

인공심장용 병렬 무선에너지 전송장치의 개발

최성욱, *정진한, **안재목, ***민병구
 서울대학교병원 의공학과, *고려대학교 자연과학대학 전자공학부
 한림대학교 정보전자공과대학 전자공학부, *서울대학교 의과대학 의공학교실

The Development of Dual Transcutaneous Energy Transmission System (DTET) for Total Artificial Heart

S. W. Choi, *J. H. Chung, **J. M. Ahn, ***B. G. Min

Department of Biomedical Engineering, Seoul National University Hospital

*Department of Electronics Engineering, College of Science Engineering, Korea University

**Department of Electronics Engineering College of Information and Electronics Engineering, Hallym University

***Department of Biomedical Engineering, College of medicine, Seoul National University

Abstract

DTET(Dual Transcutaneous Energy Transmission System) is the stable power transferring unit for TAH(Total Artificial Heart) which uses more power than any other artificial organ. It has better efficiency and safety than an ordinary single TET. By reducing the load, it can reduce the change of supplying current for each single TET and it causes the lower change of efficiency. The increment of magnetic flux in coils enables delivering power through thick skin. It can enable internal batteries remove when will be used in a failure of TET, for a lithium ion battery has heavier weight than TET. A DTET should be studied the effect between each coils that generate magnetic flux. It should be compared the advantage with the weakness when it is used

서론

인공심장용 무선 에너지 전송장치는 발생할 수 있는 인공심장의 소모전력 범위 안에서 안전한 에너지를 전송을 할 수 있어야한다. 또 부피와 질량을 최소화하여 TET 수신부의 인체 내 이식이 가능하게 하고, 송신부의 휴대가 편리해야 하며, 전지 등 에너지 공급원의 휴대가 가능하도록 높은 에너지 전송효율을 유지해야한다.

그러나 인공심장 부하의 크기는 인공심장의 주기적인 운동과 인체가 요구하는 혈류, 혈압에 따라 다르게 나타난다. 따라서 무선에너지 전송장치는 비교적 넓은 범위에서 공급 전류의 변화 시에도 일정한 효율을 유지하여야 하며, 발생되는 열을 적절히 처리할 수 있어야한다. 그 밖에 충격이나 자세의 변화, 기타 사고 등으로 인한 고장 및 오동작

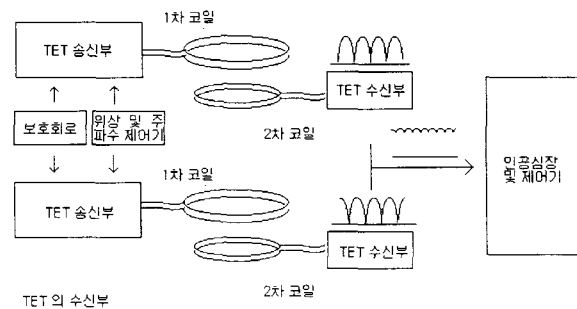
시도 안정된 전압을 공급하는데 문제가 없어야한다. 병렬 무선 전원 공급장치(DTET, Dual Transcutaneous Energy Transmission)는 사고와 고장에 따른 에너지 공급이 실패할 가능성을 줄여주고, 비교적 넓은 범위에서 발생 가능한 문제점을 해결해 준다. 부하의 크기와 변위 폭을 줄여주므로 안정된 전원공급장치를 개발하기 위한 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

이러한 DTET를 효과적으로 사용하기 위해서는 두개의 자력선이 각각의 코일에 미칠 수 있는 영향을 규명하고, 사고 발생 시 가장 합리적이고 효과적으로 대응할 수 있는 보호회로를 제작해야 한다.

본론

- Dual TET의 구성

기존의 무선에너지 공급장치 두개를 이용한다. 각각의 송신부에서 출력된 자력선으로부터 얻어진 전기에너지는 이식된 coil과 정류기에 의해 병렬로 부하에 연결되며, 이때 두 TET의 출력이 균일하게 부하에 공급될 수 있도록 여파기의 입력단에 위상이 반대인 정류전압을 공급한다. 한편 한 개의 TET가 파손되었을 경우 다른 TET에 영향을 주지



<그림1> Dual TET의 구성

않게 하기 위해 TET의 동작을 진단하고, 이상 시에 공급전류를 차단하는 등의 역할을 수행하는 보호회로가 두 개의 TET 사이에 위치한다.

피부 밑에 이식되는 코일은 특히 인체 외부의 코일에 대하여 일정한 간격과 방향을 유지하여야 하지만, 단일 TET를 사용할 때는 인체의 표면이 곡면이므로 삽입되는 코일과 외부에 장착되는 코일이 일정하게 부착되기가 어렵다. 그러나 두 개의 코일을 비틀림이 적고 magnetic permeability가 적은 film으로 연결한 DTET는 인체에 삽입하였을 때 일정한 방향을 유지하는 것이 용이하므로 안정된 전원공급을 유지할 수 있게 한다.

- DTET의 효율 변화

하나의 TET 시스템에서 발생하는 자력선은 이웃한 다른 TET의 동작에 심각한 영향을 줄 수 있다. 이웃한 코일과의 자력선 방향이 일치할 때 자력선을 발생시키는 코일 내부의 자속 밀도는 간섭을 일으켜서 작아지게 되며, 인체 내부에 삽입된 코일에 공급되는 에너지의 크기도 줄어든다. 코일 상호간 역 방향 전류가 유도되며 이때 회로에 공급되는 전류의 크기는 $v(t)_{supply} \times j(L_2 - M) / w(L_1L_2 - M^2)$

가 된다. 즉 일차 측 두 코일간의 결합계수가 높을수록 코일 내 전류가 줄어든다. 이것은 초크코일(choke coil)을 이용하여 전류원을 만드는 대부분의 TET에서 공급 전류를 증가시키는 결과를 가져오기 때문에 결국 시스템의 효율을 저하시키는 원인이 된다.

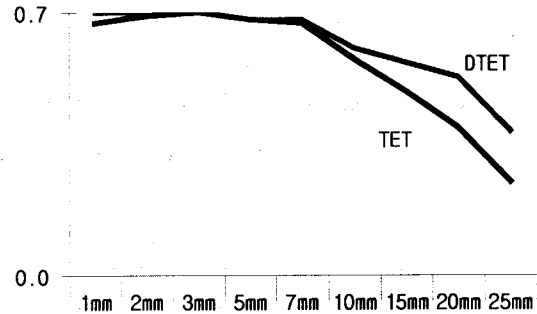
위상 차가 180도인 자력선을 발생시킬 경우 일차 코일에는 $jM / w(L_1L_2 - M^2)$ 만큼의 전류가 유도된다. 즉 이로 인해 공급받는 전류의 크기가 전반적으로 감소되고 시스템의 전체적인 효율증가가 나타날 것이다. 특히 이식된 코일내의 자속 밀도를 높여주므로 보다 단일 TET에 비해 코일 간격의 영향을 훨씬 덜 받게 된다.

인체에 이식되는 수신부의 회로를 제작할 때 출력하는 신호의 위상차를 180도로 유지하면 출력전압의 ripple을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다.

- DTET와 TET의 비교

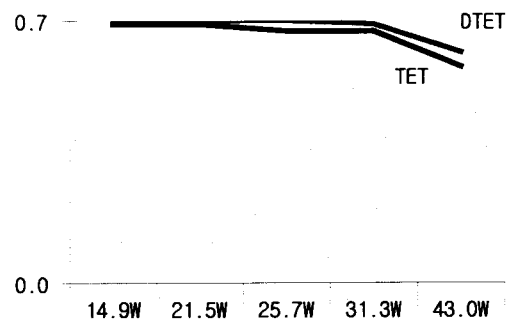
한 개의 TET 장치를 사용하는 시스템은 사고로 인한 전력공급중단을 대비하여 최소 30분 가량 인공심장을 구동할 수 있는 인체 이식형 전지를 요구한다. 인공심장을 30분 이상 구동할 수 있는 battery는 가장 가볍고 효율이 매우 좋은 lithium의 경우에도 질량이 240g에 이른다. 그러나 이식형 TET의 수신부 질량은 모두 55g에 이르며 부피도 전지에 비해 매우 작으므로 병렬 무선에너지 전송장치를 쓰는 것이 단일 무선에너지 전송장치와 내장형 전지를 사용한 것보다 현실적이다. 특히 사고로 인하여 무선에너지 공급장치가 파손되었을 때 같은 용량의 병렬 무선에너지 공급장치는 전지와 달리 지속적인 전원 공급이 가능하므로 다양하게 나타날 수 있는 많은 종류의 사고에 대해 안전한 대응 방법을 제공할 수 있다. 특히 단일 TET에 비해 DTET는 부하의 크기와 소모전류의 변화량을 절반정도 줄일 수 있어 소모전류에 따라 급격한 효율변화를 일으키는 대부분의 공진 TET의 성능 및 효율 향상에 도움이 된다.

결과



- DTET의 거리에 따른 효율 변화와 단일 TET의 비교

- DTET의 부하의 크기에 따른 효율 변화와 단일



TET의 비교

결론

보호회로를 추가한 DTET는 코일간의 결합 실패 및 회로 파손 등으로 발생될 수 있는 전원 공급 중단 가능성을 줄일 수 있으며, 공진 조건을 이용한 TET를 이용할 때 단일 TET에 비해 넓은 범위의 전류 변화에서 높은 효율을 유지할 수 있다. 특히 내부 전지를 사용하는 것에 비해 이식되는 회로의 크기와 질량을 20% 이상 감소할 수 있었으며, 외부 회로의 질량(120g)을 포함할 때에도 72%가량 질량을 줄일 수 있어서, 이식 가능성을 높이고, 휴대에 따른 불편이 가중되지 않을 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Jae Mok Ahn, Dong Woo Kang, Hee Chan Kim, Byoung Goo Min, "In Vivo performance Evaluation of a Transcutaneous Energy and Information Transmission System for the Total Artificial Heart." ASAIO Journal vol. 39., No.3 July- September 1993
 [2] Erwin S. Hochmair, "System Optimization for Improved Accuracy in Transcutaneous signal and power Transmission." IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. BME-31, No. 2, February 1984