

배전용 정지형 보상기의 상태관측기를 이용한 순시 유효/무효전력 보상

論 文
57-8-11

Instantaneous Active/Reactive Power Compensation of Distribution Static Compensator using State Observer

金亨修* · 崔鐘宇†
(Hyeong-Su Kim · Jong-Woo Choi)

Abstract - DSTATCOM(distribution static compensator) is one of the custom power devices, and protects a distribution line from unbalanced and harmonic current caused by non-linear and unbalanced loads. Researches about DSTATCOM are mainly divided two parts, one is the calculation of compensation current and the other part is the current control. Conventional researches use a LPF(low pass filter) to eliminate ripple component at the calculation of compensation current. But this method has a problem that LPF's characteristics restrict the compensation performance of instantaneous active and reactive power. This paper proposes a calculation of compensation current using state observer that can be a counterproposal of conventional methods using LPF. Improved performance of instantaneous active and reactive power compensation was shown by experiments.

Key Words : DSTATCOM, State observer, Unbalanced load, Custom Power Devices

1. 서 론

배전용 정지형 보상기는 대용량 변동 부하, 비선형 부하 또는 불평형 부하로 인한 고조파 전류와 불평형 전류가 계통으로 유입되는 것을 보상함으로써 배전선로를 보호한다. 배전용 정지형 보상기에 대한 기존의 연구들은 크게 전원측과 부하측의 전압, 전류로부터 배전용 정지형 보상기의 전류 지령치를 계산하는 부분에 대한 연구[1,2,3]와 실제 전류 제어 수행하는 부분에 관한 연구[4,5,6]로 나누어 진행되고 있다. 이 중 전류의 지령치를 계산하는 부분에 대한 연구에서, 기존의 방법들은 일정한 값에 포함된 맥동성분과 고조파 성분 및 잡음을 제거하기 위해 저역통과필터(low pass filter: LPF)를 사용한다. 특히 전원 전압이나 부하 전류가 불평형한 조건하에서 배전용 정지형 보상기가 동작할 때 순시 유효전력 및 직류단 커패시터 전압에서 발생하는 전원전압 주파수의 2배에 해당하는 맥동을 제거하기 위해 사용되는 저역통과필터는 그 차단주파수가 매우 낮아 필터가 가진 고유한 특성이 배전용 정지형 보상기의 동특성에 제약을 가하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 저역통과필터를 사용한 전류 지령치의 계산방법이 가진 문제점을 개선한 상태관측기를 이용한 전류 지령 계산방법을 제안하고, 실험을 통해 제안된 방법의 우수성을 입증한다.

2. 기존의 저역통과필터를 이용한 전류지령 계산

배전용 정지형 보상기는 직류단 커패시터 커패시터와 인버터, 그리고 배전계통과 배전용 정지형 보상기를 연결시켜 주고 인버터에서 발생하는 스위칭 노이즈가 배전계통에 영향을 주지 않도록 하는 결합 인덕터(interface inductor)로 구성되어 있다. 배전용 정지형 보상기는 배전용 급전선로에 병렬로 연결되며 부하의 특성으로 인하여 발생하는 고조파를 효율적으로 경감시킬 수 있는 능동형 전력필터(active power filter: APF)의 기능을 하며 전로 전압과 90도의 위상차를 가지는 전류의 유입을 통하여 무효 전력을 제어함으로써 역률을 조정하는 기능을 행한다.

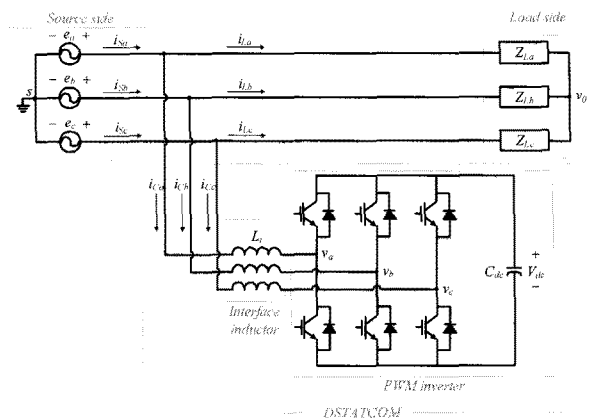


그림 1 배전계통과 배전용 정지형 보상기의 회로구성
Fig. 1 Circuit diagram of distribute power system and DSTATCOM

* 非 會 員 : (주)포스콘 技術研究所 研究員 · 碩 卒

† 교신저자, 正 會 員 : 慶 北 大 電 子 電 氣 컴퓨터學部 副 敎 授 · 工 博

E-mail : jwchoi@ee.knu.ac.kr

接受日字 : 2008年 2月 29日

最終完了 : 2008年 6月 27日

본 논문의 배전용 정지형 보상기는 배전계통을 3상 3선식으로 가정한다. 그림 1은 3상 3선식 배전계통에 설치된 배전용 정지형 보상기의 회로구성이다. 여기서 e_a, e_b, e_c 와 i_{Sa}, i_{Sb}, i_{Sc} 는 배전계통의 전원측 $a-b-c$ 상전압과 상전류이고 i_{La}, i_{Lb}, i_{Lc} 는 부하측 전류, Z_{La}, Z_{Lb}, Z_{Lc} 는 각 상의 부하 임피던스이다. v_a, v_b, v_c 와 i_{Ca}, i_{Cb}, i_{Cc} 는 배전용 정지형 보상기의 출력전압과 출력전류이고, V_{dc}, v_0, L_i 는 각각 직류단 커패시터 전압, 부하측 중성단 전압, 배전용 정지형 보상기 결합 인덕터의 인덕턴스이다.

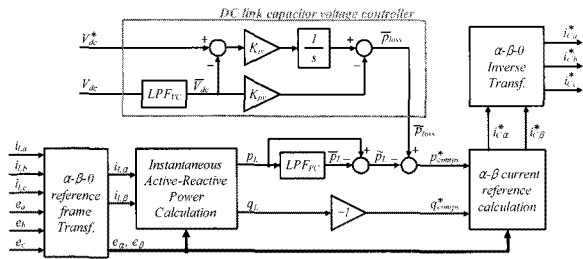


그림 2 배전용 정지형 보상기의 전류지령 계산 블록도
Fig. 2 Block diagram of reference current calculation for DSTATCOM

배전용 정지형 보상기는 부하측 3상 전압과 전류 그리고 직류단 커패시터의 전압을 측정하여 제어과정을 거쳐 인버터를 통해 배전계통으로 원하는 전류를 주입하는데 이러한 배전용 정지형 보상기의 제어과정은 보상할 전류의 지령치를 계산하는 부분과 전류 지령치를 입력으로 받아 실제 전류를 제어할 전류제어기 부분으로 크게 나눌 수 있는데, 배전용 정지형 보상기의 전류 지령을 계산하는 방법에 대한 블록도는 그림 2와 같다.

배전용 정지형 보상기의 전류 지령은 인버터의 직류단 커패시터 전압을 일정한 동작점으로 유지하기 위한 전류 지령과 전원측 유효전력의 맥동성분과 무효전력을 보상하기 위한 전류 지령의 합으로 구성된다. 직류단 커패시터 전압을 일정한 동작점으로 유지시켜야 하는 이유는 배전용 정지형 보상기가 배전계통의 전류를 보상하려면 계통으로 주입되는 보상전류를 제어할 수 있어야 하는데 그러기 위해서는 직류단 커패시터의 전압이 최소한 계통의 선간 전압과 보상시 결합 인덕터에서 발생하는 역기전력의 합보다 높아야 하기 때문이다. 따라서 그림 1과 같이 직류단 커패시터와 병렬로 연결된 별도의 전원장치가 없는 배전용 정지형 보상기의 경우 계통전원으로부터 직류단 커패시터 전압을 일정한 동작점이 될 수 있게 승압시키고 그 동작점이 유지되도록 제어해야 한다.

그림 2에서 알 수 있듯이 기존의 배전용 정지형 보상기의 전류지령 계산방법에는 저역통과필터가 두 곳에서 사용되고 있다. LPF_{PC} 는 순시 유효전력으로부터 평균 유효전력을 제외한 나머지 보상해주어야 할 성분을 추출해 내기 위해 사용되는 저역통과필터이다. 맥동 및 잡음이 포함된 순시 유효전력으로부터 평균 유효전력을 구하고 이 값과 순시 유효전력과의 차를 계산해 유효전력의 보상분을 구한다. 순시 유효전력에 포함된 맥동 및 잡음 중 전원전압이 불평형하거나 부하전류가 불평형할 경우 부하측 순시 유효전력에

발생하는 전원전압 주파수의 두 배에 해당하는 맥동은 고조파 전류에 의한 맥동이나 잡음에 비해 그 주파수가 낮기 때문에 저역통과필터의 차단주파수를 정하는 기준이 된다. 저역통과필터를 통과한 순시 유효전력은 저역통과필터의 차단주파수(ω_{cv_LPF})가 낮을수록 그리고 저역통과필터의 차수가 높아질수록 맥동이 많이 줄어들는데, 이 때 유효전력에 급격한 변화가 없다면 문제되지 않겠지만, 대용량 부하의 투입 또는 탈락과 같은 부하의 급격한 변동이 발생하면 유효전력도 급변하게 된다. 이와 같은 경우에 저역통과필터의 차단주파수가 낮으면 과도상태 제어 성능이 나빠진다. 그리고 필터의 차단주파수를 높이면 맥동을 제대로 걸러내지 못하게 되는 문제점을 가지고 있다.

LPF_{VC} 는 직류단 커패시터 전압제어기에서 사용되는 저역통과필터이다. 유효전력의 맥동을 보상하게 되면 인버터의 직류단 커패시터 전압에도 전원전압 주파수의 2배에 해당하는 전압맥동이 발생한다. 이와 같이 맥동이 발생한 직류단 커패시터 전압을 제어기의 입력으로 그대로 사용하면 직류단 커패시터 전압을 일정하게 유지하기 위한 지령값과 유효전력의 맥동을 보상하기 위한 지령값이 서로 상쇄되어 유효전력의 맥동을 보상할 수 없게 된다. 따라서 이러한 현상을 막기 위해 저역통과필터를 사용해 맥동이 포함된 직류단 커패시터 전압으로부터 평균전압을 구해 이를 제어기 입력으로 사용한다. 하지만 이 경우 저역통과필터에서 발생하는 시지연이 시스템의 안정도에 영향을 미치게 된다. 그림 2의 직류단 커패시터 전압제어기에서 저역통과필터가 없을 경우 직류단 커패시터 전압지령에 대한 직류단 커패시터 전압의 전달함수 $T(s)$ 는 식(1)과 같고, 이 때 비례이득 및 적분이득은 식(2)와 같이 구할 수 있다. 이 경우 제어기의 대역폭(bandwidth), ω_{cv} 는 식(3)과 같이 정해진다.

$$T(s) = \frac{V_{dc}(s)}{V_{dc}^*(s)} = \frac{\frac{K_{iv}}{C_{dc}V_{dc0}}}{s^2 + \frac{K_{pv}}{C_{dc}V_{dc0}}s + \frac{K_{iv}}{C_{dc}V_{dc0}}} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n + \omega_n^2} \quad (1)$$

$$K_{pv} = 2\zeta\omega_n C_{dc}V_{dc}^* \quad (2)$$

$$K_{iv} = \omega_n^2 C_{dc}V_{dc}^* \quad (2)$$

$$\omega_{cv} = \omega_n[(1-2\zeta^2) + \sqrt{4\zeta^4 - 4\zeta^2 + 2}]^{1/2} \quad (3)$$

직류단 커패시터 전압제어기 내부에 저역통과필터 LPF_{VC} 가 존재하고 차단주파수(cutoff frequency)가 ω_{cv_LPF} 일 경우 직류단 커패시터 전압제어기의 전달함수 $T(s)$ 는 식(4)과 같이 나타낼 수 있다. 여기서 Routh-Herwitz criterion을 이용해 직류단 커패시터 전압제어기가 안정할 조건을 구하면 식(5)와 같다.

$$T(s) = \frac{V_{dc}(s)}{V_{dc_LPF}^*(s)} = \frac{\frac{K_{iv}(s + \omega_{cv_LPF})}{C_{dc}V_{dc0}}}{s^3 + \omega_{cv_LPF}s^2 + \frac{K_{pv}\omega_{cv_LPF}}{C_{dc}V_{dc0}}s + \frac{K_{iv}\omega_{cv_LPF}}{C_{dc}V_{dc0}}} \quad (4)$$

$$\omega_{cv_LPF} > \frac{K_{iv}}{K_{pv}} \quad (5)$$

그리고 식(5)에 식(2)와 식(3)을 대입하면, 아래 식(6)와 같이 저역통과필터의 차단주파수와 직류단 커패시터 전압제어기의 대역폭의 관계식을 구할 수 있다.

$$\omega_{cv} < \left\{ 2\zeta \sqrt{(1-2\zeta^2) + \sqrt{4\zeta^4 - 4\zeta^2 + 2}} \right\} \omega_{cv_LPF} \quad (6)$$

앞에서도 언급했다시피 저역 통과 필터가 맥동을 걸러내는 능력은 차단주파수가 낮을수록 좋아진다. 하지만 식(6)으로부터 알 수 있듯이 차단주파수가 낮아짐에 따라 직류단 커패시터 전압제어기의 대역폭도 같이 낮아져야 하고, 이는 저역 통과 필터의 차단주파수가 시스템의 동특성에 제약을 가한다는 것을 의미한다. 이와 같이 저역 통과 필터를 사용해 보상전류 지령을 계산하는 방법은 시스템의 안정도와 동특성에 영향을 끼치는 문제점을 가지게 된다.

3. 제안된 상태관측기를 이용한 전류지령 계산

전원전압이 불평형 하거나 부하전류가 불평형할 경우 유효전력과 직류단 커패시터 전압에는 전원전압 주파수의 두배의 주파수를 가진 맥동이 발생한다. 이와 같이 특정 주파수의 맥동이 포함된 신호는 식(7)과 같이 평균값 $x_{avg}(t)$ 과 맥동분 $x_{rip}(t)$ 의 합으로 나타낼 수 있다.

$$x(t) = x_{avg}(t) + x_{rip}(t) = D + R \cos(\omega_{rip}t) \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_{avg}(t) = D \\ x_{rip}(t) = R \cos(\omega_{rip}t) \end{cases}$$

그리고 식(7)과 같은 신호에 대한 상태관측기를 구성하기 위해 맥동분에 대해 위상이 90° 뒤진 신호인 $x_{rip_quad}(t)$ 가 있다고 가정하면 이는 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.[7]

$$x_{rip_quad}(t) = R \sin(\omega_{rip}t) \quad (8)$$

$x_{avg}(t)$, $x_{rip}(t)$, $x_{rip_quad}(t)$ 를 각각 미분하면 식(9)와 같고,

$$\frac{dx_{avg}(t)}{dt} = 0$$

$$\frac{dx_{rip}(t)}{dt} = -\omega_{rip}R \sin(\omega_{rip}t) = -\omega_{rip}x_{rip_quad}(t) \quad (9)$$

$$\frac{dx_{rip_quad}(t)}{dt} = \omega_{rip}R \cos(\omega_{rip}t) = \omega_{rip}x_{rip}(t)$$

식(10)과 같이 평균값과 맥동분 그리고 맥동분에 90° 뒤진 신호를 상태 변수로 하는 상태방정식과 식(11)의 출력방정식을 구할 수 있다.

$$\dot{\hat{x}} = \mathbf{A}\hat{x} + \mathbf{B}u \quad (10)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega_{rip} \\ 0 & \omega_{rip} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix}$$

$$y = \mathbf{C}\hat{x}$$

$$y = x(t) = [1 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix} \quad (11)$$

식(9), 식(10), 식(11)을 이용해 상태관측기 방정식을 세우면 식(12)와 같다.

$$\dot{\hat{x}} = \mathbf{A}\hat{x} + \mathbf{B}u + \mathbf{L}(y - \mathbf{C}\hat{x}) \quad (12)$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\omega_{rip} \\ 0 & \omega_{rip} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix} \left\{ x(t) - [1 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} \hat{x}_{avg} \\ \hat{x}_{rip} \\ \hat{x}_{rip_quad} \end{bmatrix} \right\}$$

여기서 $\mathbf{L} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix}$ 은 비레이득인데 상태관측기 오차 특성방정식

정식 근에 따라 설정된다. 위 상태방정식의 오차 특성방정식은 식(13)와 같다.

$$\det[s\mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{L}\mathbf{C})] = \det \begin{bmatrix} s + l_1 & l_1 & 0 \\ l_2 & s + l_2 & \omega_{rip} \\ l_3 & -\omega_{rip} + l_3 & s \end{bmatrix} = s^3 + (l_1 + l_2)s^2 + \omega_{rip}(l_3 - l_2)s + l_1\omega_{rip}^2 = 0 \quad (13)$$

상태관측기의 오차가 맥동 없이 '0'으로 수렴하고, 비레이득을 손쉽게 구하기 위해 오차 특성방정식의 세 개의 근을 3중근 α 로 둔다. 이 경우 식(14)의 관계가 성립되고 상태관측기의 비레이득은 식(15)와 같이 3중근 α 에 의해 결정된다.

$$(s + \alpha)^3 = s^3 + 3\alpha s^2 + 3\alpha^2 s + \alpha^3 = s^3 + (l_1 + l_2)s^2 + \omega_{rip}(l_3 - l_2)s + l_1\omega_{rip}^2 \quad (14)$$

$$\mathbf{L} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\alpha^3}{\omega_{rip}^2} \\ 3\alpha - \frac{\alpha^3}{\omega_{rip}^2} \\ \omega_{rip} - \frac{3\alpha^2}{\omega_{rip}} \end{bmatrix} \quad (15)$$

그림 3은 식(12)의 상태관측기에 대한 블록도이다. \hat{x}_{avg} 출력 앞 단에 고주파 잡음에 대한 대책으로 저역 통과 필터가 추가되었다.

이렇게 설계된 상태관측기는 그림 2와 같은 기존의 전류지령 계산과정에서 저역 통과 필터의 역할을 대신하게 된다. 이 때 ω_{rip} 는 전원전압의 주파수의 2배가 된다. 상태관측

기는 비례이득을 조정해서 원하는 동특성을 얻을 수 있어 제어기 전체의 동특성에 제약을 가하지 않고, 평균값과 맥동성분에 대한 완벽한 추정이 가능해서 배전용 정지형 보상기의 보상성능을 개선할 수 있다.

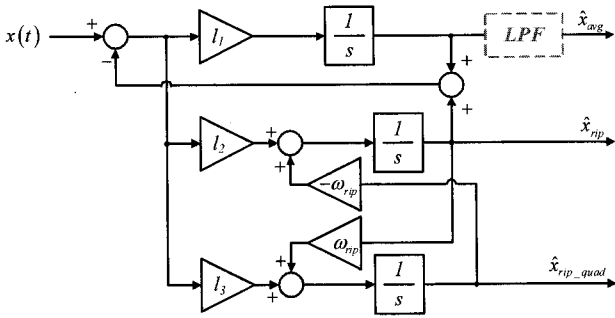


그림 3 상태관측기의 블록도
Fig. 3 Block diagram of state observer.

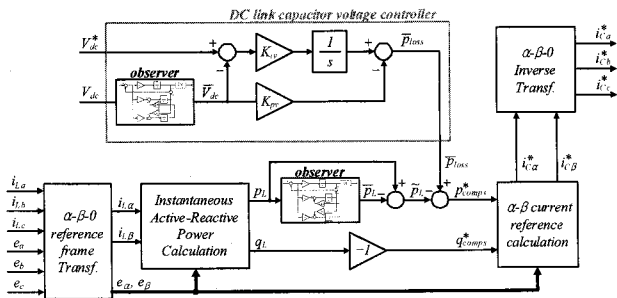


그림 4 제안된상태관측기를 이용한 전류지령 계산방법 블록도
Fig. 4 Block diagram of proposed current reference calculation method using state observer.

4. 시뮬레이션 및 실험

4.1 시뮬레이션

기존의 저역통과필터를 사용한 전류지령 계산방법과 제안된 상태관측기를 이용한 전류지령 계산방법의 성능을 비교하기 위해 모의실험을 하였다. 전원전압은 3상 평형인 상태에서 불평형 RL부하로 인해 부하전류가 불평형하게 되는 경우에 대해 실험하였다. 또한 과도상태 응답특성을 비교하기 위해 불평형 RL부하를 또 다른 크기의 불평형 RL부하로 급변하는 실험도 병행하였다. 모의실험에 대한 상세한 조건은 표 1과 같다.

그림 5는 3상 계통전원에 대한 과형으로 배전용정지형 보상기가 동작하기 전 전원의 상태를 보여준다. 그림 5의 (a)는 3상 평형한 전원전압, (b)는 불평형 부하전류이고 (c)는 전원측의 순시 유효전력과 순시 무효전력이다. 불평형 부하로 인해, 순시 유효전력과 순시 무효전력에 모두 맥동성분이 포함된 것을 알 수 있고, 부하가 급변함에 따라 순시 유효/무효전력이 변하는 것을 확인할 수 있다.

기존의 저역통과필터를 사용한 방법과 제안된 상태관측기를 이용한 방법의 평균값을 구하는 성능을 비교하면 그림 6, 7과 같다. 그림 6은 그림 5(c)의 맥동이 포함된 부하측 순시

유효전력에서 추출한 평균 유효전력이다. 부하변동시 기존 방법의 과도상태 응답속도 200ms에 비해 제안된 방법은 20ms의 응답속도를 가지게 되고, 정상상태에서도 맥동성분이 제거됨을 확인할 수 있다. 그림 7은 직류단 커패시터 전압의 평균값이다. 기존 방법에 비해 제안된 방법이 과도상태 응답속도가 빠르고 오버슈트 및 언더슈트의 크기가 작음을 확인할 수 있다.

표 1 시뮬레이션 조건
Table 1 Simulation condition.

구분	조건	
스위칭주파수(f_s)	10kHz	
전원 선간전압	110V	
부하	a,b상 저항, 인덕턴스	6.5Ω, 9mH
	c상 저항, 인덕턴스 (부하변동 전/후)	5.2Ω, 7.5mH / 3.8Ω, 4.5mH
DC link 전압지령(V_{dc}^*)	210V	
DC link capacitor(C_{dc}) 용량	2.82mF	
결합인덕터(L_i) 용량	2.8mH	
전류제어기 대역폭(ω_{cc})	3,000rad/s	
상태관측기 극위치	1,000rad/s	
LPF_{PC} 차단주파수(f_{cp_LPF})	3Hz	
LPF_{VC} 차단주파수(f_{cv_LPF})	6Hz	
DC link 전압제어기 대역폭(ω_{cv})	40rad/s	

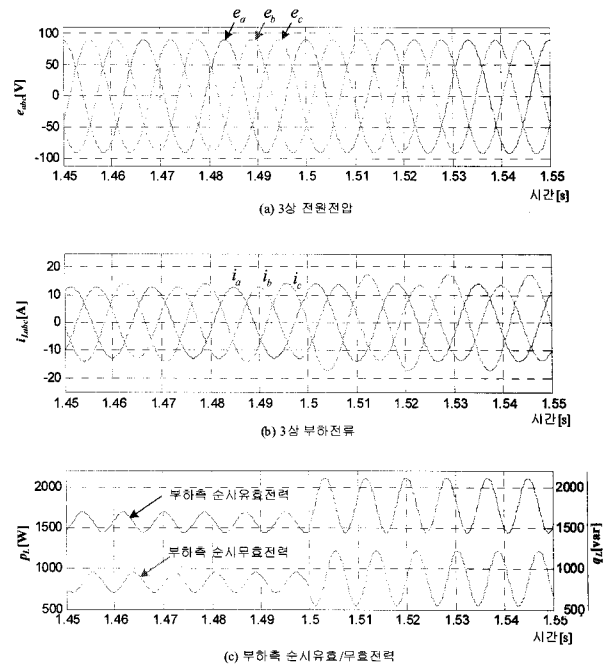


그림 5 보상전 3상 계통전원의 상태
Fig. 5 Condition of 3-phase source before compensation

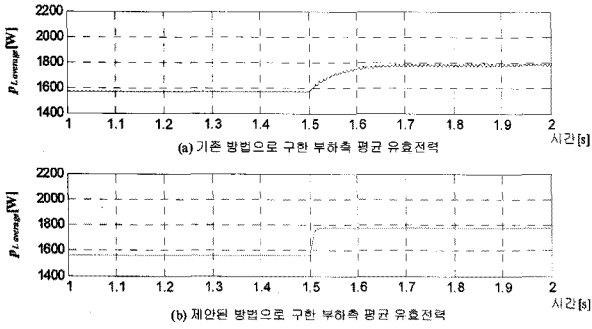


그림 6 부하측 평균 유효전력
Fig. 6 Average active power at load side

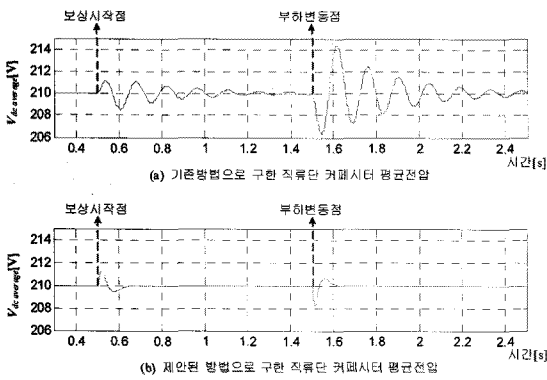


그림 7 직류단 커패시터 평균전압
Fig. 7 Average voltage of DC link capacitor

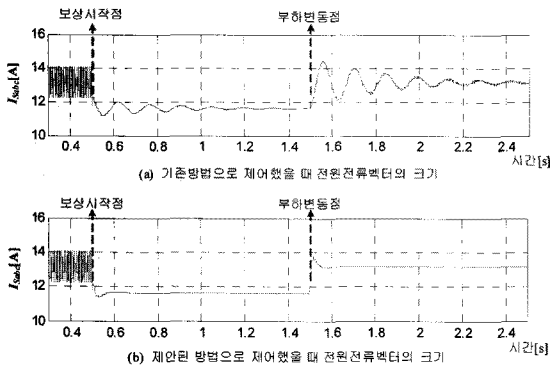


그림 8 3상 전원전류벡터의 크기
Fig. 8 Magnitude of 3-phase source current vector

그림 8은 기존방법과 제안된 방법으로 제어했을 경우 3상 전원전류가 좌표평면상에서 이루는 벡터의 크기를 시간에 따라 나타낸 것이고, 그림 9는 배전용 정지형 보상기의 의해 보상된 전원측의 순시 유효전력과 순시 무효전력이다. 앞의 결과와 같이 제안된 방법으로 제어했을 경우 과도상태 응답 성능이 개선됨을 확인할 수 있다.

물론 부하의 변동이 없다면 보상을 시작하고 충분한 시간 뒤면 제안된 방법과 차이가 없을 것이다. 하지만 실제 계통

에서는 부하가 변동하거나 전원의 순시 전압강하 같이 과도상태가 발생하고, 이럴 경우 제안된 방법은 하드웨어의 교체 없이 알고리즘의 개선만으로 배전용 정지형 보상기의 순시 유효전력 및 순시 무효전력의 보상성능을 개선할 수 있다.

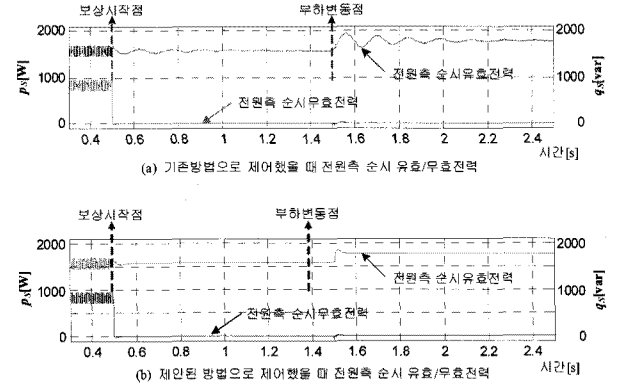


그림 9 전원측 순시 유효/무효전력
Fig. 9 Instantaneous active / reactive power at source side

4.2 실험결과

시뮬레이션과 같은 조건으로 실험을 실시하였다. 3상 전원은 TW5250 교류전압공급기를 사용하였고, 제어에는 TMS320F2812 DSP 보드를 사용하였다. 실험 결과 파형은 아래 그림 10~13과 같다. 시뮬레이션 결과와 아주 유사한 결과로 제안된 방법의 개선된 성능을 실제 실험에서도 확인할 수 있다.

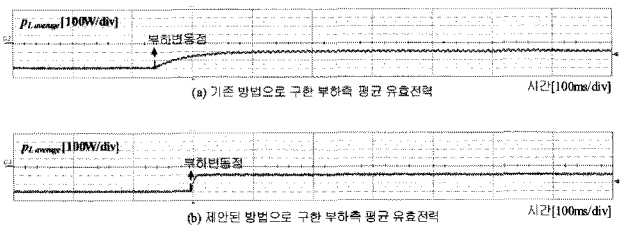


그림 10 부하측 평균 유효전력
Fig. 10 Average active power at load side

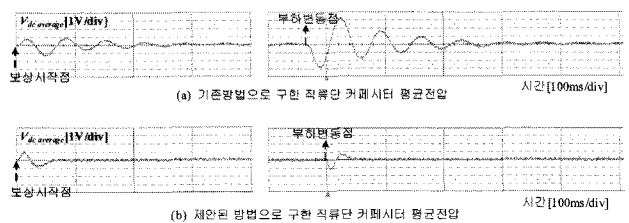


그림 11 직류단 커패시터 평균전압
Fig. 11 Average voltage of DC Link capacitor

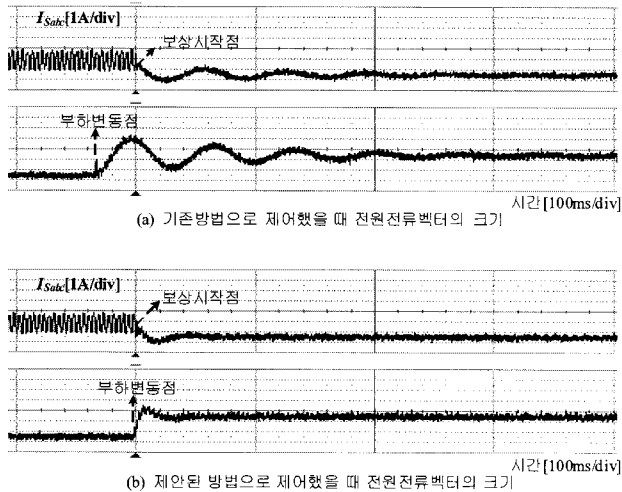


그림 12 3상 전원전류벡터의 크기
Fig. 12 Magnitude of 3-phase source current vector

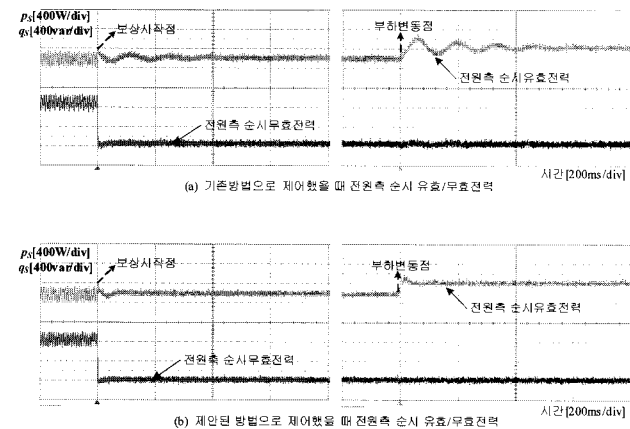


그림 13 전원측 순시 유효/무효전력
Fig. 13 Instantaneous active / reactive power at source side

5. 결 론

본 논문은 배전용 정지형 보상기의 개선된 전류 지령을 계산방법을 제안하였다. 기존 방법은 전원전압의 불평형 또는 부하의 불평형에 기인하는 맥동성분이 포함된 전원의 유효전력으로부터 맥동유효전력을 제거하기 위해, 그리고 맥동 유효전력을 보상할 때 발생하는 직류단 커패시터 전압의 맥동을 걸러내기 위해 저역 통과 필터를 사용하였다. 하지만 이 때 사용되는 저역 통과 필터는 그 특성상 유효전력의 맥동성분을 완벽히 걸러내지 못하고 또한 페루프 제어 시스템의 동특성에 제약을 가하는 단점이 있었다. 본 논문에서는 이러한 저역통과필터를 사용한 기존의 전류지령 계산방법을 개선한 상태관측기를 이용한 전류지령의 계산방법에 대해 제안하였고 시뮬레이션과 실험을 통해 제안된 상태관측기를 이용한 방법의 개선된 성능을 검증하였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구
구원(R-2005-7-067)주관으로 수행된 과제입니다.

참 고 문 헌

- [1] H. Akagi, Y. Kanazawa and A. Nabae, "Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 20, pp. 625-630, May/June 1984.
- [2] F. Peng, J. Lai, "Generalized Instantaneous Reactive Power Theory for Three-Phase Power Systems", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 45, no. 1, pp. 293-297, Feb. 1996.
- [3] F. Peng, G. Ott, D. Adams, "Harmonic and Reactive Power Compensation Based on the Generalized Instantaneous Reactive Power Theory for 3-Phase 4-Wire Systems", *IEEE Conference Records on PESC Annual Meeting '97*, pp. 1089-1095, June 22-27, 1997.
- [4] S. Buso, L. Malesani, P. Mattavelli, "Comparison of Current Control Techniques for Active Filter Applications", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 45, no. 5, pp. 722-729, Oct, 1998.
- [5] Sang-Joon Lee, Seung-Ki Sul, "A Harmonic Reference Frame Based Current Controller for Active Filter", *Conf. Rec. IEEE-APEC Annu. Meeting*, 2000, pp. 1073-1078.
- [6] R. Teodorescu, F. Blaabjerg, U. Borup, M. Liserre, "A new control structure for grid-connected LCL PV inverters with zero steady-state error and selective harmonic compensation", *IEEE Conference Record APEC Annual Meeting '04*, pp. 580-586, 2004.
- [7] 황희훈, 최종우, 김홍근, "전차원 상태 관측기를 이용한 단상 PLL제어의 특성 연구", *전력전자학회 추계학술대회 논문집*, pp. 78-80, 2006. 11.

저 자 소 개



김형수 (金亨修)

1980년 11월 5일생. 2006년 경북대 전자전기컴퓨터학부 졸업. 2008년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년~현재 (주)포스콘 기술연구소 연구원.
Tel : 02-3290-4485
Fax : 02-925-1812
E-mail : khs80@poscon.co.kr



최종우 (崔鐘宇)

1969년 2월 25일생. 1991년 서울대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2001년~현재 경북대 전자전기컴퓨터학부 부교수.
Tel : 053-950-5515
Fax : 053-940-8615
E-mail : jwchoi@ee.knu.ac.kr