

# 전력순환제어기술을 가진 단상 전력변환기에 대한 연구

백승준\*, 이우철

한경대학교 전기전자제어공학과

## A Study on the Single-phase Power converter having a Power Circulating Control Technique

Seung Jun Baik\*, Woo Cheol Lee

Hankyong National University Dept. of Electrical, Electronic and Control Engineering

### ABSTRACT

UPS 부하시험시 또는 DC 전압원 방전 시험시에 사용되는 일반 저항 또는 역률 부하 시험기를 사용하지 않고 UPS 내부 역변환부 출력전원을 출력 스위치와 바이패스 스위치를 통해서 순변환부 입력전원에 재공급함으로써 시험용 저항부하기 또는 역률 부하 시험기와 같이 모든 에너지를 열로 소비하지 않고 순변환부 측으로 재 순환시켜서 UPS 부하시험 시 입력 전원용량이 UPS 최소 내부 손실분만으로도 이미 현장 설치 및 운영 중인 UPS에서도 별도의 부하 시험기 및 시험용 케이블을 이동, 설치하지 않고 주기적인 UPS 점검 시, 적용 가능한 에너지 절감형 부하시험기법에 관해 연구하였다.

### 1. 서 론

현재까지 UPS 부하시험은 모든 UPS 제품의 신뢰성 확보를 위해 반드시 필요한 필수 시험항목이기 때문에 국내외 UPS 생산업체는 저항 또는 역률 부하기를 제작, 보유하고 있어야만 하며 UPS 부하시험 시, UPS 자체 소비전력뿐만 아니라 UPS를 통과한 전기 에너지를 부하에서 모두 열로 발산시키기 때문에 장시간의 UPS 부하시험 시, 그 시간에 비례해서 많은 전기 에너지를 소비했다.<sup>[1]</sup> 또한 UPS 생산업체는 이러한 부하에서 발생한 열을 냉각하기 위한 별도의 냉각장치를 구비해야하는 등, UPS부하시험을 위한 많은 시험설비와 시험비용을 부담하고 있고 UPS 사용자는 이러한 부하 시험을 위한 전용의 부하기를 확보하고 있지 못한 현실에서 이미 설치 운용 중인 UPS의 내부 부품고장시, 주기적인 분해검사 및 부품 교체 후, UPS 부하시험이 필요함에도 불구하고 UPS 부하시험을 할 수 없는 현실이다.<sup>[2]</sup> 이를 극복하기 위해 UPS 내부 역변환부 출력전원을 출력 스위치와 바이패스 스위치를 통해서 순변환부 입력전원에 재공급함으로써 일반 저항부하기 또는 역률 부하 시험기와 같이 모든 에너지를 열로 소비하지 않고 순변환부 측으로 재 순환시켜서 UPS 부하 시험시 입력 전원용량을 UPS의 최소 손실분만 필요로 하는 에너지 절감 부하시

험기능을 연구하였다. 본 논문에서는 1대의 단상 풀브릿지 PWM컨버터와 단상 풀브릿지 인버터 1대, 별도의 바이패스로 구성된 시스템에 대한설명, 이 시스템으로 구현시에 대한 문제점과 해결방안, 시뮬레이션 실험과형, 결론으로 구성하였다.

### 2. 시스템 구성

#### 2.1 제안하는 제어기와 회로의 구성

그림 1은 제안하는 시스템의 컨버터, 인버터 제어기를 나타낸다.  $V_{dc\_ref}$ 는 DC링크 전압지령치,  $V_{dc}$ 는 DC링크 전압,  $V_{dc\_err}$ 는 DC링크 전압오차,  $I_{s\_ref}$ 는 출력측의 전류지령치,  $I_1$ 은 출력전류,  $I_{s\_err}$ 는 출력전류오차,  $V_{a\_ref}$ 는 출력측의 전압지령치이다. 제어기를 보면 DC링크전압  $V_{dc}$ 와 DC링크전압지령치  $V_{dc\_ref}$ 값과의 차인 오류값  $V_{dc\_err}$ 를 PI제어를 통해 컨버터나 인버터의 출력측 전류 지령치  $I_{s\_ref}$ 를 만들고 컨버터나 인버터의 출력전류  $I_1$ 과의 차인 오류값  $I_{s\_err}$ 를 PI제어하여 인버터나 컨버터의 출력전압  $V_{a\_ref}$ 를 만든다. 결국엔 이 DC 링크 전압이 상승하거나 하강할때 따라 출력측의 전압과 전류가 변한다는 것을 알 수 있다.

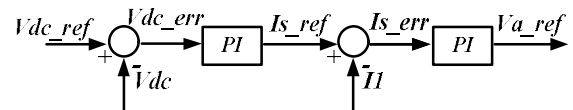


그림 1 제안된 제어기 구성

Fig. 1 A proposed controller formation

그림 2는 제안하는 시스템을 간략화 시킨 회로도도를 나타낸다.  $V_S$ 는 전원 전압,  $V_{dc}$ 는 DC링크 전압,  $L_1$ 은 PWM컨버터를 구성하기 위한 인덕터이며,  $C_1$ 과  $L_2$ 는 인버터 출력을 위한 LC필터로 구성되어 있고,  $I_{L1}$ 은 인덕터  $L_1$ 전류,  $I_{L2}$ 은 인덕터  $L_2$ 전류, Circulating Current는 순환전류를 나타낸다.

동작 구성은 전원전압  $V_S$ 는 PWM 컨버터를 이용하여  $V_{dc}$  전압을 승압하고 승압된  $V_{dc}$ 전압을 이용해 인버터로 구동하여 AC전압을 출력한다 이때 인버터가 인덕터  $L_2$ 에 흐르는 전류  $I_{L2}$ 를 전류 제어 하여 인버터 출력전압의 위상을 앞서게 한다. 그렇게 되면 앞선 위상을 가진 인버터 출력전압으로부터 상대

적으로 위상이 뒤진 전원전압쪽으로 순환전류가 흐르게 된다.

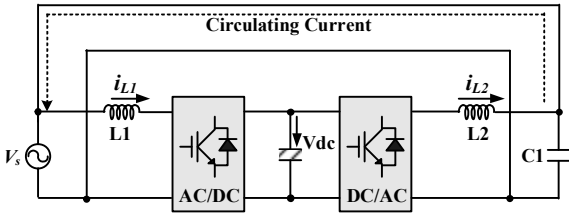


그림 2 제안된 시스템  
Fig. 2 A proposed system.

### 2.2 DC링크를 통한 단락회로

제안된 시스템으로 회로구성시 문제가 되는 단락구간이 존재한다. 컨버터와 인버터 스위칭 상태에 따라 커패시터만의 단락으로 DC링크 전압이 급격히 떨어지는 원인이 보여진다. 이와 같은 현상을 억제하기 위해서는 단락구간에 인덕터를 추가 구성하거나 출력단에 절연변압기를 추가구성하여 사용해야 하는데 인덕터를 추가 구성할 시 소음이 더욱 심해지고 부피도 커지는 문제가 있고 절연변압기를 추가구성 할 시 부피가 커지는 것은 물론이고 가격이 비싸다는 단점이 있다.

### 2.3 Transformerless type

추가 인덕터 구성과 추가 변압기 구성을 피하려면 제안된 토폴로지상에서 스위치제어만으로 시스템을 구성할 필요가 있다. 본 논문에서는 컨버터와 인버터의 스위칭상태를 하나하나 고려해 보고 DC링크전압이 커패시터가 단락되는 Case마다 스위칭제어를 통해 단락구간을 피하여 추가변압기나 추가인덕터를 사용하지 않고 시뮬레이션을 통해 구현하였다.

## 3. 시뮬레이션 / 실험파형

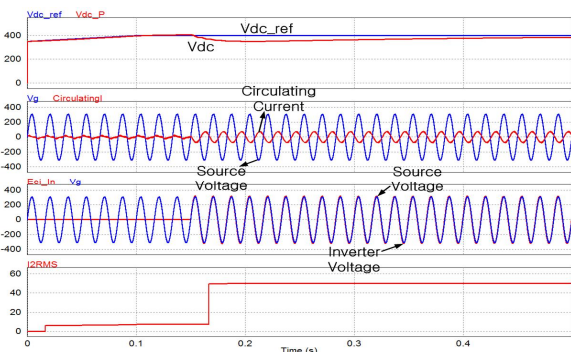


그림 3 제안된 시스템의 시뮬레이션 파형  
Fig. 3 A simulation wave of proposed system

그림 3은 PowerSim을 통해 구현하여 시뮬레이션하였다. 아래 제시된 그림 3을 보면 Vdc는 DC링크전압, Vdc\_ref는 DC전압 지령치, Source Voltage는 전원전압, Inverter Voltage는 인버터 출력전압, Circulating Current는 인버터 출력측에서 컨버터 입력측으로 넘어가는 순환전류를 의미한다.

파형을 보면 처음에 PWM컨버터로만 동작하다가 0.15초 이

후에 인버터도 같이 동작되는 시스템의 파형이다. 처음 0.15초 이전에는 DC링크전압 Vdc는 Vdc전압 지령치 Vdc\_ref를 추종하여 상승되는 것을 볼 수 있다. 또한 인버터의 전류제어기 지령치를 50Arms로 지정하였고 인버터 출력전류I2RMS값이 50A로 나오는 것을 확인할 수 있다. 이때 순환전류 Circulating Current는 인버터 출력측에서 컨버터입력측으로 넘어 가므로 입력전압과 180도 위상차가 나게된다.

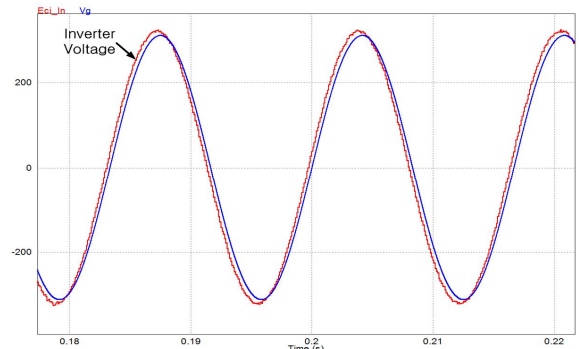


그림 4 인버터 전압과 전원전압의 파형  
Fig. 4 A wave of inverter voltage and source voltage

그림 3을 보면 전원전압과 인버터전압이 동상인것처럼 보어도 인버터 출력전류가 지령됨에 따라 그림 3의 인버터 전압과 전원전압의 확대한 파형 그림 4를 보면 인버터 출력전압이 입력전압에 비해 위상이 앞서는걸 확인할 수 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 여러 UPS 방식 중에서 가장 우수한 성능을 갖는 이중변환방식을 채택하여 이에 필요한 단상 승압형 PWM 정류기 및 단상 인버터 시스템을 설계하고 그 적용 알고리즘을 개발하였다. 또한 이중변환방식을 사용함으로써 발생하는 DC링크 단락구간부분을 파악하여 극복하고 100% 디지털 제어기로 구현하였다.

이 논문은 중소기업체의 산학연 공동기술 개발지원사업 결과물임

## 참 고 문 헌

- [1] Jiann Fuh Chen, Ching Lung Chu, Tsu Hua Ai, Ching Lien Huang, "The burn in test of three phase ups by energy feedback method", Power Electronics Specialists Conference, pp. 766 771, 1993.
- [2] Suresh Gupta, Vidya Rangaswamy, "Load bank elimination for ups testing", Industry Applications Society Annual Meeting, vol. 2, pp. 1040 1043, 1990.