 계산 및 실험에 의해 구하여 졌다. 따라서 출력선을 연장하지 않은 경우의 C4의 값은 다음 식에 의하여 구하여질 수 있다.

$$C4 = \frac{1}{L1} * \left(\frac{1}{2\pi * f}\right) \quad (1)$$

L1=145uH

f=230kHz

계산에 의한 C4는 3000pF이었다. 이 값을 토대로 실험한 결과 3300pF가 가장 적합하다는 결론을 얻을 수 있었다.

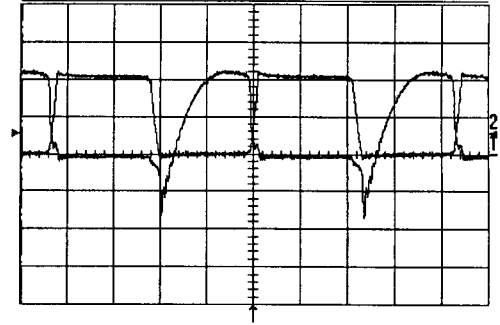
하지만 출력선이 연장됨에 따라 출력선이 가지는 capacitance의 값이 병렬로 접속되므로 그만큼의 값만큼 C4는 작은 capacitance를 가져야 한다. 따라서 start capacitor인 C4는 앞에서 구한 750~1250pF만큼 작아진 2050~2550pF 사이에 있는 값을 가져야 한다.

### 3. Start Capacitor의 결정

ENDURA 램프의 경우 250kHz로 스위칭을 하는 것이 램프의 효율 및 안정성에 유리하다는 것은 기존의 실험들을 통해 입증된 바이다. 하지만 구동 IC의 특성상 온도의 영향을 많이 받는다는 단점이 있다. 고온인 환경에서는 스위칭 주파수가 내려가고 저온인 환경에서는 반대로 스위칭 주파수가 올라가는 현상이 발생된다. 이에 따라 정상 동작이 이루어지지 않던가 심지어는 안정기의 파손까지도 일어나게 된다.

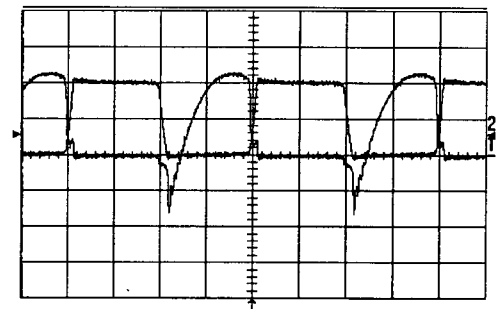
따라서 우리는 그러한 주파수의 변동에도 정상적인 동작이 가능한 인버터의 설계가 우선되어야 한다. 우리는 실험들을 통하여 스위칭 주파수가 230~265kHz에서는 최소한 정상동작을 할 수 있어야 한다는 결론을 얻어낼 수 있었다. 이에 근거하여 앞에서 얻은 2050~2550pF 중에 가장 적합한 C4를 실험을 통해 결정하였다. 그 결과 출력선을 25m 연장한 경우 C4의 값이 2400pF일때 가장 안정된 점등 및 동작을 구현해 낼 수 있었다.

아래의 그림 2, 3, 4는 FET에 흐르는 드레인 전류와 스위칭 소자 양단에 인가되는 전압을 나타낸 것이다. 파형에서 보여 지는 바와 같이 주파수가 변하여도 파형에는 거의 변화가 없는 것을 확인할 수 있다. 점등 역시 출력선을 연장하지 않았을 때와 차이가 없었다.



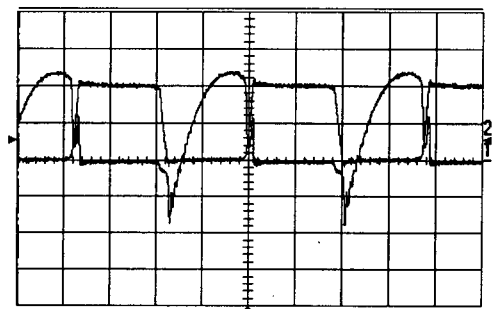
maximum(1)	444 V
pkpk(1)	475 V
Freq(1)	231.481 kHz
Freq(2)	231.261 kHz
crms(1)	289.8 V

그림 2. 스위칭 주파수 230kHz



maximum(1)	431 V
pkpk(1)	463 V
Freq(1)	250.974 kHz
Freq(2)	251.050 kHz
crms(1)	279.8 V

그림 3



maximum(1)	438 V
pkpk(1)	475 V
Freq(1)	265.497 kHz
Freq(2)	265.523 kHz
crms(1)	279.9 V

그림 4. 스위칭 주파수 265kHz

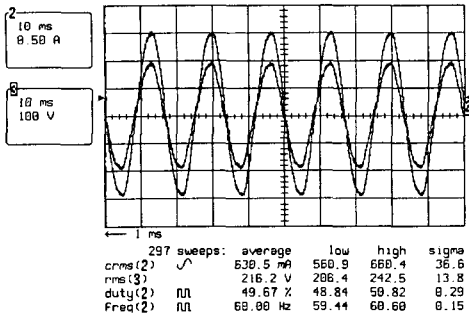


그림 5. 입력부의 전압, 전류 파형

그림 5는 인버터 입력단의 전압과 전류 파형으로 보는 바와 같이 출력선을 25m 연장하였음에도 위상차가 거의 없는 고역률을 알 수 있다.

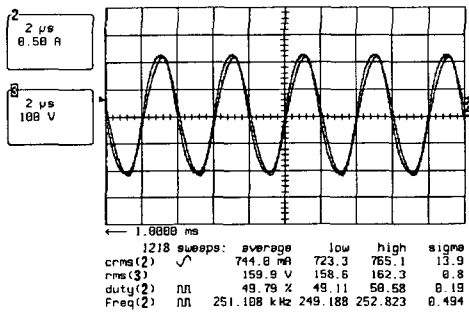


그림 6. 출력부의 전압과 전류 파형 (출력선 25m 연장)

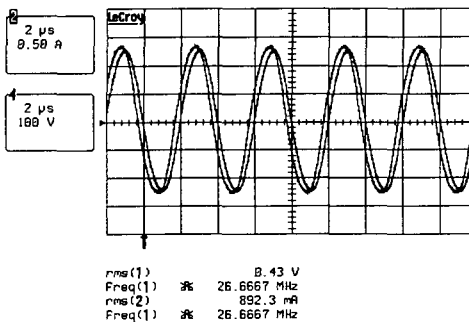


그림 7. 출력부의 전압과 전류 파형

그림 7은 연장을 하지 않은 인버터 출력의 전압과 전류 파형이다. 그림 6과 7을 비교해 보아도 알 수 있듯이 출력 파형 역시 차이점은 발견되지 않았다.

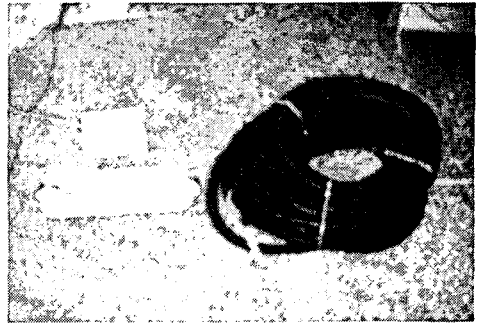


그림 7. 점등전의 모습

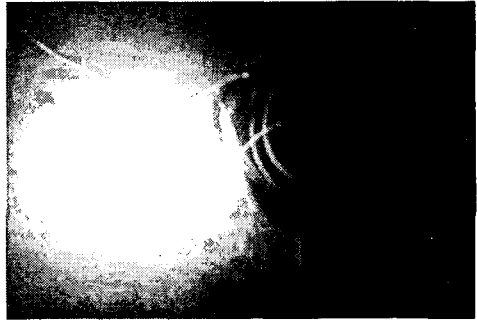


그림 8. 점등후의 모습

#### 4. 결 론

ENDURA 150W 램프의 출력선을 25m 연장시킨 인버터에 대해서 연구하였다. 이론식과 실험을 함께 병행하여 출력선의 capacitance를 구하였고 안정된 출력파형도 얻어낼 수 있었다.

하지만 이러한 연구의 결과는 각각의 출력선들이 그것들만의 특성을 가지고 있다는 사실 때문에 모든 출력선에 똑같이 적용되지 않는다. 따라서 인버터는 선정되어진 출력선을 토대로 설계되어야 하고 설치시에도 역시 인버터와 출력선은 set로써 적용되어야 한다.

또한 출력선의 상태에 따라서 capacitance가 변한다는 것도 상기해야 한다. 출력선이 펼쳐져 있는지, 말아져 있는지, 혹은 꼬여 있다든지 하는 것들이 모두 출력선의 capacitance가 변하는 요인이 된다. 지금까지의 연구는 출력선을 cable tie를 이용해 꼬임을 방지하고 펼쳐진 상태에서 진행되었다. 그리고 차폐가 가능하도록 flexible cable을 이용하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] William H.Hyat, jr. "Engineering Electromagnetics" McGraw-Hill fifth edition