

교류초퍼를 기반으로 한 직류전원장치에 관한 연구

이인환, 이승용, 이형주, 김명수, 홍순찬
단국대학교 전자전기공학과

A Study on AC Chopper Based DC Power Supply

In Hwan Lee, Seung Yong Lee, Hyeong Joo Lee, Myeong Soo Kim, and Soon Chan Hong
Dept. of Electronics and Electrical Eng., Dankook University

ABSTRACT

This paper proposes an AC Chopper based DC power supply for specific DC voltage ranges. AC chopper is attached to the input side of PFC to generate specific ranges of DC voltage which are not available with PFC itself alone. The input power factor of the proposed DC power supply is proportional to that of PFC. Performance of the proposed power supply was verified by carrying out simulations.

1. 서 론

현재 계전기 제어 또는 스위치기어의 조작전원에 사용되는 산업용 직류전원으로서 직류 110V 또는 220V등이 사용되고 있고 향후 사무용 또는 가정용 직류배전을 위한 단계적 실증시험 전원으로서 직류 200V가 사용될 수 있다. 그런데 단상 PFC를 이용하여 상기 직류전압들을 얻고자 할 경우, 상기 직류전압들은 단상 교류입력 220V의 첨두치 이하 레벨에 있으므로 PFC가 부스팅 동작을 통하여 발생시킬 수 없다. 따라서 PFC가 교류입력전압을 부스팅하여 교류입력전압의 첨두치 이하의 직류전압을 발생시키기 위해서는 교류입력전압을 강압하여 PFC 입력단에 공급하는 장치로서 변압기 같은 장치가 필요하다. 본 논문은 변압기를 사용하지 않고 교류초퍼를 PFC 입력단에 사용하여 상기 직류전압들을 발생시킬 수 있는 직류전원장치를 제안한다. 본 논문은 제안하는 전원장치의 용도에 대하여 고찰하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 검증한다.

2. 교류초퍼를 사용한 변환기

2.1 교류초퍼를 이용한 정류기

현재까지 교류초퍼는 조명제어 및 자동전압조정기에 주로 사용되고 있으며 특수한 경우로서 교류초퍼 후단에 변압기와 다이오드 정류기를 결합하여 역률 및 입력전류 THD를 개선하려는 사례가 그림 1과 같이 제시된 사례가 있다.^[1] 그림 1의 변환기는 고압측에서 PWM AC controller를 이용해 다이오드 정류기의 저압직류출력을 제어하는 시스템이며, 저압측에 SCR 제어 정류기를 적용할 경우 시스템의 입력역률이 저하되고 입력 고조파 전류가 증가하는 단점들을 개선하려는 용도로 제시된 것이다. 그러나 이 사례는 변압기를 사용하므로 효율이 저

하되고 고역률 요구사항에 부합하지 않으며 가격이 상승하는 단점들이 있다.

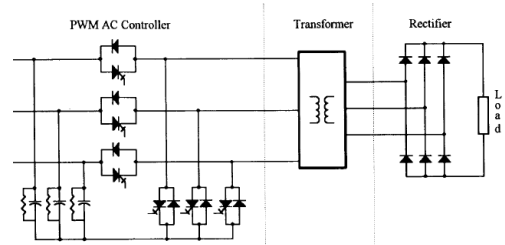


그림 1 PWM AC Controller 를 이용한 컨버터 토폴로지
Fig. 1 PWM AC controller-based converter topology

2.2 직류배전 시스템

최근 에너지의 효율성면에서 우월한 직류배전 시스템이 급증하는 신재생에너지의 기반이 되고 있다. 그런데 향후 국내 직류배전전압이 선진국처럼 직류 300V~400V 이내로 수용될 것으로 예상되지만, 특히 가정용 직류배전전압의 레벨을 결정함에 있어서 화재 및 인체에 대한 철저한 안전성 확보가 중요하므로 낮은 배전전압으로부터 단계적 실증이 수행될 것으로 예상된다.^[2] 그런데 단계별 과정에서 예를 들어 가정용 200V 직류배전 실증시험 시 입력전압이 교류 220V일 경우 PFC 단독으로 직류 200V를 발생시킬 수 없으므로 그림 2와 같이 AC/DC 변환기(PFC) 전단에 변압기를 설치하여야 하며, 변압기의 설치로 인하여 무게 및 부피의 증가가 부담이 되고 실증시험을 위한 배전전압의 변경이 용이하지 않다는 단점이 있다.

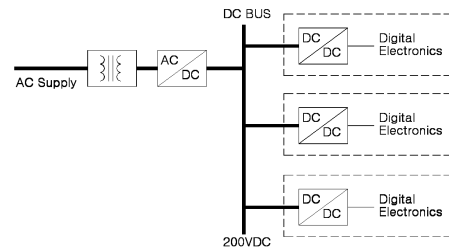


그림 2 입력변압기와 PFC를 사용한 직류배전 시스템
Fig. 2 DC distribution system using input transformer

2.3 교류초퍼를 기반으로 한 직류전원장치

그림 3에 표기된 교류초퍼는 220V 교류입력전압을 강압시켜 PFC(AC/DC)에 공급하며 PFC는 강압된 교류전압을 부스팅하여 직류 200V 전압을 직류배전망에 공급한다. 직류배전망에서

직류전압을 공급받은 직류/직류 변환기(DC/DC)들은 각각의 디지털 기기(Digital Electronics)들에게 필요한 직류전압을 공급한다. 그림 3의 시스템은 교류초퍼로 직류배전 시스템을 구성하면 직류 200V~400V 배전 실증시험이 직류배전전원용 전력변환기의 하드웨어 변경 없이 가능하게 된다는 장점을 가진다.

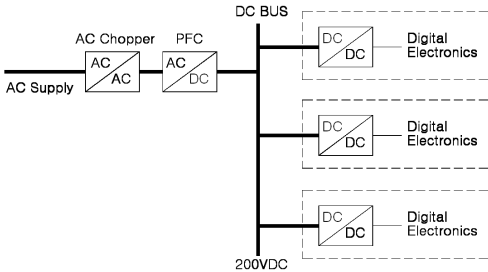


그림 3 교류초퍼와 PFC를 사용한 직류배전 시스템
Fig. 3 DC distribution system using AC chopper and PFC

본 논문에서 제안하는 직류전원장치는 그림 4와 같으며, 그림 3과 같이 입력변압기 대신에 교류초퍼를 사용하는 회로이다. 제안하는 직류전원장치에서 교류초퍼는 교류입력전압을 강압하여 PFC 입력단에 공급하며, PFC는 교류입력전압의 위상정보를 받아와 역률을 제어하며, 교류입력전압의 찌두치 이하의 직류전압을 출력으로 발생시킨다.

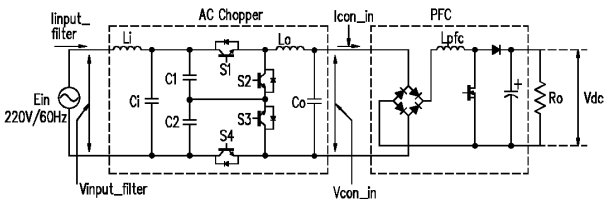


그림 4 교류초퍼를 기반으로 한 직류전원장치
Fig. 4 AC chopper based DC power supply

3. 시뮬레이션

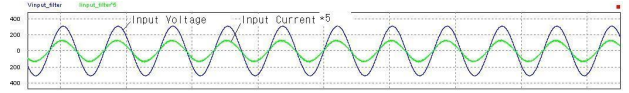
본 논문이 제안하는 직류전원장치의 타당성을 검증하기 위하여 그림 4의 회로를 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 시뮬레이션 파라미터
Table 1 Simulation parameters

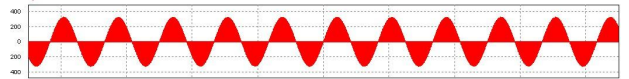
| | | |
|----------------|----------|---------------|
| 정격출력전력 | 4[kW] | |
| 초퍼입력전압 | 220[Vac] | Vinput_filter |
| 직류출력전압 | 200[Vdc] | Vdc |
| 초퍼 입출력 필터 인덕터 | 200[uH] | Li, Lo |
| 초퍼 입출력 필터 캐패시터 | 15[uF] | Ci, Co |
| 초퍼 듀티비 | 0.4 | |
| 초퍼 스위칭 주파수 | 40[kHz] | |
| 초퍼 스너버 캐패시터 | 2.2[uF] | C1, C2 |
| PFC 스위칭 주파수 | 20[kHz] | |
| PFC 부하저항 | 10[Ω] | Ro |

시뮬레이션을 통하여 본 논문이 제안하는 직류전원장치의 동작을 확인하였으며, 그림 5는 제안한 직류전원장치의 시뮬레이

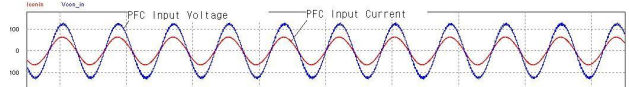
션 결과 파형이다. 그림 5의 (a)는 교류초퍼의 입력단 전압 및 전류, (b)는 교류초퍼의 스위칭 출력전압, (c)는 PFC 입력단 전압 및 전류, 그리고 (d)는 PFC의 출력전압이다. 특히 파형 (a)와 (c)의 역률을 비교하여 교류초퍼의 입력단 역률이 PFC 입력단 역률에 비례함을 확인하였다.



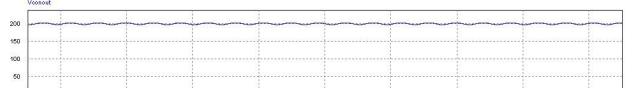
(a) 교류 입력단 전압 및 전류 (PF=0.99)
(Horizontal : 0.02sec/div, Vertical : 200V/div)



(b) 초퍼 스위칭 출력전압
(Horizontal : 0.02sec/div, Vertical : 200V/div)



(c) PFC 입력단 전압 및 전류 (PF=0.99)
(Horizontal : 0.02sec/div, Vertical : 100V/div)



(d) PFC 출력전압
(Horizontal : 0.02sec/div, Vertical : 50V/div)

그림 5 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation results

4. 결론

교류초퍼를 PFC 입력단에 사용한 직류전원장치를 제안하였다. 제안한 직류전원장치의 용도에 대하여 고찰하고 시뮬레이션을 통해 제안한 직류전원장치의 입력단 역률이 PFC 입력단 역률에 비례함을 확인하였다.

제안한 직류전원장치는 산업용 또는 직류배전 실증시험 용도로서 교류입력전압의 찌두치 이하의 직류전압이 요구되는 곳에 변압기 없이 양호한 입력역률과 함께 사용될 수 있다.

교류초퍼의 입출력필터 설계정수와 듀티비의 변화가 입력역률 및 입력고조파 전류에 미치는 영향, 각 소자들의 스트레스 그리고 데드타임이 효율에 미치는 영향들은 앞으로 실험들을 통해 검증할 계획이다.

참고 문헌

- [1] G. Joos. and P.D. Ziogas, "A PWM AC Controller Based High Current Power Supply", Proceedings of IEEE IECON, pp. 554 559, 1992.
- [2] 이경호, "직류(DC)배전 동향 및 안전대책", 전력전자학회지, 제14권, 제2호, 2009.
- [3] Takayuki Shinyama, Makoto Kawai, Akihiro Torii, and Akiteru Ueda, "Characteristic of an AC Chopper Circuit with LC Filters in the Input and Output Side", Electrical Engineering in Japan, Vol.155, No.2, pp.45 52, 2006.