

* 권순재 부산공업대학 황영문 부산대학교
 김광태 부산전문대학 김철우 부산대학교

Static VAR Compensator Using 3-Phase PWM Converter(II)

Kwon Soon Jae Kim Kwang Tae Whang Yong Moon Kim Cheul U
 P.I.N.T. P.J.C. Pusan National University

Abstract

A reactive power compensator which employs a 3-phase voltage source PWM converter is presented and analysed in this study.

In this study, instantaneous reactive power compensator by the theory of instantaneous real and imaginary power are theoretically studied how to compensate reactive power occurred by fundamental and harmonic reactive current. And we showed the compensation characteristic as well as the capacity of condenser.

1. 서론

무효전력 보상장치는 무효전력 발생원인 부하와 병렬로 접속하여 부하에서 발생하는 무효전류에 대하여 역상의 전류를 보상장치에서 부하로 흘려 기본파와 고조파 무효전류를 제거하므로써 기본파 역률이 1이 되도록 하는 방법이 많이 연구되고 있다. (3)~(5)

본 연구에서는 순시실전력과 순시허전력의 개념을 도입하여 (2) 무효전력의 보상방법을 이론적으로 규명하고 히스테리시스 컴퓨터방식에 의해 고조파 전류 억제를 대상으로 한 전압형 PWM 콘버터의 동작특성을 실험을 통하여 알아본다. 또한 콘버터에서 에너지 저장요소로 사용되는 콘덴서의 정전용량을 산정할 수 있는 방법을 알아본다.

2. 주회로 구성과 전류제어방식

그림 1은 보상장치의 기본구성도와 전류제어방식을 나타낸 것이다. 그림에서 부하는 생략하였으며 제어 전류 지령치 i_a^* 는 순시실전력 p , 순시허전력 q 와 전원전압 e_a, e_b, e_c 를 연산하여 얻는다. 즉 3상 전원전압을 2상 변환한 전압 e_a, e_b 에서 다음과

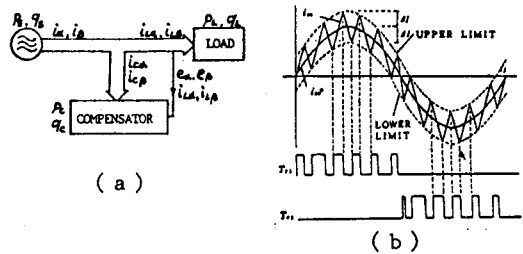


그림 1. 기본 구성도와 전류제어방식

같은 2상 전류지령치 i_a, i_b 를 얻을 수 있다. (1)

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_a & e_b \\ -e_b & e_a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_a & e_b \\ -e_b & e_a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} p_1 + p_h \\ q_1 + q_h \end{bmatrix} \quad (1)$$

i_a 만을 다시 쓰면

$$i_a = \frac{e_a}{e_a^2 + e_b^2} p_1 + \frac{-e_b}{e_a^2 + e_b^2} q_1 + \frac{e_a}{e_a^2 + e_b^2} p_h + \frac{-e_b}{e_a^2 + e_b^2} q_h \quad (2)$$

이 된다. 위 식에서 제1항과 제2항은 각각 기본파 유효전류와 무효전류를 나타내고 제3항과 제4항은 각각 고조파 유효전류와 무효전류를 나타낸다.

본 연구에서는 에너지 저장요소의 필요와 장치의 대용량화를 피하기 위해 식(2)에서의 제3항과 제4항을 보상하여 기본파 역률이 1이 되도록 하였다. 따라서 부하측의 순시무효전력만을 보상하므로 $p_2 = p_h, q_2 = 0$ 가 되어 보상전류는

$$\begin{bmatrix} i_{ca} \\ i_{cb} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_a & e_b \\ -e_b & e_a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ -q_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

가 된다. 또한 식(2)에서 제2항과 제3항 혹은 제2항과 제4항을 보상하는 경우에는 보상장치의 직류 콘덴서의 전압이 변하므로 전류제어에 영향을 주게 된다. 그러므로 제어의 안정성을 고려할 때 최소한 필요한 콘덴서의 용량이 결정되어야 한다.

3. 실험 및 고찰

그림 2는 실험 시스템의 구성을 나타낸 것이며 부하는 4상한 컨버터와 R-L 부하를 사용하였다

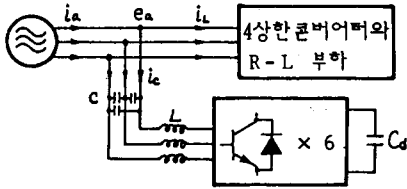
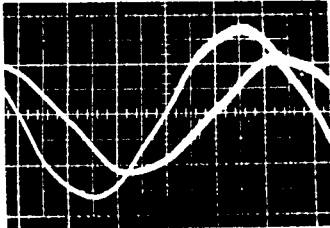


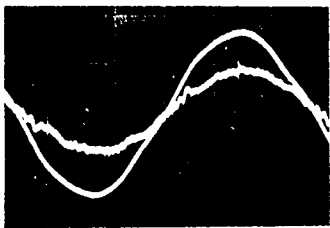
그림 2. 실험 시스템 구성

그림 3은 R-L 부하를 사용한 경우, 보상전의 전원속 전압과 전류파형 (a)과 보상후의 전원속 전압과 전류파형 (b)이다.



보상전 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

(a)



보상후 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

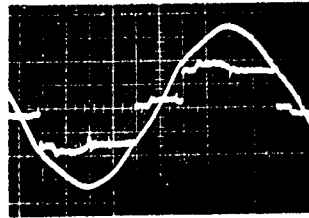
(b)

그림 3. R-L 부하시의 보상

그림에서와 같이 L 성분에 의해 전원전류의 위상이 60° 뒤져있는 상태에서 보상기를 동작시킨 결과 전원속 역률이 1이 되고 전원전류의 크기도 감소됨을 알 수 있다.

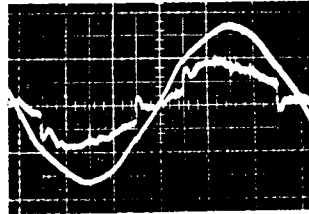
그림 4와 그림 5는 4상한 컨버터를 부하로 사용한 경우로서 그림 4는 컨버터의 제어각 α 가 0° 때이고 그림 5는 $\alpha = 30^\circ$ 일때의 보상전과 보상후의 전원속 전압과 전류파형을 각각 나타낸 것이다.

그림에서 보상후의 파형이 완전한 정현파가 되지 못한 것은 보상기의 스위칭 시에 발생하는 고조파 성분 때문이다. 또한 고조파를 완전히 보상하려면 콘덴서 전압이 맥동하므로 콘덴서의 정전용량을 결정해야 할 필요가 있다.



보상전 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

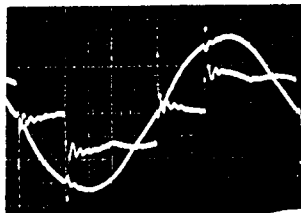
(a)



보상후 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

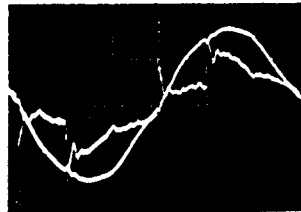
(b)

그림 4. 4상한 컨버터의 보상 ($\alpha = 0^\circ$)



보상전 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

(a)



보상후 전원속 전압 전류파형
50 V/div
2 A/div

(b)

그림 5. 4상한 컨버터의 보상 ($\alpha = 30^\circ$)

4. 결 론

부하로서 4상한 컨버터와 R-L 부하를 사용하여 부하측 전압전류가 정현파인 경우와 비정현파인 경우에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다

- (1) 무효전력을 발생케 하는 부하전류의 기본파 성분은 물론 고조파 성분도 보상기에서 공급하므로써 부하측의 역률과는 무관하게 전원속 기본파 역률은 항상 1이 된다.
- (2) 콘덴서 전압의 맥동을 줄이기 위한 콘덴서의 용량은 보상대상 i_a 의 진폭과 주파수로서 결정할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- (1) 김철우, 권순재, 김광택 : 3상 PWM 컨버터에 의한 정지형 무효전력 보상장치의 동작특성, 88년 전기전자공학 학술대회 논문집
- (2) H.Akagi, Y.Kanazawa : Generalized Theory of The Instantaneous Reactive Power and its Application, Trans. IEE of Japan, Vol.103, No.7(1983)
- (3) A.Watanabe, Y.Kokai : Combined Control Static VAR Compensator and HVDC Converter, IEEE IPEC(1983)
- (4) I.Moran, P.Ziogas : Analysis and Design of a 3 Phase Synchronous Solid State VAR Compensator, IEEE Ind.App. Society Annual Meeting(1987)
- (5) D.E.Steeper, R.P.Stratford : Reactive Compensation and Harmonic Suppression for Industrial Power System Using Thyristor Converters, IEEE Trans. Ind. App. Vol. IA-12, No.3(1976)