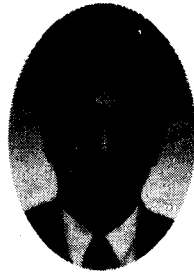


압전 세라믹 변압기의 구동회로 기술



박지식

삼성전기(주) 종합연구소 전력전자 연구팀장

1. 서 언

1950년대 중반 Rosen에 의해 발표된 압전 세라믹 변압기는 고전압 발생용으로의 응용 가능성이 주목을 받아, 70년대에 이르기 까지 주로 TV, CRT Monitor Display의 수평출력부분 고전압 발생장치에 응용하려는 연구가 활발히 전개 되었으나 압전재료 특성상의 전력용량의 한계, 그에 따른 구동회로의 미비로 인하여 본격적인 실용화 적용까지는 가지 못하였다[1, 2]. 그후 연구활동은 대전력용 압전재료의 개발, 대전력 및 고효율 구동회로의 개발등에 초점이 맞추어져 진행되었으며, 그 결과 압전재료의 특성개선 측면뿐만 아니라 구동회로면에서도 많은 발전을 이루어 냈다. 90년대에 들어서는 Note book PC등에 사용되는 LCD Panel의 Backlight Unit 수요가 증가되고, Backlight용 CCFL의 부하특성이 압전 세라믹 변압기의 출력특성과 잘부합하는 점이 착안되어 各社에서는 실용화 목적의 연구개발 활동이 활발히 전개되었으며, 그 결과 기존의 자기식 변압기로서는 달성하기 어려운 소형, 박형, 고효율의 Backlight용 압전형 Inverter가 부분적으로나마 실용화 되기에 이르렀다[3, 4, 5]. 따라서 본고에서는 최근 시장이 확대되고 있는 CCFL구동용 압전형 Inverter를 중심으로 압전 세라믹 변압기 구동회로

설계시 고려사항과 압전형 Inverter측면에서 향후 해결되어야 할 과제에 대하여 논의하기로 한다.

2. 압전 세라믹 변압기 구동회로의 특징

압전 세라믹 변압기는 기존의 자기식 권선형 변압기와는 변압원리가 상이하기 때문에 下記하는 바와 같이 구동회로 구성상 몇가지 고려해야 할 점들이 있다.

1) 압전 세라믹 변압기는 세라믹 공진자의 원리를 활용하기 때문에 구동 주파수에 따른 출력특성은 그림 1에 보이는 바와 같이 매우 날카로운 공진특성을 보여주며, 공진 주파수를 구동 중심주파수와 같게 할 경우 구동 중심주파수에서 수 %만 벗어나도 변압기로서 역할을 하지 못하게 된다. 따라서 출력전압측면에서 고려해 볼 때 구동 주파수와 일치하는 단일 주파수의 입력전압만이 유효하며 입력전압의 歪成分은 출력으로 전달되지 않기 때문에 그 만큼 구동회로에서 손실로 남게 된다. 이와같은 사실로부터 압전 세라믹 변압기의 입력 전압파형이 정현파에 가까울수록 전력 변환효율측면에서 유리함을 알 수 있다.

2) CCFL을 부하로 할 경우 구동 주파수에 대한 효율과 출력전력의 일반적인 주파수 특성을 그림 2에

보여주고 있다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 압전 세라믹 변압기 효율의 주파수 특성과 최대출력의 주파수 특성이 일치하지 않으며, 최대출력이 발생하는 주파수가 최대효율이 얻어지는 주파수보다 높은 것을 알 수 있다. 따라서 주파수 제어시 공진 주파수보다 약간 높은점을 기준점으로하여 제어하는것이 효율 및 전력 전송면에서 유리하다.

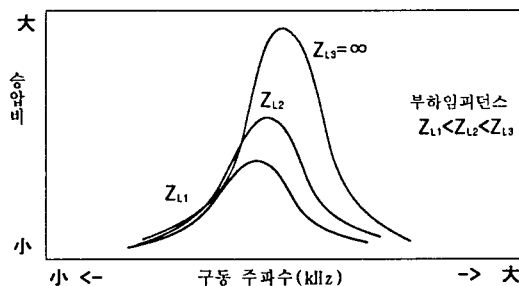


그림 1. 승압비의 주파수 특성

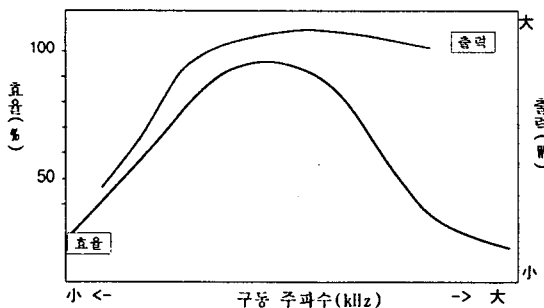


그림 2. 압전 세라믹 변압기의 효율과 출력의 주파수 특성(CCFL 부하시)

3) 압전 세라믹 변압기는 그림 1에서 보이는 바와 같이 부하 임피던스의 변화에 따라 승압비가 대폭 변화한다. 특히 무부하 조건에서 구동할 경우에는 승압비가 급격히 상승한다. 그 결과 소자의 진동속도 또한 급격히 증가하게 되며 이에 따라 소자내 내부응력이 급격히 커져서 결국에는 소자의 自己破壞까지 갈 위험이 있다. 따라서 압전 세라믹 변압기의 구동 회로에는 부하가 개방되었을 경우에 소자의 自己破壞 또는 순간적인 이상 고전압 발생으로 인한 아크 발생

으로 소자 및 소자주위가 소손되는 것을 방지하는 기능이 필요하게 된다.

4) 압전형 Inverter에서는 구동 주파수가 자기식 권선형 Inverter에 비하여 높다. 구동 주파수가 높게 되면 CCFL의 발광효율은 증가하는 경향이 있으나 CCFL 주변의 기생용량(Stray Capacitance)에 의하여 휘도 경사가 현저하게 나타나게 된다. 이때문에 구동 주파수가 높은 압전형 Inverter에서는 휘도 경사의 발생을 억제하는 적절한 대책이 강구되어야 한다.

3. 압전 세라믹 변압기의 구동회로

2절에서 논의한 사항들을 고려한 회로의 Block Diagram을 그림 3에 보인다. 그림 3은 2-Transistor Push-Pull 회로를 사용한 압전형 Inverter의 대표적인 예이다.

1) 구동 주파수 제어(Driving Frequency Control)

출력의 주제어(main control)는 관전류 검출회로와 검출된 관전류를 기설정된 값(reference value)과 일치하도록 구동 주파수를 제어하여 출력 전압을 제어한다. 관전류가 부족한 상태가 되면 주파수를 감소시키는 방향으로 제어를 하여, 출력전압을 높게 하여 관전류를 증가시킨다. 한편 관전류가 과다한 상태가 되면 구동 주파수를 증가시켜 출력전압을 감소시키는 방향으로 제어를 하며, 고효율 구동이 실현 되도록 주파수 제어 범위를 정한다.

2) 구동단(Driving Stage)

그림 3에서 압전 세라믹 변압기의 구동회형은 아래와 같은 메카니즘으로 정현파 구동이 된다. 구동단으로부터 거의 50% Duty로 서로 교번적으로 출력되는 Gate 제어신호에 의하여 Switching Transistor TR2와 TR3가 서로 교번적으로 On, Off한다. 이 때 Transistor와 전원사이에 접속되는 공진 인덕터(Resonant Inductor) L1, L2와 압전 세라믹 변압기의 입력용량으로 구성되는 Tank회로에서 LC 공진에 의하여 압전 세라믹 변압기 1차측에 각각 교번적으로 반파의 정현파를 공급하게 된다. 이러한 교번적인 반파의 정현파는 압전 세라믹 변압기의 1차측에서 볼 때는 정현파 입력파형을 인가하는 효과를 가지게 되어 구동회형의 쥘에 의한 효율 저하를 방지하게 한다. 또한 공진 인덕터 L1, L2의 값을 결정할 때는 ZVS(Zero Voltage Switching)의 조건이 만족되는 범위내의 값이 되도록 설정시 주의하

여야 한다[5].

3) 조광(Dimming)

조광에 있어서는 그림 3에 보이는 바와 같이 전원 공급 Line에 직렬로 삽입한 Switching Transistor TR1의 Switching에 의하여 전력 공급을 Burst제어하여 조광제어하는 방법과 관전류를 선형적으로 제어하여 조광제어하는 Analog 제어 방식이 있다. 최근에는 SM Bus제어에 의한 조광제어를 하는 등 여러 가지 방법이 제안되고 있으며, 결국 조광방식의 선택은 사용되는 System 특성과 가장 잘 부합하는 방법을 선택하는 것이 바람직하다.

여기서

L1, L2 : 공진 인덕터(Resonant Inductor)

PT : 압전 세라믹 변압기(Piezoelectric Ceramic Transformer)

CCFL : 냉음극관(Cold Cathode Fluorescent Lamp)

4) 과진동방지

압전 세라믹 변압기의 진동속도는 기본적으로 출력 전압에 대해 선형적인 특성을 가지기 때문에 실제 회로에서는 진동 레벨을 측정하기 보다는 출력전압을 변수로 측정하여 사용한다. 그림 3에서는 출력전압을 감시하여 과진동에 의한 파괴의 발생을 방지하며, 실제 회로적으로는 과전압 방지회로 또는 관전류를 검출하여 부하 개방여부를 판단하는 무부하 방지회로

를 채용하여 과진동을 방지한다.

4. 결 언

압전 세라믹 변압기 구동회로에 대하여 이제까지 논의한 사항들을 다음과 같이 정리할 수 있다.

1) 구동 주파수 결정시 공진 주파수 침투치에 대하여 주파수가 높은 영역을 이용하여 출력전압을 제어한다.

2) 구동 전압파형은 가능한한 단일 Spectrum의 정현파를 사용한다.

3) 조광은 관전류를 Duty 제어하는 Burst 제어법, Analog 제어법과 SM Bus 제어법등이 있으며, 사용되는 System 특성 및 요구사항에 부합하는 방법을 선택하여야 한다.

4) 무부하시에는 진동속도를 제한하는 보호 수단이 강구 되어야 한다.

최근에는 압전 세라믹 변압기의 재료 및 구동 기술의 비약적인 발전으로 CCFL용 Inverter 뿐만 아니라 Notebook PC 용 adapter, DC/DC Converter등 일반 SMPS 분야에 까지 압전 세라믹 변압기를 응용하려는 시도가 활발히 진행되고 있으나 [6] 실용화까지는 선결되어야 할 몇가지 과제들이 남아 있다. 재료적인 측면에서는 무엇보다도 소자 자체의 전력용량(Power Capacity)을 더욱 개선할

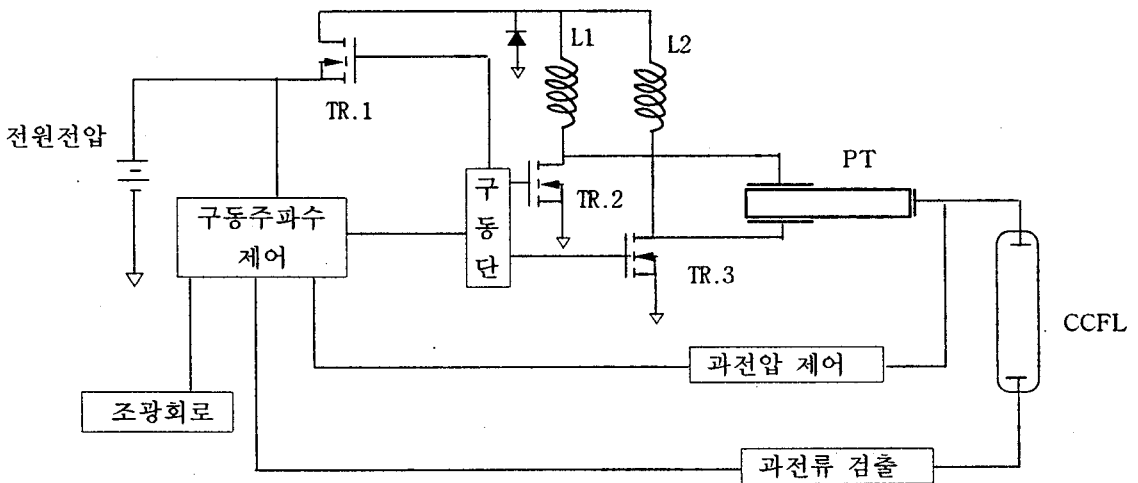


그림 3. 압전형 Inverter의 회로 Block Diagram

필요가 있고, 구동회로측면에서는 부하변동 뿐만 아니라 입력전압 변동에 따른 출력전압을 효과적으로 제어할 수 있는 제어기법에 대한 연구가 필요하다. 그러나 이제까지의 연구 및 기술 발전속도로 미루어 볼 때 이러한 문제점들을 극복하는 데에는 그다지 많은 시간이 소요되지 않을 것으로 보여지기 때문에, SMPS의 소형화, 박형화 고효율화의 수단으로 압전 세라믹 변압기의 활용에 대해 관련분야 여러분들의 지속적인 관심 제고가 요구된다 하겠다.

참 고 문 헌

1. C. A. Rosen, "Ceramic transformers and filters", Proceedings of the Electronic Symposium, May 1956, pp. 205~211.
2. H. W. Katz, "Solid state magnetic and dielectric devices", John wiley & Sons, 1959.
3. T. Zaitzu et al, "Piezoelectric transformer converter with frequency control", IEEE INTELEC '95 Proc., Oct. 1995, pp. 175~180.
4. M. Sugimoto et al, "Very compact inverter for color LCD backlight utilizing a packaged piezoelectric transformer", SID '96 Digest, 1996. pp. 757~760.
5. M. Shoyama, T. Zaitzu et al, "Operation analysis of the push-pull piezoelectric inverter", Proceedings of APEC, Feb. 1997, pp. 573~578.
6. Toshiyuki Zaitzu et al, "New piezoelectric transformer converter for AC-adaptor", Proceedings of APEC, Feb. 1997. pp. 568~572.