

Life cycle cost를 고려한 연속 시스템에 대한 최적 장치선택에 관한 연구

진상화, 김인태*, 송희열, 김인원
건국대학교 화학공학과
* 한국화재보험협회

A study on the optimal equipment selection of series systems using life cycle cost

Sang-Hwa Jin, In-Tae Kim*, Hee-Oeul Song and In-Won Kim
Department of Chemical Engineering, Konkuk University
* Korean Fire Protection Association

1. 서론

석유화학 또는 가스 산업에서 사용되는 장치는 고가의 장치들이 많다. 일반적으로 화학공장은 건립할 때 책정된 예산에 따라서 장치의 구매가격(purchase cost)을 고려하여 장치를 선택한다. 구매가격만으로 장치를 구입할 경우에는 장치가 가지는 수명(life time)동안 고장이나 사고가 발생하였을 경우에 발생하는 failure cost를 고려하지 않고 일반적인 유지·보수비용(maintenance cost)을 고려하여 선택한다. 장치를 선택할 때에는 장치의 구매가격과 장치 수명기간 동안의 유지·보수비용과 운전중에 사고로 인해 발생하는 failure cost를 전부 고려하여야 한다[1]. 장치의 수명동안 시스템 또는 생산과정에서 발생하는 구매, 설치, 교육, 유지·보수비용, 사고로 인하여 발생할 수 있는 failure cost 등을 평가한 금액이 life cycle cost이다[2],[3],[4].

일반적으로 장치는 이용가능도(availability)가 높을수록 고가의 구매가격을 갖는다. 장치에 대한 life cycle cost를 분석하여보면, 장치의 수명동안에 장치의 구매가격과 장치의 failure cost에 의한 유지·보수비용이 장치의 이용가능도에 따라 어떻게 변화하는지 알 수 있다[5],[6].

본 연구에서는 구매가격만을 고려하여 장치를 선택할 때 발생할 수 있는 문제점을 분석하고, 연속 시스템(series systems)에 대하여 failure cost가 포함된 유

지·보수비용이 life cycle cost에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 이론적 배경

Life cycle cost는 장치를 구매할 때 구매가격뿐만 아니라 장치의 수명동안 필요한 모든 비용을 포함한다. Life cycle cost는 구매가격(C_{PRO})과 운전비용(C_{OP})의 합으로 계산할 수 있다. 여기에서 구매가격으로는 장치의 설계시 드는 비용(C_{DESIGN})과 장치의 구매가격($C_{PURCHASE}$), 장치의 설치비용($C_{INSTALLATION}$) 그리고 시운전할 때 필요한 비용($C_{STARTUP}$)의 합으로 계산된다. 구매가격은 신뢰도(R_i)의 함수로 표현할 수 있다. 운전비용(C_{OP})은 기능을 향상시키기 위해 필요한 비용(C_{EC}), 고정적으로 드는 비용(C_{FM}), 소비성으로 사용되는 비용(C_{CC})과 시스템에서 장치가 고장이 발생하였을 경우 필요한 비용($C_{FAILURE}$)의 합에 장치의 수명의 곱으로 표현할 수 있다. 장치가 고장이 발생하였을 경우 필요한 비용($C_{FAILURE}$)은 시간에 따른 time-based failure cost와 사건에 의한 event-based failure cost 두 가지 경우로 계산할 수 있다. 이와 같은 life cycle cost 계산 방법을 수식으로 나타내면 다음과 같다[7].

$$LCC = C_{PRO} + C_{OP} \quad (1)$$

$$C_{PURCHASE} = f(R_i) \quad (2)$$

$$C_{PRO} = C_{DESIGN} + C_{PURCHASE} + C_{INSTALLATION} + C_{STARTUP} \quad (3)$$

$$C_{OP} = (C_{EC} + C_{FM} + C_{CC} + C_{Failure}) \times \text{life time} \quad (4)$$

$$C_{Failure} = C_{Failure, Time} + C_{Failure, Event} \quad (5)$$

3. 사례연구

사례에 적용한 연속 시스템은 세 가지의 장치가 직렬로 연결되어 있는 시스템이다. 장치의 구매가격은 이용가능도가 증가할수록 지수함수로 표현되므로 무한대로 증가하게 된다. 그와는 반대로 failure cost에 의한 유지·보수비용과 모든 비용을 고려한 life cycle cost는 장치의 이용가능도가 증가할수록 점차적으로 감소하는 것을 Fig. 1에서 보여주고 있다. Life cycle cost가 감소하는 이유는 이용가능도가 높을수록 장치의 failure cost가 감소하므로 유지·보수비용이 적게 필요하기 때문이다.

장치선택은 이용가능도가 증가할수록 장치의 구매가격은 지수함수의 형태로 증가하기 때문에 적당한 이용가능도와 구매가격을 고려하여 선택하여야 한다. 비

용 최소화를 하기 위해서는 시스템에서 요구하는 안전기준을 만족하는 가장 싼 장치를 구매하는 것이다.

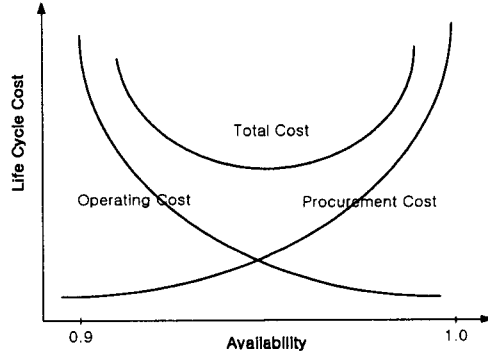


Fig. 1. Optimal cost.

그러나 장치의 life cycle cost를 고려하여 보면 이러한 결론은 틀리다는 것을 알 수 있다. 구매가격이 싸고 이용가능도가 낮은 장치는 failure cost에 대한 유지보수 비용이 많이 필요하기 때문에 오히려 life cycle cost는 많아진다.

위와 같이 이용가능도를 고려하여 평가한 life cycle cost를 이용하여 장치를 선택하는 것이 시스템의 안전 기준을 만족시키고 전체 경비도 최소화 할 수 있다.

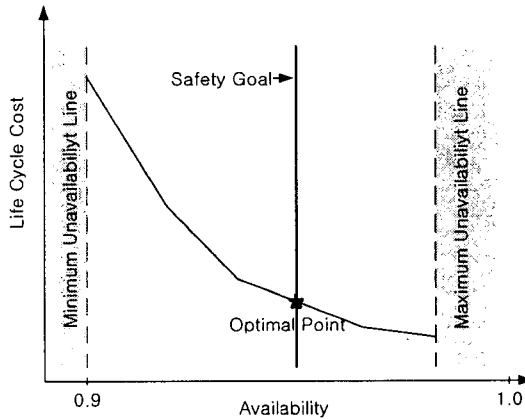


Fig. 2. Optimal point.

4. 결론

본 연구에서 연속시스템을 대상으로 life cycle cost를 이용하여 이용가능도와 failure cost에 따른 유지·보수비용을 고려하여 장치를 선택한다면 다음과 같은 이점이 발생하였다.

현재 사용하고 있는 장치에 대하여 failure cost에 따른 유지·보수비용을 분석하여 운전비용 절감 방안을 제시하여 공장의 운전비를 감소시킬 수 있는 maintenance 절차를 설립 할 수 있다. 신규로 장치를 선택하거나 고장난 장치를 교체할 때 본 연구에서 제시한 방법을 이용하면 최소의 비용으로 최적의 장치를 선택할 수 있다. 결과적으로 공장의 설치비 및 운전비를 경감시킨다.

5. 참고문헌

- [1] 류병태, 서재민, 유진환, 김정원, 박경태, 최운혁, 김선재, 함정훈, 엄성인, 백종배, 고재욱, "화학설비의 비용 · 편익 분석 개발에 관한 연구", *Theories and Applications of Chem. Eng.*, 7, 3223-3226 (2001).
- [2] Stewart, M.G., "Reliability-based assessment of ageing bridges using risk ranking and life cycle cost decision analyses", *Reliability Engineering and System Safety*, 74, 263-273 (2001).
- [3] Woodward, D.G., "Life cycle costing-theory, information acquisition and application", *International Journal of Project Management*, 15, 335-344 (1997).
- [4] Hennecke, F.W., "Life cycle costs of pumps in chemical industry", *Chemical Engineering and Processing*, 38, 511-516 (1999).
- [5] Wang, K.H., and Sivazlian, B.D., "Life Cycle Cost Analysis for Availability System with Parallel Components", *Computers Ind. Engng.*, 33, 129-132 (1997).
- [6] Durairaj, S.K., Ong, S.K., Nee, A.Y.C., and Tan, R.B.H., "Evaluation of Life Cycle Cost Analysis Methodologies", *Corporate Environmental Strategy*, 9 (2002).
- [7] Goble, W.M., Control systems safety evaluation and reliability, ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2nd ed., (1998).