

자기 유도 방식과 LC 공진을 이용한 무선 전력 전송기기

이승환¹⁾, 김현민¹⁾, 김희제²⁾

부산대학교 공과대학 로봇협동과정¹⁾, 부산대학교 공과대학 전기전자²⁾

Wireless power transmission using LC resonant with cores

Lee Seung Hwan¹⁾, Kim Hyun Min¹⁾, Kim Hee Je²⁾

¹⁾Department of Interdisciplinary Program in Robotics and ²⁾Electrical Engineering, Pusan National University

ABSTRACT

Wireless power transmission introduced by Tesla has instrumented by many scientists of the world. This technique first was utilized as wireless communications such as radio in long range transmission. And contactless transmission using inductive property was used on white goods. In 2007, MIT' lab introduced that new wireless power transmission by magnetic resonance which has about 50% efficiency and 2M transmission distances, it was a chance to refocus a new possibility of wireless power transmission. In this paper, using LC coupling compensate the short distances of contactless transmission, this simple method could transmit about 30cm distances. Using this approach, it can be solved the short transmission distances, a drawback of Electromagnetic inductive coupling method.

1. 서론

테슬라는 1899년 무선 전신 시스템을 개발하기 위해 콜로라도에서 무선 전송 장치를 개발하게 되는데, 이것이 무선 전송 시스템의 시작으로 이후 세계의 많은 연구진에 의해서 연구가 진행이 되었고, 아직도 진행 중인 전력 전송의 꿈의 기술이다.[1] 이후, 1970년대에는 나사에 의해 진행된 에너지 전송은 우주공간에 설치된 태양전지 판에 의해 생성된 DC전압을 마이크로파 전력으로 변환시켜 지상 공간으로 복사하고 지상에서 다시 마이크로파 전력을 DC전압으로 변환시켜 에너지원으로 이용하는 것으로 현재까지 지속적으로 연구가 지행이 되고 있다.[2]

2007년 MIT의 물리학과 마린 소라치치(Marin Solijacic) 교수팀에서 제안한 비방사(non radiated)를 이용한 새로운 방식의 에너지 전송을 제안하고, 60W의 파워를 13.54MHz대역에서 2미터의 거리까지 50%정도의 효율로 에너지 전송을 시연하였다.[3, 4] 이 새로운 에너지 전송 방식은 가정과 같은 소규모 전력 시스템의 변화 가능성을 제시하면서 무선 전력 전송의 새로운 계기가 되었다. 하지만 자기 커플링을 형성하기 위해서는 복잡한 수식과 구성이 필요하여 쉽게 재현을 하지 못하는 단점이 있었다. 그리하여 본 논문에서는 LC 공진을 이용하여 kHz 대역에서 무선 전송을 시도하였으며, MIT 랩보다는 전송 거리는 짧지만, 시스템이 간단하여 재현성이 좋은 장점이 있다. 이

기술의 전송 거리는 30~45cm 정도로 건물의 벽을 사이에 두고 전송할 수 있는 가정용 태양열 발전시스템, 차량용 무선 충전장치, 모바일 핸드폰 같은 근거리용 무선 충전기에 사용할 수 있을 것이다. [1]

1.1 시스템 구성

그래서 본 논문에서는 자기유도 방식과 간단한 LC공진을 이용한 근거리용 무선 전력 시스템을 제안한다. 시스템은 간단히 송신부와 수신부로 구성되며, 송신부(Transmitter)는 풀 브리지(Full bridge circuits) 회로를 사용하였으며 스위칭 드라이버는 IR2153을 사용하여 LC공진을 유도하였다. 인덕턴스와 커패시턴스의 공진 주파수를 20~30kHz로 설정하여 커패시터와 인덕턴스의 값을 설정을 하였다. 그리고 수신부(Receiver)는 정류회로를 거쳐 커패시터에 충전하는 간단한 구조로 되어 있다. 송신부의 시스템을 회로도(그림 1)를 보며 간단히 소개하자면, 입력 전원은 파워서플라이를 사용하였고, 스위칭은 모스펫 IRF1404를 사용하였고, 스위칭 드라이버는 IR2151, IR2111를 사용하여 구성을 하였다. 그리고 LC 공진을 설정하기 위한 커패시턴스 값 설정과 주파수 설정을 위한 장치를 추가하였다.

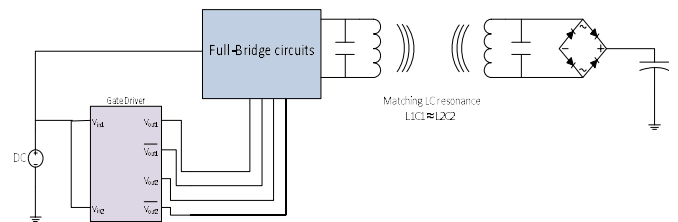


그림 1 간단한 무선 전력 시스템 개략도

1.2 전력 전송 실험

1.2.1 LC 공진 주파수와 전송 거리와의 상호 인덕턴스 관계

비접촉식 전송 방식이 인덕턴스를 이용한 전력 전송이라고 한다면, 이는 트랜스포머 방식을 따를 것을 보이며 이를 알아보는 실험을 진행을 하였다. 100kHz, 1V에서 인덕터의 거리에 따른 인덕턴스 값 변화를 측정하였다. 총 4가지의 인덕터 샘플

로 측정을 하였으며, 결과는 아래의 그림과 같다

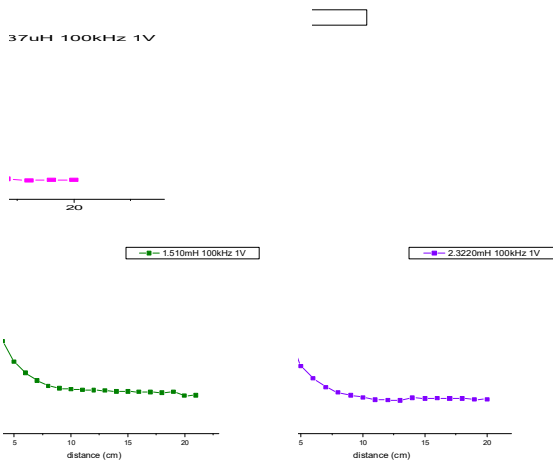


그림 2 거리에 따른 인덕턴스 값의 변화 <좌상(100.37uH), 우상(378uH), 좌하(1.51mH), 우하(2.322mH) >

그림 2와 같이 인덕터의 인덕턴스 값은 역 엑스포넨셜 그래프와 같이 거리에 따라서 감소하며 일정 거리 이후에는 상호작용이 나타나지 않는 것이 보인다. 이 거리는 보통 6~10cm 사이로 이 지점까지는 트랜스포머의 특성이 보이지만 그 이상이 되면 트랜스포머의 특성을 잃어버려 더 이상 에너지를 2차 측으로 보낼 수가 없는 상태로 바뀔 것으로 보인다. 실험 측정 결과도 이와 같이 나오는 것을 알 수 있을 것이다

1.2.2 주파수 변화에 따른 2차 측 전압변화

다음 실험은 1차 측의 풀 브리지 스위칭 주파수를 변경하여 인덕터와 커패시터간의 주파수 관계를 알아보고, 이때 2차 측에 전송되는 전압을 비교하면서 공진 주파수와와의 관계를 알아보는 실험이다. 인가전압은 파워서플라이로 15V를 인가했으며, 2차 측 부하는 LED 사용하였으며, 거리는 5, 10, 15, 20cm로 변경을 하면서 1차 측 입력 파워 변화와 2차 측 전압을 측정하였다

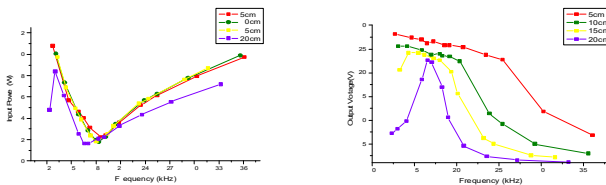


그림 3 주파수변화에 따른 입력 전력과 출력 전압의 변화, 입력 전력 변화(좌), 출력 전압 변화(우)

위의 결과를 더 자세히 보기 위해서 입력 파워와 주파수와의 관계(그림 3 좌) 출력 전압의 그래프(우) 다시 정리하였다. 그림 3과 같이 특정 주파수에서는 입력 전력이 낮아지며 반대로 출력 전압이 높게 나오는 것을 알 수 있다. 이 주파수 대역이 LC 공진 지점이며, 이때 작은 전력으로 가장 많은 전압을 전송할 수 있으며, 이때 효율이 가장 높다. 그림 8의 우측 그래프에서 보면 출력 전압은 5cm, 10cm의 경우 트랜스포머와 같이 주파수가 낮을수록 전류가 많이 흘러 입력 측 전류가 많

이 흘러 출력 측 전압이 많이 나오는 것을 알 수 있다. 하지만 15cm 이상에서는 입력 측 주파수가 낮아 전류는 많이 흐르지만 전송은 되지 않아 출력 측 전압이 나오지 않는 것을 알 수 있다. 이것으로 보면 무선 전송에서는 입력 측 전력도 중요하지만 송신부와 수신부의 공진 주파수대역에서의 전송이 입력 전력보다 더 상관관계가 높다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

본 논문은 풀 브리지회로를 이용하여 송신기를 만들어 송신부와 수신부의 LC공진 주파수 매칭을 하고 풀 브리지의 스위칭 주파수를 조정하면 공진 점에서의 전력 전송이 에너지 효율이 높은 것을 알 수 있다. 이것은 또한 수 cm정도의 전송 거리를 가지는 자기 유도 방식의 한계를 20cm 이상 보낼 수 있는 방법을 제시했으며, 자기 유도 방식에도 공진을 이용하면 효율과 거리를 더 증가시킬 수 있는 것을 알았다. MIT에서 제시한 방법보다 간단히 만들 수 있는 장점이 있으며, 재현성도 상당히 높다. 하지만 아직 전송 거리와 효율에서는 아직 차이가 나며 아직 보완할 부분이 많이 남아 있으며, 이를 계속적인 연구로 하나씩 해결해 나갈 예정이다. 다음시험에는 이것을 보완한 50W급 전력 전송을 계획하고 있으며 coreless 방사형 자기 공진 방식을 사용하여 이 문제들을 개선하려고 한다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원 융복합형 로봇전문인력양성 특수환경 Navigation/Localization 로봇기술연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA 2012 H1502 12 1002)

참고 문헌

- [1] N. Tesla, Apparatus for transmitting electrical energy, US patent number 1,119,732, issued in December 1914.
- [2] G. A. Landis, "Applications for Space Power by Laser Transmission," SPIE Optics, Electro optics & Laser Conference, Los Angeles CA, 24-28 January 1994; Laser Power Beaming, SPIE Proceedings Vol. 2121, 252-255.
- [3] Aristeidis Karalis, "Efficient wireless non radiative mid range energy transfer" annals of physics 323(2008) pp 34-48
- [4] M. Soljacic, Andre Kurs, Aristeridis Karalis "wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances" Science 317 (2007) pp 83-86
- [5] Rohan Bhutkar, Sahil Sapre, "Wireless Energy Transfer Using Magnetic Resonance", IEEE Computer society, pp. 512-515, 2009.
- [6] Hirohito Fnato, Yuki Chihu, Kenichi Harakawa, "Wireless Power Distribution with Capacitive Coupling Excited by Switched Mode Active Negative Capacitor", Electrical Machines and System (ICEMS), pp.117-122, 2010.
- [7] Seungyoung Ahn and Jongho Kim, "Magnetic Field Design for High Efficient and Low EMF Wireless Power Transfer in On Line Electric Vehicle", Antennas and Propagation (EUCAP), pp.3979-3982, 2011.
- [8] 김진성, 박관수, "자기 유도방식을 이용한 550VA급 비접촉 전력전송기기 개발", Journal of the Korean Magnetics Society, Volume 22, Number 3, June 2012