

논문 2011-48TC-2-14

무선 에너지 전송을 위한 정류회로에 관한 연구

(Study on the Rectifier Circuits for Wireless Energy Transmission)

신 두 섭*, 서 철 헌**

(Doo-Soub Shin and Chulhun Seo)

요 약

본 논문에서는 고주파 대역 중에서 에너지 전송과 관련되어 정류 회로의 구조와 특성을 분석하고, 최대의 효율을 이끌어 낼 수 있는 방안을 찾고자 한다. 13.56MHz에서의 입력 신호를 DC 변환하여 실험 및 측정을 하였다. 정류회로는 반파 정류회로, 전파정류회로 브릿지 정류회로로 나눌 수 있고, 최대 효율을 갖기 위해서 다양한 정류 회로를 전산 모의 실험하였다. 현재까지의 연구 내용은 passive 소자를 이용한 효율 개선에 중점을 두고 실험을 하였다. 정류 효율에 영향을 미치는 요소는 소자의 특성에 좌우하며, 이번 실험에서는 약 70%의 효율을 측정할 수 있었으며, 보다 개선된 소자를 사용함으로써 낮은 입력에서 높은 효율을 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, the energy transfer is associated with high frequency band and try to analysis the rectifier circuit structure and characteristics and find ways to maximum efficiency. Input signal at 13.56MHz is converted output DC signal with the experiments and measurements. Rectifier circuits can be divided into the half-wave, full-wave, bridge rectifier circuit. Research to the present with the passive components are carried out with a focus on efficiency improvements. Factors affecting the efficiency of rectification is dependent on the characteristics of the device. In this experiment, about 70% efficiency can be measured. By using an improved device for high efficiency could be obtained higher efficiency.

Keywords : Rectifier, Wireless Power Transmission, RF Power Receiver, Bridge Rectifier, Half-wave Rectifier Full-wave Rectifier, High Efficiency Rectifier

I. 서 론

IT혁명의 근간이 되는 무선통신기술은 개인 간의 통신을 가능하게 하여, 간순 정보 전달에서 음성 및 화상 통화가 언제, 어느 곳에서도 가능하게 되었다. 그러나 이런 단말기를 작동하게 하는 전력 또는 에너지는 여전히 유선으로 공급하거나 전지를 충전하여 사용한다. 만

일 무선 통신뿐만 아니라 무선 에너지 전송까지 가능하다면 IT 기술은 또 다른 도약을 하게 될 것이다. 무선 에너지 전송은 백 년 전의 테슬라로부터 시작되어 지금까지 지속되어온 인류의 꿈이었다.

무선으로 전기 에너지를 전력원에서 원하는 기기로 전달하는 무선전력전송 기술(wireless energy transfer 또는 wireless power transmission)은 이미 1800년대에 전자기유도 원리를 이용한 전기모터나 변압기가 사용되기 시작했고, 그 이후로는 라디오파나 레이저와 같은 전자파를 방사해서 전기에너지를 전송하는 방법도 시도되었다. 우리가 흔히 사용하는 전동칫솔이나 일부 무선면도기도 실상은 전자기유도 원리로 충전된다.

그 중에서도 현재 무선충전기술은 많은 부분 연구가

* 학생회원, ** 정회원, 숭실대학교 정보통신전자공학부 (Department of Information and Telecommunication Engineering, Soongsil University)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업 기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음.[KI002071, 메타전자파구조를 이용한 전파(RF)스펙트럼 특성 개선 기술 연구 접수일자: 2011년01월31 ,수정완료일: 2011년2월18일

진행되고 있다. 최근 들어 사용량이 급증하고 있는 스마트폰의 경우 배터리의 급격한 소모라는 문제가 하나의 해결해야 할 큰 이슈로 대두되고 있다. 무선충전기술이 스마트폰의 배터리 잔여량에 따라 상시 충전 서비스를 제공하므로 배터리 소모에 관한 문제를 해결할 수 있을 것으로 전망된다. 무선으로 에너지를 전송하는 기술은 크게 전자기파를 이용한 방식, 자기유도를 이용한 방식, 그리고 공진자기유도를 이용한 방식으로 나뉜다.

전자기파에 기반을 둔 방식은 주로 수 kW가 넘는 큰 에너지를 전송하는 용도로 사용되고 있다. 우주에서 태양광을 모아서 지구로 모은 에너지를 전송하는 기술은 전자기파를 기반으로 하고 있고 수 GHz 대역에서 약 1mile 당 84% 정도의 전송효율을 갖는 것으로 알려져 있다.

자기유도 방식은 송신 코일에 전류를 흘리게 되면 자기장이 유도되고 시간에 따라 변하는 자기장은 다시 수신 코일에 전류를 유도하게 된다. 이렇게 유도된 전류가 에너지 소스로 사용이 된다. 무선 상에서 에너지 전송 효율이 우수하지 못해서 진동칩술, 전자 캔들과 같이 주로 접촉에 가까운 근접거리에서 충전을 제공한다.

또 다른 무선충전기술은 공진을 이용한 자기유도 방식이다. 자기유도 방식에서 송신코일과 수신코일 간의 공진주파수가 정확히 일치하게 되면 무선 상에서 에너지 전송효율이 급격히 증가한다. 따라서 기존의 자기유도 방식은 접촉에 가까운 수 mm 거리에서 충전서비스를 제공했지만, 공진 자기유도 방식의 경우 1~2m 거리까지도 충전서비스를 제공한다.

이와 같은 전송 기술의 예로는 마이크로파를 이용한 무선 전력 전송 시스템에서 사용되는 렉테나(Rectenna)이다. 렉테나는 Rectifier와 Antenna의 합성어로 수신된 마이크로파를 DC로 변환시켜주는 소자이다. 렉테나의 RF-DC 변환 효율은 전체 시스템의 효율 개선에 가장 큰 영향을 미친다. 이러한 렉테나는 지금까지 다양하게 연구되어지고 있으며, 다이오드에 20dBm 이상의 큰 입력 전력이 있을 때, 최대 70%~80%의 변환 효율을 얻을 수 있다^[1].

정류 회로는 다이오드의 특성으로 인해 입사 전력이 증가할수록 RF-DC 변환효율이 증가한다. 하지만 낮은 입사 전력에도 문턱전압이 낮은 다이오드를 선택하면 소 전력의 입사 전력에서의 변환 효율을 증가시킬 수 있고, 설계 방법에 따라서도 적은 입사 전력에 대해 그 효율을 증대시킬 수 있다.

본 논문은 이러한 정류 회로의 구조와 특성을 분석하고, 최대의 효율을 이끌어 낼 수 있는 방안을 찾고자 한다. 13.56MHz에서의 입력 신호를 DC 변환하여 실험 및 측정을 하였다.

II. 설계 원리

그림 1에서 사용되는 두 가지 형태의 정류 회로는 가장 기본적인 회로로 사용된다.

첫 번째 그림 (a)의 반파 정류 회로의 특성은 다음과 같다. 정현파 전압이 직렬 연결된 다이오드 D_1 과 부하 저항 R_L 양단에 인가된다. 입력전압은 시간에 따라 극성이 변화하는 교류전원이다. 정극성변화 동안에 애노드는 캐소드에 대해 정극성이고, 전류가 흐르게 된다. 부극성 변화 동안에는 애노드가 캐소드에 대해 부극성이므로 R_L 과 부하저항에서 전압강하가 생긴다. 나아가 입력전압의 변동에 따라 전류의 변화가 일어나므로 R_L 양단의 출력전압 V_{out} 은 전류가 흐르는 정극성변화에만 흐를 것이다. V_{out} 은 펄스형의 DC 전압이다. 다이오드 정류기의 내부 순방향저항 R_F 는 R_L 양단의 최대출력 V_{out} 을 나타내기에는 그 값이 작다. 이 저항은 사용되는 다이오드 형태에 따르고 교체 다이오드의 전류가 높으면 높을수록 정류기의 다이오드 내부저항(R_F)은 낮아질

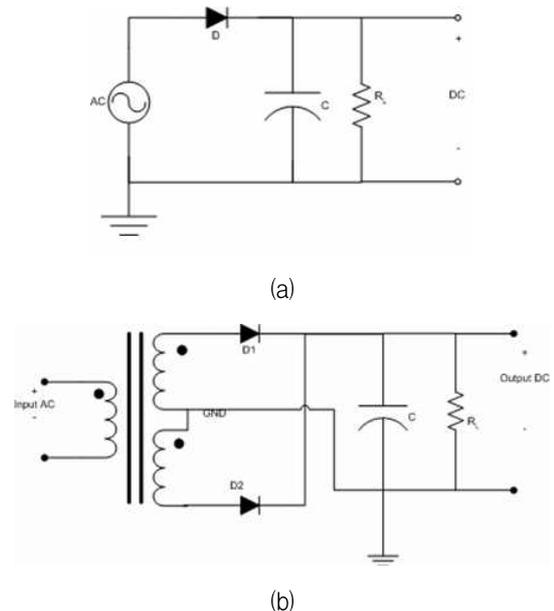
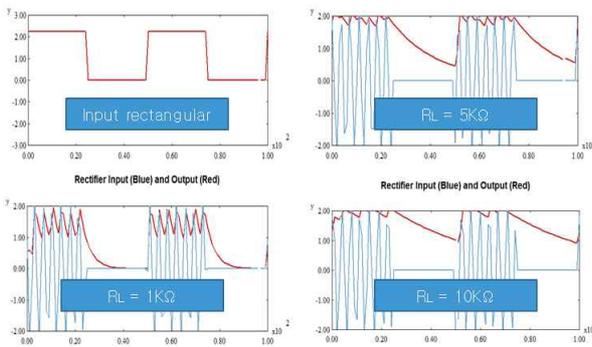
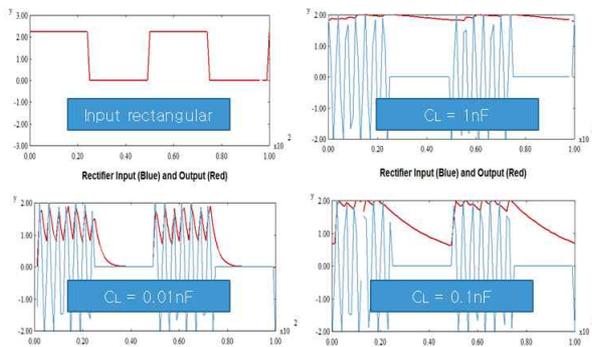


그림 1. (a) 다이오드를 이용한 반파 정류 회로
 (b) 2개의 다이오드를 이용한 전파 정류 회로
 Fig. 1. (a) Half-Wave Rectifier using a diode.
 (b) full-Wave Rectifier using two diodes.



(a)



(b)

그림 4. (a) 로드 저항의 변화에 의한 충전전
(b) 캐패시터의 변화에 의한 충전전

Fig. 4. (a) Recharging about change of load resistor
(b) Recharging about change of load capacitor

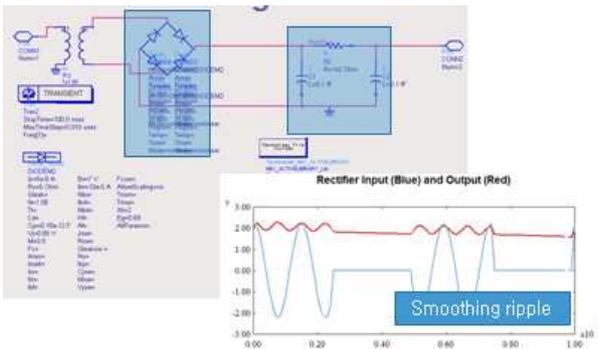


그림 5. 브릿지 정류기의 모의 실험 결과
Fig. 5. Simulation result of bridge rectifier.

정도의 시간이 흐르게 되면 인가된 DC 전압에 도달하게 된다. 이때 인가된 DC 전압의 약 63%에 도달하는 시각을 시정수라고 한다^[3].

RC 시정수에 의해서 로드 저항의 변화와 캐패시터에 의한 출력 파형의 변화를 확인 하였다. 캐패시터를 고정한 상태에서 로드 저항이 커질수록 dc전압에 가까운 출력을 얻을 수 있었다. 로드 저항을 고정한 상태에서 캐패시터가 커질수록 dc전압에 가까운 출력을 얻을 수



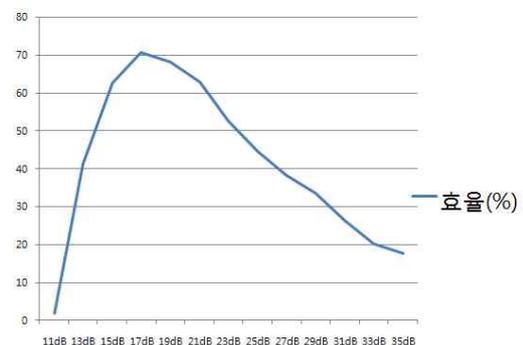
그림 6. 브릿지 정류기의 제작
Fig. 6. Fabrication of bridge rectifier.

있었다. 그러나 이러한 리플 전압으로 인해 수신부 전체 시스템의 효율이 저하될 것이므로 이를 보상하기 위한 회로가 필요함을 보았다.

모든 정류 회로의 모의 실험 결과 가능 효율이 좋은 정류기 형태로는 브릿지 정류기이며, 평활 회로와 함께 구성될 경우 위에 보이는 결과와 같이 리플 전압을 통제할 수 있다^[4].

IV. 결 론

현재까지의 연구 내용은 passive 소자를 이용한 효율 개선에 중점을 두고 실험을 하였다. 정류 효율에 영향을 미치는 요소는 소자의 특성에 좌우하며, 보다 개선된 소자를 사용함으로써 낮은 입력에서 높은 효율을 얻을 수 있었다. 그러나 입력이 100mW 이상에서 급격한 효율 저하를 보이고 있다. 이것은 각각의 다이오드 구동을 위한 0.7V의 소모와 다이오드의 정류 특성의 한계와 관련이 있다.



본 연구에서는 N5819 다이오드를 이용하여 입력이 17dBm에서 최대효율 70.72%를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Jovanovic, M.M. Crow, D. E., "Merits and limitations of full-bridge rectifier with LC filter in meeting IEC 1000-3-2 harmonic-limit specifications," IEEE Transactions on, vol. 33, no. 2, pp. 551-557, August 2002.
- [2] J. O. McSpadden, L. Fan, and K. Chang, "A high conversion efficiency 5.8 MHz rectenna", IEEE MTT-S Digest, pp. 537-550, 1997.
- [3] J. O. McApadden and J. C. Mankins. "Space Solar Power Programs and Microwave Wireless Power Transmission Technology." IEEE Microwave magazine, Dec. 2002 pp46-57
- [4] Jeroen A. C. Theeuwes, Huib J. Visser, Martin C. van Beurden, and Gert J. N. Doodeman, "Efficient compact, wireless battery design", Microwave Conference, pp. 991-994, Oct. 2007.

저 자 소 개



신 두 섭(학생회원)
 2009년 2월 숭실대학교 정보통신
 전자공학부 학사 졸업.
 2009년 3월~현재 숭실대학교
 전자공학과 석사과정.
 <주관심분야 : 초고주파 회로 설
 계, RF Power Amplifier, VCO,
 Digital RF 등 >

서 철 헌(정회원)
 대한전자공학회 논문지
 vol.31, no. 6 참조