

3상 PWM인버터와 3상 Z-소스 인버터의 효율 비교

신연수¹, 정영국², 임영철¹, 양승학³, 김광현¹
 전남대학교¹, 대불대학교², 호남대학교³

Comparison of the efficiency of three-phase PWM inverter and three-phase Z-source inverter

Yeon Soo Shin¹, Young Gook Jung², Young Cheol Lim¹, Seung Hak Yang³,
 Kwang Heon Kim¹

Chonnam National University¹, Daebul University², Honam University³

ABSTRACT

본 논문에서는 3상 PWM 인버터와 7가지의 3상 Z 소스 인버터(ZSI)의 효율을 비교 분석하였다. 출력전압을 220Vrms로 하고 듀티비는 0.2로 하였다. 그 결과 3상 PWM 인버터의 효율이 가장 높았으며 PSIM 시뮬레이션을 통해서 효율을 고찰하였다.

1. 서론

전력전자 기술의 눈부신 발전으로 인해 PWM인버터는 산업 현장과 의료분야 그리고 정밀 제어기기까지 광범위 한 분야에 적용이 되고 있다. PWM인버터는 동일한 압의 스위치 소자가 동시에 단락되면 스위치 소자가 파괴되는 문제점이 있다. 이러한 압 단락 현상을 방지하기 위해 PWM 펄스에 데드타임을 추가하는 데, 이것은 교류 출력파형에 왜곡을 유발하여 효율을 감소시키는 원인으로 작용한다^[1].

이러한 문제점을 보완하기 위해, X 형태의 L C 연결을 갖는 Z 임피던스 네트워크의 Z 소스 인버터(ZSI)^[2]가 근래 제안되었다. Z 소스 인버터는 Z 임피던스 네트워크와 압 단락을 이용하여 낮은 직류전압으로부터 높은 교류 전압을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근에는 여러 종류의 ZSI가 개발되고 있다. 본 논문에서는 PSIM 시뮬레이션에 의하여 3상 PWM 인버터와 3상 Z 소스 인버터의 입력 전압과 듀티비에 따른 효율을 비교 분석하였다.

2. 본 문

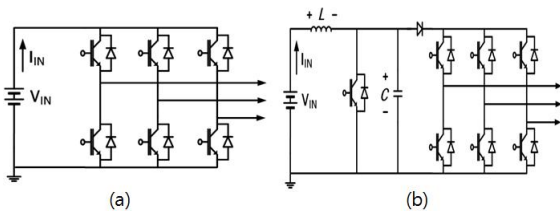


그림 1 (a) PWM 인버터 (b) DC DC 컨버터+ PWM 인버터

전압형 인버터는 출력전압은 항상 입력전압과 같거나 작게 된다. 또한 스위칭 압을 구성하는 위, 아래에 있는 두 개의 스위치가 동시에 턴 온 될 수가 없다. 따라서 그림과 같이 출력

전압이 입력 전압과 같거나 크게 하기위해 DC DC 컨버터를 이용하여 출력전압을 높게 된다. 이는 구성이 복잡하고 비용이 상승하며, 동일 압의 두 스위치가 동시에 동작하여 인버터의 손상을 발생시키는 단락 현상을 방지하기 위해 별도의 데드타임을 설정하여 인버터를 보호해야 하는 단점을 가지고 있다.

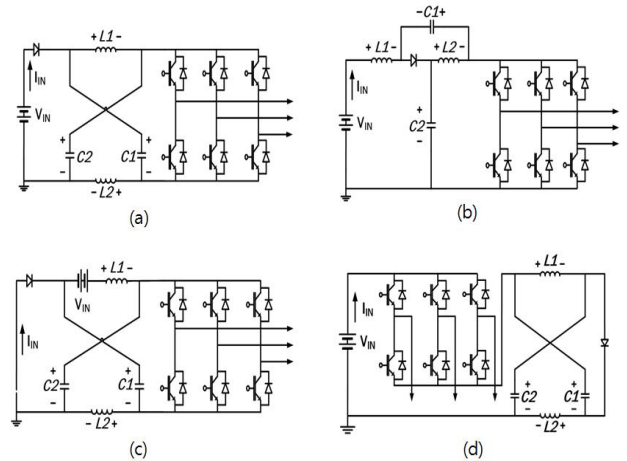


그림 2 (a) 기본형 Z 소스 인버터 (b) Quasi Z 소스 인버터
 (c) Embedded Z 소스 인버터 (d) Improved Z 소스 인버터

그림2 (a)는 기본형 Z 소스 인버터(ZSI)는 L C가 X 모양을 구성하고 있다. ZSI는 상하 스위치가 단락이 되는 압 단락 모드와 비 압 단락모드의 두가지로 동작을 한다. 비 압단락 모드에서는 커패시터 C1, C2가 충전을 하게 되고 압단락 모드에서는 커패시터 C1, C2가 인덕터 L1, L2를 통해서 방전을 하게 된다. 그림2(b)는 Quasi Z 소스 인버터(QZSI)^[3]로 기존 Z 임피던스 망의 형태와는 달리 L2와 C2를 병렬 구조로 취하여 정격을 낮추고 입력 측의 L1으로 인해 압단락 상태에서도 입력전류가 항상 도통하는 CCM(Continuous Current Mode)으로 동작한다. 위와 같은 특징으로 qZSI는 기존의 ZSI에 비해 수동 소자의 정격이 낮아지고 입력 측의 스트레스가 감소하는 특징을 갖는다. 그림2 (c)는 Embedded Z 소스 인버터(EZSI)^[4]의 구조로 Z 네트워크 내에 직류 전압을 위치한 Embedded ZSI로 커패시터와 인덕터의 소자에 걸리는 부담이 감소하며 제어 설계가 쉽다는 장점이 있다. 그림2 (d)는 Improved Z 소스 인버터

(IZSI)^[5]의 구조이며 Z 임피던스 망을 입력 측과 직접 연결하는 대신 입력전원과 인버터를 직접 연결하여 초기 구동 시 입력전류는 부하 측을 거쳐 Z 임피던스 망의 인덕터(L1,L2)에 먼저 전달된 이후에 커패시터(C1,C2)의 충전이 일어나는 구성으로 구동 시 L에 의해서 급격한 전류의 흐름이 발생하지 않으므로 돌입전류로 인한 surge 전압이 발생하지 않는 soft start가 가능하다.

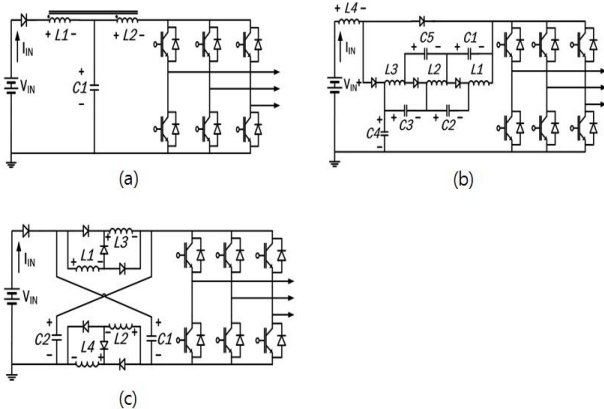


그림 3 (a) Trans Z 소스 인버터 (b) Extended boost Z 소스 인버터 (c) Switched inductor Z 소스 인버터

그림3 (a) 전압형 Trans ZSI^[6]의 회로 구조를 나타내고 있다. Z 임피던스 망의 인덕터를 변압기(1차측을 L2, 2차측을 L1으로 함)와 커패시터(C1)로 구성하였으며, 전압 부스트율이 매우 높은 ZSI이다. 그림3 (b)는 Extended boost ZSI^[7] 구조를 나타내고 있다. 이 방식은 전압 부스트율을 최대화하기 위하여 제안 되었으며, 전통적인 ZSI보다 커패시터에 걸리는 전압의 스트레스가 낮다. 그림 3 (c) Switched inductor ZSI^[8] 구조를 나타내고 있다. 기본형 Z 소스 인버터와 비슷한 Z 네트워크에 다이오드와 인덕터를 추가하여 낮은 직류 전압 소스를 사용하여 높은 부스트율을 가지고 있다.

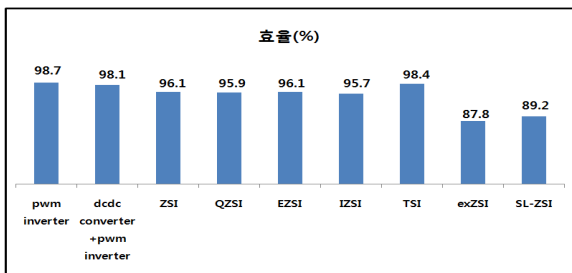


그림 4 9가지 인버터의 효율 비교

3. 결과 고찰

본 논문에서는 앞에서 제시한 9개의 인버터의 효율 분석하기 위해 PSIM 시뮬레이션을 이용하였다. 입력전압은 출력전압이 220Vrms로 출력하게 설정 하였고, 듀티비는 0.2로 시뮬레이션을 하였다. 듀티비가 0.2일때 효율은 pwm inverter, dc/dc converter + pwm inverter, Trans Z 소스 인버터가 98%의 높은 효율과 ZSI, QZSI, EZSI, IZSI의 효율은 96%로가 나왔고

exZSI, SL ZSI가 가장 낮은 효율을 그림4를 통해서 확인할 수 있다.

표 1 시뮬레이션 입력전압, 입력평균전류, 출력전압 결과

	입력전압(V)	입력평균 전류(A)	출력전압(Vrms)
pwm inverter	787	6.23	220
dc/dc converter +pwm inverter	630	7.84	220
ZSI	480	10.49	220
QZSI	480	10.51	220
EZSI	480	10.49	220
IZSI	480	10.54	220
TSI	255	19.33	220
exZSI	280	19.67	220
SL ZSI	285	19.07	220

4. 결론

본 연구에서는 3상 PWM 인버터와 7개의 Z 소스 인버터를 입력전압에 따른 효율을 고찰하였다. 출력전압을 220Vrms하고 듀티비는 0.2일때 PWM 인버터가 효율이 높았고, exZSI가 낮은 효율을 보였다. 또한 TSI는 낮은 입력 전압에 비해 높은 부스트율과 높은 효율을 보였다.

이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)와 바이오하우징연구소 및 "지식경제부", "한국산업기술진흥원", "호남광역경제권 선도산업지원단"의 "광역경제권 선도산업 육성사업"으로 수행된 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] 김세진, 정영국, 임영철, 양승학, "전압 이득과 변조지수 제어에 의한 3상 Z 소스 인버터의 출력 교류 전압 제어", 전기학회논문지, 59권, 11호 pp.1996 2005, 2010.
- [2] F. Z. Peng, "Z Source Inverter," IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 39, No.2, pp. 504 510, March/April 2003.
- [3] J. Anderson and F. Z. Peng, "A class of quasi Z source inverters," in Conf. Rec. of IEEE IAS Annu. Meeting, pp. 1 7, 2008.
- [4] F. Gao, P. C. Loh, F. Blaabjerg, and C. J. Gajanayake, "Operational analysis and comparative evaluation of embedded Z Source inverters," in IEEE Power Electronics Specialists Conference, PESC 2008, pp. 2757 2763, 2008.
- [5] T. Yu, X. Shaojun, Z. Chao, and X. Zegang, "Improved Z source inverter with reduced Z source capacitor voltage stress and soft start capability," IEEE Trans. Power Electron., Vol. 24, No. 2, pp. 409 415, Feb. 2009.
- [6] W. Qian, F. Z. Peng and H. Cha, "Trans Z Source Inverters", in Conf. Rec. of IPEC2010, pp.1874 1881. 2010.
- [7] C. J. Gajanayake, L. F. Lin, G. Hoay, S. P. Lam and S. L. Kian, "Extended Boost Z Source Inverters", IEEE Trans. Power Electron. Vol.25, pp.2642 2652, Oct 2010.
- [8] Z. Mao, Y. Kuna and L. L. Fang, "Switched Inductor Z Source Inverter" Power Electronics, IEEE Trans. Power Electron., Vol.25, pp. 2150 2158, Aug 2010.