

Furtive 충전을 활용한 전기식 Yard tractor

이 동수, 임 동남, 전 성준, *고영석
부경대학교 전자공학과, *광진포텍

Electric Yard Tractor with Furtive Charging

Dong Su Lee, Dong Nam Lim, Seong Jeub Jeon, *Young Suk Ko
Dept. of electronic engineering, Pukyong National University *KwangJin Port Technology ltd.

ABSTRACT

In this paper, an electric yard tractor (YT) with furtive charging system is investigated. YT is one of pollution sources in container terminals. The furtive charging system does not impose difficulties on YT day schedule because charging is performed when a YT is waiting under RTGC (Rubber Type Gantry crane) or Quay wall crane.

1. 서 론

전기자동차의 장점은 내연기관 차량에 비하여 배연을 발생시키지 않는 것이다. 이런 이유로 실용화를 위해 지대한 연구를 하고 있으나 아직까지 널리 사용되지 못하고 있다. 그 이유는 두 가지로 이야기 할 수 있다. 하나는 가격 문제이다. 전기식 차량은 내연기관의 차량에 비해 아직도 고가이기 때문에 널리 쓰이지 못하고 있다. 두 번째는 충전의 문제이다. 내연기관 차량에 필요한 주유 시간에 비해 전기식 차량에 필요한 충전 시간이 너무 길다. 이 두 가지 문제를 해결하고자 KAIST에서는 OLEV (On Line Electric Vehicle)을 제안하였다.^[1] OLEV 형태의 장점은 동일한 배터리를 가정하면 SOC (State of Charge)의 변화가 적어 Li ion 배터리 경우 배터리의 수명이 연장된다. Li ion 배터리는 NiCad 배터리와는 달리 hysteresis가 없으므로 SOC의 변화가 적을수록 좋다. 가속 능력에 문제가 없는 범위 내에서 배터리의 용량을 줄일 수 있다. 또 다른 장점은 충전을 위하여 별도의 계획을 잡지 않아도 된다. 이와 같이 운행에 영향을 미치지 않으면서 충전이 이루어지는 것을 furtive 충전이라 하자. furtive 충전은 어떤 경우든지 가능한 것이 아니고 차량의 운행 조건과 관련이 있다. 본 논문에서 다루는 YT는 furtive 충전에 적합한 운행 조건을 가지고 있다.^[1]

2. 본 론

2.1 항만에서의 YT 운영과 furtive charging

YT는 항만 오염의 주범 중 하나로 개선이 반드시 필요한 시스템이다. 전기식 YT가 개발되어 있으나 가격과 충전 문제로 실용적이지 못하다는 평가가 있다. 그런데 이 YT는 furtive 충전을 적용하기에 적합한 운행주기를 갖고 있다. 그림 1은 항만의 모습으로 YT는 안벽 크레인 (Quay wall crane)과 RTG 크레인 (Rubber Type Gantry crane) 사이를 컨테이너를 싣고 오

간다. 그런데 크레인 아래에서는 컨테이너를 내리거나 싣기 위하여 반드시 대기하는데 이 때에 충전을 하면 운행에 영향을 미치지 않으면서 충전을 할 수 있고 배터리의 SOC 변화를 최소로 할 수 있다. 만일 두 크레인 사이의 거리가 500 [m]이고 크레인 아래에서의 대기 시간이 1.5 분이라면 크레인 아래에서 충전을 하여 배터리의 SOC의 변화를 그림 2와 같게 할 수 있다. 이를 토대로 배터리의 용량을 결정하고 충전 시스템을 설계할 수 있다. YT의 기존 운행에 영향을 주지 않기 위해서는 무선 충전이 필수적이다.

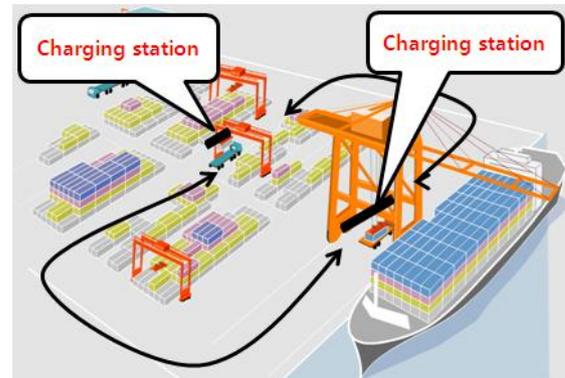


그림 1 컨테이너 야드에서의 YT 운영
Fig. 1 Yard Tractor in container yard

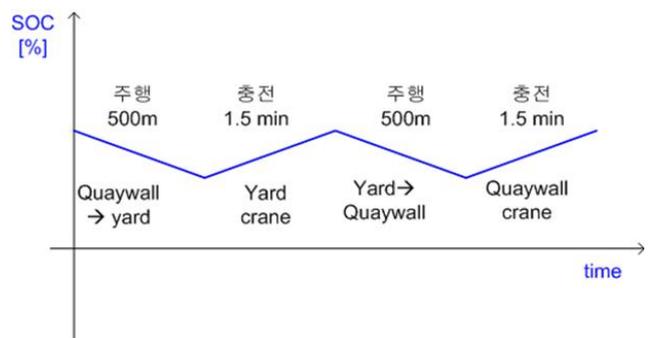


그림 2 Furtive 충전을 적용한 YT 배터리의 SOC 변화
Fig. 2 SOC variation of battery for Yard Tractor with furtive charging

2.2 충전 시스템의 설계

YT의 furtive 충전을 위해 무선 방식을 택하였다. 무선 충전을 위하여서 급전부를 크레인에 설치하고 집전부는 YT에 설치하여 YT가 크레인 아래에 있을 때에 충전이 이루어지도록 했다. 동작 주파수는 주파수 할당이 이루어진 60 [kHz]를 선택하였고 YT의 가속에 무리가 없도록 40 [kWh]의 배터리를 장착하였다. 그러면 최대 4~5C로 방전이 이루어진다. 그림 2의 충전방전 주기로 동작하도록 레귤레이터는 60 [kW]급으로 하였다. 따라서 급전 인버터는 80 [kW]급으로 설계하였다.

2.2.1 급전부

급전부는 그림 3과 같이 위상제어정류회로에 구형파 인버터를 중속 접속하여 구현하였다.

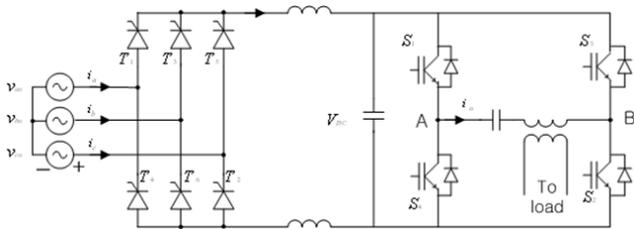


그림 3 급전 인버터

Fig. 3 Inverter for wireless charging

2.2.2 급집전 구조체

충전을 위한 급집전 구조체 (feeder + pickup)는 분리되는 형태의 변압기로 볼 수 있고 그림 4와 같이 표현할 수 있다. 정현파 동작을 가정하여 페이지로 표현하면 다음의 식으로 나타낼 수 있다. pickup 측은 부하로 전압원이 연결되는 것으로 볼 수 있고 feeder 측은 절연 변압기가 연결되므로 추가로 인덕턴스가 더 연결된다. 공진은 절연 변압기의 2차 인덕턴스를 포함하여 구성한다.

$$\mathbf{V}_1 = \frac{1}{j\omega C_{r1}} \mathbf{I}_1 + j\omega L_1 \mathbf{I}_1 + j\omega M \mathbf{I}_2 \quad (1)$$

$$\mathbf{V}_2 = j\omega M \mathbf{I}_1 + j\omega L_2 \mathbf{I}_2 + \frac{1}{j\omega C_{r2}} \mathbf{I}_2 \quad (2)$$

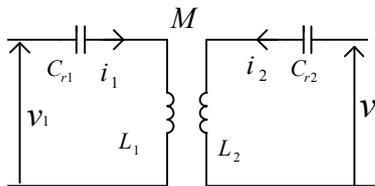


그림 4 급집전 구조체의 인덕터 표현

Fig. 4 coupled inductor model

2.2.3 집전부

충전을 위한 2.2.2에서 언급한 pickup에 그림 5의 레귤레이터를 연결하여 배터리 전압에 맞게 충전을 행한다. pickup의 임피던스를 이용하여 boost inductor 없이 boost converter로 동작한다. pickup의 선택도 (Q factor)가 크므로 기본파보다는 고조파에 대한 임피던스가 매우 커 전류는 정현파가 된다.

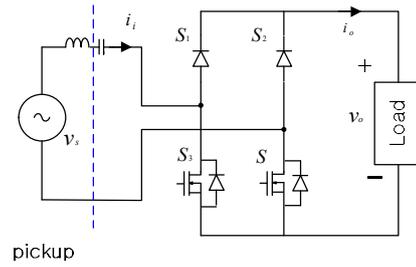


그림 5 일체형 정류-레귤레이터

Fig. 5 combined rectifier-regulator

3. 결 론

본 논문에서는 furtive 충전식 YT에 대하여 논하였다. YT는 container 항만의 오염원 중의 하나로 전기식으로 교체하면 오염을 크게 줄일 수 있어 강화되어 가는 국제 규제에 적극적인 대처가 된다. 제안된 방식의 충전은 YT의 운영에 전혀 영향을 주지 않으므로 개발품의 도입에 걸림돌이 없다. 본 연구가 항만의 청정화와 자동화에 크게 기여하기를 바란다.

참 고 문 헌

- [1] J. Shin, S. Shin, Y. Kim, S. Ahn, S. Lee, G. Jung, S. J. Jeon and D. H. Cho, "Design and implementation of shaped magnetic resonance based wireless power transfer system for roadway powered moving electric vehicle," *IEEE Trans. Ind. Electronics*, vol. 61, no. 2, pp.1179 1192, 2014.
- [2] J. Boys, "Inductive Power Transfer Across an Extended Gap", WO 98/50993, 1998.
- [3] C. S. Wang, O. H. Stielau and G. A. Covic, "Design considerations for a contactless electric vehicle battery charger", *IEEE trans. Ind. elec.* vol. 52, no. 5, pp.1308 1314, 2005.
- [4] K. Hatanaka, F. Sato, H. Matsuki, S. Kikuchi, J. Murakami, M. Kawase and Satoh, "Power transmission of a desk with a cord free power supply," *IEEE Trans. Magnetics*, vol. 38, no. 5, pp. 3329 3331, 2002.
- [5] 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, no. 83, pp.83 86, 2007.
- [6] Y. S. Seo, Z. Hughes, M. Hoang, and D. Isom, "Investigation of wireless power transfer in through wall applications," in *Proc. APMC 2012*, 2012, pp.403 405.
- [7] J. Wang, S.L. Ho, W.N. Fu, and M. Sun, "analytical design of a novel witrlicity charger with lateral and angular misalignments for efficient wireless energy transmission," *IEEE Trans. Magnetics*, vol. 47, no. 10, pp. 2616 2619, 2011.