

DC 전원 공급 기능을 갖는 Z-소스 능동전력필터

홍승표*, 정영국**, 오승렬*, 임영철[∞]
전자부품연구원*, 대불대학교**, 전남대학교[∞]

Z-source active power filter with DC power supply capability

Seung Pyo Hong*, Young Gook Jung**, Seung Yeol Oh*, Young Choel Lim[∞]

*Korea Electronics Technology Institute, **Daebul University, [∞]Chonnam National University

ABSTRACT

본 논문은 Z 소스 능동전력필터를 이용하여 계통의 고조파를 보상하고 동시에 DC전원 공급이 가능한 능동전력필터를 제안하였다. 제안된 시스템은 Z 소스 네트워크 망에 의해 출력 전압의 여유가 있어 정상적인 보상이 힘든 출력 구간에서도 정상적으로 보상이 가능한 시스템이다. 제안된 방식은 시뮬레이션 및 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 전력전자 기술의 발달에 의해 가정 및 산업 현장에서 사용량이 증가하고 있는 디지털 부하에 의해 계통에 고조파 발생이 증가하고 있다. 이러한 고조파는 고조파에 민감한 장비에 악영향을 주고 기기들의 효율 감소를 유발하고 있다^[1]. 이러한 악영향을 줄이고자 L과 C를 이용하여 고조파를 제거하는 패시브 필터방식이 사용되었으나 광범위한 고조파 제거를 하기 힘들다는 단점이 존재한다. 이에 광범위한 고조파 제거를 위해 능동전력필터가 개발되었다. 능동전력필터는 풀 브릿지 인버터를 이용하여 스위칭을 통해 계통의 고조파를 제어하는 장치로서 활용되고 있다.

본 논문은 Z 소스 네트워크 구조를 가지는 능동전력필터를 이용하여 계통의 고조파를 제어하고 동시에 DC전원 공급이 가능한 시스템을 제안하고 시뮬레이션 및 실험을 통하여 타당성을 검증하였다.

2. 제안된 시스템

2.1 ZAPF(Z-Source Active Power Filter)

그림 1은 제안된 ZAPF의 구성을 나타내고 있다. 제안된 방식은 기존의 인버터와 커패시터만으로 구성되어 있는 구조에서 2개의 커패시터와 2개의 인덕터를 가지는 Z 소스 네트워크와 스위치를 하나 더 추가함으로써 IGBT단의 상, 하단 암 단락에 의해 출력전압을 가변 할 수 있다. 이러한 구조를 가지게 되면 돌입전류가 줄어들고, 암 단락에 의해 파손될 위험이 적어 데드타임을 낮게 가져갈 수 있으며^[2] DC출력 전압에 비해 높은 전압을 Z 네트워크 커패시터가 가질 수 있어 DC출력 전압을 낮게 설정하여도 정상적인 고조파 보상이 가능 해진다.

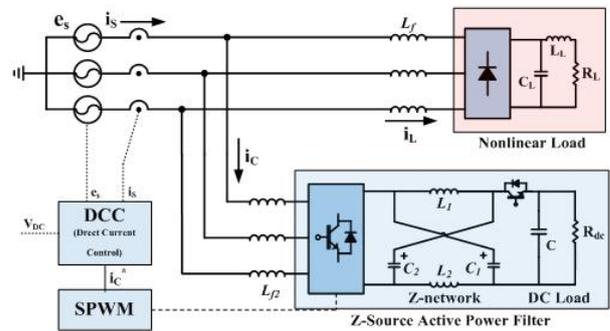


그림 1 제안된 시스템의 구성

능동전력필터의 커패시터 단은 입력전압에 비해 높은 전위를 가지고 있어야 정상적인 보상전류의 출력이 가능하기 때문에 식(1)과 맞지 않는 조건에서 DC 전압의 출력이 제한된다.

$$V_{C1,C2} \geq 2\sqrt{2} \cdot V_S \quad (1)$$

이때 암 단락을 이용하여 Z 네트워크의 커패시터 전압을 증폭시켜주면 정상적인 출력이 가능하기 때문에 식(3)의 조건을 만족하면 정상적인 고조파 보상 및 DC전원의 공급도 가능하다.

$$V_{dc} = V_C \cdot \frac{1-2D}{1-D} \quad (2)$$

$$V_{ref} \geq 2\sqrt{2} \cdot V_S \cdot \frac{1-2D}{1-D} \quad (3)$$

2.2 Direct Current Control(DCC)^[3]

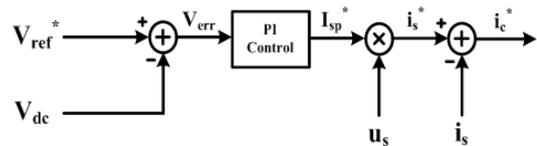


그림 2 직접전류제어(DCC) 블록도

능동전력필터의 보상전류를 구하기 위해서 여러 가지 보상방법이 있다. 본 논문에서는 빠른 응답속도와 센서수를 줄일수 있는 직접전류제어(DCC)를 이용하여 보상전류를 구하였으며,

DCC 방식은 그림 2와 같이 구성되어 있다.

DC출력 전압의 기준치를 설정하게 되면 현재 DC출력 전압과의 차를 통하여 PI 제어를 하게 된다. 이때 DC 전압의 오류는 제어해야 할 유효 전력으로써 제어하게 될 유효전류의 최대값 I_{sp} 로 설정된다. 이 최대값과 계통의 위상정보가 담긴 U_s 의 곱을 통하여 계통전류의 지령치 I_s 가 구해지는데 이 지령치와 현재 계통전류의 차에 의해 보상해야 하는 전류 I_c 가 구해지게 되면 SPWM 방식에 의해 스위칭 되어 보상전류가 출력 된다.

3. 시뮬레이션 및 실험

제안된 방식을 시뮬레이션 과 실험을 통하여 타당성을 검증하였다. 시뮬레이션과 실험 모두 표 1과 같은 조건으로 진행하였고 시뮬레이션은 PSIM을 이용하였고 실험의 경우 DSP TMS320F28335를 이용하여 제어를 하였다.

표 1 시뮬레이션 및 실험 조건

Input voltage	Three Phase 50[Vrms] / 60Hz	
Switching frequency	10[kHz]	
Z-Source Network	L1 = L2	1.5[mH]
	C1 = C2	1000[μ F]
	C	3300[μ F]
	Rdc	100 Ω
Nonlinear Load	LL	3[mH]
	CL	1000[μ F]
	RL	20 Ω
Coupling L	Lf	1.5[mH]
	Lf2	3[mH]

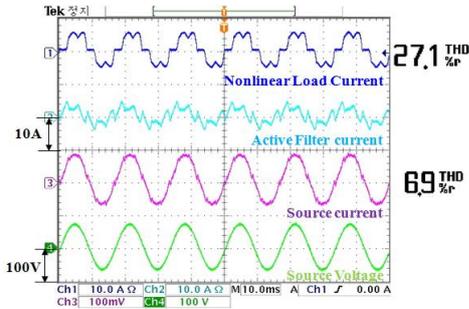


그림 3 DC출력전압 150[V]일 때의 실험 결과

그림 3은 중성의 능동필터와 동일한 보상조건인 150[V]로 설정할 때의 비선형 부하에 흐르는 전류, 능동필터의 출력 전류, 전원 전류, 전원전압 파형이다. 다이오드 필터의 비선형 특성에 의해 고조파가 발생하게 되면 능동필터는 보상전류를 출력하게 되고 전원측에는 정현파의 전류가 흐르게 된다. 고조파 왜형률(THD)의 경우 비선형 부하 전류의 경우 27.1%, 전원전류의 경우 6.9%의 고조파 왜형률을 보이고 있다.

이때 DC출력전압을 100[V]까지 낮추게 되면 능동필터의 전압이 감소함에 따라 정상적인 보상전류가 흐르지 않게 된다. 그렇기 때문에 듀티비 D 제어를 하지 않은 그림 4의 좌측 그림과 같이 고조파가 감소하지 않는 것을 확인 하였고, 이에 듀티비 D를 식(3)을 만족하는 조건인 0.23으로 설정하게 되면 그림 4의 우측 그림과 같이 능동필터가 정상적으로 동작 하고 있

음을 알 수 있다.

그림 5와 같이 실험시에도 마찬가지로 듀티비 제어를 하지 않을 때에는 정상 동작하지 않고 듀티비 D 제어를 하게 되면 보상이 되고 있음을 확인 할 수 있다.

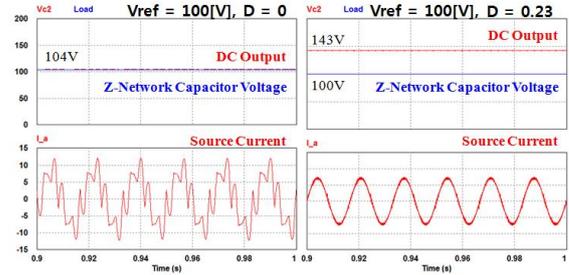


그림 4 출력전압 100[V]일 때 듀티비D=0(좌), D=0.23(우)인 경우의 시뮬레이션 결과

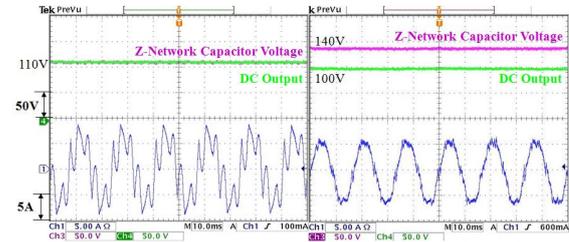


그림 5 출력전압 100[V]일 때 듀티비D=0(좌), D=0.23(우)인 경우의 실험 결과

4. 결 과

본 논문에서는 직류전원 공급이 가능한 Z 소스 능동전력 필터를 제안하였다. 제안된 방식은 Z 소스 네트워크망을 이용하여 DC출력 전압이 낮아 정상 보상이 힘든 구간에서도 암 단락을 이용하여 정상적인 보상과 동시에 DC출력이 가능한 시스템을 구성하였다. 제안된 방식의 타당성 검증을 위해 실험을 한 결과 정상 동작이 힘든 100[V] 출력구간에서도 정상적인 고조파 보상이 가능하여 계통의 입출력 단에 구성하게 되면 DC 공급 및 계통의 고조파 제어가 가능한 시스템을 구성 할 수 있다.

본 연구는 "산업통상자원부", "한국산업기술진흥원", "호남지역사업평가원"의 "광역경제권 선도산업 육성사업"으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] X. Ding, Z. Qian, Y. Xie, and Z. Lu, "Three Phase Z Source Rectifier", in Proc of IEEE PESC'05, 2005, pp. 494-500.
- [3] H. J. Azevedo, J. M. Ferreira, A. P. Martins and A.S. Carvalho, "Direct Current Control of an Active Power Filter for Harmonic Elimination, Power Factor Correction and Load Unbalancing Compensation" in Proc. EPE, power electronics in generation, transmission and distribution of electrical energy, Toulouse, 2003.