

심부투열용 가변형 고주파 발생기를 적용한 탈모 촉진 특성

심지영*, 홍지태, 김호성, 김희재
부산대학교

The Characteristics on the Hair Growth Using Diathermic Adjustable High-Frequency Generator

Ji-Young Shim*, Ji-Tae Hong, Ho-Sung Kim, Hee-Je Kim
Busan National University

Abstract - Medical equipment of high frequency has been presently applied to various parts of human body and novel treatment effects have been shown by it. Recently there are many cases that high frequency apparatus has been used in dermatology as the interest in beauty has been growing. Especially used in skin, blood volume is increased by keeping surface temperature of skin at around 43°C and demodex folliculorum are treated by applying high electric field. It is the aspect we consider that increasing blood volume and domodex folliculorum treatment take effect on hair loss.

In this study, high frequency electrotherapy apparatus was proposed to hair loss treatment. For that, human body was experimented with varying output voltage and frequency. The adjustable switching signal for treatment was obtained from 100[kHz] to 1000[kHz] by using DSP. Stable output specific was also obtained by feedback control to protect human body. The best hair growth conditions were the output voltage of 1.2[kV], the frequency of near 300[kHz] and the maximum current of 2[mA]. We apply this high frequency electrotherapy apparatus to two bald men, 46-year-old and 45-year-old. After treatment for a month they had thick and strong hair.

1. 서 론

고주파기의 인체에의 적용은 1900년대 초부터 시작되었다. 100kHz 이상의 고주파 전류를 피부에 침투시켜 조직 저항을 받아 열을 발생시켜서 안면부 주름 치료나 모공 치료, 모낭층 제거에도 효과적인 것으로 보고되고 있다.

탈모는 남성호르몬인 디 하이드로 테스토스테론의 영향이 지배적이지만 갈수록 스트레스의 증가로 인한 두피질환이 큰 영향을 미치고 있다. 그리고 많은 탈모 환자들에게서 발견되는 모낭층은 모낭과 피지선에 기생하면서 모근의 영양분을 흡수하고 두피를 약하게 한다. 현재 많은 탈모 치료제들이 쏟아지고 있으나 FDA의 승인을 받은 제품은 프로페시아와 미녹시딜 뿐이며 그 외에는 피부자극, 가려움증, 발진 등의 후유증이 있을 수 있다. 그러나 고주파치료기는 피부 혈행 개선과 모낭층 제거의 효과뿐만 아니라 시술 시간도 짧고 발진이나 가려움증의 후유증이 거의 없다.

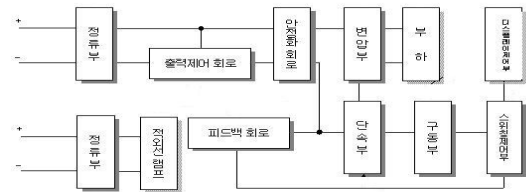
본 실험에서는 고주파 치료기를 탈모 치료에 적용하였다. 치료에 필요한 고주파 치료기를 제작 설계하여 최적 조건인 출력전압, 출력 주파수, 그리고 출력 평균 전류의 세 가지 파라미터를 구하였고 40대 중반 남성 두 명에게 적용한 결과를 소개하고자한다.

2. 본 론

2.1 고주파 회로의 구성

그림 1은 본 연구에서 사용된 고주파 발생 장치의 블록도이다. 본 연구에서의 고주파 발생장치는 회로 내 소자 보호와 비용절감을 위하여 상용전원을 감압하여 정류시키는 정류부, 원하는 크기의 전류를 제어하는 출력제어 회로, 스위칭 시 이상신호에 대한 소자보호를 위한 안전화 회로, 전압을 승압시키는 변압부, 원하는 출력파형을 발생시키는 단속부, 단속부의 스위치가 원활한 동작을 하기 위한 구동부, DSP(Digital Signal Processor)에 의하여 디지털적으로 정밀 제어되는 제어부 및 인체의 보호를 위한 피드백 회로로 구성된다. 고주파 발생장치와 연결되며 치료하는 부위에 접촉하는 부하로서 치료전극과 상대

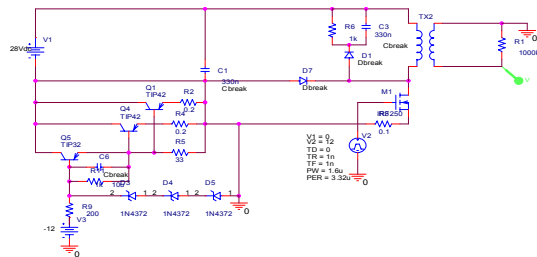
전극이 있다.



<그림 1> 고주파 발생기의 블록도

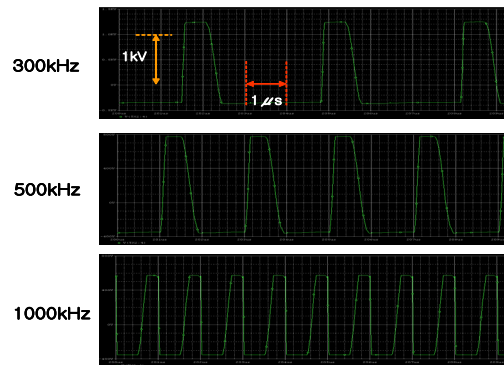
2.1.1 ORCAD를 이용한 회로 설계

본 연구에서 개발하고자 하는 고주파 발생장치의 특성은 주파수 300~1000[kHz], 출력전압 0.5~1.5[kV], 최대 출력전류 최대 2[mA]로 투열 온도 45[°C]를 달성하기 위해 설계하였다. 고주파 발생장치는 플라이백 컨버터를 기본으로 설계하였으며, ORCAD를 이용하여 설계하였다. ORCAD를 이용한 고주파 발생장치의 회로를 그림 2와 같이 설계 및 시뮬레이션 하였다.



<그림 2> Pspice 시뮬레이션을 위한 고주파 회로

변압기의 파라미터는 $L_1 = 30[\mu H]$, $L_2 = 6[mH]$ 로 하고, 스위칭 on에서 off시 ZCS (Zero current switching)형 컨버터 실현을 위하여 스위칭 통유률은 0.5로 하였다. 그림 3은 스위칭 주파수를 가변시켰을 때의 출력 전압의 최대값을 그래프로 나타낸 것이다.



<그림 3> Pspice 시뮬레이션 출력전압 파형

2.1.1 고주파 변압기의 설계

고주파 플라이백 변압기(High voltage flyback transformer:HVFBT)는 고전압 플라이백 컨버터의 가장 중요한 부분 중에 하나로 고전압을 발생시키기 위해 1차측과 2차측 사이에 높은 권선비를 가진다. 그러나 HVFBT에서 2차측의 많은 권선 수와 높은 전압은 기생 커패시턴스를 만들어 내는 원인이 된다. 이러한 기생 커패시턴스는 과도 상태에서 컨버터 전류 및 전압의 기생 공진을 일으켜 스위칭 다이오드에 전류 스트레스를 증가시키고 컨버터의 스위칭 주파수를 제한하는 요소로 작용한다. 따라서 본 연구에서의 HVFBT는 2차측의 기생커패시턴스의 영향을 줄이기 위해서 소프트 스위칭 기법으로 ZCS(Zero Current Switching)를 이용하였다.

스위칭 소자 및 회로내부의 소자 보호와 비용절감을 위하여 주전원의 입력전압(상용전압 220[V],60[Hz])을 30[V]로 강압하였다. 본 연구에서의 출력은 $V_0 = 700 [V]$, $I_0 = 2 [mA]$ 이므로 출력전력 $P_0 = V_0 \times I_0 = 700 \times 2 \times 10^{-3} = 1.4 [W]$ 가 된다. 입력 전압 V_i 는 30[V]이지만 회로 내의 전압 강하를 고려하여 고주파 트랜스에 공급하는 전압은 여유를 두어 28[V]로 하였다. 스위칭 주파수는 300[kHz]로 하고 고주파 변압기의 코어는 TDK의 H7C1 재 E140을 사용하였다. 이것은 최대자속 밀도 B_m 이 약 4600 가우스이기 때문에 잔류 자속 B_r 을 고려하여 자속 밀도의 변화 $\Delta B=3000[G]$ 가우스로 계산 한다. 코어의 유효 단면적 $A_e=0.98[cm^2]$ 이므로 1차측 권선의 권수 N_1 은

$$N_1 = \frac{V_1}{2 \times \Delta B \times A_e \times f} \times 10^8 = 1.58$$

$$N_2 = \frac{V_2}{V_1} \times N_1 = 35.7$$

이므로 2턴으로 한다. 변압기의 2차 권선의 권수 N_2 는 36턴이 된다.

2.2 고주파 발생 장치의 최적 출력 특성

최적의 심부투열 특성을 얻기 위하여 고주파 변압기의 인덕턴스 값에 따른 출력 특성을 실험하였다. 여기서 고주파 변압기의 턴 수는 설계값과 동일하다. 5개의 고주파 변압기 샘플을 제작하였으며 표 1에 나타내었다.

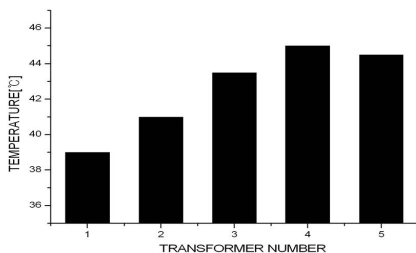
〈표 1〉 고주파 변압기의 파라메타

변압기 샘플	$L_1 [\mu H]$	$L_2 [mH]$	$N(\sqrt{\frac{L_2}{L_1}})$
1	68.1	15.06	18
2	20.5	6.79	18
3	15.9	6.84	18
4	11.6	4.06	18
5	8.2	2.73	18

파라메타의 수치를 비교하면 인덕턴스 L_1 이 클수록 스위치가 ON에서 OFF로 될 때 noise가 크게 나타나게 된다. 이는 인덕턴스 L의 특성

에 기인한 것으로, $V_L = L \frac{di}{dt}$ 의 관계에서 L값이 크면 V_L 변화에 저항하는 방향으로 극성이 나타나게 된다. L_1 값이 클수록 통류율에 제한이 따르며 Zero current switching이 어려워진다. 따라서 더욱 큰 noise 영향이 나타나게 된다. 표 1에서 샘플 1의 인덕턴스가 가장 크므로 noise 영향이 가장 크며, 샘플 4가 Zero current switching이 가능하여 noise 영향이 가장 작았다.

다음의 그림 4에서는 고주파 트랜스에 따른 피부 표면의 온도를 나타낸 것이다. 실험은 5분의 투열 후 온도를 측정하였다.



〈그림 4〉 변압기 샘플에 따른 피부 표면의 온도 특성

그림 4에서 보이는 것처럼 열 발생량이 가장 좋은 변압기 샘플은 $L_1 = 11.6 [\mu H]$, $L_2 = 4.06[mH]$ 였다.

2.3 인체에의 적용

40대의 탈모 남성 두 명에게 일주일에 두 번씩 30분 정도를 3달 동안 시술 하였다. 45세의 J씨는 관리 직전 M형 탈모 증기에서 말기로 넘어가는 단계로 탈모 부위 모발이 약하고 힘이 없으며 탈모가 진행 중이 상태였다. 관리 2개월 차로 들어가면서 건강한 모발로 관리 되어졌으며 현저히 술이 많아짐을 볼 수 있었다. 원래 술이 많은 두발이라 횡수를 거듭할수록 새로운 모근이 계속 발생 중이다.

43세의 K씨는 관리 초기 힘 없이 약했던 모발은 육모로 관리되었으며 현재 한 모공에서 2-4개의 모근 발생으로 탈모 부위의 밀도가 높아져 음을 느낄 수 있었다.



〈그림 5〉 관리 전과 후의 J씨



〈그림 6〉 관리 전과 후의 K씨

그림 5와 6은 두 탈모 남성의 시술 전과 후의 사진이다.

2.4 토론

고주파 발생기에 의한 탈모 치료의 원인을 생각해 볼 때 고주파 전류가 조직의 국소 온도를 40°C 이상으로 가열할 수 있으므로 직접 효과에 의해 동맥 및 모세혈관 확장이 일어나고 혈류량이 증가하여 신체 방어 기전이 향상되고 혈액 순환 촉진 및 신진 대사가 증진된다. 그리고 고주파 치료기에서 발생하는 강력한 펄스 전계가 세포막의 절연파괴와 Electroporation 현상에 의해 모낭층을 제거하는 최적의 환경을 제공하는 것으로 볼 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 인체 보호를 위한 피드백 제어회로와 DSP를 이용하여 펄스 형상 및 주파수를 가변시킬 수 있는 심부투열용 출력 주파수 가변형 고주파 발생장치를 개발하여 출력전압 0.5-1.5[kV], 출력주파수 300-1000[kHz]의 가변형 출력 특성과 최대 전류 2[mA]를 얻었다. 심부투열에 적합한 고주파 트랜스를 설계하였으며 $N_1=2$, $N_2=36$, $L_1 = 11.6 [\mu H]$, $L_2 = 4.06[mH]$ 일 때 최대의 투열 효과를 얻었고, 심부투열에 적합한 것을 확인하고, 두 탈모 남성에게 매일 30분씩 3개월 동안 시술한 결과 두 달 후부터 머리카락이 굵어지고 술이 많아진 것을 알 수 있었다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] Javier Ruiz-Esparaza MD, Julio Barba Gomez MD, "Nonablative radiofrequency of active acne bulgaris: The use of deep dermal heat in the treatment of moderate to severe active acne vulgaris (thermotherapy)" A report of 22 patients. Dermatologic surgery ,29,333,2003
- [2] Martin Schaller, Christian A. Sander, gerd Plewig, Munich, Germany, "Demodex abscesses : Clinical and therapeutic challenges", J Am Acad Dermatol ,49,S272-4,2003
- [3] Staff of the Dept of EE, MIT, "Magnetic Circuits and Transformer", MIT Press, 1965
- [4] V.S Ramsden, H.Y. Lu and J.G. Zhu, "Dynamic circuit modeling of a high frequency Transformer", IEEE PESC'98, 1479-1485,1998
- [5] Zimmermann, U. and Benz, R., "Dependence of the electrical breakdown voltage on the charging time in Valonia uricularis", J Membrane Biol, 53,33-43,1980