'95 대한전기학회 하계학술대회 논문집(1995. 7. 20~22)

PWM 컨버터를 이용한 무정전전원시스템에 관한 연구

소정환° 김홍성 최규하 김한성
건국대학교 전기공학과

A Study On Uninterruptible Power Supply System Using PWM Converter

Jung-Hwan So Hong-Sung Kim Gyu-Ha Choe Han-Sung Kim
Dept. of Electrical Eng. Kon-Kuk University

Abstract

Recently according to the increasing critical loads such as communication and life support systems stable power supplying becomes more and more important. Therefore it is indespensable to stabilize power source using these instruments - AVR(Automatic Voltage Regulator) or UPS(Uninterrutible Power Supply). This paper deals with ON-LINE UPS which is composed of PWM converter for AC-DC conversion. Using a PWM converter have advantages of low current harmonics and high power factor. In this paper ON-LINE UPS using PWM converter is proposed and its charcateristics are investigated.

1. 서 론

최근 산업구조의 자동화와 정보의 ON-LINE화 추세에 의하여 고기능 컴퓨터 응용장치나 병원 등의 생명보조 기구들에 대한 안정된 전원의 공급은 매우 중요하다.

상용전원에 나타나는 전원교란 노이즈로는 과전압, 부족전압, sag, surge, impulse 등이 존재하며 이와 같은 노이즈들은 전자장비의 수명을 단축시키거나 시스템 에러를 발생시키는 문제를 야기시킨다.[1]

따라서 안정된 전원공급의 필요성에 부합되는 적절한 전원장치의 도입이 필수적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 이에 대한 대책으로서 전원과 부하 사이에 UPS를 직렬로 연결한 형태인 ON-LINE형 UPS에 대하여 연구하였다. 그러나 현재는 AC-DC 변환장치로써 다이오드정류기 또는 위상제어정류기를 일반적으로 많이 사용하는데, 이러한 AC-DC 변환장치의 장점으로는 구조의 간단함, 제어의 간편성, 비용의 절감 등을 들 수 있으나 전류의 저차고조파 증가로 인해 다른 부하에 영향을 미치게 되며 역률의 저하로 인한 무효전력의 증가 등의 문제를 야기시킨다.[2][3]

그러므로 본 연구는 ON-LINE형 UPS에서 AC-DC 변환장치로써 PWM 컨버터를 이용하여 전원의 오염을 배제할 수 있는 고역율·저고조파 UPS의 연구를 목적으로 한다.

PWM 컨버터는 고역율·저고조파 특성을 얻기 위하여 전류제어를 필요로 하는데, 본 연구에서는 아날로그로 구현이 가능한 삼각파 비교법을 적용하였다.

PWM 인버터의 제어기법으로는 현재 산업계에 많이 적용되고 있는 실효치(RMS)제어 기법을 이용하였다.

그리고 제안된 시스템에 대한 안정성을 실험을 통해서 검증하였다.

2. 시스템 구성

연구된 UPS 시스템은 그림 1과 같이 전원측 인덕터, PWM 컨버터, DC링크단 커패시터, PWM 인버터, 인버터 출력단의 정현화 필터와 부하로 구성되는 전력회로와 제어부로 구성된다.

2.1 전력회로

전류제어를 통하여 입력전류를 전압과 동상인 정현파로 만드는 동시에 역률제어를 할 수 있는 PWM 컨버터와 인버터로는 Full-Bridge형 PWM 인버터를 사용하였다. 또한 인버터의 출력단에는 PWM된 인버터 출력전압을 정현화 하여 부하에 정현파 전압을 공급하기 위하여 L-C 수동필터를 설계하여 최종 UPS 출력전압이 정현파 전압이 되도록 해주었다.

2.2 시스템 제어기

제어기는 PWM 컨버터 및 인버터 제어기로 구성되며 컨버터에 대해서는 삼각파비교 기법을 통한 전류제어를 행하며 인버터에 대해서는 실효치 전압제어를 행하게 된다.

2.2.1 PWM 컨버터의 전류제어 기법

PWM 컨버터가 고역율·저고조파 특성을 얻기 위해서는 전류제어를 필요로 하며 본 논문에서는 아날로그로 구현이 가능한 삼각파비교 기법을 사용하였고 또한 두 가지의 변조기법을 적용하여 그 특성을 비교하였다.

(1) 삼각파비교 기법

삼각파비교 기법은 전류기준신호와 실제전류를 비교한 후 이 차이를 제어기(Gc(S))를 이용하여 컨버터의 제어전압(V_{con})을 만드는 방식이다. 그리고 그림 2는 삼각파비교 기법의 블럭다이어그램을 보여준다. 본 논문에서 삼각파비교 기법의 변조기법으로는 양극성 전압 스위칭 방법(BVSM:Bipolar Voltage Switching Method)과 단극성 전압 스위칭 방법(UVSM:Unipolar Voltage Switching Method)을 적용하여 이 두기법의 특성을 비교하였으며 캐리어 주파수는 10(kHz)로 하였다.[4]

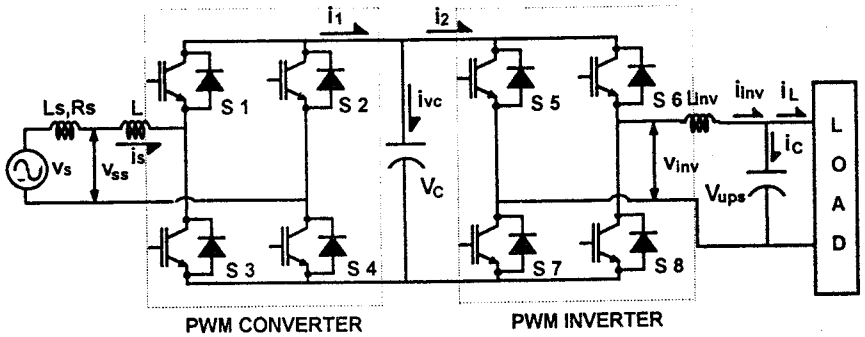

그림 1 전체시스템 블럭도

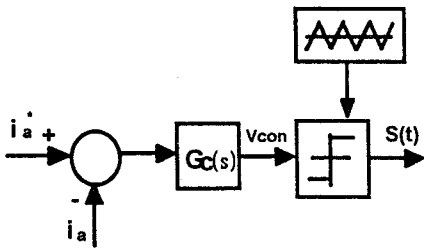

그림 2 삼각파비교 기법

(2) 직류전압 제어기

그림 3은 직류전압 제어를 위한 PWM 컨버터 제어 블럭다이어그램 이다. 이 그림에서 PWM 컨버터는 기준전압과 컨버터의 직류전압을 비교하여 검출된 오차를 PI 제어기를 이용하여 제어입력을 만든 후, 이 신호에 전원전압과 동상인 크기 1의 정현파를 곱한 신호를 앞에서 설명한 전류제어기의 전류기준신호로 사용한다.

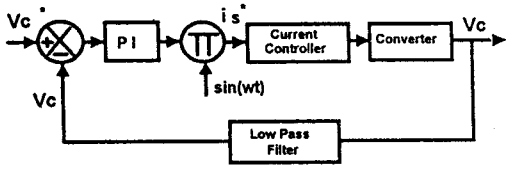

그림 3 PWM 컨버터 제어 블럭다이어그램

2.2.2 인버터 전압제어기법

인버터 제어기법으로는 그림 4와 같이 UPS의 출력전압을 정류한 후 이를 필터링 한 직류값과 비교하고 이 차에 대한 PI제어기 출력에 전원전압과 동상인 정현파를 곱하여 기준전압으로 이용하는 실효치(RMS)제어기법을 이용하였다. 그리고 변조기법으로는 UVSM을 이용하였다.

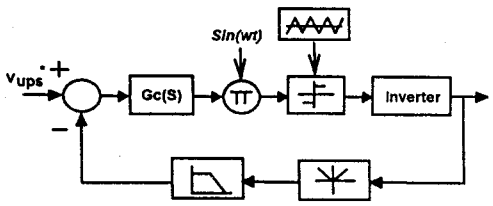

그림 4 실효치 전압제어 기법

3. 실험결과

UPS 시스템의 전원측 특성과 인버터 출력특성에 대하여 실험을 통하여 시스템의 안정성을 검증하였으며 실험에 사용된 파라미터들은 다음표와 같다.

전원측 인덕턴스	3[mH]
DC링크단 커패시턴스	4700[μF]
인버터 출력단 필터 인덕턴스	2[mH]
인버터 출력단 필터 커패시턴스	20[μF]
전부하시 부하저항	10[Ω]

3.1 전원측 전류고조파, 역률, 효율 특성

PWM 컨버터의 전류고조파 해석은 전원측의 인덕턴스를 1[mH]에서 5[mH]까지 변화시키면서 정격부하에 대해서 수행되었으며 전원전압은 100[V]이다. 스위칭주파수는 10[kHz], 정격부하출력은 1[kW]로 하였다.

그림 5~그림 7은 각각 삼각파비교 기법 중 UVSM과 BVSM 기법의 전류고조파, 역률, 효율을 나타낸 것이다. 이 그림을 통하여 UVSM이 BVSM 보다 더 나은 특성들을 보임을 알 수 있다.

3.2 UPS 시스템의 각 부 파형

(1) 정상상태 특성

그림 8의 (a)(b)(c)(d)는 부하 100[%](1[kW])에서 인버터의 전원전압, 전원전류, UPS 출력전압 그리고 부하전류의 파형이다. 인버터의 PWM된 전압은 L-C필터를 이용하므로써 출력전압은 전원전압과 동상이고 같은 크기의 정현파 전압으로 유지됨을 알 수 있다.

(2) 과도상태 특성

그림 9의 (a)(b)(c)(d)는 부하를 50[%]→100[%]→50[%]로 변화시켰을 경우의 전원전압, 전원전류, UPS 출력전압, 부하전류를 보여준다. 부하가 변동함에 따라서 전원전류의 양이 이에 따라 변동함을 알 수 있고 필터 커패시터 출력전압은 변동이 거의 없음을 알 수 있다.

그림 10의 (a)(b)(c)(d)는 정격부하에서 전원측에 스위치를 부착하여 정전, 복전을 연속적으로 수행한 UPS의 출력특성 및 전원측 특성을 보이준다. 정전시 전원전압과 전원전류는 사라지더라도 인버터는 배터리를 이용하여 출력전압을 정전 전과 같이 유지함을 알 수 있고 정전, 복전을 거듭하더라도 전원전압과 동상으로 제어가 가능함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 현재 ON-LINE UPS시스템에서 AC-DC 변환 장치로써 주로 사용되고 있는 다이오드정류기나 위상제어정류기 대신 양방향 PWM 컨버터를 사용하여 정류동작에서 발생하는 전원의 전류 고조파를 전류제어를 통하여 이를 억제하고 아울러 역률제어를 통하여 고역률·저고조파 UPS 시스템의 연구를 목적으로 하였다.

실험에서 PWM 컨버터는 세미크론사(Semikron Co.)의 SKM50GB121D 으로 된 스택으로 구성하였으며 스너브로는 0.22(μF) 콘덴서 두개를 한 암(Arm)당 하나씩 부착하였다. 스위칭 신호의 데드타임은 3(μs)로 하였으며 실험에서 삼각파캐리어 주파수는 10(㎑)로 하였다.

실험을 통하여 컨버터의 역률은 0.98이상을 나타냄을 알 수 있었고 전원측 전류고조파는 전원측 인덕터의 인덕턴스에 지배적인 영향을 받음을 알 수 있었다.

제시된 시스템의 안정성을 고찰하기 위하여 부하변동 및 정전실험을 통하여 동특성을 고찰 하였다. 이에 대한 결과로서 부하변동 및 정전시에도 시스템이 안정함을 알 수 있었다.

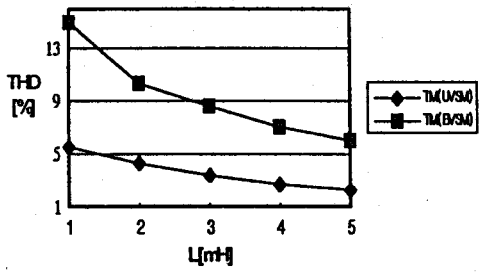

그림 5 전류 THD

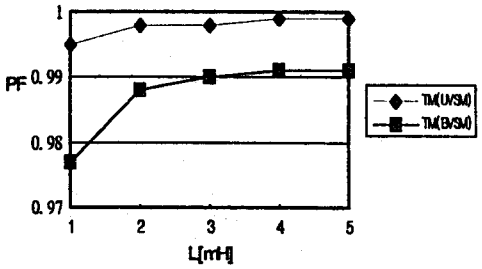

그림 6 역 률

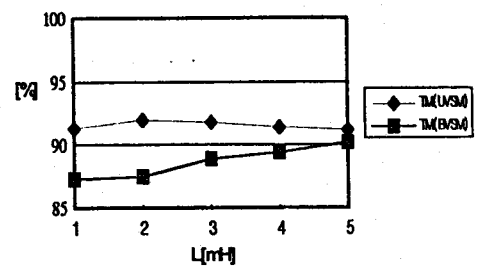

그림 7 효 율

참 고 문 헌

[1] V.J.Gosbell, "A High Efficiency Inverter for Homestead use," IEEE, vol. 5, no. 1, August 1985.

[2] C.Zhou, "Design and Analysis of A Hysteretic Boost Power Factor," IEEE PESC pp.800-807, 1990.

[3] R.Wu, "A PWM AC-to-DC Converter with Fixed Switching Frequency," IEEE Trans. Ind. Appl, vol. 26, no. 5, pp.880-885, 1990.

[4] N.Mohan, Power Electronics : Converter, Applications and Design, Wiley, 1994, pp.115-121.

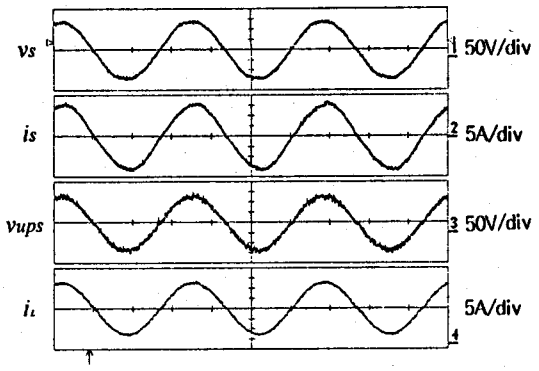

그림 8 정상상태 시스템 각 부 파형

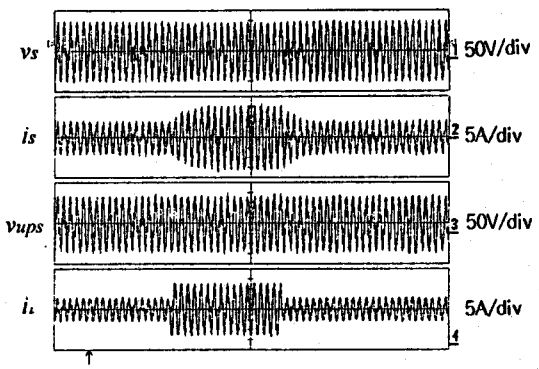

그림 9 부하변동시 시스템 각 부 파형

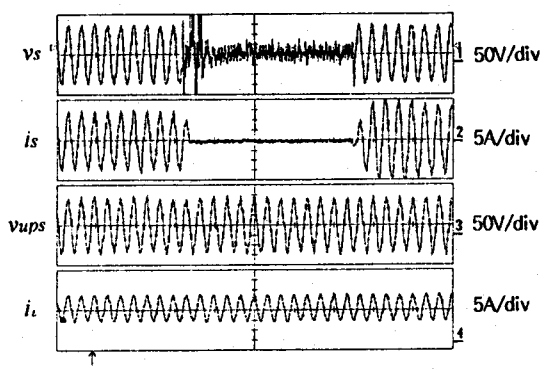

그림 10 전원이상시 시스템 각 부 파형