

틸팅기술 접목을 통한 철도차량 에너지 저감 연구

A Study on the Energy Saving through the Tilting Technology of Rolling Stock

김대식†
Kim, Dae-Sik

손경소*
Son, Kyong-So

김호순**
Kim, Ho-Soon

김진우**
Kim, Jin-Woo

김종길***
Kim, Jong-Kill

ABSTRACT

In this study, By the time that TTX technology is adopted as railway rolling stock, we analyzed quantitatively energy saving by reducing the power consumption with the reduction of the operation time through the speed improvement and suggested the necessity to introduce TTX technology in the domestic rail vehicles.

The effect of energy saving by comparing and analyzing the power consumption during the operation by TTX Hanvit 200 and 8200 electric locomotives to pull trains on the same line was suggested and the efficiency of the main devices(i.e C/I) of Hanvit 200 was compared and analyzed by measuring the power consumption by a single unit.

For improving KORAIL management environment, reducing energy usage is an urgent challenge, its measures for solving them are constantly considered in many areas. In addition, at the time of improving the conventional track to speed up and changing the signals, Tilting technology will be contributed to the management environment by enlarging the passengers' demand through the reduction of the operation time and saving energy using the existing infrastructure.

1. 서 론

세계는 기후변화에 의한 환경 위기와 국제 원유가격의 가파른 상승으로 인한 자원위기에 직면해 있다. 우리나라도 저탄소 녹색성장을 국가의 새로운 패러다임으로 정하고 녹색성장을 통한 선순환 구조를 만들기 위해 노력하고 있으며, 철도공사에서도 ECO-RAIL 운동을 통해 철도의 친환경성을 홍보하고 나아가 에너지 절감을 위한 방안들을 연구하고 있다. 본 연구는 틸팅 기술 접목을 통한 속도향상이 에너지 저감에 미치는 효과를 분석하기 위하여 한국형 틸팅 열차인 한빛 200과 8200대 전기기관차로 견인하는 열차 운행시의 전력 소비량을 비교 제시함으로써 속도향상을 통한 운행시간 효과와 더불어 에너지 절감과 CO₂ 배출량 감소에 대하여 분석하였다. 또한 철도차량 주요 구성품별 에너지 손실 측정을 위한 방안을 제시하여 향후 단위 부품별로 에너지 효율을 측정할 수 있는 방향을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 틸팅기술

2.2.1 일반

곡선부 주행 시 차체를 안쪽으로 기울이도록 하여 원심가속도의 횡방향 가속도를 감소시킴으로써 승객의 승차감을 개선하여 열차의 주행속도를 향상시키는 기술로서, 곡선부 주행속도 향상을 통한 운행시간 단축과 에너지 효율 증대, 새로운 인프라 건설비용 절감 등의 효과가 있는 기술이다.

† 교신저자, 한국철도공사, 연구원 기술연구처
E-mail : dskim12@korail.com

* 한국철도공사, 기술본부 차량기술단

** 한국철도공사, 연구원 기술연구처

*** 한국철도공사, 기술본부 차량기술단

2.2.2 틸팅장치

철도차량에 틸팅 기술접목을 위해서는 일반 철도차량과 달리 곡선구간에서 운행속도를 높이기 위하여 차체를 경사시키는 틸팅차량용 대차 및 볼스타, 틸팅링크, 틸팅액츄에이터, 고속주행안정성과 곡선 추종성을 위한 조향장치, 대차 센서, 열차틸팅제어장치, 판토틀라프 액추레이터, 판토틀라프 위치센서 등을 설치하여야 한다.



그림 1. 틸팅대차

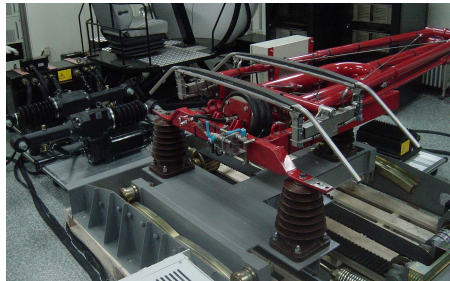


그림 2. 틸팅 팬토틀라프

2.2 소비전력 분석

2.2.1 소비전력 측정

우리나라 철도차량은 크게 전기를 동력으로 하는 전기차량과 디젤엔진을 이용하는 디젤차량으로 나누어진다. 기존 차량 운행시 소비전력 측정은 신형전기기관차(8200대)가 견인하는 열차를 대상으로 측정하였다. 데이터 측정방법은 신형전기기관차에 구성되어 있는 C/I(Converter/Inverter)와 SIV(보조전원인버터) 소비 전력량을 계산하여 표시하는 화면표시기(DU)의 표시(기록)값을 기준으로 시행하였다. 이 값은 누적소비전력량만을 기록하므로 열차 출발 및 도착시 현시된 값을 수기로 기록하는 방식으로 데이터를 분석하였다. 참고로 KTX-산천에는 MB와 AUXB에서 소비되는 전력량을 기준으로 DU에 적산전력량을 표시하고 있다.

표 1. 차종별 소비전력 계측

	기록 방법	비고
KTX-산천	MB및 AUXB에서 소비하는 전력량을 계산하여 DU에 표시	누적 기록
전기기관차(신형)	C/I 및 SIV에서 소비하는 전력량을 계산하여 DU에 표시	“

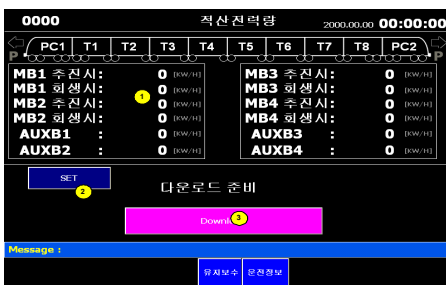


그림 3. KTX-산천

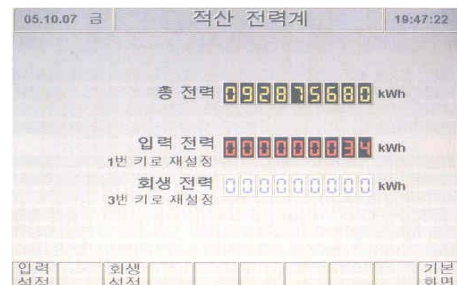


그림 4. 8200대 전기기관차

틸팅기술이 접목된 틸팅열차 운행시 소비전력 측정은 신형전기기관차와 동일한 방안으로 측정이 가능하나, 데이터의 신뢰성 및 운행시 마다 기록값 확인 등의 번잡함을 피하기 위하여 별도의 장비를 설치하여 측정하였다. 전압은 MCB(Main Circuit Breaker)의 윗부분과 주변압기 1차측의 접지부분 사이를 계측하였으며, 계측 PT는 차량 자체에 설치되어 있는 2개의 PT를 사용하였다. 즉, 차량 옥상에 설치된 PT를 거쳐 차량 내부에 설치되어 있는 PT에서 최종적으로 전압을 계측하였다. 차량 옥상에 설치된 PT는 25[kV] : 150[V]이며 차량 내부에 설치된 PT는 150[V] : 5[V]이므로 최종적으로 계측되는 전압의 비는 25[kV] : 5[V]인 5000 : 1의 비로 계측하였다. 전류는 Rogowski coil을 사용하여 MCB(Main

Circuit Breaker) 아래부분에서 계측을 하였다. CT는 Fluke사의 PQM(Power Quality Measurement) 1,760 전용 전류 probe를 사용하였으며, 이것은 Rogowski coil이다. 이 전류 probe의 최대 허용 전류는 1,000[A]이며 내부 증폭기를 통해 1:1의 비로 계측된다. 계측한 주변압기 1차측 전류와 전압은 PQM장비(Fluke 1760 Power Quality Measurement)를 이용하여 데이터를 취득하고 분석하였다.

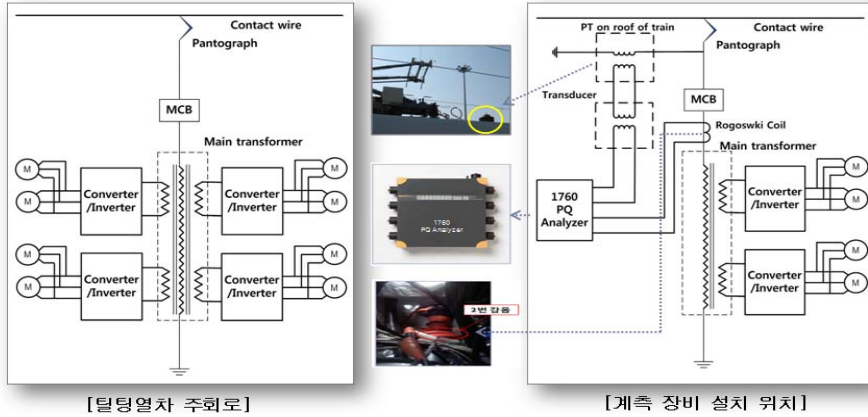


그림 5. 틸팅열차 소비전력 계측 구성

2.2.2 소비전력 측정 결과

여객 및 화물열차를 견인하는 전기기관차는 정상적인 운행조건에서 선행열차의 유무에 따른 신호 현시조건, 급행열차 대피 등 여러 가지 변수에 의해 소비전력이 다르게 측정될 수 있어 데이터 신뢰성 확보를 위하여 수회에 걸쳐 조사하였으며, 운행시 견인량(환산량)을 틸팅열차와 상대비교를 위하여 한빛 200과 동일하게 환산 8.4량으로 산출 후 km당 전력사용량으로 계산하였다. 아래 도표는 경부 및 호남선, 중앙 및 태백선 운행시 측정된 값을 기준으로 산출한 km당 전력사용량으로 각각 15.27kW/km, 16.14 kW/km로 나타났으며, 평균값은 15.57kW/km으로 조사되었다.

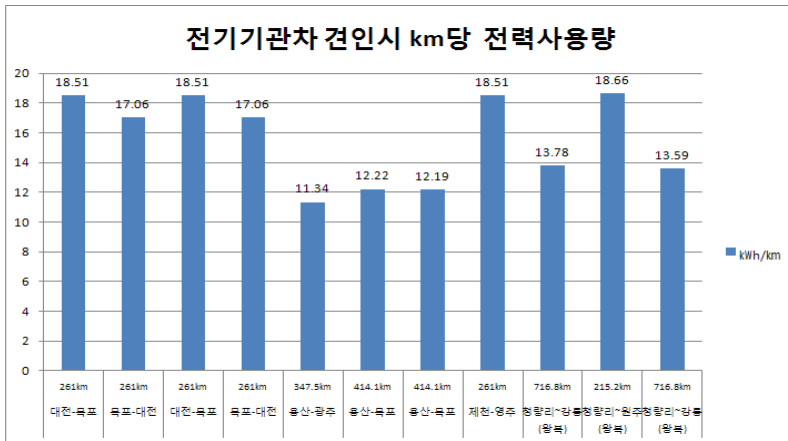


그림 6. 전기기관차 견인시 전력사용량

틸팅기술 접목에 따른 전력사용량 비교를 위해서 국가 R&D 사업으로 개발되어 2007년부터 시험 운행 중인 틸팅열차 한빛200의 각 노선별 전력사용량을 조사 분석하였다. 한빛200은 호남선, 중앙선, 충북선, 태백선 등 여러 선로에 걸쳐서 시험 운행을 하였으며, 2011년 7월부터 경부선 운행시간 및 소비전력 분석을 위한 시운전을 시행중에 있다.

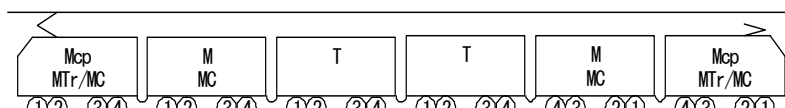


그림 7. 틸팅열차 열차편성 구성도

아래 도표는 틸팅열차 한빛200을 사용하여 경부선 및 호남선 등에서 측정된 값을 기준으로 산출한 km 당 전력사용량으로 2008년 이후 각 노선별 측정된 일부 값을 나타낸 것이다. 도표의 측정값 평균은 7.52kW/km로 계산되나 틸팅사업단에서 공식적으로 8.5kW/km로 수치를 제시하고 있다.

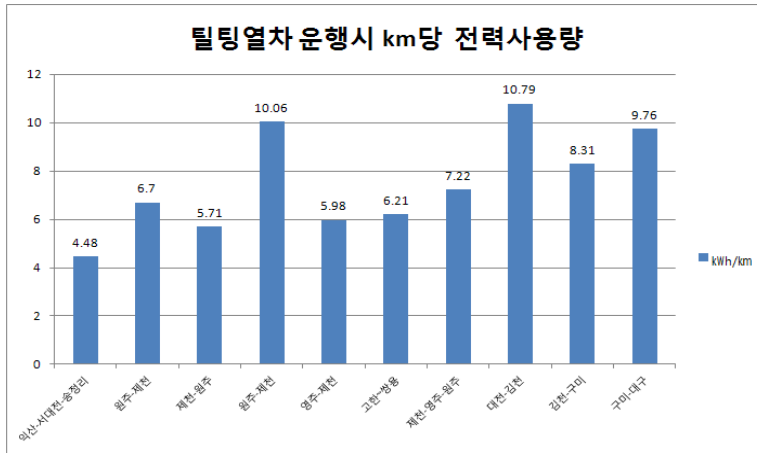


그림 8. 틸팅열차 운행시 전력사용량

2.3 CO₂ 저감

위 전력사용량 계산결과에서도 확인되는 것과 같이 틸팅기술을 접목된 열차 운행시 곡선부 증속이 용이하여 운행시간 감소, 가감속 감속을 통한 전력사용량 절감과 더불어 탄소배출량 감소 효과를 가져 온다. 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)에서 제시한 온실가스 배출량을 적용해보면

$$TCO_2 = \text{연료의 TOE} \times \text{탄소배출계수(ton C/toe)} \times 3.667$$

전기에너지의 경우 연료의 toe없이 바로 계산할 수 있다. 그 이유는 전기 자체가 CO₂를 배출하는 것이 아니고 전기를 생산하는데 사용되는 연료에서 발생하는 CO₂를 기준으로 하기 때문에 현재까지 전력에 대한 공식적인 탄소배출계수는 아직 없는 것으로 조사 되었다. 예를 들어 전기를 생산할 때 수력이나 풍력만 사용한다면 CO₂배출이 없는 것이고, 반면 화석연료(석탄이나, 중유 등)를 사용한다면 CO₂를 많이 배출하게 되는 것이다. 그래서 우리나라에서는 쉽게 1년간 우리나라에서 생산된 총 발전량을 사용한 연료량으로 계산하한 개략적인 값을 사용한다.

2.4 구성품별 에너지 손실

철도차량 단위 구성품별 에너지 손실량 파악은 단품 제작시 제시된 효율을 기준으로 산정하고 있는 것이 우리나라의 현재 수준이라면, 유럽의 철도 선진국에서는 실차시험을 통해 실제 구성품별 에너지 손실량 즉 효율 측정을 시행하였다. 향후 우리나라도 구성품별로 실 에너지 효율을 측정한다면 단위부품 개선을 통한 에너지 저감 효과를 가져올 수 있을 것이다. 아래 그림은 국가연구과제 추진중인 틸팅 열차(한빛200) 구성품별 에너지 손실 측정방안이다.

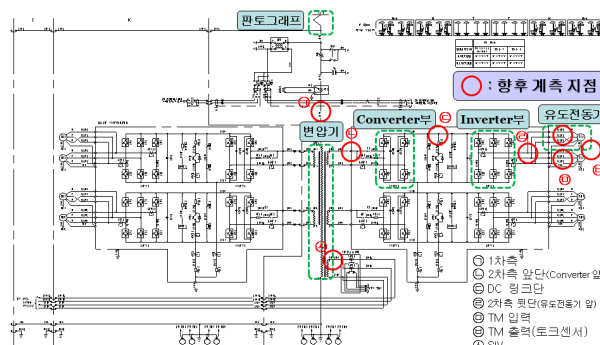


그림 9. 구성품별 에너지 손실측정

3. 결 론

철도공사의 경영환경 개선을 위해서는 에너지 사용량 절감이 시급한 과제이며, 이의 해결을 위한 대책들을 여러 분야에서 끊임없이 연구하고 있다. 또한 기존선 속도 향상을 위한 선로 개량 및 신호체계 변경 등이 이루어지고 있는 시점에서, 틸팅 기술을 통해 기존 인프라를 활용하여 열차 속도를 향상시킬 수 있다면 운전시간 단축을 통한 여객 수요 증대와 에너지 절감으로 경영개선에 크게 기여 할 수 있으리라 판단된다.