

고속철도차량(KTX-1) 추진제어장치의 유지보수정보를 이용한 수명주기비용 예측

논문

60-11-27

The Life Cycle Cost Estimation using the Maintenance Information of a Propulsion Control System in the High Speed Train(KTX-1)

김재문[†] · 윤차중* · 김양수** · 장진영*** · 이종성[§]
(Yong-Ho Yoon · Jae-Moon Kim · Duk-Heon Kim · Chung-Yuen Won)

Abstract - This paper estimates the life cycle cost(LCC) of a propulsion control system using the maintenance information in the high speed train(KTX-1). Life cycle costing is one of the most effective approaches for the cost analysis of long-life systems such as the KTX-1. Until now, most life cycle cost of the system has been studied as a whole system viewpoint. But in case of railway industry, LCC studies are needed on the subsystem like a propulsion control system because subsystems are developed continuously localization. This paper proposes the life cycle cost model which fitted to estimate life cycle cost (LCC) using maintenance information manual. As a result, LCC on propulsion control system increased moderately expect for periodical time when major parts are replaced at the same time. Results will be reflected in the development of domestic products.

Key Words : LCC, PBS(Product Breakdown Structure), KTX-1, Propulsion control system, CBS, Motor block unit

1. 서 론

국내에서 운행 중인 300km/h급 고속철도차량(KTX-1)은 개통이후 추진 제어장치(Propulsion Control System 혹은 Motor Block Unit)의 유지보수 측면에서 주요 부품에 대한 해외 의존도가 높고 부품 확보에 어려움이 발생하고 있다. 뿐만 아니라 추진 제어장치의 주요부품 교환수량 자료에 의하면 대상 부품에 대한 단종 등으로 인해 보수품 가격이 상승하여 유지보수 비용이 급격히 증가하는 실정이다[1][2]. 이와 관련하여 최근 철도분야에서는 타 산업분야에서 적용되고 있는 수명주기 비용(Life Cycle Cost, 이하 LCC)에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 철도시스템의 안정적인 운영과 경제적인 유지보수를 위해 정확한 수명주기비용을 예측하기 위한 'IEC60300-3-3' 규격을 유럽에서 제정하였고, 'ISO', 'NORSOK', 'REMAIN', 'UNIFE', 'PROMAIN' 등 다양한 연구 활동이 수행되고 있다[3-5].

일반 도시철도차량 및 자기부상열차 등에서 연구되고 있는 LCC인 경우 대부분 철도차량 편성단위로 비용 분석을 하고 있다. 그러나 철도분야인 경우 국산화 개발이 지속적으로 이루어져야 하므로 추진 제어장치와 같이 서브시스템에 대한 LCC 연구가 필요하다. 수명주기비용은 평가하고자 하는 설비 체계의 수명주기 동안 발생하는 총 비용을 추정,

평가하는 방법론으로, 운행 중인 KTX-1의 추진 제어장치에 대한 각종 자료를 활용하여 수명주기 비용을 분석하고 운영 기관 관점에서 추진 제어장치 국산화 개발에 따른 유지보수 비용을 최소화해야 한다. 일반적으로 한 시스템에 대한 수명주기 비용은 초기 투자비(Investment Cost), 유지보수(Maintenance Cost) 비용, 운영비용(Operating Cost), 폐기 비용(Disposal Cost) 요소들로 구성된다. 이것은 시스템 제작사, 운영사 뿐만 아니라 관련된 모든 산업체가 시스템의 신뢰성 및 가용성 확보를 위한 다양한 노력이 수반됨을 의미한다. 따라서 한 시스템의 전체 수명기간에 대한 정확한 수명주기 비용의 예측이 필수적이다.

본 논문은 고속철도차량(KTX-1)의 추진 제어장치(Motor Block Unit) 사용에 따른 수명주기 동안 비용을 분석하기 위해 관련 도면 및 유지보수 매뉴얼 자료를 활용하여 PBS(Product Breakdown Structure)를 분석하였다. 그리고 추진 제어장치의 수명주기비용 분석을 위해 적합한 모델링을 설정하고 비용 분석을 하였다. 이를 통해 얻어진 수명주기 비용(LCC) 평가 결과는 향후 사용 중인 추진 제어장치의 유지보수비용 예측뿐만 아니라 국산화를 위한 추진 제어장치 개발에 활용되어 요소 항목 비용절감을 얻을 수 있다.

2. 본 론

2.1 추진 제어장치의 PBS 분석

시스템의 PBS(Product Breakdown Structure)는 LCC 모델링 및 분석에 있어 핵심 요소이며, 유지보수 활동에도 많은 영향을 미친다. 일반적인 PBS는 시스템의 수리나 조립과정을 중심으로 각각의 서브시스템을 탑 다운(Top Down) 형식으로 레벨(Level)을 정의하는 계층적 구조를 갖고 있다. 가장 간단한 PBS 구조는 시스템의 구성품을 분류하는데 있

† 교신저자, 정회원 : 한국철도대학 철도차량전기와 부교수 · 공박

E-mail : goldmoon@krc.ac.kr

* 정 회원 : 한국철도공사 책임연구원

** 정 회원 : 한국철도대학 철도차량전기와 교수 · 공박

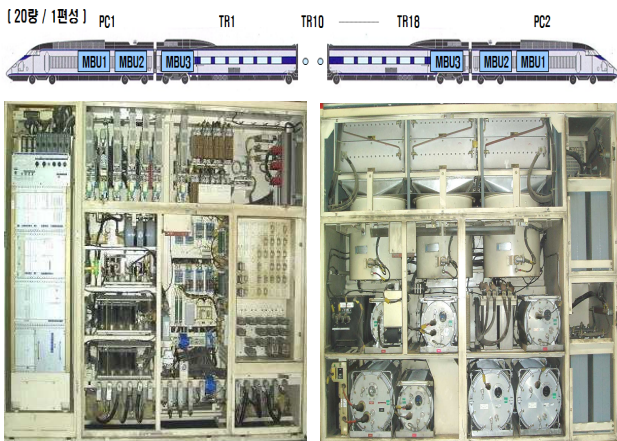
*** 정 회원 : 중앙대학교 전기전자공학부 · 박사과정

§ 정 회원 : 부천대학교 전자과 부교수 · 공박

접수일자 : 2011년 7월 29일

최종완료 : 2011년 9월 22일

어 시스템의 설치 위치만을 고려하여 분류하는 공간 중심적인 PBS이다. 일반적으로 공간 중심적 PBS는 분류 작업이 간단하고 이해가 쉽다는 장점을 가지고 있으나, 동일 기능의 장치가 여러 번 반복되어 나타나는 불합리성이 존재한다. 또한 유지보수 활동에 대한 고려나 장치별 기능에 대한 고려가 반영되지 못하는 문제점을 갖고 있다. 따라서 시스템의 PBS는 시스템 전체의 형상을 결정하고 각 구성품이 어떤 위치에 장착될 것인가를 고려하는 것도 중요하지만, 시스템이 갖추어야 할 기능이 무엇인가를 정의하는 것이 더 중요하며, 유지보수 활동에 따른 비용 요소의 발생 및 비용 범주를 정의하는 것이 중요하다.



(a) 추진 제어장치 전면부 (b) 추진 제어장치 후면부

그림 1 추진 제어장치 내부사진

Fig. 1 The inside parts of the Motor Block Unit

그러므로 고속철도차량(KTX-1)의 PBS는 각 장치의 기능을 중심으로 고려되어야 하며, 추가적으로 기능을 수행하는 구성품이 장착되는 공간을 고려하여 구축하는 기능적/공간적 PBS가 타당할 것이며, 이를 기반으로 유지보수 활동을 정의하고, 비용 발생의 범주와 요인을 정의하는 것이 바람직하다. 또한 LCC 모델 및 분석, 유지보수 활동을 고려하기 위해서는 KTX 차량의 부품 수준의 상세한 분류 체계가 필요하며, 이를 기반으로 한 비용 요소의 정의가 필요하다.

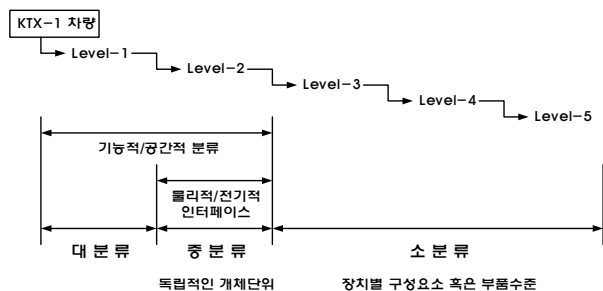


그림 2 KTX-1 차량 PBS 분류체계

Fig. 2 The classification system of PBS on KTX-1

그림 1은 KTX-1의 추진 제어장치 전후면 사진 형상과 20량 1편성을 기준으로 6개의 추진 제어장치(MBU)가 존재하고 있음을 보여준다.

고속철도차량(KTX-1)의 PBS는 그림 2와 같이 기능적/공간적 특성과 물리적/전기적 인터페이스 관계 등을 반영하여 특정 목적의 업무를 수행하기 위한 기능적 구조를 기반으로 Level-1의 대분류를 정의하였다. Level-2는 독립적으로 정의될 수 있는 개체 단위의 장치를 기준으로 중분류를 하였고, Level-3~Level-5의 소분류는 Level-2의 장치별 구성요소 혹은 부품 수준의 상세한 분류체계로 구성되어 있다. LCC 원가계산에 사용되는 PBS는 PBS의 Level-3~Level-5 범주 안에서 비용요소를 계산한다.

고속철도차량(KTX-1)의 PBS를 분류하기 위하여 1차적으로 기능적 분류를 적용하여 견인장치, 공기제동, 공기조화, 방송장치, 보조장치, 제어안전, 차체, 차상컴퓨터(OBCS)로 분류하였다. 추진 제어장치는 Level-1의 견인장치에 포함되어 있으며, 견인장치는 기능적 분류를 통해 추진제어장치(Motor Block Unit), 보조 블럭, 운전실 기기, 주변압기, 주회로 차단기, 지붕장치, 캡 큐비클로 분류한다.

추진 제어장치(Motor Block Unit)은 각 장치의 물리적 인터페이스와 기능적 인터페이스, 공간적 위치를 고려하여 격자자향, 송풍장치, 스위치, 전력변환장치, CMB접촉기, TCP접촉기, 모터 블럭 제어 랙으로 분류하였다. 그림 3은 추진 제어장치 PBS를 더욱 세분화하여 분류된 구조를 보여준다.

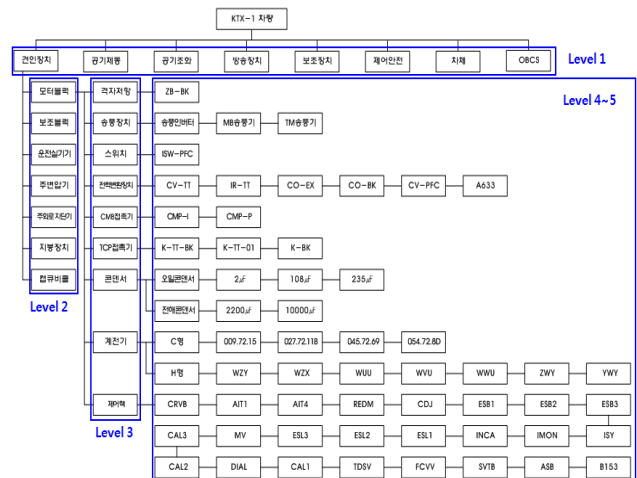


그림 3 KTX-1 차량 추진 제어장치 PBS

Fig. 3 The PBS of the Motor Block Unit on KTX-1

2.2 추진 제어장치의 비용평가모델

추진 제어장치의 수명주기비용을 예측하기 위해 LCC를 비용 구성 요소로 분류할 필요가 있으며, 이러한 비용요소들은 명확하게 정의되거나 예측될 수 있도록 개별적으로 확인해야 한다.

수명주기비용을 평가하는 모델은 IEC60300-3-3과 IEC 62278, UNIFE에서 제시하는 것으로 크게 나눌 수 있다. IEC 60300-3-3에서는 수명주기비용 평가 모델을 시스템비용 구조, 가변비용 요소, 수명주기단계로 크게 3개의 요소로 구분하고 있다. 시스템비용 구조는 시스템 모델링 단계에서

파악할 수 있는 시스템의 총 재료비를 나타내고, 가변비용 요소는 운영적 측면에서 재료비, 운영비, 유지보수비, 폐기비 등을 포함하는 요소이며, 수명주기단계는 기준정의, 설계, 제조, 설치, 운영, 폐기 등에 따른 6단계를 나타낸다. IEC에서는 식 (1)과 같이 3개의 요소비용을 합해 전체 수명주기비용을 계산하고 있다.

$$LCC = Cost_{acquisition} + Cost_{ownership} + Cost_{disposal} \quad (1)$$

IEC 62278에서는 철도 시스템의 수명 주기에 근거하여 RAMS을 관리하기 위한 절차를 정의하고 있으며, 수명주기 단계를 개념단계부터 폐기처분단계까지 14단계로 구분하고 있다. 일반적으로 수명주기비용 평가 모델은 'V' 형태로 Top-down(왼쪽)은 개발(Development) 부분으로 시스템 부품의 제조를 위한 절차이다. Bottom-up(오른쪽)은 조립, 설치, 인수 및 전체 시스템의 운영에 관련되어 있다.

한편 UNIFE LCC모델은 하위공급자로부터 데이터를 수집하는 UNIDATA 모델과 수집된 데이터를 이용하여 LCC 계산을 수행하는 UNILIFE 모델로 구성된 2 레벨 모델을 사용한다. 비용구조는 크게 투자비용, 연간비용, 수명지원비용의 3가지 항목 구조로 구성되며 식 (2)와 같이 표현된다.

$$LCC = Cost_{investments} + Cost_{yearlycosts} + Cost_{LSC} \quad (2)$$

상기와 같이 일반적인 비용평가 모델이 다양하게 제시되고 있지만, 비용평가를 위해서 많은 양의 데이터가 요구된다. 운행되고 있는 KTX-1인 경우 운영측면에서 데이터 관리가 정립되어 있지 않다가 최근에 운행이력에 대한 데이터 등을 관리하는 시스템이 도입되어 데이터 신뢰도가 낮은 편이다. 특히 고장이력은 고장에 대한 해석이 불분명하여 이와 관련된 데이터 역시 정립화가 제대로 이루어지지 않고 있다. 또한 KTX-1 고속철도차량 도입시에 일괄 도입형태로 이루어져 특정 서브시스템에 대한 가격제시가 없어 추진 제어장치(Motor Block Unit)에 대한 취득가격이 불분명한 상태이다. 이와 같이 LCC 평가를 위한 데이터가 불분명하여 일반적인 비용평가모델을 적용하되 KTX-1의 추진 제어장치에 대한 각종 자료를 활용하여 수명주기 비용을 분석에 따른 적합한 비용평가모델을 제안할 필요가 있다.

본 논문에서는 추진 제어장치에 대한 도면, 유지보수 매뉴얼, 각종 자료를 수집하여 PBS 분류를 정립하였다. 추진 제어장치가 전장품으로 이루어져 IEC 60300-3-3의 비용평가모델을 적용하는 것이 적합하며 식 (1)의 각 항에 대해 추진제어장치에 적용여부를 살펴보면 다음과 같다.

2.2.1 취득비용(Cost_{acquisition})

취득비용은 제품의 도입단계에서 어느 정도 정확히 예측되는 부분으로, 추진 제어장치 도입비용, 추진 제어장치 유지보수에 필요한 장비 구입비, 교육훈련비, 문서화비, 예비품비, 시운전비, 검사비 등을 포함한다. 고속철도차량(KTX-1)의 추진 제어장치 도입비용인 경우 철도차량을 구입하면서 서브 시스템별로 구입하지 않고 일괄 구입형태로 이루어져 추진 제어장치에 대한 구입비 자료가 없는 상황이다. 이 밖에 장비 구입비, 문서화비, 예비품비, 시운전비, 검사비 등은 도입초기에 체계적으로 관련비용에 대한 정립이 이루어지지

않아 비용예측이 어렵다. 다만, 유지보수에 따른 추진제어장치내의 부품교환이 이루어져 부품구입비를 통해 추진 제어장치(MB)에 대한 예측이 가능하지만 취득비용이 일부로 수명주기비용 평가에 적용하기가 쉽지 않다.

2.2.2 소유비용(Cost_{ownership})

소유비용은 운영비, 예방 정비비, 고장 정비비, 개량비 등을 포함한다. 운영비는 추진 제어장치 유지보수에 따른 차량내의 전력 사용비 및 차량기지 운영비 등을 의미하며, 예방정비비(Preventive maintenance cost)는 매뉴얼에 따라 사전에 결정된 주거나 이미 규정된 범위 내에서 고장의 확률을 줄이거나 장비기능저하를 방지하기 위해서 행하는 정비에 대한 비용이다. 고장 정비비(Corrective maintenance cost)는 결함 인식 후 장비의 필요한 기능을 수행할 수 있는 상태로 되돌리기 위해 수행하는 정비에 대한 비용으로 가장 단순한 형태의 유지보수 비용이다. 즉 고장이 발생했을 때 부품 수선이나 최소의 유지, 운용인력자원이 소요되는 부품을 교환하는 유지보수 활동으로 간주되는 정비 비용이다. 개량비는 추진 제어장치 성능 개선을 위해 소요되는 비용으로 현재 자료가 없는 것으로 조사되었다.

이와 같이 각각의 비용 정의를 통해 운영비는 차량기지내의 운영비, 전력 사용비를 통해 추정이 가능하며, 예방 정비비는 추진 제어장치에 대한 유지보수 매뉴얼 지침서를 통해 비용 유추가 가능한 것으로 파악되었다. 고장 정비비인 경우 현재까지 구입된 추진제어장치내의 부품별 현황을 토대로 비용 산출이 가능하다.

2.2.3 폐기비용(Cost_{disposal})

폐기비용은 추진 제어장치 교환주기가 도래했을 때 폐기에 따른 비용으로 현재까지 자료를 통해 비용 추정을 불가능하여 수명주기비용 산출이 도입이 어렵다.

이와 같이 취득비용, 소유비용, 폐기비용을 근거로 IEC 60300-3-3 비용평가모델을 그대로 적용하기에는 많은 문제점이 존재한다. 따라서 추진 제어장치(MBU)의 LCC를 분석하기 위해 신뢰할만한 수집된 자료를 활용하는 방법으로 식 (3)과 같이 비용평가모델을 설정하였다.

$$LCC = Cost_{preventive} + Cost_{Corrective} + Cost_{operation\ of\ MB} \quad (3)$$

2.3 고속철도차량(KTX-1)의 유지보수 분석

KTX-1 차량의 유지보수는 이용고객들에게 양질의 서비스와 안전성을 제공하는 설비를 갖추어 이용고객들에게 편의를 제공하는 데 있다. 특히 타 시스템과 달리 운행 중 사고를 최소화하고 운용률을 향상시키기 위해 예방 유지보수를 필요로 한다. 정비 범위 및 종류에 따라 4단계의 예방작업 수준으로 하나의 사이클로 구성된다[6][7].

KTX-1의 수명주기는 제조업체에서 인도한 차량의 전체 상태를 통제하는 것을 허용하는 초기 가동(Initial Start-up)과 함께 시작된다. 영업운행 약 15년 후에 반수명 검사(Half life operation)가 하게 되며 이때 Level-4의 유지보수 작업은 내외부 도장 복원, 의자 시트, 카페트 등 승차감 관련 구성품의 교체를 위해 중정비가 가능한 기지에서 수행된다.

KTX-1의 최종 수명은 폐차작업(Final Life Operation)라고 하며 각 장치의 폐기 작업이다. 그림 4는 KTX-1의 정기검수 주기로 도시철도차량의 일상, 월상 검사 등과 같은 개념이지만 그림에서 보듯이 상이한 패턴을 보여준다.

여기서, ES(Examination in Service) : 일상검수, CE(Comfort Examination) : 승차감 검사, SWT(Systematic Works on Train set) : 체계적 편성검사, RGI(Running Gear Inspection) : 주행장치 검사, LI(Limited Inspection) : 제한검수, GI(General Inspection) : 일반검수, FGI(Full General Inspection) : 전반검수

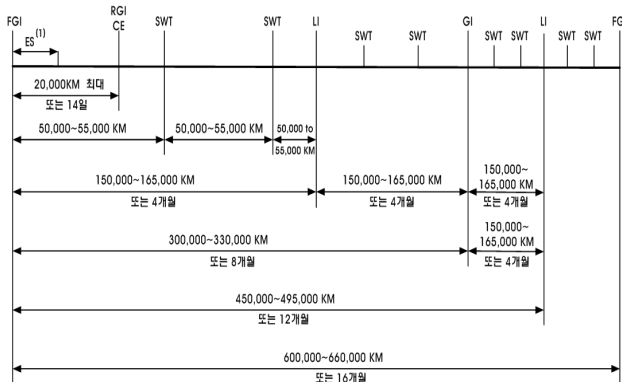


그림 4 KTX-1의 정기검수 주기
Fig. 4 The Periodical examination of KTX-1

또한 KTX-1의 검수항목은 한국철도공사 유지보수 지침서를 참조하여 KTX-1 차량설비별로 나누며, 검수종별로 분류된다. 그림 3은 KTX-1의 부품별 정기주기 매뉴얼에 따른 재료비 및 인건비를 산출방법을 보여준다.



그림 5 KTX-1의 부품별 정기주기 매뉴얼에 따른 비용
Fig. 5 The costing on parts according to periodical examination manual of KTX-1

2.4 고속철도차량(KTX-1) 추진제어장치 LCC 분석

KTX-1 추진제어장치의 수명주기 비용을 산출하기 위해 아래와 같이 기준을 설정하고 LCC 분석을 수행하였다[5].

- 수명주기 비용 산출은 1편성에 PBS의 3-Level을 기준으로 분석하였다.
- 운영기관의 RCM관리, 이력관리, 또는 제조업체에서 제공된 RAMS 자료가 미비하여 반영되지 않았다.
- 환경비용의 대부분은 해체폐기시 비용이 발생되고 국내에서는 기준정립 단계로 환경비용은 반영되지 않았다.
- LCC 분석에서 확인하게 차이를 들어낼 수 있을 만큼 많은 비용이 지출되는 항목에 대하여 분석 대상에 포함하고 단순분석으로 LCC를 분석하였다.
- LCC 비용항목 : 초기투자비 및 해체 폐기비를 제외한 유지관리 비용을 의미하며 미래에 발생하는 비용(운영,

- 유지관리, 고장정비, 교체비)으로 구분하여 분석하였다.
- 할인율은 통계청 자료('98~'08)를 기준으로 3%를 적용하였다.
- 비용가치 환산법은 현재의 가치(NPV : Net present value)로 환산하였다.
- 내용 년수는 KTX-1 운영기관의 고정자산 회계지침(2009. 9)에 의한 내용 년수로 하며, 불분명한 것은 제조사 제품특성을 적용하였다.
- 품목별로 수명 년수가 다르기 때문에 총 분석기간을 30년으로 하였다.

2.4.1 예방정비비

추진 제어장치의 개량 및 교체비의 경우는 초기제품 단가에 근거하여 내용년수 후에 교체하는 비용으로 산출하였다. 그리고 점검주기 당 점검항목 비율 산정은 한국철도공사의 유지보수지침서를 이용하여 설비별 점검항목을 비율로 환산하였다. 표 1은 유지보수지침서의 설비별 점검항목을 나타내며, LI인 경우 총 점검항목은 182개가 된다. 표 2는 추진 제어장치의 부품별 검수주기로 표 1과 표 2를 토대로 점검 주기당 점검항목 비율 산정이 가능하다.

표 1 유지보수지침서의 설비별 점검항목
Table 1 The check item on systems of maintenance manual

부 품	검사 항목	ES	CE	RGI	SWT	P /SWT	S /SWT	LI	GI	FGI
차체실내 설비		69	18	38	1	1		56	63	69
모터블럭		73	1		1	10		27	52	73
		11						5	10	11
공기제동 장치		36	1		3			9	21	36
기계장치		96	30		36	5	2	1	83	92
공기조화		9				3		7	8	9
점검항목 총계		283	50	38	41	19	2	1	182	236
년간 검수횟수	회	112	28	28	12	12	12	3	1.5	0.75
검수기간	인/월	5/3	5/3	5/3	5/3			90/5	90/5	90/5

표 2 추진 제어장치 부품별 검수주기

Table 2 The periodical examination on parts of the MBU

부 품	SWT	LI	GI	FGI
모터블럭 각장치		○	○	○
격자저항			○	○
송풍장치				○
스위치		○	○	○
전력변환장치			○	○
CMB접촉기			○	○
TCP접촉기			○	○
콘덴서			○	○
계전기		○	○	○
제어랙		○	○	○
파워 유니트 냉각통		○	○	○

한편 점검종별 분석방법은 한국철도공사의 유지보수지침서를 이용하여 점검종별 분석방법을 설정할 수 있다. 즉 표 1과 표 3을 참조하여 LI 분석하면 검수횟수(회/4월/12월)×투입인원(90명)×검수일수(5일)이 된다.

표 3 점검종별 분석방법

Table 3 The Analysis method on inspection parts

점검종별	분석방법	점검종별	분석방법
SWT	5인 × 3일	GI	90인 × 5일
LI	90인 × 5일	FGI	90인 × 5일

2.4.2 운영비 및 고장정비비

운영비는 차량 유지보수에 소비되는 전력비와 운영과 유지보수에 따른 공구비로 나눌 수 있는데, 다른 방법으로 추진제어장치의 운영비는 차량기지의 운영비의 3%에 불과하므로 예방 정비비에 3%를 곱하여 운영비를 산출하였다.

고장 정비비는 KTX-1 도입 후 추진 제어장치의 부품당 사용량 분석 자료('08년 기준)와 유지보수지침서의 정기 소요량을 비교 정기 소요량 외에 사용된 부품 수량을 파악하여 금액을 산정하였다.

- 고장 정비비 = (부품당 교체수 / 사용년도) × 단가
- 연간 예방 정비비 = 입출 × 점검종별 분석 × 점검항목 비율 × 점검횟수 + 교체비용
- 고장 정비비 = (KTX 도입 이후 부품당 교체 수 / 총 편성 / 사용년도) × 부품단가
- 누적비용 = KTX-1 도입 이후의 유지관리비의 합

2.5 고속철도차량(KTX-1)의 추진 제어장치 LCC 분석

KTX-1 운행에 따른 추진 제어장치의 LCC를 분석해 보면 그림 6에서 년차별 완만한 상승세를 보이다가 6년, 10년, 12년, 18년, 20년, 24년, 30년에서 급격히 증가하고 있다. 이는 모터블럭의 부품들에 대한 물가 상승율 및 인건비 상승과 내용연수에 따라 교체가 이루어지기 때문이다. 특히 부품단가가 고가인 전력변환장치의 내용연수가 10년 주기이고 송풍장치, 스위치 및 제어카드의 교체가 동시에 이루어져 사용 년수 주기로 유지관리비가 크게 변화되고 있다.

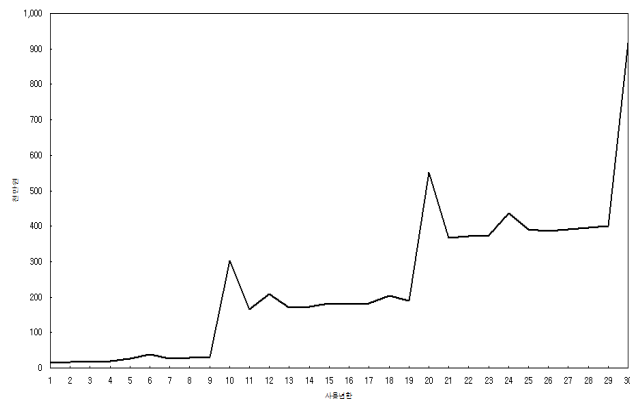


그림 6 추진 제어장치 LCC 분석
Fig. 6 The Analysis of LCC on the Motor Block Unit

한편 부품별 모터 블럭의 LCC를 분석해 보면 일반적으로 유지관리비 중 예방정비비의 비율이 가장 큰 것으로 확인되었다. 이것은 KTX-1 운영 가동율을 유지하기 위한 정기적 유지보수에 따른 비용이므로 필수 요소가 된다. 다음으로 유지관리비 중 예방 정비비를 제외한 부분에서 가장 큰 비율을 차지하는 비용은 고장 정비비이다. 고장 정비비는 KTX-1 운행 이후 부품 사용수를 파악하여 계산된 비용으로 고장에 따라 부품을 교체한 비용이다. 이는 KTX-1 LCC의 절감을 위해서 가장 중요한 요소로 분석된다.

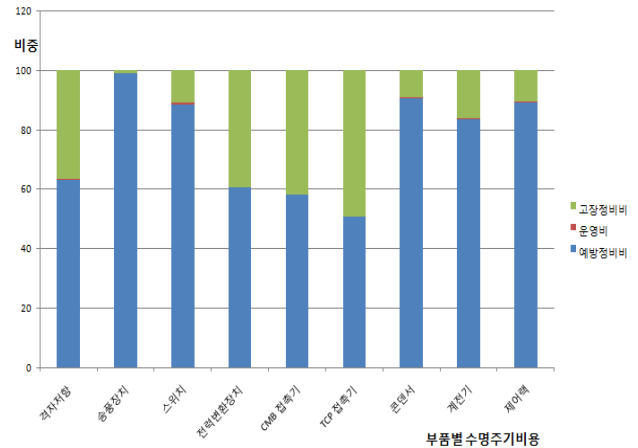


그림 7 추진 제어장치의 부품별 수명주기비용
Fig. 7 The LCC of parts of the Motor Block Unit

그림 7에서 유지관리비 중 고장정비비의 비율이 가장 높은 부품은 TCP접촉기로 49.1%를 차지하고, 다음으로 CMB 접촉기 41.8%, 마지막으로 전력변환장치 39.4%로 나타난다. 제어 랙, 콘덴서 부품인 경우 고장 정비비에 비해 예방정비비가 상대적으로 높고, 송풍장치인 경우 고장 발생율이 적음을 확인할 수 있다. 그러나 시스템은 유기적으로 동작되어야 하므로 서브시스템에 대한 신뢰성이 매우 높아야 한다. 또한 그림 8에서 전력변환장치의 고장 정비비를 분석하면 견인 인버터(IR-TT), 제동초퍼(CO-BK), 역률개선장치(CV-PFC)의 순서로 비용이 큼을 확인할 수 있다. 견인 인버터(IR-TT)는 KTX-1 추진제어장치의 중요한 부품으로 부품당 단가가 높고 KTX-1 운행이후 교체횟수가 높아 추진제어장치의 LCC의 상승을 초래하였다.

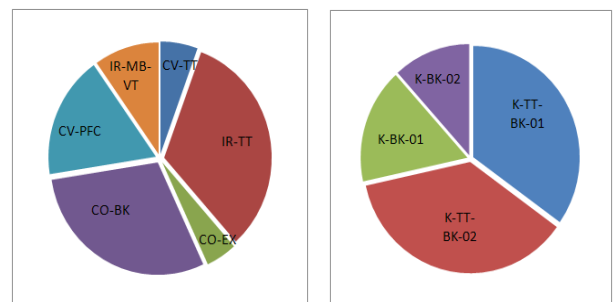


그림 8 부품별 고장 정비비 비율
Fig. 8 The corrective maintenance ratio on parts

그리고 TCP접촉기인 경우 K-TT-BK-02, K-TT-BK-01의 순서로 고장정비 비용이 크다. K-TT-BK-02는 KTX-1 운행이후 교체개수가 46편성에 563개로 고장율이 높아 추진 제어장치의 LCC의 상승을 초래하였다.

이와 같이 부품별 고장에 따른 비용 상승은 추진 제어장치 수명주기비용 증가를 유발하고 있어 부품에 대한 신뢰도가 매우 중요함을 알 수 있다. 추진 제어장치에 대한 수명주기분석을 통해 비용절감 요소를 도출하여 국산화 개발이 진행되고 있는 추진 제어장치에 반영되어야 할 것이다.

3. 결 론

본 논문은 고속철도차량(KTX-1) 추진 제어장치 국산화 개발에 따른 수명주기비용을 절감하기 위해 현재 KTX-1에 탑재되어 사용되고 있는 기존의 추진 제어장치에 대한 LCC 분석을 하였다. 이를 위해 한국철도공사 유지보수정보를 활용하여 추진 제어장치에 대한 PBS를 체계화하고 점검종별 분석을 하였다. 그리고 KTX-1 추진 제어장치에 대한 추정 가능한 수명주기비용(LCC) 분석을 위해 적합한 LCC 모델을 설정하고 이에 따른 운영비, 예방 정비비, 고장 정비비 등을 추정하였다. 분석결과 전력변환장치와 TCP접촉기, 제어 랙 등이 유지보수 비용이 상대적으로 매우 크다는 것을 확인할 수 있었고 특히 전력변환장치, TCP 접촉기, CMB 접촉기인 경우 고장으로 인한 고장정비비가 예방정비비와 비슷한 비용을 차지하고 있어 국산화되고 있는 추진 제어장치에 반영하여 수명주기비용 절감을 꾀하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 한국철도공사 외, “최신 반도체소자를 이용한 고속철도 차량용 추진제어 기술개발 2차년도 결과보고서”, 국토해양부, 2011
- [2] 한국철도학회, 한국철도학회지, KTX의 보수품 공급과 품질관리대책, 2005
- [3] Rafael Enparantza et al., "A Life Cycle Cost Calculation and Management System for Machine Tools", Proceedings of LCE2006, pp.717-722, 2006
- [4] 박수명, "EMU 철도차량의 LCC 분석", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, 2009
- [5] 정종덕 외 1인, "입환 기관차의 LCC 평가분석", 한국철도학회 논문집, pp.260-266, 2005
- [6] 김재문 외 3인, "고속철도차량 추진제어장치의 예측을 위한 CBS 기준설정에 관한 연구", 대한전기학회, 2010 대한전기학회 전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, pp.411- 413, 2010
- [7] 강길현, 고속철도차량 유지보수론, 삼성종합출판, 2009

저 자 소 개



김재문 (金才文)

1994년 성균관대 전기공학과 졸업. 1996년 동대학원 졸업(석사). 2000년 2월 동 대학원 졸업(공학). 2000년~2004년 현대모비스(주) 기술연구소 선임연구원. 2004년 3월~현재 한국철도대학 철도차량전기와 부교수
Tel : 070-8855-1664
Fax : 031-462-2944
E-mail : goldmoon@krc.ac.kr



윤차중 (尹次重)

2007년 한밭대 전자공학과 졸업, 2009년 충남대 대학원 기계시스템공학과 졸업(석사), 1995년~현재 한국철도공사 차장(책임연구원)
Tel : 042-615-4701
Fax : 02-361-8542
E-mail : korea@korail.com



김양수 (金陽洙)

2004년 고려대 대학원(공학). 1971년 1월~2002년 3월 철도청 근무, 2008년 1월~현재 국토해양부 철도건설 심의위원, 2008년 1월~현재 항공철도사고조사 위원회 철도분야 자문위원, 2002년 3월~현재 한국철도대학 철도차량전기와 교수
Tel : 031-460-4442
E-mail : kysrail@dreamwiz.com



장진영 (張珍榮)

2006년 철도대 철도차량전기와 졸업. 2010년 중앙대 전자전기공학부 대학원 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자전기공학부 박사과정
E-mail : ccy9247@hanmail.net



이종성 (李鐘星)

1990년 성균관대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 부천대학교 전자과 부교수