

전력품질개선을 위한 LPF를 적용한 순시전력제어기

채수용, 권혁대, 고성훈, 전칠환, 이성룡
군산 대학교

The Instantaneous Power Compensator with Low Pass Filter for the Improvement of the Power Quality

Su-Yong Chae, Huyk-Dae Kwon, Sung-Hun Ko, Chil-Hwan Cheon, Sung-Yong Lee
Kunsan National University

ABSTRACT

본 논문에서는 계통의 전력품질을 향상시키기 위해 LPF (Low Pass Filter)를 적용한 순시전력제어기를 제안한다. 제안된 순시전력제어기는 부하에서 발생하는 무효전력을 계산하기 위해 1개의 LPF와 1개의 곱셈블록만을 사용한다. 따라서 기존의 평균전력제어기와 순시전력제어기에 비해 연산이 간단하고 회로구현이 쉬운 장점을 가진다. 본 연구에서는 제안된 순시전력제어기의 유용성을 확인하기 위해 단상 능동전력필터(Active Power Filter)에 적용하여 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다.

1. 서 론

가변속 구동기기 및 컴퓨터와 전기전자기기와 같은 비선형 부하는 계통의 역률저하 및 고조파를 증가시킨다. 이는 계통의 전력품질은 물론 전기기기의 오동작 및 전력변환기의 정격용량 증가 등의 문제가 발생하게 된다. 이를 규제하기 위해 한전배전 계통공급기준과 같은 전력품질 기준을 설정하고 엄격하게 규제하고 있다. 이러한 계통의 전력품질을 향상시키기 위해서는 부하에서 발생하는 무효전력성분을 계산하여 별도의 장치를 이용하여 계산된 무효전력을 보상 하게 된다. 무효전력성분을 계산하고 보상하는 방법으로 크게 평균전력이론과 순시전력이론으로 구분할 수 있다. 평균전력이론은 매주기마다 측정된 부하의 평균전력을 계산하고 이를 이용하여 무효전력성분을 연산하게 된다. 이는 무효전력성분을 연산하고 보상하기 위해 한 주기의 지연시간이 발생하는 단점을 가지고 있다. 이에 비해 순시전력이론은 좌표변환을 통해 실시간으로 무효전력을 보상할 수 있는 장점이 있지만, 연산을 위해 고성능의 제어기가 필요한 단점을 가진다.^[1-2]

따라서 본 연구에서는 평균전력이론의 지연시간의 단점을 보완하고 순시전력이론의 복잡한 연산의 과정을 생략할 수 있는 LPF를 이용한 순시전력제어기를 제안한다. 제안된 순시전력제어기는 1개의 LPF와 1개의 곱셈기를 이용하여 유효전력을 측정하고 측정된 유효전력을 통해 무효전력성분을 연산하는 방식을 이용한다. 제안된 순시전력제어기의 유용성을 확인하기 위해 전력품질개선 기능이 우수한 능동전력필터에 적용하여 시뮬레이션 및 실험을 수행하였다.

2. LPF를 적용한 순시전력제어기

2.1 전체 시스템 구성

그림 1은 전류제어형 전압원 인버터를 이용한 능동전력필터의 구성도로, 전류제어형 전압원 인버터는 4개의 스위치 소자로 구성되는 H-브릿지 타입의 단상 인버터로 계통과 병렬로 연결되며 출력전류를 제어 한다.

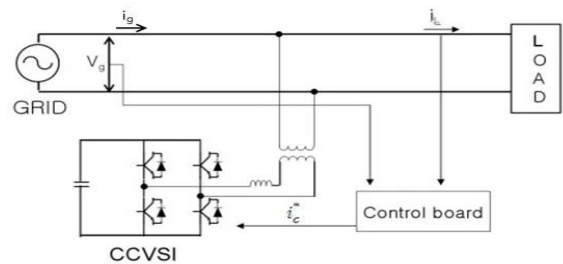


그림 1 전류제어형 전압원 인버터를 이용한 능동전력 필터

시스템의 유효전력은 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$P = \frac{1}{T_s} \int_{t-T_s}^t V_g(t) \cdot i_L(t) dt = V_1 I_1 \cos \phi_1 \quad (1)$$

식 (1)을 이용하여 부하에서 요구되는 유효전류(I_{LP})를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I_{LP} = \frac{P}{V_1} = I_1 \cos \phi_1 \quad (2)$$
$$\therefore i_{LP}(t) = \sqrt{2} I_1 \cos \phi_1 \sin \omega t$$

따라서, 계통의 전력품질을 향상시키기 위해 능동전력필터에서 보상해야 하는 무효전류(i_c^*)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$i_c^* = i_L - i_{LP} \quad (3)$$

식 (3)과 같이 능동전력필터에서 보상해야 하는 지령전류를 결정하는 방식은 평균전력이론과 동일하다. 그러나 본 논문에서는 그림 2와 같이 디지털 필터를 이용하여 식 (1)의 유효전력성분을 계산하지 않고 지령전류를 생성할 수 있어 평균전력이론에 비해 지연시간이 감소되는 장점을 가진다.

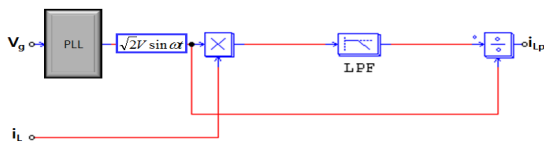


그림 2 LPP를 적용한 순시전력제어기 구성도

2.2 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 제안된 시스템의 유용성을 확인하기 위해 PSIM을 이용하여 그림 3과 같이 시뮬레이션을 수행하였다.

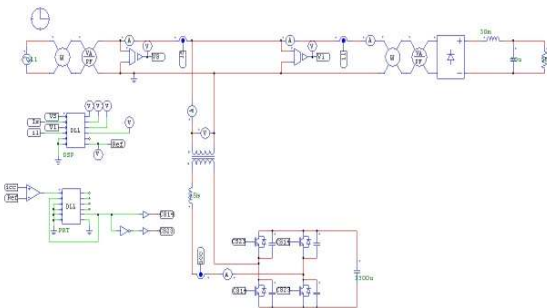
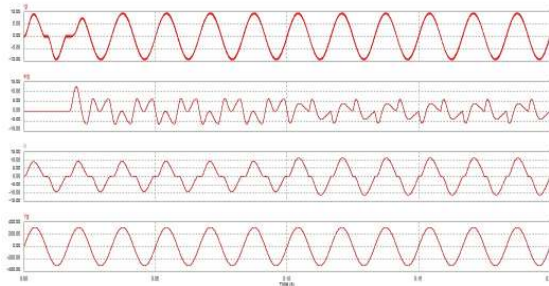


그림 3 제안된 시스템의 시뮬레이션 회로도

제안된 시스템은 부하전압과 부하전류를 측정하여 LPP를 적용한 순시전력제어기를 통해 인버터의 지령전류를 생성하게 된다. 생성된 지령전류는 실제 인버터의 출력전류와 비교하여 오차신호를 이용하여 인버터의 구동에 필요한 PWM 신호를 생성하게 된다. 그림 3은 콘덴서 입력형 정류기 부하일 때의 시뮬레이션 결과 파형이다.



(a) 제안된 시스템의 전압 전류 시뮬레이션 파형



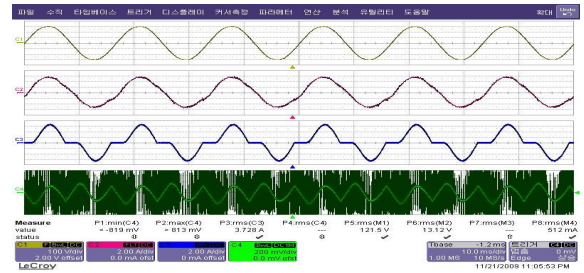
(b) 부하전류와 계통전류의 FFT 파형

그림 3 제안된 시스템의 시뮬레이션 결과 파형

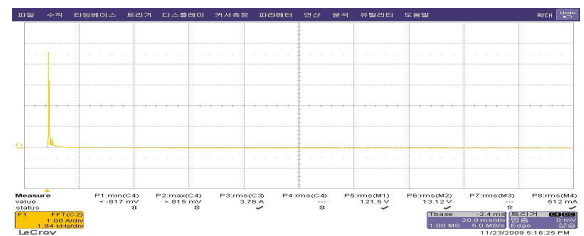
그림 3 에서 부하전류는 전형적인 비선형 부하 특성으로 전 고조파왜곡률은 약 34%로 측정되었다. 그러나 계통전류는 제안된 시스템이 무효전력을 보상함으로써 이상적인 정현파로 역

률은 0.99 이상, 전고조파왜곡률은 2.3% 이하로 측정되었다. 또한 시뮬레이션상의 100[ms]부근에서 부하가 변동하더라도 부하의 무효전력성분을 연산하여 변동된 부하에 따른 무효전류를 지연시간을 최소화 하여 보상하고 있음을 알 수 있다.

그림 4는 제안된 시스템의 실험 파형으로 그림 3과 같은 콘덴서 입력형 정류기 부하조건으로 실험하였다. 실험 결과 역률은 0.98 이상, 전고조파왜곡률은 약 4.1% 이하로 측정되었다.



(a) 제안된 시스템의 전압 전류 실험 파형



(b) 부하전류와 계통전류의 FFT 파형

그림 4 제안된 시스템의 실험 결과 파형

3. 결론

본 연구에서는 평균전력이론의 지연시간의 단점을 보완하고, 순시전력이론의 복잡한 연산의 과정을 생략할 수 있는 LPP를 이용한 순시전력제어기를 제안하였다. 제안된 시스템은 비선형 부하조건에서도 전력품질기준(한전배전계통공급기준)을 만족시킬 수 있으며, 부하가 변동하더라도 빠르게 무효전력을 보상할 수 있다. 제안된 LPP를 적용한 순시전력제어기는 1개의 LPP와 1개의 곱셈기를 이용함으로써 회로구현이 용이하고 시스템의 소형경량화를 이룩할 수 있다.

이 논문은 중소기업청의 산학협력실연구사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

[1] S.R. Lee, C.H. Jeon, S.H. Ko and Y.C. Shin "Implementation for Multi-Function Inverter for Grid-Connective Power System" ICPE2004. 137~140. October, 2004

[2] Toshihiko Tanaka, Yasushi Omura, Masayoshi Yamamoto "A Novel Real-Time Detection Method of Active and Reactive Currents for Single-Phase Active Power Filters" IEEE Power Electronics Specialists Conference. 2007.