

무선급전 경전철 차량을 위한 집전장치 제어방법 연구

유효열, 한정호, 최정현, 김찬인, 조정구
(주)그린파워

Study of Vehicle-side Power Receiver Control Method for Wireless Powered Light Rail Transit

Hyoyol Yoo, Jungho Han, Jung-Hyun Choi, Chan-In Kim, Jung-Goo Cho
Green Power Co.,Ltd

ABSTRACT

경전철 차량에 위치한 집전장치는 무선급전 인버터로부터 전력을 공급받아 동력계통 또는 에너지 저장장치에 전력을 전달하는 역할을 한다. 따라서, 집전장치의 손실을 최소화 하고 전력을 안정적으로 전달할 수 있는 제어방법이 필요하다. 본 논문은 이러한 필요를 만족하는 적절한 제어방법을 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 집전장치 제어방법의 유효성을 검증한다.

1. 서 론

경전철은 고무차륜방식, 철제차륜방식, 모노레일방식으로 분류될 수 있으며 국내에서는 지자체별 다른 방식의 경전철을 선정하여 운영하고 있다. 이러한 경전철은 승용차, 버스, 해운 등의 타 운송수단에 비해 화석 연료 소모가 작고, 이산화탄소 발생량이 현저히 작아 친환경적이고, 에너지 효율이 높아 미래 교통수단으로써 관심을 많이 받는다. 하지만, 현재 사용 중인 경전철 집전시스템은 높은 구축비용과 고전압/전류의 가선이 노출되어 있어 발생할 수 있는 안전 문제, 유지 보수비용 증가 등의 문제를 가지고 있다. 따라서, 기존 집전 시스템의 장점인 안전성을 보장하면서 경제성까지 확보하는 집전 시스템 기술이 필요하다.

이러한 접촉식 집전 시스템은 지면 급전 방식인 3레조 방식 등 다양한 방식을 개발하여 적용하고 있으나 안전, 유지 보수 등의 문제를 완전히 해결하기에는 한계가 있다. 이러한 이유로, 기존의 접촉식 전력 공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지 보수비용 절감이 가능하고 단선 및 전기 접촉 등에 의한 위험성이 없는 무선집전 시스템의 개발이 필요하다^[1-3]. 따라서, 본 논문은 기존 집전 시스템을 대신할 무선집전 경전철 차량에 탑재되는 집전장치 제어방법을 제안한다. 제안한 제어방법은 무선집전 전압, 전류 특성에 따라 우수한 성능을 가지고 있다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 집전장치 제어방법의 유효성을 검증한다.

2. 경전철 무선집전 시스템 및 제어방법

그림 1은 무선전력 공급장치의 구성을 나타낸다. 먼저, 전력계통으로부터 전력을 공급받아 급전 인버터로 전류를 공급한다. 공급된 인버터 전류는 급전 트랙을 따라 흐르게 되고, 그에 따라 자기장이 형성된다. 형성된 자기장은 경전철 차량에

탑재된 픽업에 전류를 유기하고, 공진회로와 레귤레이터를 거쳐 전압, 전류 형태로 에너지 저장장치로 출력된다.

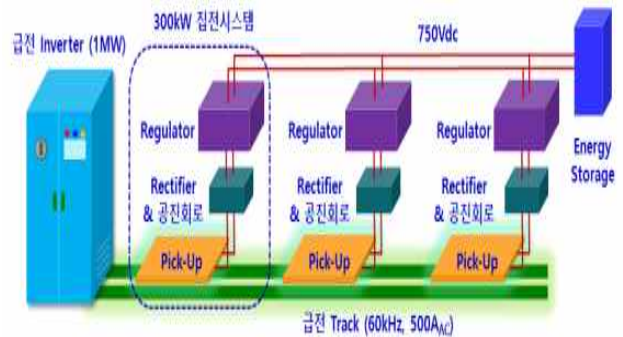


그림 1 무선전력 공급장치 구성

그림 2는 무선전력 집전장치의 회로를 나타낸다. 여기서, L_{rx} 는 픽업장치의 인덕턴스를 나타낸다. 픽업으로부터 유기된 전류는 공진 커패시터 C_{rx} 를 레귤레이터 스택에 공급된다. 레귤레이터 스택은 본 논문이 제안한 제어방법에 따라 급전 트랙에 전류를 제한하면서, 출력 직류전압을 정격전압인 750V로 유지한다.

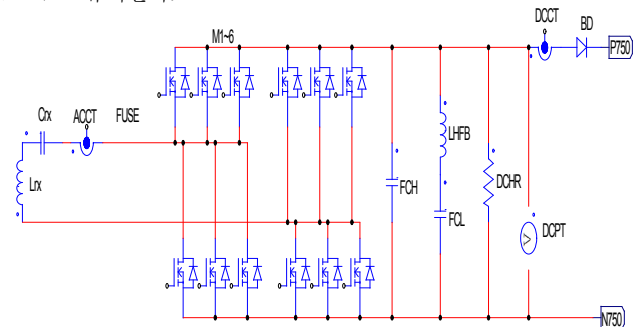


그림 2 무선전력 집전장치 회로

그림 3은 무선전력 집전장치의 제어방법을 나타낸다. 먼저, 출력 직류전압을 유지하기 위해 외부 제어는 전압제어기로 구성되고, 내부제어기는 급전트랙의 전류를 제한할 수 있는 전류제어기로 구성된다. 최종출력은 듀티비 형태로 레귤레이터 스택의 하위 스위치들을 제어하는 형태로 출력된다.

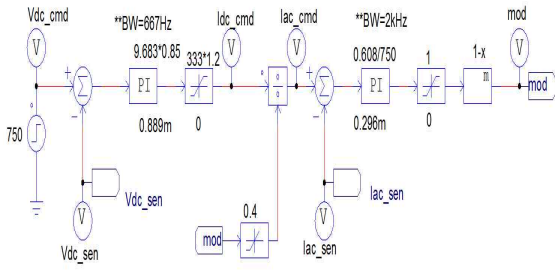


그림 3 무선전력 집전장치 제어방법

3. 시뮬레이션

본 장에서는 2장에서 제안한 집전장치 제어방법에 따라 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 나타낸다. 시뮬레이션 사양은 표 1과 같다.

표 1 집전 장치 주요 사양

| | 사양 |
|---------|-------|
| 정격 전력 | 250kW |
| 출력 전압 | 750V |
| 출력 전류 | 392A |
| 스위칭 주파수 | 60kHz |

그림 4는 시뮬레이션 결과 파형이다. 위쪽부터 출력전압, 입력전류, 출력전력, 출력전류, 레귤레이터 스택전류를 나타낸다. 제안한 제어방법에 따라 출력전압이 일정하게 유지되고, 정격전력이 출력되고 있음을 알 수 있다.

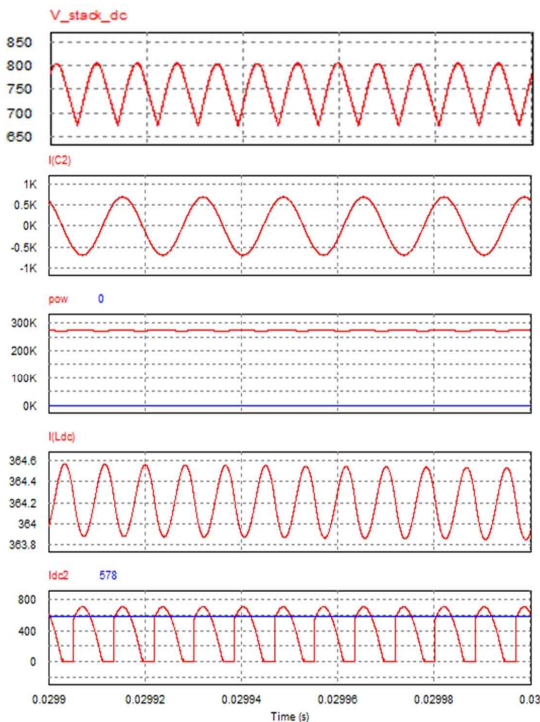


그림 4 시뮬레이션 파형

그림 5는 개발 집전장치의 집전판을 나타내며, 급전 시스템으로부터 유기된 전력이 집전판, 공진 커패시터와 레귤레이터 스택을 통해 경전철 차량에 전력을 공급한다.

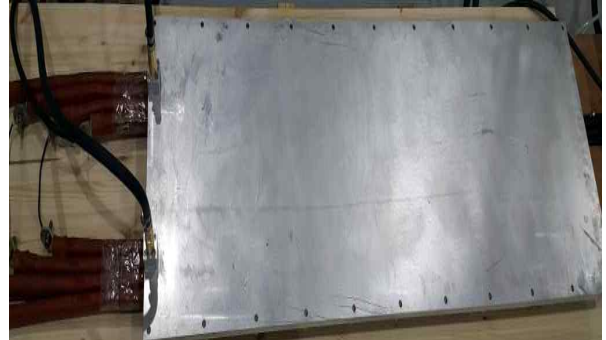


그림 5 개발 집전장치

4. 결 론

본 논문은 접촉식 전력 공급 장치나 전차선 설비가 필요 없어 유지 보수비용 절감이 가능하고 단선 및 전기 접촉 등에 의한 위험성이 없는 경전철 무선집전 시스템에서 차량에 탑재되는 집전장치 제어방법을 제안했다. 무선집전 전압, 전류 특성에 따라 제안한 제어방법의 우수한 성능을 나타내었고, 시뮬레이션을 통하여 제안한 집전장치 제어방법의 유효성을 검증하였다. 향후, 철도차량 무선전력 집전장치 제어에서 본 논문이 제안한 제어방법이 사용될 것으로 예상된다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원 (16RTRP-B097048-02)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Rony I., Damien V., Arnaud B., Julien H., Christian V., Bruno A., and Youssef Z. "Experiments of Time-Reversed Pulse Waves for Wireless Power Transmission in an Indoor Environment", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 6, No. 7, pp. 2159-2170, 2016.

[2] Eberhard W. "Dynamic Resonant Matching Method for a Wireless Power Transmission Receiver", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 30, No. 11, pp. 6070-6077, 2015.

[3] Mickel B., John T. B., Grant A. C., and Huang C. Y. "Development of a Single-Sided Flux Magnetic Coupler for Electric Vehicle IPT Charging Systems", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 1, pp. 318-328, January 2013.