

풀 디지털 High Frequency 정현파 전원장치 개발

안 준 선*

A Study On the Development of Fully-digitalized High Frequency Sine Wave Power Supply

Joon-seon Ahn*

요 약 본 논문은 의료기기용 고주파 수술기 및 RF 통신장치 등에 사용되는 high frequency 정현파 전원장치의 디지털화에 관한 연구로 고주파 수술기의 경우 절개의 깊이를 사용자가 임의로 설정할 수 있고, 동작 모드에 따라 절개와 응고를 한 장치로 시술하는 것이 가능하여 그 사용이 증가 추세에 있으나 기존의 고주파 수술기의 경우 핵심 부품이 전량 수입에 의존해야 하는 진공관으로 구성되어 있어 회로의 구성과 유지보수의 측면에서 어려움이 있으며 핵심 부품을 전량 수입하여야 함에 따라 단가의 상승을 피할 수 없어 디지털화 한 대체 기술의 개발 필요성이 매우 크다 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 고주파 수술기에 사용되는 high frequency 정현파 전원장치를 디지털화한 전원장치를 제안하고 실험을 통해 그 성능을 입증 하였다.

Abstract In this paper, we deals with the digitization of high frequency sine wave power supply using power source of high frequency surgical equipment and RF device. High frequency surgical equipment has been using commonly on medical surgery because of its merits such as programmable depth of incision, availability of incision and coagulation in the same device, increasing the usability on surgical side. However, the core part of the device is consists of vacuum tubes which are expensive, not ease to use and must be imported, therefore it is inevitable of high prices, forces to develop the fully digitized alternative technology. The fully digitized high frequency sine wave power supply for surgical device is proposed and verified by experimental results.

Keywords : high frequency sine wave power supply, LLC converter, Resonant Converter

1. 서론

현재 의료기기 시장에서 각광받는 주요 의료기기 중 하나가 고주파 수술기이다. 고주파 수술기는 종래의 수술 시 사용하던 의료용 매스를 대체하는 장비로서 기존의 매스가 수행하는 절개 기능 뿐 아니라 동작 모드에 따라서 절개 및 응고 모드, 혼합모드, 고주파요법 모드 등의 다양한 모드에서의 시술이 한 장비에서 가능하기 때문에 그 사용이 점차 확대되는 추세에 있다.

하지만 고주파 수술기는 동작 원리 상 고압의 정현 고주파 전원이 필요하며 종래에는 이러한 고주파 전원장치를 진공관을 이용한 수MHz 급의 정현파 전원장치로 구성하는 것이 일반적이었으나, 진공관 수급의 어려움과 유지보수의 문제 등으로 인해 그 사용의 확대에 걸림돌이 되었던 것 또한 사실이다.

따라서 본 논문에서는 이러한 어려움을 극복하고, 사용자에게 좀 더 다양한 동작모드를 제공하기 위해 기존의 전원장치를 개선한 고 주파수 정현파

This work was performed by the 2015 year, school funding of Osan University.

* Corresponding Author : Department of Electrical Engineering, Osan University

Received June 01, 2016

Revised June 20, 2016

Accepted June 21, 2016

전원장치를 공진형 방식을 적용하여 2MHz급의 정현파 전원장치를 개발하였으며, 실험을 통해 그 동작을 검증 하였다.

2. 2MHz급 공진형 정현파 전원장치의 구성

그림 1에 개발 대상인 2MHz급 정현파 전원장치의 구성을 나타내었다. 입력 단은 전압 조절을 위한 풀브리지 인버터와 고주파 변압기 및 LC 필터로 구성되어 있으며, 출력단은 2MHz 정현파 출력을 위한 공진형 인버터로 구성되어 있다.

공진형 인버터는 phase-shift 방식을 이용하여 구동되며 공진회로의 구성을 위해 공진 인덕터, 고주파 변압기 및 고속 구동 드라이버부로 구성되며, 다양한 운전모드의 구현을 위한 정밀한 파워 제어 알고리즘을 개발하여 적용하였다.

또한 제어회로의 구동을 위한 별도의 전원을 개발하여 적용 하였으며, 전력변환회로의 보호를 위한 과전류, 과전압, 과열 및 단락 보호회로를 구성하여 적용하였다. 표 1에 본 연구에서 개발한 주요 시방을 정리하였다.

출력 시방을 만족시키기 위해서는 공진 시정수의 설정이 매우 중요하며, 이는 오차 보정방식으로 그 값을 선정 하였으며 그 결과는 표 2와 같다.[1]~[3]

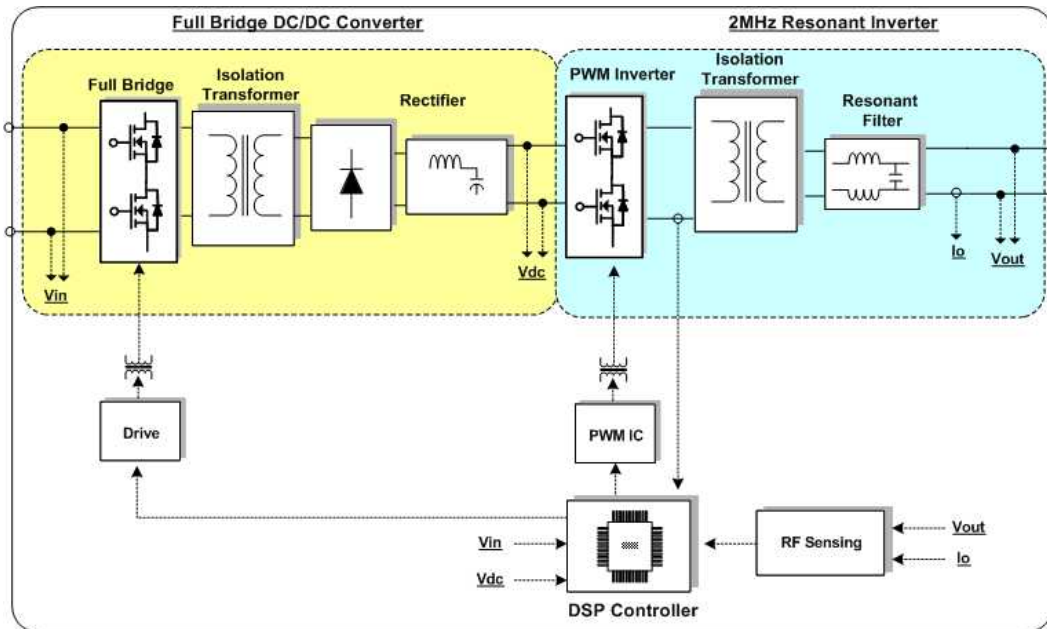


그림 1. 2MHz급 LLC정현파 전원장치의 구성도
 Fig. 1. Block Diagram of 2MHz LLC Sine Wave Power Supply

표 1. 2MHz급 정현파 전원장치의 주요 기술 개발 내용
Table 1. The Specification of 2MHz Sine Wave Power Supply

항 목	내 용	범 위
DC-DC 컨버터	입력전압	250~400[V _{dc}]
	출력전압	50~150[V _{dc}]
	스위칭 주파수	40[kHz]
	정격출력	350[W]
공진형 인버터	출력전압	0~400[V _{rms}], Sine Wave
	스위칭 주파수	2[MHz]
	부하범위	100~1000[Ω]
	정격출력	300[W]@300[Ω]
제어 시방	DC-DC converter	가변전압제어
	공진형 인버터	Phase Shift PWM
		일정 전력 제어 최대전압제한제어
보호 기능	DC-DC converter	OC, OV
	공진형 인버터	OC, OV, OTH, SC

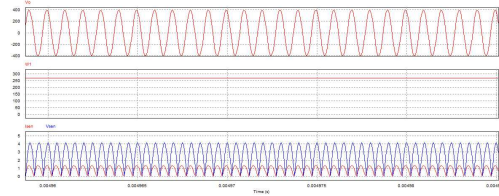


그림 3. 시뮬레이션 결과파형 (CH1: 출력전압 (200V/div), CH2: 출력전력(100W/div), CH3: 출력 전압 및 전류(1V/div, 1A/div))

Fig. 3. Simulation Results (CH1: Output Voltage(200V/div), CH2: Output Power(100W/div), CH3: Output Voltage and Current(1V/div, 1A/div))

표 2. 공진 시정수의 선정
Table 2. The Resonant Time constant

항 목	내 용	범 위
공진 시정수	L	3.45[μH]
	C ₁	3.3[nF]
	C ₂	6.6[nF]
	C ₃	9.9[nF]
	C _t	1.8[nF]
	F _c	2.0196[MHz]

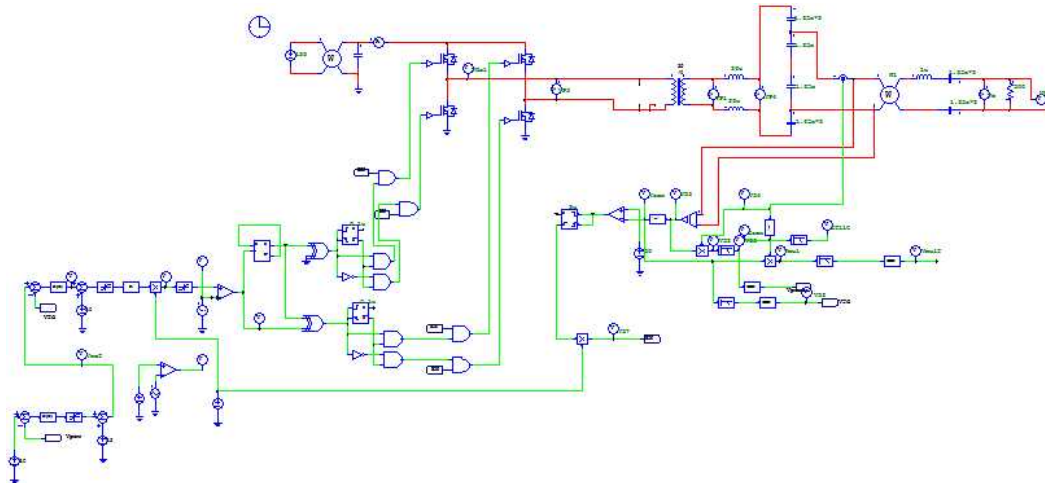


그림 2. 시뮬레이션 모델
Fig. 2. Simulation Model using PSIM

3. 시뮬레이션 및 실험

3.1. 시뮬레이션

설계 검증을 위한 컴퓨터 시뮬레이션은 PSIM을 이용하여 진행 하였으며 그 모델은 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 시뮬레이션 모델은 2MHz phase-shift 제어 로직과 출력 인버터 및 부하부로 구성되어 있으며 출력전압의 정밀한 제어를 위한 feed-back 제어부를 포함하고 있다.

시뮬레이션 수행 결과는 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 출력 전압 및 출력전력은 설계치를 만족시키고 있음을 알 수 있다.

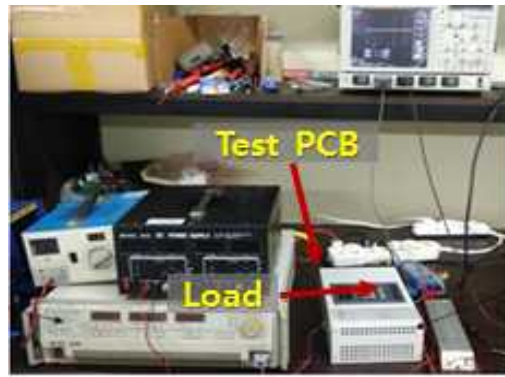
3.2. 실험

제안된 시스템의 타당성을 검증하기 위해 실 실험 set을 제작하였다. 그림 4의 (a)에 제작된 실험용 set을, (b)는 실험 장치 setup을 나타낸다. 전원 입력은 실 사용환경과 동일한 전압의 입력을 위해 가변 DC power supply를 사용하였으며, 고주파 수술기의 사용 환경을 감안하여 부하는 고정 watt 저항을 사용하였다.

그림 5에는 실험 결과를 나타내었다. 그림 5의 (a)에서 보는 바와 같이 phase-shift logic 출력이 설계치인 2MHz로 출력되고 있음을 알 수 있다. 그림 5의 (b)와 (c)에는 입력 전압변동에 따른 출력전압 및 전류 파형을 나타내었으며 이 역시 입력전압 설계치의 변동 내에서 출력 전력이 일정하게 잘 유지되고 있음을 보이고 있다.



(a) 2MHz Sine Wave Power Supply Setup



(b) Experimental Setup

그림 4. 실험 장치 Setup
Fig. 4. Experimental Set-up

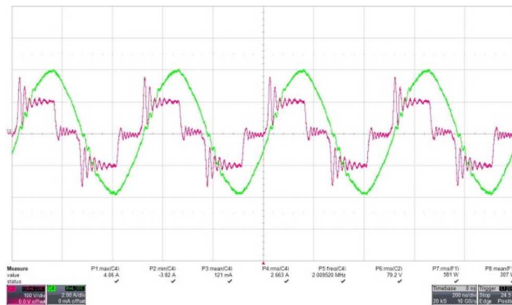
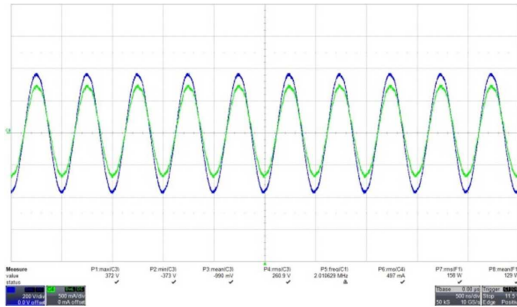
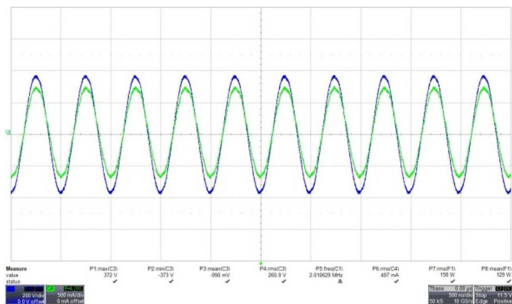


그림 5. 실험 결과 (ch1-적색: 변압기 출력전압(200V/div), ch2-녹색: 변압기 출력전류(500mA/div)
Fig. 5. Experimental Output Waveforms (ch1_red: Voltage Waveform(100V/div) and ch2_green: current waveform(2A/div) of Transformer)



(a) @ 100Vdc Input Voltage



(b) @ 150Vdc Input Voltage

그림 6. 실험 결과 (ch1-청색: 출력전압(200V/div), ch2-녹색: 출력전류(500mA/div)

Fig. 6. Experimental Output Waveforms (CH1: Output Voltage(200V/div, blue), CH2: Output current(500mA/div, green)

4. 결론

본 연구에서는 고주파 수술기의 핵심 장치인 고주파수 정현파 전압원의 개발에 대해서 다루었으며 2MHz급 공진형 방식의 인버터를 적용하여 일정 전력제어를 수행하는 시스템을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

향후 부하변동 및 입력전압의 급격한 변동에 대한 다이내믹스를 확보할 수 있는 제어방식에 대한 연구를 수행할 예정이다.

REFERENCES

[1] L.Grajales, F.C.Lee, "Control system design and small-signal analysis fo a phase-shift-controlled series-resonant inverter for

induction heating," pp 450-456, vol.1, 26th annual record of PESC, 1995.

[2] L.Grajales, J.A.Sabate, K.R.Tabiz, et. al, M. Ott, "Design of a 10kW, 500kHz phase-shift controlled series-resonant inverter for induction heating," pp.843-849, conference record of IAS annual meeting, 1993.

[3] B.Y.Chen,Y.S.Lai, "Switching Control Technique of Phase-Shift-Controlled Full-Bridge Converter to Improve Efficiency Under Light-Load and Standby Conditions Without Additional Auxiliary Components," pp.1000-1012, vol.25, issue 4, IEEE Transactions on Power Electro- nics, 2009.

저자약력

안준선(Joon-seon Ahn)

[회원]



- 1993년 한양대학교 전기공학과 졸업.
- 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박).
- 2008년~현재 오산대학 전기과 부교수

<관심분야>

전력전자, 전동기제어