

델타변환 무정전전원장치 시스템의 특성 시험

지준근^{1*}

Test on Characteristics of Delta Conversion UPS System

Jun-Keun Ji^{1*}

요 약 본 논문에서는 일명 델타변환 무정전전원장치(UPS)로서 알려져 있는 3상 라인 인터랙티브 UPS 시스템의 성능 시험에 대해서 다루고 있다. 델타변환 UPS는 종래의 단일 변환 라인 인터랙티브 UPS 시스템에서 직렬 인덕터를 제거하고 직렬 및 병렬 PWM(Pulse Width Modulation) 컨버터를 사용하는 새로운 라인 인터랙티브 UPS 시스템으로 전원 전류를 직접 제어함으로써 UPS 시스템의 입출력 특성들이 상당히 개선되는 것으로 알려져 있다. 여기서는 UPS 시스템의 성능 시험에서 중요한 내용들인 부하시험, 정전/복전시험, 동기질체 시험 등에 대한 결과들을 제시하고 델타 변환 UPS 시스템에 대한 전반적인 평가를 한다.

Abstract In this paper, test on characteristics of 3-phase line-interactive UPS system, known as delta conversion UPS system, is studied. Delta conversion UPS system is new line-interactive UPS system using two series-parallel PWM converters instead of using series inductor in conventional single conversion line-interactive UPS system. It is known that the characteristics of input and output in delta conversion UPS system is much improved by controlling source current of AC lines directly. Here the results on load test, normal/backup mode test, and normal/bypass mode test, which are very important in the test on characteristics of UPS system, is presented. And finally overall evaluation on delta conversion UPS system is given.

Key Words : 델타변환 무정전전원장치(delta conversion UPS system), 3-phase line-interactive UPS system

1. 서 론

무정전 전원 장치(UPS : Uninterruptible Power Supplies)는 전력 계통에 정전이 발생할 경우 부하에 연속적인 전원을 공급해주는 기기이다. 이러한 무정전 전원 장치는 1970년대 대형 컴퓨터 시스템에 안정된 전력을 공급하기 위하여 처음 시장에 등장했다. 1980년대 이후 디지털 시스템의 발달과 함께 UPS의 중요성은 더욱 커지게 되었고, 제어 기술, 용량 및 운용 방법에 있어서도 급격한 발달이 이루어지게 되었다.[1,2] 최근에는 UPS의 본래 목적인 전력 공급 기능 외에 공급자 및 수용자 양측에 영향을 주는 전력 품질 관리(Power Quality Conditioning)[3,4] 기능을 가지고 있는 UPS에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다. 본 논문에서는 UPS의 동작과 전력 품질 보상 기능

및 UPS를 위한 전력회로 토폴로지 등에 관한 기본적인 내용을 살펴보고, 특별히 최근에 들어 각광을 받고 있는 델타변환 방식의 3상 라인 인터랙티브 UPS 시스템의 성능 시험 결과에 대한 소개 및 평가를 하고자 한다.

2. 델타 변환 Line interactive UPS

그림 1에 나타낸 이러한 방식의 UPS는 현존하는 UPS 중 가장 진보적인 형태의 토폴로지라고 알려져 있으며 APC사의 UPS 시리즈가 이에 해당한다. 입력단에는 UPS 모드 동작시 이용하는 static 스위치가 달려있으며, 직렬 변압기가 있다. 컨버터, 인버터 모듈은 각각 직렬 변압기와 부하에 연결되어 있으며, 배터리를 서로 공유하고 있는 형태이다. 이 형태는 기존의 알려진 UPQC(Unified Power Quality Controller)의 토폴로지이지만, 그 제어 방법과 응용분야에 의해 차별화된다. 한편 델타 변환 UPS의 제어방법은 매우 간단하다. 우선 병렬인버터는 입력전원과 동기된 주파수의 일정크기의 전압(60Hz)만 전압제어를 통해 합성한다. 직렬인버터는 전원단에서 부하측으

이 논문은 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대BIT 무선부품연구센터(20040179)와 (주)이화전기의 연구비의 지원에 의하여 연구되었음.

¹순천향대학교 정보기술공학부

*교신저자 : 지준근(jkji@sch.ac.kr)

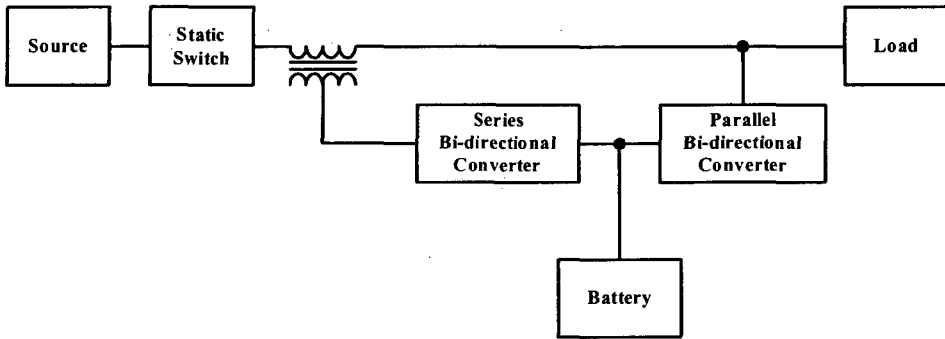


그림 1. 델타변환방식 Line interactive UPS의 구조

로 유효전력을 공급하기 위한 전류를 직렬 변압기의 전류제어를 통해서 인가한다. 따라서 병렬인버터쪽으로는 부하측의 무효전류성분만 흐르게 된다. 즉 델타변환 방식의 UPS는 직렬 컨버터와 직렬 변압기를 통하여 전원단의 전류가 역률이 항상 1이 되도록 전류제어를 한다. 그리고 병렬 인버터를 통하여 부하단 전압을 전원 전압과 동기된 주파수로 일정 크기의 정현파가 되도록 제어해 준다. 따라서 제어가 기본파에 대해서만 수행되어, 매우 간단한 구조로 수행된다. 만일 정전 모드로 동작할 경우에는 병렬 인버터에서 정현파 전압을 여전히 합성하면 된다. 이러한 방식의 UPS는 역률 제어가 매우 용이하고, 출력 전압의 조정이 쉬우며, 효율이 매우 높다. 그러나 출력단 주파수 조정이 불가하다는 것이 단점을 갖는다.[5,6]

3. 델타 변환 Line interactive UPS의 시험

그림 2는 델타 변환 UPS 시스템 구성도를 나타내며 2

개의 PWM 인버터가 같은 배터리에 연결된 모습으로, 직렬인버터는 통상 UPS 출력전력의 20% 정격을 가지며 부하를 담당하는 주전원과 직렬변압기를 통해 연결되어 있다.[7] 병렬인버터는 100% 정격출력을 가졌고 기본적으로 단일변환 UPS의 인버터와 같은 기능을 한다. 2개의 PWM 인버터 모두 4상한 운전기능을 가지고 있으며, 병렬인버터는 주전원으로 작동중이건, 배터리로 작동중이건, 또는 주전원에서 배터리 작동으로 또는 역으로 전환되는 과정이던지 상관없이, 부하에 정밀하게 조절된 출력 전압을 안정적으로 공급한다. 직렬인버터는 델타인버터라고 불리며 UPS 출력단과 주전원 전압간의 전압차를 보상한다. 델타인버터는 또한 정현파이며 주전원 전압과 동상인 전류를 주전원으로부터 끌어들이어 제어함으로써 입력 역률을 1로 조정한다. 뿐만 아니라 델타인버터는 배터리 충전을 제어한다. 그림 3은 이상적인 전류원과 전압원으로 나타낸 델타 변환 UPS 시스템의 단상 등가회로도도를 보여준다.

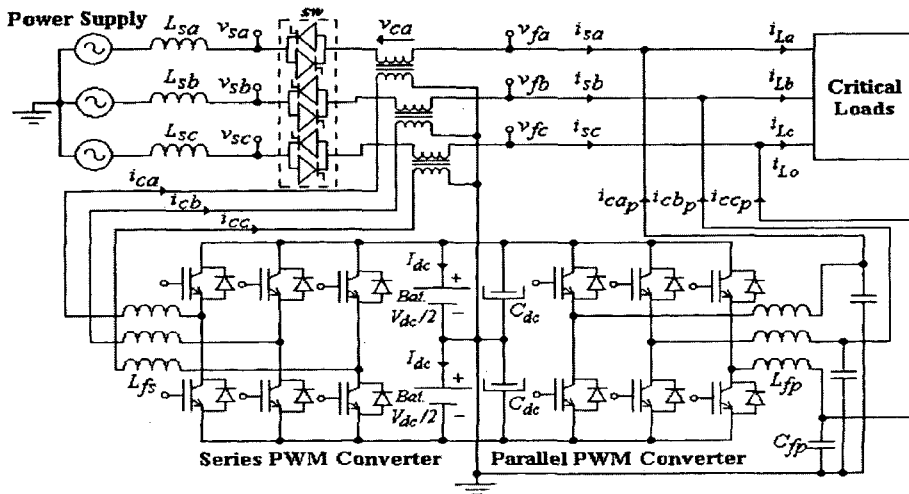


그림 2. 델타변환 UPS 시스템 구성도

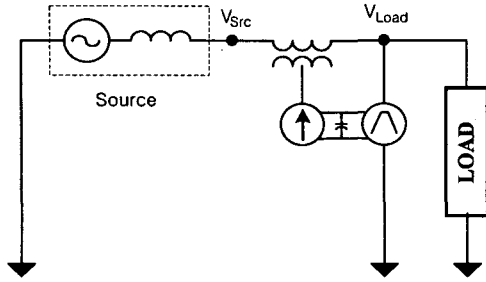


그림 3. 델타 변환 UPS 시스템 단상 등가회로도

3.4절의 동기절제 시험을 제외한 모든 시험 결과 파형에서, 각 채널은 1:전원전압, 2:출력전압, 3:전원전류, 4:출력전류를 나타낸다.

3.1 정상모드 시험 결과

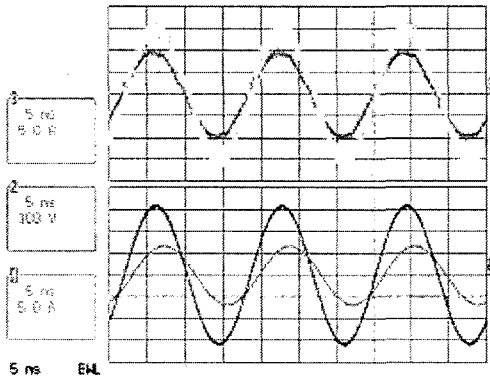


그림 4. R-L 선형부하시 응답(3KW)

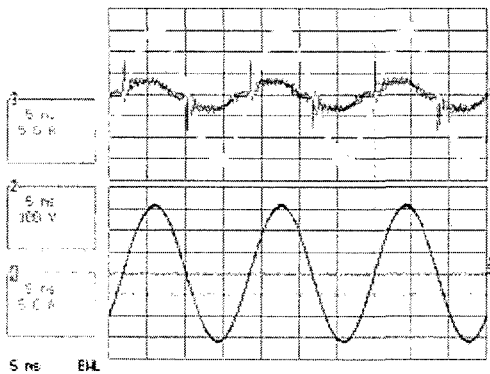


그림 5. 무부하시 응답

그림 4, 5의 결과로부터, Delta 변환 UPS 시스템은 정상모드에서 선형부하시나 무부하시(채널4)에 대해서 부

하변동에 관계없이 220V의 출력전압제어(채널2) 및 전원전압과 전류가 동상을 이루는 역률 1 제어(채널1,3)가 잘 되고 있음을 알 수 있다.

3.2 스텝 부하시험 결과

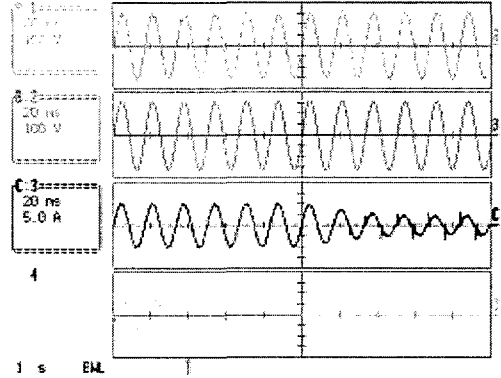


그림 6. R-L 선형부하시 응답(3KW→무부하)

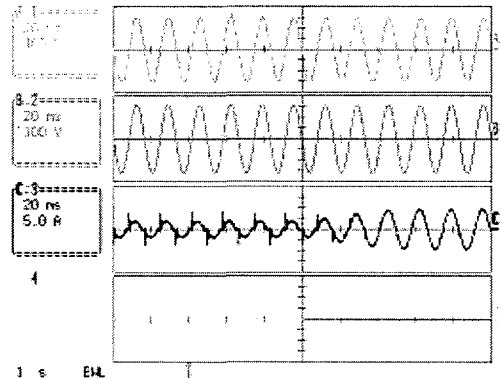


그림 7. R-L 선형부하시 응답(무부하→3KW)

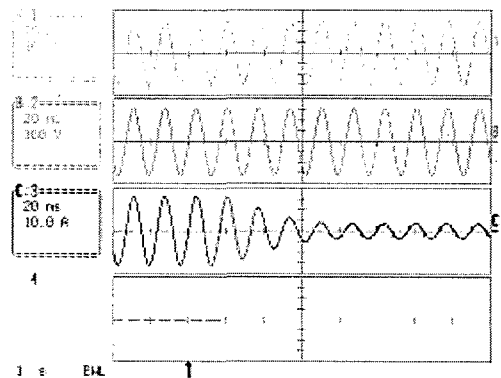


그림 8. 비선형부하시 응답(63%→무부하)

그림 6-8의 결과들로부터, Delta 변환 UPS 시스템은 선형 및 비선형 스텝 부하변동(채널4)에 대해서도 부하변동에 관계없이 220V의 출력전압제어(채널2) 및 전원전압과 전류가 동상을 이루는 역률 1 제어(채널1,3)가 잘 되고 있음을 알 수 있다.

3.3 정전/복전 시험 결과(정상→정전→복전)

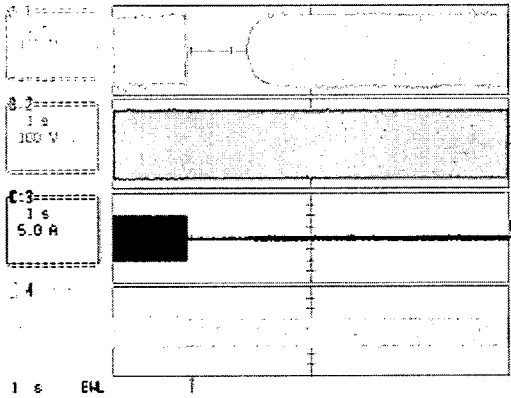


그림 9. R-L 선형부하시 응답(3KW)

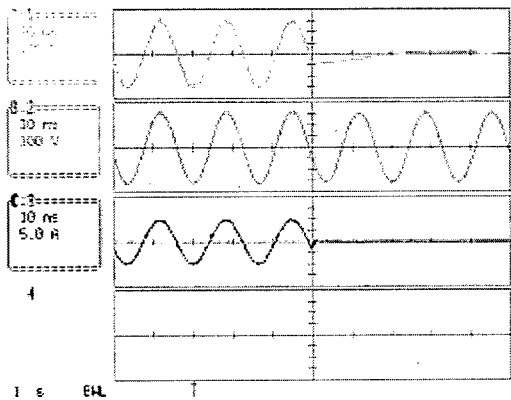


그림 10. R-L 선형부하시 응답(3KW) 확대

그림 9-10의 결과들로부터, Delta 변환 UPS 시스템은 정상/정전/복전 모드(채널1,3)에서도 만족스런 220V 출력전압(채널2)과 출력 전류(채널4)에서 보듯이 안정된 동작 특성을 보여주는 것을 볼 수 있다.

3.4 동기절체 시험 결과 (정상모드→Bypass모드)

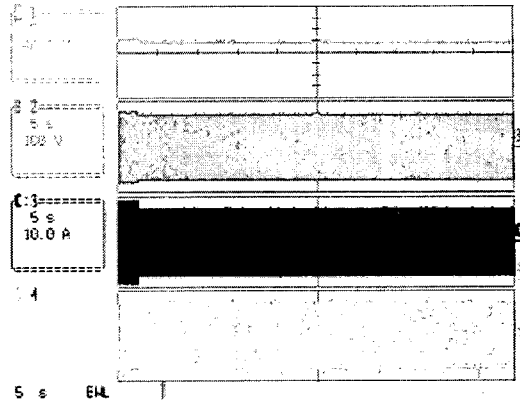


그림 11. 비선형부하시 응답(63%부하)

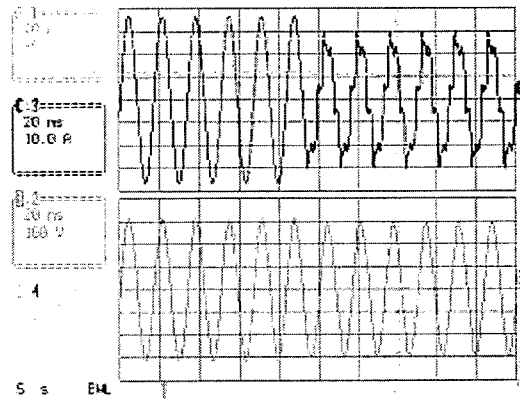


그림 12. 비선형부하시 응답(63%부하) 확대

그림 11-12의 동기절체 시험결과 파형에서, 각 채널은 2:출력전압, 3:전원전류, 4:전원전압을 나타낸다.

여기서, Delta 변환 UPS 시스템은 동기절체 시에도 만족스런 입출력 동작 특성을 보여주는 것을 알 수 있다. UPS 시스템의 고장시와 같은 경우, 부하는 UPS 시스템 출력에서 정지형 스위치에 의해서 상용 AC 전원으로 전환 연결되는데, 이 경우에도 출력전압(채널2)은 약간의 전압 강하외에는 위상의 변이가 없이 안정되게 동기절체가 이루어지는 것을 볼 수 있다. 또한 전원전류(채널3)도 정상모드에서는 UPS의 동작에 의해 부하와 관계없이 정현파 전류로 역률 1 동작을 하다가 상용 AC 전원으로 동기 절체후에는 비선형 부하로 인한 비정현파 지상 역률을 가지는 것을 볼 수 있다.

3.5 전원품질 문제시 시험결과 (Sag, Swell, Phase Jump)

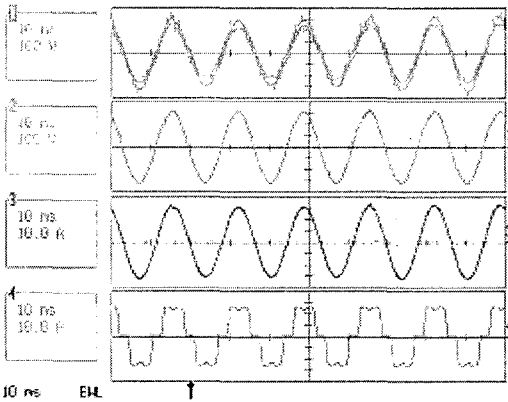


그림 13. 전원전압 15% Sag시(63% 비선형부하)

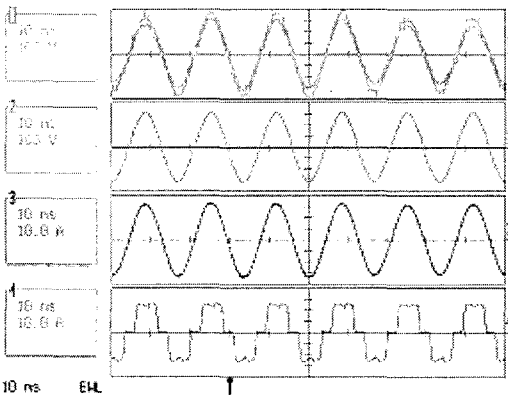


그림 14. 전원전압 15% Swell시(63% 비선형부하)

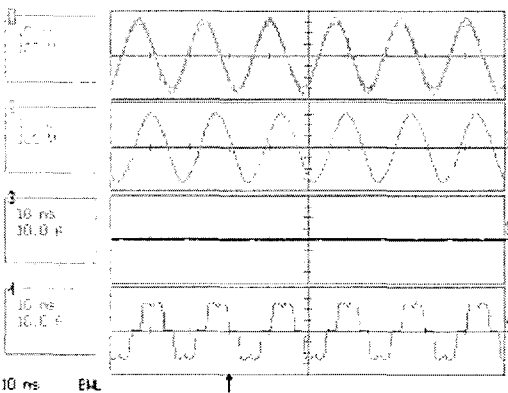


그림 15. B상 전압 10° Phase Jump시(63% 비선형부하)

그림 13-15의 결과들로부터, Delta 변환 UPS 시스템은 15% 범위내의 전원전압의 Sag나 Swell시(그림 13,14의 채널1)와 전원전압의 10° Phase Jump시(그림 15의 채널

1)에도 220V의 출력전압제어(채널2) 및 전원전압과 전류가 동상을 이루는 역률 1 제어(채널1,3)가 잘 되고 있음을 알 수 있다. 다만 그림 15와 같은 전원전압의 10° Phase Jump시에는 전원 고장으로 판단하고 정전모드로 동작하여 전원전류(채널3)가 0으로 되는 것을 볼 수 있다. 이상의 여러 성능 시험들을 통해서 Delta 변환 UPS 시스템은 모든 경우에 만족스런 동작 특성을 보여주는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 특별히 최근 들어 각광을 받고 있는 델타변환 방식의 3상 라인 인터랙티브 UPS 시스템의 성능 시험 결과에 대한 소개 및 평가를 하였다. 여기서는 UPS 시스템의 성능 시험에서 중요한 내용들인 부하시험, 정전/복전시험, 동기절체 시험 등에 대한 결과들을 제시하고 델타변환 UPS 시스템에 대한 전반적인 평가를 하였다. Delta 변환 UPS 시스템은 정상모드에서 선형부하시나 무부하시에 대해서 뿐만 아니라 선형 및 비선형 스텝 부하 변동시에 대해서도 부하변동에 관계없이 출력전압제어 및 역률 1 제어가 잘 되고 있음을 알 수 있었다. 또한 정상/정전/복전 모드에서와 동기절체시에도 안정되고 만족스런 입력력 동작 특성을 보여주는 것을 볼 수 있었다. 마지막으로 전원품질문제시와 같은 15% 범위내의 전원전압의 Sag나 Swell시와 전원전압의 10° Phase Jump시에도 Delta 변환 UPS 시스템은 만족스런 동작 특성을 보여주는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Shri Karve, "Three of a Kind UPS topologies, IEC standard," IEE Review, vol. 46, Mar. 2000, pp.27-31.
- [2] Bekiarov, S.B.; Emadi, A. "Uninterruptible Power Supplies: Classification, Operation, Dynamics, and Control," in Proc. APEC' 2002, pp.597-604.
- [3] W Edward Reid, "Power Quality Issues- Standard and Guidelines," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 32, pp.625-632, May/June 1996.
- [4] Understanding Power Quality Problems,
- [5] Soren Rathmann and Henry A. Warner, "New Generation UPS Technology, The Delta Conversion Principle," in Proc. IEEE IAS Annu. Meeting 1996 pp.2389-2395.

- [6] Farrukh Kamran and Thomas G. Habetler, "A Novel On-line UPS with Universal Filtering Capabilities," IEEE Trans. Power Electron., vol. 13, May 1998, pp.410-418
- [7] S.A.O. da silva, and et al. "A Three-phase Line-interactive UPS System Implementation with series-parallel Active Power-Line Conditioning Capabilities," IEEE Tran. Ind. Applicat. vol.38 Nov./Dec. 2002, pp.1581-1590.

지 준 근(Jun-Keun Ji)

[정회원]



- 1986년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1988년 2월 : 서울대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 서울대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1994년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보기술공학부 부교수

<관심분야>

전력전자, 전기기계, 전력변환, 전동기 제어, 전원장치, 전력품질제어, 모션제어, 제어응용