

고역률 PWM CONVERTER를 적용한 UPS

이우철*, 서인영, 이법희, 서동휘, 권성근, 김성우
 효성중공업 기술연구소

PWM Converter with Unity Power Factor for UPS systems

Woo-Cheol Lee*, In-Young Suh, Bum-Hee Lee, Dong-hwi Seo, Seong-Gon Kueon, Sung-Woo Kim
 (HYOSUNG INDUSTRIES CO.,LTD. Research & Development Institute)

ABSTRACT

Full Bridge Diode Rectification and Phase Controlled SCR Rectification are the most widely used methods of power conversion (AC → DC) in Power Electronic products such as UPS systems.

But using these types of converters can lead to the following problems. First, they generate harmonics on the AC input side, which can cause interference in other equipment connected to the same commercial power line. Second, they deteriorate the power factor so that the input power capacity of the equipment becomes larger than the actual rated output capacity.

As a means to overcome these problems an IGBT type PWM Converter, which applies a current control algorithm, is proposed. In this paper the enhancement of the converter performance is shown through simulation.

I. 서론

전압형 PWM Inverter/UPS에 있어서 일반적인 콘덴서 입력형의 Diode 정류 회로에서는 저차 고조파 성분을 비교적 많이 포함한 pulse 형의 전원전류가 흐르기 때문에 전원 역률이 0.65~0.75로 비교적 나빠, 전력계통에서의 장애요인이 되고 있다. 그래서 입력 역률의 개선과 고조파 전류의 저감의 방법으로서, 종래에는 AC Reactor와 Condenser를 정류회로 입력부에 부가 하는 방식이 사용되어져 왔지만 size, 중량등, 경제성 면에서 문제가 있어, 그 용도가 한정되어 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 전원 역률이 거의 1 이고 전원측으로 회생이 가능한 정현파 형태의 전원전류를 흘리는 고역률 PWM Converter가 UPS에서도 적용이 검토되고 있다. 대개의 경우 소용량 UPS (3KVA 이하)에서는 승압 CHOPPER 방식, 중용량 UPS (3KVA ~30KVA)에서는 고주파 PWM 정류 방식이 주류를 이루고 있다. 본 연구에서는 고역률 PWM Converter를 UPS에 적용하여 simulation을 통하여 구현하고자 한다.

II. System 구성과 제어 방식

A. System 구성

이번에 검토한 UPS system의 기본 구성을 그림 1.에 표시

하였다. 용량은 단상 110V, 60Hz, 5KVA이고, PWM converter부는 IGBT Full Bridge type으로 구성되어 있고, Inverter부는 기존 UPS system을 적용하였다. 소형 UPS인 경우 converter부는 대개 Diode 정류기를 사용하기 때문에 DC link단 전압이 변동하여 별도로 Battery Charger를 이용해야 하지만 PWM Converter를 적용시에는 DC 전압이 제어되므로 Battery는 Floating(부동) 충전 방식으로 DC link단에 직접 연결할수있다. Inverter부 역시 IGBT Full Bridge Type으로 PWM 파형을 LC Filter로 Filtering 하여 정현파를 만들어 낸다.

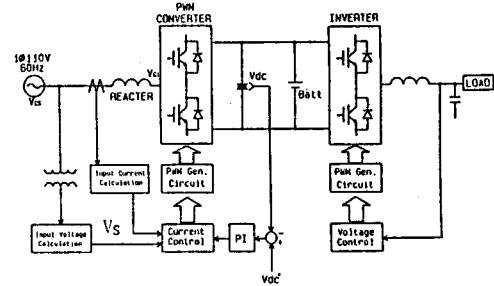


그림 1. UPS system 구성

B. 제어회로 구성

그림 2.에 PWM Converter의 제어회로 구성을 표시한다. 단상 교류 입력전압 V_{cs} 를 Trans에 의해 검출하여 Filter를 통해 전원전압 신호를 V_s 로 변환한다. 또한 입력전류 I_s 는 Hall CT에 의해 검출하여 순시치제어를 행하고 있다. DC 전압(V_{dc}) 검출은 절연을 위하여 Trans 2차측에서 switching 하여 1차측 전압을 검출하는 방식을 사용했으며 검출된 DC 전압 V_a 는 전압 지령치 V_a^* 와의 편차를 PI제어한 직류전압 Error값 V_{err}^* 를 전원 전압 신호 V_s 의 곱으로 전류 Reference I_s^* 를 만들어 낸다. Reference I_s^* 와 전원 전류 I_s 의 차에 P Gain K_2 를 곱한값과 입력 전압과의 차에 의해 최종 전류 제어 파형 V_i 가 발생되어 삼각파와 비교되어 PWM 파형을 발생하게 된다.

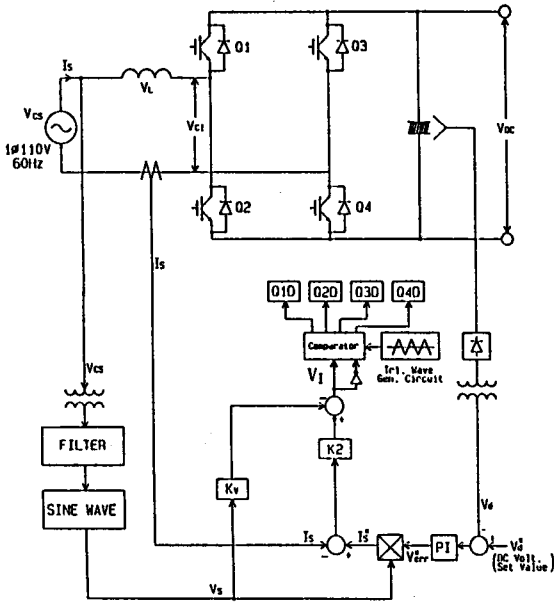


그림 2. PWM Converter의 제어회로 구성

C. 입력전류 제어방식

그림 3.은 입력 전류계의 Model을 나타낸 것으로 전류지령 I_s^* 에 전류를 추종시키는 경우 제어 요소는 P Gain K2 만을 이용하므로 정현파에 추종한다면 정상편차가 생기게 된다. 최대치 I_{rm} , 각주파수 ω 의 정현파 지령치 $I_s^*(=I_{rm}\sin\omega t)$ 에 추종시키는 경우 정상상태 편차 ϵ 는 다음과 같다. (K 는 비례 상수)

$$\epsilon = I_{rm} \cdot \omega \cdot L / (K2 \cdot K)$$

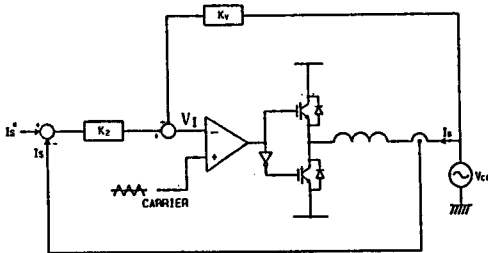


그림 3. PWM Converter 전류제어 loop Model

이때 전류제어 지령치 V_1 는 다음 식으로 표현된다.

$$V_1 = \{ (V_d^* - V_d) \cdot V_{cs} - I_s \} \cdot K2 - K_v \cdot V_{cs} \\ = \{ I_s^* - I_s \} \cdot K2 - K_v \cdot V_{cs}$$

III. Simulation 결과

UPS는 5KVA 용량으로 PWM Converter부는 $L=435\mu H$, 평활용 Condenser $8000\mu F$, DC Condenser 전압 300V, $f_0=7.92KHz$, Inverter부는 출력 Filter 용 Reactor, Condenser는 $400\mu H$, $f_1=7.92KHz$ 로 하여 simulation 하였다.

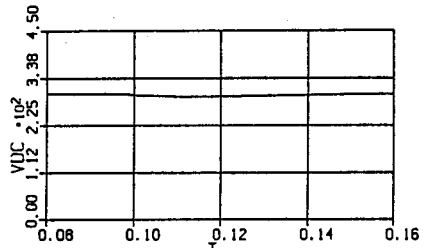


그림 4. DC link 전압(Vdc) 파형 (부하 변동시 : 50% → 100%)

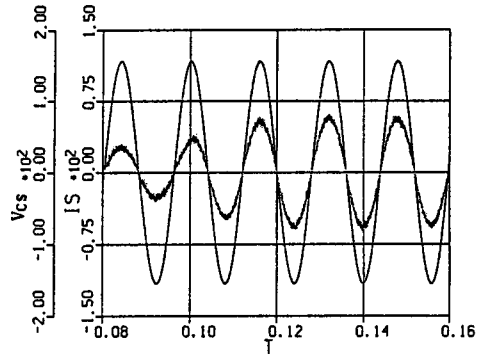


그림 5. 입력전압(Vcs), 전류(Is) 파형 (부하 변동시 : 50% → 100%)

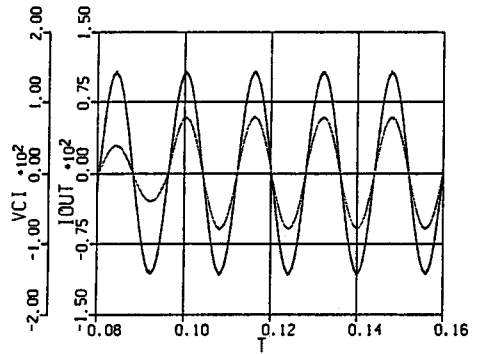


그림 6. Inverter 전압(Vc1), 전류(Iout)파형 (부하 변동시 : 50% → 100%)

그림 4.는 부하변동(50% → 100% 저항부하, 0.096초후)시 DC 전압 (Reference:300V)이 약간 저하되지만, 곧 제어되어 회복되는 것을 알수 있으며, 이때 입력전압과 전류(그림 5.)는 여전히 동상을 유지하여 부하전류에 비례하여 입력 전류가 증가하는 것을 알수 있다. 그림 6.은 최종 출력전압 파형이 부하 전류에 관계없이 거의 일정함을 알수 있다.

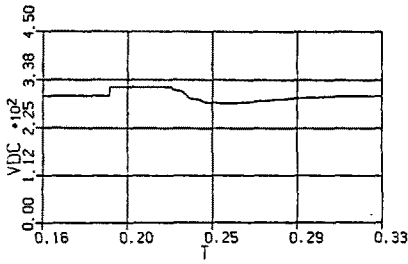


그림 7. 회생시 DC link 전압(V_{DC}) 파형

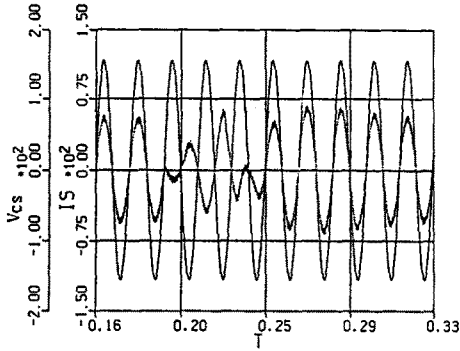


그림 8. 회생시 입력전압(V_{cs}), 전류(I_s) 파형

그림 7.8. 은 부하측의 영향에 의해 DC link Condenser 전압이 상승하게 되는 경우로 simulation시 DC 전압은 임의로 320V로(0.19초 ~ 0.23초) 유지 시켰다. 회생이 끝난후 DC link 전압은 어느 정도 과도 상태를 거쳐 정상상태에 도달 하는 것을 알수 있으며 이때 입력전류는 역상이 되어 전원측으로 회생됨을 알수가 있다.

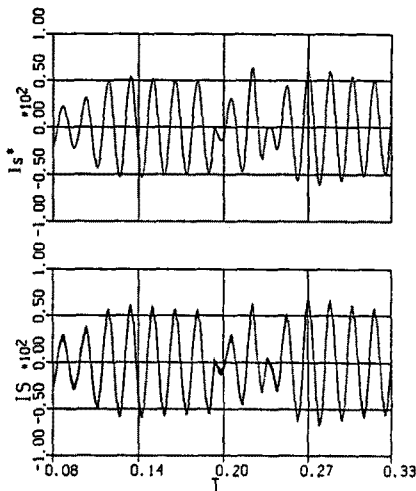


그림 9. 입력전류 Reference(I_s^*)와 전원전류(I_s) 파형

그림9. 은부하증가, 회생, 정상상태시 입력 전류 Reference(I_s^*)와 전원 전류(I_s) 파형을 나타내고 있으며 정상상태시 에서도 편차가 존재하고 있음을 알수 있다. 이는 입력 전류제어 회로에서 I_s Reference(I_s^*) 추종시 Reactor L의 영향(Ldi/dt)을 고려 안했기 때문에 생기는 것으로, 약 10V 가량의 편차가 생기고 있다.

N 결론

본 논문에서는 종래의 Condenser input형 Diode 정류 회로와 SCR 정류 회로의 문제점을 보완하기 위하여 정류부에 PWM Converter를 적용한결과 전원측 역률개선($\cos\phi \approx 1$)과 고조파 전류가 대폭 저감됨을 알수 있었다. 그러나 입력부 Reactor의 존재로 정상상태 편차가 생기므로 향후 이를 보상하는 것이 필요하다고 생각된다.

UPS에 PWM Converter를 적용할 경우 주요 장점은 다음과 같다.

첫째 : 주회로, 제어회로 가 종래의 SCR 정류기와같은 정도로 복잡하지 않고,

둘째 : 정전압, 정전류 기능을 겸용하는 것에 의해 Battery Charger로 사용할수 있고,

셋째 : 이것에 접속되는 DC/AC Inverter부의 직류 전압의 제어 범위가 제한되기 때문에 Inverter부의 동작 stress가 감강되어,

무정전전원장치로서의 기능이 향상되면서 신뢰성 향상 및 cost down을 꾀하는 결과가 된다.

< 참고 문헌 >

1. "電壓形 PWM コンバータの平滑コンデンサ容量低減および瞬停再始動制御法" 電學論D, 112卷 1號, 平成 4年
2. "New Single-Phase Unity Power Factor PWM Converter-Inverter system", IEEE-PESC Rec., PP. 585-589, 1989
3. "瞬時電力のFeed forward制御を附加した電壓形 PWM 整流器インバータ" 電學論D, 111卷 11號, 平成 3年
4. "A High Performance Control Method of a Voltage -type PWM Converter" IEEE-PESC '88 Record .PP 360-368, 1988