

전류제어형 Quasi-ZSI의 동작 해석 및 제어

전태원*, Ho Ahn Vu*, 이흥희*, 김홍근**, 노의철***
 울산대학교*, 경북대학교**, 부경대학교***

Control and Analysis of Operation of Current-Fed Quasi Z-Source Inverter

T.W.Chun*, H.A.Vu*, H.H.Lee*, H.G.Kim**, and E.C.Nho***
 Univ. of Ulsan*, Kyungpook Univ.**, Pukyung Univ.***

ABSTRACT

In this paper, the operation of current fed quasi Z source inverter (QZSI) with buck boost function, improved reliability, and regeneration capability is analyzed. The modified space modulation technique for controlling effectively both shoot through time and zero voltage time is suggested. The simulation result is carried out in order to verify the performance of proposed technique.

1. 서론

Quasi Z Source Inverter (QZSI)는 별도의 직류/직류 컨버터 없이 암단락시간을 제어하여 직류전압을 부스트할 수 있고 데드타임이 필요없는 등 기존 Z Source Inverter(ZSI)와 비슷한 특성을 가지면서 입력전압과 출력전압이 공통접지이고, 입력전류가 연속인 장점이 있었다.^[1] 그런데 QZSI는 전원에서 부하로 단방향으로만 전력공급이 가능하므로 회생제동을 하는 전동기제어에는 적용할 수가 없다는 문제가 있다. 전류제어형 QZSI는 기존의 QZSI의 장점을 가지면서 부가적인 스위칭소자없이 양방향 전력흐름이 가능하다는 특성을 가지고 있다.^[2]

본 논문에서는 전류제어형 QZSI의 3가지 모드별 동작을 해석하고 암단락시간 및 개방시간등을 효율적으로 제어하기 위한 변형 공간변조방식을 제시한다. PSIM을 사용한 시뮬레이션 결과로 동작해석 및 변형 공간변조방식의 타당성을 확인한다.

2, 전류제어형 QZSI의 동작해석

2.1 전류제어형 QZSI의 기본 구조

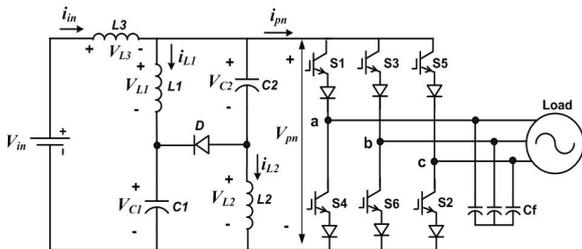


그림 1 전류제어형 QZSI 구조
 Fig. 1 Structure of current-fed QZSI

그림 1은 전류제어형 QZSI의 기본 구조이며, 이 전류형 인

버터에서 전류가 한방향으로만 흐르기 위하여 환류다이오드가 없는 스위칭소자와 다이오드를 직렬로 연결한다. 이 QZSI는 2개의 스위칭소자가 도통하여 부하로 전력을 공급하는 활성모드 (Active mode), 한상의 상단 및 하단 스위칭소자용 동시 도통시키는 암단락모드 (Shoot through mode), 인버터 입력단을 개방하는 개방모드(Open mode) 등 3가지 모드로 동작한다.

2.2 전류제어형 QZSI의 동작모드별 해석

전류형 QZSI의 3가지 모드별 동작을 각각 해석한다.

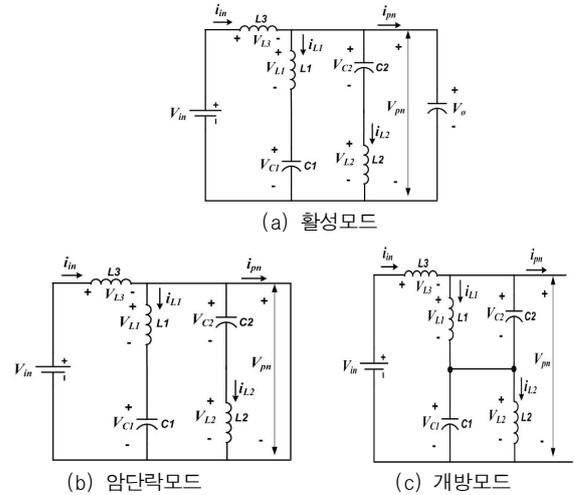


그림 2 동작모드별 등가회로

Fig. 2 Equivalent circuit for each operating mode

먼저 활성동작 모드 구간을 T_a 라고 정의하고, 다른 상의 두 스위칭소자가 도통되어 직류링크전압인 V_{pn} 이 출력 교류전압과 같으며 활성영역에서 출력교류전압의 평균치를 V_o 로 정의한다. 그림 2(a)는 활성영역에서의 등가회로를 보인 것이며, 이 회로에서 다음 식이 유도된다.

$$V_{C1} + V_{L1} = V_{C2} + V_{L2} = V_{in} + V_{L3} = V_{pn} = V_o \quad (1)$$

두 번째 암단락 모드구간 T_{sh} 에서 그림 2(b)와 같이 직류링크 전압 $V_{pn} = 0$ 이 되고 다이오드가 오프 상태가 된다. 등가회로에서 다음 식을 유도할 수 있다.

$$V_{C1} + V_{L1} = V_{C2} + V_{L2} = 0, \quad V_{L3} = V_{in} \quad (2)$$

마지막으로 개방회로에서 인버터 입력전류가 0이 되면서 다이오드가 도통이 된다. 그림 2(c)는 개방모드 구간 T_{op} 에서의 등가회로이며, 다음 식이 유도한다.

$$V_{L3} = V_{in} - V_{C1} - V_{C2} = V_{in} - 2V_C \quad (3)$$

식 (1)~(3)에서의 인덕터 전압 V_{L3} 이 한 주기 동안 평균값이 0이 되므로, 다음 식과 같이 입력전압에 대한 교류출력전압의 비 즉 전압 이득 식을 유도할 수 있다.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D_a + D_{sh} - D_{op}}{D_a} \quad (4)$$

여기서, D_a , D_{sh} , D_{op} 는 각각 활성구간, 암단락구간, 개방구간의 듀티비이며, $D_a + D_{sh} + D_{op} = 1$ 이 된다.

그림 3은 활성 듀티비에 대한 전압증폭율을 보인 것이다. 모드 1은 개방구간대신 암단락구간으로 하였을 경우 즉 $D_{op} = 0$, $D_{sh} = 1 - D_a$ 가 되며 이 구간에서는 기존의 전류형인버터와 같이 교류전압이 벅 또는 부스트하면서 전동모드로 동작한다. 모드 2는 암단락구간을 개방구간으로 하였을 경우 즉 $D_{sh} = 0$, $D_{op} = 1 - D_a$ 가 되며 이 구간에서는 전동기 등 부하측 에너지가 전원으로 환원하는 발전모드로 동작된다.

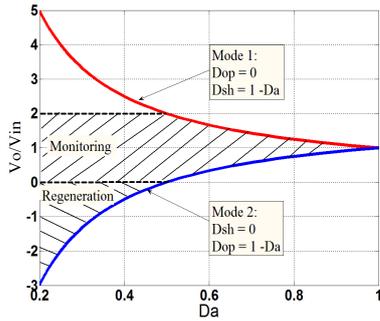


그림 3 활성구간 듀티비에 대한 전압 증폭율
Fig. 3 Voltage gain with a variation of active duty cycle.

3, 변형공간변조 기법

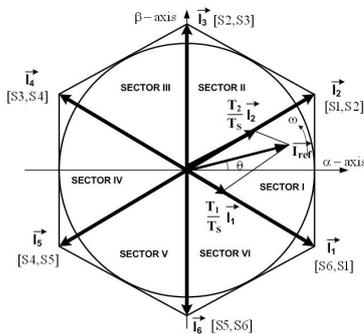


그림 4 공간변조 방식의 전류벡터
Fig. 4 Current vector of space modulation method

전류제어형 QZSI의 암단락시간과 개방시간을 효율적으로 사용하기 위하여 변형공간 변조기법을 사용하며, 그림 4는 공간변조기법에서의 전류벡터를 표시한 것이다.^[3] 6개 섹터 중 기준 전류벡터가 센터 1에 위치에 있을 경우에는 식(5)와 같이

T_1 시간동안 I_1 전류벡터가 T_2 시간 동안은 I_2 전류벡터가 인가되며 나머지 구간에서는 식(7)과 같이 암단락 및 개방구간으로 할당한다.

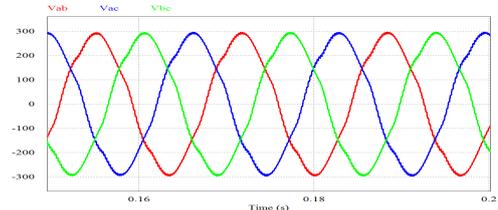
$$I_{ref} T_S = \vec{I}_1 T_1 + \vec{I}_2 T_2 \quad (5)$$

$$T_1 = \frac{I_{ref}}{I_1} \sin\left(\frac{\pi}{6} - \theta\right) T_S, \quad T_2 = \frac{I_{ref}}{I_2} \sin\left(\frac{\pi}{6} + \theta\right) T_S \quad (6)$$

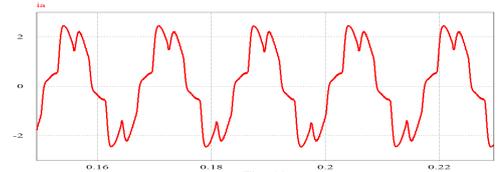
$$T_{sh} + T_{op} = T_S - (T_1 + T_2) \quad (7)$$

4, 시뮬레이션 결과

QZSI의 파라미터가 $L_1=L_2=L_3=2\text{mH}$, $C_1=C_2=200\mu\text{F}$ 이며, RL 부하에서 $R=10\Omega$, $L=5\text{mH}$ 시 3상 출력전압과 a상 출력전류 파형을 보인 것이다.



(a) 3상 출력전압



(b) a상 출력전류

그림 5 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation result

5. 결론

본 논문에서 전류제어형 QZSI 3가지 동작모드를 분석하였으며, 암단락 시간과 영전압 인가시간을 효율적으로 제어하기 위한 변형 공간변조 기법을 제시하였다. 시뮬레이션결과로 출력전압 및 전류가 잘 제어됨을 확인하였다.

본 연구는 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No. : 20111020400260)

참고 문헌

- [1] Fang Zheng Peng, "Z Source Inverter", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 39, no.2, pp.504 510 March/April 2003.
- [2] S. Yang, F.Z. Peng, R. Inoshita, and Z. Qian, " Current fed Quasi Z Source Inverter with Voltage Buck Boost and Regeneration Capability", IEEE Trans. Ind. Electron, vol.47, no.2, pp.882 892, Mar/Apr. 2011.
- [3] J.D. Ma, B. Wu, N.R. Zargari, and S.C. Rizzo, "A space vector modulation CSI based ac drive for multimotor applications", IEEE Trans. Power Electron., vol.16, no.4, pp.535 544, July, 2001.