

유지보수정보를 활용한 고속철도차량(KTX-1) 수명주기비용 요소절감 분석

김재문*, 김양수*, 장진영**, 이종성***
 한국철도대학*, 중앙대** 부천대학***

An Analysis on Cost Factor Reduction of Life Cycle for High Speed Train(KTX-1) Based on the Maintenance Information

Jae-Moon Kim*, Yang-Su Kim*, Chin-Young Chang**, Jong-Sung Lee***
 Korean National Railroad College University*, Chung-Ang Univ**, Bucheon University***

Abstract - This paper presents about the analysis on cost factor reduction using the life cycle cost model for motor block in the KTX-1. Until now, most life cycle cost of the system as a whole that has been studied, but in case of railway industry part, LCC studies are needed on the subsystem like a propulsion control system because subsystems are developed continuously localization. Therefore, In this paper presents cost breakdown structure for life cycle cost (LCC) estimation for localization development of propulsion control system (Motor Block) in high speed railway vehicle (KTX-1). Also to analysis LCC on motor block, it was analyzed physical breakdown structure (PBS) and preventive cost on propulsion control system in view of maintenance cost. Based on this, we describe life cycle cost on motor block of KTX-1.

1. 서 론

국내 고속철도차량(KTX-1)이 도입된 지 십 여년이 지나면서 유지보수에 따른 부품 단종 및 수급에 어려움이 지속적으로 발생하고 이에 따른 운영비 증가로 지속적으로 외산부품을 사용하는지와 국산화 개발을 통해 서브시스템을 개발해야 하는 지에 대한 의견이 발생하고 있다. 이에 국가 연구개발 사업을 토대로 KTX-1의 서브시스템별로 국산화 개발이 이루어지게 되면서 수명주기비용(Life Cycle Cost, LCC)에 대한 관심이 고조되고 있다. 이와 관련하여 KTX-1의 추진제어장치(Motor Block, MB)도 전력용 반도체 소자 확보의 어려움과 부품별 단종, 잦은 고장 발생 등으로 인해 운영에 많은 문제점이 대두되고 있다. 따라서 최근 KTX-1의 추진제어장치에 대한 국산화 개발이 이루어지고 있으며 이와 더불어 서브시스템에 대한 RAMS, LCC 연구가 진행되고 있다[1].

KTX 추진제어장치의 수명주기비용(Life Cycle Cost)은 투자(Investment), 유지보수(Maintenance), 운영비용(Operating Cost), 수명종료비용(End of Life Cost) 요소들이 한 시스템에 대한 총 수명 비용으로 구성된다. 이것은 추진제어장치 제작사, 운영사 뿐만 아니라 관련된 모든 산업체가 추진제어장치에 대한 시스템의 신뢰성 및 가용성 확보를 위한 다양한 노력이 수반됨을 의미한다. 따라서 추진제어장치 전체 수명기간에 대한 정확한 수명주기비용의 예측이 필수적이다. 이에 KTX의 서브시스템의 국산화 시점에서 운영 중인 KTX의 추진제어장치에 대한 각종 자료를 활용하여 추진제어장치 수명주기 비용을 분석하고 운영기관 관점에서 유지보수비용을 최소화하기 위한 방법으로 추진제어장치 개발품에 대한 LCC 예측방안을 수립할 예정이다[2-5].

본 논문은 고속철도차량(KTX-1)의 추진제어장치에 대한 수명주기비용을 예측하기 위해 유지보수 매뉴얼 및 자료 등을 근거로 수명주기비용을 분석하였다. 또한 향후 개발되는 추진제어장치 국산품에 수명주기비용 분석기법을 적용함으로써 수명주기비용을 절감하는 요소를 분석하여 전체 수명주기비용 절감효과를 얻을 수 있다.

2. 본 론

2.1 추진제어장치 LCC 분석

KTX-1 추진제어장치의 LCC 분석을 위해 유지관리비만을 분석하였다. 유지관리비용 중 예방정비비를 PBS Level-3으로 세분화하여 부품 교체비용과 유지보수비를 포함하여 분석하였다. 또한 추진제어장치의 유지보수비는 운영기관의 예산 내역을 기준으로 1편성당의 평균 유지보수비로 환산하여 적용하였다.

- 예방정비비 : 추진제어장치의 부품단위별(Level-3)로 분석
- 운영비 : 차량검시서 사용되는 전력비 및 공기 기타비용
- 고장정비비 : 운영기관의 고장을 통계를 분석하여 비율로 환산적용
- 편성 : 모터블럭 6개 기준 1편성

- LCC 분석기법 : 단순분석 기법 적용
- LCC 비용항목 : 초기투자비 및 해체 폐기비를 제외한 유지관리 비용을 의미하며 미래에 발생되는 비용(운영, 유지관리, 고장정비, 교체비)으로 구분하여 분석
- 비용가치 환산법 : 현재의 가치(NPV : Net present value)로 환산
- 내용연수 : 코레일 고정자산 회계지침(2009.9 기준)에 의한 내용연수

<표 1> KTX 추진제어장치 LCC 분석

차령	유지 관리비								
	예 방 정 비 비						운 영 비		고 장 정 비 비
	격자 저항	송풍 장치	스위치	전력변환장치	CMB 집속기	TCP 집속기	제어랙	전력비	
...
총 계									

2.2 부품별 LCC 분석

부품별 추진제어장치의 LCC를 분석해 보면 유지관리비 중 예방정비비의 비율이 가장 큰 것으로 확인된다. 하지만 KTX-1 운영 가동율을 유지하기 위한 유지보수비용이므로 LCC를 절감하기 위한 요소로는 반영될 수 없다. 유지관리비 중 예방정비비를 제외한 부분에서 가장 큰 비율을 차지하는 비용은 KTX-1 운행 이후 정기적으로 교체되는 비용이 아닌 고장에 따라 부품을 교체한 비용이다. 이는 KTX-1 LCC의 절감을 위해서 가장 중요한 요소로 분석된다. 고장정비비의 비율을 낮춤으로 KTX-1 추진제어장치의 LCC를 절감할 수 있다.

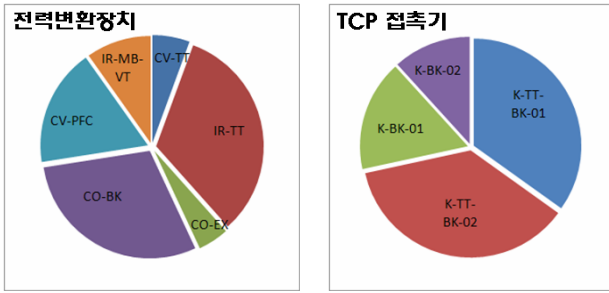
<표 2> 부품별 추진제어장치 LCC 분석

단위:만원

부 품 명	예방정비비		운영비		고장정비비		합 계
	금액	비율 (%)	금액	비율 (%)	금액	비율 (%)	
격자저항	15,487	63.2	103	0.4	8,907	36.4	24,497
송풍장치	26,548	99.9	30	0.1	0	0.0	26,578
스 위 치	14,173	88.4	109	0.7	1,742	10.9	16,025
전력변환장치	757,061	60.6	103	0.0	491,683	39.4	1,248,848
CMB집속기	8,905	58.1	18	0.1	6,401	41.8	15,325
TCP집속기	138,168	50.9	84	0.0	133,183	49.1	271,437
콘덴서	61,579	90.6	103	0.2	6,271	9.2	67,954
계전기	38,771	83.6	109	0.2	7,523	16.2	46,404
제어랙	500,821	89.4	109	0.0	59,398	10.6	560,329

<표 2>를 분석하면 유지관리비 중 고장정비비의 비율이 가장 높은 부품은 TCP집속기로 49.1%를 차지하고, 다음으로 CMB집속기 41.8%, 마지막으로 전력변환장치 39.4%로 나타난다. 또한 금액으로 환산하여 볼 때 전력변환장치의 고장정비비가 491,683만원, TCP집속기는 133,183만원으로 KTX 추진제어장치의 유지관리비 22,773,980천원의 많은 부분

을 차지한다. 이를 통해 KTX 추진제어장치의 LCC절감 요소를 분석하면 전력변환장치, TCP접촉기의 고장정비비를 감소시키는 것이 가장 효과가 크다는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 1〉 부품별 추진제어장치 고장정비비 분석

〈그림 1〉은 각 부품별 고장정비비를 세분화하여 분석한 것이다. 전력변환장치의 고장정비비를 분석하면 IR-TT가 32.4%, CO-BK가 29.8%로 사용에 따른 고장정비비가 크다는 것을 확인할 수 있다. TCP 접촉기의 경우는 K-TT-BK-02, 01의 고장정비비가 71.6%를 차지하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 KTX-1 추진제어장치의 수명주기비용을 절감하기 위해서는 전력변환장치 중 IR-TT, CO-BK의 고장율을 줄여야 하며, TCP접촉기 중 K-TT-BK-01, 02의 고장율을 줄여야 한다.

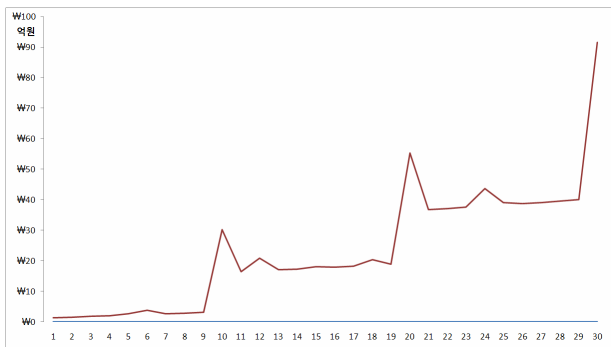
〈표 3〉 추진제어장치 부품별 고장정비비

단위:천원

전력 변환장치	CV-TT	IR-TT	CO-EX	CO-BK	CV-PFC	IR-MB-VT
금액(천원)	274,937	1,613,028	228,873	1,448,889	868,003	483,102
TCP 접촉기	K-TT-BK-01		K-TT-BK-02		K-BK-01	K-BK-02
금액(천원)	464,831		488,651		222,084	156,271

2.3 연도별 LCC 분석

〈그림 2〉는 연도별 추진제어장치 LCC 분석한 그래프이다. 그래프를 분석하여 보면 년도에 따라 LCC 변화 추이를 확인할 수 있는데 6년, 10년, 12년, 20년에서 유지관리비용이 갑작스럽게 증가함을 확인할 수 있다. 이는 유지관리비 중에서 많은 비중을 차지하는 부품의 예방정비비의 비용이 부품의 내용년수에 따라 교체가 되어 유지관리비용을 증가시키는 때문이다.



〈그림 2〉 연도별 추진제어장치 LCC 분석

〈표 4〉는 추진제어장치 부품별 내용년수를 나타낸다. 표를 살펴보면 10년 주기로 부품당 단가가 가장 큰 전력변환장치, 제어랙 카드, 송풍장

〈표 4〉 추진제어장치 부품별 내용년수

	격자 저항	송풍 장치	스위치	전력변 환장치	CMB 접촉기	TCP 접촉기	제어랙
내용년수 (년)	12	10	10	10	6	6	10

치의 내용년수가 10년으로 동일함을 확인할 수 있다. 그러므로 추진제어장치의 유지관리비는 10년 마다 큰 변화 추이를 가져오게 된다. 따라서 전력변환장치와 제어랙 등 추진제어장치의 내용년수의 증가는 KTX-1 추진제어장치의 수명주기비용에 큰 영향을 주게 된다.

3. 결 론

본 논문은 KTX-1의 수명주기비용 요소절감 항목을 도출하기 위해 현재 KTX-1에 탑재되어 사용되고 있는 기존의 추진제어장치에 대한 LCC 분석을 하였다. 이를 위해 한국철도공사 유지보수지침서를 참조하여 점검종별 분석, 인건비 산정, 내용년수 설정 등을 통해 추진제어장치 부품별, 연도별 수명주기비용을 분석하였다. 분석결과 부품별로는 추진제어장치의 전력변환장치와 TCP접촉기의 유지보수 비용이 타 부품에 비해 상대적으로 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 연도별로 수명주기비용은 내용년수에 따라 큰 폭으로 변화됨을 확인하였다. 이를 통해 국산화되고 있는 추진제어장치에 반영함으로써 수명주기비용 절감이 가능할 것이라고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Rafael Enparantza et al., "A Life Cycle Cost Calculation and Management System for Machine Tools", Proceedings of LCE, pp.717-722, 2006
- [2] 김재문 외 3인, "고속철도차량 추진제어장치의 예측을 위한 CBS 기준설정에 관한 연구", 대한전기학회, 2010 대한전기학회 전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, pp.411- 413, 2010
- [3] 박수명, "EMU 철도차량의 LCC 분석", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2009
- [4] 김재문 외 3인, "고속철도차량 추진제어장치의 수명주기비용 평가모델에 관한 연구", 한국철도학회, 한국철도학회 2010년 추계학술대회 논문집, pp.348-348, 2010
- [5] 한국철도공사 외, "최신 반도체소자를 이용한 고속철도 차량용 추진제어기술개발 2차년도 결과보고서", 국토해양부, 2011