

## 소프트 스위칭을 이용한 불연속 모드 3상 AC-DC 부스터 컨버터에 관한 연구

\*전중합\*\*곽동걸\* 김천식\* 서기영\* 권순걸\* 이현우\*  
\*경남대학교 전기공학과 \*\*대구 보건 전문대학

A study on Three-Phase AC-DC Boost Converter  
using A Soft-Switching for discontinuous Mode

\*Chun J.H.\*\* Kwak D.G.\* Kim C.S.\* Suh K.Y.\* Kwon S.K.\* Lee H.W.\*  
\*Kyung-nam university \*\*Daegu helth junior College

**-Abstract-**

This paper describes a soft switching using discontinuous inductor current. The soft switching snubber circuit provides ZCS and ZVS for main switch. For high power applications, the input ractifier is fed from a three-phase ac source. The Conventional switching method is hard switching technics, because of the device turn off is occurred in maximum reactor current. In this time, switching losses are maximised by the hard switching. In generally, soft switching technique has been adjusted with the snubber condenser in order to compensates for this losses. So, it was compared hard switching with soft switching which has proposed in this paper for switching losses, distortion factor by the simulation.

**1. 서론**

전력 전자학의 스위칭 기술이 진보되어 파형을 개선한 정류 회로<sup>1)</sup>나 정현파에 근접하는 입력전류를 가지는 컨버터가 연구되어 지고 있다. 입력 전류를 제어하는 방법으로 연속모드의 부스터 컨버터는 일반적으로 회로구성이 복잡하게 되지만, 불연속모드 제어 방법을 선택하면 스위치 제어 구성이 간단해진다. 더우기 제어소자 1개로써 3상 교역율의 부스터 컨버터를 구동할 수 있다.<sup>2)</sup> 그러나 전류 불연속 모드에서는 제어 소자의 턴 온은 영전류 스위칭(ZCS)로 되지만, 턴 오프는 최대 전류에서 동작하게되어 턴 오프시의 손실은 커진다. 따라서 스위칭 소자의 턴 오프시의 전류 스트레스를 경감시키기 위하여, 로스레스 스너버를 사용하여 ZVS 동작을 실현한 단일 소프트 스위칭 3상 교역률 컨버터가 제안되고 있다.<sup>3)</sup> 본 논문은 소프트 스위칭의 공진용 콘덴서에서 생기는 손실을 줄이기 위한 리액터의 구성을 제안하고, 하드 스위칭 손실과 소프트 스위칭 손실 비교하여 스위칭 손실이 감소됨을 보여주고 시비율에 따른 스위칭 효율을 비교한다.

**2. 3상 교역률 컨버터**

전류 불연속에서 사용하는 3상 교역률 컨버터는 그림

1에 표시한 것과 같이 리액터 La, Lb, Lc와 3상 다이오드 브리지와 부스터 업 초퍼로 구성되어 심플하게 구성하였다. 부스터 스위치 SW는 일정 주파수로 턴 온한다. SW의 시비율은 부하에 따라서만 변화하고, 입력전류는 항상 불연속이다. 스위치의 온기간 동안은 모든 3상 입력 교류는 3개의 리액터와 6개의 정류 다이오드가 스위치를 통하여 단락 된다 그 결과 세입력 전류는 동시에 그 각상의 순시값에 비례하는 비율로 상승한다. 전류 펄스가 항상 영에서 시작한다는 의미는 그 전류의 평균값 역시 정현적이라는 것이다. La, Lb, Lc의 전류는 그림 2에서 상전압과 상전류의 위상 관계를 나타내었고, 전원 전압에 비례하는 불연속 펄스 전류로서 정현파가 얻어진다. 그것의 기본파는 전압과 동위상으로 단위 역율이 된다. 스위치 턴 온은 영전류 스위칭으로 무손실로 동작하지만, 턴 오프는 최대 전류에서 동작되어진다. 이것으로 인하여 손실의 증가하게 된다.

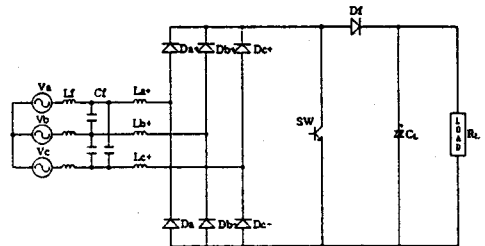


그림 1. 3상 단일 스위치 AC-DC 부스터 컨버터

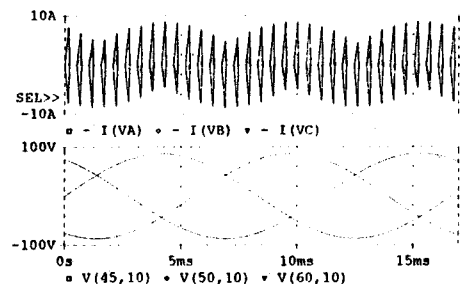


그림 2. 불연속 모드의 3상 전압 및 전류 파형

### 3. 단일 소프트 스위칭 AC-DC 부스터 3상 컨버터

그림 3은 로스레스 스너버를 활용한 소프트 스위칭 3상 컨버터이다. 그림 1에서 비하여 스위치의 턴 오프시의 손실을 대폭 저감시키고 있다. 턴 오프시에는 스위치의 영전압의 상태에서 Cr을 충전하면서 SW1, SW2의 전압이 서서히 상승하기 때문에, ZVS로 동작되어 스위치 전압 스트레스가 경감된다. 또한 전류는 SW1, D2와 D1, SW2로 분할되어 흐르기 때문에 전류 부담을 덜게 된다. Cr의 에너지는 턴 온시에 SW1, SW2를 통하여 6개의 정류 다이오드를 통하여 단락 된다. 그림1의 SW가 1조의 무손실 스너버로 된 소프트 스위치로 치환되어 진다. 스위치 턴 온시 Cr에 충전된 에너지는 다이오드 브리지에 의해서 단락 되어 방전하므로 손실을 발생시킨다. 이 손실을 줄이기 위하여 그림 4에 새로운 3상 단일 스위치 소프트 스위칭 PWM 컨버터를 제안한다. SW1, SW2의 턴 온에서 공진 콘덴서 Cr의 에너지를 회생시키기 위하여 3상 리액터를 6개로 분리하고 다이오드 브리지를 그림4와 같이 옮긴다. Cr의 에너지는 스위치 턴 온에서 리액터 옮겨간다.

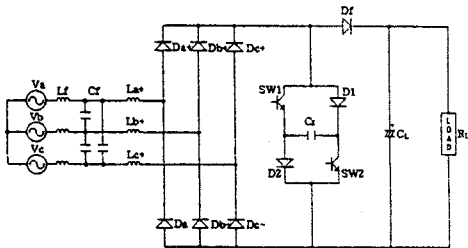


그림 3. 로스레스 스너버로 대체된 3상 컨버터

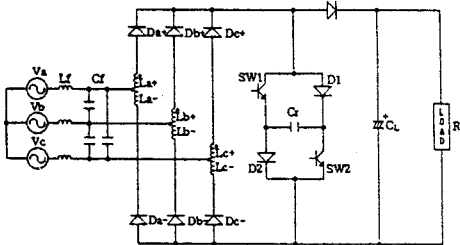


그림 4. 제안하는 소프트 스위칭 3상 고역률 컨버터

### 4. 회로 동작

제안된 시스템의 동작 모드는 5개로 나누어지고, 동작 회로는 그림 5에 나타내었다. 시퀀레이션 파형은 그림 6에 나타내었다.

#### <모드 1>

콘덴서 Cr은 t=0에서 Vo의 전압을 가지고 있다. SW1, SW2가 동시에 턴 온 되면 콘덴서 Cr은 방전되어 에너지는 리액터로 이동한다. 6개의 브리지 다이오드 모두는 t=0에서 동시에 온하여 리액터를 통하여 단락 되지만 콘덴서 Cr에서 부터의 방전 전류가 끝나는 시점은 그것의 전원전압의 순시값에 따라 다르다.

#### <모드 2>

리액터의 에너지 축적 모드이다. 다이오드의 도통은 전원전압의 순시값에 관계해서 위의 암(arm)2개와 아래의 암(arm) 1개 또는 위의 암(arm)1개와 아래의 암(arm) 2개 어느 것으로도 되기 때문에 도통한 다이오드에 직렬로 접속되어 있는 리액터에 전류가 흐른다.

#### <모드 3>

SW1, SW2를 동시에 턴 오프하면 스위치에 흐르던 전류는 콘덴서 Cr를 충전 하게 된다. 이 충전 전류는 콘덴서 Cr전압이 출력 전압 Vo가 될 때까지 전류가 흐르게 된다. SW1, SW2의 턴 오프는 Cr의 동작으로부터 ZVS를 실현하며, 또 SW1, SW2의 스트레스가 경감되어 진다. 이것의 통전 시간은 짧고 리액터 전류는 이 모드에서는 거의 변함없다.

#### <모드 4>

La, Lb, Lc의 에너지 방출 모드이다. 다이오드를 통하여 직류 출력 측으로 축적 에너지를 방출하고, 방출이 끝나, 영전류가 되면 이 모드는 끝난다. 축적되어진 에너지량 및 그 시각에의 3상 전원 전압의 값으로부터 제로 전류가 되는 시각에 차이가 발생하며, 위의 암(arm) 다이오드 1개 아래의 암(arm)다이오드 1개 만의 도통 상태이다.

#### <모드 5>

리액터 La, Lb, Lc의 전류가 제로의 상태이며, 이 모드가 끝나면 다시 모드 1이 시작된다.

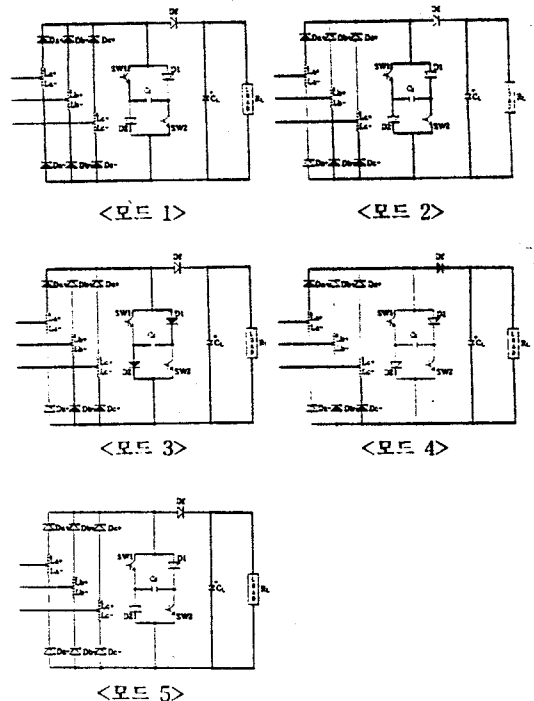


그림 5. 동작 모드

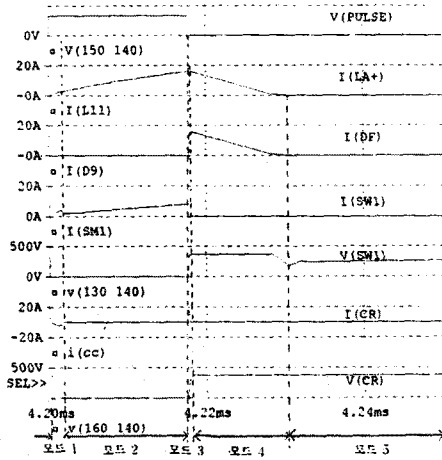


그림 6. 시플레이션 파형

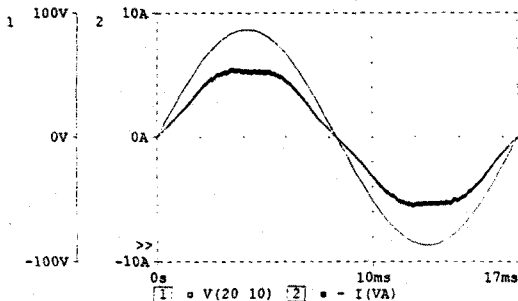
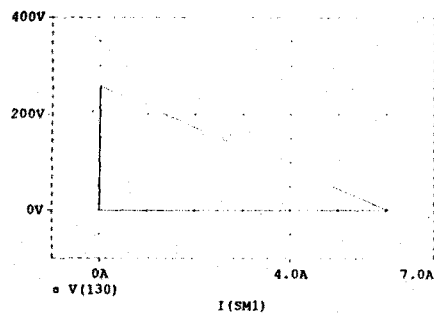
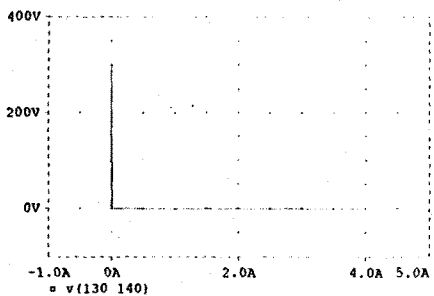


그림 7. 필터를 포함한 입력전류 및 입력전압



(a) 하드 스위칭



(b) 소프트 스위칭

그림 8. 스위치의 V-I 특성곡선

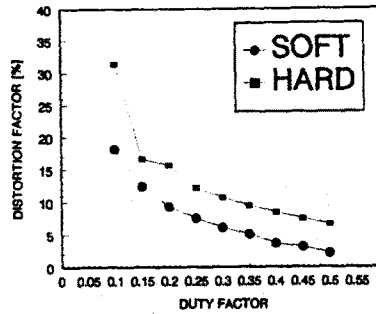


그림 9. 하드 스위칭과 소프트 스위칭시의 왜형률

### 5. 시플레이션

시스템의 동작 시플레이션에 있어, 다이오드와 스위칭 소자에 대해서는 다이오드는 이상적인 다이오드이고, 스위치는 가변저항의 스위치로 한다. 그 결과로 그림 7과 같이 전위 전압과 전류의 파형을 보인다. 그림 8은 하드 스위치 때의 턴 온, 턴 오프 손실을 소프트 스위치와 비교한다. 여기서 소프트 스위칭 동작이 무손실로 됨을 알 수 있다. 그림 9는 시비율을 변화 시키므로서 왜곡률의 변화표를 하드 스위치일때와 소프트 스위치일때를 비교한다.

### 6. 결론

본 논문은 전류 불연속 모드에서는 제어 소자의 턴 온은 영전류 스위칭(ZCS)으로 되고 로스레스 스너버를 사용하여 영전압 스위칭(ZVS) 동작을 실현한 단일 소프트 스위칭 3상 교역플 컨버터가 제안되었다.

제안된 회로에서 하드 스위칭 손실과 소프트 스위칭 손실 비교하여 스위칭 손실이 감소됨을 보았고, 소프트 스위칭시의 왜형률이 하드 스위칭시보다 적다는 것을 알 수 있다.

### 참고문헌

- (1) Gerry Moschopoulos and Geza joos, "A novel soft-switched PWM current source rectifier/inverter", IEEE, Trans, pp.978-983 (1994)
- (2) J.W.Kolar, H.Ertl & F.C.Zach, "A novel single-switch three-phase AC/DC buck-boost converter with high-quality input current waveforms and isolated DC output". INTELEC, pp.407-414 (1993).
- (3) Johann W.KOLAR, H.Ertl & F.C.Zach, "A comprehensive design approach for a three-phase high-frequency single-switch discontinuous-mode boost power factor corrector based on analytically derived normalized converter component ratings", IEEE, pp.931-938 (1993).
- (4) 李鉉雨, 吉川 隆之, 谷口 勝則, "로스레스스나바를 이용한 고力率部分共振單相コンバータ", 電子情報通信學會, pp.13-18 (1994)
- (5) Alexandre Ferrari de Souza and Ivo barbi, "A new ZVS-PWM unity power factor rectifier with reduced conduction losses" IEEE,1994,pp.324-348.