

## LC필터를 제거한 3상 AC-DC 컨버터

김종달\*, 남징락\*, 이옥형\*, 김준홍\*, 손무현\*\*  
 동명대학 전기공학과\* 아트조명과\*\*

### Three Phase AC-DC Converter with Elimination of Filter

Jong-Dal Kim\*, Jing-Rak Nam\*, Ok-Hyeong Lee\*, Joon-Hong Kim\*, Mu-Heon Sohn\*\*  
 Dept. of Electrical Engineering\*/Art lighting\*\*, TongMyong College

**Abstract** - This paper proposed that the conventional three phase AC-DC converter with bulk LC output filter has been widely used in the industry because of simple circuit, low cost and high power factor (90%). One of the biggest drawback of this three phase AC-DC converter is bulk and heavy. This is serious especially for aerospace applications.

To solve this problem a new simple three phase AC-DC converter is presented. Operation of the proposed high power factor three phase AC-DC converter is illustrated and verified by PSpice simulation.

#### 1. 서 론

기존의 단순한 정류다이오드와 LC필터로 구성된 3상 컨버터는 일반적으로 AC를 DC로 변환하는 전력변환 장치로 역률이 높고 신뢰성이 높아서 산업체에서 많이 사용되어 지고 있다. 이 회로의 입력전류는 입력전압의 피크 부분에서 펄스형으로 흐르게 되어 입력역률이 낮으며, 전류에 많은 고조파 성분이 포함되어 있어 전원계통에 나쁜 영향을 미치게 된다.<sup>[1]~[2]</sup> 입력단에 고역률을 얻기 위해서는 DC링크단의 LC필터 중에 인덕터가 마치 전류원처럼 보일 정도로 커야 한다.(이 경우 인덕턴스는 10[mH] 내외 정도) 따라서 전체시스템의 무게 및 부피가 아주 큰 것이 최대의 단점이다. 특히 우주·항공 분야에 사용되는 3상 컨버터는 무게와 부피를 줄여 가능한 소형화로 하는 것이 절대적으로 필요로 하기 때문에 기존의 3상 AC-DC 컨버터 사용은 많은 어려움을 지니고 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 부피가 큰 LC필터를 제거하면서 고역률을 유지할 수 있는 새로운 3상 AC-DC 컨버터를 제안한다.

제안된 컨버터는 시비율(duty ratio)이 일정한 스위칭 제어에 의해 전류 불연속 모드로 동작

되어 고출력·고역률 컨버터로 동작되며, DC링크단에 큰 LC필터를 제거하고 부하단의 Chopping된 전류를 입력전원단으로 흐르게 함으로써 입력전류의 평균치가 구형파 형태로 되도록 하는 것이다.<sup>[3]</sup> 여기에 작은 고주파필터를 추가하면 입력전류의 고주파리플이 제거되고 구형파에 가깝게 되므로 고역률을 얻을 수 있다.

#### 2. 기존의 3상 AC-DC 컨버터

기존의 3상 AC-DC 컨버터는 정류다이오드와 저주파 LC필터로 구성되며, 회로가 간단하고 고역률·고신뢰성을 얻을 수 있으며 원가가 낮은 장점을 가진다.

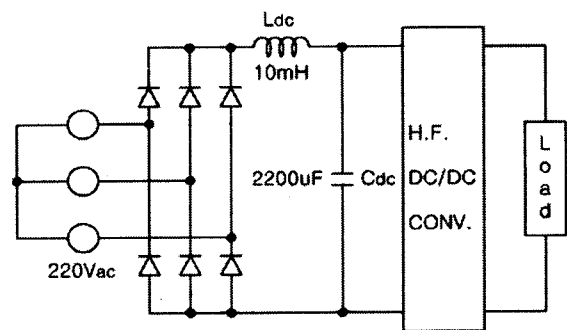


그림 1. 기존의 3상 AC-DC 컨버터

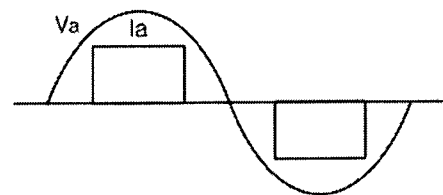


그림 2. 입력 전압·전류의 파형

필터 인덕터가 매우 커서 인덕터 전류는 거의 DC에 가깝게 되며, 입력역률은 90[%]정도가 된다. 거의 모든 3상 시스템에 주어지는 입력역률조건(보통 90%)을 만족시키기 때문에 일반적으로 산업용에 거의 대부분 사용되고 있다. 필터 캐패시터 또한 수천  $\mu\text{F}$  정도로 매우 크게 설계하는 것이 보통인데 이것은 입력단에 서어지 전류가 내습할 때 DC링크전압을 잡아주어 후단 DC/DC컨버터의 전력소자를 보호하고 순간 정전시에 일정한 출력전압을 계속해서 공급할 수 있도록 충분한 hold-up 시간을 주기 위함이다.<sup>[4]-[5]</sup>

### 3. 제안된 고역률 3상 AC-DC 컨버터

제안된 고역률 3상 AC-DC 컨버터 회로는 그림 3(a)에 나타난다. 그림 3과 같이 단순히 DC링크단의 부피가 큰 LC필터를 제거하고 DC 링크전압이 3상 정류된 전압파형과 같이 시간에 따라서 변화하도록 허용함으로써 후단의 고주파 DC/DC 컨버터는 DC링크단의 전압이 일정하지 않더라도 제어 루우프를 통해서 출력전압을 일정하게 조정한다.

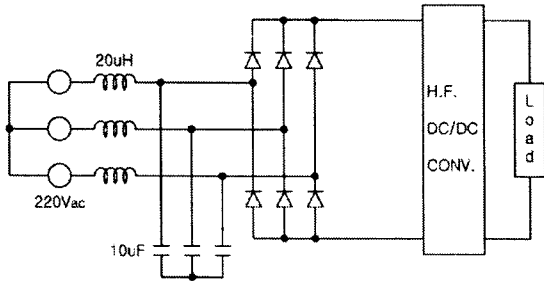


그림 3(a). 제안된 3상 AC-DC 컨버터 회로

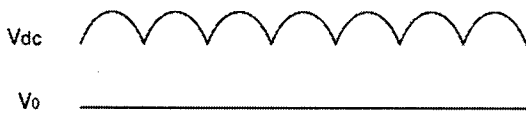


그림 3(b). 입력단 전압·전류의 파형

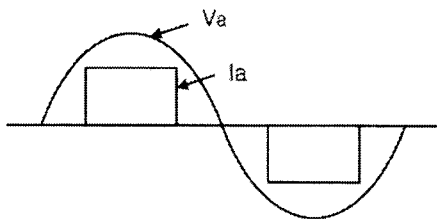


그림 3(c). 입력단 LC 필터가 없을 때

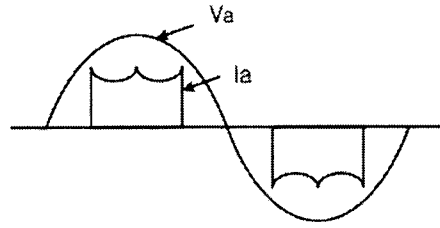


그림 3(d). 입력단 LC 필터가 있을 때

그림 3. 제안된 고역률 3상 AC-DC 컨버터와 전압·전류의 파형

펄스성 입력전류가 그림 3(c)와 같이 그대로 AC전원으로 흐르게 된다. 이것을 입력단에 고주파 LC필터를 붙여서 필터링 하게 되면 그림 3(d)와 같은 전류 파형을 얻는다. 이때 입력역률은 기존의 3상 AC-DC 컨버터 보다 1[%] 정도 떨어진다.

따라서 부피가 큰 LC필터를 제거하고도 90[%]에 가까운 역률을 얻을 수 있다.

### 4. 제안된 컨버터의 문제점 및 해결책

제안된 컨버터는 부피가 큰 LC필터를 제거했기 때문에 입력단에서의 서어지 전류가 내습할 경우 DC링크전압은 급격하게 상승하여 후단 DC/DC 컨버터의 전력소자를 파괴시킬 수 있다.

또한, 순간 정전시에 DC링크 전압이 급속히 감소하여 출력전압을 일정하게 유지할 수 없다는 문제점을 가지고 있다.

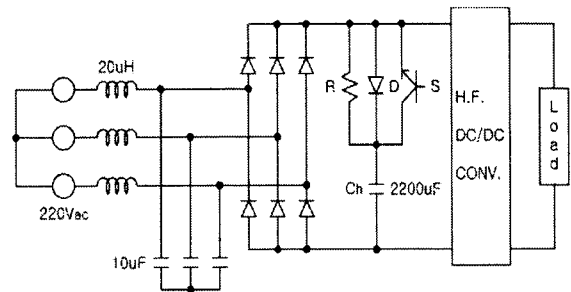


그림 4. 능동소자와 캐패시터를 추가한 회로

이런 문제점을 해결하기 위하여 그림 4와 같이 DC링크단에 큰 캐패시터와 하나의 스위치와 저항으로 구성되는 보호회로를 추가하였다. 입력측으로부터 서어지가 내습하면 다이오드가 동작하여 DC링크단에 고전압이 걸리는 것을 막아주어 전력소자를 보호 해주고 순간 정전 시에는 능동소자를 동작시킴으로써 요구되는 hold-up 시간 동안 출력전압을 일정하게 유지

하도록 해준다. 이 경우 전해 캐패시터는 순간 정전시에만 충·방전을 하기 때문에 수명이 거의 반영구적이다.

### 5. 시뮬레이션 및 고찰

제안된 고역률 3상 AC-DC 컨버터의 원리를 증명하기 위해서 PSpice를 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

시뮬레이션에 사용한 회로와 파라미터들은 그림 5에 나타내었다.

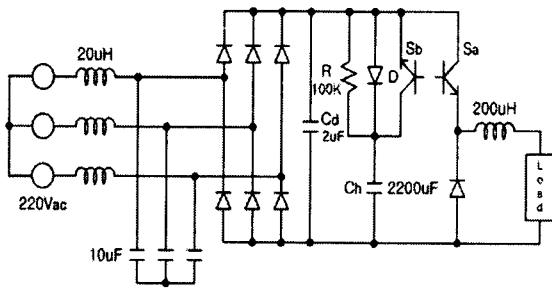


그림 5. 시뮬레이션에 사용된 고역률 3상 AC-DC 컨버터 회로

후단의 DC/DC컨버터는 단순한 Buck컨버터를 사용하였으며 시뮬레이션을 용이하게 하기 위해 DC링크단에 작은 캐패시터(2uF)를 부착하였다.

그림 6은 그림 1과 같은 기존의 3상 AC-DC 컨버터에 대한 시뮬레이션 파형을 보여준다. 인덕터가 아주 크기 때문에 입력전류 파형은 구형파에 가깝게 되고 이때 역률은 90.5[%] 정도가 된다.

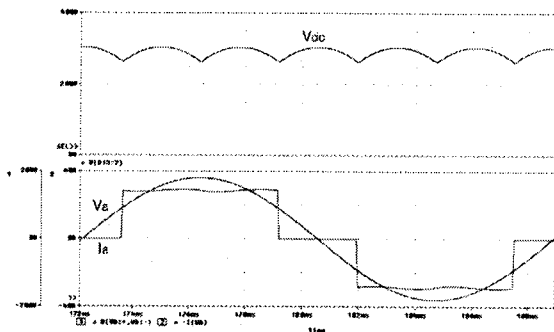


그림 6. 기존의 3상 AC-DC 컨버터 회로의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류 파형

그림 7은 제안된 3상 AC-DC 컨버터의 고주파 LC 필터가 없을 때의 시뮬레이션 파형을 보여 준다. 동작원리를 보기 위해서 입력단의 LC 필터가 부착되지 않는 경우이다. 출력측 초퍼의

입력전류가 120° 구간 동안 입력측으로 그림과 같이 흐르게 된다. DC링크전압이 3상 정류된 전압과 같이 시간에 따라 변하기 때문에 일정한 출력전압을 얻기 위해서 duty cycle이 DC링크전압의 변화에 역으로 조절되는 것을 볼 수 있다. DC링크전압에 펄스성 노이즈가 보이는 것은 회로의 인덕턴스와 저항성분에 기인한 것이다.

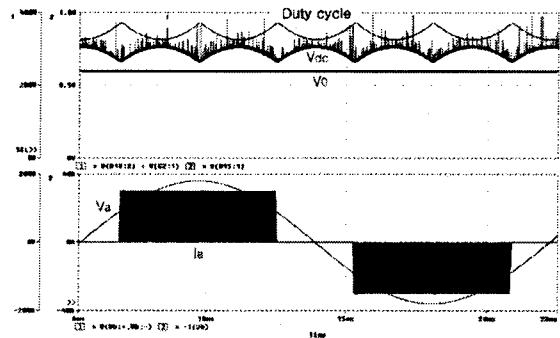


그림 7. 제안된 3상 AC-DC 컨버터 회로의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류 파형 (고주파 LC 필터가 없을 때)

그림 8은 제안된 3상 AC-DC 컨버터의 고주파 LC 필터가 있을 때의 시뮬레이션 파형을 보여 준다.

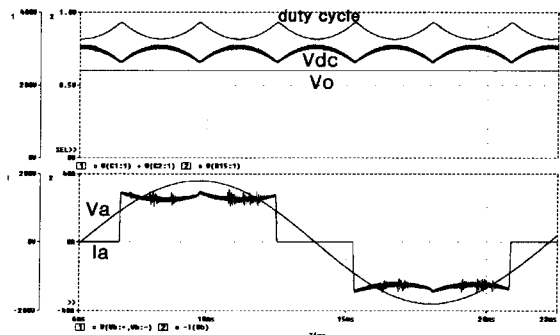


그림 8. 제안된 3상 AC-DC 컨버터 회로의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류 파형 (고주파 LC 필터가 있을 때)

그림 9는 순간 정전시에 출력전압의 레귤레이션을 나타낸다.

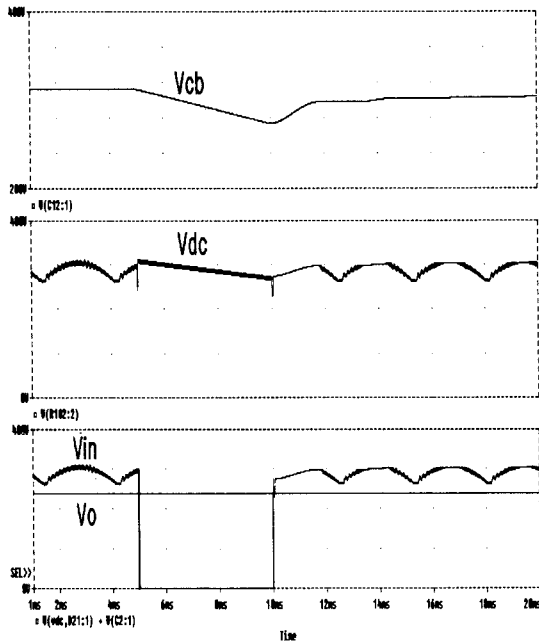


그림 9. 순간 정전시 출력 전압의  
래플레이션

## 6. 결 론

기존의 3상 다이오드와 부피가 큰 LC필터로 구성되는 3상 AC-DC 컨버터에서 무게와 부피를 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 고역률 3상 AC-DC 컨버터를 제안하였으며, PSpice 시뮬레이션을 통하여 그 효율성과 타당성을 검증하였다.

제안된 3상 AC-DC 컨버터는 기존의 3상 AC-DC 컨버터와 거의 비슷한 성능을 얻을 수 있으며 무게와 부피를 획기적으로 줄일 수 있음을 보여 주었다. 제안된 3상 AC-DC 컨버터는 고전력밀도·고역률이 요구되는 항공·우주 분야에 널리 사용할 것으로 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 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
- [2] 김준홍, 이현우 외, "소프트 스위칭 모드에 의한 고역률의 AC-DC 강압형 컨버터 토폴로지", 전력전자학회 종합학술대회 논문집, pp.417-422, 1997
- [3] 不連続 モー ト 動作 高力率 昇降壓形 AC-DC 레ギュ 레 タ 特性解析 長尾道彦(大分大學) 今永定利 原田耕介 (熊本大學)電子情報 通信學會 新學 技報93-9 12P-22P
- [4] 김준홍, 이현우 외, "고출력화를 위한 부분공진형 AC-DC 컨버터", 전력전자연구회 춘계학술대회 논문 집 pp.3 - 6, 1997