

왜형된 전원조건을 고려한 단상 능동 직렬형 전압 보상기의 제어 알고리즘

김정근* 정영국* 김영철* 임영철**

*대불대학교 전기공학과 **전남대학교 전기공학과

Control Algorithm of Single Phase Active Series Voltage Compensator Considering Distorted Power Conditions

Jung-Kun Kim* Young-Gook Jung* Young-Cheol Kim* Young-Cheol Lim**

*Dept. of Electrical Eng. Daebul University **Dept. of Electrical Eng. Chonnam National University

Abstract - 본 연구에서는 과도상태와 정상상태에서 고조파 보상특성이 우수한 순시전력이론을 단상에 적합하게 수정한 후, 순시전압강하 보상 기능을 갖는 단상 하이브리드형 직렬 능동전력필터의 제어에 적용하였다. 제안된 알고리즘은 전원전압이 순간적으로 왜형 및 강하되더라도 비선형 부하에 인가되는 전압은 항상 일정치를 갖는 정현파로 제어 가능하며 동시에 전원전류의 고조파와 기본파 무효전류도 보상 가능하다. 정상상태와 과도상태에서 전력전자전용 시뮬레이터인 PSIM에 의해 제안된 이론의 타당성을 입증하였다.

기본파 전류 그리고 고조파 전류 성분이다.

단상으로 부터 2상을 구하기 위해서 (1)과 (2)의 전압과 전류를 각각 90° 지연시킨 성분을 생각할 수 있고, 따라서 (4)와 (5)와 같은 α-β 정직좌표에서의 2상 성분이 구해진다.

$$\begin{bmatrix} e_\alpha \\ e_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e(\theta) \\ e(\theta - 90^\circ) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2}E\sin\theta \\ -\sqrt{2}E\cos\theta \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i(\theta) \\ i(\theta - 90^\circ) \end{bmatrix} \quad (5)$$

순시유효전력p과 순시무효전력q는 3상 시스템과 같은 형태로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \hat{p} \\ \hat{q} \end{bmatrix} \quad (6)$$

p와 q는 저역통과필터(LPF)를 거치게 되면 \bar{p} (p의 직류성분)과 \bar{q} (q의 직류성분)가 구해지며, PLL(Phase locked loop)에 의해 전원전압과 동기된 $\sin\theta$ 와 90° 위상차가 나는 $\cos\theta$ 로 부터 순시유효전류와 순시무효전류는 다음으로 구할 수 있다.

$$i_p = \bar{p}\sin\theta \quad (7)$$

$$i_q = \bar{q}(-\cos\theta) \quad (8)$$

i_p 와 i_q 의 합으로 기본파 전류성분 i_f 가 얻어지며 결국 고조파 보상전류 성분 i_h 는 (10)으로 표현된다.

$$i_f = \bar{p}\sin\theta + \bar{q}(-\cos\theta) \quad (9)$$

$$i_h = i_s - i_f \quad (10)$$

이상에서 나타낸 전원전류의 고조파 성분 연산과정과 PLL에 의해 전원전압의 $\sin\theta$ 와 $-\cos\theta$ 성분을 검출하는 블록선도를 각각 그림1과 그림2에 나타내었다.

1. 서 론

순시전력이론[1]은 고조파 및 기본파 무효전력을 과도상태와 정상상태에서 순시적으로 보상할 수 있기 때문에 현재 능동전력필터등과 같은 전력품질 개선 시스템에 광범위하게 적용되고 있다. 이와 같은 순시전력이론은 상변환 행렬에 의해 순시전압 및 순시전류의 α 성분과 β 성분이 해석되므로 3상과 같은 다상 시스템에 적합한 이론이다. 그러나 순시전압과 순시전류의 α 성분과 β 성분을 연산하기 위한 상변환 행렬을 수행할 수 없기 때문에 단상에는 순시전력이론을 적용할 수 없다.[2] 따라서 단상의 전력품질개선 시스템을 구현하기 위해서는 전압과 전류를 1주기 동안 샘플링한 후 그 평균치로 보상기 준치를 연산하는 평균전력이론[3]이 주로 적용되고 있다. 1주기 평균치에 의한 방법은 과도상태에서의 보상 성능을 저하시키는 원인이 된다.

본 연구에서는 고조파 및 무효전력 보상 특성이 우수한 순시전력이론을 단상에 적합하게 수정한 후, 순시전압강하 보상 기능을 갖는 단상 하이브리드형 직렬 능동 전력필터[4-5]의 제어에 적용하였다. 제안된 알고리즘은 전원전압이 순간적으로 왜형 및 강하되더라도 비선형 부하에 인가되는 전압은 일정치의 정현파로 제어 가능하며 동시에 전원전류의 고조파와 기본파 무효전류도 보상 가능하다. 정상상태와 과도상태에서 전력전자전용 시뮬레이터인 PSIM에 의해 제안된 이론의 타당성을 입증하였다.

2. 이 론

2.1 고조파 전류 검출 알고리즘

단상의 비선형 부하 시스템에 인가되고 있는 순시전압과 순시전류는 (1)과 (2),(3)로 각각 표현 가능하다.

$$e_s = \sqrt{2}E\sin\theta \quad (1)$$

$$i_s = \sum \sqrt{2}I_m \sin(n\theta - \varphi_n) \quad (2)$$

$$= i_p + i_q + i_h = i_f + i_h \quad (3)$$

여기서 i_p , i_q , i_f , i_h 는 각각 유효전류, 기본파 무효전류,

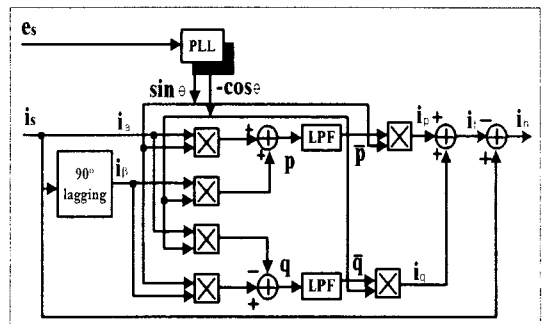


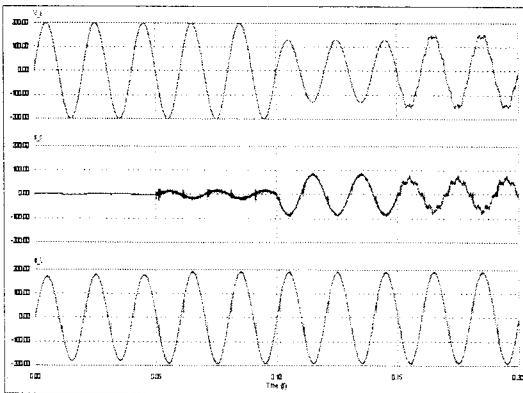
Fig.1 Block diagram for detecting harmonics of source current

의해서 직류전압이 제어되는 싸이리스터 제어정류기를 사용하였다.

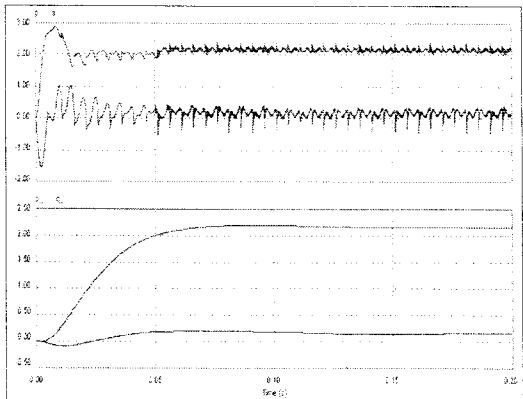
4. 결과 및 고찰

그림6(a)는 200V의 전원전압이 순간적으로 130V로 전압강하 한 후 곧바로 전압왜형이 연속적으로 진행되어 지는 경우, 제안된 알고리즘에 의한 능동형 직렬 전압 보상기의 보상결과를 보여주고 있다. 전원조건에 따라서 보상전압이 적절하게 발생되고 있으며, 부하단의 전압은 항상 일정하게 유지되고 있다. 그림6(b)는 단상에 적용한 순시전력이론에 의해 순시전력 p 와 q 그리고 \bar{p} 와 \bar{q} 를 연산한 파형을 보여주고 있다. 3상의 경우와 비교해 볼 때 p 와 q 는 동일한 파형을 가지고 있다. 또한 그림6(c)와 (d)는 제안된 알고리즘으로 고조파 전류를 보상한 결과를 파형과 FFT스펙트럼으로 나타내고 있다. 보상 후의 전위전류는 정현파로 되며 FFT 결과에서 본 바와 같이 고조파가 제거됨을 알 수 있다.

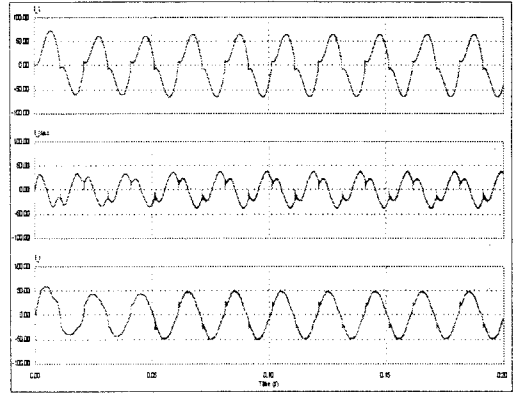
단상 200V의 정현파 전압이 비선형 부하계통에 인가되고 있는 경우, 제안된 알고리즘에 의해 왜형된 전압의 sag를 보상한 결과를 그림7에 나타내고 있다. 5주기동안에 순간적으로 왜형된 전압 sag는 그림7에서 보는 바와 같이 단상 능동형 직렬 전압 보상기에 의하여 순시적으로 보상되고 부하에는 전원전압의 조건과 무관하게 항상 일정한 정현파 전압이 공급되고 있음을 알 수 있다.



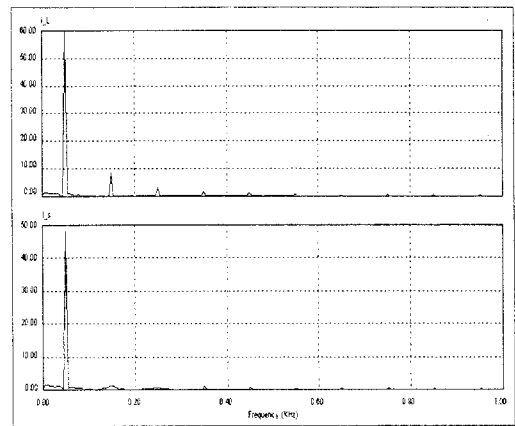
(a) Voltage (v_s , v_c , v_L)



(b) Instantaneous power (p , q , \bar{p} , \bar{q})

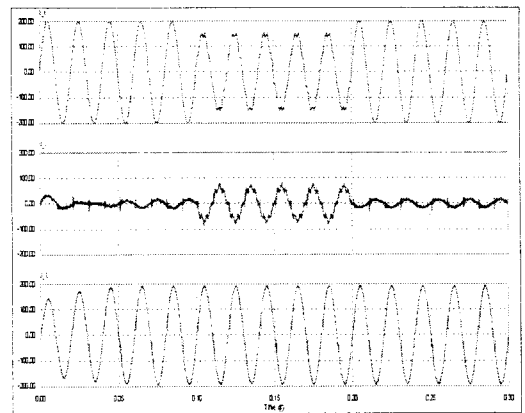


(c) Current (i_L , i_{ref} , i_s)



(d) current FFT spectrum (i_L , i_s)

Fig.6 Compensation results for instantaneous voltage sag and distortion



voltage (v_s , v_c , v_L)

Fig.7 Compensation results for instantaneous distorted voltage sag

결국 제안된 알고리즘으로 왜형되고 전압sag가 순차

적으로 또는 이 두 조건이 동시에 존재하더라도 부하단의 전압은 일정하게 유지되고, 또한 전원전류는 전원전압과 동상이며 고조파가 제거된 정현파로 제어 가능함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 3상 시스템의 순시전력이론을 단상에 적합하게 수정된 알고리즘에 의하여 제어되는 순시전압강하 보상 기능을 갖는 단상 하이브리드형 직렬 능동전력필터를 제안하였다. 단상을 α - β 2상으로 변환한 후 순시유효전력 p 과 순시무효전력 q 를 구하였다. 또한 저역통과필터에 의한 p 와 q 의 직류성분 \bar{p} 와 \bar{q} 를 전원전압의 $\sin\theta$ 과 $\cos\theta$ 성분과 각각 곱하여 유효전류와 기본파 무효전류 성분을 구할 수 있었다. 순간적인 전원전압의 왜형과 sag가 발생하더라도 비선형 부하에 인가되는 전압은 일정한 정현파로 제어 가능하였고 동시에 전원전류의 고조파와 기본파 무효전류도 보상 가능하였다.

본 연구는 한국과학재단 지정 전남대 고품질전기전자부품 및 시스템 연구센터 연구비 지원에 의하여 연구된 결과의 일부임.

(참 고 문 헌)

- [1]H.Akagi,H.Fujita,"Control Strategy of Active Power Filters using Multiple Voltage Source PWM Converter",IEEE Trans.,IA-22,pp.460-465,1986
- [2]J.Liu,J.Yang,"A New Approach for Single Phase Harmonic Current Detecting and Its Application in a Hybrid Active Power Filter", IEEE IECON, pp.849-854, 1999
- [3]C.Lin, W.Su, "Operation Strategy of Hybrid Harmonic Filter in Demand Side System", IEEE IAS, pp.1862-1866,1995
- [4]G.Blaizszczak,"Direct Method for Voltage Distortion Compensation in Power Networks by Series Converter Filter", IEE Proc. -Electr. Power Appl., Vol.142, No.5, pp.308-312, 1995
- [5]M.M.Oliveira, A.Ekstrom,"Applying Switches and Compensators based on Power Electronics for Mitigating Voltage Interruptions and Sags Distribution Systems", EPE (Lausanne),1999.