

전자식 양방향 변압기의 구성 및 동작에 관한 연구

박 종상, 유수엽

호서 대학교, 컴퓨터 공학부

A Study for Solid State Autotransformer

Park, Jong-Sang, Yoo, Soo-Yeub

Dept. of Computer Science, Hoseo University

Abstract - 고효율과 경량의 전자식 단권변압기를 적력전자 기술을 적용하여 구성하여 보았다. 이 system은 양방향으로 전력, 전류변환이 가능한 4사분면의 어느 동작도 가능하도록 하기위하여 양방향으로 도통이 가능한 스위치를 이용하여 구성하였다. 이 전체적 구성은 Buck Converter와 Boost Converter를 동시에 응용한 회로로 구성하였다. 이 컨버터는 전류의 진상과 지상이 심한 유도성 부하와 용량성의 부하에도 잘 적응할 수 있고, 더 나아가 에너지 반환하는 교류시스템에도 적용할 수 있다. 본 연구에서 제시하는 시스템은 자가회로를 자화시키는 여자전류와 전류가 흐르는 도체가 가지는 동순을 감소킬 수 있다. 이에 반하여 반도체 스위치가 가지는 스위칭 손실과 반도체 회로를 구동하는데 필요한 구동회오의 유지에 필요한 전력이 필요하다. 이러한 여러 요인의 증가하여도 전체 손실은 자장결합 변압기보다 작은 것을 윤보여주고 있다.

1. 시스템의 동작원리.

전체 시스템은 buck and boost converter에 바탕을 두었다. 여러 문헌[1][2]에서 전압을 하강시키거나 상승시키는 회로를 직류회로에 바탕을 두었으나 [3] 저서에서는 전압원과 전류원이라는 관점에서 전력변환 회로를 분석하였다. 이 전류원과 전압원의 구성은 회로이론의 고나전에서 보면 꼭 직류여야 할 필요는 없다. 또 이 전류원과 전압원의 해석방법에 따르면 전압의 강하 회로는 전류 상승기능을 적당한 반도체 소자를 선정하면 가역적인동작을 하는 회로를 구성할 수 있다. 이 동작은 매우 효과적으로 110V의 교류를 220V 전압으로 상승하는 승압회로나 이의 반대인 220V의 전압을 110V의 전압으로 강하시키는 변압기로 활용이 가능하다.

이 회로의 원리는 그림 1과 같은 모식도에서 구성된다.

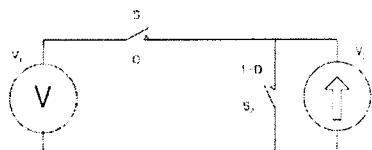


그림 1. 전압 변환의 기본 모식도

이 모형에서는 전류원의 양단의 평균전압은 전압원의 전압과 Switch 1의 Duty rate에 따른 전압이 출력된다[1]. 즉 출력전압의 크기는 입력전압과 스위치의 On Off 비율에 따라 변하므로

$$V_2 = V_1 \cdot D \quad \text{--- 식 (1)}$$

과 같이 간단한 결합식으로 구성된다. 따라서 입력이 220V의 교류 전압이고, D가 0.5의 고정된 값이라면 출력 전압은 110Volt의 같은 주파수의 같은 위상의 교류전압이

출력된다. 이의 반대인 경우를 살펴보자. 즉 그림1의 전류원이 스위치 S1, S2의 스위치를 통하여 전압원의 전력이 전압원으로 전달될 때, 전압원의 전압과 전류원의 전압과의 관계식은 식 2와 같이 된다.

--- 식 2

$$V_1 = \frac{1}{D} \cdot V_2$$

여기에서 D는 S1의 Duty비율로 0과 1 사이의 값을 가진다.

2. 시스템의 구성

2.1 구성 요소

시스템의 구성하는 전체 시스템은 매우 간단한 구성을 가진다. 이 구성 시스템은 Autotransformer(단권 변압기)와 같은 동작을 하여준다. 즉 단권 변압기의 형태를 살펴보면 그림 2와 같이 그려 질 수 있다.

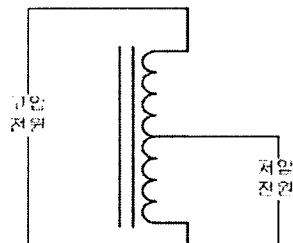


그림 2 Autotransformer(단권 변압기)

위에서 그림 1,2에 소개된 두개의 회로의 성격을 비교해 보면 많은 유사점이 발견될 수 있다. 즉 표1과 같이 두개의 전원의 유사성과 차이점을 살펴볼 수 있다.

항목	그림1회로	그림2회로
각 입출력 전압	V1이 항상 V2보다 크다	고압전원측이 저압전원측보다 고압이다
전원의 한쪽이 공통이다	V1과 V2의 한쪽은 서로 연결되어 있다	고압전원과 저압전원측의 한단자에 공통단자이다.
전류 방향성	관계없다	관계없다.
전압의 조절	반도체스위치의 Duty 비로 결정	변압기의 권선비로 결정
손실요소	코아손실(고주파) 반도체소자손실 전원 구동회로손실	동소, 코코아손실

이러한 성격을 만족하려면 그림 1의 회로에서는 양방향으로 전류를 흘리며 양방향으로 전압을 통하여 주는 양방향

특성을 가진 반도체 소자가 구성되어야 한다. 이 양방향의 반도체 소자를 구성하는 방법은 여러 가지 있을 수 있으나 여기에서는 대표적인 몇 가지만 소개하고 이 회로를 가지를 선택하여 회로를 구성하여 보기로 한다.

양방향의 전압에 대하여 On-Off 특성을 보여주는 스위치 구성은 그림3-(a)와 같은 다이오드 4개를 이용한 회로로 구성할 수 있다.

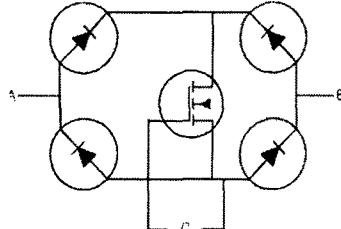


그림 3-(a) 다이오드를 이용한 반도체

이 구성은 실험결과 매우 우수한 제어특성과 안정된 동작을 보여준다. 이 회로의 단점이라면 고속 스위칭 동작을 하는데 있어 스위칭 다이오드의 선정에 있다. 고속의 스위칭을 하는 다이오드는 주로 Shottky Diode로 구성 되는데 이 Shottky Diode는 고압의 다이오드가 거의 없고, 또 회로 구성상 꼭 2개의 다이오드를 거쳐야 되는 단점이 있다. 2개의 다이오드를 도통하는 경우 그 전력손실이 커질 수 있다. 가령 다이오드전류가 10A라고 가정하면, 각 다이오드의 양단의 전압이 0.5Volt정도라고 하면 10Watt의 전력이 손실된다.

또 고압에서는 Shottky Diode를 적용하지 못하므로, 고속 스위칭 다이오드를 적용하게 되는데 이 경우 그 손실이 40%정도 더 증가 되며 대 전력의 구현에서는 다이오드를 구하기 힘든 구성이 된다. 그림에서 A, B는 스위치의 접점 단자이고 C 단자는 제어 단자이다.

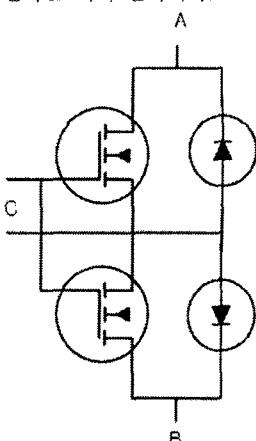


그림3-(b) 두개의 다이오드와 두개의 트랜지스터를 사용한 회로

두개의 트랜지스터와 다이오드를 사용한 회로에서는 1개의 다이오드와 한 개의 트랜지스터를 통과하는 전류구동 회로를 보여 준다. 이 회로에서는 트랜지스터와 다이오드의 총 단자전압이 0.6 정도로 낮출 수 있고, 대 전력이나 대 전압일 경우 1Volt 내외로 낮출 수 있어 그림 3-(a)회로 보다 약 60%정도로 낮출 수 있다. 이 회로의 구현은 MOS FET의 경우에 내부의 Diode를 사용할 수 있어 보이니 실제로 실현하여 보면 MOS FET의 경우 내부의 역 방향 다이오드의 전압 강하가 3volt에 이르는 소자도 있어 MOS FET의 소자에 내장된 다이오드를 사용하는데에는 문제점을 가진다. 이 역 다이오드대신에 고속 스위칭 다이오드를 적용하면 만족할 만한 결과를 보여준다.

이 회로에서도 A,B는 스위치의 접점 단자이고 C 단자는 제어 단자이다.

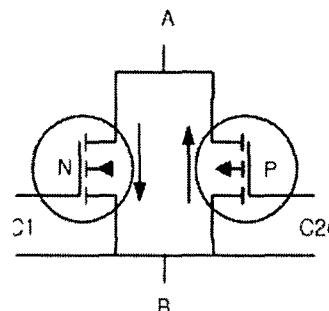


그림 3-(c) 2개의 상보 대칭반도체소자를 이용한 반도체

그림 3-(c)는 상보 대칭형 반도체 소자를 사용한 구성이다. 이 회로에 사용한 MOS_FET는 내부에 역방향 다이오드가 내장되어 있지 않은 구성이 필요하여 실험 회로에서는 MOS FET와 직렬로 다이오드를 인가하여 실험 하였다. 이 구성의 FET는 도통 전압이 낮아서 매우 이상적 양방향 스위칭 소자로 선택 될 수 있으나 시중에서 개별소자로 구성된 MOS FET의 경우에 거의 대부분이 내부에 역방향 다이오드가 구성되어있고, 또 상보 대칭으로 구성하고자 할 때 P 형의 MOS FET를 구하기 힘든 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하려면 별도의 반도체 공정으로 구성하면 매우 우수한 반도체 스위치가 구성 될라 본다.

2. 실제 회로의 구성 및 실험

실제로 회로를 구성하여 단순하게 duty 비를 0.5로 구성하여 스위치를 단속시켜보면 출력 전압은 전압계로 측정하면 220Volt 입력에 출력은 105Volt 정도로 출력이 된다. 이 전압 강하는 반도체 스위치에서 생기는 전압 강화와 함께 스위치를 단속시키면서 삽입한 dead time (en 스위치를 모두 끈 상태)의 영향과 더불어 인덕터의 회로에서 전류의 불연속이 그 영향을 가져와 파형이 입출력이 다르게 된다. 기는 오실로스코프로 보면 그 차이가 나타난다.

이러한 고정된 duty rate의 조정으로 전압이 조정된 회로를 적용하여 실험하여도 기기의 동작에는 아무 문제가 없다. 100Volt의 전원장치를 구동하는 경우 대부분의 가정용 전원 기기의 경우에는 전력이 중요한 부분이기 때문이다. 이 기기의 전원을 보다 입출력 파형이 나은 기기로 구성하였다면 입출력 Duty비율을 조절하는 회로로 구성해야 할 것 같다.

3. 결 론

동작 기기는 100Volt를 사용하는 전열기와 오디오기기, 유도전동기를 사용하여 보았다. 그 결과 모두 이상 없이 잘 동작하였다. 특히 유도 전동기의 경우 기존의 외국에서 발매된 반도체 적용한 변압기(WORLDWIDE ADAPTOR로 소개됨)를 사용한 경우에는 동작이 불안하거나 매우 심한 열이 전동기와 ADAPTOR에서 발생하였는데 전열기를 적용한 정도의 열만 방출되어 고 역률의 기기에도 무리 없이 적용할 수 있음을 보여 주었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Peter Wood, "Switching Power Converter", Pub by Krieger Pub Co, 1981