

AZVS(Active Zero Voltage Switching) 기능을 갖는 CFL용 안정기 제어 IC

조계현, 이영식

The Ballast IC with AZVS(Active Zero Voltage Switching) for CFL

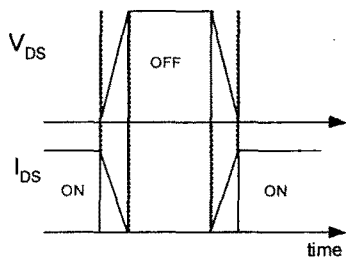
Gye-Hyun Cho, Young-Sik Lee
Fairchild Semiconductor, System&Application

Abstract - CFL(Compact Fluorescent Lamp)는 기존에 사용되던 백열 램프를 바로 대체할 수 있고, 백열 전구에 비하여 광 효율이 우수하다는 장점으로 인해서 사용처가 점점 증가되고 있는 추세이다. 하지만 등기구가 가지는 공간적인 제약으로 인해서 EMI 필터와 PFC 회로를 내장할 수 없으며, 램프에서 발생한 열이 직접적으로 안정기 회로에 영향을 주어 안정기 내부 온도가 매우 높게 상승한다는 점으로 인해서 다양한 기능을 갖는 전용 ballast control IC를 사용할 수 없었다. 이러한 이유로 인해서 toroidal core를 이용한 자력식(self-excited) 동작 방법이 주로 이용되어왔다. 이러한 자력식 발진 방법은 설계하기가 까다롭기 때문에 램프 점등 전에 램프 필라멘트를 예열한 이후에 점등을 하는 rapid start 방법을 구현하기 어려웠다. 본 논문은 fairchild 반도체에서 만든 CFL 전용 ballast IC가 가지는 특성에 대해서 다루었다. IC 내부에 안정기 동작을 제어하기 위한 제어 부분과 두 개의 MOSFET를 내장하고 있어 안정기 구성에 필요한 공간을 최소화할 수 있고, 부하 상태를 검출하여 항상 Active ZVS 동작을 하도록 하는 기능을 내장하고 있어서 스위칭 손실을 최소화할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

1. 서 론

CFL(Compact Fluorescent lamp)을 위한 전자식 안정기는 안정기가 가지는 공간적 제약으로 인해서 EMI 필터나 역을 개선을 위한 회로를 추가할 수 없으며, 높은 온도로 인해서 안정기 특성을 개선하기 위한 다양한 기능을 갖는 IC를 사용할 수가 없었다.

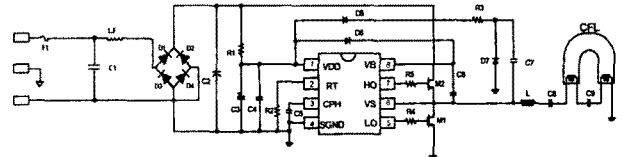
fairchild 반도체에서 개발한 CFL용 전자식 안정기 IC는, IC 내부에 두 개의 MOSFET을 내장하여 안정기 부피를 줄이고, 온도에 대한 내성과 열 방출 특성이 우수하여 높은 온도에서도 안정된 동작을 얻을 수 있다. 이와 동시에 추가적인 회로 구성없이도 스위칭 상태를 검출하여 램프가 연결되지 않았거나, 램프가 더 이상 점등되지 현상 그리고, 동작 상태가 불안하여 hard switching을 하는 현상을 감지하도록 하는 AZVS (Active Zero Voltage Switching)기능을 가지고 있다. 일반적으로 전자식 안정기와 같은 인버터에 사용되는 MOSFET과 같은 스위칭 소자들은 on/off를 하는 스위칭 구간 동안 일정한 시간의 과도기간이 생기게 된다. 그림1에서와 같이 표시되어 있는 구간 동안 전압과 전류의 곱 성분이 스위칭 동작 동안에 발생하는 손실로 정의된다. 스위칭 구간 동안 발생하는 손실을 줄이기 위해서 가장 많이 사용하는 방법은 전압이나 전류가 0이 될 때 스위칭을 하는 ZVS(Zero voltage switching), ZCS(Zero current switching) 방법이다.



<그림 1> 스위칭 손실이 발생하는 구간

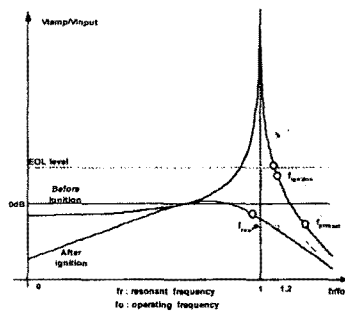
2. 본 론

일반적으로 전자식 안정기에 가장 많이 사용되는 인버터 구조는 그림 2와 같은 Half-bridge 인버터 구조가 가장 많이 사용되고 있다.



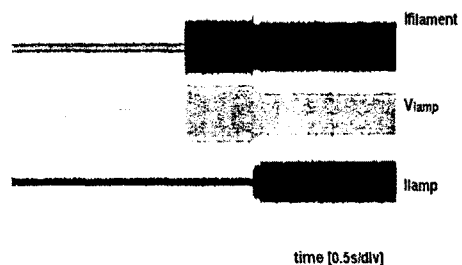
<그림 2> CFL 용 전자식 안정기 구조

그림 2에서와 같이 CFL용 안정기 전용 IC는 2개의 MOSFET을 포함하고 있어서 안정기 크기를 최소화할 수 있다. L과 Cs, Cp가 이루어고 있는 공진 회로가 가지는 특성은 램프 점등 유, 무에 따라서 서로 다른 특성을 갖는다. 램프 점등 전에는 램프가 가지는 임피던스 값이 매우 커서 모든 전류는 L, Cs, Cp를 통해서 흐르게 된다. 이 과정 동안 램프 필라멘트는 필라멘트로 흐르는 전류에 의해서 온도가 상승하게 되며, 적절히 상승된 필라멘트는 램프 방전에 필요한 전압을 낮추는데 도움을 준다. 램프 점등 후에는 램프 임피던스가 수백으로 감소하여 대부분의 전류는 L, Cs, lamp로 전류의 흐름이 변화하게 된다.



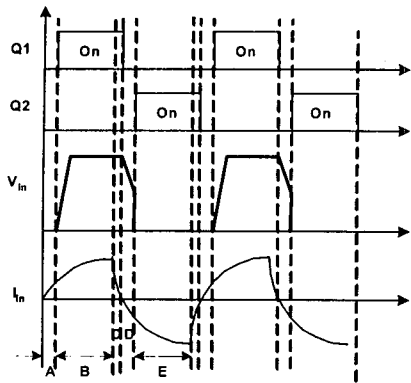
<그림 3> 안정기 동작 초기 동작 특성

그림 3에서와 같이 램프 점등 전에 램프에 공급되는 전압은 A와 같은 방향으로 증가하여 램프 양단에 공급된다. 만약 램프가 정상이라면, 램프가 점등되어 B와 같은 방향으로 변화하게 된다. 동작주파수와 공진주파수의 관계는 그림 3에서와 같이 램프 동작 주파수가 항상 공진 주파수보다 높게 유지해야 한다. 그림4는 안정기 점등 초기에 나타나는 램프 전압과 전류를 측정된 결과이다. 그림에서와 같이 램프 점등 전에 모든 전류는 램프 필라멘트로만 흘러야하며, 램프 점등과 동시에 램프로 전류가 흘러야한다.



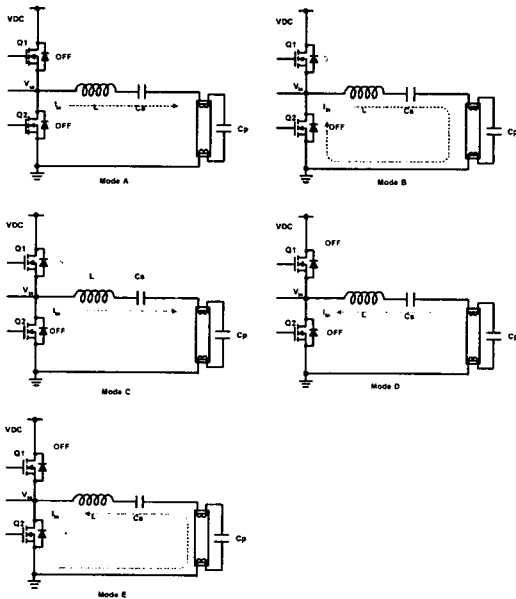
<그림 4> 안정기 동작 초기 램프 전압과 전류 특성

만약 공진 회로에서 동작 주파수가 공진 주파수가 보다 낮다면, 공진 회로가 가지는 특성은 전류가 가지는 위상이, 전압이 가지는 위상보다 빠른 진상(leading) 특성을 갖는다. 이러한 조건에서는 그림 5와 같이 전류가 흐르는 상태에서 스위칭이 발생하는(D-E구간) hard switching이 발생하게 된다. .



〈그림 5〉 스위칭에 따른 동작 특성(capacitive mode)

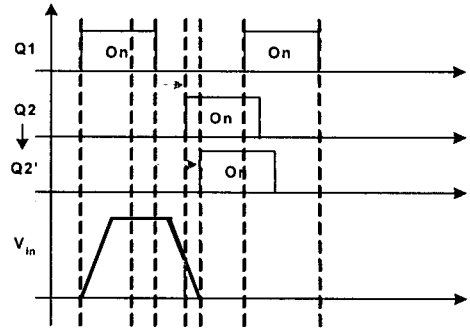
이때 각각의 동작 모드는 그림 6과 같다.



〈그림 6〉 모드별 동작 특성

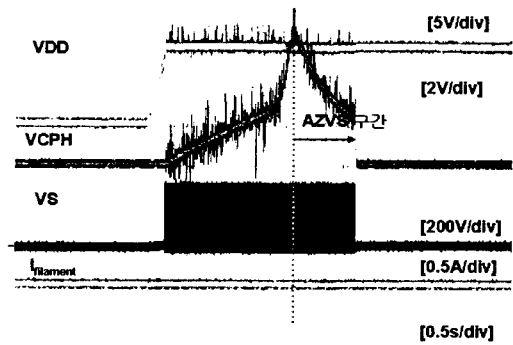
그림 6에서 보면 Mode D동안에 공진 회로로 흐르는 전류는 Q2 MOSFET 전압을 감소시키는 방향으로 흐르게 된다. 이러한 후에 Q2 MOSFET을 turn on하기 때문에 Q2 MOSFET 전압은 그림 5에서와 같이 급격하게 감소하는 특성을 갖는다. 이와 같이 Q2 MOSFET이 동작하기 이전에 Q2 MOSFET 양단 전압이 존재한 상태에서 Q2 MOSFET이 동작한다면, MOSFET에서 발생하는 손실이 크다. 이러한 현상이 계속된다면, 스위칭 소자에서 발생하는 손실이 증가하게 되고, 최악의 경우에는 MOSFET이 파손되기도 한다. 이러한 점을 방지하기 위해서 CFL용 ballast control IC는 내부에 스위칭 상태를 검출하기 위한 회로가 존재한다. Vin 전압이 가지는 기울기는 ZVS 동작을 할 경우와 하지 못할 경우에 분명한 차이점을 갖는 것을 확인할 수 있다. ZVS 동작을 하지 못하는 경우에 Vin이 가지는 전압의 기울기는 급격하게 감소하는 구간(D,E사이)이 존재한다. 이러한 부분을 검출한 후에 Q2 MOSFET이 동작하는 시간을 Q2 MOSFET 양단 전압이 0까지 떨어진 시점에서 turn on시킬 수 있다면, ZVS가 이루어지는 조건(동작 주파수가 공진 주파수보다 높은 조건)과 같이 ZVS를 만들 수 있다. 그림 7은 Q2 MOSFET 스위칭 시간을 조절함으로써 가지는 장점을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 Q2 MOSFET 동작을 Q2에서 Q2'으로 조절함으로써, Vin 전압이 가지는 파형을 개선할 수 있다. 만약 Vin 전압을 검출할 수 있어서 Vin 전압이 정상과 다르게 매우 짧은 시간에 감소하는 것을 검출하여 Q2 MOSFET 동작을 늦춘다면, 스위칭

손실을 최소화 할 수 있다.



〈그림 7〉 스위칭 시간 조절에 따른 ZVS 모드 구현

그림 8은 무부하시 안정기와 IC 주요부분에 나타나는 파형을 측정한 결과이다. 무부하시에는 VCPH 전압이 감소하면서 스위칭 소자(Q1,Q2)시간을 조절한다. 일정 시간이 경과한 후에는 더 이상 AZVS기능을 할 수 없다고 판단하여 IC 동작을 정지시켜서 안정기를 보호한다.



〈그림 7〉 이상조건에서 AZVS 동작

3. 결 론

CFL(Compact Fluorescent lamp)을 포함한 모든 형광 램프는 램프 점등 전에 적절하게 필라멘트를 가열함으로써 램프 점등에 필요한 전압을 최소화할 수 있고, 이를 통해서 램프 수명을 연장할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 CFL(Compact Fluorescent lamp)이라는 특수성으로 인하여 공간적인 제약과 높은 온도로 인해서 램프 특성을 증가시킬 수 있는 기능을 갖고 있는 안정기 제어용 IC 사용과, 램프 이상 상태 판별에 따른 안정기 보호와 같은 기능이 극히 제한되어왔다. 이러한 상황에서 MOSFET을 내장하여 공간적 제약을 극복할 수 있고, 온도 특성이 우수하며, 특별한 회로 없이도 스위칭 상태를 판별하여 항상 최적의 동작을 유지하도록 하는 IC는 안정기 제작에 많은 도움을 주리라 생각한다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 조계현,정동열,박종연, "lamp용안정기 종류 및 특징",조명학회지, 13권 1호, pp47-63, 1999
- [2] FAN7532,Fairchild datasheet