

분산전원용 저가격 순시전력제어기

채수용*, 조성필*, 권혁대*, 고성훈**, 이성룡*
 군산대학교*, (주)가온솔루션**

The Low-cost Instantaneous Power Compensator for the Distributed Generation System

Su Yong Chae*, Sung Pil Jo*, Huyk Dae Kwon*, Sung Hun Ko**, Sung Ryong Lee*
 Kunsan National University*, GAONSolution Co.**

ABSTRACT

본 논문에서는 분산전원시스템에서 계통의 전력품질 향상 및 분산전원과 계통의 전력흐름(Power flow)을 제어 할 수 있는 대역통과필터(BPF: Band Pass Filter)하나만을 사용하는 분산전원용 저가격 순시전력제어기를 제안한다. 제안된 시스템은 1개의 BPF만을 사용하여 무효전력보상 및 전력흐름을 제어함으로써 복잡한 행렬 연산 없이 순시제어가 가능한 장점으로 고성능 연산장치 또는 곱셈기와 같은 부가회로 없이 회로구성을 할 수 있어 저가격으로 회로구현이 가능하다. 제안된 시스템의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

1. 서론

우리나라는 정보통신의 급격한 발전 및 소득수준의 향상으로 현대적인 전기전자제품의 보급률 및 사용량이 급증하고 있다. 이로 인해 계통전원의 고조파를 증가시키고 역률을 감소시키게 되어 계통의 전력품질은 물론 전기기의 오동작 그리고 변압기 및 전력변환기의 정격용량증가 등의 문제점이 발생하게 된다. 이러한 계통의 품질을 악화시키는 역률저하 및 고조파 문제를 해결하기 위해 능동전력필터를 주로 사용하며, 제어방식은 평균전력이론(APT: Average power theory)과 순시전력이론(p q theory)으로 구분할 수 있다. 순시전력이론은 행렬에 의해 해석되며, 기준좌표를 3상 회전 벡터에 동기화함으로써 순시전력제어(IPC: Instantaneous Power Compensator)가 가능하지만 연산과정이 복잡하여 고성능 연산장치가 필요로 하는 단점이 있다. 한편 평균전력이론은 연산이 간단하며 단상 및 3상에 적용이 가능한 장점이 있는 반면에 평균전력을 계산하기 위해 기본적으로 한 주기의 시간이 필요하여 순시전력제어가 불가능한 단점이 있다. 두 가지 제어방법의 단점을 보완한 LPF(Low Pass Filter)를 이용한 순시전력제어기가 제안되었다. 이 방법은 1개의 LPF와 1개의 곱셈기를 이용하여 복잡한 연산 과정을 생략할 수 있는 장점이 있지만 여전히 유효전력을 계산하기 위해 곱셈기와 같은 부가회로가 필요하게 된다^{1, 2}.

그러므로 본 연구에서는 대역통과필터(BPF: Band Pass Filter) 한 개만을 사용하는 분산전원용 저가격 순시전력제어기를 제안한다. 제안된 시스템은 역률 개선 및 고조파 감소와 같은 계통의 전력품질 향상을 위해 요구되는 무효전력을 계산하기 위해 한 개의 BPF만을 사용함으로써 복잡한 연산과정 생략이 가능하여 회로구성이 간단한 장점이 있다.

2. 분산전원용 저가격 순시전력제어기

2.1 전체 시스템 구성

그림1은 전류제어형 전압원 인버터(CCVSI: Current Controlled Voltage Source Inverter)를 이용한 분산전원용 순시전력제어기의 구성도로 계통전원, 분산전원, 순시전력제어기로 구성되어 있다.

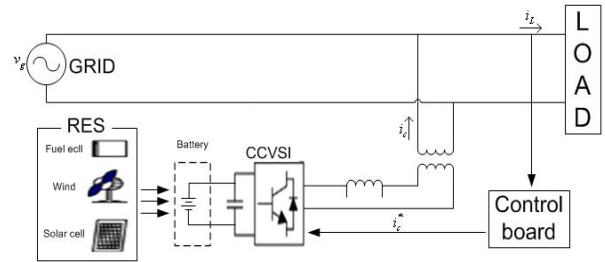


그림1 분산전원용 순시전력제어기

비선형 또는 역률 부하로 인해 발생하는 무효전력을 보상하기 위해 기존에 사용되는 방법은 복잡한 수학적 연산을 수행할 수 있는 고성능 연산기와 주변장치가 필요하게 된다. 이로 인해 회로구성이 복잡해지고 시스템의 제조단가가 상승하게 된다.

일반적으로 계통의 역률개선 및 고조파를 저감하기 위해서는 부하의 유효전력과 무효전력을 계산하여 계통은 유효전력만을 공급하고 순시전력제어기는 무효전력을 공급하게 된다. 계통전압 및 부하전류는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$V_g = \sqrt{2} V_s \sin \omega t \quad (1)$$

$$i_L = \sqrt{2} I_1 \sin(\omega t - \phi_1) + \sum_{n=2}^{\infty} \sqrt{2} I_n \sin(n\omega t - \phi_n)$$

$$P = \frac{1}{T_s} \int_{t-T_s}^t V_g(t) \cdot i_L(t) dt = V_1 I_1 \cos \phi_1 \quad (2)$$

부하의 유효전력은 식 (2)와 같이 구할 수 있으며 부하의 유효전류는 식 (3)으로 구할 수 있다

$$I_{LP} = \frac{P}{V_1} = I_1 \cos \phi_1 \quad (3)$$

$$\therefore i_{LP}(t) = \sqrt{2} I_1 \cos \phi_1 \sin \omega t$$

계통의 전력품질을 향상시키기 위해서는 계통은 항상 유효전력성분만을 공급해야하며, 순시전력제어기에서는 무효전력성분을 공급해야한다. 따라서 순시전력제어기가 제공해야할 지령전류(i_c^*)는 식(4)와 같이 구할 수 있다

$$i_c^* = i_L - i_{LP} \quad (4)$$

이상과 같이 평균전력이론은 매 한주기마다 적분을 통해 부하의 유효전력을 계산하고 이를 토대로 최종적인 지령전류를 생성하게 된다. 이는 반드시 한 주기의 시간이 필요하여 순시제어가 불가능한 단점이 있다. 이 단점을 보완하기 위해 부하의 유효전력성분을 연산하기 위해 적분을 수행하지 않고, LPF를 이용한 순시전력제어기가 제안되었다. 그러나 이 방법도 부하의 유효전력성분을 계산하기 위해 곱셈기를 통해 피상전력을 구하고 이를 LPF를 거쳐 유효전력을 연산하는 방식으로 곱셈기와 같은 부가회로가 필요하게 된다.

그러므로 본 연구에서는 순시전력제어기의 지령전류(i_c^*)를 생성하기 위해 요구되는 부하의 유효전류성분(i_{LP})을 단 하나의 BPF만을 사용하는 저가격 순시전력제어기를 제안한다. 제안된 방법은 피상전력 및 유효전력을 계산하지 않고 식 (5)와 같은 부하의 순시유효전류성분(i_{LP})을 BPF를 이용하여 구할 수 있으며, 순시전력제어기의 구성도는 그림 2와 같다.

$$i_{LP}(t) = I_L \sin \omega t \quad (5)$$



그림2 BPF를 이용한 순시전류제어기 구성도

그림2는 BPF를 이용한 단상 순시전류제어 기법 구성도로 측정된 실제 부하전류를 BPF에 통과시켜 순시유효전류성분(i_{LP})을 생성한다. 생성된 순시유효전류성분(i_{LP})을 식 (4)같이 실제 측정된 부하전류와 연산하여 최종적으로 순시전력제어기의 지령전류(i_c^*)를 연산한다.

2.2 시뮬레이션 결과

본 연구에서 제안된 분산전원용 저가격 순시전력제어기의 유용성을 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션 조건은 표1과 같다.

표 1 시뮬레이션 조건

Parameter	Value	Parameter	Value
계통전압	220[Vrms]	인버터입력전압	200[V]
기본주파수	60[Hz]	필터인덕터	5[mH]
스위칭주파수	10[kHz]	변압기	1:2

그림3은 제안된 시스템의 필터 동작 파형으로 위의 파형은 BPF의 입력단으로 유입되는 부하전류이고 아래 파형은 BPF의

출력단의 파형이다. 그림 3에서처럼 부하전류는 왜곡이 심한 비선형 특성을 나타내지만 BPF를 통과하면 부하전류의 기본과 성분(유효전류성분)만이 검출되고 있음을 알 수 있다.

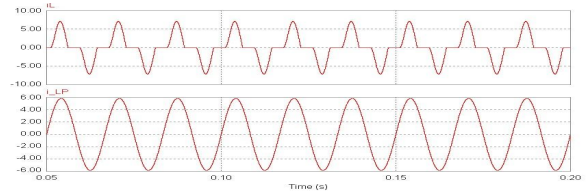


그림3 제안된 시스템의 BPF 동작 파형

그림 4는 그림 3에서 생성된 부하전류의 기본과 성분(유효전류성분)을 이용하여 무효전력을 보상하는 시뮬레이션 결과 파형이다.

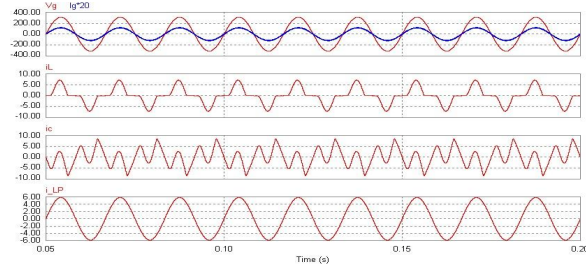


그림 4 제안된 시스템의 시뮬레이션 동작 파형

그림 4에서처럼 부하의 무효전력성분을 순시전력제어기가 보상함으로써 계통의 전류는 정현파이면서 계통의 전압과 위상차가 일치함을 알 수 있다. 이는 본 연구에서 제안한 BPF를 통해 부하의 유효전류성분을 검출하고 이를 이용하여 무효전력 보상을 수행할 수 있음을 의미한다.

3. 결론

본 연구에서는 BPF를 이용한 분산전원용 저가격 순시전력제어기를 제안하였다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 시스템은 한 개의 BPF만을 이용하여 부하의 무효전력성분을 보상하여 계통의 전력품질을 개선시킬 수 있음을 확인하였다. 제안된 시스템은 전력품질 향상을 위해 요구되는 무효전력을 계산하기 위해 복잡한 연산과정 생략이 가능하여 회로구성이 간편하고 저가격으로 구현이 가능한 장점을 가진다.

이 논문은 산학연 공동기술개발사업의 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 pp.
- [2] 이성룡, 전철환, 고성훈, 권혁대, 채수용 "전력품질개선을 위한 LPF를 적용한 순시전력제어기" 2010년 전력전자학회 학술회의 pp540~541