

경관조명용 플라이백 컨버터의 안정화 설계

임 성 진†, 김 창 선†, 유 진 호*, 천 승 환*
 목포대학교†, (주)도울정보기술*

The Stabilized Flyback Converter Design for Lighting Control System

LIM Seongjin†, KIM Changsun†, YOU Jinho*, CHEON Seunghwan*
 Mokpo National University*, Doul Infotech*

ABSTRACT

The lighting control power circuits should be designed in stable region according to the environment. A stable circuit is analyzed using ac equivalent circuits. The flyback converter with wide input voltage ranges is suitable for lighting control system. It is designed optimally for stability. The specifications are that the input voltage is 90V–230V, the output power is 12V/2.5A. The stability analysis is established using PSM(Phase Sensitive Multimeter) in experiment. As a result, it is confirmed that the gain margin and the phase margin are in stable area. The validity of the experimental measurement is verified.

1. 서론

경관조명용 전원회로는 유동적인 환경에 적응할 수 있도록 ac 해석을 통해 안정한 회로를 설계해야 한다. 경관조명에 적합한 넓은 입력전압에서 동작하는 플라이백 컨버터의 안정화 해석을 통해 최적설계를 하였다. 경관조명용 플라이백 컨버터의 입력전압은 90V–264V로 하였고 출력은 12V/2.5A이다. 안정화 해석을 하기 위해 PSM(Phase Sensitive Multimeter)을 이용한 측정방법을 확립하였으며 측정 결과, 컨버터는 상대안정도를 나타내는 이득여유와 위상여유가 안정된 영역에 있음을 확인하였다.

2. 플라이백 컨버터 소신호 해석

2.1 기본적인 동작원리

그림 1은 ESR을 고려한 Flyback 컨버터를 나타낸다. 모든 실제적인 형태의 캐패시터에서는 저항손실이 발생한다. 이런 저항손실로는 부품의 내부저항, 유전체 내부의 점성, 결구에 의한 바이패스 전류 등이 존재한다. 소신호 해석을 하기에 앞서 변압기의 누설 인덕턴스와 스위칭 손실과 같은 다른 손실은 모두 무시하였으며, 플라이백 변압기는 1차 측으로 환산하여 자화 인덕턴스 L_M 을 갖고 권선비는 1 : n으로 설정하였다.

그림으로부터 소신호 방정식을 구하면

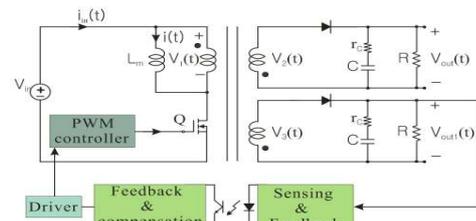


그림 1 ESR을 고려한 Flyback 컨버터
 Fig. 1 Flyback with a Equivalent Series Resistance model

$$\frac{dV_o(t)}{dt} = \frac{1}{C} [i(t) - \frac{V_o(t)}{R}] \quad (1)$$

$$\frac{dV_o(t)}{dt} = \frac{1}{C} [i(t) - \frac{V_o(t)}{R}] \quad (2)$$

$$\frac{dV_o(t)}{dt} = \frac{1}{C} [i(t) - \frac{V_o(t)}{R}] \quad (3)$$

이며, 이 결과를 소신호 모델에 대입을 하면 아래와 같은 등가모델을 얻을 수 있다.

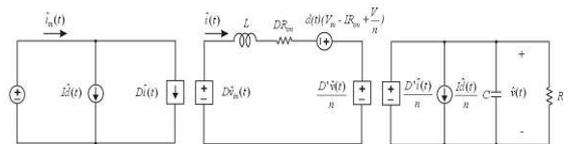


그림 2 Flyback 컨버터의 소신호 교류 등가회로
 Fig. 2 ac small-signal equivalent circuit of the Flyback converter

등가회로부터 아래 그림과 같은 모델을 얻을 수 있다.

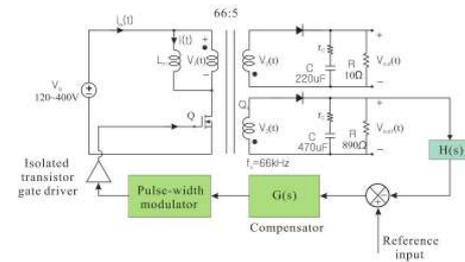


그림 3 Flyback 컨버터의 소신호 모델
 Fig. 3 ac small-signal model of the Flyback converter

2.2 소신호 해석을 통한 안정화 설계



(4)



(5)

그림 3으로부터 입출력 전달함수(4) 및 제어 전달함수(5)를 구하였다.

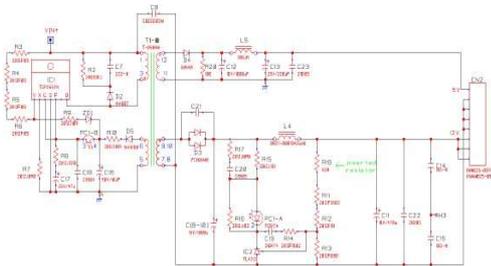


그림 4 PSM1735로 측정한 다출력 플라이백 컨버터 회로도
Fig. 4 Double-output flyback converter circuit as measured by PSM1735

2.3 실험 결과

PSM1735을 이용하여 입력전압이 90V, 110V, 220V, 264V 일 때 부하로드를 0.5A, 1.5A, 2.5A, 3.0A, 3.5A로 변동시키면서 Gain margin 과 Phase margin을 측정하여 전압에 따른 Phase margin과 부하에 따른 Phase margin, 전압에 따른 이득 기울기를 비교 분석 하였다.

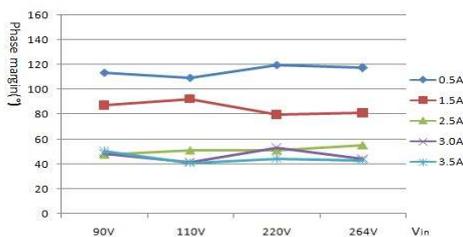


그림 5 전압에 따른 위상여유
Fig. 5 Phase margin according to the voltage

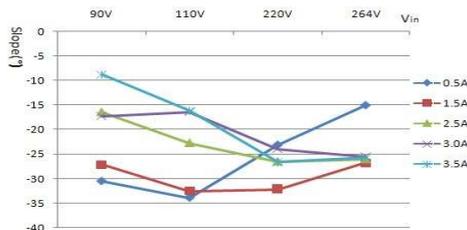


그림 6 전압에 따른 이득 기울기
Fig. 6 Gain slope of the voltage

위의 실험 결과로 입력 전압 90V ~ 264V에서 Phase margin이 45° ~ 60° 사이 이며, 이득의 기울기가 -20dB/dec 에 가장 가까운 부하는 2.5A 와 3.0A 인 것을 알 수 있다. 즉 다시 말하면 입력 전압 90V ~ 264V에서 가장 안정한 부하는 2.5A와 3.0A 인 것을 알 수 있다.

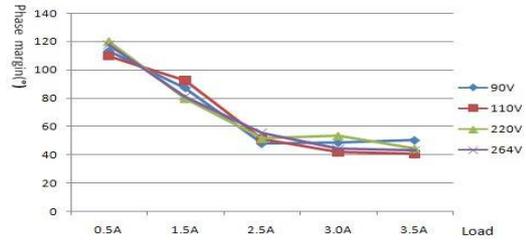


그림 7 부하에 따른 위상여유
그림 7 Phase margin according to the load

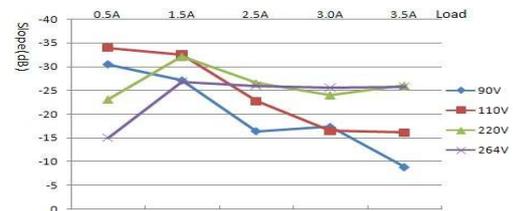


그림 8 부하에 따른 이득 기울기(220V,264V)
그림 8 Gain slope of the load

90V ~ 264V로 점점 증가 할수록 부하 0.5A와 1.5A의 안정화는 점점 떨어졌으며, 2.5A ~ 3.0A에서 안정화 되었다가 3.5A에서 안정화가 줄어든 것을 볼 수 있다. 실험 결과 무부하와 과부하일 때에는 안정화가 떨어지는 것을 알 수 있었다.

3. 결론

보통 컨버터들은 입력전압이 높으면 전압스트레스로 인하여 전도손실을 증가하게 된다. 더욱이 넓은 입력전압 범위의 입력 전압을 가질 때 컨버터의 듀티(D)의 변화범위도 커지면서 전압 스트레스 문제, 변압기의 포화 등 여러 문제가 야기된다. 따라서 본 논문에서는 넓은 입력범위에서 최적화로 동작할 수 있는 컨버터로 플라이백 컨버터의 설계를 제안하였으며 고신뢰성을 입증하기 위해 소신호 해석을 통한 안정화 설계를 통하여 플라이백 컨버터를 제작, 실험하여 타당성을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 김희준, "스위치 모드 파워 서플라이," 성안당 1993
- [2] 전자기술연구회, 전원회로 설계 마스터, 기문사, pp285 ~ 331, 357 ~ 371(2003.5)
- [3] 김창선, "교번으로 영전압 스위칭되는 포워드, 플라이백 다중공진형 컨버터의 제어기," 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.16, No.5, pp.7-13, September 2002
- [4] J. Michael Jacob, "Power Electronics : Principles & Applications," DELMAR, 2001.