

2-코일 및 3-코일 방식의 전기차 충전용 무선전력전송회로 실험결과

오광교

한국생산기술연구원 동력부품소재그룹

Experimental Results of Wireless Charging Circuits with Two- and Three-Coils

Kwang Kyo Oh

Automotive Components and Materials R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology

ABSTRACT

본 논문에서는 권선 사이의 자계결합도 변동을 고려하여 설계된 자기공진 방식의 전기차 충전용 무선전력전송회로의 효율 실험 결과를 제시한다. 특히, 동일한 시스템 사양에 대해 1차측 및 2차측에 각각 코일을 구비한 2 코일 방식의 회로와 1차측에 보조코일이 추가된 3 코일 방식의 회로를 각각 설계, 제작하였고 동등한 조건에서 두 방식의 효율을 비교하였다. 비교실험 결과 두 방식의 회로에 대한 효율이 크게 차이가 발생하지 않음을 확인하였다.

1. 서론

친환경 전기차 보급확대가 예상됨에 따라 사용자 편의를 고려한 무선충전 방식이 주목을 끌고 있다. 무선충전 방식은 기존의 플러그인 방식에 비해서 전력전송 효율이 낮다고 알려져 있으나 최근 미국의 Witricity 등 해외 무선전력전송 전문기업들을 중심으로 90% 수준의 양호한 전송 효율을 갖는 시제품이 출시되었고 일본의 Toyota 등 완성차 업체를 중심으로 상용화를 위한 실증연구가 진행되는 등, 전기 자동차 무선충전 기술개발이 본격화 될 것으로 전망되고 있다.

무선전력전송 기술은 크게 자기유도 방식, 자기공진 방식, 전자기파 방식 등으로 분류되는데, 전력전송 거리가 15cm 내외로 비교적 짧은 반면, 전력전송 용량이 크고 높은 전송효율이 요구되는 전기 자동차 충전에는 자기공진 방식이 가장 적합한 것으로 알려져 있다[1]. 자기공진 방식의 무선전력전송회로는 그 동작원리가 LLC 공진형 컨버터와 유사한 것으로 알려져 있는데, 송전단과 수신단의 거리 및 정렬상태에 따라서 코일 사이의 자계결합도가 변동한다는 점과 충전기와 전기차의 상호용성 확보를 위해서 회로의 동작주파수가 일정 범위로 제한되어 있다는 점에서는 차이가 있다. 참고문헌 [2]에서는 이러한 점을 고려하여 2 코일 방식의 전기차 충전용 무선전력전송회로의 설계기법을 제시하였다. 제시된 기법을 활용하면, 송전단과 수신단 사이의 자계결합도가 일정한 수준으로 변동하더라도 무선충전회로가 동작주파수를 주어진 범위 내에서 가변함으로써 수신단 전압을 적절한 수준에서 유지할 수 있다.

한편, 참고문헌 [1]에서는 자기공진형 무선전력전송회로의 효율을 제고하기 위해서 보조코일을 포함하는 3 코일 방식의 무선전력전송회로의 설계기법을 제시하였다. 또한, 참고문헌 [3]에서는 자계결합도의 변동 및 동작주파수 제한 등 전기차 충전의 특징을 감안하여 3 코일 방식의 무선전력전송회로를

설계하는 기법을 제시하였다.

본 논문에서는 참고문헌 [2]와 [3]에 제시된 설계기법을 활용하여 2 코일 및 3 코일 방식의 3.3kW급 무선전력전송회로를 설계, 제작하여 동등한 조건 하에서 효율을 비교 실험하였다. 실험결과 정격출력 조건에서 두 회로의 효율은 동등수준임을 확인하였다.

2. 자기공진형 무선충전회로 설계 및 실험

2.1 개요

본 논문에서 고려하는 2 코일 및 3 코일 방식 무선전력전송회로는 그림 1 및 그림 2와 같다[1]. 2 코일 방식의 회로는 송전단과 수신단 코일로 구성되고 송전단에는 자계 발생을 위한 풀 브릿지 인버터가 장착되고 수신단 회로는 정류회로를 포함한다.

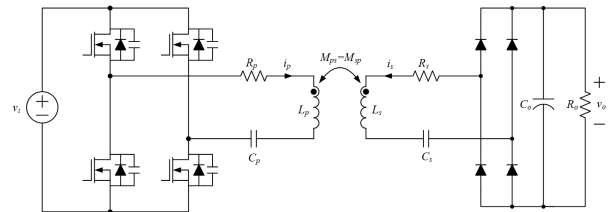


그림 1 2-코일 무선전력전송회로

Fig. 1 Two-coil wireless power transfer circuit

3 코일 방식의 무선전력전송회로는 그림 2에 나타난 바와 같이 송전단에 일종의 중계기 역할을 하는 보조코일을 포함한다. 보조코일은 회로 관점에서는 수신단에 부착을 하는 것도 가능하지만, 전기차 충전을 고려하면 차량측 보다는 충전기측에 장착하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

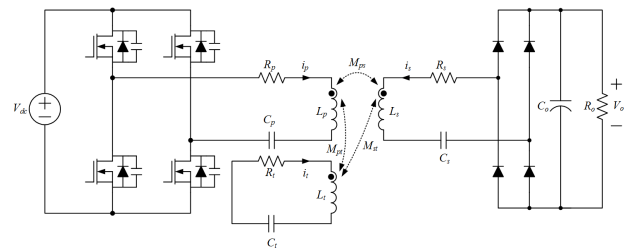


그림 2 3-코일 무선전력전송회로

Fig. 2 Three-coil wireless power transfer circuit

2 코일 및 3 코일 무선전력전송회로를 설계하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나 본 논문에서는 참고문헌 [2]와 [3]에 제시된 기법을 활용하였다. 시스템 사양은 다음과 같다.

표 1 무선전력전송회로 시스템 사양
Table 1 System specification for the WPT circuit

입력전압	DC 400V
출력전압	DC 300~400V
출력용량	3.3kW
동작주파수	80~90kHz
자기결합도	0.25±10%

동작주파수는 미국 자동차공학회를 중심으로 85kHz 내외의 주파수를 규격으로 제정하려는 움직임이 있다는 점을 고려하였다.

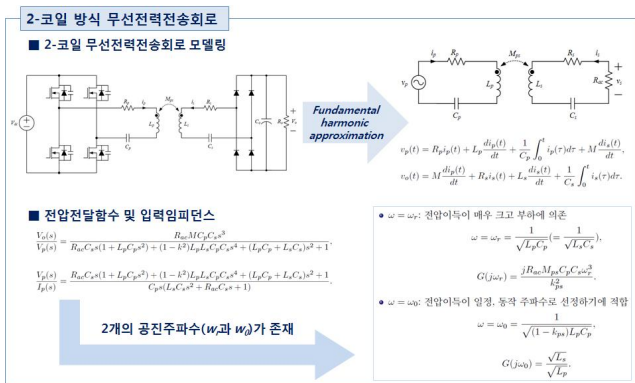


그림 3 2-코일 무선전력전송회로 해석
Fig. 3 Two-coil wireless power transfer circuit analysis

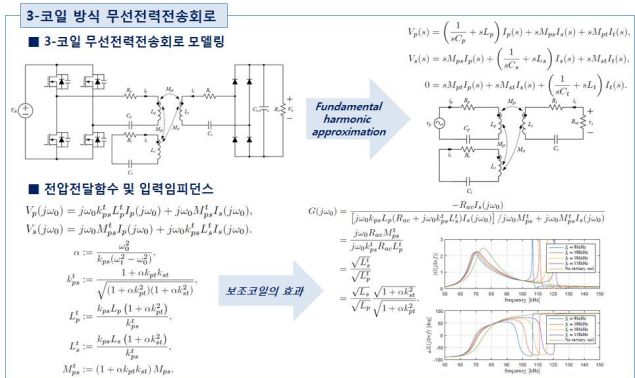


그림 4 3-코일 무선전력전송회로 해석
Fig. 4 Three-coil wireless power transfer circuit analysis

2 코일 및 3 코일 방식의 무선전력전송회로의 설계결과는 참고문헌 [2]와 [3]에 제시된 바와 같다.

2.2 실험결과

이상에서 설계된 무선전력전송회로를 제작하여 동등한 조건 하에서 효율실험을 진행하였다. 효율실험 결과는 그림 5와 6에 제시된 바와 같다. 3.3kW 출력조건에서 이격거리를 150mm, 175mm, 200mm로 하였을 때, 3 코일 방식 회로의 효율은 각각

93.5%, 92.2%, 91.1% 수준이었고 2 코일 회로의 경우도 동등조건에서 0.5% 이내의 효율차이를 보였다. 한편, 송전단과 수전단에 페라이트 바를 부착한 경우, 약 0.8%의 효율 향상이 발생됨을 확인하였다.

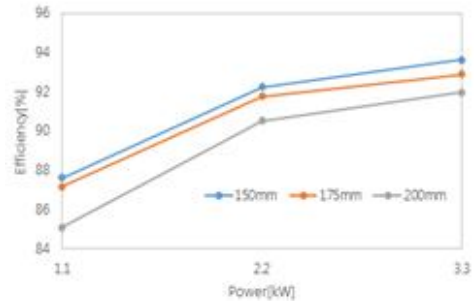


그림 5 2-코일 무선전력전송회로 효율
Fig. 5 Efficiency of two-coil wireless power transfer circuit

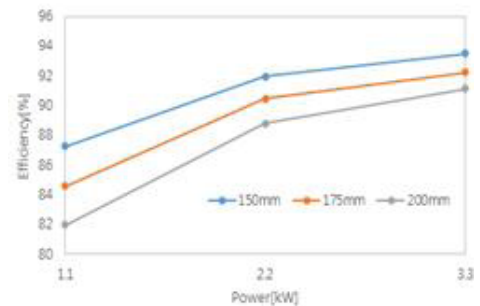


그림 6 3-코일 무선전력전송회로 효율
Fig. 6 Efficiency of Three-coil wireless power transfer circuit

3. 결론

본 논문에서는 권선 사이의 자기결합도 변동을 고려하여 설계된 2 코일 및 3 코일 방식의 자기공진 방식의 전기차 충전용 무선전력전송회로를 제작하여 동등한 조건에서 효율을 비교하였다. 실험결과 두 회로의 효율은 동등한 수준임을 확인하였다. 한편, 송전단과 수전단 사이에 페라이트 바를 추가하는 경우, 약간의 효율향상이 발생되는 것을 확인하였다.

이 논문은 한국생산기술연구원 기관고유사업(PER16190)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- [1] SangCheol Moon, Bong Chul Kim, Shin Young Cho, Chi Hyung Ahn, and Gun Woo Moon, "Analysis and Design of a Wireless Power Transfer System an Intermediate Coil for High Efficiency", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 61, No. 11, pp. 5861-5870, 2014, Nov.
- [2] 오광교, "자기결합도의 변동을 고려한 전기차 충전용 무선 전력전송회로 설계," 2015년 전력전자학회 하계학술대회.
- [3] 오광교, "보조권선을 포함하는 전기차 충전용 무선전력전송회로 설계기법," 2016년 전력전자학회 추계학술대회.