

직병렬 보상형 무정전 전원장치의 단일 스위치 직렬 요소

이 인우, 박 진형, 전 성준

부경대학교

A Single Switched Series Element of Series-Parallel Compensated UPS

In-woo Lee, Jin-hyung Park, Seong-jeub Jeon

Pukyong National University

Abstract

A single-switched series element for series-parallel compensated UPS is proposed. The proposed series element can handle only unidirectional power and the input voltage must be higher than the output voltage. But it is very useful when DC-link voltage is low and isolation transformer is need for output stage since only one active switch is used.

1. 서 론

UPS(Uninterruptible Power Supply)는 은행의 on-line 시스템, 병원의 생명유지시스템 등에 필수적이다. 최근에 연구되는 그림 1-(a)와 같은 직병렬 구조의 UPS는 뛰어난 입출력 특성을 가지고 있으며 용량대비 무게 면에서 우수하다[1-3].

그림 1-(b)와 같이 컨버터와 인버터가 종속접속된 기존의 UPS와 비교하면 전단 컨버터의 크기가 작으며 정상동작시에 주인버터가 취급하는 전력이 작다. 그림 1-(c)와 같은 병렬동작 UPS도 크기가 작다. 그러나 병렬동작 UPS에서는 전원 전류와 출력전압 동시에 제어할 수 없다[4-7].

직병렬 보상형 UPS에서 직렬요소는 부하정격에 비하여 크기를 줄일 수 있다. 그래서 전브릿지보다는 반브릿지가 유리하다[3]. 본 논문에서는 단일 스위치로 구성된 직렬요소를 제안하였다. 이 부스트 컨버터 직렬요소는 반브릿지나 전브릿지에 비해 큰 전류를 흘리게 되는 단점이 있으나 주인버터에 비해 전단컨버터의 크기가 작으므로 전류의 용량을 늘리고 소자의 수를 줄이는 것이 경우에 따라 유리하다.

2. 시스템의 동작

본 논문에 제안하는 단일 스위치 전단컨버터는 그림 2의 직병렬 UPS에서 좌측의 점선으로 표시된 바와 같다. 주인버터는 [1,3]에서와 동일하게 전브릿지로 구성되어 있다.

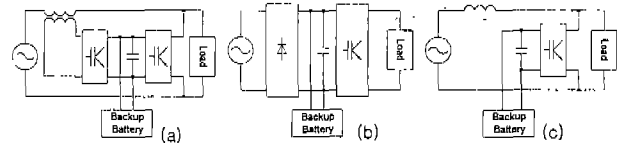


그림 1 UPS의 구조: (a) 직병렬 보상형 UPS, (b) 종속접속 UPS, (c) 병렬처리 UPS

Fig. 1 Structures of UPS's: (a) The series-parallel compensated UPS, (b) Conventional cascaded UPS, (c) Parallel processing UPS

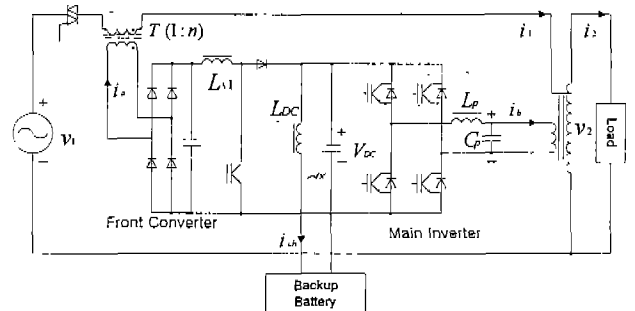


그림 2 제안된 회로

Fig. 2 The proposed circuit diagram

2.1 전력의 흐름

이 시스템이 바이패스 모드로 동작할 때의 전압·전류들은 그림 3에서와 같은 관계를 갖는다. 바이패스 모드에서의 전력의 흐름을 살펴보기 위해 부하전력을 식 (1)과 같이 두자.

$$S_L = P_L + jQ_L \quad (1)$$

출력전력과 입력전력이 같아지는 정상상태에서 손실을 무시하면 입력전류는 다음과 같이 주어진다.

$$I_1 = \frac{V_2 I_2 \cos \phi}{V_1} \quad (2)$$

전원에서 전단컨버터로 유입되는 전력은 다음과 같다.

$$S_a = (V_1 - V_2) I_1^* = P_L \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) \quad (3)$$

주인버터에서 부하에 전달되는 전력은 다음과 같이 주어진다. 주인버터에서는 전단컨버터로 흘러 들어온 전력과 부하의 무효분이 처리된다.

$$S_b = S_L - V_2 I_1^* = P_L \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) + jQ_L \quad (4)$$

식 (3)에 따라 전단컨버터에서 처리하는 전력을 그려보면 그림 4-(a)와 같다. 전단컨버터는 전력을 받아들일 수만 있으므로 입력전압이 출력전압보다 높아야 한다. 전원전압의 변동을 0~30[%](±15%)까지 허용하면 부하의 33[%] 정도의 전력만을 처리하게 된다. 전브릿지나 반브릿지 때보다는 크지만 종속접속의 것보다는 여전히 작다. 처리하는 전력이 작으면 컨버터의 크기가 줄게되고 효율을 높일 수 있다. 식 (4)에 따라 주인버터에서 처리하는 전력을 그려보면 그림 4-(b)와 같다. 부하역률이 좋을 때는 극히 일부의 전력만 처리하여 운전효율을 높일 수 있다.

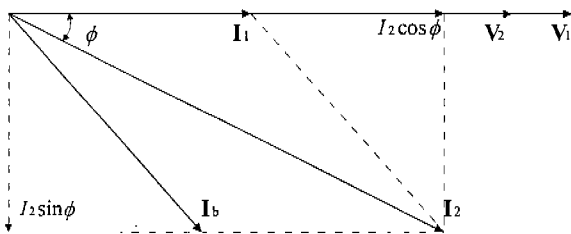


그림 3 페이저도

Fig. 3 Phasor diagram

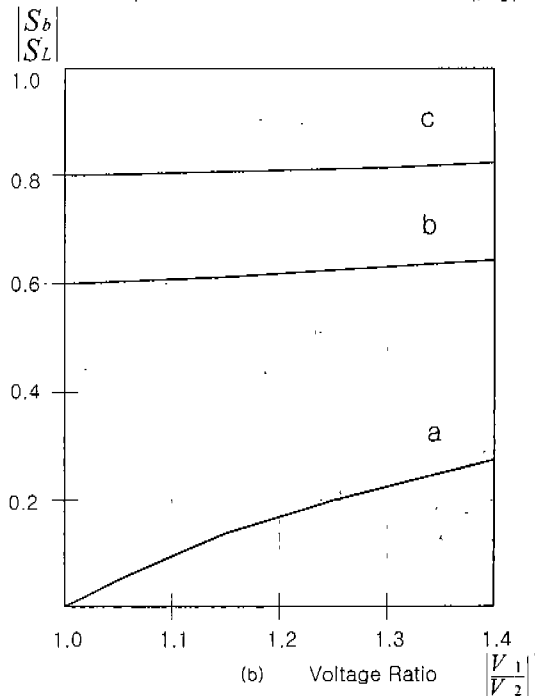
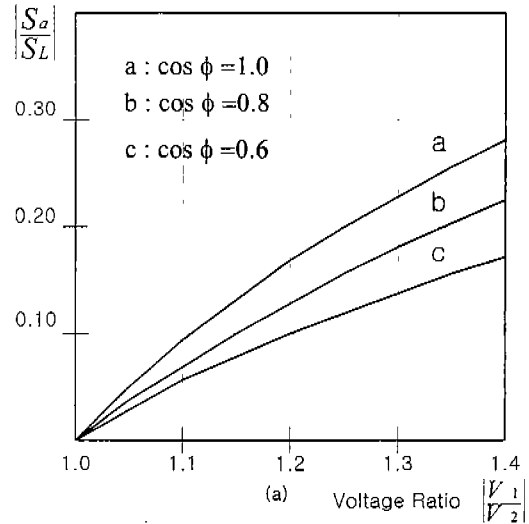


그림 4 각 전력변환장치에서 처리되는 전력: (a) 전단컨버터에서 처리되는 전력, (b) 주인버터에서 처리되는 전력

Fig. 4 Power handled by the system: (a) Power handled by the front converter, (b) Power handled by the main inverter

3. 시스템의 제어

시스템이 정상적으로 동작하면 전단컨버터는 전원과 부하사이에 직렬로 접속된 정현파 전류원으로 볼 수 있으며 후단인버터는 정현파 전압원으로 볼 수 있어 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 주인버터내의 캐퍼시터 C_b 를 주인버터에서 떼어내어서 외부에 두어

생각하면 부하에 흐르는 고차 고조파전류는 캐퍼시터 C_p 로 흐르고 저차 고조파 전류는 전브릿지로 구성된 주인버터로 흐른다.

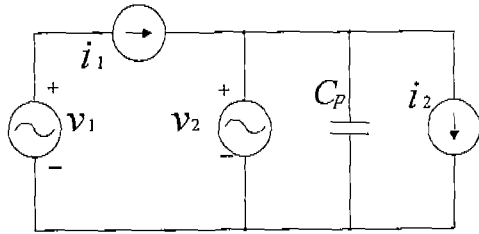


그림 5 간략화된 등가회로
Fig. 5 Simplified Equivalent circuit diagram

3.1 전원전류의 제어

전원전류는 직렬요소인 전단컨버터에 의해 제어되는데 전단컨버터의 설계시 주인버터는 정현파 전압원으로 볼 수 있으므로 부하전류 i_2 는 무시되고 입력 전압과 출력전압은 하나의 전압원으로 볼 수 있다. 전단컨버터를 위해 계통을 그림 6과 같이 단순화할 수 있다. 부하전류는 부하가 요구하는 대로 전압원인 주인버터에서 공급된다. 전단 컨버터는 부스트 컨버터를 기본으로 구성이 되어 있으며 전류제어형이다. 그림 7과 같이 전류지령에 따라 전류를 제어한다. 이 전류는 전원전압이나 부하전압에 무관하게 제어된다. 스위칭 주파수가 충분히 높을 때 리플분을 무시하면 전류는 지령을 충실히 추적해 가고 시간지연을 무시할 수 있으므로 전체를 이득이 1인 증폭기로 볼 수 있다. 그리고 변압기의 권수비가 1: n이므로 전원전류는 ni_a 이다.

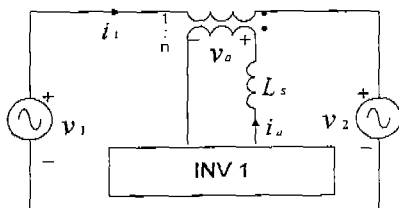


그림 6 전단컨버터를 위한 등가회로
Fig. 6 Equivalent circuit for the front converter

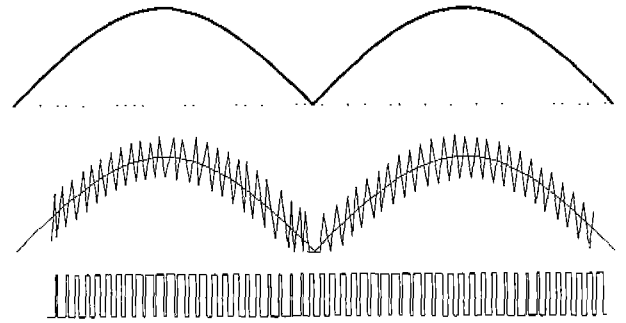


그림 7 전단컨버터의 스위칭파형
Fig. 7 switching waveforms of the front converter

3.2 출력전압의 제어

주인버터의 설계시에는 전단컨버터는 정현파전류원으로 볼 수 있으므로 전원전압을 무시할 수 있고 전원전류와 부하전류는 묶어서 생각할 수 있다. 캐퍼시터 C_p 에 유입 또는 유출되는 전원전류와 부하전류는 주인버터제어에서는 교환으로 취급한다. 이 주인버터에는 CVCF(Constant-Voltage Constant-Frequency)로 사용되는 모든 전압원형 인버터가 사용될 수 있다.

3.3 제어동작모드의 변환과 기준신호발생

이 시스템에서 정전이면 backup모드로 동작하고 전원이 건재하면 by-pass 모드로 동작하는데 동작모드의 전환은 입력상태에 따라 단순히 전단 컨버터를 끄거나 켜기만 하면 된다. 주인버터는 동작모드와는 관계없이 항상 일정한 정현파 출력을 내도록 제어한다.

4. 실험 결과

본 제안의 타당성을 확인하기 위하여 1 kVA 시제품을 제작하는 중이며 전단컨버터의 제어기에는 UC3854A를 사용하였다. 그림 8은 UC3854A에 의해서 제어된 전원전류를 보여준다. 시스템 전체가 완성되면 99%의 역률을 나타낼 것으로 보인다. 그림 9는 주인버터의 동작 파형을 보여준다.

5. 결 론

단일 스위치로 구성된 직병렬 보상형 UPS의 직렬 요소가 제안되었다. 이 직렬요소는 매우 간단하면서도 적절한 조건 내에서 직렬요소로서의 기능을 발휘할 수 있다. 이 직병렬보상형의 UPS는 소형이며 절연 변압기를 필요로 하는 곳에 적합한 형태로 이 분야에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

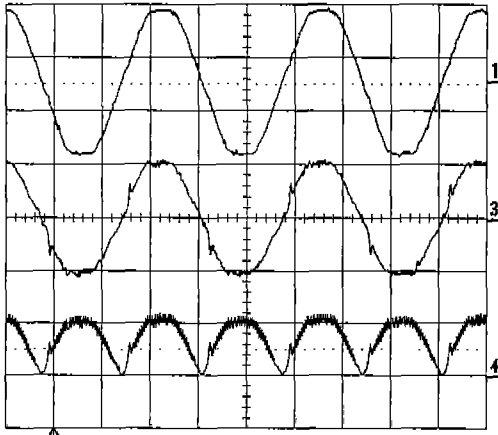


그림 8 동작 파형들: 부하전압 (상: 100[V/div]), 전원전류 (중: 2[A/div]), 인덕터전류 (하: 2[A/div]), 시간축 : 5[msec/div]

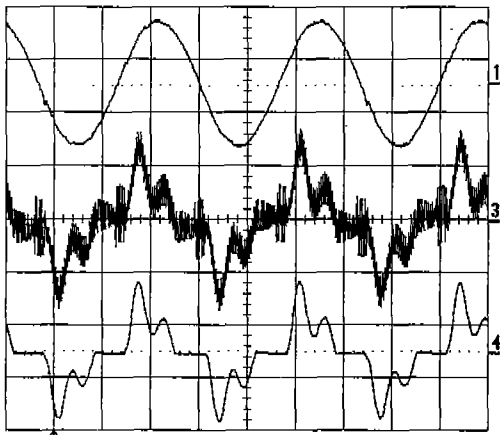


그림 9 주인버터 동작파형: 부하전압 (상: 100[V/div]), 인덕터전류 (중: 10[A/div]), 부하전류 (하: 10[A/div]), 시간축 : 1[sec/div]

참 고 문 헌

- [1] S.J. Jeon and G.H. Cho, "A Series-Parallel Compensated Uninterruptible Power Supply with Sinusoidal Input Current and Sinusoidal Output Voltage", IEEE, PESC '97 record, pp.297-303, 1997
- [2] F. Kamran and T.G. Habetler, "A Novel On-Line UPS with Universal Filtering Capabilities", IEEE Trans. Power Electronics, vol.13, no.3, pp.410-418, May 1998
- [3] 전성준, 조규형, "실용적인 직병렬구조의 무정전 전원 장치", 대한전기학회 논문집 제48B권, 제6호, 1999
- [4] G. Ioannidis, et al., "A Novel Uninterruptible Power Supply System with Sinusoidal Input-Output Characteristic and Simplified Control Circuit", IEE EPE '95 record vol. 2, pp.351-356, 1995
- [5] H. L. Jou, et al., "A New Parallel Processing UPS with the Performance of Harmonic Suppression and reactive Power Compensation", IEEE PESC '94 record, pp.1443-1450, 1994
- [6] Y. Lin, G. Joos, and J.F. Lindsay, "Performance Analysis of Parallel Processing UPS Systems," IEEE APEC '93 record, pp.533-539, 1993
- [7] 전성준, "역률개선과 고조파보상기능을 가진 단상 무정전 전원장치", 부경대학교 논문집 제2권, 제2호, pp.117-126, 1997