

단상 임베디드 Typical Z-소스 인버터와 임베디드 Quasi Z-소스 인버터의 출력전류 THDi 비교

오승열¹, 김세진², 정영국[†], 박희재¹, 임영철²
전자부품연구원¹, 전남대학교², 대불대학교[†]

Comparison of the Output Current THDi of Single-Phase Embedded Typical Z-Source Inverter and Embedded Quasi Z-Source Inverter

Seung Yeol Oh¹, Se Jin Kim², Young Gook Jung[†], Hee Jae Park¹, Young Cheol Lim²
Korea Electronics Technology Institute¹, Chonnam National University², Daebul University[†]

ABSTRACT

본 논문에서는 임베디드 Z 소스 컨버터 2대를 병렬 연결하여 승압 및 강압 기능을 가지는 단상 인버터의 THDi를 비교 분석하였다. 임베디드 Z 소스 인버터는 임베디드 Typical Z 소스 인버터와 임베디드 Quasi Z 소스 인버터로 구분되며 각 인버터의 단락비에 따른 출력전류 THDi를 비교하였다. THDi의 비교를 위해 실험 세트를 구성하고 실험 데이터 이용해 비교 분석 하였다.

1. 서 론

일반적인 단상 DC AC 인버터는 4개의 스위칭 소자로 구성되는 브리지 방식과 DC DC 컨버터 2대를 결합하는 방식^[1]이 대표적이다. 브리지 방식의 인버터는 입력전압 이상의 전압을 출력하기 위해 부스트 컨버터가 요구되며, 왜곡이 없는 정현파 전압을 출력하기 위해 출력필터가 필수로 요구된다. boost converter, buck boost converter 등의 DC DC 컨버터 2대를 결합하는 방식의 경우 왜곡이 없는 정현파 전압을 출력하는데 출력필터를 필요로 하지 않는 장점이 있다. 반면에 DC DC 컨버터는 단극성(Unipolar) 전압만을 출력하는 것이 가능하므로 입력전압 이상의 오프셋(offset) 전압을 기준으로 교류전압이 출력되어야 한다.^[1] 따라서 시스템 전체의 전압 스트레스가 매우 높다는 단점이 있다.

이러한 이유로 최근 출력전압의 강압 승압 기능을 가지는 임베디드 Z 소스 컨버터 두 대를 이용한 단상 인버터가 제안되었다^[2]. 본 논문에서는 임베디드 Typical Z 소스 컨버터 두 대를 이용한 Typical 인버터와 임베디드 Quasi Z 소스 컨버터 두 대를 이용한 Quasi 인버터의 출력전류에 대한 전고조파 왜곡을 THDi를 측정하여 비교 분석하였다. 실험 결과 Typical 인버터와 Quasi 인버터는 입력전압의 1.5배(k=0.75)로 승압하는 경우, THDi는 유사하게 나타났으나, k=1.0인 경우에는 Typical 인버터가 Quasi 인버터에 비해 우수한 성능을 보였다.

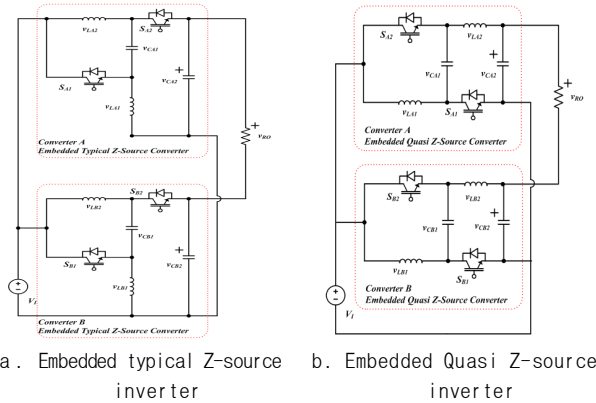
2. 본 문

2.1 단상 임베디드 Z-소스 인버터

강압 승압 기능을 가지는 단상 임베디드 Z 소스 인버터는 두 대의 임베디드 Z 소스 컨버터를 이용하여 구현할 수 있다. 2 가지 종류의 임베디드 Z 소스 컨버터는 임베디드 Typical Z 소스 컨버터와 임베디드 Quasi Z 소스 컨버터로 구분하며 각각 두 개의 리액터(L_{A1}, L_{A2}와 L_{B1}, L_{B2})와 커패시터(C_{A1}, C_{A2}와 C_{B1}, C_{B2})

및 두 개의 스위치(S_{A1}, S_{A2}와 S_{B1}, S_{B2})를 기본 구성으로 하고 있다. S_{A1}과 S_{B1}은 단락모드에서 S_{A2}와 S_{B2}는 비 단락모드에서만 턴 온되며 종전의 방식^[1]과 달리 4 상한 스위치를 사용하지 않고 환류 다이오드를 포함한 단일 스위치만으로 양방향(bidirectional) 컨버터로 동작되는 장점이 있다.

본 논문에서 출력전류의 THDi를 비교하기 위해 그림 1과 같이 2대의 임베디드 Z 소스 컨버터로 구성된 Typical 인버터(a. Embedded typical Z source inverter)와 2대의 임베디드 Quasi Z 소스 컨버터로 구성된 Quasi 인버터(b. Embedded Quasi Z source inverter)를 구성하였다.



a. Embedded typical Z-source inverter b. Embedded Quasi Z-source inverter

그림 1. 단상 임베디드 Z-소스 인버터의 구성
Fig. 1 Configuration of the two embedded Z-source inverters

2.2 임베디드 Z-소스 컨버터와 단상 임베디드 Z-소스 인버터의 전압이득 관계

임베디드 Typical Z 소스 컨버터 두 대를 이용한 Typical 인버터와 임베디드 Quasi Z 소스 컨버터의 전압이득(G_C)은 식 (2.1)과 같이 동일하며, 단상 임베디드 Z 소스 인버터의 전압이득(G_I)은 식 (2.2)로 동일하게 표현 된다.

$$G_C = \frac{v_{CA2}}{V_I} = \frac{1-2D}{1-D} \quad (2.1)$$

$$G_I = \frac{v_{RO}}{V_I} = \frac{1-2D}{1-D} - \frac{2D-1}{D} = \frac{1-2D}{(1-D)D} \quad (2.2)$$

2.3 단상 임베디드 Z-소스 인버터의 스위칭을 위한 기준신호

임베디드 Z 소스 컨버터에서 오프셋 전압을 포함한 교류전압 (V_{CA2} , V_{CB2})을 출력하기 위한 스위칭 방법은 일반 전압형 인버터에 사용하는 SPWM과 유사한 방법이 사용된다. 스위치 턴 온, 턴 오프 신호를 발생하기 위해 일반적인 삼각파 신호 (Triangular)와 변형된 기준신호(Modified reference curve)를 비교한다. 식 (2.3)과 같이 임베디드 Z 소스 컨버터 A에서 교류전압(V_{CA2})을 출력하기 위한 단락 비(D)는 컨버터의 출력전압과 고정 전압이득($k=V_{CA2, peak}/V_I$) 등을 이용해 나타낼 수 있다.

$$D = \frac{\frac{v_{CA2}}{V_I} - 1}{\frac{v_{CA2}}{V_I} - 2} = \frac{k(\sin\omega t - 1)}{k(\sin\omega t - 1) - 1} \quad (2.3)$$

식 (2.3)을 이용해 k값에 따른 단락 비를 그림 2에 나타내었으며 단락 비 곡선은 변형된 기준신호로 사용된다. 임베디드 Z 소스 컨버터 B의 단락 비 곡선은 A의 단락 비 곡선이 π 를 기준으로 좌우 대칭되어 나타나므로 그림 2에 표현하지 않았다.

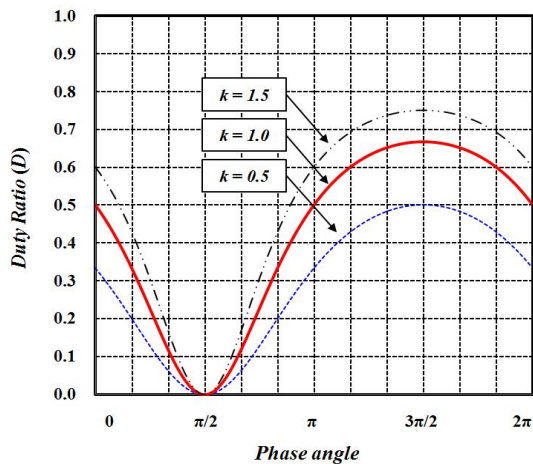


그림 2 임베디드 Z-소스 컨버터 A의 단락 비 곡선
Fig.2 Duty ratio(D) curve of the embedded Z-source converter A

3. 실험

강압 승압 기능을 가지는 단상 임베디드 Z 소스 인버터의 출력 전류의 THDi를 비교하기 위하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 파라미터는 표 1과 같이 입력 전압 50[V], 저항부하 50[Ω], Z 소스 네트워크의 인덕터 6[mH], 커패시터 10[μF]로 하였으며, 스위칭 주파수는 20[kHz]이다. 또한 실험장치의 제어기로는 DSP TMS320F28335를 사용하였다.

그림 3에 Typical 인버터와 Quasi 인버터의 THDi를 나타내었다. 입력전압의 1.5배 승압($k=0.75$) 조건에서 THDi는 2.06[%]로 동일하였으나 입력전압 이하로 강압($k=0.25$, $k=0.5$)하는 경우 Quasi 인버터의 THDi가 다소 낮게 나타났다. 반면에 입력전압의 2배 승압($k=2.0$)하는 경우에는 Typical 인버터의 THDi

는 Quasi 인버터에 비해 약 3% 이상 낮게 나타났다.

표 1 실험 파라미터
Table 1 Experiment parameters

Input voltage (V_I)	50[V]
AC Load (R_O)	50[Ω]
Inductor (L_{A1} , L_{A2} , L_{B1} , L_{B2})	0.6[mH]/0.2[Ω]
Capacitor (C_{A1} , C_{A2} , C_{B1} , C_{B2})	10[μF]
switching frequency	20[kHz]
Switching Method	Modified SPWM

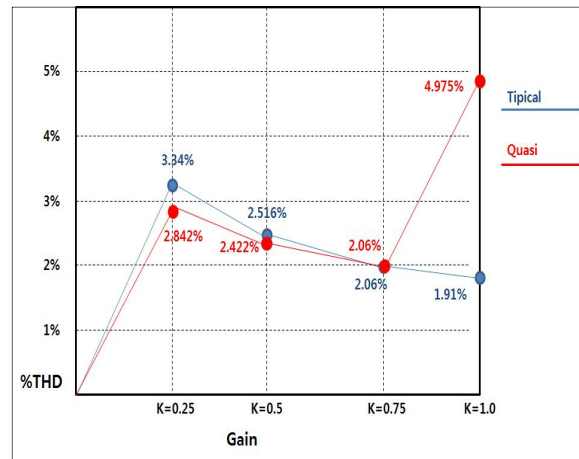


그림 3 "K"에 따른 출력 전류의 THD 곡선
Fig. 3 Output current THD curve according to "k"

4. 결론

임베디드 Z 소스 컨버터 2대를 이용해 강압 승압이 가능한 단상 임베디드 Z 소스 인버터의 단락 비에 따른 THDi를 비교분석하였다. Typical 인버터의 경우 입력전압 이상($k>0.75$)의 승압된 전압을 출력하는 경우 THDi 측면에서 크게 유리하였으며 Quasi 인버터는 입력전압 이하($k<0.5$)의 전압을 출력하는 경우 THDi 측면에서 다소 유리하게 나타났다. 단상 임베디드 Z 소스 인버터는 강압 승압 기능을 수행하는 출력 필터가 사용되지 않더라도 대부분의 출력영역에서 양호한 성능을 보였다.

호남광역권 광역경제권 선도사업의 "3 Level 기법을 이용한 3MW 이상급 풍력발전기용 전력변환기 개발" 과제의 지원으로 연구되었음

참고 문헌

- [1] Y. Berkovich, B. Axelrod, S. Tapuchi, and A. Ioinovic, "A family of four quadrant, PWM DC DC converters," in Conf. Rec. of IEEE PESC'07, 2007, pp. 1878-1883.
- [2] 오승열, 김세진, 정영국, 임영철 "비대칭 전압 제어를 이용한 단상 임베디드 Z 소스 DC A인버터", 전력전자학회 논문지, Vol. 17, No. 4, August 2012