

단상제어형 3상 PWM 승압용 컨버터의 시뮬레이션

강옥중*, 김상돈*, 전중함**, 이광수***, 서기영***, 이현우***
 경남직업전문학교*, 대구보건대학**, 경남대학교 전기공학과***

Simulation of three phase PWM Boost converter

W.J. Kang*, S.D. Kim*, J.H. Chun**, K.S. Lee***, K.Y. Suh***, H.W. Lee***
 Kyung-Nam Bussiness Junior College*, Taegu Health College**, Kyung-Nam University***

Abstract - In the past, the PWM converter had a large switching loss by hard switching and difficult to high frequency operation. The resonance converter to decrease the switching loss and EMI is required the frequency control and needed to reduce the voltage or current stress at each parts.

So, this paper propose the 3-phase boost converter and the method to compensated input power factor by control the amplitude - an instantaneous value of the DC inductor current - and control the switching frequency that a modulation error by the ripple of the DC inductor current.

The proposed 3-phase PWM boost converter of single phase control type can takes higher capacity and compensate the power factor by using Feed back controller at each phase for the existing 3-phase bridge rectifier type. Moreover the 3-phase full bridge type using the rectifier at each 3-phase circuit will be small size reactor and compensate input power factor by minimize harmonic components of each phase.

에 의한 변조오차를 보상하는 스위칭주파수로 제어함으로써 입력 역률을 보상하는 방식을 취했다.

제안하는 단상제어형 3상 PWM 승압용 컨버터는 기존의 3상 브리지 정류방식에 대해 각상에 Feed back 제어를 둠으로써 역률을 개선한 대용량화를 기대할 수 있다.

2. 3상 PWM 승압형 컨버터

그림 1에 3상 승압형 컨버터의 회로구성을 나타낸다. 3상 전원(R, S, T), 각상 정류부 (B1, B2, B3), 승압용 리액터(L1, L2, L3), 스위칭 소자(S_{RS}, S_{ST}, S_{TR})로 구성되어 있다.

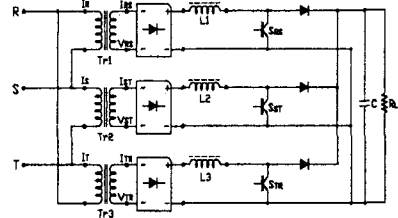


그림 1. 3상 승압형 컨버터의 회로

1. 서 론

스위칭 AC-DC컨버터 회로방식은 구성이 간단하고 출력제어범위가 넓고, 제어도 용이한 특징을 갖는 Boost up PWM 방식이 가장 일반적으로 이용되고 있다. 컨버터의 소형, 경량화, 고효율화의 방법으로 스위칭주파수를 고주파화 방법을 선택하며, 따라서 PWM컨버터는 하드 스위칭 동작에 의한 스위칭손실이 크고, 고주파화가 어렵다. 또한, 스위칭 손실 및 EMI를 감소시키는 공진형 컨버터는 일반적으로 주파수제어가 필요하고, 종래의 PWM 방식에 비해 각부품에 주어지는 전압 또는 전류의 스트레스가 크기 때문에 이것을 감소시켜야 하는 문제가 발생한다.

최근 위상차 PWM제어를 전류용 리액터를 이용하는 영전압스위칭을 이용하는 방법이 제안되었다. 이 방법은 스위칭 손실이 적고 고정주파수에서 출력제어가 가능하다는 잇점을 가지고 있지만, 경부하시에는 영전압스위칭이 어려우며, 스위칭소자 및 트랜스전류가 커지는 등의 문제점이 지적되고 있다. 일반적으로 3상 정류기는 입력량과 제어량의 상호관계가 복잡하여 제어 알고리즘을 간략화 하기가 어렵다. 또한, 3상 PWM컨버터를 역률 1로 제어하기 위해서는 교류입력측 고조파를 제거하고, 정확한 전압전압의 위상각이 필요로 한다. 따라서, 교류입력측에 LC필터가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 3상 승압형컨버터를 제안하며, 직류인덕터 전류의 순시치에 대응하는 진폭을 제어함으로써 직류인덕터 전류의 맥동

2.1 회로 해석

그림 1의 3상 승압형컨버터의 해석을 용이하게 하기 위하여 그림 2와 같이 단상에 대하여 해석을 행한다.

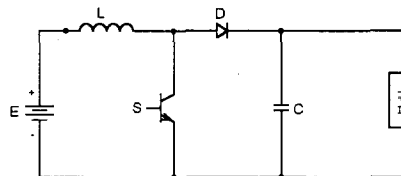


그림 2. 단상에 대한 등가회로

그림 2에서 스위칭소자의 ON시비율을 D로 표시하며 다음 식으로 나타낸다.

$$D = 1 - K_p |I_s| \tag{1}$$

K_p : 전류제어 신호, I_s : 입력전류

전류제어 신호 K_p 및 시비율 D 에 대한 조건은 $K_p > 0$, $0 \leq D \leq 1$ 이다.

스위칭주파수는 전원주파수에 대하여 충분히 높으며, 리액터의 저항분과 다이오드와 트랜지스터의 전압강하는 무시한다. 직류전압 E 는 맥동분이 일정한것으로 가정한다. 그림 2의 등가회로에서 트랜지스터의 ON시에 흐르는 전류를 I_{on} , OFF시에 흐르는 전류를 I_{off} , 리액터의 인덕턴스를 L 이라 하면 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$I_{on} = \int \frac{V_s}{L} dt, \quad I_{off} = \int \frac{1}{L} (V_s - E) dt \quad (2)$$

한 스위칭당 전류변화는 다음과 같다.

$$\frac{dI_s}{dt} = \frac{1}{L} (V_s - E - \frac{t_{off}}{t_{on} + t_{off}}) \quad (3)$$

입력전류 I_s 는

$$I_s = \frac{1}{L} \int (V_s - (1-D)E) dt \quad (4)$$

(1)식을 (4)식에 대입하고, $V_s = V_m \sin \omega t$ 를 대입하여 정리하면 다음과 같다.

$$I_s = \frac{V_m}{L} \cdot \frac{1}{\omega^2 + a^2} (a \sin \omega t - \omega \cos \omega t) + I_0 e^{-at} \quad (5)$$

여기서 I_0 는 I_s 의 초기치, $a = K_p \frac{E}{L}$ 이다.

여기서, $a \gg \omega$ 에서 식(5)을 정리하고, 제 1항의 ω^2 와 $\omega \cos \omega t$ 및 제 2항을 무시하면 다음과 같다.

$$I_s = \frac{V_m}{K_p E} \sin \omega t \quad (6)$$

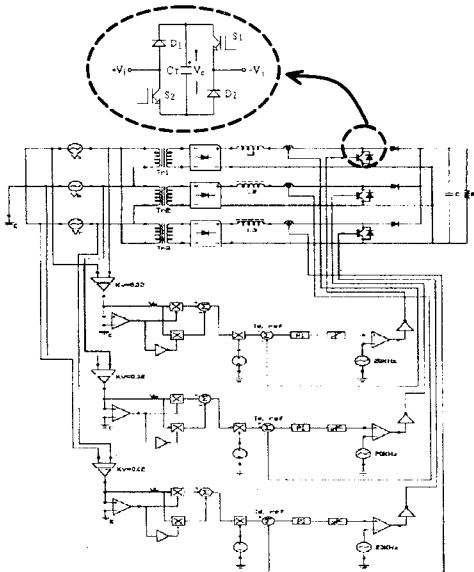


그림3. 3상 승압형 제어 회로구성
3. 시뮬레이션 결과 및 검토

위 식에서 입력전류 I_s 는 전원전압에 동기하는 정현파 파형으로 된다. 전류제어신호 K_p 를 가변함으로서 입력전류의 입력량을 제어할 수 있다.

그림 3은 3상 승압형 AC-DC 컨버터의 시뮬레이션에 의한 회로도이다. 각 상의 스위치 S는 입력 주파수의 반 사이클 안에 120°의 위상차를 가지고 동작하며, 제어 신호(V_{RS}^* , V_{ST}^* , V_{TR}^*)로 동작한다.

각 정류부는 입력전류 파형의 평균치를 이용하여 목표신호를 추종한 후 PWM(Pluse Width Modulation) 제어를 한다. 회로 해석과 모델링을 PSIM을 이용하여 시뮬레이션 하였다.

그림 4는 입력 전류와 입력전압의 파형이며, 그림 5는 출력단의 전압과 전류파형 및 게이트 입력 신호 파형을 나타낸 것이다.

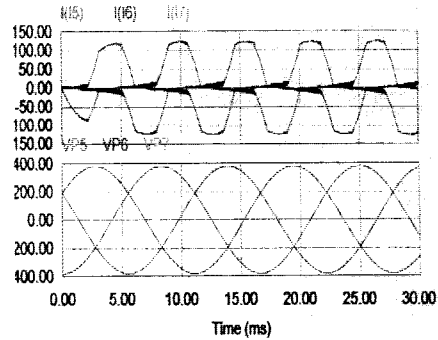


그림 4. 입력전류와 입력전압의 파형

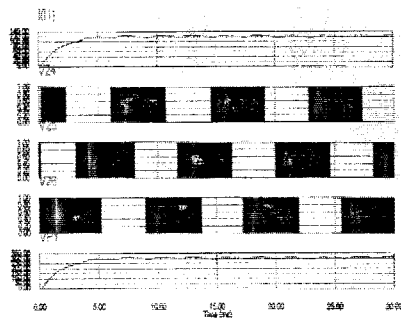


그림 5. 출력전압과 전류의 파형 및 제어신호

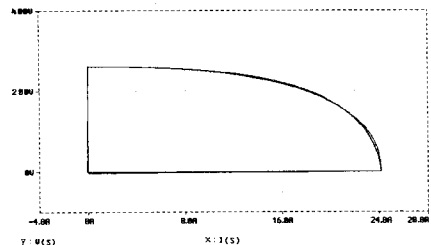


그림 6. 하드 스위칭의 스위칭 게직

(참 고 문 헌)

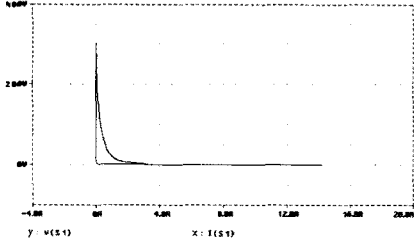


그림 7. 소프트 스위칭의 스위칭 궤적

그림 6, 7은 하드 스위칭과 소프트 스위칭의 스위칭 궤적을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 하드 스위칭일 때 보다 소프트 스위칭일 때가 손실이 적음을 알 수 있다.

- (1) F. C. Lee, : "Novel Zero-Voltage-Transition PWM Converters", IEEE PESC, pp.55-61(1992).
- (2) G.H.CHO, etal: "New group of ZVS PWM Converters operable on constant frequency and its application to power factor correction circuit", ibid 1441-1446(1992).
- (3) J.W.Kolar, H.Ertl & F.C.Zach, : "A novel single-switch three-phase AC/DC buck-boost converter with high-quality input current waveforms and isolated DC output", INTELEC, pp.407-414(1993).
- (4) Hyun-woo Lee, etal : "A Novel Quasi-Resonant PWM Converter with high power factor using lossless snubber", IEICE, PE, 33-60, pp.23-28 (1994).
- (5) 강옥중, 이현우 외 : " 3상 PWM 승압용 컨버터의 시뮬레이션", 대한전기학회 경남 지부 발표논문집, 1998.11

4. 결 론

본 논문은 3상 풀브리지방식에서 3상회로 각상에 대하여 정류회로를 적용함으로써 리액터를 소형화하고 각상의 고조파성분을 최소화함으로써 입력역률 개선하는 방법을 제안했다.

3상 제어에 있어서 입력량과 제어량의 상호 간섭에 의해 정확한 제어가 어려웠으나, 본 방식은 단상에 대하여 제어를 행함으로써 제어회로 및 승압 회로의 구성을 간략화 할 수 있었다.