

BLT를 구동하기 위한 초음파 제어기에 관한 연구

(The Research of Ultra Sonic Controller for Operating BLT)

이종규* · 유태재*
(Jong-Kue Lee · Tae-Jae Yoo)

Abstract

The purpose of this research was to discuss the system that operated Ultra sonic transducer of Pelzo electric ceramics type. The structure of controller was made up of digital signal part, drive and feedback circuit, and half bridge inverter. Digital signal part was designed to gain the stable oscillation frequency by making consideration of pointed resonance bandwidth. We tried to control inverter by forward feedback condition because BLT based on the flexibility of elements such as temperature and load condition. In addition, transducer was operated as inverter in order to enhance its power efficiency. In this experiment, output voltage waveform and current waveform have been observed by using BLT.

1. 서론

디지털과 하이브리드 소자의 설계기술은 제어대를 정밀하게 제어할 수 있게 했다. 이러한 회로는 마그네트론, 트랜지스터, Power MOSFET, IGBT, GTO 등의 스위칭 소자와 결합하여 다양한 전력제어 기기를 설계할 수 있다. 현재 모든 가전 제품의 전원은 SMPS로 경량화 되었고, 초고주파와 유도가열은 제어대상에 대하여 가열방법 자체의 개념을 바꾸어 놓았으며, 레이저, 조명, 초음파 분야 등의 여러 분야에도 전력변환 기술이 적용되고 있다.

본 논문은 이러한 여러 전력제어 중에서 BLT 소자를 이용한 초음파 전력변환에 관한 연구이다. BLT 소자는 매우 좁은 공진 주파수 대역을 갖는 초음파 진동자로 세척 및 용착기에 이용하고 있다. 일반적으로 초음파 기기는 아날로그 회로를 이용하여 기준파 신호를 발진시켜 전력 증폭기에 입력하고 진동자 출력전압을 정제환시켜 시스템을 제어 하였다. 이러한 회로 구성은 외란에 따라 기준파 발진 주파수가 변화하며, 진동자의 공진 주파수 범위를 벗어나는 단점이 있다. 보다 개선된 제어기 설계 방법으로 PLL 회로와 전력 증폭기 또는 인버터를 이용하여 진동자를 구동하며, 이때 아날로그 회로는 조정해야하는 포인트가 여러 곳이 된다. 언급하고자 하는 제어기는 기준파 신호를 디지털 회로로 구성하여 발진 조건을 안정시키고, 인버터로 전력 효율을 높일 수 있도록 구성을 하였다. 또한 안정한 출력을 얻기 위하여 소자가 동

작할 때 물리적 특성 변화를 고려하여야 하며, BLT 소자의 정상동작을 위해서 출력전압을 정제환하여 소자의 공진조건을 유지할 수 있도록 하였다.

2. 본론

2.1. 전체구성

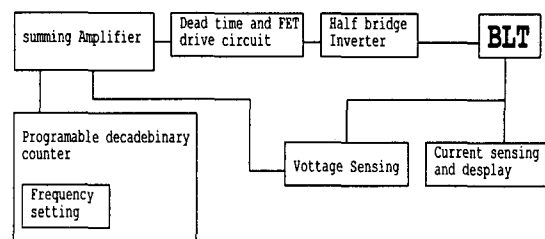


그림 1. 제어기의 블록다이어그램
Fig. 1. Block diagram for controller

그림 1은 언급한 초음파 시스템의 전체적인 구성을 나타낸다. 프로그래머블 바이너리 카운터는 카운터의 클럭 주파수를 분할하여 BLT 공진 주파수와 같은 초음파 발진 신호를 발생시킨다. 진동자가 동작할 때 작업 조건, 소자의 온도상승 등으로 진동자의 고유의 공진 주파수가 미소하게 변화한다. 따라서 진동자의 공진 주파수를 안정하게 유지하기 위해서 BLT 출력전압을 정제환하고, 가산기로 기준 주파수와 가산한다. 가산된 Q1, Q2의 인버터 제어 신호는 데드타임 보상을 한 후에 인버터를 구동한다. 인버터는 진동자의 정격이 500[W]

이내이므로 스위칭 소자의 수와 내압 등을 고려하여 하프 브리지 인버터로 구성하도록 한다.

2.2. 정류회로와 하프브리지 인버터

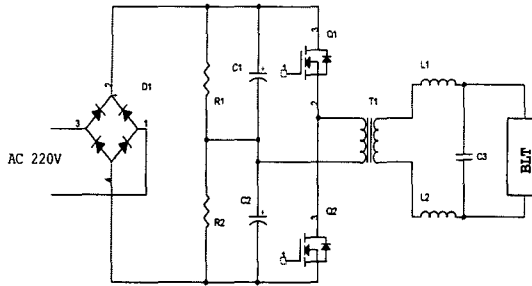


그림 2 정류회로와 하프브리지 인버터
Fig. 2. Rectifier circuit and Half bridge Inverter

그림 2는 정류 회로와 하프브리지 인버터이다.^[1] 그림 2에서 전원 전압 220[V]를 브리지 회로로 정류하고, 콘덴서 C1과 C2로 DC 링크 전압을 출력한다. 이때 하프 브리지를 동작시키기 위한 DC 전압은 1/2로 분할되어야 하므로 C1, C2의 값과 R1, R2의 값은 같게 설정한다. 스위칭 소자 Q1과 Q2의 제어 신호는 제어기에서 출력한 2레벨 신호로 한다. 그리고 트랜스 T1은 인버터 출력을 DC 전압과 분리하고 BLT 정격 스위칭 정격 전압을 맞추기 위해서 사용한다. L1, L2, C3는 BLT를 구동하기 할 때 트랜스를 통과한 구형파 인버터 파형을 보정한다.

2.3. 피드백 제어회로

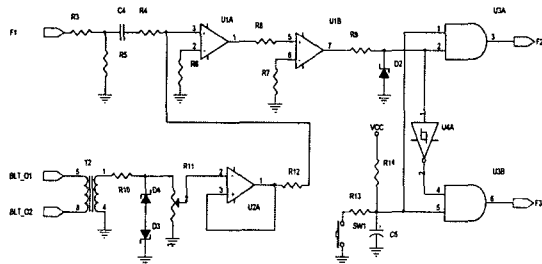


그림 3 피드백 제어회로
Fig. 3. Feedback control circuit

그림 3은 피드백 회로이다. 그림 3에서 기준파 F1 신호와 BLT 귀환전압을 펄스 트랜스로 신호를 분리하고 가산기로 합성하여 BLT 진동자의 동작 주파수에 근접한 인버터 신호를 출력한다. 진동자는 적용하는 용도에 따라 단속 또는 연속으로 진동자를 제어 할 필요가 있다. 그림 2의 SW1과

AND 로직으로 인버터의 구동을 제어한다. 이때 SW1의 기계적인 채터링은 인버터단의 동작과 진동자의 동작을 불안정하게 하므로 R15와 C5로 스위치의 기계적인 채터링을 제거한다. 하프브리지 Q1, Q2 스위칭 소자의 제어는 F2와 위상 반전환 F3을 인버터 제어신호로 한다. 이때 하프브리지 인버터는 스위칭 소자의 안정한 동작을 위하여 데드타임을 고려해야한다.^{[2][3]}

3. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제시된 제어기와 인버터를 구성하고 BLT 소자를 연결시켜 실험하였다. 제어기 설계에서 12비트 프로그래머블 카운터는 74LS191를 사용하였으며 카운터 출력을 플립플롭으로 2분주하여 듀티비를 50[%]으로 하였다. 카운터의 클럭 주파수는 80[MHZ]이며, 바이너리 스위치를 이용하여 진동자의 동작 주파수 34.34[KHZ] 전후로 조정하여 기준 카운터 신호를 출력하였다. 이때 기준 신호 카운터의 주파수는 하위 니블의 바이너리 스위치에 의해서 1스텝마다 30[HZ] 정도로 가변이 가능하였다. 실험에서 사용한 BLT 진동자의 공진 주파수 대역이 100[HZ] 정도 이므로 기준 주파수의 적절한 튜닝이 가능하였다. BLT 소자는 150[W] 정격으로 구형파 Vpp가 180[V]에서 240[V] 전후 전압에서 정상 동작하였다. 그림3의 피드백 회로는 OP AMP TL082를 이용하였고, 데드타임회로를 통하여 펄스 트랜스를 이용한 드라이브 단으로 하프 브리지 인버터 스위칭 소자 IRF450을 제어하였다. 그림 4는 인버터 제어신호를 나타내며 제어파형의 데드타임이 3[USEC] 정도이고 제어전압은 9[V]이다. 그림 5는 하프 브리지 인버터 출력단의 전압파형과 전류 파형으로 전압의 Vpp 220[V], 전류는 1.5[A] 정도로 관측되었다.

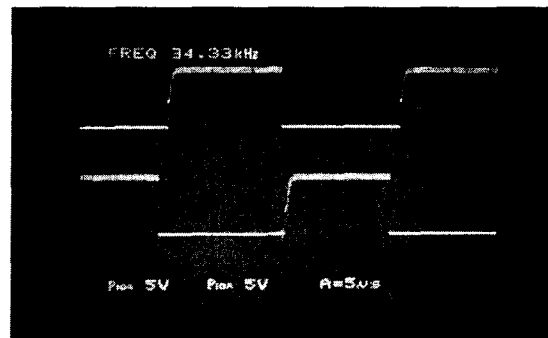


그림 4. 드라이브 신호의 전압 파형
Fig. 4. Voltage waveform of drive signals

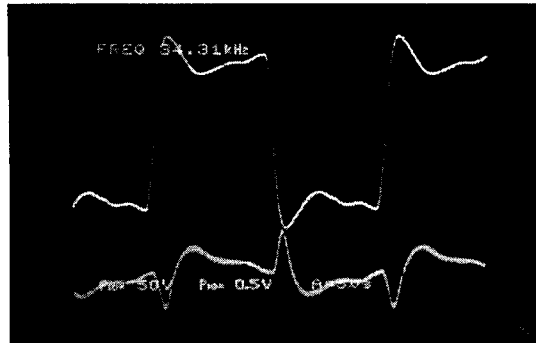


그림 5 출력단의 전압파형과 전류 파형
 Fig. 5. Voltage and current waveform of Output stage

4. 결 론

본 연구에서는 BTL 초음파 진동자를 위한 디지털 제어기를 구성하고 실험을 하였다. 제시된 시스템은 디지털 카운터의 안전하고 정확한 제어 주파수 출력, 피드백 회로의 BLT 전압 파형의 정제환, 하프브리지의 정상적인 동작으로 BLT 소자의 고유 공진 주파수 범위 이내에서 소자를 안정하게 동작시킬 수 있었으며 실제로 초음파 용착 시스템에 적용하여 정상적인 동작을 확인하였다. 언급된 제어기는 회로 부분을 PLD로 최적화하고 원칩 마이크로컴퓨터로 시스템 제어기능을 보완하면 실용화가 가능한 효율이 높은 초음파 제어장치를 구성할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- (1) "Power MOSFET HEXFET Data Book", International Rectifier, A-57-A-64, 1985.
- (2) Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, "Power Electronics", John Wiley, SON, INC, 268-270, 1995.
- (3) Shixiang Zhou, Boshu Liu, "Design of 80W Two-Stage with High Efficiency And Low No Load Input Power", IEEE conference proceedings Vol 1, March 10-14, 728-732, 2002.