

PWM 컨버터와 공진형 인버터를 채용한 UPS 개발

민병권, 류승표, 백병산, 김연풍, 신현주, 김동욱, *유동욱, *백주원
 현대중공업 증전기부문 전력제어실, *한국전기연구소

The development of an UPS using PWM Converter
 and Resonant Inverter

B.G.Min, S.P.Ryu, B.S.Baek, Y.P.Kim, H.J.Shin, D.U.Kim, *D.W.Yoo, *J.W.Baek
 Hyundai Heavy Industry Co. Ltd R&D Center, *KERI

ABSTRACT

In order to develop a noble Uninterruptible Power Supply(UPS), we designed and manufactured the UPS using the PWM converter and the Resonant DC Link Inverter.

This paper describes the power circuits, the key techniques, the control and monitoring unit of the developed UPS. Finally, using the UPS we verified the superiority through the type test.

1. 서론

현재까지, 국내의 UPS관련 기술수준은 선진국보다 낮으며, 관련 기술의 연구가 활발히 진행되지 않았다. 최근 들어 일부 학계에서 연구를 하고 있는 실정이며 산업계에서는 고기능 첨단제품을 개발하기 보다는 기존의 기본기술에 의한 단순 기본기능과 저가격의 경쟁력에 주안점을 두고 있다. 따라서 향후, 시장개방의 확대 및 해외시장을 개척하기 위해서는 산업계 또한 학계에서도 최첨단의 고기능, 고신뢰성의 제품개발이 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서는 기존의 UPS와는 달리 정류부에 DSP와 IGBT를 채용한 PWM 컨버터를 적용하여 고역률실현 및 입력 전류의 고조파를 현격히 줄였으며, 인버터부에서는 종래의 하드 스위칭 방식의 문제점을 해결하고자 공진형 직류링크방식을 적용하였다. 또한 감시제어부에서는 자기진단기능, 가이던스기능, 고장발생시간기억 및 재생기능 등 멀티기능을 추가하여 NOBLE UPS를 개발하였다.

본 논문에서는 PWM 컨버터 및 공진형 인버터의 전력회로, 제어기법, 감시제어부의 고기능 등을 적용하여 제작한 개발품의 시험결과 그리고 종래의 UPS와 비교검토한 내용등을 기술하였다.

2. 시스템 개요

2.1 단상 시스템

개발한 단상 주회로는 그림1과 같다. 주요 부분별로 기술하면 정류부는 AC를 DC로 변환하여 인버터부로 DC 전압을 공급하며 또한 상시 축전지를 충전시키는 역할을 하며 회로구성은 입력단의 리액터, 스위칭소자(IGBT) 및 출력단의 DC 콘덴서로 구성되어 있다. 입력은 3상 140V 교류전원을 사용하여 스위칭소자를

PWM제어함으로써 출력으로 DC 250V를 발생시킨다. 기존의 사이리스터 위상제어방식은 회로 및 제어가 간단하지만 입력전류의 고조파 함유율이 20 - 30%로 매우 크고 역률 또한 0.8 - 0.9로 낮으며 제어가 불가능한 단점이 있다. 본 시스템에 적용된 PWM제어방식은 입력전원을 IGBT를 이용하여 PWM제어를 하면 역률 제어는 물론이고 입력전류의 고조파 함유율도 크게 감소시킬 수 있다. 개발된 PWM 정류기의 역률은 0.95 이상으로 제어되며 입력전류의 고조파 함유율도 5%이내이다. 또한 양방향의 Power flow를 가지고 있으므로 부하의 증감, 기동정지가 빈번한 시스템에 적용시킬 경우 회생에너지를 전원측에 반환하여 시스템의 전체 에너지효율도 높일 수 있다.

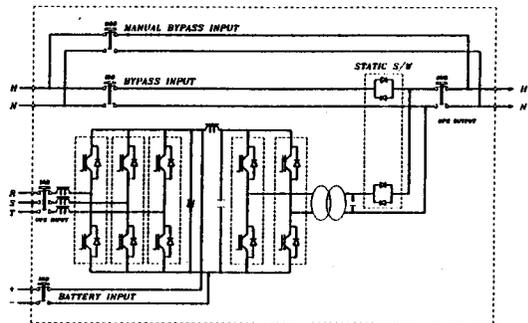


그림1. 단상 UPS 전력회로

인버터부는 DC를 AC로 변환하여 정전압, 정주파수를 갖는 양질의 교류출력을 부하측에 공급하는 부분이다. 기존의 PWM hard switching 인버터와는 달리 영전압 스위칭을 할수 있도록 병렬 공진형 직류링크 인버터를 개발하였다. 회로구성은 그림1에서 나타난 바와 같이 병렬공진을 일으킬 수 있도록 공진 리액터와 공진 콘덴서 및 고속, 대출력이 가능한 IGBT로 단상 인버터를 구성하였다. 그리고 정전압 출력파형을 얻기 위하여 별도의 필터용 리액터를 사용하지 않고 적정 누설 리액턴스를 갖는 인버터용 변압기와 최종단의 교류콘덴서를 이용하여 필터링시킴으로써 정전압 교류출력을 얻도록 설계, 개발되었다. 인버터 출력단과 부하 단사이에 부하측에 의한 인버터 손상을 방지하기위

해 보호용 스위치가 설치되어 있으며, 이는 By-pass 부 Static Switch와 함께 시스템 절체를 자동으로 수행한다. By-pass부는 인버터부에 이상발생시 Static Switch를 통해 무순단으로 상용전원을 부하에 공급하며 이상원인 해소시 인버터부로 자동절체된다. Manual By-pass는 UPS 시스템을 부하측과 완전 분리시키는 역할을 하며 시스템 유지 보수시 사용된다.

2.2 3상 시스템

개발한 3상 주회로는 그림2와 같다. 정류기부는 단상 시스템과 용량이 다를 뿐 동일하며, By-pass부와 Manual By-pass부는 회로 구성을 단상에서 3상으로 설계한 것외에는 단상 시스템과 동일 하다. 인버터부

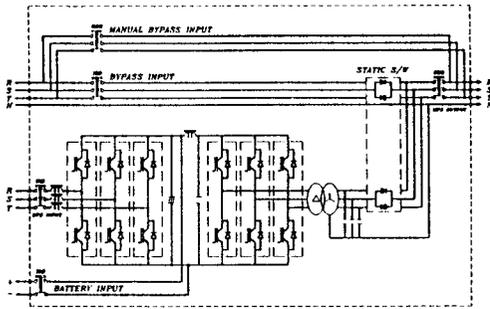


그림2. 3상 UPS 전력회로

는 그림2에서 알 수 있듯이 병렬공진이 이루어 질수 있도록 공진 리액터와 공진 콘덴서는 단상과 동일하게 구성되어 있으며 스위칭소자는 3상 출력을 얻을 수 있도록 IGBT 소자의 3상 구성과 그에 따른 3상 Δ -Y 변압기가 사용된 점이 단상과 다르다. 그리고 두드러지게 다른점은 공진전압 및 전류의 제어가 단상 병렬 공진형 인버터보다 어려우며 공진이 깨지기가 쉬우므로 제어가 복잡하고 어렵다. 이러한 점을 극복하기 위하여 제어 알고리즘 보완 및 공진부에 부가적인 회로를 추가하였다.

3 주요부 제어기 개요

3.1. PWM 정류기

PWM 정류기의 제어블럭선도는 그림3과 같다. 정류기의 제어는 출력전압제어와 입력역률제어로 나눌수 있으며 동시에 제어 해야만 한다. 개발된 PWM정류기는 블럭도에 나타난 제어 알고리즘의 전과정을 디지털 연산처리할 수 있도록 소프트웨어를 개발하여 구현 하였다.

제어과정을 간단히 살펴보면 먼저 제어에 필요한 입,출력의 전압 및 전류를 검출하여 d축과 q축으로 축 변환을 시킨다. 이들 변환된 제어량을 이용하여 역률 1.0제어 및 정격의 출력전압제어가 이루어진다. 최종적으로 제어된 제어량 V_d , V_q 값이 다시 공간전압벡터변조 알고리즘을 거쳐 게이트 신호를 발생시킨다. 출력된 게이트 신호가 구동회로를 거쳐 정류기출력 및 입력역률을 제어한다.

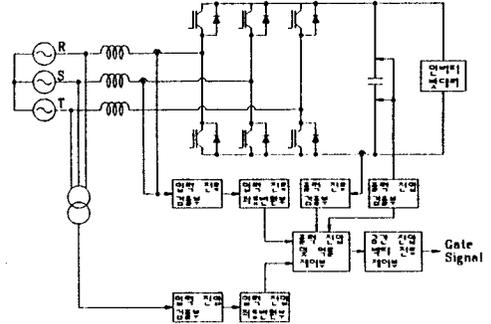


그림3. PWM 정류기의 제어블럭도

3.2 공진형 인버터

공진형 인버터의 제어블럭선도는 그림4와 같다. 공진형 인버터의 동작원리는 공진부의 동작을 일정하게 유지하고 인버터의 입력전류를 공급할수 있도록 공진 인덕터전류를 증가시키는 초기모드인 단락모드에서 일부스위치를 턴 오프하고 이때에 공진콘덴서와 공진 인덕터사이에 공진이 발생한 공진전압을 단상 또는 3상 인버터회로의 격정스위치를 선택하여 부하로 전달

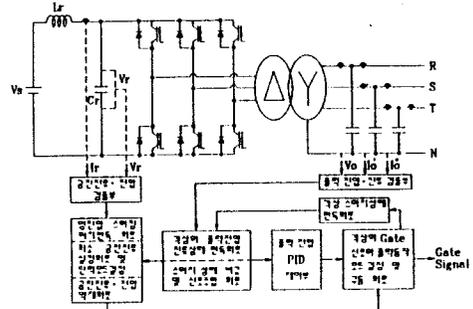


그림4. 공진형 인버터의 제어블럭선도

함으로서 원하는 출력전압을 제어하게 된다. 그러므로 스위치의 선택에 따라 부하측에 에너지가 전달되어 전압이 제어된다. 즉, 공진형 인버터는 3가지의 동작모드가 바뀌면서 공진부 및 출력전압이 제어된다. 이들 3가지 모드는 단락모드, 전력전달모드, 환류모드이다.

그림4에서 알 수 있듯이 3상 공진형 인버터이다. 단상인 경우 동작 메카니즘은 3상과 동일하지만 제어가 3상보다는 용이하다. 단상 공진형 인버터의 제어블럭선도는 3상 제어블럭선도 그림4에서 스위치의 상태비교 및 신호조합회로부분이 3상에 비해 간단히 제어되는 것이 다른점이다.

3.3. 감시제어 PANEL부

감시제어기술의 발전에 따라 UPS(Uninterruptible Power Supply)에도 제어 감시기능을 첨가하여 UPS 각부분의 정보수집 및 분석, MONITORING, 자기고장 진단 기능을 갖추어 시스템의 효율적인 운행과 고장시 문제물 시간, 원인별로 기억하고 있어서 고장 원인 파악 및 처리에 신속히 대처할 수 있도록 설계하였다. 주요기능은 다음과 같다.

- 운전기능.
- LED 및 ALARM시현 기능.
- ACTUAL VALUE MONITORING 기능.
- 고장기억 및 검색기능.
- 시간을 조정하는 기능.

4. 제작 및 시험결과

4.1 시작품 제작사양

항 목		내 용	
출력 정격 용량		단상 10KVA	3상 20KVA
정류기	입력전압	3 ϕ 140Vac \pm 10%	
	입력주파수	60Hz \pm 5%	
	출력전압	250Vdc	
	가변범위	200Vac - 280Vac	
DC Link단	공진주파수	약 40kHz	
인버터	출력전압	단상 110Vac	3상 208/120Vac
	출력주파수	60Hz	

4.2 주요부 파형

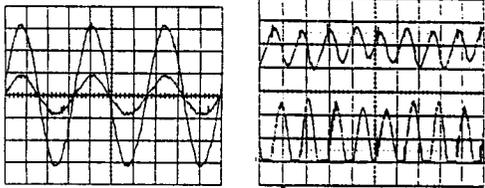


그림5 PWM 정류기의 입력전압과 입력 전류파형(좌)

그림6. DC Link단 공진 전압과 공진 전류 파형(우)

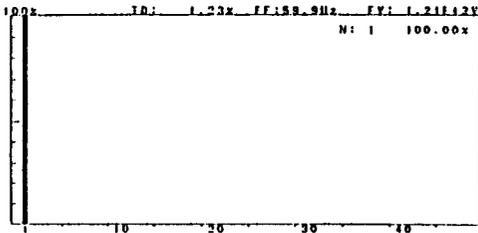
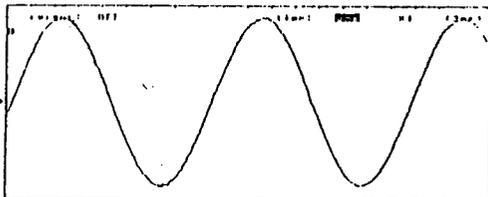


그림7 출력 전압(상) 및 THD(하)

참고 문헌

- [1] R. Wu, S. B. Dewan, and G. R. Slemon, "A PWM AC - DC converter with fixed switching frequency", IEEE/IAS Annual Meeting Conf. Rec., pp706-711, 1988.
- [2] D. M. Divan, "The Resonant DC Link Converter - A New Concept in Static Power Conversion", IEEE-IAS Conference Record, pp648-656, 1986.

5. 고찰 및 결론

시험 결과를 통해서 살펴본 바와같이 정류기 입력 교류 전류가 정현파형에 가까우며 Unity Power Factor 특성을 확인할 수 있으며 정류기의 응답 특성 또한 UPS 출력 변동 특성 시험을 통하여 양호함을 알 수 있다.

공진부를 살펴보면 일반적으로 RCDLI(Resonant DC Link Inverter)는 클램핑 회로를 부가하지 않고 높은 출력을 얻기가 어려운 것으로 알려져 있다. 특히 RCDLI를 UPS 시스템에 적용했을 경우는 더욱 그러하다. 그러나 본 연구 개발품에 적용한 제어방식을 적용한 결과 공진 전압 및 전류 특성이 양호함을 확인할 수 있었다. 더욱이 부하의 급감시에 에너지가 DC Link단으로 회생될 때 공진이 깨지기가 쉬운데 이에도 정상 동작됨을 확인할 수 있었다.

다음으로 인버터부를 살펴보면 스위칭 소자를 영전압 스위칭을 시키기 때문에 방열판 설계시 기존의 방열판보다 약 1/2로 줄였는데도 불구하고 온도 특성 결과에서 알 수 있듯이 방열량이 현저히 줄었음을 확인할 수 있었다.

출력 전압의 THD 또한 양호하게 나타났을 뿐만 아니라 출력 전압 제어를 각상제어를 하기 때문에 불평형 부하 특성도 기존의 평균치 제어와는 비교되지 않을 정도로 우수한 특성을 보였다. 그리고 입력 정전 및 복전 특성, 절체 특성등도 양호하게 나타났다.

기존의 UPS와 개발한 UPS를 비교요약하면 다음과 같다.

구 분	기존 UPS	개발 UPS	
정류부	사용소자	THYRISTOR	IGBT
	제어방식	위상 제어	PWM 공간 벡터 제어
	회생운전	불가	가능
	역률	0.8 - 0.87	0.95 이상
	THD	20 - 30%	5% 이내
인버터부	사용소자	THY, TR	IGBT
	제어방식	PWM	ZVS
	주파수	1 - 7 KHz	15 - 50 KHz
	Snubber	유	무
	출력각상 제어	평균치 제어로 불평형 부하 및 응답 특성이 나쁨	각상 제어로 불평형 부하 및 응답 특성이 우수
	방열판 크기	1	1/2

그러나, 공진형 인버터는 많은 장점이 있으나 단점으로는 용량이 증가할 수록 공진전압, 전류의 제어가 어려워진다는 것이다. 따라서 향후 중용량급 이상의 공진 시스템에서는 심도깊은 연구가 요구된다.

본 연구는 한국전력공사이전 기술개발사업에 의해서 수행된 결과임.