

DC 전동차 전력사용량 측정방안 고찰

Study on power consumption measurement method for DC EMU

김대식^{*†}, 이성준^{*}, 정형일^{*}, 김민경^{*}, 김태석^{**}Dae-Sik Kim^{*†}, Seoung-Jun Lee^{*}, Hyoung-Il Jeong^{*}, Min-Kung Kim^{*}, Tae-Suk Kim^{**}

Abstract It is very essential to measure EMU electricity consumption accurately for establishment of energy reduction plans through analysis of energy consumption data and efficient use of them. It needs to be built a system that can be saved and recorded electricity consumption data from EMU. It is time to establish an efficient electricity measuring method for DC EMUs which are on operation worldwide. The method is not to measure from substation units but it is to measure from vehicle units. And that have much advantage for no high voltage distribution load influence.

This paper describes the optimized measuring point of EMU electricity consumption, installation place for each devices, and interfaces for use of existed vehicle information. And we expect the practical use of the results for all railway vehicles.

Keywords : DC EMU, Power consumption, On-board Measurement

초 록 전동차 전력사용량의 정확한 측정은 에너지의 효율적 이용과 사용량 분석을 통한 절감대책 수립 측면에서 대단히 중요한 요소이다. 전동차의 전력사용량을 측정하기 위해서는 전압과 전류를 계측하고 이를 저장(기록)할 수 있는 시스템을 갖춰야 한다. 변전소 단위에서 총량적으로 분석을 시행하던 방식을 벗어나 차량별 전력사용량 측정은 고배부하 등에 의한 영향이 없어 실제 운행시 사용되는 전력사용량을 정확히 파악할 수 있는 방법으로, 우리나라 및 세계적으로 널리 운용되고 있는 DC 전용 전동차의 전력사용량 측정을 위한 효율적인 방안수립이 필요한 시점이다.

본 논문에서는 DC 전동차 전력사용량 측정을 위하여 각 장치별 최적화된 계측지점 및 설치위치와 기존차량 정보 활용을 위한 인터페이스 방안에 대하여 기술하였으며, 이를 토대로 향후 전동차 등의 철도차량의 전력사용량 측정 시 활용할 수 있을 것이다.

주요어 : 직류 전동차, 전력사용량, 차상측정

1. 서 론

철도 운영자 입장에서 영업비용의 절감은 경영측면에서 무엇보다 절실한 사항으로, 비용의 큰 축을 차지하고 있는 동력비의 절감방안 수립 및 실행은 경영개선을 위하여 우선적으로 추진되어야 할 사항이다. 철도차량 운행 중 사용되는 소비전력량의 정확한 측정 및 분석과 관리 대책 수립은 에너지 효율화와 경영개선 및 온실가스 감축 등 여러 가지 측면에서 대단히 중요하다.

† 교신저자: 한국철도공사 연구원(dskim12@korail.co.kr)

* 한국철도공사 연구원

** (주)우진산전 기술연구소

2. 본 론

2.1 현황

2.1.1 국외현황

독일 DB를 비롯한 스위스 SBB, 네델란드 NSB, 벨기에 INFRABEL 등 유럽의 철도운영기간에서는 전기동차의 에너지소비량을 측정하고 요금을 산정하기 위하여 철도차량에 TEMA (Traction Energy Measurement and Billing)를 도입하여 운영 중에 있으며, 수집된 정보를 GSM 또는 GSM-R의 통신망을 통하여 인터넷으로 수집되어 각종 관리시스템으로 분배되고 관리되도록 구성되어 있다.

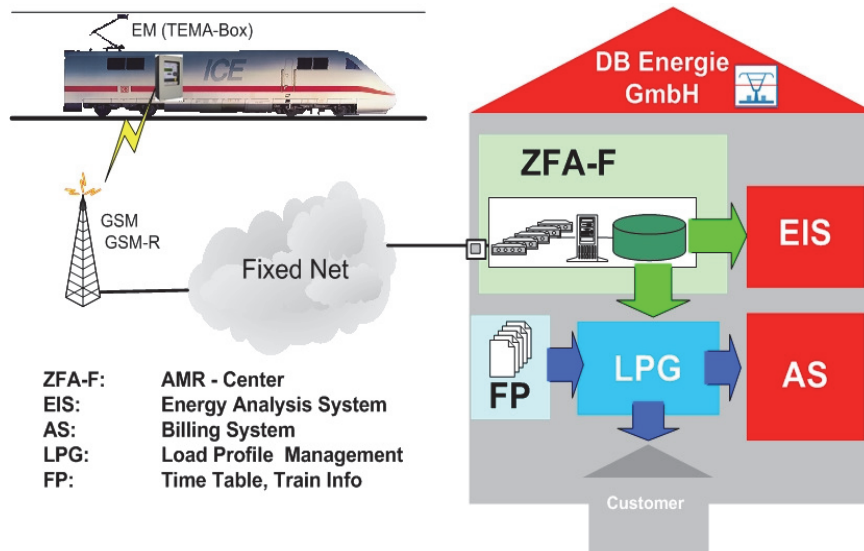
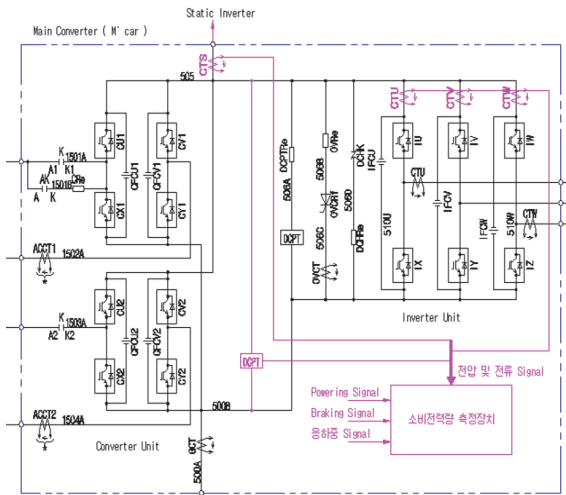


Fig. 1 TEMA system concept map

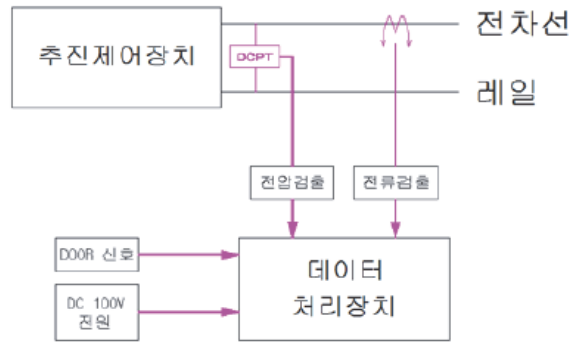
LEM사에서는 유럽의 다양한 전원환경에 적합하게 사용이 가능하도록 할 수 있도록 에너지 메타장치를 개발하여 AC와 DC 모두 사용할 수 있도록 교류용 CT와 PT, 직류용 센트저항과 아이솔레이터 및 DCPT가 연결될 수 있도록 시스템을 구성하였다

2.1.2 국내현황

철도공사에서는 전동차의 운행 중 전력사용량 분석을 위하여 2006년 분당선과 2010년도에 경인선과 중앙선 및 경의선을 전력사용량을 측정하는 바 있으며, 2012년도에는 티팅열차(TTX)의 소비전력량을 측정 및 분석한 바 있다. 서울메트로는 2006년 2호선과 2013년도에는 4호선의 전력사용량을 측정하는 바 있으며, 위 사례들 모두 각각 1~3회 수준의 운행결과를 가지고 분석을 시행한 것으로 조사되었으며, 주요 측정 지점은 Fig 2와 같다.



(a) Case of KORAIL AC/DC type vehicle



(b) Case of SMSC line no.2 vehicle

Fig. 2 Measuring points of energy consumption for a vehicle

2.2 전력사용량 측정방안

2.2.1 시스템 구성

전력사용량 측정장치(PRA ; Power Record Analysis Equipment) 구동을 위한 전원(DC 100V)은 장애 등의 발생시 회로 분리를 위하여 NFB를 통하여 공급하도록 시스템을 구성하고, 전압 및 인버터와 SIV 전류는 손실에 따른 오차를 줄이기 위하여 팬터그래프에서 가까운 지점을 선택하여 측정하도록 구성하였다. 또한 역간 전력사용량 분석을 위하여 출입문 신호정보와 냉난방 사용여부에 따른 영향을 분석하기 위하여 냉난방 정보를 세분화하여 기록할 수 있도록 Fig.3과 같이 측정시스템을 구성하였다.

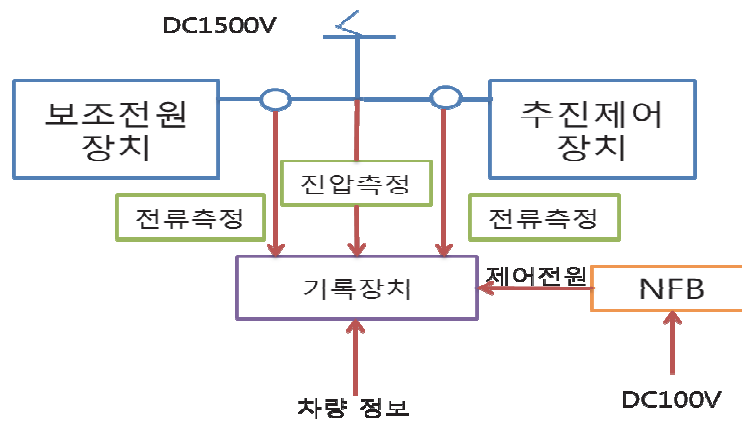


Fig. 3 Diagram of electricity consumption measurement

2.2.2 전압 및 전류측정

전압 측정을 위한 PT(Potential Transformer)는 저항 등에 의한 전압강하의 영향이 없도록 팬터그래프의 최근 지점에서 측정하는 것이 좋으나, PT와 계측장비와의 배선 및 고압회로에 의한

영향, 사고(장애)시 영향, PT 설치작업의 용이성, 계측운행 중 안전성 등을 종합적으로 고려할 때 Discharging Resister(DRe1)의 양단에서 측정하는 것이 최적의 지점인 것으로 분석되었다.

전류 측정을 위해서는 회로에 전류 프로브(Rogowski coil)나 CT(Current Transformer)를 설치하여 전류값을 계측해야 하며, DC 전동차의 경우 CT를 설치하는 것이 전류측정에 용이하다. CT는 분리형 타입을 적용하여 설치작업 시 기존 회로에 영향을 주지 않도록 해야 하며, 인버터와 SIV의 전류를 각각 측정하여야 한다.

DC 전동차에서 인버터 전류측정이 가능한 지점은 기존 차량용 CT가 설치되어 있는 부스바를 연장(인버터 내부)하거나, HB1~HB2(High speed circuit breaker) 사이 및 차량하부의 메인덕트를 지나는 배선에서 측정이 가능 하다.

첫 번째 및 두 번째 방법의 경우 고압라인 절연 파괴 시 저압라인에 영향을 미칠 수 있는 문제와 기존 차량의 일정부분 개조 및 배선작업의 어려움이 발생할 수 있다. 세 번째 방안의 경우 PRA를 CT설치 지점과 동일한 메인덕트 내부에 취부 할 경우 차량에 미치는 영향이 없고, 배선작업이 용이한 장점을 가지고 있는 최적의 방안이다.



(a) Measuring point of voltage

(b) Measuring point of current(INVETER)

(c) Measuring point of current(SIV)

Fig. 4 Measuring points of voltage and current

2.2.3 차량정보 인터페이스

정차역간 운행 중 소비되는 전력사용량 분석은 출입문 개폐신호를 이용하여 역간 구분이 가능하므로, 출입문 개폐신호(145번)에서 인출하거나 출입문 열림을 위한 전원인가 신호를 이용하여야 한다. 출입문 개폐신호에서 인출하는 것은 출입문 동작에 영향을 미칠 우려가 있으므로 전동차 운행에 영향이 없도록 좌/우측 출입문 열림을 위한 전원회로에서 인출하는 것이 적정하다. 냉난방 사용 정보는 환풍 및 냉/난방 각 조건별로 세분화하여 PRA에 기록하며, 이 정보를 토대로 냉난방 사용에 따른 전력사용량 변화량 분석을 통하여 향후 타 데이터와의 객관적인 비교분석 자료로 활용이 가능하다. 출입문 및 냉난방 정보는 객실 내부 일반 배전반과 냉난방 배전반에서 인출하여 PRA로 연결하기보다는 배선작업의 간소화 등을 위하여 차량하부에 있는 조인트 박스에서 정보를 인출하는 방안이 적절하다.,

기록이 필요한 출입문 및 냉난방 신호는 Table 1과 같다.

Table 1 Kinds of Recording signal

Kinds of signal	Function
Door	Right side door open positive
	Left side door open positive
HVAC	Ventilation
	Half air cooling
	Full air cooling
	2/3 Heating
	1/3 Heating

2.2.4 전원 및 배선처리

전력사용량 측정을 위한 시스템 구성 시 전동차 운행장애 발생 등의 경우를 대비하여 기존 시스템으로부터 분리할 수 있도록 NFB 등을 통하여 전원이 입력되도록 구성하여 한다. 또한 PRA와 PT, CT 및 인터페이스정보 입력을 위한 배선작업 시 차량에 운행 및 안전에 영향을 줄 수 있는 개소를 피하고 기존 덕트를 최대한 활용하여 작업하여야 하며, 부득이한 사유로 외부 노출배선시 검수에 지장을 주지 않는 경로로 포설 후 운행 중 흔들리지 않도록 조치하여야 한다. 배선에 사용되는 케이블은 쉴드케이블(shield cable)을 사용하여 기록되는 정보가 외부 노이즈에 영향을 받지 않도록 하여야 한다.

3. 결론

문제점을 발견 후 개선점 도출을 위한 출발은 정확한 현황분석에서 시작된다. DC 전동차의 효율적인 전력측정방안 수립은 측정장치 설치작업의 효율성 증대와 측정을 위한 현차시험 과정에서 발생할 있는 문제를 사전에 예방할 수 있으며, 측정데이터의 신뢰성을 확보할 수 있다.

DC 전동차의 전압과 전류측정, 차량정보의 수집, 장애 예방을 위한 전원 분리 및 배선방안 등 본 논문에서 제시한 방안을 바탕으로 전동차의 정확한 역간 및 전체 소비전력량과 이에 영향을 미칠 수 있는 냉난방 가동여부에 따른 전력량을 계측 및 분석함으로써, 우리나라를 포함해서 전세계적으로 화두가 되어 연구개발 및 실용화가 진행되고 있는 ESS(Energy Storage System)의 효과 분석 시 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 미래철도기술개발사업의 연구비 지원(전동차 온보드 전기에너지 저장기술 개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Kim Yong-Ki, (2010) Development of railway part greenhouse gases reduction and integrated management technology, KRRI, National R&D report.

- [2] Son Kyung-So, Lee Si-Bin, Jang Hea-Ju, Jun Yong-Ju, Jung Hyun-Ki, et al.(2010), The analysis of EMU energy consumptions for each train route, KORAIL, KORAIL R&D report.
- [3] Cheon Heon AN, Han Min Lee, Gil Dong Kim, Hi Sung Lee, (2009), A Study of Applying Energy Storage System on SeoulMetro Line 2, *2009 Spring Conference of the Korean Society for Railway*, GyeongJu, pp.996-971
- [4] Jung Hyun-Ki, Guen Nam-Hng, Kim Byung-Hyun, Ha Tae-Yo, et al. A Study on measurement and analysis of regenerated energy according to operation electric train in urban railway, (2014) , *2014 Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, JeJu, pp. 372-375
- [5] Cheon Heon AN, Han Min Lee, Gil Dong Kim, Hi Sung Lee, (2009) A Study on Effects of Energy Saving by Applying Energy Storage System, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(4), pp.582-589