전원전압 센서리스 3상 Z-소스 PWM 컨버터

한근우*, 수효동***, 정영국**, 임영철***
삼성전자(주)*, 대불대학교**, 전남대학교***

Source Voltage Sensorless Three-Phase Z-source PWM Converter

Keun Woo Han*, Xiao Dong Qiu***, Young Gook Jung**, Young Cheol Lim***
Samsung Electronics CO.,LTD*, Daebul University**, Chonnam National University***

ABSTRACT

본 논문에서는 종전의 3상 PWM 컨버터의 문제점을 극복하기 위하여, 시스템의 간소화, 안정화, 비용 상승을 고려하여 3상 Z 소스 PWM 컨버터의 전원전압 센서리스 제어 기법을 제안하였다. 제안한 컨버터는 입력 단 전원전압 센서 없이 입력전류 센서와 DC link단 전압센서만을 이용하여 전원전압을 추종하고 단위역률을 구현하였으며, 이를 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증 하였다.

1. 서 론

3상 PWM 컨버터는 주어진 입력 전압에 대해 출력 전압의 승압 또는 강압에 따라서 승압형 컨버터와 강압형 컨버터 두가지 형태로 나뉠 수 있다. 종전의 3상 PWM 컨버터는 승압 또는 강압을 하나의 시스템에서 구현하기 위해서는 추가적인 컨버터가 필요하며, 스위치 동작 시 일어나는 암 단락은 스위치 소자에 손상을 가지고 오기 때문에 스위치에 데드타임이 필요하다. 그러나 본 논문에서 제시한 Z 소스 PWM 컨버터에 경우 종전의 PWM 컨버터와 달리 L C조합에 의해 구성된 Z 소스 네트워크를 이용하기 때문에 승압 및 강압 특성이 모두 포함된 구조를 가지고 있다. 이로서 추가적인 승/강압 컨버터와 입력 전압의 가변 없이 원하는 출력 전압을 변환 할 수 있다. 또한 브리지 컨버터 스위치의 단락 시간을 이용하기 때문에 데드타임 불필요하다.[1]

본 논문에서는 종전의 3상 PWM 컨버터의 문제점을 극복하기 위하여 3상 Z Source PWM 컨버터를 위한 센서리스 제어 기법 제안하고 PSIM시뮬레이션에 의하여 타당성을 입증하였다.

2. 3상 Z-소스 PWM 컨버터의 해석

그림 1은 3상 Z 소스 PWM 컨버터를 나타내고 있다. 기존 PWM 컨버터와 달리 Z 형태로 연결된 임피던스 L C 네트워크와 추가 스위치로 구성되어 있는 것이 특징이다. 그림 1의 a 상에 대한 전압 방정식을 세우면 식 (1)과 같다.

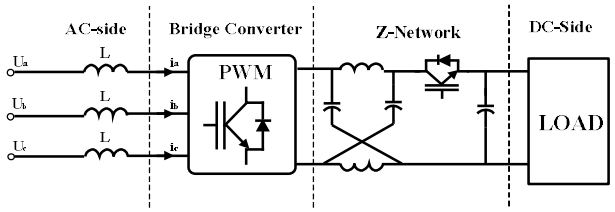

Fig. 1 Three-phase Z-source PWM converter

$$U_a = Ri_a + L\frac{di_a}{dt} + v_a \tag{1}$$

여기서, 우변 제 3항의 브리지 입력 상전압은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$v_a = (\frac{2}{3}S_a - \frac{1}{3}(S_b + S_b + S_c))U_{dc} \tag{2}$$

여기서, Sa, Sb, Sc 는 각 상의 스위칭 상태를 나타내며, ON 상태일 때는 1이고, OFF 상태일 때는 0이다.

$$U_{pk} = M\frac{V_{dc}}{2}B, \quad M = 1 - D_o \tag{3}$$

$$B = \left(2\frac{T_7}{T} - 1\right) \le 1 \tag{4}$$

여기서 식(3)로 부터 M은 변조지수, B는 강압률이며, 이는 암 단락과 스위치 SW7이 턴 오프시 발생하는 결과이다. 식(4)로부터 T는 3상 Z 소스 PWM 정류기의 스위칭 주기이며, T7은 스위치 SW7의 스위칭 시간이다.

3. 입력 전압 센서리스 제어의 알고리즘

제안된 센서리스 제어기법은 전류제어, 입력 전압 추종기 그리고 위상각 추정기로 구성이 되어있으며, 전체 제어블록은 그림 2와 같다. 교류 입력전원이 평형 3상이라고 가정하면, 입력전류는 식(5)와 같은 조건을 만족하므로 검출된 두 상의 전류로부터 나머지 한 상의 전류를 구해 낼 수 있다.

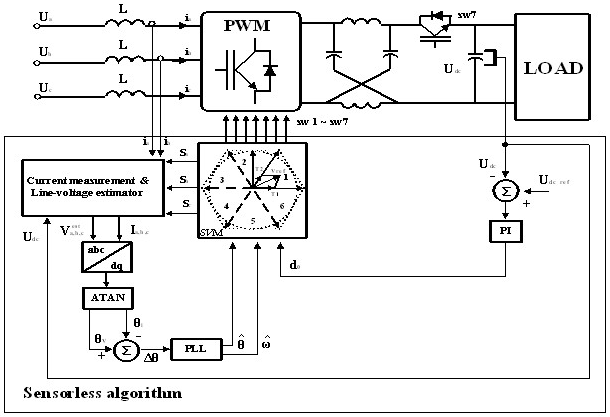

Fig. 2 Block diagram of sensorless control scheme

$$i_a + i_b + i_c = 0 \tag{5}$$

출력 직류 전압과 식 (1), (2)를 이용하면 다음과 같이 입력전압을 추정 할 수 있다.

$$U_{sa} = L_s \frac{di_a}{dt} + R_s i_a + S_k U_{dc} - \frac{U_{dc}}{3}(S_a + S_b + S_c) \tag{6}$$

$$L_s \frac{di_a}{dt} = U_a - R_s i_a + S_k U_{dc} + \frac{U_{dc}}{3}(S_a + S_b + S_c) \tag{7}$$

$$U_{sa(est)} = U_{sa} \frac{d_o}{2d_o - 1} \tag{8}$$

4. 시뮬레이션 결과

제안된 센서리스 제어기의 성능을 확인하기 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 표 1의 조건으로 수행하였다.

Table 1 Simulation parameters

Parameters	[Value]
Input voltage	100V/60Hz
Input inductor	1mH
Input resistor	0.5Ω
DC link capacitor	1000uF
Load resistor	20Ω
Z source network inductor	3mH
Z source network capacitor	200uF
Switching frequency	10kHz

그림 3의 상단 결과는 추정된 교류측 상전압 파형과 측정된 상전류 파형으로, 정형파에 매우 가까운 형상을 보이며 있다. 또한 추종된 상전압과 측정된 상전류는 동위상에 가까운 단위역율을 보이고 있다. 그림 3의 하단 결과는 DC link 전압의 기준치를 160[V]로 고정 했을 때 정상 상태에서의 출력 파형으로 출력 측의 전압은 리플은 거의 보이지 않고 지령치에 잘 추종하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 동일한 입력 전압과 부하조건 상태에서 DC Link 기준 전압을 160[V] → 140[V] → 130[V] 급변 조건을 주었을 때 결과이다. DC Link 기준 전압에 변동에도 추종된 상전압과 전류의 단위역률을 유지하면서 출력 DC link 전압을 잘 추종하는 것을 볼 수 있다.

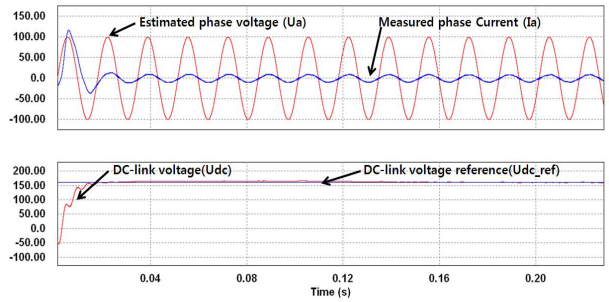

Fig. 3 Unity power factor and DC-link voltage

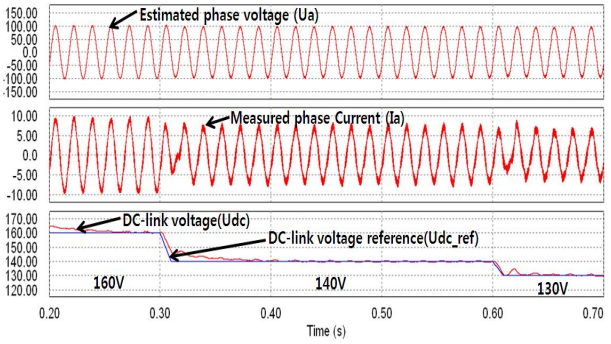

Fig. 4 Response of Z-source PWM converter according to different DC-link voltage reference

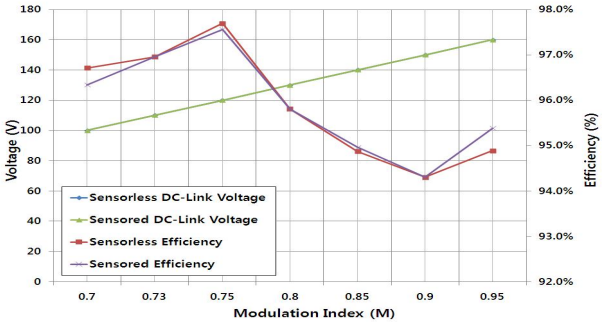

Fig. 5 Relationship between output voltage and efficiency according to modulation index

5. 결 론

본 논문에서는 3상 Z Source PWM 컨버터를 위한 전원전압 센서리스 제어 기법 제안하였다. 제안된 기법은 종전의 센서 기반의 Z 소스 컨버터와 출력 및 효율에 있어서도 유사한 제어 특성을 준다는 것을 확인 할 수 있었다. 향후 제안된 3상 Z 소스 센서리스 정류기를 제어기법을 바탕으로 실험을 통해 제시된 기법의 타당성을 검증할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Xinping Ding, Zhaoming Qian, Yeyuan Xie, Zhengyu Lu,“Three Phase Z Source Rectifier,” in Proc. IEEE PESC '05. IEEE., pp. 494 500, Jun. 2005.