입력단에 PWM 컨버터를 이용하는 3상 병렬 UPS의 공통배터리 운전

김경환*, 오성진*, 김태훈*
이화전기공업(주)*

Common Battery Operation Mode of Three Phase Parallel UPS with PWM Converter at Input Side

KyungHwan Kim, SungJin Oh, TaeHoon Kim
Ehwa Technologies Information

ABSTRACT

본 논문에서는 입력단 역률제어 및 고조파 전류억제를 위해 PWM 컨버터를 이용하는 3상 UPS에서 직류측을 공통으로 연결하여 하나의 배터리 유닛만으로 병렬 UPS 운전이 가능한 공통 배터리 운전에 대해 기술한다. 직류측을 공통으로 이용함으로써 PWM 컨버터 간에 흐를 수 있는 순환전류를 없애기 위한 제어기를 제안하고 실험을 통해 제안한 방법의 타당성을 검토한다.

1. 서 론

최근 전원계통의 정전, 순간정전, 전압강하/상승등과 같은 사고의 대비책으로 무정전 전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)의 사용이 증가하고 있다. UPS는 신뢰성 향상, 용량증대를 목적으로 병렬운전을 한다.[1] 특히 반도체 공장의 경우 UPS의 유지보수 기간에도 여분의 UPS로 운전을 할 수 있는 병렬 UPS를 선호하는 추세이다. 이와 같은 병렬 UPS의 경우 그림 1과 같이 입력 및 출력단을 공통으로 이용하고 직류측을 분리시켜 이용하는 것이 일반적이지만, 그림 1과 같은 방식으로 구성될 경우 각각의 직류측에 동일전압 및 동일 용량의 배터리가 따로 설치되어야 한다.

그림 1과 같은 방식에서는, 직류측을 공통으로 이용함으로써 발생할 수 있는 순환전류의 문제는 없지만, 두 대의 배터리를 설치하기 때문에 설치 면적 혹은 설치 가격의 상승을 초래하게 되는 단점을 가지게 된다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 최근 이십년간 직류측을 공통으로 이용하는 공통 배터리 운전과 관련된 기술들이 제안되어져 왔다.[2]-[5]

그림 2에서는 직류측을 공통으로 이용하는 병렬 UPS의 단선도를 나타낸다. 그림 2에서와 같이 입력단에 PWM 컨버터를 이용하는 3상 UPS에서 공통배터리 운전을 하기위해서는 크게 두 가지의 방법을 이용할 수 있다. 첫 번째로는 각 장비 입력에 분리된 전원을 이용하

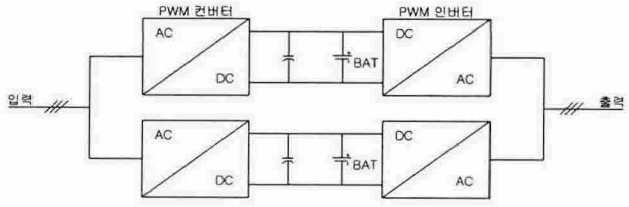

그림 1 개별배터리를 이용하는 병렬 UPS의 단선도
Fig. 1 One-Line Diagram of Parallel UPS with Separated Batteries

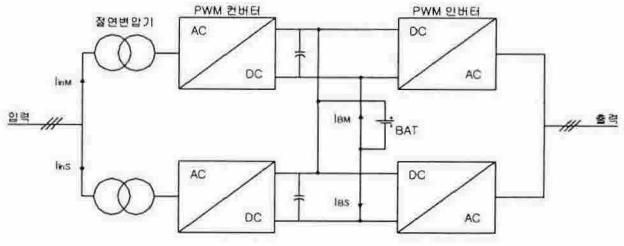

그림 2 공통배터리를 이용하는 병렬 UPS의 단선도
Fig. 2 One-Line Diagram of Parallel UPS with Common Battery

는 것으로써 대표적인 방법으로 각 장비 입력측에 절연변압기를 이용하는 것이다. 두 번째로는 비 절연 방식으로 입력측에 변압기 없이 동일전원을 동시에 이용하는 방식이다. UPS의 공통배터리 운전의 경우를 고려해 볼 때, 전자의 경우 입력측에 설치되는 변압기로 인한 가격 상승 및 장비의 구성이 커지는 단점이 있으나 각 PWM 컨버터 간에 흐를 수 있는 순환전류가 절연변압기 특성에 의해 제한되고 여분의 순화전류만 제어하기 때문에 제어기가 단순해지는 장점이 있다. 이에 반하여 후자의 경우 각 장비의 입력전압 절연을 위한 변압기가 필요 없는 장점이 있으나 PWM 컨버터 간에 흐를 수 있는 순환전류를 제어하기 위한 제어기가 복잡해져 운전 중 컨버터의 신뢰성을 떨어뜨릴 수 있는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 그림 2에서와 같이 입력측에 절연변압기를 이용하는 공통배터리 운전방식을 적용하였으며 각 장비에서 검출되는 배터리 전류를 이용하여 순환전류를 제어하는 제어기를 제안하였다.

2. 3상 병렬 UPS의 공통배터리 운전

2.1 시스템 구성

그림 2에 제안된 시스템 구성도에서 알 수 있듯이 각 장비들의 입력측에는 절연변압기가 연결되어 있고, 직류측은 공통으로 연결되어 있다. 따라서 두 대의 UPS를 운전하기 위해 하나의 배터리만 필요하다. 또한 두 대의 UPS는 CAN통신으로 각 장비에 흐르는 배터리 전류 I_{BM}과 I_{BS}를 공유하게 된다. 이렇게 공유된 배터리 전류로 각 장비에 흐르는 순환전류의 크기를 알 수 있게 되며 순환전류 제어기를 이용하여 순환전류를 최소화 시키는 공통배터리 병렬 UPS 운전을 하게된다.

2.2 순환전류제어기

그림 3은 순환전류제어기의 블록도를 나타낸다. 먼저 서로의 배터리 전류를 공유하기 위해 각 장비는 자신의 배터리 전류정보를 CAN통신을 이용하여 타 장비로 전송한다. 이렇게 전송받은 타 장비의 배터리 전류와 자신의 장비에서 검출된 배터리 전류를 이용하여 기준 배터리 전류를 생성하고 다시 자신의 전류와 비교하여 배터리 전류의 오차값을 생성한 후 PI제어를 통해 오차를 줄여나간다. 이때 PI제어기를 거친 출력값은 3상 PWM 컨버터의 제어기 중 기준 직류전압 값에 더해지게 되어 실제 직류 전압값을 조절함으로써 직류측을 통해 흐를 수 있는 순환전류를 제어하게 된다. 그림 3에서 I_{BM}은 CAN통신을 통해 전송된 타 장비의 배터리 전류를 나타내고, I_{BS}는 자신 검출한 배터리 전류를 나타낸다. 또한 I_{Bref}는 I_{BM}과 I_{BS}를 이용하여 생성한 기준 배터리 전류를 나타낸다.

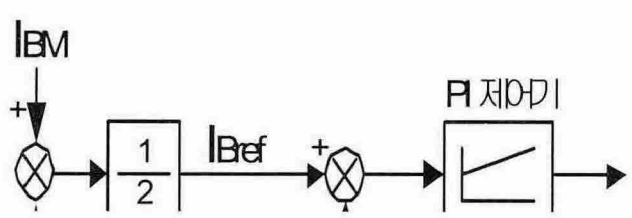

그림 3 순환전류 제어기
Fig. 3 Circulating Current Controller

3. 실험결과

제안된 제어방법의 타당성을 검토하기 위해서 380V, 30KVA 장비 두 대를 이용하여 실험하였으며 각 장비 당 20KW의 부하가 이용되었다.

그림 4와 5에서는 순환전류제어기가 없을 경우 공통으로 연결된 직류측에 흐르는 순환전류와 각 장비의 입력전류를 나타낸다. 그림 4에서 알 수 있듯이 순환전류제어기가 없는 경우 직류측에 일정한 직류성분의 전류가 순환되는 것을 알 수 있으며 그 결과 입력전류가 정확히 절반씩 분배 되지 않는 것을 그림 5를 통하여 확인할 수 있다. 이와 반대로 그림 6과 7에서는 순환전류제어기가 있는 경우 공

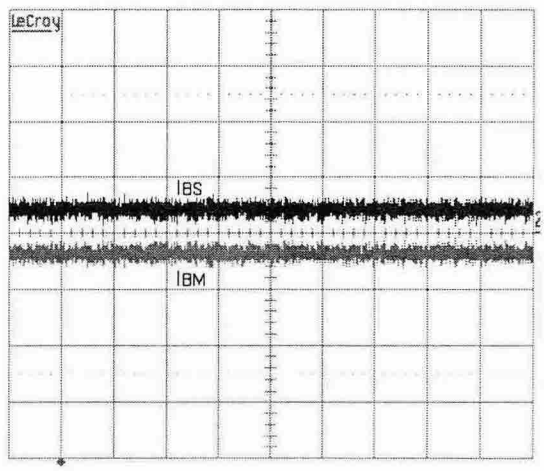

그림 4 순환전류 제어기 없을 때 배터리 전류파형
Fig. 4 Battery Currents Waveform without Circulating Current Controller (50A/div, 1s/div)

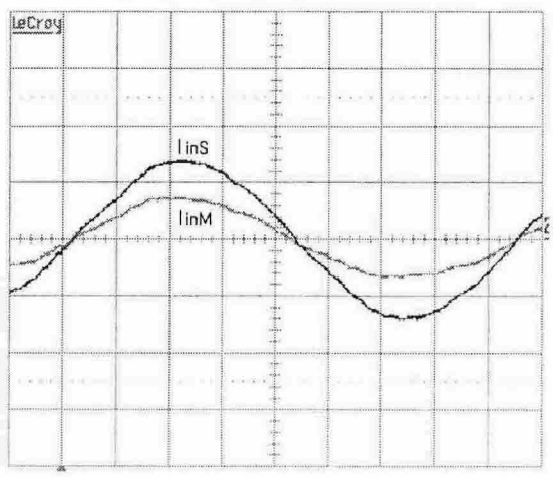

그림 5 순환전류 제어기 없을 때 입력 전류파형
Fig. 5 Input Currents Waveform without Circulating Current Controller (50A/div, 2ms/div)

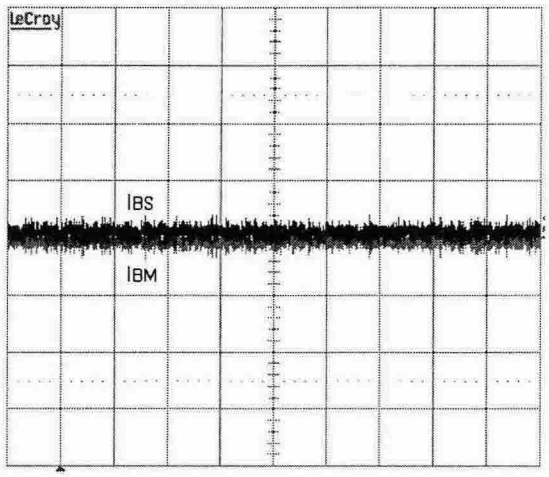

그림 6 순환전류 제어기 있을 때 배터리 전류파형

Fig. 6 Battery Currents Waveform with Circulating Current Controller (50A/div, 1s/div)

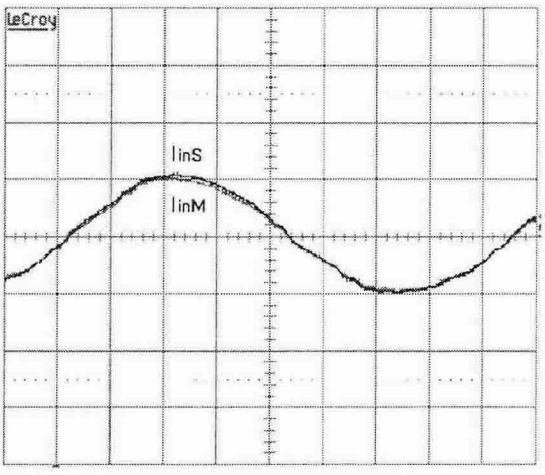

그림 7 순환전류 제어기 있을 때 입력 전류파형

Fig. 7 Input Currents Waveform with Circulating Current Controller (50A/div, 2ms/div)

통으로 연결된 직류측에 흐르는 순환전류와 각 장비의 입력전류를 나타낸다. 그림 6에서 알 수 있듯이 순환전류제어기가 동작할 경우 직류성분의 순환전류가 거의 없게 되는 것을 알 수 있고, 이로 인해 입력전류 또한 균등히 분배되는 것을 그림 7에서 알 수 있다. 또한 그림 8에서는 공통배터리 운전 시 입력 선간전압과 각 장비의 입력전류 파형을 나타낸다.

4. 결 론

3상 병렬 UPS에서 공통배터리 운전은 배터리의 설치 면적이나 경제적인 부담을 줄이기 위해 이용

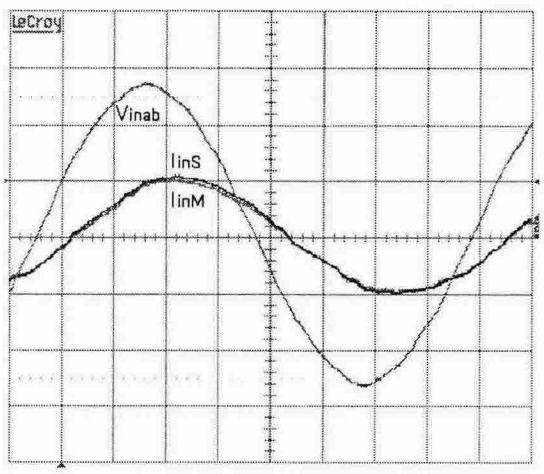

그림 8 순환전류 제어기 있을 때 입력 전류 및 입력 선간전압파형

Fig. 8 Input Currents and Input Line to Line Voltage Waveform with Circulating Current Controller (200V/div, 50A/div, 2ms/div)

된다. 특히 입력단에 3상 PWM 컨버터를 이용하는 병렬 UPS에서는 공통으로 연결된 직류측을 통하여 흐를 수 있는 순환전류를 제어할 수 있는 제어기가 필수적이다. 본 논문에서는 간단한 PI제어기를 이용하는 절연방식의 공통배터리 병렬 UPS 시스템을 구현하였다. 특히 제안한 순환전류 제어기는 그 구조가 간단하여 연산의 부담이 적으면서도 입력전류 분담기능을 훌륭히 수행하는 것을 실험을 통하여 확인하였다. 또한 본 논문에서 제안한 순환전류제어기는 여러 대의 공통배터리 병렬운전에서도 일관되게 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 김경환, 오성진, 김태훈 "CAN 통신을 이용한 UPS의 병렬제어," *전력전자 하계학술대회 논문집*, pp. 380-383, 2004.

[2] J. W. DIXON, B. T. Ooi, "Series and parallel operation of hysteresis current-controlled PWM rectifiers," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 25, pp. 641-651, July/Aug. 1989.

[3] T. Kawabata and S. Higashino, "Parallel operation of voltage source inverters," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 24, pp. 281-287, Mar./Apr. 1988.

[4] Y. Sato, K. Suzuki, D. Azeddine, and T. Kataoka, "A new control strategy to improve AC input current waveform of high-power parallel connected PWM rectifiers," *PCC-Yokohama'93*, pp. 129-134, 1993.

[5] Zhihong Ye, D. Boroyevich, J. Y. Choi, F. C. Lee, "Control of circulating current in two parallel three-phase boost rectifiers," *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 17, pp. 609-615, September 2002.