

철도용 무선전력전송시스템을 위한 급전선로 기구설계 The mechanical design of power supply modules for wireless power transferred train.

*이석환¹, #정구호¹, 송보윤¹, 신승용¹, 신재규¹, 김양수¹

*S. H. Lee¹(shlee0322@kaist.ac.kr), #G. H. Jung(ghjung9595@kaist.ac.kr)¹, B. Y. Song, S. Y. Shin, J. G Shin, Y. S. Kim

¹KAIST 무선전력전송연구센터

Key words : Power supply module, mechanical design, wireless power transfer

1. 서론

최근 철도분야는 전기를 주 동력원으로 이용한다. 현재는 주로 팬터그래프 방식을 많이 이용하는데, 접촉에 의한 방식이기 때문에 그에 따른 단점이 존재하게 된다. 예를 들면, 유지비용이 많이 들고, 케이블의 단선이 위험할 수 있다. 또한 철도의 진행 방향으로 항상 전력선이 존재해야하기 때문에 미관상 좋지 않다. 그리고 철도와 함께 전력선이 통과해야 하기 때문에 터널 제작 시에 더 큰 비용이 들어간다.

이런 이유로, 무선전력전송 방식을 철도에 적용하면 여러 가지의 장점이 있다. 전자기유도 방식으로 철도 하부에서 무선으로 전력전송하기 때문에, 주변 환경도 개선되고 유지비용도 감소할 수 있다. 또한 전력선의 마찰이 없기 때문에 고속의 철도에도 적용할 수 있다. 또한 기존 철도를 위해 설치되어 있는 철로가 존재하기 때문에 땅속에 급전선로를 매설하지 않고 철로 사이에 급전모듈을 설치할 수 있는 장점이 있다.[1]

KAIST에서 연구하고 있는 무선전력전송 방식을 철도에 적용하고, 급전시스템의 동작을 통해 큰 출력을 얻을 수 있다.

KAIST의 무선전력전송 방식은 철도가 운행하는 도중에 전력을 전송한다. 세그멘테이션 방식을 이용하여 인버터로부터 각 세그먼트에 전력을 공급하게 된다. 철로의 경우 철도가 기존 설치되어 있는 철로를 따라 움직이기 때문에 좌우편차에 매우 유리하다.

무선전력전송 과정은 Fig 1과 같다. 먼저 인버터로부터 480A/20kHz의 교류전류가 급전선로로 공급된다. 그리고 급전선로로부터 자기밀도가 발생하게 되고, 생성된 자기장이 집전모듈로 전달되어 전력전송이 이루어진다. 전력전송 과정에서 지상고는 7cm이다. 급전선로는 듀얼 방식을 이용하였고, 케이블에 과전류가 흐르는 것을 방지하고 전력손실을 줄이기 위하여 2턴 방식을 이용한다. 급전선로와 집전모듈에는 페라이트코어를 포함하여 자기장의 원하는 방향과 모양대로 집중시켜준다. 페라이트 코어의 형상은 눕혀져 있는 E 모양이다.[2-3]

2. 급전선로 기구설계

2.1 급전선로 케이블 설치방식 선정

급전선로 케이블은 눕혀진 E 형상의 페라이트 코어 위에 놓이며, 1턴 혹은 2턴 방식이 가능하다. 1턴 방식을 이용할 경우에는 2턴 방식을 이용할 때보다 각 케이블에 2배의 전류를 흘려준다. 그러므로 1턴 방식의 경우 480A/20kHz의 전류가 케이블에 흐르고, 2턴 방식의 경우 그 절반인 240A/20kHz의 전류가 케이블에 흐른다. Fig. 2는 1턴 방식의 케이블을 이용할 경우 자속밀도에 관한 급전선로 자기장 시뮬레이션 결과이다.



Fig. 1 Wireless power system of the train

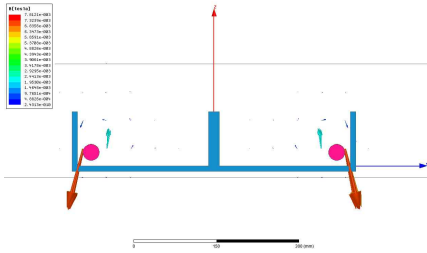


Fig. 2 Magnetic flux density of 1 turned typed power supply module

200A 급전시 케이블의 온도측정 결과는 Table 1과 같다. 실험시에는 1턴 방식을 이용하였다.

Table 1 Temperature of the cable when 200A current supply

Time (min)	Temperature of the cable (°C)	Ambient temperature
0	18.4	19
10	28.3	20.5
20	34.1	20.2
30	36.6	19.6
40	37.8	19.4
50	39	19.2
60	39.1	19.4
70	39.1	19.4
80	39	19.3
90	38.9	19.4

Table 1을 통해, 시간이 지남에 따라 전류가 공급된 케이블에서 열이 발생함을 알 수 있다. 여름철 극서기 때, 1턴 방식의 급전선로를 이용하게 된다면 고온현상으로 인해 열에 의한 문제가 발생할 수 있다.

2.2 급전선로 사이즈 선정

철도용 무선전력전송 방식에 있어, 급전선로의 사이즈는 비용에 큰 영향을 미친다. 철로를 이용하여 급전선로를 설치할 수 있고, 지상고가 매우 가깝다는 이점을 이용하여 급전선로 및 집전모듈의 사이즈를 최소화 시킬 수 있다.

Table 2는 기존 사이즈와 축소된 사이즈의 급전선로 및 그에 따라 유도되는 집전모듈의 전압이다. Maxwell 자기장 시뮬레이션을 통하여, 축소된 급전선로에서 기존 사이즈와 유사한 전압을 유도할 수 있다.

Table 2 Sizes of the power supply module and induced voltages of the pick-up module

	Original design	New design
Size of the power supply module (mm)	720(W) * 110(H)	522(W) * 110(H)
Induced voltage of the pick-up (V)	2169.443	2161.984

급전선로 사이즈를 줄임으로써 얻어지는 이점은 다음과 같다. 먼저 무게가 가벼워지기 때문에 초기 급전선로 설치비용이 감소하게 된다. 또한 급전선로 내부의 페라이트 코어 재료비도 감소한다. 그에 따라 집전모듈의 사이즈도 줄어들기 때문에 차량에 걸리는 하중을 크게 줄일 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 무선전력전송 방식을 철도에 적용할 경우 급전선로 케이블의 설치방식과 급전선로의 폭을 선정하였다. 2턴 케이블 방식을 이용할 경우 온도면에 있어서 1턴 방식보다 유리하고, 급전선 모듈 사이즈를 줄였을 때 동일한 전압이 유도됨을 확인할 수 있다. 제안된 급전선로 기구설계 방식은 무선전력전송을 철도시스템에 적용할 때 적합한 것으로 판단된다.

참고문헌

1. PATH team, "Roadway Powered Electric Vehicle Project Parametric Studies: Phase 3D Final Report," California Partners for Advanced Transit and Highways Research Report, Oct. 1996. (<http://www.path.berkeley.edu/>)
2. N. P. Suh, D. H. Cho, C. T. Rim, "Design of On-Line Electric Vehicle(OLEV)," Plenary lecture at the 2010 CIRP Design Conference, April 2010.
3. J. G. Shin, B. Y. Song et al., "Contactless Power Transfer Systems for On-Line Electric Vehicle (OLEV)," IEVC 2012, will be published