

타려식 형광등 안정기용 구동 반도체 IP3102의 온도 보상 설계법

(Mathematical Analysis for Efficiency of Power Factor Correction System Using IP3003)

주성준* · 장천섭*
(Joo SungJuni · Chang CheonSeop)

Abstract

We introduce the IP3102 which is developed by Interpion Semiconductor co. LTD. for the CFL ballaster. The IP3102 has thermal compensation function. In this paper, we present the temperature compensation design technique and its implementation in the IP3102. The experimental results is also presented in this paper.

1. 서론

타려식 형광등 전자식 안정기는 자려식 안정기에 비하여 완벽한 초기 예열 조건을 줄 수 있고 정상 동작기간 중에도 안정된 주파수로 구동할 수 있어 자려식 고 효율의 안정기를 구현할 수 있다. 최근 환경에 문제에서 이산화탄소 배출량의 규제가 현실로 다가오게 되면서 전력 수요의 증가 억제 정책에 따른 고효율 기기의 개발에 대한 관심이 높아지면서 점차 고효율 타려식 형광등 안정기에 대한 시장이 커지고 있다.

이에 따라 여러 반도체 회사에서는 타려식 형광등 안정기용 구동 IC(Integrated Circuit)를 출시하고 있다. IP3102는 인터피온 반도체(주)에서 3년간의 설계와 필드 테스트를 거쳐 2006년 10월에 출시한 타려식 안정기용 IC이다. 이 제품은 8 pin 패키지로 사용이 간단하지만 프로그래머블 스타트 방식에 온도 보상 회로 등 다양한 기능이 구현 가능하도록 설계된 IC이다. 본 논문에서는 인터피온 반도체의 IP3102의 핵심 기능을 설명하고 특히 IC내부에서 외부 파라미터가 온도에 따라 가변이 되더라도 주파수가 변하지 않도록 하는 온도 보상 방법을 제시하고자 한다. 본 논문에서 제시한 회로는 현재 국내의 특허 출원중이다.

2. IP3102의 기본 사항

IP3102를 사용한 일반적인 타려식 안정기의 회로는 다음과 같다.

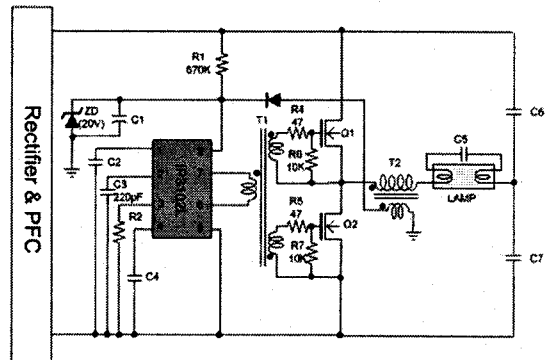


그림 1. IP3102를 사용한 타려식 안정기 회로

IP3102는 그림 1의 1,2,3,4 핀에 연결된 4개 외부 소자를 가변함에 따라 다음 4개의 동작을 조절할 수 있다.

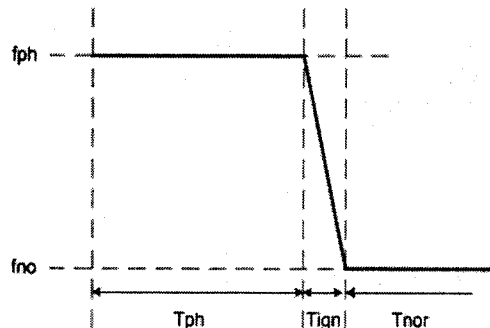


그림 2. IP3102의 초기 예열 동작

- 1) 초기 예열 주파수 f_{ph}
- 2) 예열 시간 T_{ph}
- 3) 예열 주파수에서 정상 동작 주파수로 가는 시간 T_{ign}
- 4) 정상 동작 주파수 f_{no}

IP3012의 가장 큰 특징 중 하나는 그림 2의 각 동작을 독립적으로 각각 제어할 수 있다는 것이다. 각 동작을 살펴보면 초기 점등때 먼저 주파수가 f_{ph} 일 때는 램프가 점등 되지 않은 상태이므로 그림3과 같은 회로를 통해 전류가 흐른다. 이때 주파수는 L과 C2의 공진 주파수보다 상당히 높은 주파수로 선택되어야 한다.

적당한 시간이 지나 필라멘트가 충분히 예열이 되어 열전자를 방출하기에 적합한 상태가 되면 주파수가 동작 주파수로 낮아지게 된다. 일반적으로 예열 주파수 f_{ph} 와 동작 주파수 f_{no} 사이에서 L과 C2의 공진 주파수가 되도록 설계가 되는데 이 공진 주파수에서 C2 양단의 전압이 가파르게 상승하면서 방전이 개시되게 된다.

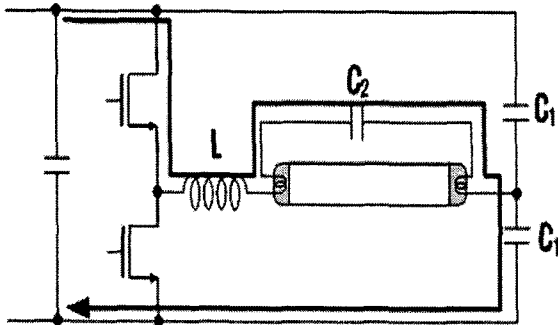


그림 3. IP3012의 초기 예열 동작 전류

방전이 개시되어 점등되게 되면 형광등의 양단 저항은 수백옴 정도도 낮아 지게 되고 전체적인 전류는 그림4와 같은 회로를 따라 흐르게 된다.

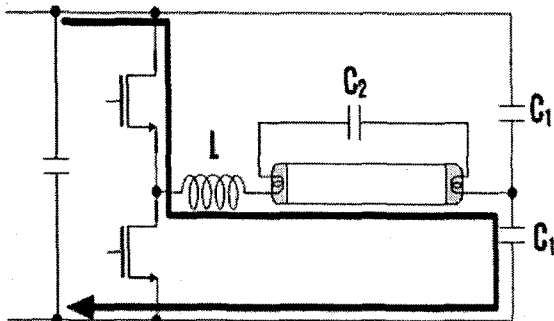


그림 4. IP3012의 정상 상태 전류

다음 그림5는 IP3012의 각 파라미터를 가변했을 때 그림 2의 4가지 요소가 어떻게 변하는지는 나타낸 것이다.

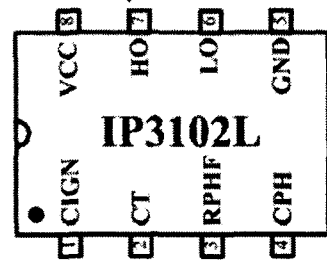
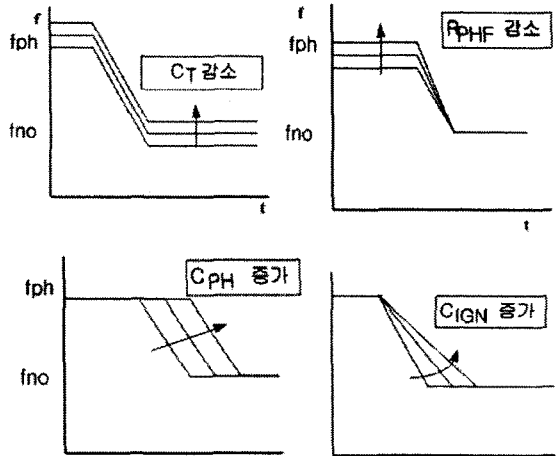


그림 5. 각 파라미터 변화에 의한 동작

3. IP3012의 내부 온도 보상 회로

아날로그 반도체에서 일반적으로 사용하는 발진회로는 다음 그림 6과 같이 설계되어 진다.

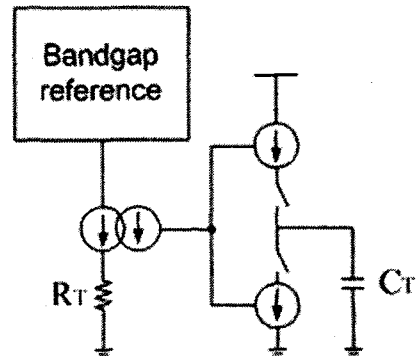


그림 6. 일반적인 IC의 발진회로 설계법

그림 6에서 Band gap reference는 바이폴라 공정을 사용하는 IC내부에서 온도 보상회로가 들어가는 정확한 전압이다. 공정에 따라 1.2V ~1.25V를 유지하게 되는데 보통 공정에 따라 결정되는 값이며 -30도 ~ 125도까지 상당히 정확한 값을 유지하기 때문에 아날로그 반도체를 설계하는 절대 기준 전압으로 많이 사용한다. RT, CT는 각각 반도체 외부에 부착하는 저항과 콘덴서이다. RT는 콘덴서에 충전전하는 전류를 결정하고 이렇게 결정된 전류 값을 전류 미러 회로(current mirror circuit)으로 일정하게 콘덴서를 충전전하게 되면 콘덴서 양단에서는 정확한 주파수의 삼각파가 생기게 된다.

이 방식은 외부의 콘덴서와 저항의 값이 변하지 않는 한 일정한 주파수를 얻을 수 있기 때문에 거의 모든 발진회로에서 사용하는 방식이다. 하지만 실제 사용에서는 저항은 일반적인 산화 금속 피막 저항의 경우 200~500[ppm/°C]가 변화하여 10°C가 변할 때 마다 약 0.2%~0.5%가 변하게 된다. 또한 콘덴서의 경우 종류별로 많이 다르기는 하지만 안정기에서 많이 사용되는 세라믹 캐패시터의 경우도 다양한 종류가 있지만 대략 150~500[ppm/°C]로 상승한다. 따라서 외부 파라미터의 변화에 의해 많게는 10°C당 많게는 1%씩 변한다.

예를 들어 상온20°C에서 47[KHz]로 설계한 주파수는 외부 파라미터에 의해 120°C에서는 대략 43.5[KHz]로 하락하게 된다. 통상의 전자식 안정기에서 이 정도의 주파수 변동이 특성에 큰 영향을 미치는 것은 아니지만 LC공진회로의 특징에 따라 램프에서 전력 소모가 증가하게 된다. 밀폐된 공간에 수백개의 방전관과 안정기가 밀집해 있는 간판의 경우 내부 온도가 올라가게 되면 전체적인 전력 소모가 증가하며 더 열이 발생하는 양폐환(positive feedback) 효과가 나타나게 된다.

이런 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 다음 그림7과 같은 발진기를 구성하여 제시하고자 한다. 그림 7에서 CT는 IC 외부에 부착하는 콘덴서이다. 이 회로는 기준 전류원과 IC칩의 온도를 감지하는 감지부와 이 전류로 생성된 전류로 콘덴서를 충전하는 발진부로 나눌 수 있다. 그림 7의 기준 전원 생성의 기준이 되는 전류는 내부 저항에 의한 전류를 사용하기 때문에 내부 저항의 온도 산포에 따라 상당한 오차를 가지게 된다. 따라서 온도에 관한 보상회로에는 외부 콘덴서

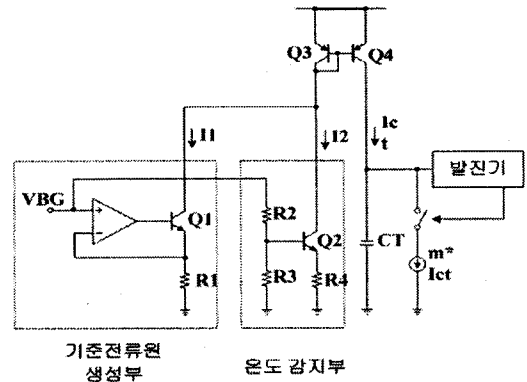


그림 7. 외부 파라미터 변화가 고려된 발진기 설계법

의 변화에 따른 보상 전류와 함께 내부 전류의 온도 변화에 관한 보상이 함께 이루어져야 한다. 또한 외부 콘덴서의 온도 변화는 콘덴서의 종류에 따라 다르기 때문에 그에 대한 보상 값에도 차이가 있다. IP3102에서는 일반적인 안정기에 가장 많이 사용이 되는 세라믹 콘덴서를 기준으로 보상 값을 설정하였다.

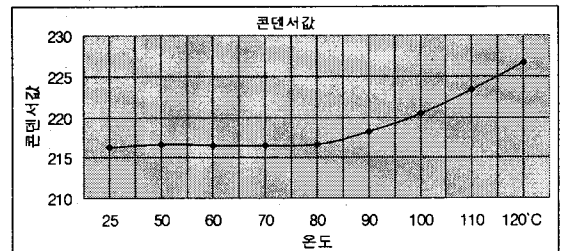


그림 8. 220 (pF) 세라믹 콘덴서의 온도에 따른 변화 예

그림 8은 4장의 실험에 사용된 세라믹 콘덴서를 실제 고온 챔버에 넣고 RLC메터를 통하여 측정된 데이터이다. 이 데이터를 보면 80°C 이후 콘덴서 값이 급격히 증가함을 알 수 있다. 이러한 특성 때문에 전자식 안정기에 온도 보상을 하지 않는다면 고온이 되었을 때 주파수가 하락하게 되고 형광등 소모 전력은 증가하게 된다. IP3102에는 섭씨 100도 까지는 내부 전류원에 대한 온도 보상만을 하다가 100도씨 이상 고온 동작이 될 때 그림 7의 전류원의 전류를 강제적으로 증가시켜 주파수를 높게 되고 그에 따라 형광등 소모 전력을 감소시키게 되는 온도 보호회로가 내장되어 있다.

4. IP3102를 사용한 타력식 안정기 온도 실험

본 실험에서는 IP3102를 이용하여 타력식 안정기 세트를 제작하여 안정기 부분만 고온 챔버에서 온도를 가변하면서 각 온도에 따른 주파수 변동을 실험 하였다.

그림 8은 설계된 형광등의 전류 파형을 나타낸 그림이다. 필라멘트 예열 시간을 거쳐 안정된 점등 후에 점등을 유지하고 있는 파형을 잘 알 수 있다.

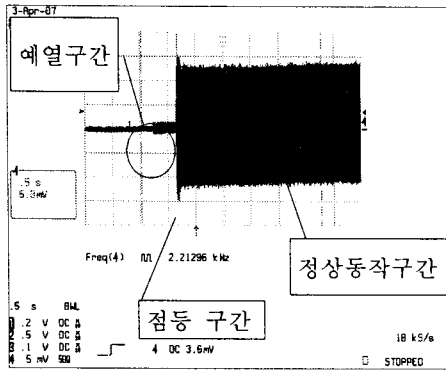


그림 9. 점등 전류 파형

실험 조건

1. 실험 세트

- PFC IC IP3003과 타력식 구동 IC IP3102를 사용한 국내 시판 중인 28W 2등용 전자식 안정기 세트

2. 실험 방법

- 상온에서부터 챔버 온도를 10도씩 올려 10분 정도 안정시켰다 전류 파형을 측정하여 주파수를 측정함.

상기 실험 조건으로 온도 챔버에서 각 온도별 파형은 다음 그림들과 같다.

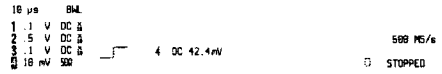
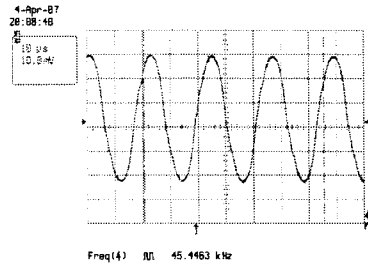


그림 10. 30°C에서 방전관 전류 파형

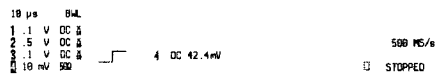
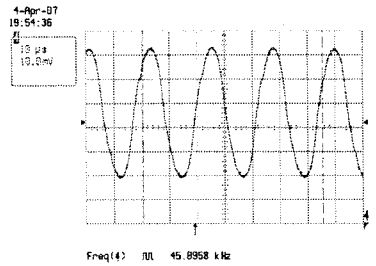


그림 11. 60°C에서 방전관 전류 파형

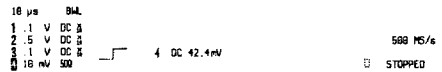
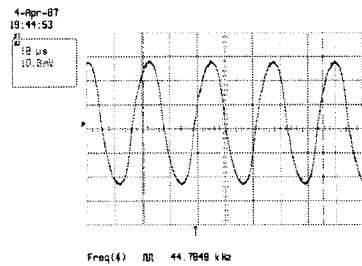


그림 12. 90°C에서 방전관 전류 파형

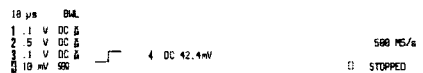
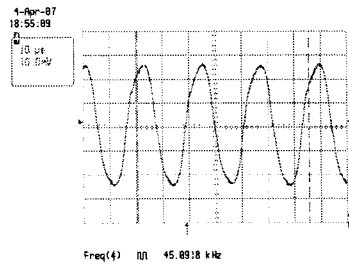
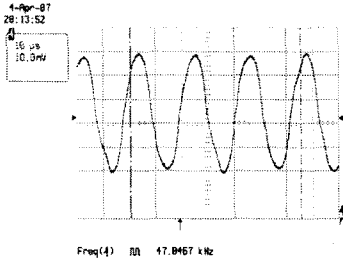


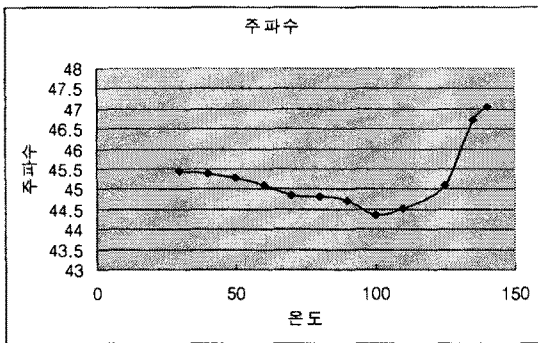
그림 13. 125°C에서 방전관 전류 파형



18 μs BM.
 1 1 V DC 5 500 MS/s
 2 5 V DC 5
 3 1 V DC 5
 4 10 mV 500 STOPPED
 4 DC 42.4mV

그림 14. 145°C에서 방전관 전류 파형

위 실험을 토대로 온도에 따른 주파수 변동을 표로 나타내면 다음 그림과 같다.



실험에 사용된 안정기 세트는 30도에서 100도까지 약 28 [ppm/°C] 정도의 상승률을 보이다가 100도 쯤 이상이 되면 내부 온도 보상회로가 동작하여 주파수가 상승함을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 인터피온 반도체가 새로 출시한 타러식 안정기용 반도체 IP3012에 대한 기초 동작을 소개하고 타러식 안정기 구동 반도체가 가지고 있는 온도 취약 부분에 대한 온도 보상 회로의 동작을 제시하였다. 거의 모든 구동용 반도체는 외부의 파라미터 변화가 없다면 IC내부의 온도 상승에 대하여 보상 동작을 하는 회로를 사용하기 때문에 온도에 따른 주파수 편차를 극소화해서 설계할 수 있다. 하지만 형광등 안정기의 특성상 전체 온도가 상승하였을 경우 외부 파라미터의 값이 바뀌기 때문에 온도 상승에 의한 주파수 변동이 있었다. IP3102에서는 이러한 외부 파라미터의 변화를 예상한 보상회로가 내장되어 있어 외부 온도 변화에

따른 주파수 변동을 극소화 시켰다.

이러한 온도 보상 동작은 IP3102에 실제로 구현하여 필드 테스트 결과 아주 우수한 특성을 가지고 있음이 증명 되었다.

참고 문헌

- [1] 주성준, "가장 간편하고 튼튼한 형광등 안정기용 반도체 IP3101의 사용법", 응용 노트, 인터피온 반도체, 2003
- [2] 주성준, "형광등용 전자식 안정기 설계기법", 전자 부품 7월호~11월호, (주)테크월드, 2003
- [3] J.G. Kassakian, M.F. Schlecht and G.C. Verghese, *Principles of Power Electronics*, Addison Wesley, 1991