

## 로젠형 압전변압기를 적용한 의료용합 플라즈마기기

이강연<sup>1</sup>, 정병균<sup>2</sup>, 박정숙<sup>3</sup>, 박주훈<sup>4</sup>, 정병호<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>조선이공대학교 전기과 교수, <sup>2</sup>서영대학교 임상병리과 교수, <sup>3</sup>남부대학교 간호학과 교수, <sup>4</sup>남부대학교 전기공학과 교수

### Applying Rosen-type PZT plasma generation device for medical applications

Kang-yeon Lee<sup>1</sup>, Byung-Geun Jung<sup>2</sup>, Jeong-sook Park<sup>3</sup>,

Ju-Hoon Park<sup>4</sup>, Byeong-Ho Jeong<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Dept. of Electrical Engineering, Chosun College of Science & Technology

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Medical Laboratory Science, Seoyoung University

<sup>3</sup>Professor, Dept. of Nursing, Nambu University

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Electrical Engineering, Nambu University

**요약** 이온화된 기체인 플라즈마의 의료분야에서 적용은 현재 주로 살균분야에 국한되어 적용되고 있지만 바이오플라즈마기술의 등장으로 그 응용범위가 확대되고 있는 실정이다. 또한, 인체에 직접 조사하거나 비열처리하는 경우에는 정교한 시술을 위해 핸드헬드가 가능한 고밀도 소형화가 요구된다. 변압기로 인한 전자기파 영향이 없고 소형으로 구현이 가능한 형태의 로젠형 압전변압기는 압전효과를 이용한 전기-기계 커플링을 통해 전압변환을 달성하며 상대적으로 에너지밀도를 높일 수 있는 장점으로 휴대용 플라즈마 발생장치에 이용되고 있다. 본 논문에서는 로젠형 압전변압기의 등가회로를 이용한 모델링을 수행하고, 의료용으로 적용가능한 형태의 플라즈마 발생장치를 설계 및 제작하였다. 이를 위해 플라즈마 발생 모듈은 12V 입력전원으로 5.8kV의 출력전압을 발생시키도록 하프브리지 커버터 토폴로지 전력변환장치를 적용하여 고전압 동작하도록 설계하였다. 설계를 통해 제작된 프로토타입을 통해 의료용합형 플라즈마 기기로의 활용가능성에 대해 확인하였고, 이러한 연구결과를 통해 플라즈마 제트 또는 직접조사용 등의 다양한 의료기기로서의 역할을 확보할 것으로 사료된다.

**주제어 :** 플라즈마, 로젠형, 압전효과, 하프브리지, 의료기기

**Abstract** In the medical field, applications of plasma are applied sterilize instruments mainly but with the advent of bio-plasma technology, the scope of application is expanding. Recently, In addition, high-density miniaturization with handheld is required for sophisticated procedures when irradiated directly or treated with non-standard conditions. Rosen-type PZT is a device with a structure that generates high voltage plasma by achieving voltage transformation through electro-mechanical coupling using piezoelectric effect and is used in portable plasma generating devices as an advantage to increase energy density relatively. In this paper, Rosen-type PZT was modeled using equivalent circuits and was carried out and a plasma generating device for medical application was designed and prototype tested. Prototype plasma generating device generates an output voltage of 5.8 kV with 12V input power and is designed to operate at high voltage by applying the half-bridge topology power converter. The results of the study confirmed the availability of various medical devices, such as plasma jets or direct exposure equipment.

**Key Words :** Plasma, Rogen-type, Piezoelectric, Half bridge, Medical instrument

\*This study was supported by research funds from Nambu University, 2019.

\*Corresponding Author : Byeong-Ho Jeong(energy@nambu.ac.kr)

Received November 4, 2020

Revised December 3, 2020

Accepted January 20, 2021

Published January 28, 2021

## 1. 서론

의료분야에서 플라즈마의 적용은 주로 미생물이나 바이러스를 파괴하거나 복제 또는 성장을 억제하는 방법이나 물리적 멸균방식을 사용할 수 없는 의료용 기구 등의 소독과 멸균에 사용되었다[1,2]. 최근에는 살균 뿐만 아니라 바이오플라즈마의 어플리케이션이 확장되면서 의료 산업분야를 주도할 고부가가치 어플리케이션으로 부상하면서 미래 바이오융합시장을 주도 할 블루오션 분야로 주목받고 있다[3-6].

의료용으로 적용되는 플라즈마는 직접조사하는 방식과 플라즈마제트와 같이 불활성 가스를 함께 이용한 비열적 처리(Non-thermal Processing)를 통해 조사하는 방식으로 구분할 수 있으며 비열적 플라즈마는 두 개의 평면 도체를 일정거리에 두고 도체에 고전압을 인가함으로서 전기장  $E = V/d$ 인 조건 하에서 생성되며 이 때 전압의 세기가 대기압에서 방전종지전압 이상이 되면 하전입자(전자)는 전기장  $E$ 에 의해 가속되어 하전입자(전자)가 에너지를 전달받은 후 중성 기체원자 또는 분자와 충돌하며 분자들은 이온화되며 전자와 이온 그리고 중성입자들이 혼합된 플라즈마 상태가 형성된다[7].

압전변압기(Piezoelectric Transformer)는 전자기 계적인 에너지변환으로 인해 자계생성이 없고 자계에 대한 내성을 가지며 높은 효율과 전력밀도의 장점을 가지므로 소형구조에 적합한 특성을 가지므로 소형 의료장치에 활용되는 수십 W 전기용량의 장치에 적합한 부품이며 고전압을 유도하는 핸드헬드타입의 플라즈마 응용장치를 활용하기 위한 의료기기를 설계하기 위해서 압전변압기를 활용하는 것이 효과적이다. 이러한 플라즈마발생장치를 효과적으로 제작하기 위해서 압전변압기를 적용한 승압형 변압기로 전력변환장치를 적용함으로서 정밀의료 기술이 구현 가능한 의료기기를 제작할 수 있다[8].

본 논문을 통해 권선형에 비해 불연성, 박형 구조를 갖는 로젠형 압전변압기를 이용한 고전압변환장치의 설계와 그에 따른 플라즈마의 발생을 통해 상압플라즈마를 활용한 피부, 살균 등의 정밀의료에 적용되기 위한 의료용 플라즈마 발생장치로의 활용가능성을 확인하고자 한다.

## 2. 로젠형 압전변압기

### 2.1 로zen형 압전변압기 동작원리

압전 효과는 결정질 재료에서 기계적 상태와 전기적

상태 사이의 상호 작용에 의해 발생되며 결정 및 세라믹과 같은 전자 기계에 대한 커플링을 제공하며 직접 압전을 통해 전하 변위에 적용된 기계적 힘의 결과로 생성된다[9]. 압전변압기는 기본적으로 변압기구조를 갖는 형상으로 두 개의 압전 소자가 결합된 구조으로 이루어진다. 압전변압기의 압전 효과는 가역적이며 역압전 효과를 통해 기계적으로 적용된 전기장의 결과로 인한 기계적인 변형이 발생하며 납-지르코네이트-티타네이트(Lead Zirconate Titanate, PZT) 기반 재료는 약 0.1[%]가 함유되며 이것들은 매우 정확한 위치변형을 가지고 큰 힘을 생성 할 수 있으며 또한, 피에조 압전장치는 매우 낮은 온도( $0K^{\circ}$ 에 근접)에서 기계 작업을 수행 할 수 있는 장치 중의 하나이다. 압전 효과의 방향은 회로의 방향(면향)과 관련이 있으며 압전 재료의 전기 쌍극자 모멘트와 서로 근처의 쌍극자 경향의 도메인이라는 영역에 정렬된다. Fig. 1은 외부의 전기장이 적용되기 전의 핸드분극과 전기장 인가 후에 일정 방향으로 정렬되는 쌍극자모멘트의 구조를 갖는 압전변압기 재료의 도메인 구조를 나타낸다[10].

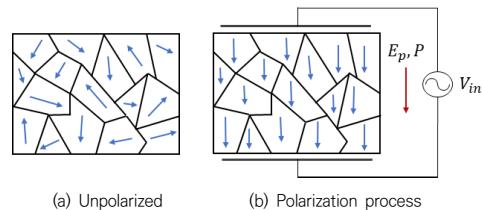


Fig. 1. Polarization of piezoelectric materials  
(PI Piezo technology Co.)

동작 원리는 변압기의 1차 측 섹션에 AC 전압에 의해 여기되고, 여기된 전압은 물리적으로 결합된 구조의 2차 측 섹션의 변형을 통해 전하 변위와 전기적 출력전압을 생성한다. 이러한 압전변압기는 구조, 섹션 크기, 레이어의 두께 등의 설계요소를 통해서 설계된 전압변환은 달성될 수 있고 특정한 부하와 응용장치에 매칭시키는 구조를 갖는다.

로젠형 압전변압기(Rozen-type PZT)의 1차 측과 2차 측 섹션은 막대형 압전변압기 형상의 절반씩을 각각 차지하고 공진 동작은 세로방향을 따라 발생하게 되며 막대의 길이방향에서 음파가 발생한다. Fig. 2는 로젠형 압전변압기의 구조와 동작 형상을 나타낸다[11]. Fig. 2에서 나타낸바와 같이 1차 측 섹션은 수직방향으로 분극되고 수평방향으로 이루어진 2차 측 섹션은 진동과 동일한 방향으로 분극되며 압전변압기의 세라믹 전극은 Fig.

2에서 나타낸 형상과 같이 신장(Elongation)과 압축(Compression)을 통해 전기-기계적인 동작을 수행한다.

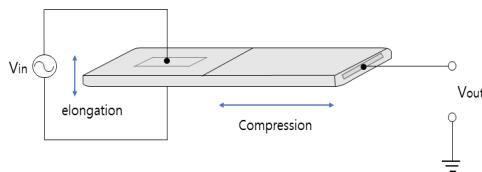


Fig. 2. Structure of Rosen-type PZT

## 2.2 로젠형 압전변압기 모델과 적용

압전변압기의 전자기계 구조는 분산 네트워크 구조와 유사한 형태이고 가장 많이 사용되는 압전변압기의 모델 중 하나는 1946년 메이슨이 제안한 모델이다[12]. 본 논문에서는 단순성과 수학적 해석을 위해 공진모드가 포함된 이 모델을 활용하여 공진모드는 모드의 해석에 최적화된 결과를 유도되며 이 모델은 전기적인 LLC공진탱크로 설명된다. Fig. 3은 로젠형 압전변압기 모델에 대한 등가회로를 나타낸다.

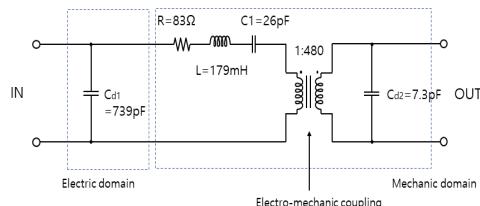


Fig. 3. Equivalent circuit of Rosen-type PZT model

압전변압기에 기반한 컨버터의 동작은 기존의 공진형 컨버터와 유사하며 공진주파수와 연관된다. 공진은 높은 품질의 최적의 주파수 밴드에서 발생하고 공진 탱크의 전력전송을 최대화하기 위해서 부하는 압전변압기의 출력 캐패시턴스  $C_{d2}$ 와 매칭되어야 하므로  $R_{match}$ 과  $C_{d2}$ 는 식 (1)과 같이 쓸 수 있다.

$$R_{match} = \frac{1}{C_{d2}\omega_r} \Rightarrow C_{d2} = \frac{1}{R_{match}\omega_r} \quad (1)$$

파라미터의 식별방법은 다양하며 여기서는 대신호 여자와 기계적인 파라미터의 직접 측정에 기초한 방법을 채택하며 다른 주파수에서 전기적인 여자에 대한 크기와 변위의 위상을 측정한다. 파라미터는 스텝응답에 기초하여 식별될 수 있다. Table 1은 압전변압기의 식별된 파라미터를 나타낸다.

Table 1. PZT parameters

No.	R1 [Ω]	L1 [mH]	C1 [pF]	C01 [pF]	C02 [pF]
1	82.34	182.55	25.31	728.33	6.89
2	79.16	174.31	26.21	720.61	7.53
3	86.95	180.14	25.71	767.88	7.39
Average	82.82	179.00	25.74	738.94	7.27

압전 효과는 가역적이며 역압전 효과를 통해 기계적으로 적용된 전기장의 결과로 인한 기계적인 변형이 발생한다. 납-지르코네이트-티타네이트의 PZT기반 재료가 약 0.1[%]가 함유되며 이들은 매우 정확한 위치변형을 가지고 큰 힘을 생성 할 수 있으며 매우 낮은 온도(0K°에 근접)에서 기계 작업을 수행 할 수 있는 장치 중의 하나이다[13].

적용된 압전변압기의 크기는 2mm×6mm×50mm으로 600 [mm³]이며 0.6[cm²]의 부피를 가지며 최대출력이 11.0W값으로 전력밀도는 18.3W/cm³이다. Fig. 3은 로젠형 압전변압기의 외형을 나타낸다.

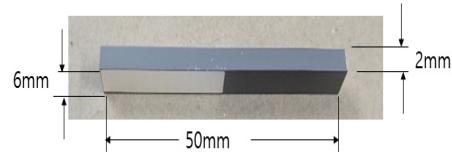


Fig. 4. Rosen-type PZT external specification

## 3. 플라즈마 고전압설계

### 3.1 전기적 플라즈마

전기적인 방전에 의한 플라즈마 발생방법은 플라즈마 발생 중 가장 보편적인 방식이며 전하 간 전위의 시간변화에 따라서 여러 가지로 분류할 수 있다[14]. 이러한 방전을 이용한 저온플라즈마 발생 장치는  $O_3$  발생장치, 플라즈마 집진 장치, 유해가스 처리 장치 등의 용도에 따라 다양한 형태로 활용된다. 방전에 의한 저온플라즈마 생성방법에는 전극간의 고전압을 직접 인가하는 방법, 유전체 장벽을 이용한 무성방전, 유전체 장벽내부 또는 표면에 선띠형의 방전 전극을 부착한 연면방전을 이용하는 방법 등이 있다.

식 (2)의 반응식은 플라즈마의 생성에 따른 이온화과정을 나타내며 하전입자를 전장(Electric Field)에 의해

가속시켜 하전 입자에 에너지를 전달시킨 후 중성기체원자 또는 분자와의 충돌(비탄성충돌)에 의한 플라즈마 생성과정을 나타낸다.

$$q + A \rightleftharpoons A^+ + e + q \quad (2)$$

여기서,  $q$ 는 이온, 중성원자, 전자 또는 광자 중 하나의 요소이며 주로 전자가 이용되며 전체적으로는 전기적인 중성이지만 부분적으로는 이온화된 요소로 이루어진 상태를 나타낸다. 이때, 전리에 필요한 전기에너지지는  $5\sim25\text{eV}$ ( $1\text{eV}=1.602 \times 10^{-19}\text{J}$ )이다.

직류방전 플라즈마는 전극에 일정전압 이상을 인가하여 방전에 의해 생성시킨 플라즈마로 상대적으로 약 10,000K 정도의 고온의 플라즈마 생성에 이용되며 대기 압에서 직류방전 플라즈마는 전기용접, 절단 등에 이용되며, 각종 저압 직류방전은 기체 빔 여기 등에 사용된다. Fig. 5는 직류방전에 따른 I-V특성을 나타낸다.

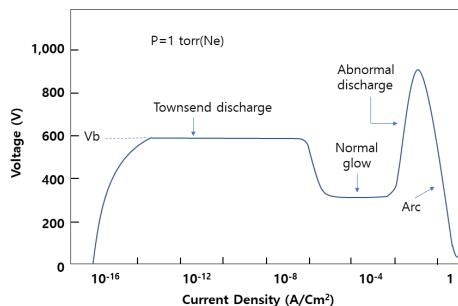


Fig. 5. I-V Characteristics in DC HV discharge

의료용으로 적용되는 플라즈마 중에서 직접 조사하는 경우는 비열적 플라즈마를 생성시켜 활용하게 되는데 비열적 플라즈마의 생성은 하전입자(전자)는 전기장 E에 의해 가속되어 하전입자(전자)가 에너지를 전달받은 후 중성 기체원자 또는 분자와 충돌하며 원자 및 분자들은 이온화되며 전자와 이온 그리고 중성입자(분자와 원자)들이 혼합된 플라즈마 상태가 된다[15]. 따라서 발생된 플라즈마에 중성기체를 인가하는 관로의 규격과 압력의 강도를 고려하여 어플리케이션에 따라 조정해야 한다.

### 3.2 압전변압기 기반 전력용 컨버터

공진형 변환기의 특징 중 하나는 스위칭 손실과 스위칭 스트레스를 현저히 감소시키는 소프트 스위칭 작동을 이용할 수 있다. 압전변압기는 다양한 컨버터 토플로지(Converter Topology)에 의해 구동될 수 있으며, 푸시

풀(Push-pull), 하프 브리지(Half-Bridge), 클래스E(Class-E) 등의 토플로지가 활용된다. 이 중, 푸시 풀 토플로지는 높은 승압 비율과 단순한 제어 요건으로 인해 주로 승압형 애플리케이션에 사용되며 클래스E와 하프브리지 토플로지는 강압형 애플리케이션에 더욱 적합하며 하프브리지는 클래스E 보다 높은 전력 레벨을 처리에 더욱 적합하다. 이러한 토플로지들은 모두 소프트스위칭 동작을 달성하기 위해 추가적인 유도성 부품을 필요로 하는 단점을 가지며 또한, 다양한 충전 펌프 토플로지(Charge-Pump Topology)가 있어 소프트 스위칭과 역률제어(PFC) 기능을 제공하지만 압전변압기에 대한 사양에 따른 요구조건이 복잡하다.

인덕터가 없는 하프 브리지 토플로지는 최적화된 압전변압기의 소프트 스위칭을 통해 손실없는 스위칭 기능을 제공할 수 있고 상대적으로 부피가 큰 직렬 인덕터를 제거할 수 있다면 회로의 복잡성과 구성 요소 수가 줄어들어 더욱 콤팩트화된 전력 변환기의 설계가 가능하다. 압전변압기에 기반한 전력용 컨버터는 기본적으로 전기-기계식 공진탱크를 통해 전기 에너지를 변환하는 능력을 갖춘 공진형 컨버터가 활용되고 이 방식은 기존의 전자기적인 특성에 기반한 정전형 공진탱크를 사용하는 공진변환기와는 대조적인 형태이다. 압전변압기에 적용되는 공진형 변환기의 특징 중 하나는 스위칭 손실과 스위칭 스트레스를 현저히 감소시키는 소프트 스위칭 작동을 이용할 수 있다. Fig. 6은 로젠형 압전변압기에 기반한 전력용 하프브리지 컨버터의 회로도를 나타낸다.

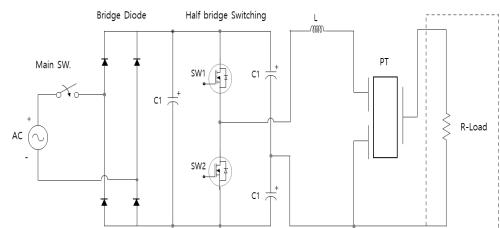


Fig. 6. Half bridge converter with Rosen-type PZT

### 3.3 하프브리지 토플로지 동작원리

공진형 스위칭 제어기법은 전체 스위칭 주기에서 공진을 활용하는 반면에 소프트-스위칭 제어기법은 반도체 스위칭 디바이스의 스위칭 특성을 개선시키기 위한 스위칭 전환 시간에 제한해서 공진 동작을 수행한다. 스위칭 전환이 완료된 후, 컨버터는 PWM(Pulse Width Modulation) 모드로 다시 복귀하게 되며 공진 동작이 스위칭 도통 시에만 포함되기 때문에 공진형 부품들의

파라미터는 공진형 컨버터의 구성을 위해서보다 중요하지 않으며 스위칭 주파수가 고정되기 때문에 EMI 필터의 최적화가 간편하다. 공진전류는 충분한 크기의 위상변화(유도성 동작)를 가지고 있어 소프트스위칭을 달성하며, 여기서 스위치는 영전압스위칭(ZVS)에서 동작하도록 제어된다. 또한 충분한 데드타임이 스위치들 사이에 공급되므로 공진 전류가 Fig. 6의  $C_{di}$ 을 충전 및 방전을 명확히 따르도록 할 수 있으며, 스위치가 턴 온 하기 전에 입력전압  $V_{in}$ 이 공급 레일에 도달한다. Fig. 7은 하프브리지 동작파형을 나타내며 공진주파수보다 약간 높게 작동하여 유도 동작과 에너지 반향을 극대화시키는 인덕터 없는 하프브리지의 정상상태 동작을 나타낸다.

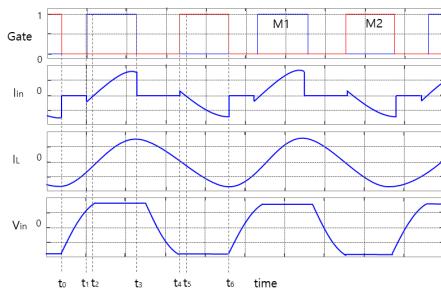


Fig. 7. Half bridge operation waveforms

Fig. 6의 회로는 6개의 동작 모드가 있으며, 다음과 같은 주기로 구분할 수 있다.

- ①  $t_0 - t_1$  : 이 기간 동안 두 개의 스위치가 모두 꺼지고 역 공진전류  $I_L$ 이 입력 캐패시터  $C_{di}$ 을 충전
- ②  $t_1 - t_2$  : 입력 캐패시터  $C_{di}$ 이 공급 전압으로 충전되면  $M_1$ 의 차체 다이오드는 역 공진전류  $I_L$ 을 실행하고 이 기간 동안  $M_1$ 이 켜져서 ZVS를 달성
- ③  $t_2 - t_3$  :  $t_2$ 에서 공진전류  $I_L$ 이 반전되고, 스위치  $M_1$ 이 공진전류  $I_L$ 을 전도하여 공진 탱크로 에너지를 전달
- ④  $t_3 - t_4$  :  $t_3$  스위치에서  $M_1$ 이 꺼지고 공진 전류  $I_L$ 이 입력 캐패시터  $C_{di}$ 을 충전
- ⑤  $t_4 - t_5$  : 입력 커버시터  $C_{di}$ 이 완전히 방전되면  $M_2$ 의 차체 다이오드는 공진전류  $I_L$ 을 실행하고 이 기간에는  $M_2$ 가 ON되어 ZVS를 달성
- ⑥  $t_5 - t_6$  :  $t_5$ 에서 공진 전류  $I_L$ 은 반전되고 공진 전류  $I_L$ 은 스위치  $M_2$ 를 통해 자유 회전한다. 주기는

$t_6$ 에서 종료되며, 여기서  $M_2$ 가 OFF되고 새로운 주기가 시작

스위치는  $t_1 - t_2$ 와  $t_4 - t_5$  사이의 시간 내에 켜져야 하므로 ZVS 기능을 활용하기 위해 게이트 신호에 충분한 데드타임을 제공해야 한다.

### 3.4 시뮬레이션

National Instruments상의 MultiSim Live를 이용하여 하프브리지 토플로지를 시뮬레이션 수행하였고 회로토플로지는 12V, 25W급 하프브리지 동작으로 시뮬레이션을 설정하였다. Fig. 8은 시뮬레이션 토플로지를 나타낸다.

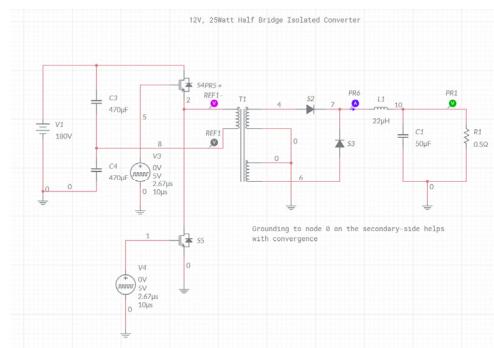


Fig. 8. Half bridge topology for simulation

Fig. 9는 시뮬레이션 결과 출력파형을 나타낸다.

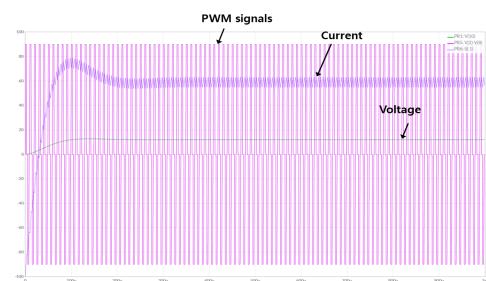


Fig. 9. Simulation output waveforms

설계 관점에서 압전변압기 설계를 평가하고 소프트스위칭 작동을 달성하는 요건을 충족하기 위해 소프트 스위칭 능력을 측정하는 것이 바람직하다. 압전변압기의 소프트스위칭 능력은 복합 파라미터 모델에서 식 (6)과 같이 유도할 수 있다

$$V_p' = \frac{1}{n^2} \frac{C_{d2}}{C_{d1}} \frac{36\sqrt{6}}{9\pi^2} \eta \quad (6)$$

식 (6)은 공진회로의 전력전달을 최대화하기 때문에 부하와의 매치를 가정하며, 이는 소프트스위칭 기능을 위한 최악의 조건이고 위의 식에 명시되어 있는 것은 소프트스위칭 팩터 또는 ZVS 팩터로 알려진 특정 PT 모델 파라미터 집합에 대해 얻을 수 있는 최대 소프트 스위칭 능력을 나타낸다. 식 (6)에 따르면 모델의 몇 가지 파라미터만이 ZVS 팩터에 영향을 미치기 때문에 단순하며 최적화되어 있기 때문에 소프트 스위칭 작동을 위해서는 최소 1.4의 ZVS 팩터가 필요하다.

#### 4. 실험결과

인덕터없는 하프브리지 토템로지는 단순한 구조를 가지며 소프트스위칭의 동작운영이 용이하지만 소프트스위칭 원리와 풀 브리지와 같은 토템로지를 위한 압전변압기의 사양에 대한 요구조건은 동일하다. 그러나 역률제어 충전 펌프 토템로지의 경우 외관상 기생 입력 캐패시턴스가 증가하므로 압전변압기의 소프트스위칭 기능에 대한 요구조건이 더 높아진다. Fig. 10은 교류입력전원을 브리지다이오드를 통해 정류동작을 수행하는 정류기회로를 나타낸다.

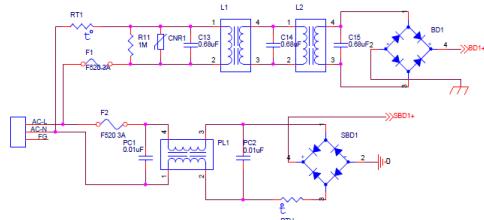


Fig. 10. AC-DC bridge rectifier

Fig. 11은 하프브리지에 적용되는 MOSFET드라이브 회로를 나타낸다.

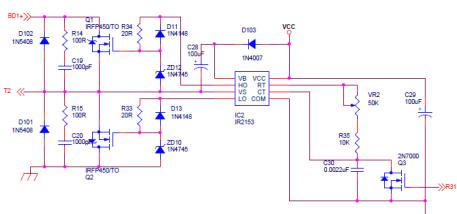


Fig. 11. MOSFET driver and power circuits

Fig. 12는 출력전압 검출 및 피드백회로를 나타낸다.

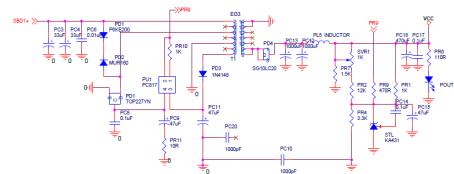


Fig. 12. Output voltage detection and feedback circuit

Fig. 13은 전원으로 사용되는 9V배터리 전원을 이용하여 승압형 컨버터를 통해 12V 직류전압을 인가해주기 위한 전력부의 출력파형을 나타낸다. 입력전원은 9.6V이며 출력은 12V의 출력을 나타낸다.

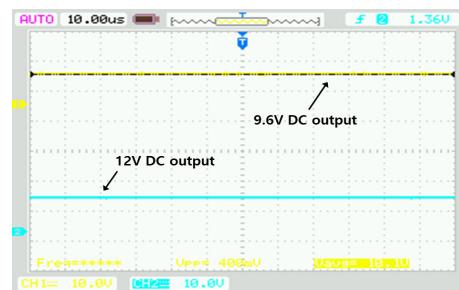


Fig. 13. 9V battery input and 12V output voltage waveforms

Fig. 14는 압전변압기를 적용한 플라즈마발생장치의 출력파형을 나타내고 있으며 고전압프로브를 이용하여 측정한 결과 5.8kV의 출력전압을 나타낸다.

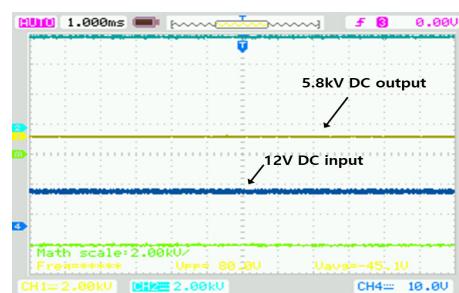


Fig. 14. 5.8kV high voltage output waveforms

Fig. 15는 플라즈마발생을 위한 프로토타입의 형상과 구조를 나타낸다. 콤팩트한 형태의 구조로 플라즈마제트를 발생시키기 위한 가스주입 구조를 갖도록 설계하였다.



Fig. 15. Plasma generation prototype with PZT devices

제작된 프로토타입은 핸드헬드형태로 제작가능한 구조로 설계하였고 의료목적의 어플리케이션을 구현하도록 PZT의 활용을 최적화하였다.

## 5. 결론

로젠형 압전변압기 구동용 공진형 전력변환장치의 설계방법과 시제품 제작을 통해 5.8kV 직류 발생에 따른 플라즈마의 의료기기의 적용가능성을 확인하였다. 간단한 구조, 높은 효율, 높은 전력밀도를 가지며 자제생성이 없는 로젠형 압전변압기를 적용한 공진변환장치와 소프트스위칭의 특성을 갖는 전력변환장치를 통해 압전변압기에 기반한 의료에 적용가능한 핸드헬드형 플라즈마 발생장치의 설계와 성능을 검증하였다. 향후 플라즈마를 이용한 스킨케어 기기, 의료용 상처치료기 등 다양한 의료용 제품개발에 활용하여 그 성능과 의료기기적인 효과를 검증하여 플라즈마 장치의 활용가능성을 확인해보자 한다.

## REFERENCES

- [1] M. Babija, T. Gotszalka, Z.W. Kowalskia, K. Nitscha, J. Silberringb & M. Smoluchb (2014). Atmospheric Pressure Plasma Jet for Mass Spectrometry. *Proc. of the 8th International Conference NEET 2013, Zakopane, Poland*, 1821-2013.  
DOI: 10.12693/APhysPolA.125.1260
- [2] M. J. Johnson, D. R. Boris, T. B. Petrova & S. G. Walton. (2019). Characterization of a Compact, Low-Cost Atmospheric-Pressure Plasma Jet Driven by a Piezoelectric Transformer. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 47(1), 434-444.  
DOI: 10.1109/TPS.2018.2870345
- [3] C. Nadal, F. Pigache & J. Erhart. (2016). Modeling of a Ring Rosen-Type Piezoelectric Transformer by Hamilton's Principle. *Actuators 2016*, 5-12.  
DOI: 10.1109/TUFFC.2014.006719
- [4] D. Vasic, F. Costa & E. Sarraute. (2006). Piezoelectric Transformer for Integrated MOSFET and IGBT Gate Driver. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, 21(1), 56-65.  
DOI: 10.1109/TPEL.2005.861121
- [5] G. Spiazzi & S. Buso (2004). Analysis of Instabilities in Piezoelectric Transformers Driving Cold Cathode Fluorescent Lamps. 2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2725-2730.  
DOI: 10.1109/PESC.2004.1355263
- [6] PIEZO TECHNOLOGY. (2002). *Piezoelectric Ceramic Products FUNDAMENTALS, CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS*, PI Ceramic GmbH.  
<https://www.piceramic.com/>
- [7] S. J. Choi, K. C. Lee & B. H. Cho. (2005). Design of Fluorescent Lamp Ballast With PFC Using a Power Piezoelectric Transformer. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, 52(6), 1573-1581.  
DOI: 10.1109/TIE.2005.858726
- [8] M. S. Roedgaard, M. Weirich & M. A. E. Andersen. (2011). Forward Conduction Mode Controlled Piezoelectric Transformer based PFC LED Drive. *IEEE transactions on power electronics*, 28(10), 4841-4849.  
DOI: 10.1109/TPEL.2012.2233499
- [9] M. S. Rødgaard, T. Andersen, M. A. E. Andersen & K. S. Meyer. (2012). Design of Interleaved Interdigitated Electrode Multilayer Piezoelectric Transformer utilizing Longitudinal and Thickness Mode Vibrations. *IEEE International Conference on Power and Energy (PECon)*, 2-5.  
DOI: 10.1109/PECon.2012.6450243
- [10] P. Anipireddy & C. Babu. (2014). Modeling and Simulation of Three Level Piezoelectric Transformer Converters. *Anipireddy and Babu, Adv Robot Autom 2013*, 3(2).  
DOI: 10.4172/2168-9695.1000120
- [11] C. Tendero, C. Tixiera, P. Tristanta, J. Desmaisona & P. Leprinse. (2006). Atmospheric pressure plasmas: A review. *Atomic Spectroscopy*, 61(1), 2006, 2-30.  
<https://doi.org/10.1016/j.sab.2005.10.003>
- [12] L. Gan, S. Zhang, D. Poorun, D. Liu, X. Lu, M. He, X. Duan & H. Chen. (2018). Medical applications of nonthermal atmospheric pressure plasma in dermatology. *JDDG, J. Deutschen Dermatol. Gesellschaft*, 16(1), 7-13.  
DOI: 10.1111/ddg.13373
- [13] Y. Yang & L. Tang. (2009). Equivalent Circuit Modeling of Piezoelectric Energy Harvesters. *JOURNAL OF INTELLIGENT MATERIAL SYSTEMS AND STRUCTURES*, 20, 2223-2235.  
DOI: 10.1177/1045389X09351757
- [14] C. Covaci & A. Gontean. (2020). Piezoelectric Energy Harvesting Solutions: A Review. *Sensors 2020*, 20, 1-37.  
DOI: 10.3390/s20123512
- [15] A. Bybi, H. Drissi, M. Garoum & A. C. Hladky-Hennion. (2019). One-Dimensional Electromechanical Equivalent Circuit for Piezoelectric Array Elements. *Advances in Science, Technology & Innovation*, 3-9.  
DOI: 10.1007/978-3-030-05276-8\_1

이 강 연(Kang-Yeon Lee)



[정회원]

· 1999년 2월 : 조선대학교 전기공학과 (공학석사)  
· 2005년 2월 : 조선대학교 전기공학과 (공학박사)

· 2014년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학교 전기과 교수  
· 관심분야 : 신재생에너지, 전력전자, 의

료융합

· E-Mail : space122@cst.ac.kr

정 병 균(Byung-Geun Jung)



[정회원]

· 1993년 2월 : 전남대학교 일반대학원 생물학과 (이학석사)  
· 1996년 2월 : 전남대학교 일반대학원 생물학과 (이학박사)  
· 1995년 3월 ~ 현재 : 서영대학교 임상 병리학과 교수  
· 관심분야 : 의공융합, 면역학, 분자생물학

· E-Mail : jungbk9@naver.com

박 정 숙(Jeong-sook Park)



[정회원]

· 1996년 2월 : 원광대학교 약학과 (약 학석사)  
· 2002년 2월 : 원광대학교 약학과 (약 학박사)  
· 2006년 3월 : 남부대학교 대체의학과 교수  
· 2014년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 간호

학과교수

· 관심분야 : 생약학, 대체의학, 의료융합  
· E-Mail : pk0207@nambu.ac.kr

박 주 훈(Ju-Hoon Park)



[정회원]

· 1998년 2월 : 동신대학교 물리학과(이 학사)  
· 2000년 2월 : 동신대학교 대학원 물리 학과(이학석사).  
· 2006년 2월 : 전남대학교 대학원 광공 학과(공학박사).  
· 2005년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 전기

공학과 교수

· 관심분야 : 의료기기, 의공학, 의광학  
· E-Mail : jhpark@nambu.ac.kr

정 병 호(Byeong-Ho Jeong)



[정회원]

· 1999년 8월 : 조선대학교 전기공학과 (공학석사)

· 2006년 8월 : 조선대학교 전기공학과 (공학박사)

· 2006년 9월 ~ 2009년 2월 : (주)기영미 다스 선임연구원

· 2009년 3월 ~ 현재 : 남부대학교 전기

공학과 교수

· 관심분야 : 의공융합, 전력전자공학, 신재생에너지

· E-Mail : energy@nambu.ac.kr