

# 인버터 출력전력 순환기능을 갖는 무정전 전원공급 시스템의 설계 및 성능평가

이동주, 백석민  
국제통신공업(주)

## Design and Performance Evaluation of UPS System with the Circulating Function of Inverter Output Power

Dong Ju Lee, Seok Min Paik  
Kukje Electric MFG. Co., Ltd.

### ABSTRACT

당사가 개발한 무변압기형 UPS는 정상 운전동작시에는 인버터 출력전압 고조파 함유율을 최소화하고 순환부하시험 동작시에는 인버터 출력전류 고조파 함유율을 최소화시킬 수 있는 출력필터가 필요하다. 그래서 본 연구에서는 이러한 두 설계조건을 만족하도록 하는 출력필터 설계절차를 설명하였고 그 설계절차의 타당성을 확인하기 위해서 설계된 인버터 출력필터를 적용한 3상 10kVA UPS 시제품을 제작하여 순환부하시험을 통하여 그 성능을 확인하였다.

### 1. 서 론

무정전전원공급장치(UPS)는 정보통신 및 의료설비를 포함한 중요 산업시설을 예상치 못한 정전사고로부터 보호하며 상용전원 품질을 보상하여 고품질 전원을 부하설비에 연속적으로 공급하기 위해 널리 사용되고 있다.

이러한 UPS는 인버터 출력필터에 변압기 사용여부에 따라 변압기형 UPS와 무변압기형 UPS로 구분할 수 있다. 변압기형 UPS의 출력필터 설계는 변압기의 누설 인덕턴스 성분, 자화 인덕턴스 성분, 지그 재그 결선특성을 이용해 평형부하 또는 불평형 부하 변동에 강한 출력전압 공급을 주 목적으로 한다. 그래서 선행연구 [1][2]에서는 지그 재그 변압기를 이용한 출력필터 설계 및 그 특성을 분석하였다. 변압기형 UPS와 비교할 때, 정격부하상태뿐만 아니라 저부하 상태에서 높은 운전효율을 갖는 무변압기형 UPS는 리액터와 커패시터로 구성된 단순 LC 출력필터를 가지고 있어 부하조건에 무관하여 고품질의 출력전압을 유지하기 위해서는 출력필터에 대한 보다 정확한 설계가 필요하다.

태양광 또는 풍력발전과 같은 신재생 에너지 분야에서는 계통연계기준을 만족하기 위해서 계통에 주입되는 전류 고조파량을 최소화하기 위한 인버터 출력필터 설계가 필요하다. 그래서 선행연구 [3]에서는 단상 풀브릿지로 구성된 계통연계형 인버터 필터(L형) 인덕터 리플전류를 해석적인 방법으로 분석한 바가 있다. 또한 선행연구[4]에서는 독립부하의 전압품질까지 고려한 계통연계형 PCS 출력필터(LCL형) 대한 설계기법을 소개한 바 있다.

무변압기형 UPS에서 부하시험시 에너지 절감을 위한 순환부하시험시에는 인버터가 계통연계형 인버터와 같이 인버터 출력전류 제어를 하게 된다. 따라서 이를 위해서는 UPS 정상운전시에는 인버터 출력전압 고조파 함유율을 최소화해야 하며 UPS 순환부하시험시에는 인버터 출력전류 고조파 함유율을 최소화시킬 수 있는 출력필터의 설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 두 설계조건을 최적으로 만족시킬 수 있는 출력필터 설계절차를 설명하였고 그 타당성을 확인하기 위해서 그에 따라 설계된 인버터 출력필터를 적용한 3상 10kVA UPS 시제품을 제작하여 순환부하시

험을 통하여 그 성능을 확인하였다.

### 2. 시스템 구성 및 제어

#### 2.1 시스템 구성

UPS 시스템의 성능과 신뢰성을 확인하기 위해서는 그림 1(a)와 같이 정류기/인버터 부하시험, 바이패스 부하시험 및 축전지 방전시험이 필요하다. 온라인 이중변환방식 UPS에서 가장 중요한 부하시험은 정류기/인버터 부하시험으로 UPS 효율이 90%라고 할 때 100% 부하시험을 위해서는 UPS 정격용량의 110%에 해당하는 에너지가 필요하다. 반면에 그림 1(b)와 같은 순환부하시험을 하는 경우에는 UPS 정격용량의 10% 에너지만으로 100%부하시험이 가능하다.

#### 2.2 인버터 제어

UPS 정상 운전시에는 그림 2(a)와 같이 각상에 독립된 출력전압 제어기를 가지고 있어 각상의 출력전압이 개별로 제어하여 불평형 부하에 매우 강한 출력특성을 갖는다. 반면에 UPS 순환부하시험에는 그림 2(b)와 같이 순환부하량 및 순환부하 역률제어에 의해서 인버터 출력전류의 크기와 위상이 제어된다.

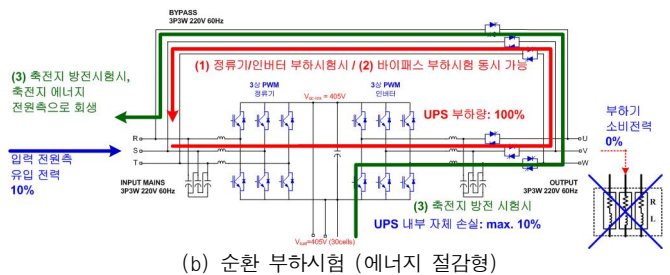
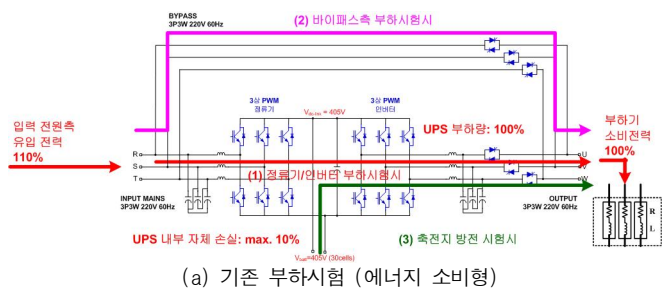


그림 1 UPS 부하시험 방식  
Fig. 1 UPS Load Test Method

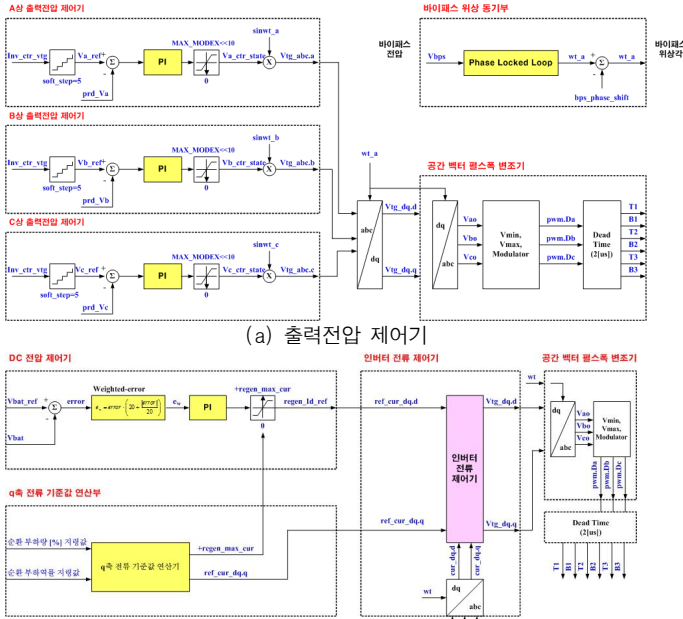


그림 2 인버터 제어 블록도  
Fig. 2 Inverter Control Blockdiagram

### 3. 출력 필터 설계

UPS 정상 운전시, 출력전압 고조파 함유율을 최소화하고 UPS 순환부하시험시에는 인버터 출력전류 고조파 함유율을 최소화하기 위한 출력필터 설계절차는 그림 3과 같다. 필터 인덕터 리플전류, 인버터 출력측 역률, 출력전압 THD, 인버터 출력전류 THD를 일정수준으로 만족하기 위한 최적 필터 파라미터를 찾기 위해서는 인버터 게루프 동작 상태뿐만 아니라 시뮬레이션 소프트웨어를 이용해서 인버터 페루프 동작 상태에서의 필터특성 분석 및 필터 파라미터 수정이 반복적으로 필요하다.

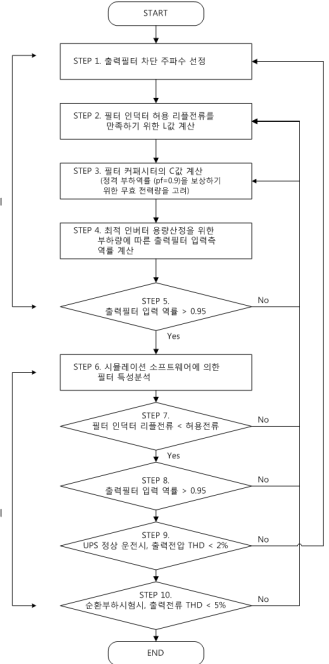


그림 3 인버터 출력필터 설계절차  
Fig. 3 Design Procedure of Inverter Output Filter

### 4. 시제품 시험결과

그림 4는 위에서 설명한 출력필터 설계절차에 의해서 설계된 출력필터를 적용하여 제작한 3상 10kVA 시제품에서 순환 부하 역률을 1.0과 0.8로 설정한 경우 UPS 입력전력, 정류기 입력전력, 인버터 출력전력을 측정된 결과이다. 그림 5(a)에서는 측정된 인버터측 역률이 0.977로 2.3%의 적은 오차가 발생하였고 그림 5(b)에서는 측정된 인버터 역률이 0.794로 0.6%의 매우 적은 오차가 발생하였으므로 순환부하역률 제어가 잘되고 있음을 확인할 수 있다.

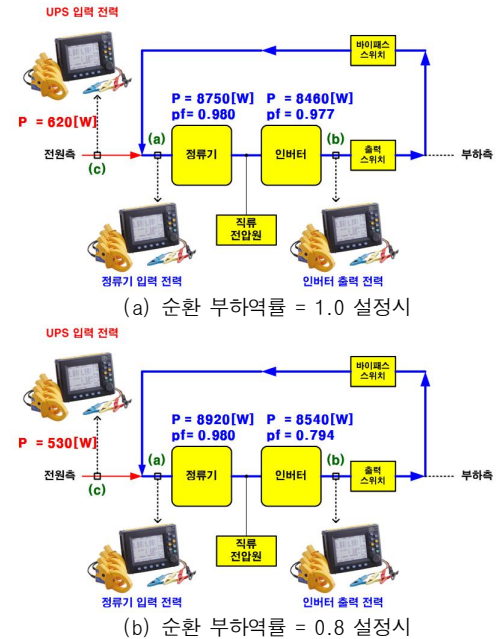


그림 4 측정 결과  
Fig. 4 Measured Results (Circulating Load = 80%)

### 5. 결론

본 논문에서는 UPS 정상운전시, 인버터 출력전압 고조파 함유율을 최소화하면서 UPS 순환부하시험시에는 인버터 출력전류 고조파 함유율을 최소화시킬 수 있는 출력필터 설계절차를 설명하였고 그 설계절차의 타당성을 확인하기 위해서 그에 따라 설계된 인버터 출력필터를 적용한 3상 10kVA UPS 시제품을 제작하여 순환부하시험을 통하여 성능을 확인하였다.

이 논문은 중소기업 기술혁신 개발사업으로 중소기업청의 지원을 받아 수행한 연구 과제(과제번호: S2043581)임.

### 참고 문헌

- [1] 이동주, 이은웅, 김용현, "대용량 무정전전원장치용 자성부품 설계 및 특성 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B, pp.980-982, 2004.7
- [2] 이동주, 정석연, 이경석, "무정전전원장치용 입력측 필터 특성 분석", 전력전자학술대회 논문집(II), pp.803-806, 2004.7
- [3] 김효성, "단상풀브릿지 구조를 갖는 계통연계형 인버터의 필터인덕터 설계", 전력전자학회논문지, 제12권 제4호, pp.346-353, 2007.8
- [4] 윤선재, 오형민, 최세완, "독립부하의 전압품질을 고려한 계통연계형 PCS의 LCL필터 설계기법", 전력전자학회 추계학술대회 논문집, pp.38-39, 2010.11