

# 3상 다이오드 정류기의 고조파 경감을 위한 스위칭 회로에 관한 연구

김 병 진<sup>0</sup> · 문 학 통 · 이 은 규 · 차 정 화 · 전 희 중  
송 실 대 학 교

## A Study on the 3 Phase Diode Rectifier Switching Circuit for Low Harmonic Distortion

Beung-Jin Kim · Hark-Yong Moon · Eun-gyu Yi · Jung-Hwa Cha · Hee-Jong Jeon  
Soong Sil University

*Abstract - A new method to improve the THD of the three phase rectifiers is introduced in this paper. The main features of this paper are low cost, high efficiency and simplicity. The proposed 3 bidirectional switches and their operation are presented. A simulation and experiment results show its good action.*

### 1. 소 개

본 논문에서는 산업계에서 널리 쓰이는 3상 브리지 정류기에서 고조파의 영향을 줄일 수 있는 방법을 제시하였다. 3상 다이오드 정류기에서 발생하는 고조파는 인근 전력 계통상에 연결된 부하에 영향을 미치게 된다.

기존 3상 다이오드 정류 방식에서는 매 순간 3상 중에서 두상만이 통전되고 나머지 한상은 단락되어 전류가 불연속적으로 흐르게 됨으로써 입력단에 고조파를 유발하며 역률이 나빠지는 원인이었다.<sup>[1,2]</sup>

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기존의 3상 다이오드 정류기에 간단하게 3개의 양방향성 스위치를 설치하여 전류가 연속적으로 흐를 수 있게 함으로써 고조파를 제거할 수 있었다. 제안된 방식은 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 성능을 입증하였다.

### 2. 제안된 회로의 동작

제안된 3상 다이오드 정류기는 동작을 6모드로 나눌 수 있다. 각 모드에서 브리지의 상위에 위치한 다이오드 중 하나와 하위에 위치한 다이오드 중 하나를 통하여 서로 다른 2상의 전압이 걸리게 된다. 그러므로 각 과정에서 나머지 한 상은 도통이 안되고 이것이 고조파 문제를 일으킨다. 새롭게 부가한 스위치를 통해서 이 나머지 한상을 도통시킨다. 그림 1에서는 각 모드를 나타내고 있다.

#### 모드 1. 동작 설명

B상, C상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, A상 전류는 스위치 S1을 통해 흐른다.

#### 모드 2. 동작 설명

A상, C상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, B상 전류는 스위치 S2를 통해 흐른다.

#### 모드 3. 동작 설명

B상, A상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, C상 전류는 스위치 S3를 통해 흐른다.

#### 모드 4. 동작 설명

C상, B상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, A상 전류는 스위치 S1을 통해 흐른다.

#### 모드 5. 동작 설명

C상, A상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, B상 전류는 스위치 S2를 통해 흐른다.

#### 모드 6. 동작 설명

A상, B상 전류는 다이오드를 통해서 흐르고, C상 전류는 스위치 S3를 통해 흐른다.

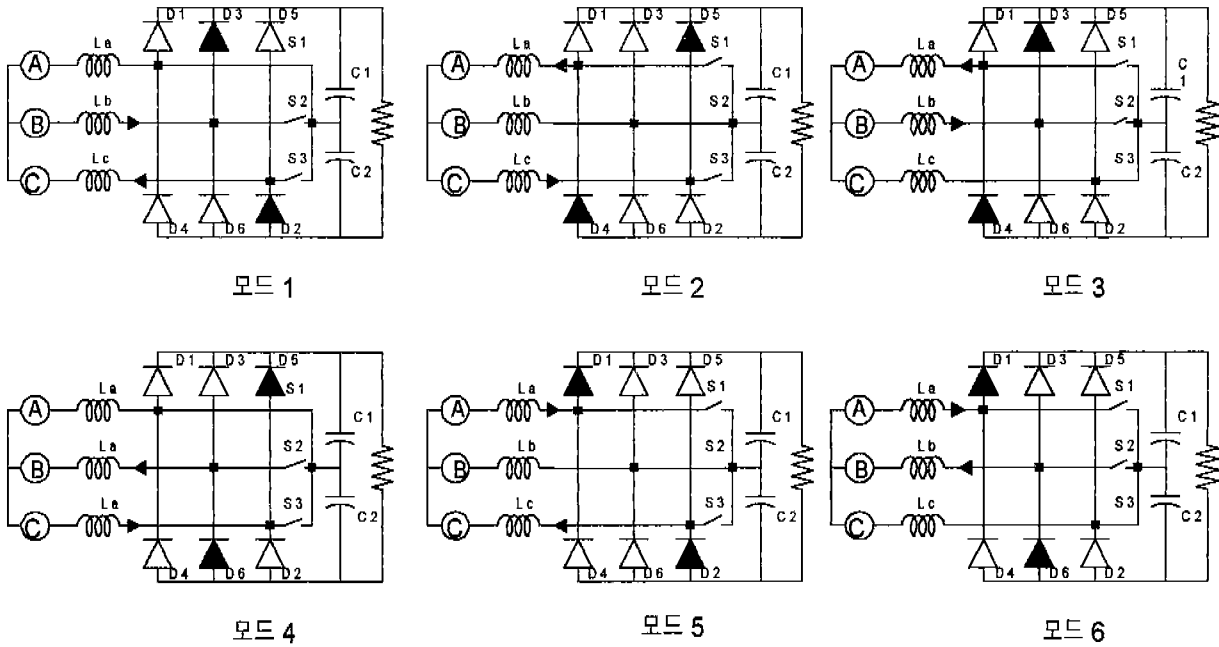


그림 1. 스위치의 동작

### 3. 제어기의 구성

다양한 부하의 변동에도 적은 THD를 유지하기 위하여 제어기를 구성하였다. 매 주기마다 세 개의 스위치는 120° 씩 동작한다. 각 상전압은 한 주기당 두 번 영점을 지나게 된다. 이 영점의 전후 30° 부근을 상승에지와 하강에지라고 지칭하였다. 각 상은 한 주기에서 30° 크기의 4창으로 구성된다. 상승에지와 하강에지 창에서의 펄스 폭은 부하변동에 따라서 최소의 THD를 얻기위해 바뀌게 된다.

### 4. 시뮬레이션

시뮬레이션과 실험에 사용된 사양은 다음과 같다.  
 입력 선 전압 ( $V_i$ ) : 200 V , 60Hz  
 정격 출력 전력 ( $P_{out}$ ) : 1.6kW  
 PWM 스위칭 비: 5kHz  
 선 인덕턴스는 12.68mH로 출력측 캐패시터(capacitor)는 600 $\mu$  F를 이용하여 전압평화에 사용하였다. 저속 복귀 다이오드를 사용하여 전부하시 측정된 정류기의 효율은 96%이다.

그림 2은 한 상에 대하여 상승과 하강에지에서의 PWM스위칭 신호와 상전압을 보여준다. 그림 3에서는 전부하시 상전압의 모습이다. 상승과 하강에지 부근에서도 전류가 연속적으로 도통됨을 보여준다.

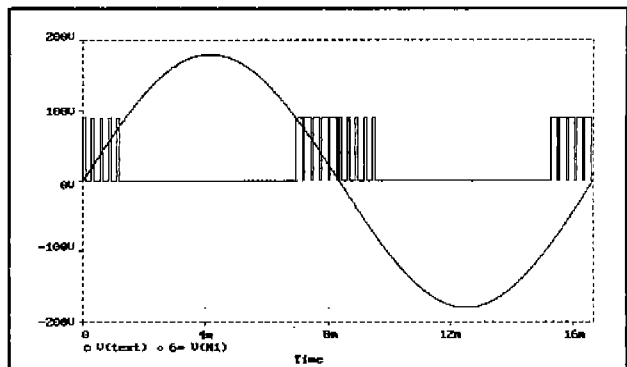


그림 2

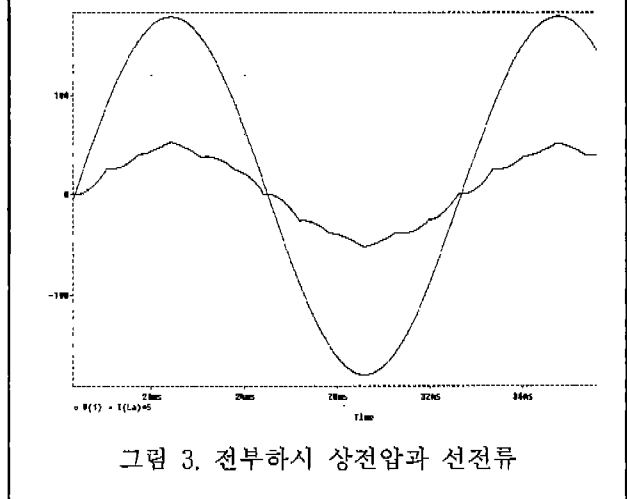


그림 3. 전부하시 상전압과 선전류

## 5. 실험과 고찰

제어부는 TMS320C31, 12비트 A/D변환기 그리고 OP앰프로 구성된 필터로 구성하였다. 제어기의 샘플링 주기는 약  $50[\mu\text{sec}]$ 이고 PWM주파수는 5KHz로 하였다. 설계사양은 시뮬레이션에서 언급된 값과 동일하다.

그림 4는 일반적으로 쓰이는 3상 다이오드 정류기의 전압과 전류를 보여주고 있다. 상승과 하강 에지에서 전류가 불연속됨을 볼 수 있다. 그림 5는 상전압과 상승과 하강에지에서의 PWM출력을 보여준다. 그림 6에서는 입력 선전류의 모습을 보여준다. 상승과 하강에지에도 전류가 연속적으로 도통됨을 알 수 있다. 그림 7에서는 이 전류의 주파수 분석을 보여주고 있으며 THD의 개선을 볼 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문은 3상 다이오드 정류기의 고조파 저감에 대한 새로운 방안을 제시하였다. 스위치는 한 사이클 중 전류가 적은  $120^\circ$  에서만 도통이 되므로 이 때 스위치를 통하여 흘러가는 전류는 전부하 출력 전류의 3% 정도이다. 이 방법을 이용하여 입력 전류의 좋은 THD를 유지하면서 적은 출력전압 변동을 갖게 하였다. 제안된 시스템은 일반적으로 사용되고 있는 기존의 3상 다이오드 정류기에 제안된 제어부만 첨가하여 쓸 수 있는 장점을 갖고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] I. Barbi, J.C. Fagundes and C.M.T. Cruz, 'A new low cost high power factor three-phase diode rectifier with capacitive load', IEEE Applied Power Electronics Conference(APEC '94) Proceedings, pp.745~751, February, 1994.
- [2] Ewaldo L.m, Mehl and I. Barbi, 'An improved high power factor and low cost three-phase rectifier', IEEE Applied Power Electronics Conference(APEC '95) Proceedings, pp.835~841, 1995.

본연구는 한국전력공사 지원 기초전력공학연구소 출원 연구비에 의해 수행되었음.

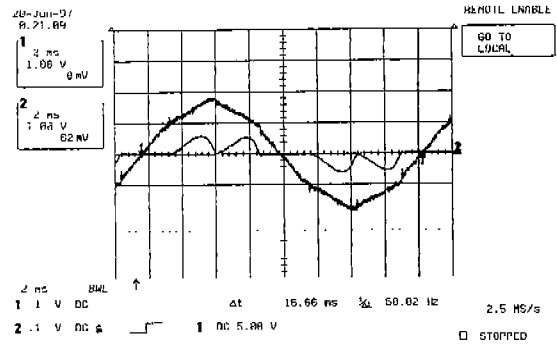


그림 4. 기존의 3상 다이오드 정류기의 전압과 전류

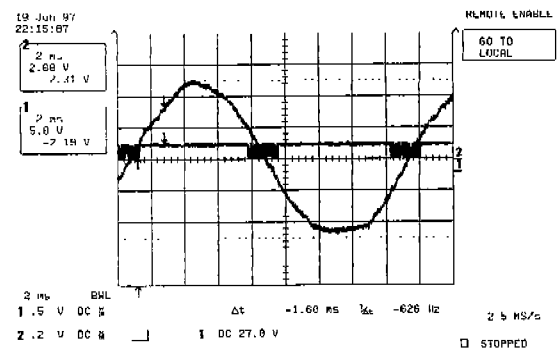


그림 5. 상전압과 PWM