

# EMU 철도차량의 LCC(Life Cycle Cost)분석

## Analysis to be used for the Life Cycle Costs calculation of rolling stocks for EMU

박수명<sup>1)</sup>

Park, Su Myung

---

### ABSTRACT

This paper deals with the topical problems of the Life Cycle Costs in connection with the rolling stocks. the LCC philosophy has already entered the third decade. this philosophy contributed towards the new relationship's comprehension between railway vehicle producers' and railway vehicle users' sphere. this leads together to the technical-economical solution convenient for the both sides. In the point of manufacturer, It is said that low operational costs could be reached using a well-designed and structured maintenance program. this is due to the proper technical analysis of critical components that leads to low costs of maintenance and a superior reliability without increasing the capital investment.

but, This paper presents both topical experiences with the LCC models for the railways vehicles and also procedures during Life Cycle Costs calculations. In conclusion I want to introduce how to calculate LCC & what kinds of softwares are used based on VVVF EMU vehicle

**Key words : Life Cycle Costs; Fail-safe; Reliability; Maintenance; Failure rate**

---

### 1. 서 론

철도차량은 운영회사 입장에서 많은 고정비용적인 요인으로 작용하고 있어 철도차량에 대한 정확한 관리를 위해 RAMS(Reliability Availability Maintenance Safety)의 도입을 통해 철도차량에 대한 신뢰성, 가용성, 유지보수 및 안정성을 확보하면서 비용 절감적으로 운영하고자 하고, 제작회사 입장에서는 이용승객의 높아진 눈높이에 맞춰야 하고, 신기술의 도입을 통한 제작회사의 자체 기술의 향상이 필요한 부분도 있고, 또한 고객회사인 철도운영회사의 요구에 맞춰 가격을 설정해야 하는 어려움이 있다, 정부 입장에서는 국민의 안전을 위해 법적으로 규제를 해야 하는 서로의 입장에서 상충적인 관계에 있다고 볼 수 있다.

이런 상충적인 측면에서 각자의 경제성 분석의 일환으로 제기되는 이론이 LCC(Life Cycle Cost)이다. 운영회사는 유지보수 비용과 차량구매 비용의 비교 대상으로서 경제성과 안전성 측면에서 차량의 수명을 계산하여 고장횟수와 시간의 관계를 나타내는 bathtub곡선에서 상징하는 바와 같이 장기간의 사용에 따른 잦은 고장으로 많은 유지보수비용이 발생할 경우는 많은 차량의 운행이 수입을 담보하지 않고 많은 비용으로 연결되어 어느 기간 사용한 차량에 대해서는 구입하는 것이 비용측면에서 유리하다고 판단

---

1) 코레일 연구원 경영연구팀 연구원, 비회원  
E-mail : smartdaddy@hanmail.net  
TEL : (042)609-4860 FAX : (042)609-4915

되는 시점이 차량의 수명주기가 될 것이다. UNIFE나 로템과 같은 제작사의 입장에서는 신기술의 도입에 따른 차량가격의 상승은 불가피하여 수요자인 철도운영회사를 설득하기 위한 방편으로 신기술의 도입으로 철도차량의 가격은 인상되었으나 유지보수 비용을 대폭 낮췄기 때문에 결과적으로 생애주기비용의 측면에서는 운영회사에 손실이 되는 부분이 없다는 부분을 증명하기 위해 LCC분석이 활용되었다.

기존의 연구사례를 보면 국내에서는 철기연에서 포스코의 위탁연구과제로 철도운영자의 측면에서 모든 비용을 고려하여 연구를 수행하였고, 제작사의 측면에서 로템이 UNIFE 기법으로 신규 EMU차량의 생애주기비용을 분석한 사례가 있다. 외국에서는 국내와 마찬가지로 철도운영자와 철도제작사의 관점이 판이하게 다른 것을 볼 수 있었다. 그러나 철도차량의 안전성 측면에서 정부규제가 존재하는 국가는 없었고, 가까운 일본의 경우만 보더라도, 국내의 철도안전법 37조와 같은 법률에 의한 규제 보다는 운영회사에 의한 자율적인 운영을 강조하고 있고, 철도운영사의 측면에서는 고객만족의 강화를 위해 많은 고객이 이용하는 고속철도차량과 수도권을 운행하는 EMU 차량에 대해서는 짧은 life cycle을 유지하고 기관차나 지역 차량은 길게 사용하고 있는 추세이다.

본 연구에서는 VVVF EMU차량을 대상으로 철도운영자의 측면에서 아래의 bathtub 곡선이 나타내고 있는 바와 같이 시간에 따른 고장의 발생이 늘어나는 지점에서의 비용을 계산하여 차량의 유지보수와 신규구입과의 관계를 밝히고자 한다.

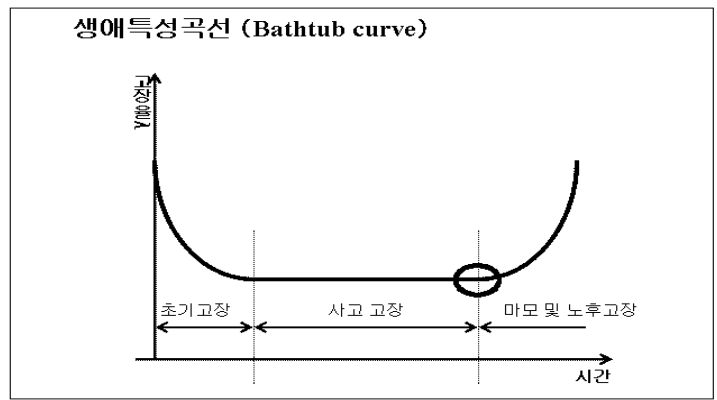


그림1. 철도차량의 생애특성곡선(Bathtub 곡선)

## 2. 생애주기비용(LCC)이란 ?

### 2.1 개념

수명주기비용에는 투자비용, 유지보수비용, 운영비용, 종료비용을 포함하는 내용으로 철도차량의 유지보수최적화와 깊은 관련을 가지고 있다. 철도차량 생애주기비용과 상호 연계되는 분야는 신뢰성, 유지보수 비용, 비용분석, 시설장비의 최적화, 예비품 수량최적화 등과 관련이 있다, 즉 철도차량의 기획에서 폐기까지 철도차량에 소요되는 전 분야의 비용이 포함되어 있다고 볼 수 있다. 생애주기비용 산정을 위한 기초자료는 각 기관에 따라 시각이 다양하다. 차량제작업자의 입장에서는 투자비용에 다양한 비용이 포함되어 철도차량구입가격이 차지하는 비중이 작게 보이기를 원할 것이고, 운영자의 입장에서는 조직의 순(純)원가개념에서 접근하므로 가능한 조직의 비용이 적게 나오는 방향으로 산정하여, 조직 외부에 유리조직은 비용을 적게 사용하는 기관이라는 것을 표출하고 싶어 할 것이다.

이 연구에서는 원가 개념의 측면에서 차량구입가격(A)+차량유지보수비용(B)+운영비(C)+기타비용

(D)으로 구분하고 LCC의 검토에 있어서 평균금리와 물가를 고려하여 순현재가치(NPV)를 산정하여 현재의 시점에서 평가하고자 한다. 통계 가능한 한국은행의 자료를 바탕으로 금리 인상율은 평균 6.95%이고 평균소비자 물가인상율은 2.95%로 discount rate를 4%로 LCC를 분석하였다.

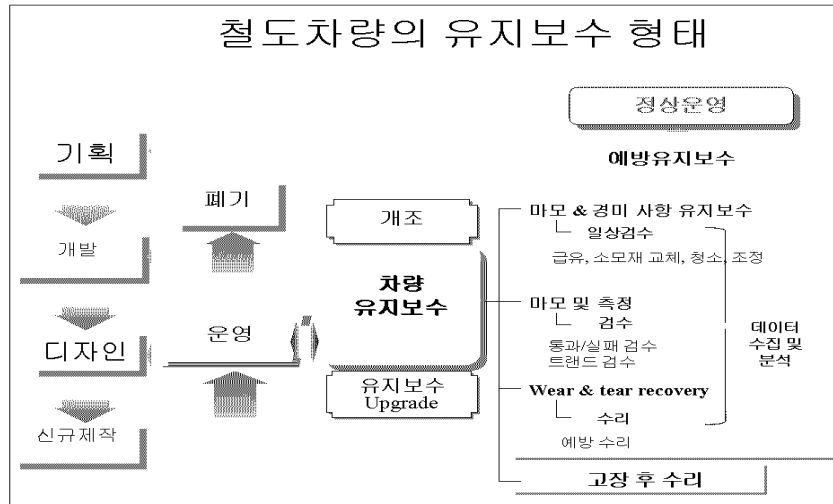


그림2. 철도차량의 생애주기



그림3. 최근 13년간 금리와 인플레이션

표 1. LCC 구성요소

구성요소		항목	재료비	인건비
차량구입가격(A)		차량가격, 부품 검사장비 등 비용	○	
차량 유지보수 비용	예방정비	일상/월상 및 중수선 등 정비비용	○	○
	수리정비	운영중 발생하는 고장수리 비용	○	○
	수명교체(TBO)	부품수명 도래시 신규부품 교체비용	○	○
운영비	동력비	차량운행에 소요되는 동력		
	선로사용료	선로사용료 비용부담	○	○
기타 경비	세척청소	차량세척 및 청소와 관련된 비용	○	○
	기지운영	기지 운영비용/설비 운영비용		○

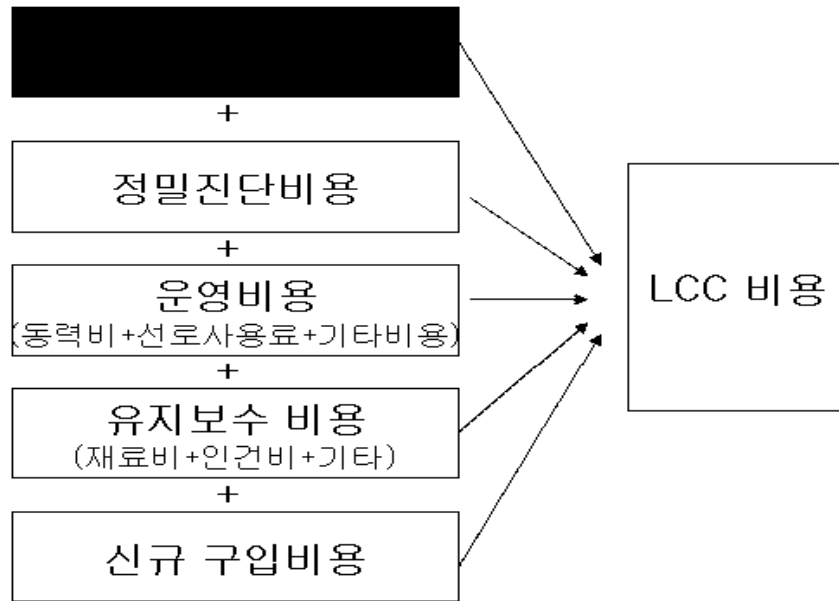


그림4. LCC 비용 구성항목

## 2. 2 궤도차량 고장분석

궤도차량을 오래사용하면 당연히 노후화에 의한 고장의 발생은 필연적이다, 고장의 분석을 위해서 중요한 것은 정기 검수중에 교체한 내용을 기준으로 노후에 의한 차량고장을 분석하는 것이 당연하나 최근에야 검수작업이 전산화되어 모든 자료를 포함하고 있지 않아, 지난 10년간의 운행중 사고로 잡힌 고장데이터가 있어 이것을 바탕으로 차량의 고장유형과 고장건수를 검토하였다.

분석결과 궤도차량의 연식에 따른 고장증가나 도입초기 고장 등 일반적인 내용에 대한 검증은 데이터의 부족에 의해 어려워 추후 연구에서 보충하고자 한다

표 2. 연도별 고장건수

연도	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	합계
건수	26	25	20	19	18	11	26	18	17	13	4	197

※ 88건 저항제어차량

표 3. LCC 대상차량의 고장건수

도입연도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2003	2004	2005	2006	2007	총계
차 호	2030	2049	2054	5001	5007	5028	2077	5045	5057	5065	5067	5087	12편성
고장건수	1	0	0	1	3	0	1	1	1	0	1	0	9건

## 3. VVVF 전동차 차량의 LCC 분석

### 3. 1 개 요

LCC 비용은 초기 차량구입비에 유지보수에 소요되는 비용과 일정 운영율이상으로 운영하기 위해 소

요되는 동력비와 선로사용료를 포함하고 현 철도안전법상 25년을 초과한 차량의 경우 정밀진단을 받기 위해 소요되는 비용과 폐기처분시 소요되는 비용을 모두 합한 금액을 철도차량 생애주기비용 (LCC)라고 한다. 위 의 그림 1에서 보는바와 같이 차량을 장기간 사용하면 차량의 유지보수비용이 증가하여 차량의 신규구입이 더 유리한 시점이 발생되고 이 시점을 차량의 폐차시점으로 보고 그 기간동안 총 소요 비용으로 산정하고자 한다.

### 3.2 LCC 평가기준 및 방법

LCC 계산을 위해서는 한 차호를 정해서 25년간 총비용을 계산하여 산정하는것이 정확하나 코레일의 원가산정을 위한 ERP시스템이 정착 된지가 2년 밖에 되지 않아 그 이전의 원가계산이 불가능하여 검수 비용을 유추하는 방식으로 연구를 진행하였다. 즉 VVVF형 전동차중에 1993년부터 2006년 까지 도입된 차량의 차호를 확인하여 차량별 검수원가를 산정하는 우회적인 방법을 사용해서 2008년 검수원가를 기준으로 했다.

표 4. LCC 분석대상 차호

도입년도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2003	2004	2005	2006	2007
차 호	2030	2049	2054	5001	5007	5028	2077	5045	5057	5065	5067	5087

표 5. 2008년 인버터 차량 원가분석

차령	도입 연도	차호 및 배속기	예산항목						총계(단위 : 원)
			직접인건비	간접인건비	재료비	감가상각비	유지보수비	기타 제세공과금	
신규(1993.11)									
14	1994	2030(시흥차)	231,416,804	64,788,652	70,326,955	50,108,547	91,308,206	41,596,342	549,545,506
13	1995	2049(시흥차)	219,503,314	63,700,812	346,789,004	60,978,587	166,909,450	52,510,399	910,391,566
12	1996	2054(시흥차)	199,175,654	66,535,323	48,717,070	52,419,389	135,637,067	51,982,244	554,466,748
11	1997	5001(구로차)	116,416,192	39,374,632	11,492,450	2,927,606	31,571,458	24,286,601	226,068,938
10	1998	5007(구로차)	119,891,369	40,213,008	11,620,335	2,597,530	24,633,799	25,229,470	224,185,510
9	1999	5028(구로차)	102,331,488	33,419,628	33,419,007	664,067	20,803,912	19,767,438	210,405,541
8	2000	2077(시흥차)	260,421,258	73,362,929	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171
5	2003	5045(구로차)	103,289,802	36,374,130	33,645,990	4,456,327	61,907,018	17,460,941	257,134,207
4	2004	5057(구로차)	237,788,636	77,436,595	16,954,066	3,883,697	48,836,344	41,892,901	426,792,238
3	2005	5065(구로차)	541,012,160	121,894,715	115,743,942	6,788,826	91,373,736	115,260,256	992,073,635
2	2006	5067(구로차)	106,870,322	38,780,127	16,594,133	4,759,398	28,598,061	18,158,557	213,760,598
1	2007	5087(구로차)	121,885,862	44,543,660	5,521,762	2,197,188	25,740,358	25,106,387	224,995,217

### 3.3 유지보수비 집행현황

표 5에서 보는 바와 같이 코레일의 ERP시스템이 구축되지 얼마되지 않아 2년간의 데이터를 바탕으로 차량의 LCC를 분석해야 하는 측면이 있으나 1편성의 차량을 기준으로 15년을 분석한 것과 위의 유지보수 비용과는 차이가 발생할 수 있다. 그 이유는 2008년 운행시점에서 3년,6년 검수에 포함된 차량은 유지보수비용이 많이 들어갈 것이고 위의 표5 에서 파란색 음영을 표시한 차량이 3Y, 분홍색 음영이 6Y이다. 그럼에도 불구하고 이 자료를 활용하여 유지보수비를 파악할 수밖에 없는 현실이다.

위의 표 5에 의하면, 편성당 평균 1년간 유지보수 비용은 약 4억 6300만원이나 2008년 3년, 6년을 제외한 차량의 평균 비용은 약 3억 2000만원 정도가 소요된다. 10량 1편성이므로 1량당 3,200만원 정도가 소요된다. 당해 연도에 중수선이 들어간 차량의 검수비용이 1억 4300만원 정도 더 소요됨을 알 수 있다.

### 3.4 생애주기비용(LCC) 분석

생애주기비용을 계산하기 위해서 연간 검수원가의 정확한 계산이 중요하나 간접비가 많이 포함되어 있어서 각 편성의 뚜렷한 차이는 확인하기 어려우나 3Y, 6Y의 정기검수를 시행한 차량은 직접비의 성격이 강한 재료비가 많이 소요됨을 알 수 있다. 대상 차호를 중심으로 신규차량, 3Y, 6Y완료차량을 중심으로 중심값을 잡고 1개 차량이 신규도입에서 현재 철도안전법상의 물리적 사용한계인 25년까지 3Y 4회, 6Y 4회의 정기검수를 시행중이므로 인버터 전동차의 1993년 신규도입차량을 중심으로 2008년까지는 관련데이터를 중심으로 분석하고, 2016년까지 추정하여 계산하였다. 비용계산에 있어서는 지난 13년간의 한국은행 통계값을 따라 현재가치의 산정을 위해 과거의 자료에 대해서는 구입가격에 대해서는 NFV 4%를 적용하여 2008년의 가치를 산정하고, 그 외의 과거의 데이터는 2008년의 값을 기준으로 했으므로 그대로 산정하고 2009년 이후의 값에 대해서는 NFV의 값을 적용하여 산정하였다.

표 6. 대상차량 검수실적

차호	2030	2049	2054	2077	5001	5007	5028	5045	5057	5065	5067	5087
일자	06.07.14	08.05.09	06.06.30	08.12.23	09.02.25	07.01.19	07.12.03	입창중	07.12.14	08.08.07	신조	신조
검종	6Y	6Y	6Y	3Y	6Y	3Y	3Y	6Y	3Y	3Y	05.12	06.12

표 7. 인버터전동차 LCC분석(단위 : 원)

차령	연도	예산항목(2008년 기준)					적용율 : 4 %		
		인건비	재료비	감가상각비	유지보수비	기타	연간 총계	연간누적비용	NPV, NFV 적용
신규(1993.11)						6,950,000,000	6,950,000,000	12,035,151,310	
1	1994	166,429,522	5,521,762	2,197,188	25,740,358	25,106,387	224,995,217	224,995,217	
2	1995	145,650,449	16,594,133	4,759,398	28,598,061	18,158,557	213,760,598	213,760,598	
3	1996	333,784,187	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171	763,194,171	
4	1997	135,751,116	33,419,007	664,067	20,803,912	19,767,438	210,405,540	210,405,540	
5	1998	160,104,377	11,620,335	2,597,530	24,633,799	25,229,470	224,185,511	224,185,511	
6	1999	283,204,126	346,789,004	60,978,587	166,909,450	52,510,399	910,391,566	910,391,566	
7	2000	296,205,456	70,326,955	50,108,547	91,308,206	41,596,342	549,545,506	549,545,506	
8	2001	265,710,977	48,717,070	52,419,389	135,637,067	51,982,244	554,466,747	554,466,747	
9	2002	333,784,187	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171	763,194,171	

10	2003	166,429,522	5,521,762	2,197,188	25,740,358	25,106,387	224,995,217	224,995,217	224,995,217
11	2004	145,650,449	16,594,133	4,759,398	28,598,061	18,158,557	213,760,598	213,760,598	213,760,598
12	2005	333,784,187	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171	763,194,171	763,194,171
13	2006	135,751,116	33,419,007	664,067	20,803,912	19,767,438	210,405,540	210,405,540	210,405,540
14	2007	160,104,377	11,620,335	2,597,530	24,633,799	25,229,470	224,185,511	224,185,511	224,185,511
15	2008	283,204,126	346,789,004	60,978,587	166,909,450	52,510,399	910,391,566	910,391,566	910,391,566
16	2009	296,205,456	70,326,955	50,108,547	91,308,206	41,596,342	549,545,506	549,545,506	549,545,506
17	2010	265,710,977	48,717,070	52,419,389	135,637,067	51,982,244	554,466,747	554,466,747	576,645,417
18	2011	333,784,187	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171	763,194,171	825,470,815
19	2012	166,429,522	5,521,762	2,197,188	25,740,358	25,106,387	224,995,217	224,995,217	253,089,019
20	2013	145,650,449	16,594,133	4,759,398	28,598,061	18,158,557	213,760,598	213,760,598	250,069,665
21	2014	333,784,187	59,779,696	67,742,619	235,480,112	66,407,557	763,194,171	763,194,171	928,542,403
22	2015	135,751,116	33,419,007	664,067	20,803,912	19,767,438	210,405,540	210,405,540	266,230,131
23	2016	160,104,377	11,620,335	2,597,530	24,633,799	25,229,470	224,185,511	224,185,511	295,012,838
24	2017	283,204,126	346,789,004	60,978,587	166,909,450	52,510,399	910,391,566	910,391,566	1,245,933,721
25	2018	296,205,456	70,326,955	50,108,547	91,308,206	41,596,342	549,545,506	549,545,506	782,174,610
	합계	5,762,378,027	1,849,146,208	807,467,824	2,522,656,052	983,108,052	11,924,756,163	18,874,756,163	24,968,937,065
	연평균비용	230,495,121	73,965,848	32,298,712	100,906,242	39,324,322	476,990,246	754,990,246	998,757,482

#### 4. 결 론

93년 구입당시 10량 1편성의 차량가격은 69억 5000천만원이나 2008년 가격으로 현가화 했을때 120억 원정도 되고 연간 유지보수 비용을 실제월가를 기준으로 2008년 자료를 바탕으로 산정하였으므로 2008년까지는 그대로 산정하고 2009년 이후의 자료는 2008년으로 현가화하기 위해 한국은행 통계를 기준으로 4%를 적용하여 현가화 하여 계산했을때 연평균 비용은 9억 9875만원 정도가 소요되는 것으로 나타났다. 지금까지의 연구 결과는 소결론에 불과하며 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

#### 참고문헌

1. 코레일, 경영성적보고서 (1991~2008)
2. 박종목, 김필환, 이종권 (1997), “전동차 수명주기 비용에 대한 고찰”, 한국철도학회논문집, pp.396-404.
3. 정종덕, 배대성 (2005), “입환기관차의 LCC 평가분석”, 한국철도학회논문집, pp.260-266.
4. Graham Holden (2003), “Life Cycle Cost Issues in Rolling Stock Asset Management”, Lloyds List DCN Rail Maintenance and Asset Management Conference
5. A. Danek, M. Richtar (2003), “New Approaches to the life cycle costs philosophy of the railway vehicles”