

# 낮은 직류단 전류 리플을 갖는 능동전력필터

홍승표\*, 정영국\*\*, 오승열\*, 임영철\*\*\*  
전자부품연구원\*, 대불대학교\*\*, 전남대학교\*\*\*

## Active Power Filter with low DC link current ripple

Seung Pyo Hong\*, Young Gook Jung\*\*, Seung Yeol Oh\*, Young Cheol Lim\*\*\*  
Korea Electronics Technology Institute\*, Daebul University\*\*, Chonnam National University\*\*\*

### ABSTRACT

본 연구에서는 스너버로 동작하는 커패시터 C를 갖는 3상 능동전력필터의 직류측에 인덕터 L을 추가하여 직류단 전류의 리플을 감소시키는 방법을 제안하였다. 능동전력필터는 종전의 스너버 만을 이용하여 능동필터 기능을 수행하는 회로에 L을 추가하여 직류단 전류의 리플을 절반 정도 감소시켜 능동전력필터의 소자에 스트레스가 줄어드는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 배전계통에 비선형 부하 및 모터 제어기의 사용이 증가하여 계통의 전력 품질이 저하되며 이와 관련된 피해 사례가 많이 발생되고 있다. 이는 전력 품질 향상에 대한 소비자의 관심을 증가시키고 있으며, 이러한 전력품질의 저하를 개선하기 위한 효과적인 방법 중 하나가 능동전력필터(Active Power Filter)<sup>[1]</sup>이다. 능동전력필터는 전원계통에 연결된 부하가 발생하는 고조파 및 무효전류를 보상하여 전원 측의 전력 품질을 개선하기 위한 전력전자 변환장치이다<sup>[2]</sup>를 말한다. 일반적으로 능동전력필터는 PWM정류기의 제어와 유사하며 직류 전원 대신 커패시터 전압을 일정 제어하고, 커패시터 전압을 충,방전하여 계통에 흐르는 보상전류를 발생하게 된다.

본 연구에서는 종전의 스위칭 소자에 스너버 C를 갖는 능동전력필터의 직류단 커패시터와 직렬로 인덕터를 추가하여, 능동전력필터의 직류단 전류리플을 줄일 수 있는 시스템을 구성하고, PSIM 시뮬레이션 및 실험을 통하여 확인하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 시스템 구성

그림 1은 본 연구에서 제안된 낮은 직류단 전류리플을 가지는 능동전력필터의 기본구조를 나타내고 있다. 능동전력필터로 동작하는 PWM정류기는 스위칭 제어를 통하여 계통에 보상전류를 조절하여 전원전류의 고조파를 제거하게 된다.

능동전력필터에 흐르는 보상전류와 보상기준전류를 비교하여 IGBT의 스위칭이 이루어지는데, 이때 스위칭 소자에서 발생하는 전압 리플을 감소하기 위하여 스너버로 동작하는 커패시터 C를 설치한다. 여기에 그림 1과 같이 인덕터 L을 추가하면 능동전력필터의 직류단의 전류가 연속적으로 변화하며 전류리플이 감소하게 된다.

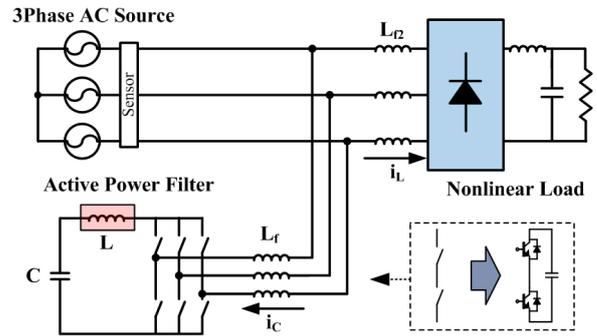


Fig. 1. Active power filter with low DC link current ripple

#### 2.2 능동전력필터

그림 1의 능동전력필터는 정지 좌표계에서 쉽게 제어가 가능한 p q 이론에 의하여 보상전류가 연산된다. 계통의 전원전압, 부하전류를  $\alpha - \beta$  정지 좌표계로 변환한 뒤 식 (1)에 의해 순시 무효전력 p와 순시 무효전력 q가 구해진다.

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_a & e_\beta \\ -e_\beta & e_a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} \quad (1)$$

순시 무효전력 p와 순시 무효전력 q를 저역통과필터에 의하여 직류성분과 고조파 성분으로 분리를 시켜 각 성분을 선택적으로 보상이 가능하다. 본 논문에서는 식 (2)에 의해 보상전류가 구해진다.

$$\begin{bmatrix} i_{Ca} \\ i_{Cb} \\ i_{Cc} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_a & e_\beta \\ -e_\beta & e_a \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \tilde{p} \\ \tilde{q} \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 3. 시뮬레이션

표 1은 그림 1의 시스템에 대한 시뮬레이션 파라미터를 나타내었다. 시뮬레이션은 PSIM 7.0을 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

그림 2는 능동전력필터가 동작할 때 부하전류  $i_L$ 와 보상전류  $i_C$ , 보상 후 전원전류  $i_S$ 를 나타내고 있다. 전원전압과 왜형

된 부하전류로부터 연산된 보상전류에 의하여 전원전류가 정현파로 보상됨을 알 수 있다.

Table 1 System Parameters

Active Power Filter				Input voltage
DC link		$f_{sw}$	Three phase 50Vrms/60Hz	
L	C			
1.5[mH]	1000[uF]			
Nonlinear Load				Coupling inductor L
C	L	R	$L_{f2}$	$L_f$
1000[uF]	3[mH]	20[Ω]	1.5mH	3[mH]

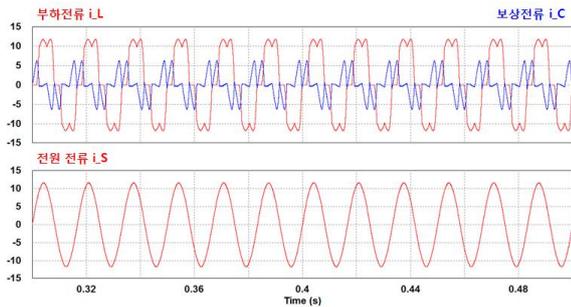


Fig. 2. Load current, compensation current and source currents (simulation results)

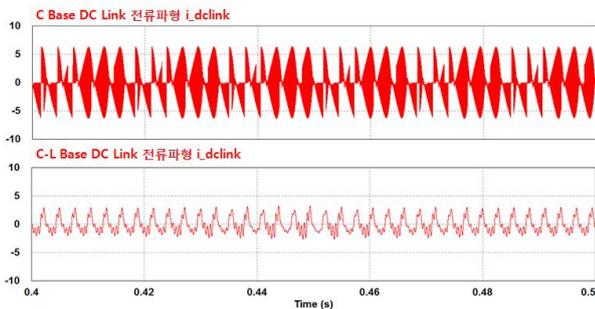


Fig. 3. DC link current of active power filter without L(top) and with L (bottom)

그림 3은 직류단에 커패시터만을 사용하여 동작할 때와 직류단에 인덕터 L을 추가하여 동작할 때의 능동전력필터의 직류단 전류파형을 나타낸 것이다. C만 있을 때보다 L이 C에 직렬로 연결하면, 직류단 전류가 연속적이며 피크 전류도 더 낮음을 알 수 있다.

그림 4는 위의 시뮬레이션 조건으로 실험을 한 결과이다. 실험에 이용한 마이크로프로세서는 DSP TMS230F28335를 이용하여 보상전류를 산출하였다. 시뮬레이션 결과와 동일하게 전원전류가 정현파로 보상된 모습을 보이고 있다.

그림 5는 능동전력필터의 직류단에 L을 추가할 때와 추가하지 않은 중전의 방법의 직류단 전류의 파형을 보이고 있다. 직류단에 L을 추가한 방식이 중전의 방식보다 직류단 전류 리플이 낮음을 확인 할 수 있다.

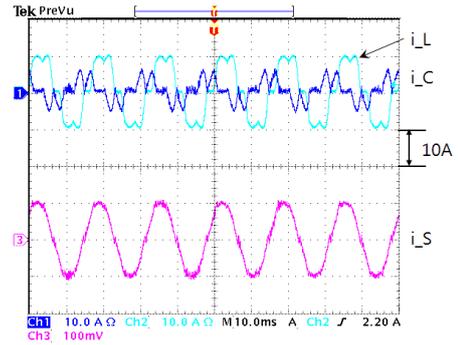


Fig. 4. Load current, compensation current and source currents (experiment results)

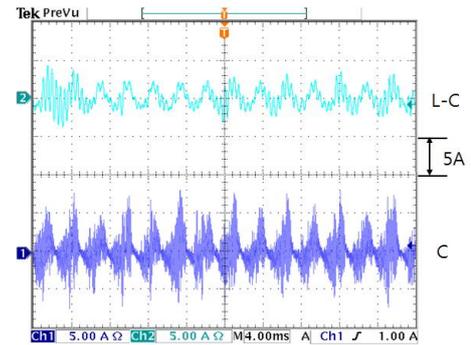


Fig. 5. DC link current of active power filter with L (top) and without L(bottom)

#### 4. 결 론

본 연구에서는 스너버 회로를 갖는 중전의 능동전력필터의 직류단 커패시터와 직렬로 인덕터를 추가하여 능동필터의 직류단 전류의 리플을 낮추는 방법을 제안하고 시뮬레이션 및 실험을 실시하였다. 실험 및 시뮬레이션 결과, 제안된 방식이 기존에 방식에 비해 직류단에 흐르는 전류의 피크 값을 절반 정도 줄일 수 있었으며, 이로 부터 스위칭 소자에 걸리는 스트레스를 줄일 수 있는 것을 확인 하였다.

본 논문은 호남광역경제권 선도산업육성사업의 “용량 가변형 풍력발전 시스템 개발” 과제의 지원으로 연구되었음

#### 참 고 문 헌

[1] Y. G. Jung, Y. C. Lim and S. H. Yang, "Single Phase Active Power Filter based on Three Dimensional Current Coordinates", IEE Proc. Electr. Power Appl., vol.147, no.6, November, pp.572-578, 2000.

[2] Y. G. Jung, W. Y. Kim, Y. C. Lim, S. H. Yang and F. Harashima, "The Algorithm of Expanded Current Synchronous Detection for Active Power Filters Considering Three Phase Unbalanced Power System", IEEE Trans. Ind. Electron., vol.50, no.5, pp.1000-1006, 2003.