

## DC 링크의 LC 필터를 제거한 3상 고역률 정류기

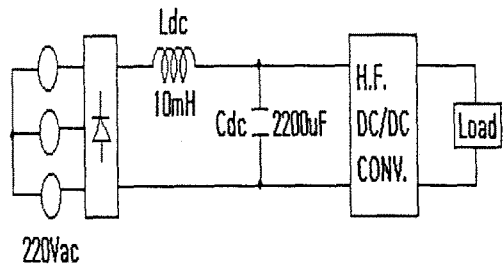
김준홍, 김영철, 구효근, 이현우, 송두익\*, 조정구\*  
 경남대학교, \* 한국전기연구소

### Simple High Power Factor Three Phase Rectifier with Elimination of DC Link LC Filter

J.H. Kim, Y.C. Kim, H.G. KOO, H.W. LEE, D.I. Song\*, J.G. Cho\*  
 Kyung-Nam University, \*Korea Electrotechnology Research Institute

**Abstract** - The conventional three phase rectifier 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 rectifier is bulky and heavy. This is serious especially for aerospace applications.

To solve this problem a new simple rectifier is presented. Operation of the proposed rectifier is illustrated and verified by PSpice simulation.



#### 1. 서론

기존의 단순한 정류다이오드와 LC필터로 구성된 3상 정류기는 회로가 간단하며 역률이 높고(90%정도) 신뢰성이 높아서 산업체에서 가장 많이 쓰이고 있다. 그러나 입력단에 고역률을 얻기 위해서는 DC링크단의 LC필터 중에 인덕터가 마치 전류원처럼 보일 정도로 커야 한다 (이 경우 인덕터는 10mH 내외 정도가 된다.). 따라서 전체시스템의 무게 및 부피가 아주 큰 것이 최대의 단점이다. 특히 우주·항공 분야에서는 무게와 부피를 줄이는 것이 절대적으로 필요로 하기 때문에 이러한 정류기는 사용이 곤란하다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 고역률을 유지하면서 부피가 큰 LC필터를 제거할 수 있는 새로운 정류회로를 제안한다.

새로운 정류회로는 DC링크단에 큰 LC필터를 제거하고 부하단의 Chopping된 전류를 입력전원단으로 흐르게 하므로써 입력전류의 평균치가 구형파 형태로 되도록 하는 것이다. 여기에 작은 고주파필터를 추가하면 입력전류의 고주파리플이 제거되고 구형파에 가깝게 되므로 고역률(90%)을 얻을 수 있다.

#### 2. 기존의 고역률 정류기

기존의 고역률정류기는 정류다이오드와 저주파 LC필터로 구성되며 회로가 간단하고 고역률·고신뢰성을 얻을 수 있으며 원가가 낮은 장점을 가진다. 필터인덕터가

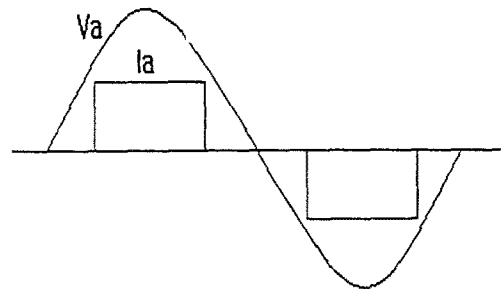


그림 1. 기존의 고역률 정류기와 전형적인 입력 전압 · 전류의 파형

매우 커서 인덕터전류는 거의 DC에 가깝게 되고 이때 입력역률은 90%정도가 된다. 거의 모든 3상 시스템에 주어지는 입력역률조건(보통 90%)을 만족 시키기 때문에 일반 산업용에 거의 대부분 사용되고 있다. 필터캐패시터 또한 수천 uF 정도로 매우 크게 설계하는 것이 보통인데 이것은 입력단에 서어지전류가 내습할 때 DC링크전압을 잡아주어 후단 DC/DC컨버터의 전력소자를 보호하고 순간 정전시에 일정한 출력전압을 계속해서 공급할 수 있도록 충분한 hold-up 시간을 주기 위함이다.

### 3. 제안된 고역률 정류기

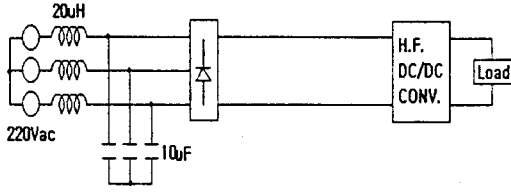


그림 ( a )

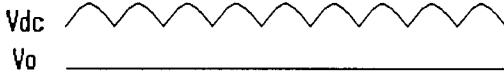


그림 ( b )

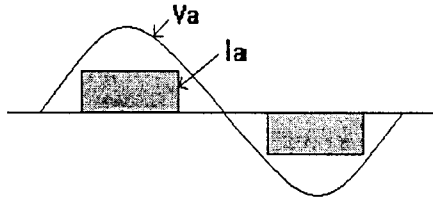


그림 ( c )

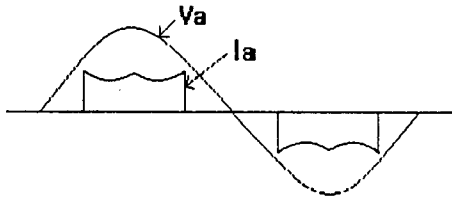


그림 ( d )

그림 2. 제안된 고역률 정류기와 입력 전압·전류의 파형

- (a) 고역률 정류기 회로
- (b) 입력단 전압·전류의 파형
- (c) 입력단 LC 필터가 없을 때
- (d) 입력단 LC 필터가 있을 때

제안된 고역률정류기 회로는 그림 2와 같이 단순히 DC링크단의 부피가 큰 LC필터를 제거하고 DC링크전압이 3상정류된 전압파형과 같이 시간에 따라서 변화하도록 허용하므로써 후단의 고주파 DC/DC컨버터는 DC링크단의 전압이 일정하지 않더라도 제어루우프를 통해서 출력전압을 일정하게 조정한다. 필스성 입력전류가 그림 2(c)처럼 그대로 AC전원으로 흐르게 된다. 이것을 입력단에 고주파 LC필터를 붙여서 필터링 하게 되면 그림 2(d)와 같은 전류파형을 얻는다. 이때 입력역률은 기존의 고역률정류기 보다 1% 정도 떨어진다.

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

### 4. 제안된 정류기의 문제점 및 해결책

제안된 정류기는 부피가 큰 LC필터를 제거했기 때문에 입력단에서의 서어지전류가 내습할 경우 DC링크전압은 급격하게 상승하여 후단 DC/DC컨버터의 전력소자를 파괴시킬 수 있다.

또한 순간 정전시에도 DC링크전압이 급속히 감소하여 출력전압을 일정하게 유지 할 수 없다는 문제점을 가지고 있다.

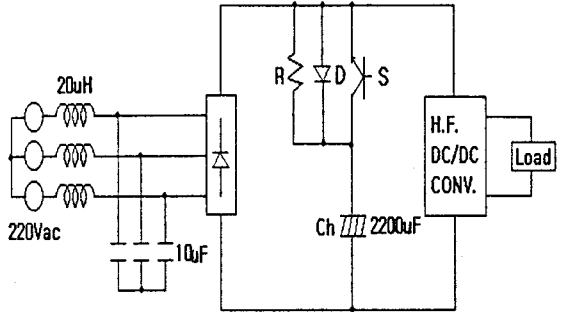


그림3.능동 소자와 캐패시터를 추가한 회로

이런 문제점을 해결하기 위하여 그림3과 같이 DC링크단에 큰 캐패시터와 하나의 스위치와 저항으로 구성되는 보호회로를 추가하였다. 입력측으로부터 서어지가 내습하면 다이오드가 동작하여 DC링크단에 고전압이 걸리는 것을 막아주어 전력소자를 보호 해주고 순간 정전시에는 능동소자를 동작시킴으로서 요구되는 hold-up 시간 동안 출력전압을 일정하게 유지하도록 해준다. 이 경우 전해 캐패시터는 순간 정전시에만 충방전하기 때문에 수명이 거의 무한대에 가깝게 한다.

### 5. PSpice Simulation

제안된 정류기의 원리를 증명하기 위해서 PSpice를 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

시뮬레이션에 사용한 회로와 파라미터들은 그림 4에 나타내었다.

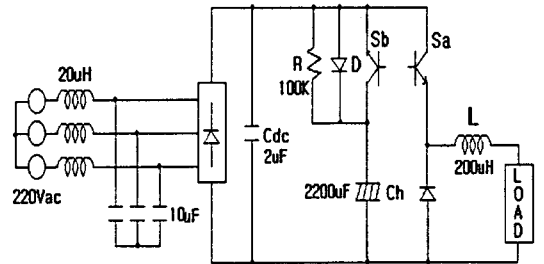


그림 4. 시뮬레이션에 사용한 회로

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

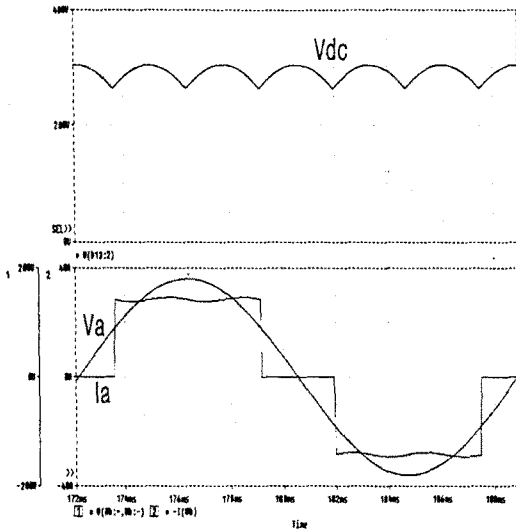


그림 5. 기존의 정류기의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류파형

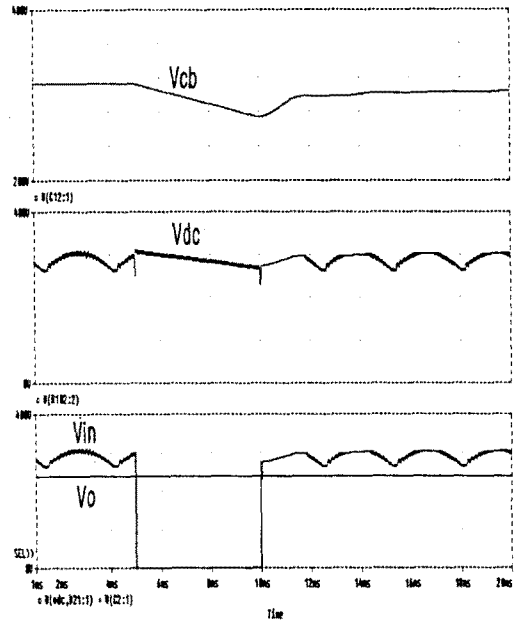


그림 8. 순간 정전시 출력 전압의 레귤레이션

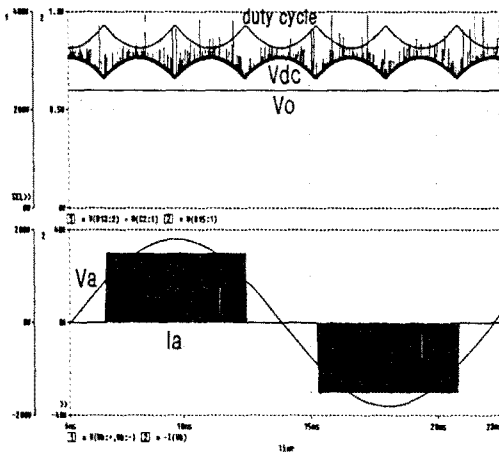


그림 6. 제안된 정류기의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류 파형(고주파 LC 필터가 없을 때)

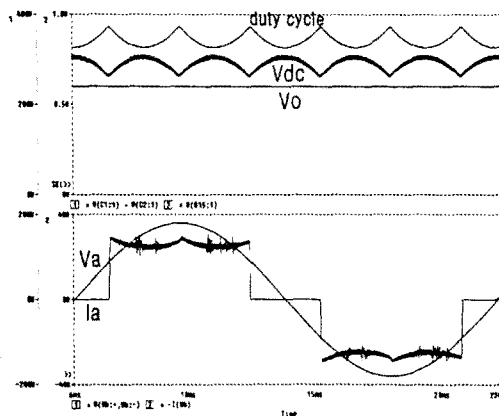


그림 7. 제안된 정류기의 DC 링크 및 입력단의 전압·전류 파형(고주파 LC 필터가 있을 때)

그림 5는 그림 1과 같은 기존의 정류기에 대한 시뮬레이션 파형을 보여준다. 인덕터가 아주 크기 때문에 입력 전류 파형은 구형파에 가깝게 되고 이때 역률은 90.5%가 된다. 그림 6은 제안된 정류기의 시뮬레이션 파형을 보여 준다. 동작원리를 보기위해서 입력단의 LC필터가 부착되지 않는 경우이다. 출력속 초과외의 입력전류가  $120^\circ$  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.

## 5. 결론

기존의 3상다이오드와 부피가 큰 LC필터로 구성되는 정류기에서 무게와 부피를 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 정류기를 제안하였으며 PSpice 시뮬레이션으로 검증하였다.

제안된 정류기는 기존의 정류기와 거의 비슷한 성능을 얻을 수 있으며 무게와 부피를 획기적으로 줄일 수 있음을 보여 주었다. 제안된 정류기는 고전력밀도 고역률이 요구되는 항공·우주 분야에 널리 사용할 것으로 사료된다.