

압전 변압기의 효율을 고려한 PWM 방식의 유니버설 입력 AC/DC 어댑터 구동회로

A New Piezoelectric Transformer Driving Topology for Universal Input AC/DC Adapter using PWM control

저자 (Authors)	이상민, 유명환, 최성진, 조보형 S.M.Lee, M.H.Ryu, S.J.Choi, B.H.Cho
출처 (Source)	전력전자학술대회논문집 , 2005.11, 61-63 (3 pages) Power Electronics Annual Conference , 2005.11, 61-63 (3 pages)
발행처 (Publisher)	전력전자학회 THE KOREAN INSTITUTE OF POWER ELECTRONICS
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE00778308
APA Style	이상민, 유명환, 최성진, 조보형 (2005). 압전 변압기의 효율을 고려한 PWM 방식의 유니버설 입력 AC/DC 어댑터 구동회로. 전력전자학술대회논문집 , 61-63.
이용정보 (Accessed)	203.250.84.*** 2017/08/01 16:14 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

압전 변압기의 효율을 고려한 PWM 방식의 유니버설 입력 AC/DC 어댑터 구동회로

이상민, 유명환, 최성진, 조보형

서울대학교 전기. 컴퓨터공학부 전력전자시스템 연구실
서울특별시 관악구 신림동 산 56-1 151-742

A New Piezoelectric Transformer Driving Topology for Universal Input AC/DC Adapter using PWM control

S.M.Lee, M.H.Ryu, S.J.Choi, B.H.Cho

Power Electronics System Lab.
School of Electrical Engineering, Seoul National University
esangmin1@pe.sl.snu.ac.kr

ABSTRACT

압전 변압기(PT)는 휴대용 전자제품의 전원 공급 장치에서 마그네틱 변압기의 대안으로서 소형화와 높은 절연 내압의 특성 등을 가지고 있다. 본 논문에서는 부하와 입력 전압에 거의 독립적으로 영전압 스위칭을 만족하는 고정 주파수의 PWM 방식의 압전 변압기 AC/DC 어댑터를 제안하였다. 제안된 압전 변압기 어댑터는 active-clamp 회로를 적용한 벡-부스트 형태의 구동회로로 구성되었고 출력 전압은 고정 주파수에서 제어되었다. 제안된 컨버터의 동작 모드가 분석되었고 컨버터의 특성이 하드웨어 모델을 통해 검증되었다.

I. Introduction

압전 변압기(PT)는 기계적 공진을 통해 전기 에너지를 전달하는 소자로서 컨버터의 크기가 중요한 시스템에서 마그네틱 변압기의 대안으로 제시되고 있다.^[1]

압전 변압기 어댑터의 설계에서 제어 방법은 크게 두 가지가 있다; 펄스 주파수 변조(PFM)와 펄스폭 변조. 압전 변압기의 공진 주파수에서 동작할 때, 압전 변압기의 효율이 가장 좋다는 것이 알려져 있다. 동작 주파수가 공진 주파수로부터 멀어질수록 회전 전류가 증가해서 압전 변압기의 효율이 떨어진다.^[2] 그래서 펄스 주파수 변조 제어를 사용하는 압전 변압기 어댑터는 넓은 입력 전압 범위에 대해 특히, 높은 입력 전압 영역에서 낮은 효율과 열 문제를 가지게 된다.^[3,4]

본 논문에서는 영전압 스위칭을 만족하면서 고정 주파수 펄스폭 변조 제어를 사용하는 압전 변압기 어댑터를 제안한다. 제안된 어댑터는 입력 전압과 부하에 거의 독립적으로 영전압이 이루어지며 유니버설 입력 전압에 대

해서도 제어가 된다.

제안한 어댑터는 active-clamp 회로를 적용한 벡-부스트 형태의 구동회로로 구성되었고 동작 모드를 분석하고 하드웨어 모델을 통해 특성을 검증하였다.

II. Operation Principle of Proposed PT Converter

A. Converter Circuit

그림 1은 active-clamp 회로로 이루어진 제안한 압전 변압기 컨버터의 회로 구성을 나타낸다. 그림 2는 제안한 회로의 주요 파형을 나타내고 있다.

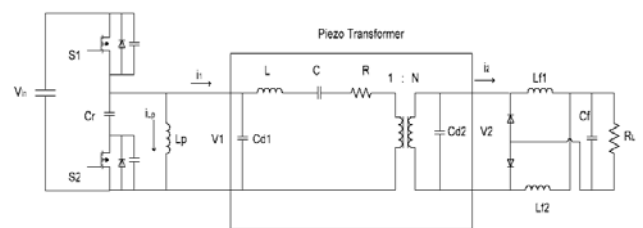


그림 1 제안한 압전 변압기 어댑터의 회로도

스위치 S1(D)과 S2(1-D)는 짧은 dead time을 가지고 서로 교번하여 동작한다. Dead time 동안 L_p 에 저장된 에너지가 S1, S2의 출력 캐패시터와 압전 변압기의 입력 캐패시터, C_{d1} 을 충·방전한다. 그 결과, 영전압 스위칭 동작이 입력 전압과 부하의 변동에 거의 독립적으로 이루어지게 된다. L_p 의 양단에 걸리는 전압, V_{Lp} 의 크기는 듀티비(D)에 의해 결정된다. 따라서 압전 변압기의 출력 전압, V_2 는 듀티비에 의해 제어되고 이때 동작 주파수는 압전 변압기의 전압 이득이 최고인 주파수에 고정된다.

B. Analysis of Switching Mode Operation

동작 모드가 그림 2와 3에 나타나있다. 캐패시터, C_r 의 크기는 충분히 커서 압전 변압기의 1차 측에 일정한 전압을 공급한다고 가정한다.

Mode1[t_1-t_2] : 스위치 S1이 켜진다. 압전 변압기의 1차 측 전압이 입력 전압, V_{IN} 과 같아지고 인덕터 전류, i_{LP} 는 선형 증가한다.

Mode2[t_2-t_3] : 스위치 S1이 꺼진다.(dead time) 인덕터 전류, i_{LP} 가 S1의 출력 캐패시터를 충전하고 S2의 출력 캐패시터를 영전압까지 방전시킨다.

Mode3[t_3-t_4] : 영전압 조건에서 S2가 켜지고 인덕터 전류 i_{LP} 는 선형 감소하며, 캐패시터, C_r 의 전압이 압전 변압기의 1차 측에 공급된다. 캐패시터 전압은 식(1)에 표현되었다.

$$V_{Cr}(t) \cong V_{IN} \frac{D}{1-D} \quad (1)$$

Mode4[t_4-t_5] : S2가 꺼진다.(dead time) 인덕터 전류가 S1의 출력 캐패시터를 방전시키고 인덕터 전압, V_{LP} 가 V_{IN} 이 된다.

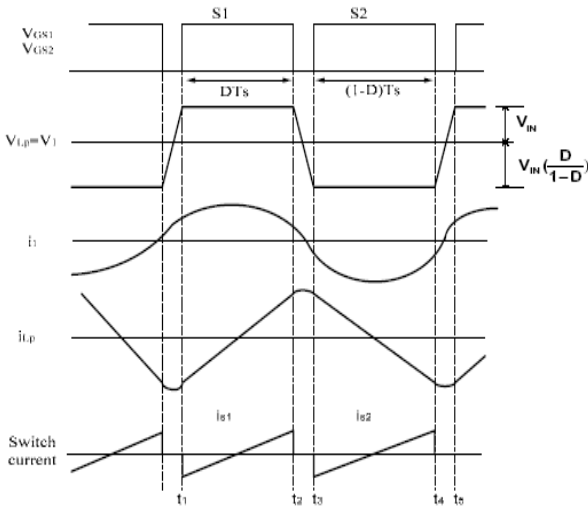


그림 2 제안된 컨버터의 주요 파형

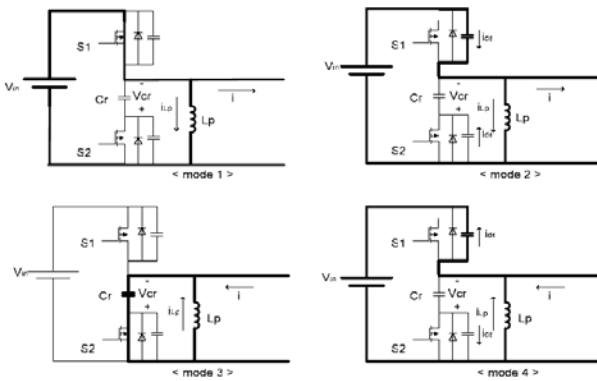


그림 3 제안된 압전 변압기 구동회로의 동작 모드

스위치의 영전압 스위칭을 얻기 위해서, 인덕터에 저장된 에너지는 dead-time, T_d 동안 출력 캐패시터를 방전시키기 위해 필요한 에너지보다 커야한다.

$$\frac{1}{2} L_P I_{LP}^2 > \frac{1}{2} C_{ds} V_{ds}^2 \quad (2)$$

식(2)의 I_{LP} 값은 부하와 입력 전압에 독립적으로 결정된다. 따라서 제안한 회로에서 영전압 스위칭은 부하와 입력 전압 변동에 독립적이다.

C. Analysis of the Current-Doubler Rectifier Circuit

기계적 공진에 의해 출력 캐패시터에 쌓인 전하들은 정현파 전압원의 역할을 한다. 압전 변압기 어댑터의 전압 이득을 계산하기 위해서는, 압전 변압기의 출력 전압, V_2 와 부하 전압, V_o 의 관계를 유도해야 한다. 등가 저항, R_{eq} 를 유도하는 과정과 V_2 와 V_o 의 관계는 참고문헌[3]에 설명되어있다.

III. Experiment Result

설계 SPEC.은 다음과 같다.

- Input Voltage : 100~250[V_{rms}]
- Output Voltage : DC 20[V]
- Output Load : 1.5~2[A]($R_L=10\sim13[\Omega]$)
- Operating frequency : 149[kHz]

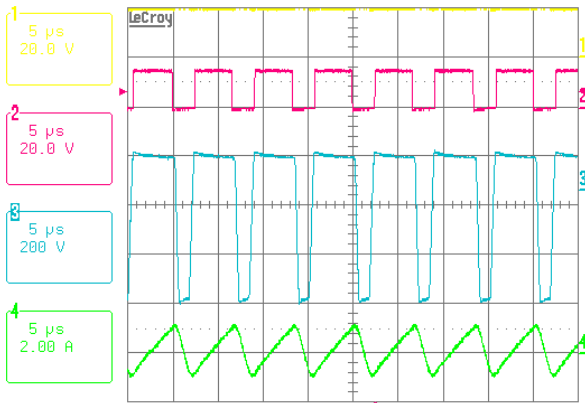
하드웨어 모델은 다음과 같이 구성되었다.

- Bulk Capacitor : 400V 4.7uF 전해 (Rubicon)
- Mosfet : FQP5N80 (800[V]/5[A], Fairchild)
- 압전 변압기 : PZT #40A-17 (Dong-il Tech.)
- Controller : TL494 with external VCO circuit

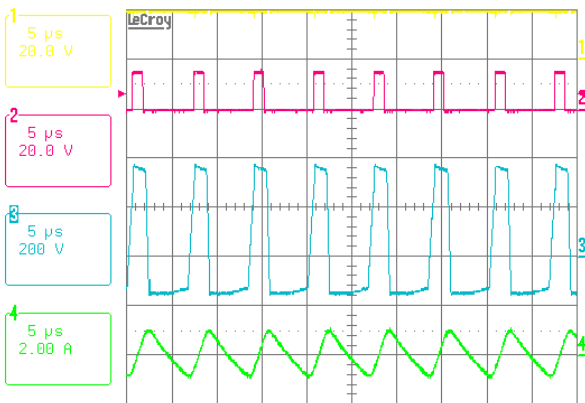
표 1 은 하드웨어 모델에 사용된 압전 변압기와 회로의 파라미터를 보여준다. 그림 4 는 제안한 압전 변압기 어댑터의 실험 파형을 나타내고 있다. 인덕터 전압 파형으로부터 영전압 스위칭이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

표 1 회로와 압전 변압기의 파라미터

Circuit	Value	PT	value	PT	value
C_r	650V/330nF	L	15mH	C_{d1}	829pF
L_p	200uH	C	79.7pF	C_{d2}	20nF
L_f/C_f	500uH/220uF	R	51.1 Ω	N	0.19



(a) $V_{rms}=100V$



(b) $V_{rms}=250V$

그림 4 제안된 압전 변압기 어댑터의 실험 파형

(ch1 : output voltage, ch2 : high side gate signal
ch3 : inductor voltage , ch4 : inductor current)

그림 5 은 입력 전압의 변화에 따른 듀티비의 범위를 나타내고 있고 그림 6 은 듀티와 주파수 변동에 따른 압전 변압기의 효율을 나타내고 있다. 따라서 고정 주파수 펄스폭 변조 제어를 사용한 제안된 어댑터가 주파수 변조 제어를 사용한 어댑터보다 높은 효율을 얻을 수 있다.

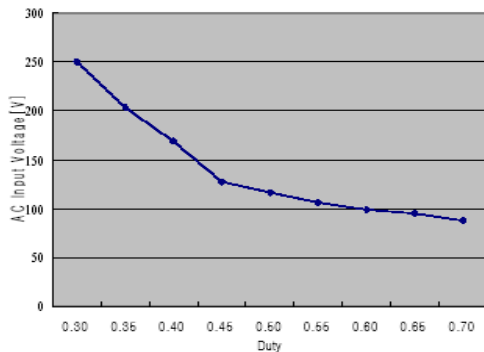


그림 5 Input voltage vs Duty

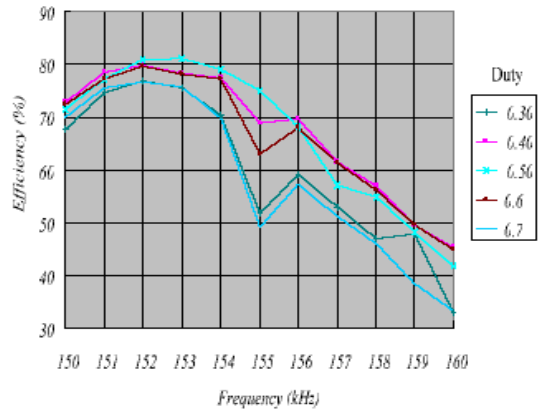


그림 6 Efficiency of PT

IV. Conclusion

본 논문에서는 넓은 입력 전압과 부하 범위를 만족하고 PWM 제어를 사용하는 벡-부스트 형태의 압전 변압기 어댑터를 제안하였다. 제안된 회로는 입력 전압과 부하의 변동에 독립적으로 영전압 스위칭을 수행하고 유니버설 입력 전압에 대해 주파수 변조 제어를 사용하는 회로보다 높은 효율을 나타내었다. 제안된 압전 변압기 어댑터는 하드웨어 모델을 통해 검증되었다.

이 논문은 산업자원부와 삼화양행의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참고 문헌

- [1] Kwok K.F, Dong P, Cheng K.W.E., Kwok K.W, Ho Y.L, Wang X.X, Chan H, " General study on piezoelectric transformer" PESA 2004. Proceedings. pp. 216 - 220
- [2] Ivensky, G.; Zafrany, I; Ben-Yaakov, S.; "Generic operational characteristics of piezoelectric transformers" PESC, 2000. vol.3 pp. 1657 - 1662
- [3] Ben-Yaakov, S.; Lineykin, S.; " Frequency tracking to maximum power of piezoelectric transformer HV converters under load variations" PESC 2002. Vol. 2, pp. 657 - 662
- [4] Junhui Hu; Ultrasonics "Temperature field of the piezoelectric transformer operating in longitudinal vibration mode" Symposium, 2002. Proceedings. vol.1 pp. 1003 - 1006