

3개의 양방향 벽-부스트 컨버터를 이용한 3상 인버터 시스템

김 성영¹⁾, 남 광희²⁾

Three Phase Inverter System Utilizing Three Bi-directional Buck-Boost Converter

Sungyoung Kim, Kwanghee Nam

Key words : buck-boost converter(벽-부스트 컨버터), DC-DC converter(디씨-디씨 컨버터), inverter function(인버터 기능), hybrid vehicle(하이브리드 자동차)

Abstract : An inverter system, which consists of three bi-directional buck-boost converters, is proposed for motor driving. Three phase sinusoidal output voltages can be generated by utilizing three buck-boost converters. The advantage of this scheme is that it does not require a separate DC-DC converter for motor driving, i.e. inverter function is combined into the three DC-DC converters. This topology is suitable for inverters for hybrid or fuel cell vehicles where DC link voltage is subject to change depending upon charging status or output power. So the proposed system is capable of driving motor at high speed. The converter system is controlled by PI controller and simulation results done by MATLAB SIMULINK are provided.

Nomenclature

V_{in} : input voltage of buck-boost converter
 V_o : output voltage of buck-boost converter
 V_{bias} : bias voltage of output voltage
 V_A : difference between output voltage and V_{bias}
 V_A^* : input reference voltage
 D : duty ratio
 f : switching frequency of buck-boost converter
 f_i : frequency of V_A
 L : inductance of buck-boost converter
 C_{out} : output capacitance of buck-boost converter

터 시스템을 제안한다. 3개의 양방향 벽-부스트 컨버터 이용하면 3상 정형파형을 가진 출력 전압을 발생시킬 수 있다. 이 인버터 시스템의 장점은 전통적인 인버터 시스템보다 큰 진폭을 가지는 정형파를 생성 할 수 있다는 점이다. 따라서 하이브리드 시스템에서 이용되는 입력 전압을 승압시키기 위한 DC-DC 컨버터를 필요로 하지 않는다. 또한 벽-부스트 컨버터는 AC 전압을 생성 할 수 있기 때문에 인버터의 기능도 가지고 있다.

1. 서 론

Fig. 1은 일반적인 하이브리드 시스템을 나타낸다. 하이브리드 시스템은 크게 DC-DC 컨버터와 인버터로 구성되어 있다. DC-DC 컨버터는 양방향 컨버터로서, 배터리의 입력 전압보다 높은 출력 전압을 생성하여, 인버터의 DC 링크 단에 공급한다. 이 하이브리드 시스템은 3개의 벽-부스트 컨버터에 의해서 대체 할 수 있다.

벽-부스트 컨버터는 듀티 비를 조절함으로써 출력에 DC 바이어스 된 정형파 전압을 공급할 수 있다.^{1),2),4)} 따라서 전동기를 구동시키기 위한 3개의 양방향 벽-부스트 컨버터로 이루어진 인버

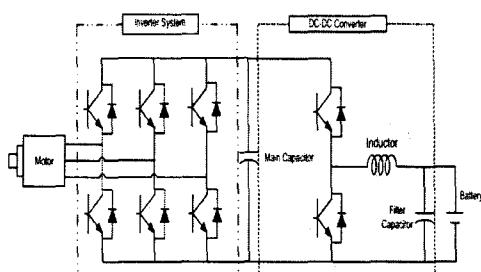


Fig. 1 일반적인 하이브리드 시스템

1) 포함공대 전자전기공학과

E-mail : sykim80@postech.ac.kr
Tel : (054)279-5628 Fax : (054)279-5629

2) 포함공대 전자전기공학과

E-mail : kwnam@postech.ac.kr
Tel : (054)279-2218 Fax : (054)279-5629

양방향 벡-부스트 컨버터는 PI 제어기에 의해 제어되며, 매트랩 시뮬링크에 의한 시뮬레이션 결과가 제공된다.

2. 제안하는 인버터 시스템

2.1 제안하는 인버터의 동작 원리

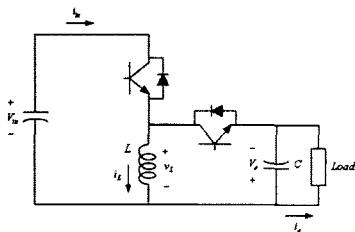


Fig. 2 양방향 벡-부스트 컨버터

Fig. 2는 양방향 벡-부스트 컨버터이다. 전류가 양방향(입력 혹은 부하)으로 흐르기 때문에 양방향 컨버터를 사용하여야 한다. 양방향 벡-부스트 컨버터의 입력과 출력 전압의 관계는 다음과 같다.

$$\frac{V_{in}}{V_o} = \frac{D}{1-D} \quad (1)$$

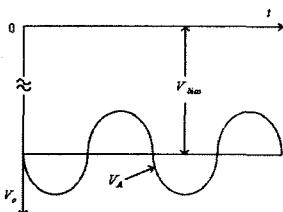


Fig. 3 양방향 벡-부스트 컨버터의 출력전압

양방향 벡-부스트 컨버터는 벡과 부스트 컨버터와 달리, 입력 전압보다 크거나 혹은 작은 출력 전압을 생성할 수 있다. 따라서 이러한 성질을 이용하면 출력 전압이 큰 진폭을 갖는 정현파로 만들 수 있다.

벡-부스트 컨버터의 출력 전압은 음(-)의 한 극성의 전압만 가지기 때문에, 정현파형을 생성하기 위해선 출력 전압은 DC 바이어스 된 형태를 갖는다. 따라서 (1)에서 출력 전압이 정현파를 생성하도록 D를 조정하면, 출력 전압은 Fig. 3과 같은 형태가 된다. 그래서 3개의 양방향 벡-부스트 컨버터를 이용하면 3상 전압을 발생시킬 수 있다.

2.2 제안하는 인버터의 특성

Fig. 4는 제안하는 인버터 시스템을 나타낸다.

이 시스템에서 3개의 벡-부스트 컨버터가 이용되며, 각각은 a, b, c상의 전압을 발생하도록 제어된다. Fig. 1의 기존의 하이브리드 시스템이 2 스텝 이지로 구성된 반면, 제안하는 인버터 시스템은 1스텝으로 구성된다. 제안하는 인버터 시스템의 가장 큰 특징은 기존의 하이브리드 시스템에서 사용되는 양방향 컨버터의 특성과 인버터의 특성을 다 가지고 있다는 것이다.

Fig. 3에서 V_{bias} 전압의 크기를 어떻게 설정해 주느냐에 의해서 생성 할 수 있는 출력 전압의 크기가 결정된다는 사실을 알 수 있다. 따라서 V_{bias} 전압을 입력 전압보다 크게 설정하면 입력 전압 V_{in} 을 승압한 효과를 얻을 수 있다. 또한 벡-부스트 컨버터는 D를 조정하면 정현파형을 갖는 출력 전압을 생성 할 수 있으므로 인버터 역할을 할 수 있다. 따라서 Fig. 1의 인버터와 DC-DC 컨버터는 양방향 벡-부스트 컨버터로 대체 될 수 있다.

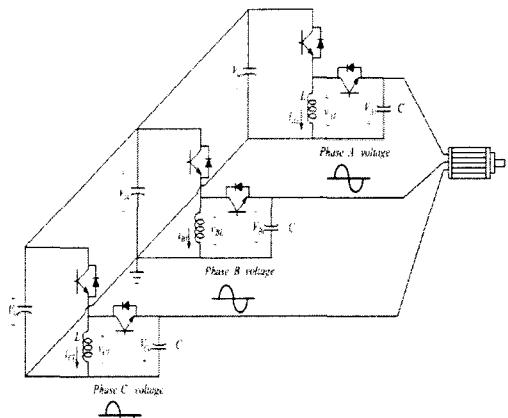


Fig. 4 제안하는 인버터 시스템

3. 제안하는 인버터 시스템의 제어 복력도

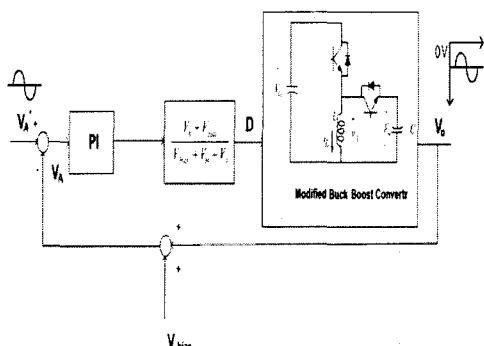


Fig. 5 제안하는 인버터 시스템의 제어 복력도

Fig.5는 제안하는 인버터 시스템의 제어 블럭도를 나타낸다. (1)식으로부터 D는

$$D = \frac{V_o}{V_{in} + V_o} \quad (2)$$

$$= \frac{V_{bias} + V_o}{V_{in} + V_{bias} + V_o}$$

식(2) 같이 표현 될 수 있다. 벽-부스트 컨버터의 출력 전압은 PI 제어기를 이용하여 제어하였다. 출력 전압이 Fig.3과 같으므로 V_{bias} 를 더해서 피드백하였다. 그리고 3개의 벽-부스트 컨버터의 V_{bias} 는 모두 같은 크기로 하였다.

4. 시뮬레이션 결과

제안된 인버터 시스템을 매트랩 시뮬링크를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 벽-부스트 컨버터는 PI 제어기를 이용하여 제어된다. 시뮬레이션 파라미터는 table 1과 같다.

Table 1 시뮬레이션 파라미터

V_{in}	200V
V_{bias}	400V
V_A	$300\sin(2\pi f_i t)$
L	500uH
C_{out}	500uF
f	20kHz
f_i	20Hz

Fig.6은 제안하는 인버터 시스템을 이용하여 생성한 출력 상 전압이다. 각각의 전버터에 부하를 Y결선을 하여 연결하였으며, 부하는 $R=20\Omega$, $L = 500\mu\text{H}$ 이다. Fig.6에서 알 수 있듯이 출력 전압이 기준 전압을 잘 따라감을 알 수 있다.

용량	12kW
R_s	1.2Ω
L_d	320uH
L_q	450uH
flux	0.2
정격 속도	2000rpm
정격 토크	57.3Nm
풀 수	12

Table 2 전동기 파라미터

Table 2는 부하로 사용될 전동기의 파라미터이며, Fig.7은 제안하는 인버터 시스템에 IPM 전동기를 부하로 하였을 때의 각각의 컨버터의 출력 전압을 나타낸 것이다. Fig.8는 기준 입력 속도와 실제 전동기의 속도를 나타낸다. 실제 전동기의 속도가 기준 속도를 잘 따라감을 알 수 있다.

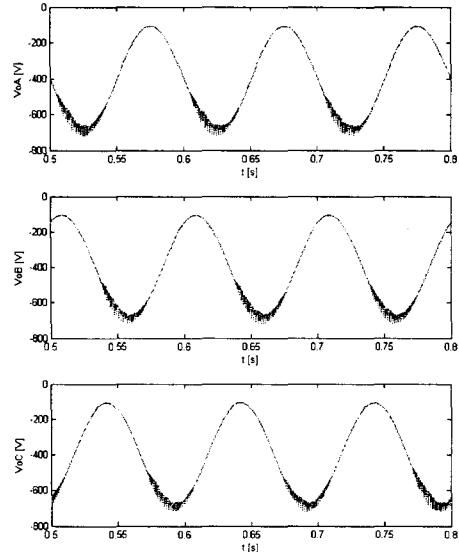


Fig. 6 부하로 저항과 인덕턴스의 Y결선을 이용할 때의 삼상 전압

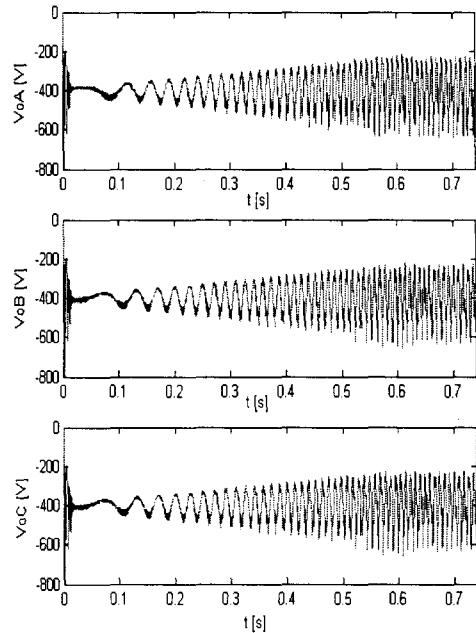


Fig. 7 IPM 전동기를 부하로 사용할 때 벽-부스트 컨버터의 삼상 전압

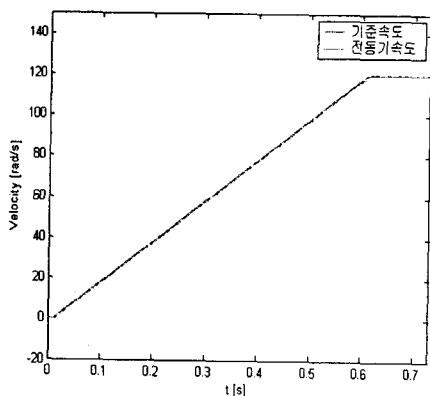


Fig. 8 기준 속도 및 IPM 전동기의 속도

5. 결 론

양방향 벽-부스트 컨버터는 뉴티 비를 조절함으로써 출력에 DC 바이어스 된 정형과 전압을 공급할 수 있다. 따라서 3개의 양방향 벽-부스트 컨버터를 이용하면 새로운 인버터 시스템을 구성할 수 있다. 이 인버터 시스템의 장점은 전압을 승압하는 기능과 인버터 기능을 다 가지고 있다는 점이다. 따라서 하이브리드 시스템에서 이용되는 입력 전압을 승압시키기 위한 DC-DC 컨버터를 필요로 하지 않는다. 또한 벽-부스트 컨버터는 AC 전압을 생성 할 수 있기 때문에 인버터의 기능도 가지고 있다. 따라서 기존의 하이브리드 시스템은 이 벽-부스트 컨버터 3개로 대체 될 수 있다. 그리고 양방향 벽-부스트 컨버터는 PI 제어기에 의해서 제어되며, 매트랩 시뮬링크에 의한 시뮬레이션 결과가 이론과 일치함을 알 수 있다.

References

- [1] P. Sanchis, A. Ursua, E. Gubia and L. Marroyo , 2005, "Design and experimental operation of a control strategy for the buck-boost DC-AC inverter", Electronic power applications, IEE Proceedings, Vol. 152, Issue. 3, Page(s): 660-668
- [2] P. Sanchis, A. Ursua, E. Gubia and L. Marroyo , 2004, "Buck-boost DC-AC inverter : proposal for a new control strategy ", Power Electronics Specialists Conference, PESC 04, 2004 IEEE 35th Annual, Vol. 5 , Page(s): 3994-3998
- [3] Ramon O. Caceres, Ivo Barbi, 1999, "A Boost DC-AC Converter: Analysis, Design, and Experimentation", Power Electronics, IEEE Transaction on, Vol. 14, Issue 1, Paper(s): 134-141
- [4] Ramon O. Caceres, Winston M. Garcia, Oscar E.Camacho, 1998, "A BUCK - BOOST DC - AC CONVERTER: OPERATION, ANALYSIS, AND CONTROL ", Power Electronics Congress, CIEP 98, VI IEEE International, Page(s) : 126-131
- [5] N. Viuquezl, J. Almazin, J. Alvarez ,C. Aguilat, J. Arau, 1999, "Analysis and experimental study of the buck, boost buck-boost inverter", Power Electronics Specialists Conference, PESC 99, 30th Annual IEEE , Vol. 2 , Pages(s): 801-806
- [6] Norman S. Nise, 2000, "Control Systems Engineering", WILEY
- [7] Mohan, Undeland, Robbins, 2003, "Power Electronics Converters, Applications, and Design", WILEY
- [8] D.W.Novotny, T.A.Lipo, 1996, "Vector Control and Dynamics of AC Drives", CLARENDON PRESS·OXFORD