

용량성 부하 구동용 고압 인버터에서의 노이즈 저감 연구

조용호*, 김기석*, 이정섭*, 홍선기**

호서대학교 정보제어공학과*, 디지털제어공학과** SEMIC

A Study on the High voltage inverter for capacitive load reduction Noise

Yong-Ho Cho*, Ki-Seok Kim*, Jung-Sup Lee* and Sun-Ki Hong*

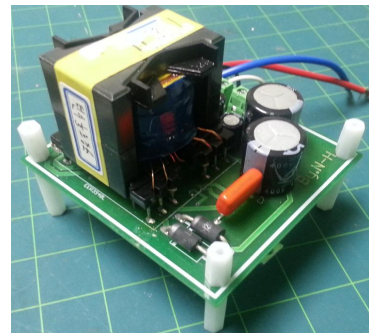
Dept. Information Control Eng., SEMIC, Hoseo University

Abstract - 본 논문은 용량성 부하를 구동하기 위한 고압 인버터의 노이즈 저감에 관하여 연구하였다. 이를 위하여 고전압 인버터의 전원이 되는 고 승압 컨버터와 용량성 부하를 구동할 수 있는 고압 인버터를 설계하고 실험했다. 고 승압 컨버터와 고압 인버터를 설계 후 컴퓨터 시뮬레이션으로 확인하였다. 설계된 고 승압 컨버터와 고압 인버터는 하나의 PCB로 제작이 되었다. PCB의 제작 시 노이즈 저감을 위하여 소자의 배치와 회로의 패턴을 설계 했다. PCB 제작을 통하여 노이즈 저감에 대한 강인성을 증대 시켰다.

간격을 최대한 짧게 만든다. 플라이백 컨버터의 변압기는 권선 비에 따라 출력 전압을 정할 수 있다. 변압기는 설계 식에 의하여 설계가 된다. 이러한 설계 식을 따르지 않을 경우 출력 전압에 영향을 주게 된다. 변압기의 설계는 코어의 크기와 재질에 의해 결정된다. 코어의 장면적과 자속 밀도는 권선의 굵기와 턴 수에 영향을 준다. 이러한 영향으로 인하여 플라이백 컨버터의 출력 전압에도 영향을 줄 수 있다. 플라이백 컨버터의 출력 전압은 PFC로 피드백 되기 때문에 정확한 트랜스의 설계가 필요하다. 설계한 플라이백 컨버터는 PCB로 제작하여 실험을 하였고 원하는 출력 전압이 정확히 출력 되는 것을 확인 하였다. <그림 2>는 PCB로 제작된 플라이백 컨버터 이다.[1]

1. 서 론

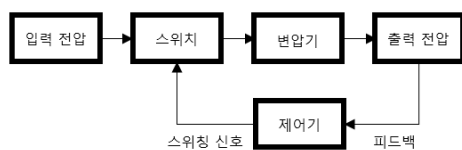
피에조 구동장치와 같이 용량성 부하를 구동하기 위해서는 고압의 인버터가 필요하다. 고압 인버터는 고압의 입력 전압을 원하는 파형으로 가변한다. 따라서 고압의 입력 전압이 필요하고 이를 위해 고 승압 컨버터를 제작하였다. 고 승압 컨버터를 제작하기 위해 플라이백 컨버터를 설계하였다. 플라이백 컨버터의 기본 동작은 벅-부스트 컨버터와 기본 동작이 동일하지만 변압기가 추가된다. 변압기의 권선 비에 따라 승압이 용이하며, 1차 측과 2차 측이 절연이 되는 효과도 있다. 플라이백 컨버터를 통해 나오는 고 전압을 가변하기 위해서는 고압 인버터가 필요하다. 하지만 일반적인 인버터로는 불가능 하다. 따라서 특별한 고압 인버터를 제작했다. 고압 인버터는 노이즈에 의한 영향을 많이 받게 되고 결과적으로 출력 전압 또한 노이즈에 의한 영향을 받게 된다. 따라서 이러한 노이즈에 대한 저감을 위해 PCB로 제작을 하였다. 완성된 고 승압 컨버터와 고압 인버터는 하나의 PCB에 모듈화 된다. 모듈화 시 노이즈 저감을 위하여 소자의 배치와 패턴을 설계한다. PCB를 제작하고 실험을 통하여 노이즈 저감에 대한 타당성을 확인하고자 한다.



<그림 2> 완성된 플라이백 컨버터

2. 본 론

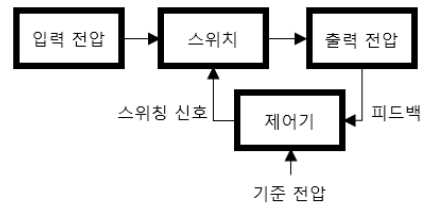
2.1 플라이백 컨버터의 설계 및 제작



<그림 1> 제어부가 포함된 플라이백 컨버터의 블록 다이어그램

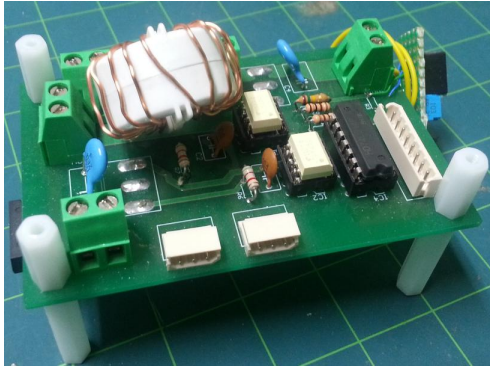
<그림 1>은 제어부가 포함된 플라이백 컨버터의 블록 다이어그램이다. 고 승압 컨버터의 제작을 위해 플라이백 컨버터를 선정하였다. 플라이백 컨버터는 변압기가 추가된 컨버터 이다. 변압기는 1차 측 권선의 자화 인덕턴스에 에너지를 저장하고 2차 측 권선으로 에너지를 방출한다. 이로 인해 1차 측과 2차 측을 절연해 줄 수 있다. 플라이백 컨버터의 설계는 설계 식과 경험적 방법을 통하여 설계 한다. 먼저 플라이백 컨버터의 설계를 통해 파라미터를 구하고 파라미터에 합당한 소자를 선정한다. 이 과정에서 계산적인 방법을 통하여 결정된 파라미터이지만 실제로 구동하였을 때 주변 환경에 의해서 설계 식과 다른 동작을 보일수도 있다. 따라서 경험적인 방법을 통해 이러한 문제들을 해결한다. 설계된 플라이백 컨버터는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 파라미터들의 타당성을 확인하였다. 플라이백 컨버터의 출력 전압을 제어하기 위해 제어기를 사용했다. 이러한 제어기를 PFC라고 한다. PFC는 출력 전압을 피드백 받아 출력 전압을 제어하고 과전류로 인한 회로 손상을 막아준다. 또한 보상 회로를 통해 플라이백 컨버터의 효율을 개선하는 역할을 한다. 플라이백 컨버터의 출력 전압은 피드백의 노이즈에 의해 영향을 받을 수 있다. 따라서 노이즈에 의한 영향을 덜 받게 하기 위해 피드백 회로와 PFC와의

2.2 고압 인버터의 설계 및 제작

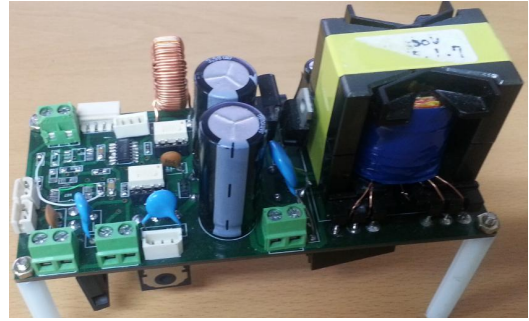


<그림 3> 제어부가 포함된 고압 인버터의 블록 다이어그램

고압 인버터는 플라이백 컨버터의 출력 전압을 입력으로 받아 사용자가 원하는 전압으로 가변한다. 이러한 가변을 위해 기준 파형을 외부에서 받아온다. 외부의 파형과 비교하여 충전/방전 스위치를 통해 출력 전압을 제어한다. 고압 인버터의 제어는 FPGA를 사용하였다. 빠른 처리 속도로 인해 고속의 충전/방전 스위칭 신호가 필요한 고압 인버터에 적합한 제어기 이다. 고압 컨버터의 출력은 플라이백 컨버터의 출력 전압인 DC 전압이 아닌 0V부터 출력 전압 중에서 원하는 전압이 출력되어야 한다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 기준 전압에 따라 출력 전압이 0V부터 출력 중 원하는 전압이 출력 되는 것을 확인하였다. 고압 인버터는 제어기로 고 전압이 흐르는 것을 방지하기 위해 절연을 하였다. 절연을 함으로써 고 전압이 제어기로 흐르는 것을 방지 하여 제어기의 안정성을 확보 하였다. 고압 인버터에서의 노이즈는 대부분 충전/방전 스위치를 구동하는 신호가 제어기에서 스위치까지의 길이에 의한 노이즈 영향을 많이 받는다. 따라서 제어기의 신호 출력 단자부터 스위치까지의 간격을 가깝게 배치하여 고압 인버터의 노이즈 저감을 증대 시켰다. PCB로 제작된 고압 인버터는 실험을 통하여 노이즈 저감에 효과가 있음을 확인하였다. <그림 3>은 PCB로 제작된 고압 인버터 이다.[2]



<그림 4> 완성된 고압 인버터



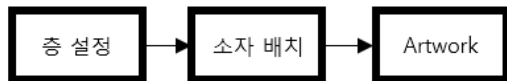
<그림 6> 노이즈 저감을 위해 디자인 룰을 적용한 PCB

2.3 노이즈 저감을 위한 PCB의 설계

$$V_{noise} = L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

(1)은 노이즈의 계산 수식이다. 수식에 의하면 노이즈는 전류의 변화가 크면 높아지고 전류의 변화가 작으면 낮아진다. 노이즈는 크게 외부적인 영향과 내부적인 영향이 존재한다. 노이즈는 전자기기에서 매우 민감한 사항이다. 따라서 이러한 노이즈를 저감하여야 한다. 노이즈는 하드웨어 적으로 필터를 통해 저감되지만 필터 역할을 하는 소자를 추가하여야 한다. 이는 PCB의 크기와 제작 가격에 영향을 준다. 본 논문에서는 노이즈의 저감을 아트웍으로 해결한다. 아트웍이란 PCB를 디자인하는 프로그램의 패턴을 만드는 과정을 말한다. 아트웍으로 완벽히 노이즈를 제거할 수 없지만 노이즈를 감소시킬 수 있다. 이러한 아트웍은 몇 가지 룰을 따라 제작하면 노이즈 저감에 효과가 있다. 따라서 다음의 디자인 룰을 제시 한다.[3]

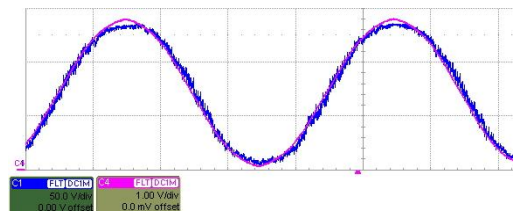
2.3.1 노이즈 저감을 위한 디자인 룰



<그림 5> 디자인 룰 순서

<그림 4>는 디자인 룰의 순서이다. 먼저 제작할 PCB의 층을 설정해 준다. 2층 기판의 경우 생산 가격은 저렴하지만 2층 기판의 한계로 인해 소형화에 문제가 있다. 따라서 2층 이상의 PCB를 제작하여야 한다. 2층 기판에 비해 4층 기판부터 제조 가격이 비싸지는 단점이 있다. 본 논문에서 제작된 PCB는 4층 기판을 이용하였다. 4층 기판은 1층과 4층에 신호 패턴을 둔다. 신호 패턴은 주변의 패턴의 간섭으로 인한 영향을 받을 수 있으므로 서로 간섭 받지 않도록 1층과 4층에 나누어서 패턴을 설계한다. 2층에는 그라운드를 설정 하고 3층에는 VCC층을 설정 하여 PCB 전체에 안정적인 전압 공급으로 인하여 노이즈의 저감의 효과를 볼 수 있다.[4] 다음으로 아트웍 진행시 소자의 위치를 고려해야 한다. 신호를 발생시키는 소자나 신호를 받아서 처리하는 소자는 최대한 가깝게 두어야 노이즈 저감에 효과가 있다. 최대한 가깝게 둔 소자의 패턴은 길이가 짧아진다. 패턴이 길수록 주변 소자와 환경에 의하여 노이즈가 발생할 수 있다. 패턴의 짧아지면 노이즈 저감에 효과가 있으므로 소자의 배치가 중요하다. 그리고 VCC와 그라운드의 패턴은 패턴이 넓어야 한다. 패턴이 좁으면 전류에 의해 패턴이 회손 될 수 있어 노이즈를 발생시킬 수 있다. 신호패턴과 VCC, 그라운드의 패턴은 모서리는 45°나 원호로 제작을 한다. 이는 모서리가 직각일 경우 노이즈가 발생하기 때문에 45°나 원호로 제작을 한다. 또한 비아의 개수를 최소화 시켜야 한다. 비아는 노이즈 발생의 원인이 된다. 비아의 숫자는 처음 PCB를 설계할 때 정한 후 제작을 한다. 마지막으로 VCC와 GND를 넓게 풀리곤 작업을 한다. 풀리곤이란 전원을 넓은 면으로 도포하는 것을 말한다. 전원이 패턴에 의한 영향을 받지 않고 안정적으로 공급해 주기 위해 하는 작업을 말하는데 이는 노이즈 저감에 큰 도움이 된다. 이러한 노이즈 저감을 위한 디자인 룰을 적용하여 앞서 제작한 플라이백 컨버터와 고압 인버터는 하나의 PCB로 제작 했다. <그림 5>는 노이즈 저감을 위해 디자인 룰을 적용하여 아트웍을 진행한 PCB이다.[5]

3. 결 론



<그림 7> 고압 인버터의 출력 파형

<그림 7>은 노이즈 저감을 위해 디자인 룰을 적용한 PCB의 출력 파형이다. 용량성 부하 구동용 고압 인버터와 플라이백 컨버터는 하나의 PCB에 제작 되었다. 제작된 PCB로 실험을 수행하였고 노이즈에 대한 강인성을 증대 시켰으며 우수한 성능을 보임을 확인했다. 노이즈를 완벽히 제거 할 수는 없지만 아트웍 으로 노이즈를 저감 할 수 있었다. 앞으로 노이즈 대책으로 필터링 아트웍 등 여러 가지 방법으로 실험 하여 그 결과를 비교하고 원인을 대책 할 수 있는 여러 가지 연구가 필요하다고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] U. Boeke, 2007, High Efficiency Fly-back Converter Technology, Power Conversion Conference - Nagoya, Pcc '07, P1268'1273, 2007
- [2] Sun-Ki Hong, Nam-Hee Byeon, et al., "A study on Characteristics and Driving Techniques of Energy Recovery Type Inverter for Piezo Actuator Drive, KIEE Tans. Vol.62, no.8, pp.1095-1100, 2013
- [3] 변남희 외3명, "회로 형상 구주에 따른 고승압 컨버터 EMI노이즈 저감에 관한 연구", 대한전기학회 제 34회 하계학술대회, pp.1018-1017, 2014년 7월
- [4] 조용희, "역률 개선용 승압형 컨버터의 EMI 노이즈 저감", 서울시립대학교 대학원, pp.120, 2004년 12월
- [5] Kye Yak See, Manish Oswal, Werachet Khan-negern, Flavio Vanavero, Christos Christopoulos, Hartmuy Grabinski, Impact of PCB Layout Design on Final Product's EMI Compliance, Electromagnetic Compatibility, 2006. EMC-Zurich 2006. 17th International Zurich Symposium, p553~556, 2006