

자기공명방식을 이용한 무선 전력 전송 시스템

System of Wireless Power Transfer using Magnetic Resonance Method

*박주형¹, #차주현²

*J. R. Park¹, #J. H. Cha(cha@kookmin.ac.kr)²

¹국민대학교 기계자동차공학부, ²국민대학교 기계시스템공학부

Key words : Wireless Power Transfer, Magnetic Resonance Coupling

1. 서론

최근에 휴대용 통신기기의 비약적인 발달로 무선통신기술 뿐만 아니라 무선 전력 전송기술의 개발에도 많은 관심이 몰리고 있다. 이와 더불어 2007년 MIT의 M. Soljačić 그룹에서 Science지에 발표한 논문인 ‘Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance’ 을 시작으로 기존의 전자기유도방식을 대체할 자기공명방식의 무선 전력 전송에도 많은 연구가 이루어지고 있다.

전자기유도방식은 전통적인 방식으로서 가장 많이 이용되고 있는 것으로 두 개의 권선 코일 사이에 유도전류가 발생하게 하는 전자기 유도방식이다. 즉 두 개의 코일 중 하나인 1차(primary) 코일에 교류전압을 가하게 되면 자속을 집중할 수 있는 철심(core)을 공유하여 감겨있는 2차(secondary) 코일에 전자기 유도가 일어나서 전력을 전달할 수 있게 된다. 이 경우는 1차, 2차 코일의 감은 수에 따라 전압의 변환을 줄 수 있다. 인덕티브 커플링(Inductive Coupling)라고도 불리며 최근에는 이 기술을 이용한 휴대폰용 무접점 충전기도 판매되고 있다.

전자기유도방식의 가장 큰 특징으로는 높은 전력 레벨까지 전송이 가능하지만 전송거리가 매우 짧아서 엄밀히 따졌을 때 무선 전력 전송이라 하기가 어렵다. 따라서 전송거리를 늘릴 수 있는 새로운 방법이 필요하다.

자기공명방식은 새로운 개념의 무선 전력 전송 기술로서 기존의 전자기유도방식보다 먼 거리에서 전송이 가능하다. 수MHz대의 주파수에 대해 거실이나 사무실 정도의 크기에 적용이 가능하다. 따라서 실생활에 응용할 수 있는 범위가 매우 넓다.

전송방식은 전자기유도방식과 마찬가지로 1차 코일에서 전자기장을 발생시키면 이와 같은 주파

수로 설계된 2차 코일과 공명을 일으켜서 일종의 에너지 터널을 형성해 수m 거리에 있는 기기를 충전시킬 수 있다.

본 논문에서는 자기공명방식을 이용한 무선 전력 전송을 기존의 논문들을 참고하여 실제로 실험해보고, 그 가능성에 대하여 논하도록 하겠다.

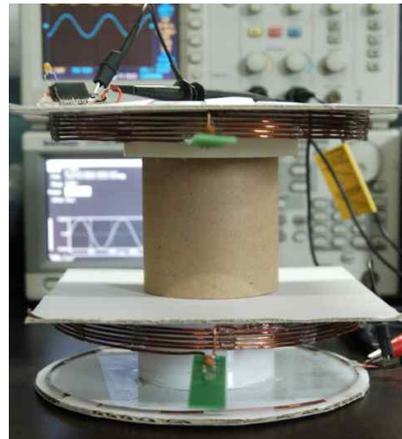


Fig. 1 Photograph of wireless power transfer model using magnetic resonance method. Primary coil drove by signal generator.

2. 실험

실험에 사용된 장치의 모습은 Fig. 1과 같다. 하단의 코일이 1차(Primary)측이며, 상단의 코일이 2차(Secondary)측이다. 1, 2차측 코일 모두 두 개로 나뉘어져 있는데 이는 전송 효율을 높이기 위한 방법 중 하나이다. 신호발생기에서 공명주파수와 같은 주파수의 정현파를 생성하여 1차측 코일에 공급한다. 1차측 코일이 공명주파수로 진동하면, 원형코일의 중심을 축으로 전자기장이 발생된다. 이 전자기장으로 인해 1차측 코일과 2차측 코일 간에 에너

지 통로가 형성되며, 2차측 코일이 이 에너지에 공명을 일으켜 전력을 전송받게 된다. 1차측에서 형성된 전자기장은 14.9cm의 거리를 두고 최대의 효율을 보이는데 이는 공명주파수와 관련이 있다.

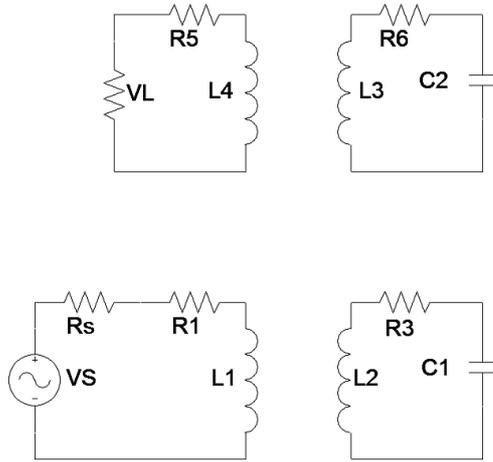


Fig. 2 Circuit model of Fig 1.

3. 고찰

실험에 사용된 장치의 개략적인 회로도 는 Fig.2 와 같다. 하단의 L1과 L2로 표기된 코일을 포함한 두 파트가 1차(Primary)측이며, L3와 L4로 표기된 코일을 포함한 두 파트가 2차(Secondary)측이다. 코일 L2와 L3는 같은 턴 수로 제작되었으며 코일에 병렬로 결합된 C2, C3는 각각 같은 값의 커패시터이다. 커패시터의 오차범위 내 값에 대한 튜닝을 위해 가변 커패시터가 결합되어 있다. 저항 R1, R2, R3, R4는 코일의 내부저항으로서 그 값은 매우 미미하다. 본 실험에서 사용한 공명주파수는 5.0MHz이며 신호발생기를 이용하여 실험하였다.

실제로 공명을 통해 전력을 전송하는 부분은 1차측의 L2와 C1을 포함한 파트와 2차측의 L3와 C2를 포함한 파트다. 이 두 파트들을 “self-resonant coil⁽¹⁾”이라 부르며, 이 파트들을 동일한 L, C값으로 설계하여 같은 공명주파수를 갖게 하였다. 공명주파수는 다음과 같은 공식으로 유도할 수 있다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_3C_2}}$$

같은 공명주파수값을 갖는 두 파트들을 전원과 부하원에서 분리시켜 High-Q Resonant Coupling⁽²⁾

을 추구하였다. Fig. 3은 공명주파수 변화에 따른 출력전압 값의 변화를 나타낸 것이다. 공명주파수에서 3.9V의 전압이 측정되었으며 이때의 출력은 약 0.15W이다. 신호발생기가 5MHz에서 0.27W의 출력을 갖는다. 효율을 계산하면 약 57%가 된다.

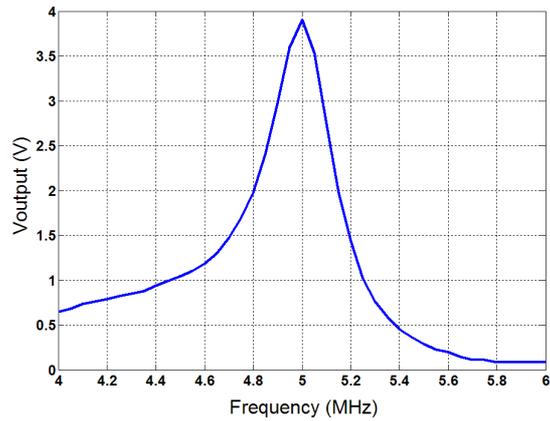


Fig. 3 Frequency-Voutput graph shown that maximum Voutput at a resonant frequency.

4. 결론

본 연구에서는 자기공명방식을 이용한 무선 전력 전송의 관한 실험을 진행해보았다. 같은 공명주파수를 갖는 Self-resonant코일을 통해 공명주파수에서 가장 전송 효율이 좋음을 알 수 있었다. 본 실험조건에서 최대 효율이 14.9cm에서 57%로 측정되었으며, 이는 두 코일 간 공명주파수의 미세한 차이와 임피던스 매칭 등의 영향으로 보인다. 추후 과제로 효율개선과 수W대의 출력개선을 위해서 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. A. Kurs, A. Karalis, R. Moffatt, J. D. Joannopoulos, P. Fisher, and M. Soljacic, “Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances,” Science, vol. 317, pp. 83-86, Jul. 6, 2007.
2. Benjamin L. Cannon, James F. Hoburg, Daniel D. Stancil, Seth Copen Goldstein, "Magnetic Resonant Coupling As a Potential Means for Wireless Power Transfer to Multiple Small Receivers", IEEE Transactions on power electronics, vol. 24, No. 7, Jul 2009