

# 순환전류 발생을 최소화하는 저가형 UPS용 무순단 출력 절환시스템

정석연, 현동석  
한양대학교

## No-Break Power Transfer System to Minimize the Cross-Over Current for Low-priced Uninterruptible Power Supply

SEOK-EON JOUNG, DONG-SEOK HYUN  
Hanyang University

### ABSTRACT

소 용량 혹은 저가형 UPS의 동기 방법 및 고장 시 절환 방법을 나열하고 그 장단점을 설명한다. 제안의 요지는 가장 간단한 동기 판별기능이 없는 동기화 회로를 사용하는 저가형 UPS에서 발생 될 수 있는 순환전류를 시뮬레이션 하고 이를 바탕으로 최적의 효과를 갖는 절환 시스템을 제안 하고 시뮬레이션을 통해 문제점과 타당성을 입증 한다.

### 서 론

오늘날 사회는 첨단 정보화가 진행되어 왔으며 이를 처리하는 장비의 중요성도 높아지고 있다. 따라서 장비운용에 필요한 동력 역시 더욱 안정적이고 고 신뢰성을 갖는 시스템이 요구되고 있다.<sup>[1]-[3]</sup>

개인용 컴퓨터를 비롯한 대부분의 전산장비는 안정된 전원 공급에 의한 장비 내구성 유지는 물론 정전으로 인한 사고 피해를 최소화 하기위한 고 신뢰성의 전원장치를 필요로 하고 있으며 대표적인 장비가 무정전전원공급장치(UPS)로 구성 방식 및 용량에 따라 다양한 형태로 개발되어 상용화 되고 있다.

UPS는 정상 시 상용 교류전력을 공급받아 직류로 변환하여 인버터에 공급하여 정전압 정주파수를 부하 장비에 공급하고 동시에 직류출력으로 축전지를 충전하여 상용전원 정전 시 지속적으로 인버터에 전력공급을 가능하게 한다.

그러나 이러한 전원공급 장치도 내부적 결함, 부하의 과도한 부하의 급변 등으로 본래의 기능을 수행 하지 못하는 경우가 발생 할 수 있다. 이때에도 부하전력의 지속적 공급을 위하여 예비전원을 확보하고 이를 비상시 부하장비에 공급하는 출력 절환장치를 UPS의 내 외부에 설치하여 전원 공급 신뢰도를 한층 높이고 있다.

예비 전력은 동일한 주파수, 동일한 전압, 그리고 일치된 위상을 갖는 전원으로 부하장비에 공급되게 되며 UPS 내부제어 장치 및 출력절환 제어장치는 상시 예비전원에 동기 되도록 제어되어 비상시 절환에 대비하고 절환 동작에 앞서 상기 3가지 조건의 일치성을 확인하여 절환 동작을 수행한다. 절환 소자는 Thyristor로 구성된 반도체 스위치가 주로 사용된다. 예비 전력은 보통 상용 교류전원을 이용하거나 비상 발전기 전원을 사용하고 10% 오차 범위 내에서 절환이 가능해야 하므로 절환 시 순환전류는 필연적으로 발생된다.

저가, 보급형 UPS의 경우 가장 간단한 동기화 회로방식을

채택하여 공장 시험 시 동기화 기능만을 확인할 뿐 평상시 동작 에서는 확인 기능이 없어 비상 절환 시 또는 수동 절환 시 경우에 따라 출력 전원과 예비전원의 순환전류는 더욱 크게 발생된다. 그러한 이유로 저가 보급형 UPS의 경우 10kVA 미만의 소 용량에 적용하는 것이 합리적 설계이다.

본 논문에서는 이러한 저가형 UPS는 물론 고급형 UPS에도 사용되고 있는 출력 절환 장치에서 발생 할 수 있는 순환전류를 분석하고 이에 대한 해결책으로 UPS제어의 절환 명령 신호와 반도체 스위치 구동회로 사이에 출력전류와 연계된 최적절환 신호 발생기를 삽입하여 순환전류를 최소화 하는 저가형 UPS용 무순단 절환 시스템을 제안 한다.

### 본 론

#### 1. UPS 출력 절환 시스템

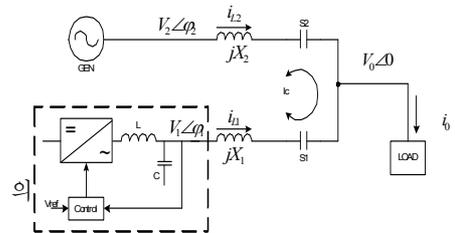


그림-1. UPS의 출력 절환 구성도

절환소자의 개폐 속도에 따라 차이는 있으나 일반적으로 절 환동작 시 두 전압의 위상 및 전압차로 인해 순환 유, 무효전 력이 발생되며 예비전원 변동 허용 폭에 기인한 전압편차는 무 효전력으로 동기화 과정에서 비롯되는 위상편차는 유효전력으 로 다음의 계산식으로 추정되는 양으로 나타난다.

$$P = \frac{V_1 V_0}{X_1} \sin \phi_1 \quad (1)$$

$$Q_1 = \frac{V_1 V_0 \cos \phi_1 - V_0^2}{X_1} \quad (2)$$

이 중 무효전력은 UPS 기능 구성상 2% 이하의 정전압 출 력을 유지해야 하면서도 예비전원의 전압차를 10%까지 허용하

도록 규정되어 있어 경우에 따라 최대 8% 전압차로 절환 동작을 하게 된다.

제어기의 고급화 정도에 따라서는 의도된 절환동작 시 인버터의 전압을 조절하여 무효전력을 최소화 할 수는 있으나 인버터 출력 전압을 2% 이상 허용해야 하므로 본질인 정전압제어 보다는 지속적 전력공급으로 그 의미가 바뀌게 되지만 대부분의 부하장비는 상용전원에서 사용할 수 있을 만큼 입력전원의 허용 폭을 가지고 있으므로 사용상 지장은 없다.

저가형 UPS에서는 절환동작을 위한 동기판별 및 전압판별 기능이 없어 유, 무효 순환 전력이 심하게 발생될 수 있다.

동작 절환시의 순환전류 및 유, 무효 전력은 어느 경우에도 발생 될 수 있으나 예비전원의 상태나 제어기의 기능 정도에 따라 최소화 될 수 있다.

### 2. 절환 시 순환전류

반도체 소자를 이용한 절환 회로의 대표적인 구성은 Thyristor를 이용한 AC Switch 로 게이트 구동전압 제어를 통해 교류 전력을 제어한다.

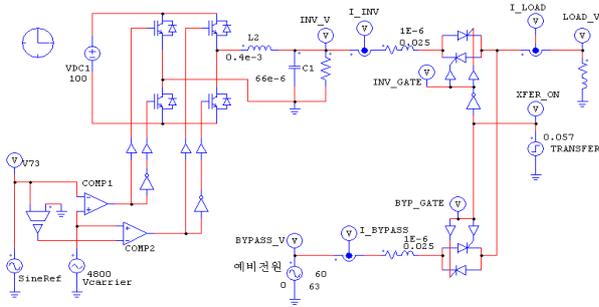
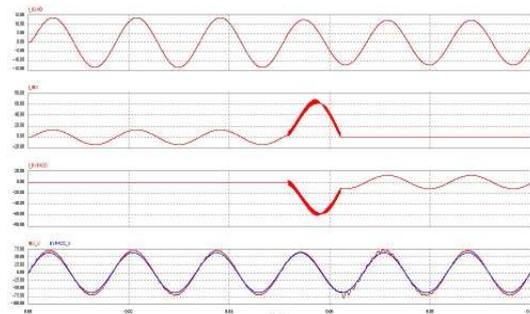
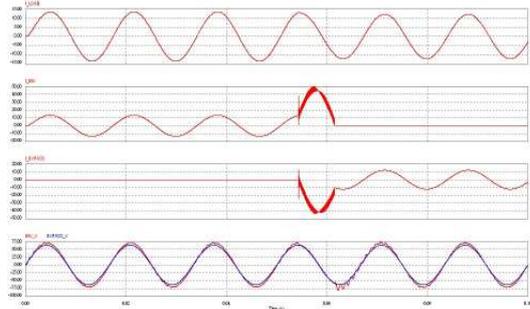


그림-2. 저가형 UPS에서의 인버터와 AC SWITCH 구성

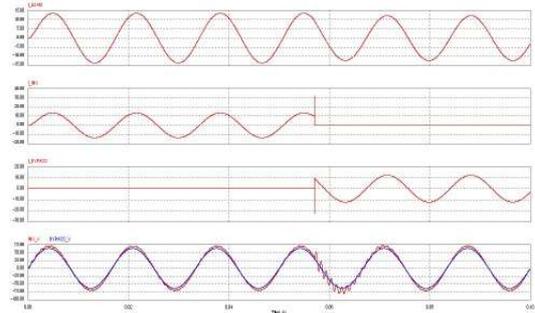
두 전원의 완전 동기 상태일 때 GATE 구동신호 위치에 따라 그림-5 ~ 그림7 과같은 순환전류가 발생 된다.



a) 20° 지점에서 Gate 신호 인가 시



b) 90° 지점에서 Gate 신호 인가 시



c) 90° 지점에서 Gate 신호 인가 시  
그림-3. 절환동작 시점에 따른 절환 시 순환전류 (전압차 10%)

그림에서 보듯이 전원전압의 90도 이후 에서는 순환전류가 발생하지 않거나 아주 짧은 순간 발생하여 예비전원의 영향은 없다.

결국 예비 전원과의 위상이 완벽히 일치 한다고 해도 허용 범위내의 전압차가 존재한다면 AC Switch의 구동신호도 인가 시점에 따라 순환 전류가 흐르게 됨을 알 수 있다.

### 3. 제안된 시스템

절환동작 명령과 반도체소자 SWITCH의 GATE 구동회로 사이에 출력 전류를 검출하여 절환 명령 수신시 출력전류의 0점 (Zero Crossing Point) 에서 GATE 구동신호를 발생하도록 한다.

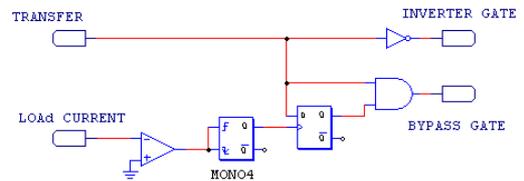


그림-4. 제안된 GATE구동신호 제어 블록도

그림-5는 제안된 회로의 동작을 표현한 것으로 출력전류의 0점을 추적하여 ZC Pulse를 만들고 절환 명령인 TRANSFER 명령이 인가되면 즉시 인버터 측 GATE를 차단하고 D-Flip-Flop 을 이용하여 인버터전류가 0점을 지나는 지점에서 예비전원인 BYPASS측 GATE를 구동 시켜 순환전류가 발생 치 않도록 한다.

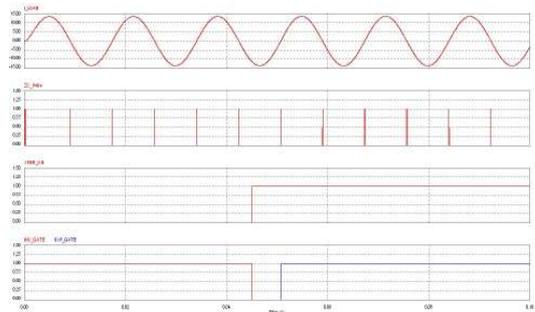


그림-5. GATE 신호 발생 파형도

## 시뮬레이션

### 1. 시뮬레이션 회로

단상 인버터와 THYRISTOR 절환 장치로 구성된 소 용량 UPS를 이용하여 순환전류 발생 억제기능을 확인한다.

V1=V2: 60Hz 50V, 600VA

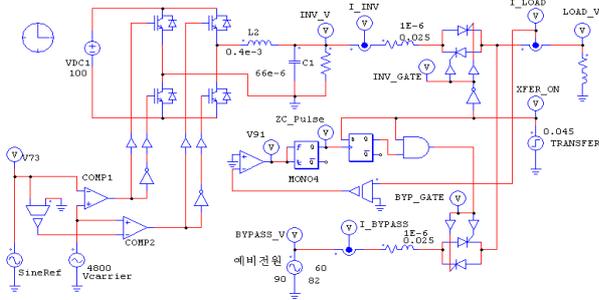
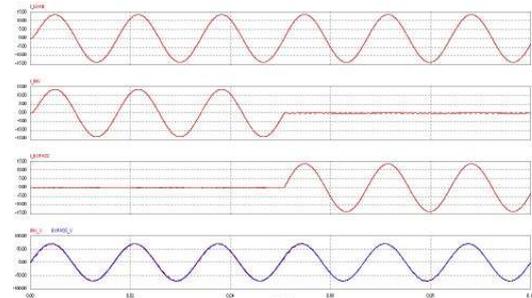


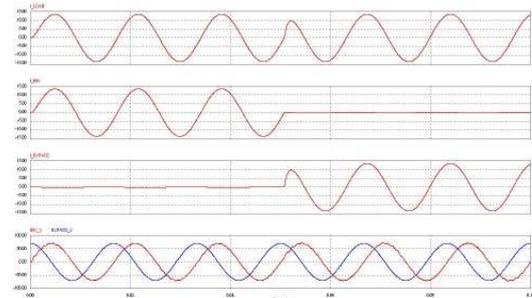
그림6. 절환동작 시뮬레이션 회로

### 2. 시뮬레이션 결과

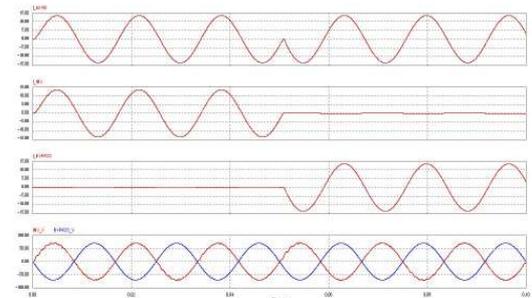
예비전원과의 전압 및 위상차를 변화 시켜 절환동작 시 순환전류가 최소화됨을 확인하였다.



a) 위상차 0°

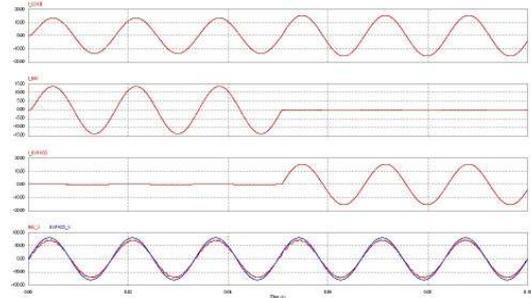


b) 위상차90°

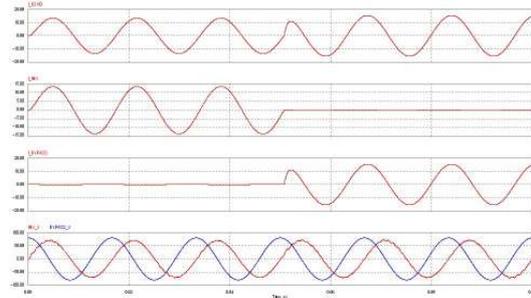


c) 위상차 180°

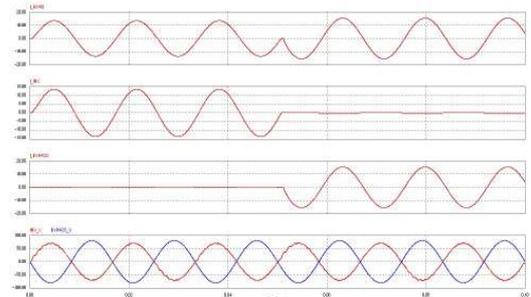
그림7. 전압차 0% 에서 절환동작 시 전류파형



a) 위상차 0°



b) 위상차 90°



c) 위상차 180°

그림8. 전압차 15%에서 절환동작 시 전류파형

## 결론

제안된 순환전류 최소화 절환 시스템은 분석 및 시뮬레이션을 통해 실용적인 절환 능력을 확인 하였다

저가형 UPS의 대용량화에도 기여할 수 있을 것으로 기대되며 고급형 UPS의 경우에도 이러한 절환 시스템의 적용이 필요 하다고 할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] Jiann-Fuh Chen and Ching-Lung Chu, "Combination Voltage Controlled and Current-Controlled PWM Inverters for UPS Parallel Operation," IEEE Transactions on P. E., vol. 10, no. 5, pp. 547-558, Sep. 1995.
- [2] Sok-Eon Joung, Byung-Gun Park and In-Ho Cha "An Improved Synchronization Control Scheme of A Low Cost 400Hz Power Supply for No-Break Power Transfer", ICPE07, Date: 22-26 Oct 2007
- [3] Breit J.S., Doty J.H., "Aircraft no-break power transfer revisited," Proceedings of the IEEE NAECON 1990, vol. 1, pp. 21-25, May 1990.