

## HID-lamp용 Full-Bridge 전자식 안정기의 손실 특성 규명

박종연, 정동열, 이혁순  
강원대학교 전기전자공학부

### Examination of Loss Characteristics of Full-Bridge Electronic Ballast for HID Lamps

Jong Yeon Park, Dong Youl Jung, Hyoek Sun Lee  
Department of Electrical and Electronic Engineering . Kangwon Univ. Korea

#### abstract

The purpose of this study is to examine the calculated method of loss characteristics of full-bridge electronic ballast for 250Watt HID lamps by approximated modeling. These lamps have the most emit efficiency and color rendering. Especially, the majority of losses appear to the MOSFET do full-bridge, L of output terminal and driver IC, besides losses occur to the R in the ballast. These losses cause heating and breakage of MOSFET. When HID-lamp arrives the steady-state, loss of ballast is measured 9% and analyzed value is 8% approximately. Accordingly it is not too much to say that greater part of losses is examined.

Full-Bridge의 MOSFET의 손실은 on, off시 전압과 전류가 Delay time에 의해 겹쳐지는 부분이 생겨서 발생하는 switching loss와 정상상태에 도달한 (on상태 또는 off 상태) 발생하는 conduction loss로 구분되어질수 있다. 특별히 MOSFET의 손실은 초기 점등상태와 정상상태에서 큰 차이를 보이므로 이를 구분하여 규명하겠다.

#### 1.서론

HID-lamp용 안정기중 Full-Bridge를 실현하여 손실을 측정하였다. 전자식 안정기는 대부분 고주파에서 동작하도록 되어있는데(이 논문의 안정기는 70KHz에서 동작한다.) 이로 인해 자기식 안정기에 비해 효율적이기 때문에 그 사용이 점차 증가하고 있다.

본 논문에서 손실을 측정할 목적은 비록 전자식 안정기가 자기식 안정기에 비해 효율이 높지만 무시할 수 없는 양의 에너지가 손실되고 있고 이러한 손실은 에너지 사용의 비효율성 및 소자의 파괴를 가져오기 때문이다.

손실측정은 우선 오실로스코프를 이용하여 Full-Bridge MOSFET의 전압/전류 파형을 측정하여 on/off시, 그리고 동작중에 소비되는 전력을 계산하였다. 안정기의 손실중 70%가까이 이 MOSFET에서 발생한다. 마찬가지로 방법으로 다른 중요한 소자들의 손실을 규명하였다.

#### 2.손실규명

손실이 가장 큰 주요 소자들은 이미 언급했듯이 Full-Bridge의 MOSFET, Driver IC, 출력단의 L등이고 이들의 손실을 차례대로 규명하겠다.

##### 2-1Full-Bridge의 MOSFET 손실

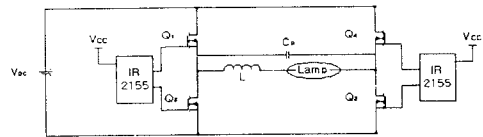


그림1. 안정기 회로도

##### 2-1-1 Full-Bridge MOSFET 초기상태

###### ① Q<sub>1</sub>의 손실

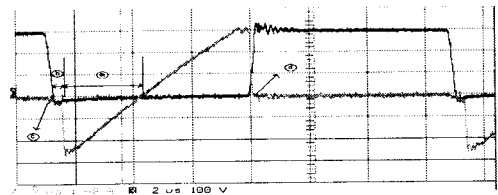


그림2. 초기 상태에서 Q<sub>1</sub>의 파형

그림1에서 보이듯이 switching loss부분과 conduction loss부분이 뚜렷이 나타나고 있다. 우선 ①부분의(on이후 전류가 갑자기 증가하기 시작하는 부분) conduction loss를 계산하면 전압은 12V로 거의 평활하다 보고 전류 약 2.6A, 시간 약 2.2 μs, 주파수 70KHz이므로 손실은 다음과 같다.

$$\therefore \frac{1}{2} \times 12[V] \times 2.6[A] \times 70\text{KHz} \times 2.2 \mu\text{s} = 2.402\text{W}$$

㉑부분의 conduction loss부분을 계산하면 25V, 0.25A, 0.3  $\mu\text{s}$ 이므로 손실은 약 0.131W로 나타난다. 또한 ㉒부분의 switching loss는 0.1A, 220V, 0.15  $\mu\text{s}$ 이므로 0.186W이다. 이제 ㉓부분의 switching loss는,

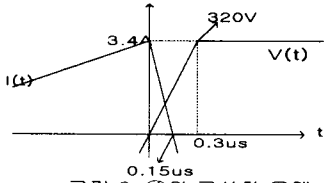


그림 3. ㉑의 근사화 모델

그림3의 겹쳐지는 삼각형의 넓이가 되므로 0.705W의 손실이 발생한다

### ㉒ Q<sub>2</sub>의 손실

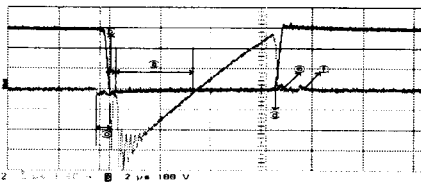


그림4. 초기 상태시 Q<sub>2</sub>의 파형

먼저 그림4에서 ㉑번의 conduction loss는 4A, 12V, 3.4  $\mu\text{s}$ 이므로 5.7W이고 ㉒부분의 conduction loss는 전류가 갑자기 증가하는 부분과 ㉓부분에 들어가기 직전의 두부분으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

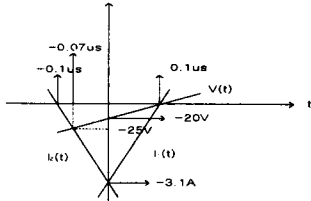


그림 5. ㉒의 근사모델

그림5의 근사모델에 의해 손실은 0.3766W이다.

또한 두번째 부분은 0.4A, 10V, 0.15  $\mu\text{s}$ 이므로 0.042W의 손실이 발생한다. 이제 ㉓부분의 loss부분을 고찰해 본다. 먼저 ㉓의 switching loss는 그림6에 의해 0.27W이다. ㉓의 conduction loss는 300V, 0.3A, 0.25  $\mu\text{s}$ 이므로 1.575W이다. off시의 switching loss인 ㉔, ㉕부분과 conduction loss ㉖를 고찰해보면 먼저 ㉔부분의 손실은 그림7에 의해 0.35W이다.

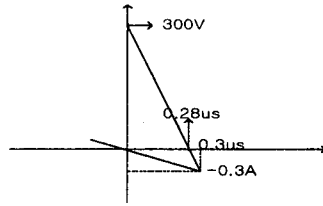


그림6. ㉓의 switching loss 근사화 모델

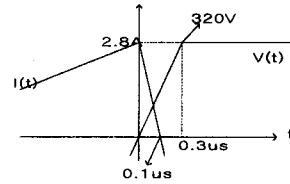


그림7. ㉔의 근사화 모델

㉕부분은 그림8에 의해,

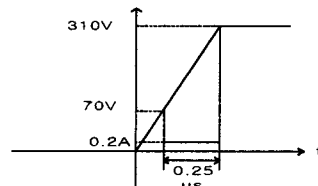


그림8. ㉕의 근사화 모델

0.665W의 손실이 나타나고 ㉖부분은 0.1A, 300V, 0.4  $\mu\text{s}$ 이므로 0.84W로 나타난다.

### ㉓ Q<sub>3</sub>의 손실

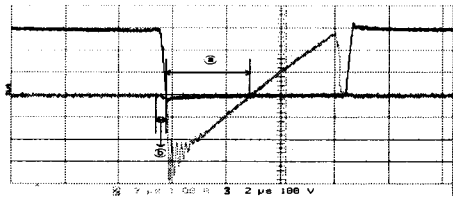


그림9. 초기 상태시 Q<sub>3</sub>의 파형

Q<sub>3</sub>의 특징은 off시 switching loss가 거의 나타나지 않는다는 것이다.(on시 미세하게 나타난다.) ㉗부분의 conduction loss 12V, 4A, 3.2  $\mu\text{s}$ 이므로 5.38W이고, ㉘부분의 switching loss는 그림10의 근사화 모델을 통해 0.3514W로 나타난다

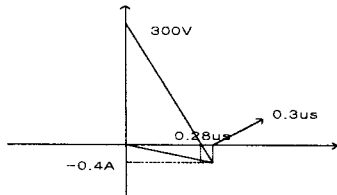


그림 10. ㉔의 근사모델

④ Q<sub>4</sub>의 손실

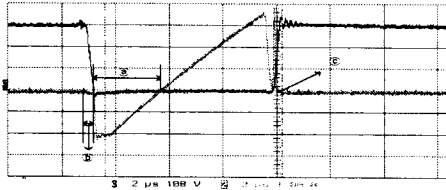


그림 11. 초기 상태시 Q<sub>4</sub>의 파형

㉔부분의 conduction loss는 12V, 2.2A, 2.4μ에 의해 2.22 W이고, ㉔의 switching는 그림12의 근사화모델을 통해,

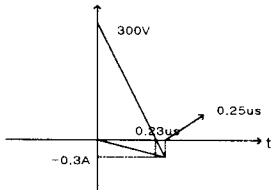


그림 12. ㉔의 근사화 모델

따라서 0.217W나타난다. off시의 switching loss는 ㉔는,

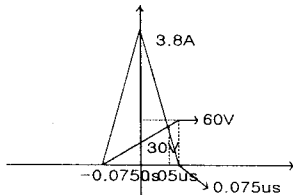


그림 13. ㉔의 근사화모델

이므로 0.6W이다.

Full-Bridge MOSFET정상상태의 손실은 형태는 같고 그 크기가 약간 감소하므로 결과값만을 제시하여 비교해 보겠다.

2-2 Driver-IC의 손실

Driver IC는 12V의 DC전압으로 구동된다. 따라서 손실은 12V에 흐르는 전류를 곱하면 된다. 그림14의 파형에서 전류의 실효치는 43.5mA이므로 손실은  $12 \times 0.0435 = 1.44W$ 로 나타난다.

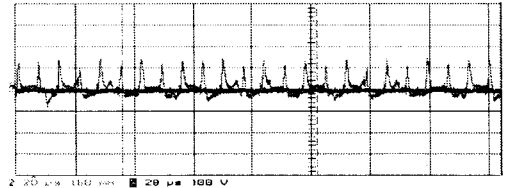


그림14. Driver IC의 전류 파형

2-3 출력측 L의 손실

출력측 L의 손실은 L의 저항성분과 흐르는 전류의 실효치를 통해 알수 있다. L의 저항값은 0.6Ω, 전류의 실효치는 2.016A이므로 손실은  $0.6 \times 2.016^2 = 2.4W$ 의 손실을 가져온다.

위의 모든 손실을 종합해보면,(소수 셋째자리에서 반올림)

표1.총 손실

	Q <sub>1</sub>		Q <sub>2</sub>		Q <sub>3</sub>		Q <sub>4</sub>	
	초기	정상	초기	정상	초기	정상	초기	정상
C-L	2.53	2.16	8.53	5.93	5.38	4.6	2.22	1.94
S-L	0.94	0.55	1.29	1.13	0.35	0.35	0.82	0.59
총	3.47	2.71	9.82	7.06	5.73	4.95	3.04	2.53

\*C-L⇒Conduction Loss

S-L⇒Switching Loss, 단위 [W]

즉 초기상태 총 손실은

$$22.06 + 1.44 + 2.4 = 25.5[W] \text{이며,}$$

정상상태의 총 손실은,

$$17 + 1.44 + 2.4 = 20.4[W] \text{로 결론지을수 있다.}$$

표2. Power Analyzer을 이용한 손실 측정

	초기		정상	
	입력	출력	입력	출력
전압[V]	220	47.4	220	128
전류[A]	0.42	2	1.3	2.1
역률	0.95	0.6	0.978	0.95
전력[W]	87.78	57	279.9	255.39
손실[W]	30.78		24.54	

3.결론

본 연구에서 실험한 안정기는 250W MHD lamp 안정기 로써 Full-Bridge형태이다. LC공진인 출력부를 갖추고 Driver IC는 IR사의 IR2155, PFC IC는 모토로라의 MC3-4262로 동작한다. Power-Analyzer에 의해 측정된 손실과

계산된 Data를 비교하여 손실을 규명해 보면 초기치에선 약 5.276W의, 정상상태에선 약 4.096W 손실이 측정된 이외의 소자들, 즉 저항소자 등에서 소비됨을 알 수 있다. 측정된 손실로는 Full-Bridge MOSFET의 손실이(정상상태에서) 전체손실의 약 67%, Driver IC의 손실이 약 4.1%, 출력측의 L이 약 9.4%로 Full-Bridge MOSFET의 손실이 대부분이므로 이부분의 연구가 가장 중요하다.

[참고 문헌]

[1]Nobuhiko Yamashita, Naoki Murakami and Toshiaki Yachi "Conduction Power Loss in MOSFET Synchronous Rectifier with Parallel-Connected Schottky Barrier Diode" in IEEE Transactions On Power Electronics. Vol. 13, No. 4, pp. 667-671, July 1998

[2]Dejan Srajber, Werner Lukasch "The Calculation of The Power Dissipation for IGBT and The Inverse Diode in Circuits With The Sinusoidal Output Voltage" in Senikron International Dr. Fritz Nartin Gmbh & Co. KG Nurnberg, November 1992.

[3]Ned Mohan, Tore M.Undeland and Willaim P. Robbins "Power Electronics -Converters, Applications, and Design-" John Wiley & Sons, Inc, Second Edition, pp. 22-26. 1995