

진구식 형광등 안정기의 역률개선에 관한 연구

최재동* 오성엽 성세진 백동기
 충남대학교 전기공학과

A Study on the Power Factor Improvement of Ballast

J. D. CHOI* S. U. OH S. J. SEONG D. G. BAEK
 Dept. of Electrical Eng. Chung-Nam National University

ABSTRACT - This paper presents power factor and distortion improvement methods via active boost converter and mode select. This method not only reduces the current and voltage distortion but also the physical size and expected low cost. Optimum parameter values are derived to minimize the harmonise in the input current. A theoretical analysis, simulation and experimental results are presented.

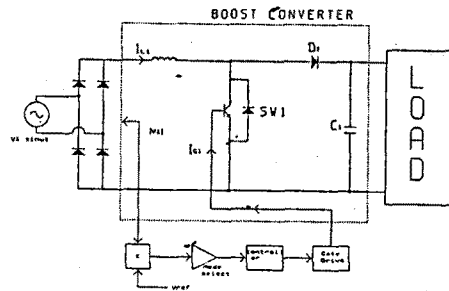


그림1. 시스템 전체 제어회로도

1. 서론

Boost converters는 고역률을 구현하기 위해 가장 널리 쓰이는 방식 중의 하나이다[1]-[4]. 이 방식은 정류기와 콘덴서 사이에 power factor correction을 삽입하여 리플과 함께 순간 전압 전압 파워 소스를 제공하고 커패시터는 파워라인으로부터 정현파 전류를 그리는 동시에 충전되어 질수 있다. Boost converter는 입력전압과 거의 동등한 지속적인 인덕터 전류를 정현파에 가까운 형태로 제어될 수 있다는 잇점을 가지고 있다. 따라서 unity power factor를 얻을 수 있다[1]. 그러나 여기에는 불가피한 단점이 있다. 그것은 출력전압이 입력 전압보다 훨씬 높으며 높은 전압 스위치와 다이오드가 요구되어지고 역률개선용 제어 IC를 사용함으로써 넓은 공간 영역 확보 필요성, 그리고 short보호 회로를 제공하지 못한다는 것이다.

본 논문에서는 그림2에 보여지는 것처럼 간단한 모드 선택 방식을 통하여 기본 전류 파형의 양쪽 부분을 보상함으로써 분명한 정현파는 아니지만 0.95이상의 고

역률을 실현함과 동시에 고정된 전류제어, 고정 듀티비를 이용하여 출력 전압의 상승 방지 및 short보호 회로를 갖는다. 또한 제어용 IC를 사용하지 않고 간단한 제어 방식을 이용하여 적은 비용, 적은 공간에서 만족할 만한 효과를 얻을 수 있고 최적 parameter에 값들이 입력 전류의 high power factor, 낮은 THD를 동시에 실현할 수 있도록 선택되어 졌다.

2. 제안된 제어회로의 해석

2.1 제어회로의 동작원리

그림2 는 역률개선통 제어회로를 나타내고 있다. 고정된 주파수의 펄스가 출력측으로부터 공급되고 이때 A점의 입력전압 $|V_1|$ 와 제너다이오드전압 V_Z 의차에 의해 발생하는 포토커플러의 순방향 전류 I_F 가 발생된다.

$$I_F = \frac{V_{R2} - V_Z}{R_F} \tag{1}$$

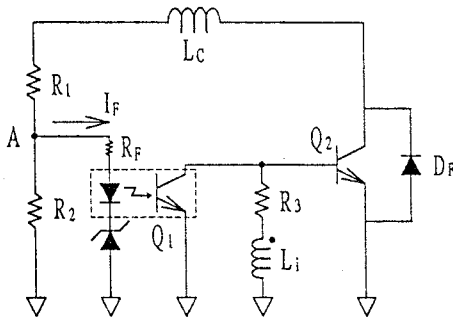


그림2. 전류모드선택 제어회로도

여기서 I_f 가 다이오드에 흐르면 포토커플러의 출력측이 ON되어 부분적인 short현상이 발생되어 출력측으로 부터 공급되는 펄스는 0가 되고 passive mode가 선택된다. $|V_i| < V_{ref}$ 면 I_f 가 발생되지 않아 본래의 boost converter로 동작하게 된다.

2.2 동작모드해석

이 컨버터는 모든모드에서 출력전압에 독립적으로 High Power Factor로 동작할수 있다. 그림 3은 두가지 동작모드로 나타낼수 있다.

i) $V_i < V_{ref}$ 일때 (V_{ref} 에 도달할때까지 boost모드로 동작한다.)

그림2-2에 보여지는 $0 \sim \theta_1$ (첫번째 boosting구간), $\pi - \theta_2 \sim \pi$ (두번째boosting구간)에서 입력전압이 설정 전압아래에 있을때 boost모드로 동작한다.

이때 boost구간에서 switching에 의해 강제적으로 전류 side lobe를 만들어 입력으로부터 그러지게 된다.

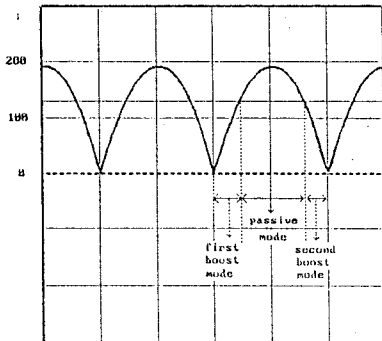


그림3. 기준전압과 입력전압

ii) $V_i > V_{ref}$ 일때 (Passive 모드로 동작한다.)

상승전압이 설정값에 도달했을때 스위칭 트랜지스터는 cut off되어 스위칭동작을 멈추게 되고 $\theta_1 \sim \pi - \theta_2$ 구간에서 Passive mode로 동작하게 된다.

정류된 ac는 인덕터를 통하여 Passive적으로 필터되어지고 출력으로 인가되어진다.

3.시간영역해석

여기서 2가지 모드가 존재한다. first,second boost 모드와 passive 모드, 즉 다시말하자면 $0 < \theta < \theta_1$ 동안 first boost모드와 $\pi - \theta_2 < \theta < \pi$ 동안 second boost모드 그리고 θ_1 과 $\pi - \theta_2$ 사이의 passive모드로 구별되어질수있다.

1. First boosting 동작 모드

불연속과 연속 인덕터 전류는 모두 그림 4에 보여지는 이상화된 회로에 흐른다. $t_{on} = DT$, $t_{off} = D'T$ 이기 때문에 한 스위치 주기동안 전류의 증가는 (연속동작에 있는 동안)

$$\Delta I = (V_i - D'V_0)T \quad (2)$$

만약 스위치 주기가 $T \rightarrow 0$ 이라면 적분형태로 쓰여질수 있다. $V_i = \sin t$ 와 $i(t_1) = 0$ 와 함께 방정식은

$$\int_0^{t_{100}} dt = \int_{t_0}^t \sin t dt - D'V_0 \int_{t_0}^t dt \quad (3)$$

방정식(3)의 적분은

$$i_1(t) = i_1 - \cos t - D'V_0 t \quad (4)$$

$$\text{여기서 } i_1 = \sqrt{1 - (D'V_0)^2} + D'V_0 \sin^{-1}(D'V_0) \quad (5)$$

2. Passive 동작모드

$$i_p(t) = i_{p(t_0)} + \int_{t_1}^t (\sin t - V_0) dt \quad (6)$$

를 나타낸다. 적분후에 방정식 (6)은

$$i_p(t) = i_1 + i_p - \cos t - V_0 t \quad (7)$$

$$\text{여기서 } i_p = DV_0 \sin^{-1} V_A \quad (8)$$

그리고 i_1 은 방정식 (5)에의해 정의되어졌다. Passive 동작 모드에 대한 방정식은 boost 모드에 대한 방정식과 같은 형태를 갖는다.

3. Second boosting 동작모드

$\pi - \theta_2$ 와 입력전압의 반주기의 끝 사이에 회로동작은 first boost주기 동안의 동작과 거의 흡사하다. second boost 모드동안 전류는

$$\int_{i_{2A,1}}^{i_{2A,2}} di = \int_{t_1}^{t_2} \sin t dt - D'V_0 \int_{t_1}^{t_2} dt \quad (9)$$

$$\text{방정식 (9)의 적분은 } i_{2(t)} = i_1 + i_p + i_2 - \cos t - D'V_0 t \quad (10)$$

$$\text{여기서 } i_2 = -DV_0(\pi - \sin^{-1}V_D) \quad (11)$$

4. 실험 결과 고찰

위 실험에서 사용된 부하는 27W용 진구식형광등이 이용되어졌다. 실험결과는 PM3000A에 의해 측정 분석되어졌다.

기본파 전압과 보상되어진 입력 전류파형이 그림(5),(6)에서 각각 나타내어지고 있다. 그림 6의 실험결과 파형에서 낮은 전압레벨에서 보상되어진 입력 전류파형을 보여주고 있다.

이 실험에서 측정된 Data는 다음과 같다.

L = 3mH	PF = 96.6
C = 22μF	THD = 12.06%
R = 540Ω	V crest factor = 1.383
f = 28 kHz	I crest factor = 1.579
Vi = 121.4V	P = 26.58W
Ii = 0.2187A	

표1. 실험에 사용된 파라미터와 측정데이터

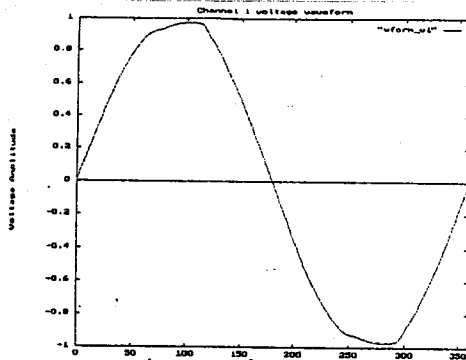


그림4. 입력전압파형

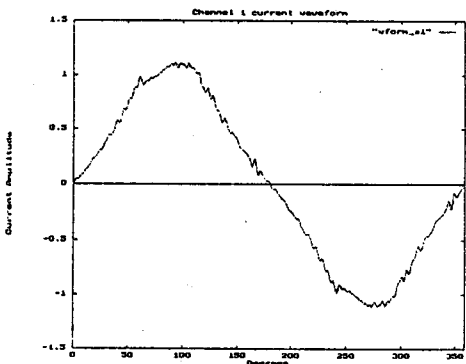


그림5. 입력전류 결과 파형

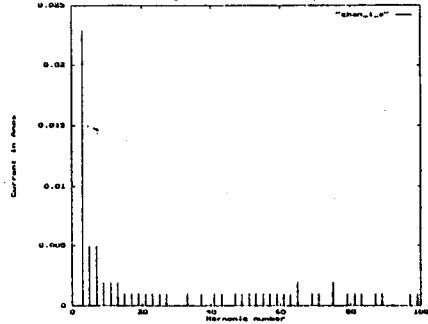


그림6. 입력전류 고조파 분석파형

5. 결론

본 연구에서는 낮은 전압레벨에서 전압을 검출하여 그 기간동안 boost converter power factor correction을 이용하여 전압을 보상함으로써 고역율, 저 THD 실험이 가능하게 됨을 입증하였다.

이러한 부분 제어 보상방식을 통하여 진구식 형광등 안정기, SMPS 등 여러가지 역률개선 목적의 전기기구에 적은 비용과 소형, 출력측 보호라는 측면에서 적합함을 보여주었다.

참고문헌

- [1] M.C. Ghanem, K. AL-Haddad and *G.Roy, "Unity Power Factor Scheme Using Cascade converters", IEEE Trans. Ind. NO 3, pp 936-940, May, 1993
- [2] Dragan Makisimovic, "DESIGN OF THE CLAMPED-CURRENT HIGH-POWER FACTOR BOOST RECTIFIER", IEEE pp 584-590, 1994
- [3] M.S Elmore, W.A. Peterson, S.D. Sherwood, "A Power Factor Enhancement Circuit", pp 407-414
- [4] Guan-chyum Hsieh and Jeng-Feng Tsai "Design of Power Factor Corrector for the off-Line Isolated Buck/Boost Converter by a Voltage-Follower Technique", IEEE pp 959-964, 1993
- [5] Hisahito ENDO, Takashi YAMASHITA, "A High-Power-Factor Buck Converter", IEEE PP 1071-1075, 1992
- [6] Jih-Sheng Lai, Don Hurst, "Switch-Mode Power Supply Power Factor Improvement Via Harmonic Elimination Methods", IEEE pp 415-422
- [7] Vlatko Vlatkovic, Dusan Borojcic, "INPUT FILTER DESIGN FOR POWER FACTOR CORRECTION CIRCUITS", IEEE pp 954-958, 1993