

계통연계형 풍력발전시스템의 전력 품질 향상을 위한 새로운 고조파 보상기법

강성욱, 김경화†
서울과학기술대학교

A Novel Harmonic Compensation Method to Improve Power Quality in a Wind Power System

Sung Wook Kang, Kyeong Hwa Kim
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

비선형 부하 등에 의해 계통 전압의 왜곡이 존재하는 경우, 풍력발전 시스템과 같은 분산전원의 출력에는 5차, 7차, 11차 및 13차 고조파와 같은 저차 고조파 성분이 포함 되므로 풍력발전시스템의 전력품질이 저하 된다. 본 논문에서는 기존의 정지좌표계에서의 공진제어기를 이용한 보상기법 보다 연산량이 적고, 계통전압에 다수의 저차 고조파 왜곡이 존재하더라도 효과적으로 고조파를 보상할 수 있는 새로운 고조파 보상기법을 제안하며, 제안된 기법의 우수성을 시뮬레이션과 실험을 통해 증명하였다.

1. 서 론

풍력발전시스템이 계통연계 모드로 운전 될 경우, 계통연계 규정에 따라야 하며 이러한 계통연계 규정에서는 고조파 제한과 같은 일정수준의 전력품질(Power Quality)을 요구하고 있다. 비선형 부하 등에 의해 계통전압이 왜곡된 경우, 풍력발전시스템의 출력전류에는 저차 고조파가 포함되므로 전력품질의 개선이 필요하다.

공진제어기를 이용하여 특정 차수의 저차 고조파 성분을 보상하는 선택적인 고조파 보상기법(Selective Harmonic Compensation Method)이 제안된 바 있다. 공진제어기를 이용하여 정지좌표계에서 3차, 5차 및 7차 고조파 성분을 보상하는 기법이 제안된 바 있으나, 각각의 고조파에 대해 공진제어기가 요구되므로 연산량이 증가하는 단점이 있다^[1]. 정지좌표계에서 5차 및 7차 고조파는 동기좌표계에서 6차 고조파의 형태로 나타나므로, 6차 고조파만을 보상하여 낮은 연산량의 장점을 갖는 보상기법이 제안된 바 있으나, 11차 및 13차 고조파에 대해선 고려되지 않았다^[2, 3].

본 논문에서는 정지좌표계에서 2차 대역통과 필터(Band Pass Filter)와 P제어기를 이용하여 다수의 저차 고조파를 보상하는 새로운 능동 고조파 보상기법을 제안한다. 제안된 기법은 추가적인 하드웨어 없이 적은 연산량으로 고조파를 보상할 수 있으며, 시뮬레이션과 실험을 통해 기법의 우수성을 증명 하였다.

2. 새로운 고조파 보상기법

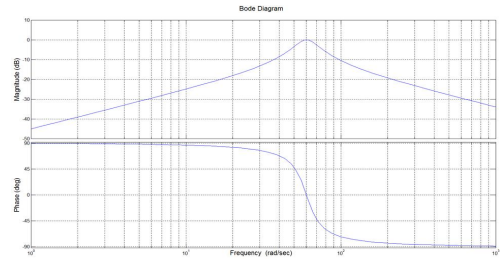


그림 1 대역통과필터의 보드선도
Fig. 1 Bode plot of band pass filter

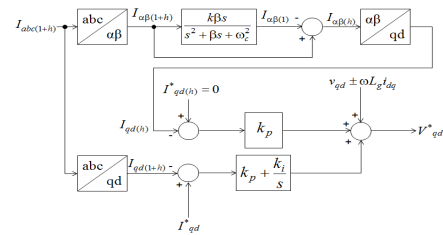


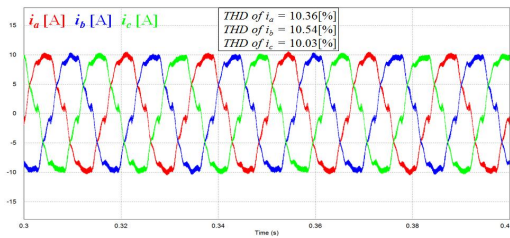
그림 2 제안된 고조파 보상 기법의 블록선도
Fig. 2 The block diagram of the proposed harmonic compensation method

대역통과 필터는 중심 주파수 대역에서만 일정한 이득을 가지며 출력의 위상지연이 없으므로 원하는 주파수만을 추출할 수 있다. 대역통과 필터의 전달함수 $G_{BPF}(s)$ 는 식 (1)과 같다.

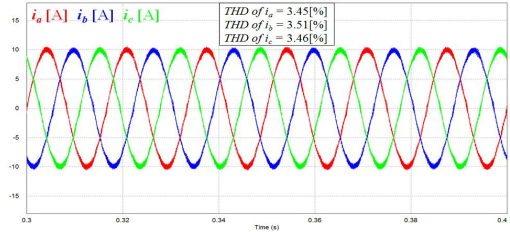
$$G_{BPF}(s) = \frac{k\beta s}{s^2 + \beta s + \omega_c^2} \quad (1)$$

k 는 필터의 이득, β 는 대역폭 및 ω_c 는 중심 주파수를 나타낸다. 본 논문에서는 인버터 출력의 기본파 성분을 추출하기 위해 2단의 대역통과 필터를 사용하였으며 중심주파수와 대역폭은 각각 60[Hz]과 20[Hz]로 설정하였다. 그림 1은 대역통과 필터의 보드선도를 나타낸다.

그림 2는 제안된 고조파 보상기법의 블록선도를 나타낸다. 인버터 출력 단에서 센싱된 3상 전류 $i_{abc(1+h)}$ 는 기본파 및 고조파 성분을 포함하고 있다. 인버터 출력 전류를 Clark's Transform을 거쳐 정지좌표계로 변환한 다음 2단의 2차 대역통과 필터를 통해 추출된 전류의 기본파 성분 $i_{\alpha\beta(1)}$ 을

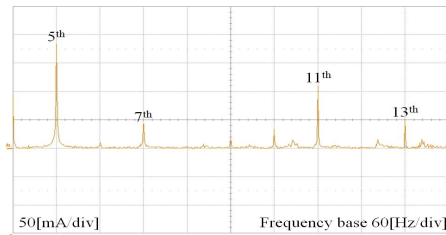


(a) 보상 전

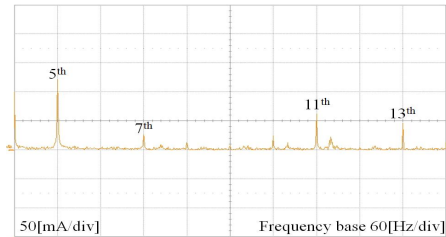


(b) 보상 후

그림 3 보상 전후의 인버터의 출력전류 파형과 THD
Fig. 3 Three-phase current waveforms and THD of inverter output before and after harmonic compensation



(a) 보상 전



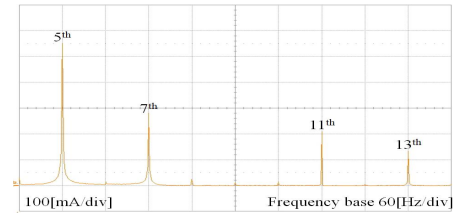
(b) 보상 후

그림 4 계통연계모드에서 보상 전후의 a상 전류의 FFT
Fig. 4 FFT results of a-phase current before and after harmonic compensation under grid-connected mode

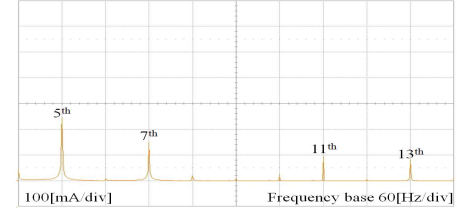
이용하여 고조파 성분 $i_{\alpha\beta(h)}$ 만을 구할 수 있다. 고조파 성분은 동기좌표계로 변환되어 P제어기를 이용하여 0으로 제어한다.

3. 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 기법의 우수성을 증명하기 위해 계통연계 모드와 비선형 부하가 존재하는 독립운전 모드로 실험하였으며, 인버터 출력 전류의 FFT 분석에서는 5차, 7차, 11차 및 13차 고조파만을 고려하였다. 그림 3은 계통연계 모드에서 계통전압의 20[%]의 5차 고조파와 각각 10[%]의 7차, 11차 및 13차 고조파가 존재할 경우, 보상 전 후의 인버터 출력 전류의 파형과 THD에 대한 시뮬레이션 결과이다. 각 상전류의 왜곡된 파형과 높은 THD가 고조파 보상기법을 적용 후, 전류 파형이 개선되며 THD가 확연히 감소함을 알 수 있다. 그림 4와 5는 각각 계통



(a) 보상 전



(b) 보상 후

그림 5 독립운전모드에서 보상 전후의 a상 전류의 FFT
Fig. 5 FFT results of a-phase current before and after harmonic compensation under stand-alone mode

연계 모드와 비선형 부하가 존재하는 독립운전 모드에서의 인버터 a상 전류의 FFT를 나타내는 실험결과이다. 보상 후의 5차, 7차, 11차 및 13차 고조파의 크기가 크게 감소하였음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 풍력발전시스템의 전력품질 향상을 위한 새로운 고조파 보상기법을 제안하였다. 기존의 공진제어기를 이용하는 선택적 보상기법과는 달리 제안된 기법은 적은 연산량으로 다수의 저차 고조파를 효과적으로 보상할 수 있으며, 시뮬레이션과 실험을 통하여 제안된 기법의 우수성을 증명하였다.

이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (NRF 2012R1A1A2042759).

참 고 문 헌

- [1] R. Teodorescu, F. Blaabjerg, M. Liserre and P. C. Loh, "Proportional resonant controllers and filters for grid connected voltage source converters", IEE Proceedings on Electric Power Applications, Vol. 153, No. 5, pp. 750 762, 2006, Sept.
- [2] M. Liserre, R. Teodorescu, and F. Blaabjerg, "Multiple Harmonics Control for Three Phase Grid Converter Systems With the Use of PI RES Current Controller in a Rotating Frame", IEEE Trans. on Power Electr., Vol. 21, No. 3, pp. 836 841, 2006, May.
- [3] S. H. Han, J. H. Park, H. G. Kim, H. Y. Cha T. W. Chun, and E. C. Nho, "Dead Time Compensation of Grid connected Inverter Using Resonant Controller", The Transactions of the KIPE, Vol. 16, No. 6, pp. 569 576, 2011, Dec.