

간이 스위칭법에 의한 단상 역률개선형 컨버터

문경희, 고강훈, 김은수*, 박동걸**, 조판제***, 이현우
 경남대학교, *부산전기학원, **동해대학, ***하이트맥주

The Single Phase Converter of Power Factor Collection Type with Simple Switching Method

K.H. Mun, K.H. Koh, E.S. Kim*, D.K. Kwak**, P.J. Cho***, H.W. Lee,
 KyungNam University, *Pusan Electric School, **DongHae College, ***HITE Brewery Co.,LTD

Abstract

For decrease the harmonic current components of a power source, a first method is insert the choke in that used the choke input type rectifier, the booster chopper circuit and buck chopper circuit. And several method are studying like as the PWM (Pulse Width Modulation) converter and the active converter type which is used the high frequency switching and the sinusoidal wave formed input current. In this type, there are many problem as a low efficiency, increased the noise, the high leakage current and cost up by the high frequency switching. To improve this problems, the partial resonant method is used on the booster inductor and lossless rubber condenser.

This method decreased the distortion factor has lower harmonic components than the hard switching and there is no switching loss by the ZCS(Zero Current Switching) at switch turn-on and the VS(Zero Voltage Switching) at switch turn-off

1. 서 론

최근, 새로운 전력용 반도체 고속 스위칭 소자의 개발, 보급이 확대되어 인버터나 SMPS의 고역률, 고효율의 시스템이 활발히 개발되고 있다. 이러한 기기 즉, 일반적으로 직류 출력을 상용주파수의 교류를 변환하는 목적으로 이를 위해서는 전원의 파형 왜곡이 적은 정현파를 안정하게 출력할 필요가 있어, 고속 스위칭이 가능한 Power-MOSFET나 IGBT등의 자기소호형 소자의 대용량화와 제어기술의 발전에 의해 비교적 용이하게 실현되고 있다.

그림1에 나타난 일반적인 AC-DC 변환기는 일반적으로 콘덴서 입력형 정류방식을 이용한다. 안정된 직류출력을 얻기 위해 사용하는 이러한 변화방식은, 입력전압이 콘덴서 전압보다 높을 때에만 다이오드를

통하여 콘덴서로 전원전류(충전전류)가 흐르기 때문에, 그림2에 나타난 것과 같이 입력전류는 입력전압의 최대값 부근에서 펄스형으로 흐르게 된다. 이러한 이유로 입력전류에는 정현파 전류에 비해 많은 고조파 성분이 포함하고 있으며, 최대 입력역률은 거의 0.6으로 좋지 못하게 된다. 이러한 고조파에 대한 규정은 IEC(국제 전기표준회의)에 있어서 이미 전원 고조파 전류의 규격치인, IEC 1000-3-2 (IEC 555-2)가 제정되어지고 있다. 또한 콘덴서 입력형 정류회로는 출력전압이 일정한 DC전압이므로 가변의 DC전압을 출력 할 수 있는 AC-DC 컨버터에 비해 유용성이 매우 낮으며, 많은 고조파로 인해 일부의 기기에서는 전원계통에 악영향을 끼친다.

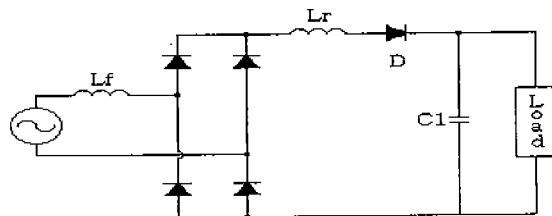


그림 1. AC-DC 변환기 회로

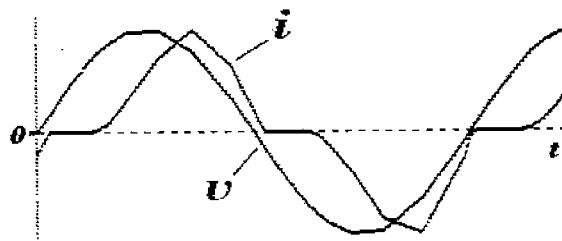


그림 2 AC-DC 변환기의 입력전압·전류 파형

이에 적합하도록 전원의 고조파 전류성분을 저감시켜 전원 역률을 높이기 위한 방법으로, 초크입력형 정류회로와 승압 초퍼회로를 이용하여 초크코일을 투입하는 방식과 고주파로서 스위칭을 하며 입력전류를 정현파화 한 능동필터방식, 혹은 PWM 컨버터 방식

등의 다양한 방식이 검토되어지고 있다. 후자의 2가지 방법으로는 고주파 스위칭에 따라 효율의 저하, 노이즈의 증대, 누설전류의 증대 등이 문제로 되어지고 있다. 또한 전자의 방법은 후자의 2가지 방법과 같은 문제가 거의 없으며, 쇼크코일에 의한 전압강하는 크게 되나, 부하의 증가에 따라 출력전압의 저하가 크게 되는 문제가 생긴다. 그리고 역률을 높게 하는 것이 곤란하며, 고역률을 얻는 일이 불가능하다.

본 논문에서는 정류회로에 부분공진형 승압용 컨버터를 접속하여 입력전류를 정현파상으로 제어하여 입력전류 파형을 개선시켜 역률을 개선하는 부분공진 AC-DC 컨버터의 간이 스위칭 기법을 제안한다. 이 제안한 스위칭 기법의 컨버터에는 승압용 인덕터와 무손실 스너버 콘덴서에 의한 부분공진의 기법이 적용되고, 이러한 LC 직렬공진에 의해 스위치 턴온 시에 영전류 스위칭(ZCS) 동작을, 스위치 턴오프 시에 영전압 스위칭(ZVS)으로 동작되어 소프트 스위칭 동작을 하게 되고, 공진에 의해서 콘덴서에 축적된 전하는 전원측으로 회생되므로 입력전류는 하드 스위칭시보다 고조파 성분을 줄여 왜형율을 감소시켜 주므로 고주파 스위칭에 기인한 입력전류의 문제를 최소한으로 억제하는 것이 가능하다.

2. 기존의 승압형 컨버터 회로

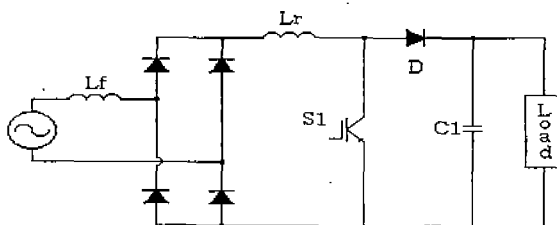


그림 3 기존의 AC-DC 승압형 컨버터

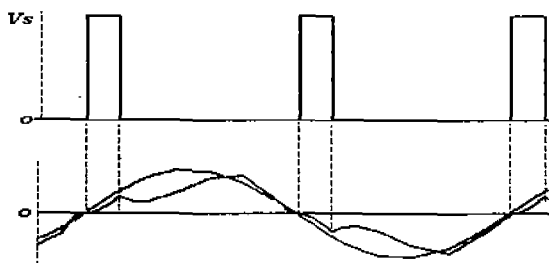


그림 4. 간이 스위칭 기법에 의한 역률개선

그림3에 나타낸 기존의 승압형 AC-DC 컨버터는 제어 스위치의 일정 시비율에 의해 정현파 입력전압의 크기에 비례해서 입력전류가 정현파상으로 된다. 기존의 승압형 컨버터의 입력전류가 영점 부근에서 감소된 것은 제3고조파 성분이 포함된 것이라 알 수 있다. 일명 하드 스위칭에서는 리액터 전류가 끊어지

는 순간에 리액터가 진동을 일으켜 결과적으로 불리한 잡음을 발생시키는 문제가 있다. 그리하여 일반적으로 대책에 따라 실용화 가능한 레벨까지 잡음을 감하는 것은 곤란하다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 간이 스위칭 기법을 적용하여 역률이 그림4에 나타낸 것과 같이 승압형 AC-DC 컨버터에 제어회로를 추가하여 전원고조파억제로 고역률화를 실현한다

3. 부분공진 승압형 AC-DC 컨버터

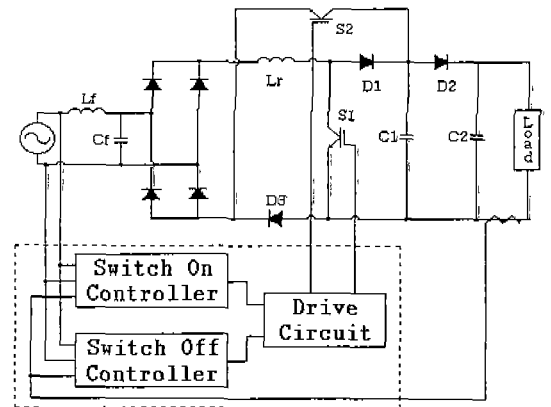


그림 5. 간이 스위칭기법을 적용한 부분공진 승압형 AC-DC 컨버터

부분공진 승압형 AC-DC 컨버터를 그림5에 나타냈다. 이 회로의 구성은 다이오드 브리지와 승압용 인덕터(Lr), 병렬 가제어 스위치(S1, S2)사이에서 부분공진에 기여하는 무손실 스너버 콘덴서(Cr)와 역저지 다이오드(D2), 평활용 콘덴서(Cd)로 구성된다.

제어회로는 전원전압 입력전압의 영크로즈 점에서 미리 설정된 지연시간 Td로 스위칭 소자를 온으로 하는 컨트롤러와 동일하게 미리 미리 설정된 온시간 이후에 스위칭 소자를 오프하도록 하는 컷트roller, 그리고 스위칭 회로의 구동회로로 구성된다. 이러한 2개의 컨트롤러는 간단하기 때문에 인버터와 조합해서 사용하는 경우에는 인버터 제어용 DSP나 컴퓨터를 겸용하여 사용하는 것이 가능하다.

간이 스위칭법에 의한 단상 역률개선형 부분공진 AC-DC 컨버터의 동작은 입력교류전압의 순시치의 큰 출력 직류전압치 즉 콘덴서 전압 Vc보다 낮은 기간에 입력교류 전압의 반사이클에 1번만 스위칭 소자의 스위칭 동작을 하여 온 상태로 된다. 따라서 리액터를 넣어서 Vin이 단락해서 입력전류가 흐르고 컨버터의 역률이 개선되며, 3차 고조파 저감이 가능하다. 또한, 공진형 스너버 콘덴서의 방전전류가 전원측으로 회생되어 입력전류의 영점 부근을 승압 시키므로 파형이 정현파에 더욱 가깝게 되어 왜형율 개선의 큰 장점이 있다.

4. 시뮬레이션 및 검토

위의 이론을 근거로 하여 표 1에 나타낸 회로정수 사용하여 PSpice에 의해 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다. 사용된 소자는 이상적인 조건으로 하였다.

표 1. 시뮬레이션 각 회로정수

입력전압	단상 AC 100 [V]
입력 필터	3 [mH]
공진용 인덕터	6 [mH]
공진용 커패시터	100 [nF]
부하전류	5 [A]

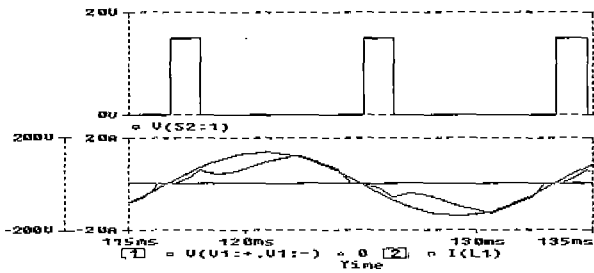


그림 6. 입력전압 · 전류파형 (I)

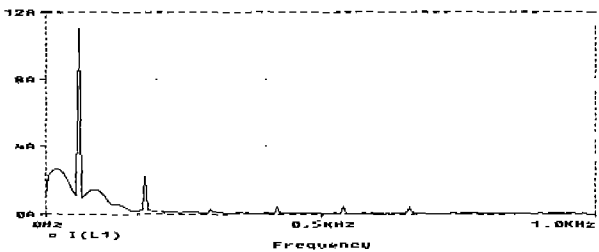


그림 7. 고조파 해석 (I)

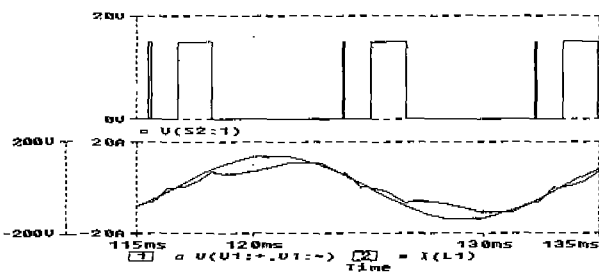


그림 8. 입력전압 · 전류파형 (II)

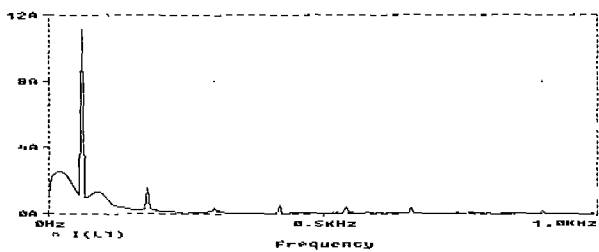


그림 9. 고조파 해석 (II)

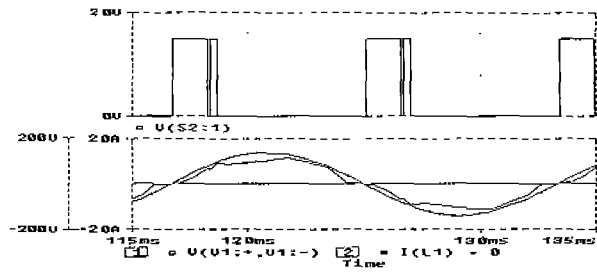


그림 10. 입력전압 · 전류파형 (III)

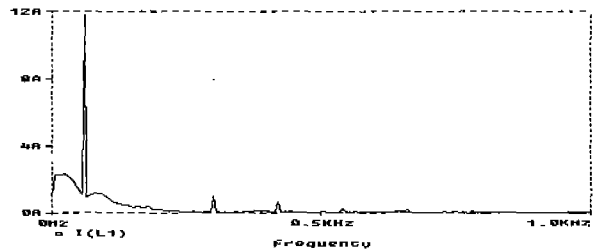


그림 11. 고조파 해석 (III)

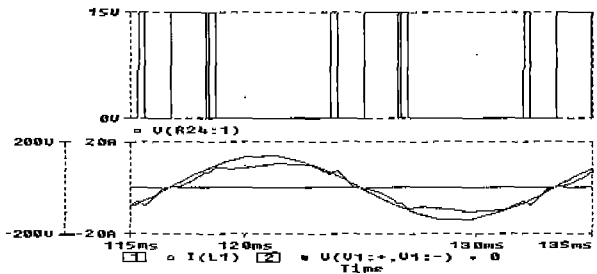


그림 12. 입력전압 · 전류파형 (IV)

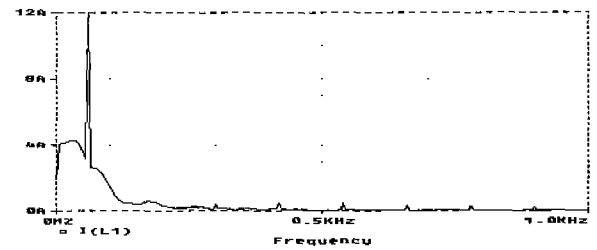


그림 13. 고조파 해석 (IV)

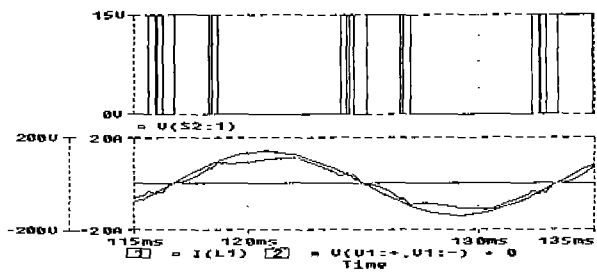


그림 14. 입력전압 · 전류파형 (V-a)

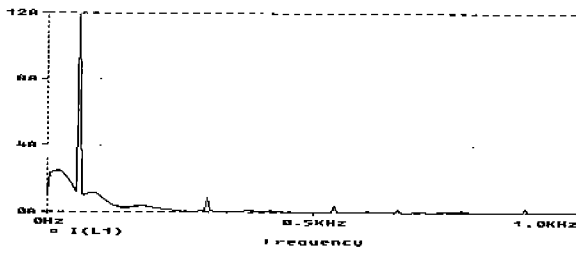


그림 15. 고조파 해석 (V-a)

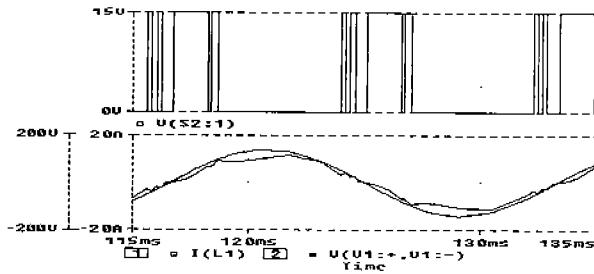


그림 16. 입력전압 · 전류파형(V-b)

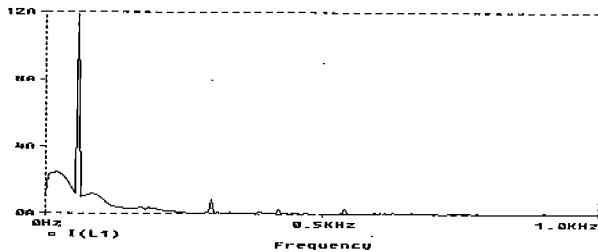


그림 17. 고조파 해석 (V-b)

본 논문에서는 6가지의 경우에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션 실시하였다. 경우 I 은 영크로스 시점 직후에 단일 펄스를 인가하여 입력전류를 부스얼 시킨 경우로 단일펄스를 인가한 부분에서 역률개선의 효과가 있음을 알 수 있다. 이것을 그림6에 나타내었고, 그림 7은 이 경우의 입력전류를 고조파 해석한 결과이다. 경우 II · III에서는 경우 I 의 결과를 보완하기 위하여 각각 보조적인 짧은 단일 펄스를 첨가하여 인가한 경우로 경우 I 보다 더욱 더 역률이 개선되었으며, 그림 7,9,11을 비교하여 볼 때 고조파 성분이 점차 제거되고 있음을 알 수 있다. 이를 더욱더 보완하기 위하여 경우IV의 그림12는 다중 펄스를 인가한 경우로 각 제로 크로스 시점에서의 상당량의 역률개선효과와 그림13에서 보듯이 고조파 성분이 더욱더 제거되었음을 알 수 있다. 또한 경우V는 더 많은 단일 보조 펄스를 다중으로 인가한 경우로 그림 14,16에서 보이듯이 역률개선의 효과는 상당히 있었지만 그림 15,17에서 알 수 있듯이 고조파 성분은 더 이상 저감되지 않음을 알 수 있었다. 그러므로 간이 스위칭 기법에 의한 역률개선 및 고조파 성분 저감을 위한 단일 펄스

의 수는 그림12 와 같은 다중펄스 인가시 가장 적절할 것으로 판단되고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 AC-DC 변환기에 부분공진 승압형 컨버터를 접속하여 간이 스위칭 기법을 이용하여 역률개선형 컨버터를 제안하였다. 또한 사용된 스위치의 제어는 간단한 스위칭 패턴을 이용하여 제어회로의 단순화를 도모할 수 있다. 그리고 부분공진 승압형 AC-DC 컨버터에서는 승압용 인덕터와 무손실 스너버 콘덴서에 의한 부분공진의 기법이 적용되어 소프트 스위칭에 의해 저손실 동작되며 전원측으로 회생되므로 입력전류는 하드 스위칭 시 보다 스위칭 손실이 더욱 저감될 수 있다.

간이 스위칭법 단상 역률개선형 AC-DC 컨버터는 능동필터 방식이나 PWM 컨버터방식에서 문제시되는 고주파 스위칭에 따른 노이즈의 증대, 누설전류의 증대 및 코스트 업의 문제를 최소화 할 수 있으리라 기대되며 향후, 실험 장치 및 제어회로를 구성하여 이론 및 모의실험적 타당성을 실험을 통해 검증하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 菅, 郁朗, 木全, 政弘, “單相力率改善型コンバータの簡易スイッチング法”, T.IEE Japan, Vol.116-D, No.4, 1996
- [2] 광동걸, 이경진, 박정문, 이진호, 김영문, 이현우, “부분공진 승압형 AC-DC 컨버터의 입력전류 해석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.185-187. 1995
- [3] 谷口勝側, 渡邊貴政, “單一パルスソフイスイッチング”, 平成11年電氣學會全國大會, 856
- [4] 堀, 高橋, “チャージポンプ形高力率ダイオード整流回路”, 電氣關係學會北陸支部連合大會 (평 5)
- [5] 광동걸, 이현우, “단상 컨버터의 부분공진 회로”, 대한전기학회추계학술대회논문집, pp.423-426, (1994)
- [6] 井川 外11名, “단상고역률콘버터의 인버타어エアコンへの應用”, 平成10年電氣學會全國大會, 766
- [7] 官奇 외7名, “單相高力率コンバータのリアクトル振動低減法”, 平成10年電氣學會全國大會, 767
- [8] 中村 外11名, “エアコン用高力率コンバータのモジコル化によるノイズ低減効果”, 平成10年電氣學會全國大會, 855