

직렬공진에 의한 피부 수술기 개발

Development of skin surgical machine by series resonance method

이오걸*, 김상주**

Oh-Keol Lee*, Sang-Ju Kim**

* 동의공업대학 전기전자계열, **코아시스템

Abstract

Electricity living body formation operation appliance is using most imports until present. And, because electricity living body formation operation appliance is too expensive, it becomes burden to buy in small scale hospital. Also, problem that economical damage by income is added follows.

Therefore, this treatise developed electricity living body formation operation appliance by home production. Ultra high frequency eruption circuit used LC circuit, and output frequency is possible to 8 [MHz], and output voltage amplified maximum 800 [V]. This operation appliance could display size of fixed current. This developed product could microscopic operation fewer than 1 [mm]. This development technology is considered by do metallic surface heat treatment, melting, welding, induction heating device and that can apply to domestic animals surgical operation and so on.

Key Words : Ultra high frequency, LC circuit, blood solidifying machine

1. 서 론

지금 까지 전기식 생체 조직 수술기는 대부분 수입에 의존하여 각 병원에서 사용하고 있는 실정일 뿐만 아니라 거의 대부분 고가의 장비이어서 소규모의 병원에서는 갖추는데 상당한 부담이 따르는 실정이다. 이를 보다 저렴하면서도 기존의 수입 제품보다 우수한 성능을 발휘할 수 있는 국산화 생체 조직 수술기가 필요로 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 고속파워 드라이브 회로를 채택하여 출력전압의 조정에 의해 안정한 전류제어가 가능하도록 하고, 인체에 충격방지 보호 회로를 추가하여 조직 절개 시 출혈을 순간적으로 응고시켜 안전하게 활용할 수 있도록 하는 전기식 생체 조직 수술 의료기기를 개발하고자 한다. [1-5]

본 전기식 생체 조직 수술기의 기능은 초고주파 발전 회로로 LC회로를 이용하여 8(MHz)까지 출력이 가능하도록 하고, 출력전압을 약 800(V)까지 증폭하여, 보다 피하조직을 절개할 때 보다 빠르게 되면서 매끈하게 절개되도록 하여 수술 후 완치하는데 걸리는 시간이 최대한 단축되도록 하고, 출력전류의 크기를 필요한 량만큼 일정하게 출력할 수 있도록 제어회로를 구성하고 절연

트랜스와 Coil을 이용하여 인체와 전원 사이를 전기적으로 절연시켜 상용전원의 누설전류를 차단하고 고주파 전류만 인체에 인가하도록 하여 그만큼 안정한 회로로 구성한다.

2. 제품의 개발 구성

(1) 기술개발

가. 개발개요

본 초고주파 혈액 응고기는 전자식 인버터 구동에 의해 1~10 [MHz]의 초고주파 전기장을 이용하여 피부의 치료용 및 생체조직 절개 시 혈액을 응고시킴과 동시에 피부 절개 작업을 병행하여 수술시간을 그만큼 단축할 수 있도록 하는 의료기기를 개발하고자 한다.

나. 개발기술의 필요성

지금 까지 생체 조직 수술기는 대부분 수입에 의존하여 각 병원에서 사용하고 있는 실정일 뿐만 아니라 거의 대부분 고가의 장비이다.

이를 보다 저렴하면서도 기존의 수입 제품보다 우수한

성능을 발휘 할 수 있는 국산화 생체 조직 시술기가 필요로 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 PLL제어 방식을 채택하여 출력 전압의 조정에 의해 안정한 전류제어가 가능하도록 하고, 인체에 충격방지 보호 회로를 추가하여 조직절개 시 출혈을 순간적으로 응고시켜 안전한 의료기기로 활용할 수 있도록 할 필요가 있다.

다. 기술개발의 목적

현재 국내에 개발되어 있는 생체 조직 시술기는 거의 외국산을 각 병원에서 사용하고 있는 실정이며, 또한 가격이 고가이어서 개인 병원에서는 구비되어 있지 않은 의원이 많이 있다.

따라서 본 연구에서는 PLL제어 방식에 의한 초고주파 인버터 회로로 출력을 용이하게 제어가 가능하도록 하고, 초고주파 전기장을 이용하여 생체조직을 미소 가공 및 절개 시 혈액의 응고와 동시에 절개를 할 수 있는 의료기를 국산화로 개발함을 목표로 한다.

라. 연구내용 방법 및 범위

본 개발품은 생체 조직의 미세한 피하조직을 절단할 수 있는 장치로써 PLL(Phase Locked Loop) 전자회로를 이용한 일정 주파수 자동제어에 의해 출력효율 향상과 Power MOSFET 고속 구동회로로 작업 않을 때 동작 시간 자동조정으로 에너지 절감이 가능한 제품으로 연구 범위는 다음과 같다.

전원부- 초고주파 발진부- 펄스조정회로-인버터 구동회로-전류제한회로-출력부-Power Device 및 초고주파 구동회로 개발

8MHz의 출력 인버터 발진조정회로 설계 및 제작
부하조정 트랜스 설계 및 제작
전류제한회로 및 안전장치 설계 및 제작

마. 기대효과

- 생체 조직의 미세한 피하조직의 절개 및 응고 기능 효과
- 초고속 오실레이터에 의한 일정 주파수 자동제어 효과
 - 역률조정에 의한 출력효율 향상
 - Power MOSFET 고속 구동회로 실현
 - 작업 않을 때 동작 시간 조정으로 에너지 절감
 - 급속의 표면열처리, 용해, 용접 등에 응용 가능
 - 제약 원액 제조용 유도가열장치 응용
 - 가전 기기의 전원에 응용(유도가열 밥솥, 전자유도 조리기, 살균 건조기 등)
 - 전기.전자 복합기술을 이용한 의료기기 자동화
 - 수입대체 효과 및 수출증대효과

(2) 시스템 구성

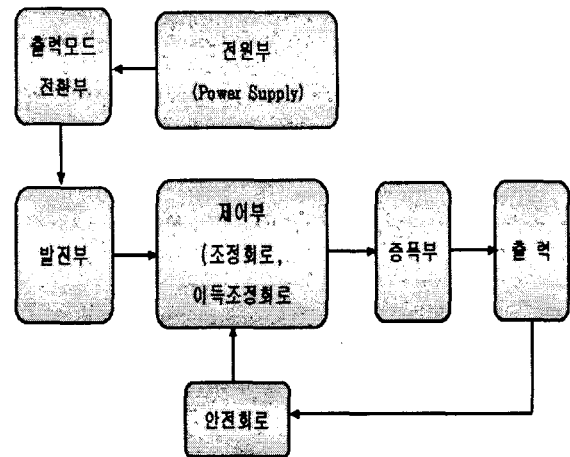


Fig. 1 Block diagram of control systems

본 개발 제품의 전체 구성은 그림 1의 블록다이어그램과 같이 구성되어 있다.

- ① 전원 공급기(Power supply): 본 기기의 각 회로와 초고주파 출력단에 전원을 공급하는 장치로서 상용전원과 2차 출력전원과 전기적으로 절연시키는 역할을 한다.
- ② 출력모드 전환회로: 기능 전환 장치로 단극 기능과 이극 기능을 전환하는 릴레이 회로이다.
- ③ 발진부 : 초고주파 발진 회로에서는 수정발진회로를 이용하여 8(MHz)까지 출력이 가능하도록 하였으며, 저주파 발진회로는 LC회로를 이용하였으며, 이를 조합하여 출력 주파수는 바리콘으로 조정하였다.
- ④ 제어부: 주제어회로에는 출력이득조정회로 및 드라이브회로, 안전회로가 포함되어있다.
출력조정회로에서는 CUT나 Coagulation, Hemostasis 등의 모드 전환을 위해서 증폭회로를 제어하고, 출력전류의 크기를 필요한 양만큼 일정하게 출력할 수 있도록 제어하는 기능을 한다.
그리고 초고주파 신호를 증폭하여 출력을 공급하는 기능을 하며, 최종단은 절연트랜스나 Coil을 이용하여 인체와 전원 사이를 전기적으로 절연시키고 상용전원의 누설전류를 차단하고 고주파 전류만 인체에 인가하는 기능을 한다.
드라이브 회로에는 출력의 변화에 따른 상태를 감지하여 인버터회로를 제어하는 역할을 하며, 회로 및 영전압, 영전류 스위칭 회로를 내장하였다.
- ⑤ 증폭회로: 출력전압을 약 800[V]까지 증폭이 가능하고 출력전류를 일정하게 제어하는 기능을 하며, 발진회로에서는 고주파 및 저주파 신호를 발생하는

회로이다

⑥ 안전회로에서는 출력선의 단선 여부를 감지하며 단선시 주제어회로에서 출력이 나오지 못하게 차단하는 기능을 하여 경보음이 울리도록 하여 기기를 점검할 수 있도록 하였으며, 실수로 각 단자를 연결할 때 잘못 접속하지 않도록 단자의 모양을 다르게 하였으며, 팁의 끝 전극 단자와 대극인 접지판 단자 사이 또는 바이폴라 전극 단자사이의 직류저항은 피부 신경 세포에 자극을 주지 않도록 하기 위하여 3(M Ω)으로 하여 실제 인체에 흐르는 전류는 인체의 안전 전류인 5(mA)이하가 되도록 하였으며, 등가 정전용량은 4500(pf)으로 최대 기준값인 5000(pf)을 넘지 않도록 하였다.

그리고 출력 단자를 단락하여도 기기에 손상이 가지 않도록 내부 임피던스를 3(M Ω)이상으로 하여 안전하게 하였다.

⑦ 출력부: 피하조직을 절개할 때 출력되는 시간을 조절하는 기능과 본 기기가 동작할 때 출력되는 크기를 표시하는 장치이다.

3. 기술개발결과

가. 기기 구성

Fig. 2는 본 개발에 의해 사용된 제품사진이다.



Fig. 2 Plate

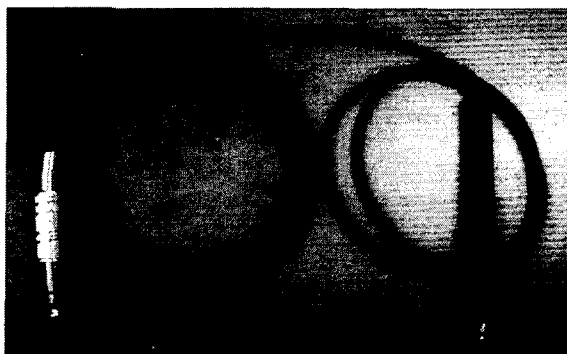


Fig. 3 Hand Piece

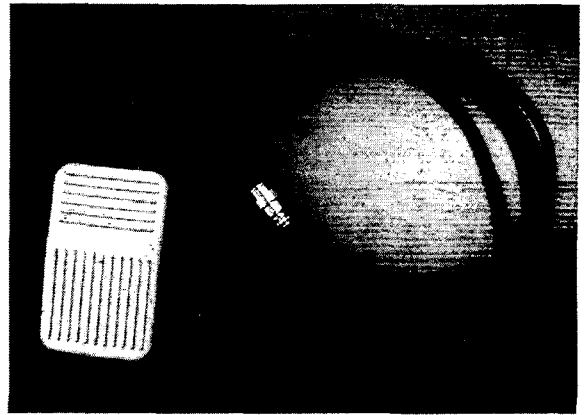


Fig. 4 pedal Switch

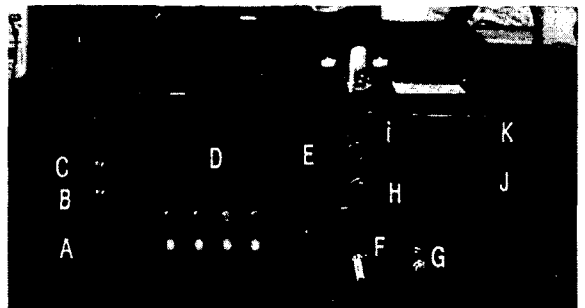


Fig. 5 The outside of development manufactured goods

그림 2는 플레이트로써 수술시 피하조직의 아랫부분에 접촉시키는 접지판으로 고주파 전류에 의한 화상을 입지 않도록 피하 조직을 접촉시켜 본 기기의 출력이 핸드피스에서 피하조직을 통하여 플레이트 판으로 전류가 흐르게 된다

그림 3은 핸드피스(Hand piece)로써 본 기기의 초고파 출력 단자에서 인체의 수술 지점에 전원을 접촉시키는 기구이다.

그림 4는 페달스위치(pedal switch)로써 초고주파 출력을 단.절하는 기능으로써 발로 밟으면 출력이 나오고 발을 떼면 자동으로 출력이 나오지 않도록 하여 수술을 할 때 편리하게 사용하는 스위치이다.

그림 5는 본 개발 제품의 외부 앞면 구조를 나타낸 것으로 기능은 다음과 같다

- A: 전원스위치: 본체의 전원 공급 및 차단을 하는 기능과 전원 공급여부를 확인할 수 있는 표시등이다.
- B: 경고표시등: 기기에 이상이 발생하였을 때 경고음과 동시에 깜박이면서 점등되는 표시등이다
- C: 전원표시등: 정상 출력일 때 동작을 알 수 있도록 점등되는 표시등이다.
- D: 출력기능선택 스위치: 초고주파 출력의 강약을 1(mm)에서 10(mm)까지 조절하는 기능이다.

E: 출력세기조절블룸: 절개할 깊이 조정용 블룸으로 출력의 세기를 조절하는 기능을 한다

F: 단극코드 연결 단자: 단극 출력단자로 초고주파(약 7MHz) 출력코드를 연결하는 단자이다.

G: 접지판 콘넥트(Plate): 접지판을 연결하는 단자이다.

H: 기능절환 스위치 : 단극(Mono)기능인 순수 절개(Pure Cut)기능과 절개 및 절개,응고 겸용(Blended Cut)기능 및 응고(Coagulation)와 양극(Bipolor)기능을 선택하여 전환하는 역할을 한다.

I : 이극코드 연결 단자: 이극 출력 단자로 피하조직을 응고할 때 사용하는 코드이다.

J : 타이머 설정키 : 초고주파의 출력 시간을 설정하는 키로 피하조직을 절개할 때 출력되는 시간을 조절한다.

K : 출력시간 표시기: 본 기기가 동작할 때 출력되는 시간을 표시하는 장치이다.

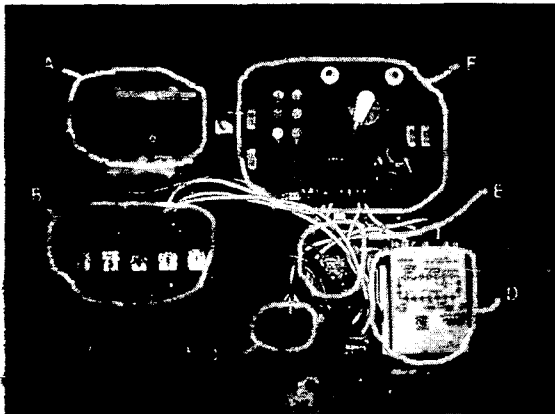


Fig. 6 The Construct of electrical surgeon machine

그림 6은 본 전기술기 개발 제품의 내부이다.

A: 전원 공급기(Power supply): 본 기기의 각 회로와 초고주파 출력단에 전원을 공급하는 장치로서 상용전원과 2차 출력전원과 전기적으로 절연시키는 역할을 한다.

B: 기능 전환 장치: 단극 기능과 이극 기능을 전환하는 릴레이 회로이다.

C: 주파수 조절기: 본 기기의 주파수를 조절하는 바리콘이다

D: 타이머 및 출력표시기: 피하조직을 절개할 때 출력되는 시간을 조절하는 기능과 본 기기가 동작할 때 출력되는 크기를 표시하는 장치이다.

E: 주제어회로부: 주제어회로에는 출력이득조정회로

및 안전회로가 포함되어있다.

안전회로에서는 출력선의 단선 여부를 감지하며 단선시 주제어회로에서 출력이 나오지 못하게 차단하는 기능을 한다.

출력조정회로에서는 Pur Cut나 Blended Cut, Coagulation 등의 모드 전환을 위해서 증폭회로를 제어하고, 출력전류의 크기를 필요한 량만큼 일정하게 출력할 수 있도록 제어하는 기능을 한다.

그리고 초고주파 신호를 증폭하여 출력을 공급하는 기능을 하며, 최종단은 절연트랜스나 Coil을 이용하여 인체와 전원 사이를 전기적으로 절연시키고 상용전원의 누설전류를 차단하고 고주파 전류만 인체에 인가하는 기능을 한다.

F: 발전회로 및 전압증폭회로: 출력전압을 약 800(V)까지 증폭이 가능하고 출력전류를 일정하게 제어하는 기능을 하며, 발전회로에서는 고주파 및 저주파 신호를 발생하는 회로이며, 초고주파 발전 회로에서는 수정발전회로를 이용하였으며, 저주파 발전회로는 LC회로를 이용하였으며, 이를 조합하여 출력 주파수는 바리콘으로 조정하였다.

다음 표 1은 본 개발 기기의 사양이다.

Table 4. Basic specification of development machine

구분	항목	사양
입력 특성	입력전압	프리볼트 100~240V
	사용 주파수	60Hz
	입력 역율	99%
	고조파왜율(T.H.D)	10% 미만
	E.M.I	Class 1 F.C.C 규정
출력 특성	소비전력	300(VA)
	출력 전압 파고율	1.5이하
	출력 변동율	3% 미만
	정격출력오차	3% 이내
	작동주파수	0.2~8(MHz)
	Pure Cut 출력	7(MHz), 230(w)
	Blend Cut 출력	6(MHz), 150(W)
	Cogration 응고	6(MHz), 100(W)
	Bipolar 응고	6(MHz) 70(W)
	절연저항	100MΩ 이상
허용 주위온도	-10℃~50℃	

나. 기기 특성

부하 저항에 따른 본 기기의 출력변화 곡선을 그림 7에 나타내었으며, 부하 저항이 800[Ω]일 때 최대 출력이 나타났으며 800[Ω] 이상 증가시 출력이 감소하였다.

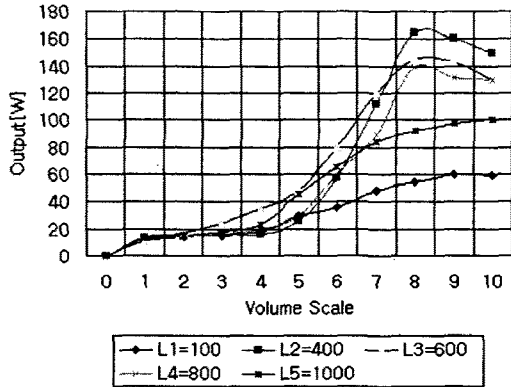


Fig. 7 Output curve of Load Resistance

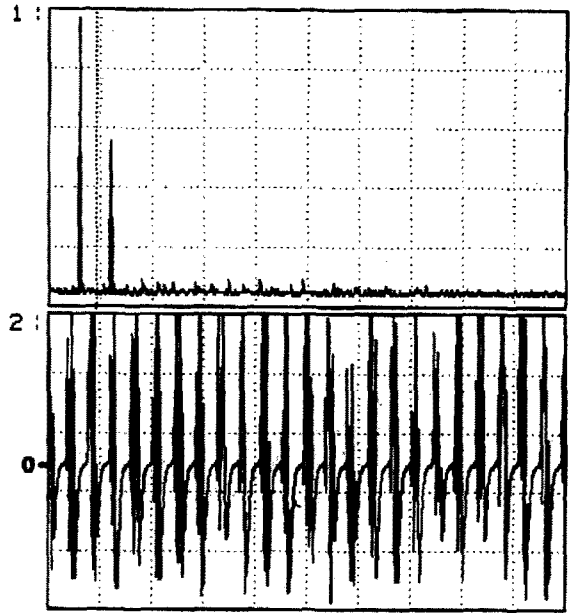


Fig. 10 FFT analysis of pure cut

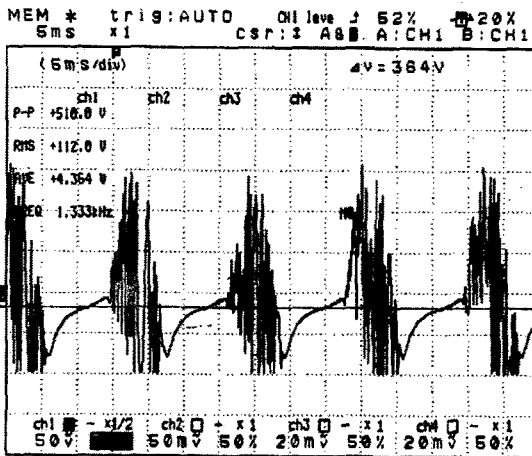


Fig. 8 Pure cut output

그림 8은 순수 절개(Pure cut)의 출력 전압 파형으로 출력전압은 510[V]이며 출력이 나오는 주기는 1.333(KHz)로 단속되어 나오는 것을 알 수 있으며, 그림 9는 그림 8에서 출력이 나올 때 확대하여 본 것으로 실제 동작 주파수가 8.252(MHz)로 초고주파 출력이 나오는 것을 알 수 있다. 그림 10은 고조파 분석한 결과로 기본파와 1고조파 이외는 거의 나타나지 않아 고조파에 의한 영향이 거의 없는 양호한 출력임을 알 수 있다.

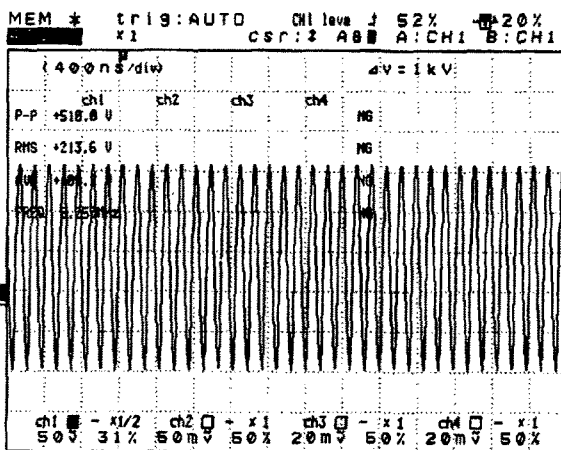


Fig. 9 Frequency of pure cut output.

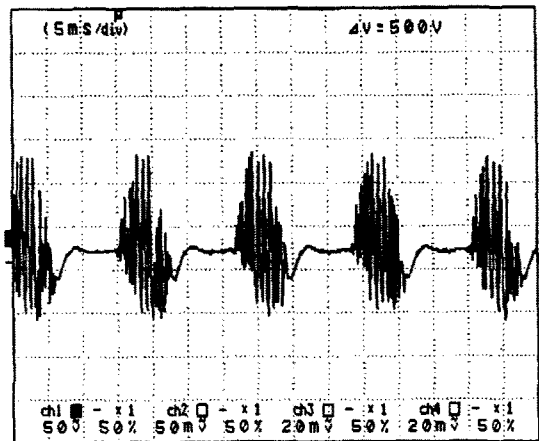


Fig. 11 Blend cut output

그림 11은 혼합 절개(Blend cut)의 출력 전압 파형으로 출력전압은 484[V]이며 출력이 나오는 주기는 1.307(KHz)로 단속되어 나오는 것을 알 수 있다.

실제 동작 주파수는 6.667(MHz)로 초고주파 출력이 나왔다.

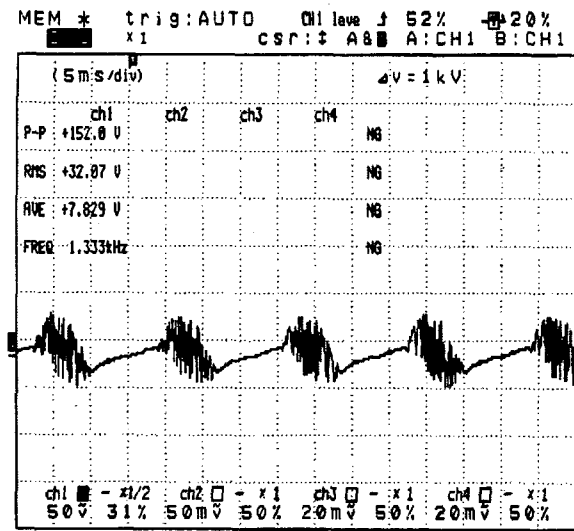


Fig. 12 voltage wave of Coagulation output

그림 12는 단극응고(Coagulation)의 출력 전압 파형으로 출력전압은 152[V]이며 출력이 나오는 주기는 1.333(KHz)로 단속되어 나오는 것을 알 수 있었으며, 실제 동작 주파수는 6.250(MHz)로 초고주파 출력이 나왔다.



Fig. 13 Coagulation cut

그림13은 단극(Mono)기능인 단극응고(Coagulation)에 의해 피하 조직의 절개 부위를 응고시키는 모습이다.

4. 결 론

현재까지 전기식 생체 조직 수술기는 대부분 수입품으로 공급되고 있는 실정이며, 이 또한 고가의 장비이어서 중,소규모의 병원에서는 갖추기에 많은 부담이 될 뿐만 아니라 수입에 의한 경제적 손실도 가중되는 문제점이 따

르게 된다.

따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 전기식 피부 수술기를 국산으로 개발하였다. 초고주파 발진 회로로 LC회로를 이용하여 8(MHz)까지 출력이 가능하도록 하였으며, 출력전압을 약 800(V)까지 증폭하였다

주제어부의 출력조정회로에서는 CUT나 Coagulation, 등의 모드 전환을 위해서 증폭회로를 제어하고, 출력전류의 크기를 필요한 만큼만 일정하게 출력할 수 있도록 제어하였으며, 초고주파 신호를 증폭하여 출력을 공급하고, 최종단은 절연트랜스나 Coil을 이용하여 인체와 전원 사이를 전기적으로 절연시키고 상용전원의 누설전류를 차단하고 고주파 전류만 인체에 인가하도록 하여 그만큼 안전한 회로로 구성하여 개발한 결과 생체 조직의 1(mm) 이하의 미세한 피하조직의 응고 기능과 일정 주파수 자동제어 및 역률조정에 의한 출력효율 향상이 가능한 전기 수술기를 개발하였다.

본 개발 기술로 인하여 금속의 표면열처리, 용해, 용접 등에 응용이 가능하고, 제약 원액 제조용 유도가열장치 및 가전 및 민생전원 장치 등에 응용 가능할 것으로 사료 된다.

참 고 문 헌

- 1) L. Genuit, "Maximizing Converter Reliability with a Thyristor High Frequency Resonant Technique", Proc. Powercon 8, A-3, pp.1~11, 1981.
- 2) P. M. Espelage and B. K. Bose, "High-Frequency Link Power Conversion", IEEE Trans. Ind. Appl. vol.IA-13, pp.387~394, 1977.
- 3) R. L. Steigerwaid, "High-Frequency Resonant Transistor DC-DC Converters", IEEE Trans. Ind. Elec., vol.IE-31, No.2, pp.181-191, 1984.
- 4) V. Vorperian and S. Cuk, "A Complete DC Analysis of The Series Resonant converter", IEEE-PESC Rec., pp.85-100, 1982.
- 5) Richard Aston, "Principles Biomedical instrumentation and measurement", Merrill, 1990.