
 論 文

大韓造船學會論文集
 第 30 卷 第 1 號 1993 年 2 月
 Transactions of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 30, No.1, February 1993

종합 경제성 평가지수에 의한 선박 발전장치의 경제성평가법

김정제*, 장승택**

Economic Evaluation Method for Marine Electric Generating Systems Using a Comprehensive Economic Index

by

Jeong Je Kim* and Seung Taek Chang**

요 약

최적설계는 일반적으로 주어진 설계에 적용할 경제성평가기법을 필요로 한다. 본 연구에서는 선박용 발전장치 설계에 적용되는 경제성평가방법을 제시하였다. 가능한 발전 장치들에 대하여 그 투자액의 회수기간과 순현재가를 경제성 지수화 하고 또, 그 설계된 장치의 운전상의 난이도를 평가하여 지수화 하고 이 지수들을 종합하여 종합경제성평가지수를 산출하여 이 지수로 발전장치 선정의 기준으로 삼도록 하였다. 이 방법을 실선의 설계에 적용하여 유용성을 보였다.

Abstract

Design optimisation generally necessitates a tool of assessing the economics of designs. This paper proposes a method of assessing the economics of marine electric generating systems. The pay back period(PBP) and the net present value(NPV) of the investment for a designed project are properly converted into a economic index.

The mechanical factors dominating the easiness in operating the system are also assessed and quantified to form a index which eventually is added to the economic index producing a comprehensive economic index. The method has been tested on a design example and it's validity has been shown.

접수일자: 1992년 10월 13일 재접수일자: 1992년 12월 28일

* 정회원, 울산대학교 조선 및 해양공학과

** 정회원, 현대중공업(주), 기본설계실

1. 序 論

船舶設計技術이 지향하는 목표는 船舶의 性能向上과 運航에 있어서의 經濟性이다. 또한 船舶의 性能은 運航상의 經濟性和 직결된다. 船舶設計에 있어서 巨視的인 설계 최적화는 여러 가능한 후보 설계중에 가장 경제적인 것을 찾아내는 일이다. 이러한 일들을 하기 위하여는 우리 조선기술자는 고유의 조선공학 이외에 경제성평가기법을 구사할 수 있어야 한다.

이 경제성을 평가할 수 있는 범용적인 工業投資分析理論으로서 回收期間法(Pay Back Period), 純現價法(Net Present Value), 內部收益率法(Internal Rate of Return) 및 最適經費比法(Benefit Cost Ratio) 등이 있다. [4], [8], [9], [11]. 이 기법들은 각각 표현 방법과 강조하는 면이 다르나 어떤 사업에 대한 투자액을 그것으로 얻어지는 장래의 이익과 비교하여 투자의 자체를 평가할 수 있는 자료를 제공한다.

초기의 船舶設計 단계에서 이들 기법을 이용하여 선박의 운항으로 얻어지는 예상 이윤에 대한 초기투자액의 타당성과 수익성을 평가할 수 있는 방법을 제시하여 경제성이 가장 높은 船種 및 배의 기본 사양을 선택할 수 있도록 한 연구가 있다[1], [2], [3].

또한 이 공업투자 분석기법들을 船舶 主機關裝置의 선정에 사용하여 최대 경제성을 주는 裝置를 설계하는 방법이 시도되었다. 金孝重 등[10]은 여러 가능한 主機關裝置에 대하여 위의 네가지 분석기법으로 산출된 경제성 지수들을 종합하여 최대 경제성을 보이는 장치를 선정하는 방법을 제시하였다. 그러나 이 방법은 네가지 분석기법으로 각각 산출된 경제지수들의 크기가 실질적으로 반영되지 않아 최적의 해를 정확하게 부각시키지 못한다. 田中嘉春[12]는 위의 네가지 분석기법중 純現價法 만을 사용하되 장치에 대한 경제성 이외의 특성인 보수유지 등 운전상의 편의성을 現價로 환산하여 종합평가하는 방법을 제시하였으나 이 방법은 사업의 현재가치에 국한하여 평가함으로써 투자의 경제성을 종합적으로 평가하는 데는 충분하지 못하다.

선박용 발전장치의 설계에 있어서는 그 장치의 경제적 특성들이 종합적으로 평가되고 또 그 장치의 사용상의 편의성을 나타내는 技術的인 要素들이 함께 종합적으로 평가할 수 있는 방법을 수립하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 선박용 발전장치 설계에 있어서

이러한 요구조건을 만족할 수 있는 경제성 평가방법을 제안하고자 한다.

먼저 기본적인 경제성평가이론으로서의 工業投資分析技法들의 특성을 검토하고, 다음에 이 평가기법들을 활용하여 船舶用 主機關裝置 설계에 적용한 종합경제성평가기법들을 검토하여 이들의 결함을 보완할 수 있는 종합경제성평가법을 제안하여 이 방법을 실제 설계에 적용하여 例題設計를 수행하여 그 방법의 유용성을 확인하고자 한다.

2. 經濟性評價理論

2.1 回收期間法(Pay Back Period method)

이 방법은 사업에 투자된 資本이 운영을 통하여 얻어지는 이윤으로 회수되는 기간을 투자의 평가지표로 삼는 것이다. 資本回收期間은 해당 投資案의 危險度를 나타내는 위험지표(Risk indicator)로도 이용되며 回收期間이 짧은 投資案 일수록 有利한 投資이다. 그러나 화폐의 시간적 가치를 고려하지 못하고 回收期間 以後의 現金 흐름을 무시하는 단점이 있다.

投資額(P)이 利潤(R) (즉, 燃料油, 潤滑油 및 보수정비의 節約)에 의해 回收되어지는 期間은 다음식으로 계산할 수 있다.

$$R = (CRF) P \tag{1}$$

$$CRF = \frac{R}{P} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \tag{2}$$

단, CRF : 자본회수계수(Capital Recovery Factor)

- n : 회수기간
- i : 이자율
- P : 투자액
- R : 이윤

이 식은 P, R 및 i의 값에 대하여 미지수 n을 계산해 내게 된다.

2.2 純現價法(Net Present Value method)

이 方法은 投資로 부터 기대되는 評價期間內의 收益을 市場利率로 割引한 現在價値(Net present value)에서 經費와 初期投資의 現在價値를 공제한 값으로 NPV가 零(0) 보다 크면 投資價値가 있는

것이고 NPV 값이 클수록 投資效果가 큰 것을 의미한다. 이 방법은 투자액이 많은 것이 NPV 값이 크게 나타나는 경향이 있으므로 최종평가는 투자액에 대한 NPV 값의 상대적인 크기로 하여야 할 것이다.

NPV의 計算式은 다음과 같다.

$$NPV = \sum_{n=1}^N \frac{R_n}{(1+i)^n} - \sum_{n=1}^N \frac{E_n}{(1+i)^n} - P \quad (3)$$

단, R_n=各 年의 收益
 E_n=各 年의 損失
 n=評價年數

여기서 발전장치에 대한 평가의 경우 損失(E_n)을 零(0)으로 보고 收益(R_n)이 일정하고 燃料油, 潤滑油, 消耗部品 및 인건비의 年間價格上昇率을 (I)라 하고 이들의 節約額은 ΔS라 하면 (3) 式은 다음과 같이 된다.

$$NPV = \Delta S \sum_{n=1}^N \frac{(1+I)^n}{(1+i)^n} - P \quad (4)$$

2.3 内部收益率法(Internal Rate of Return method)

이 方法은 投資로 부터 기대되는 現金流出의 現價를 같게 하는 割引率로서 결국 IRR은 그 투자안의 投資收益率을 의미하게 되며 計算式은 다음과 같다.

$$P = (UPVF) \times R \quad (5)$$

$$(UPVF) = \frac{P}{R} = \frac{1}{CRF} \quad (6)$$

$$\text{여기서 } CRF = \frac{IRR(1+IRR)^n}{(1+IRR)^n - 1} \quad (7)$$

단, UPVF : 均等현재가치(Uniform Present Value Factor)

n : 평가年數

(7)式에서 n의 값이 주어지면 IRR이 計算된다.

IRR은 金利와 比較하여 投資의 타당성 여부를 판단할 수 있는 方法으로 IRR이 이자율보다 높은 경우는 투자가치가 있다고 보며 그 값이 클수록

유리하다. 이것은 試行錯誤法(trial and error method)으로 計算하며, CRF의 값을 알 경우 내부수익율(IRR)을 찾을 수 있다.

2.4 最適經費比率(Benefit Cost Ratio method)

이 方法은 各 年의 收益에 相當하는 것을 現在價로 환산한 金額을 現在價로 환산된 各 年의 損失金額과 投資金額의 合과의 比를 구하는 方法으로 BCR이 1보다 크면 투자대상이 經濟性이 있는 것으로 보며 값이 클수록 有利하다.

計算 式은 다음과 같다.

$$BCR = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{R_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{E_n}{(1+i)^n} + P} \quad (8)$$

단, R_n, E_n, n, i, p: 前項(2.1.2)과 同一

여기서 R_n이 일정하고, 裝置의 節約額(ΔS)도 일정하며 年間價格上昇率을 I, 年間損失이 영(0)이라고 할 경우

$$BCR = \frac{\Delta S \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{(1+I)^n}{(1+i)^n} \right\}}{P} \quad (9)$$

이 法은 NPV와 같은 내용의 것을 表現방식을 달리한 것으로 初期投資額에 제약이 있을 경우에 적합하나 제약이 없는 경우는 NPV 法이 적합하다.

3. 綜合經濟性評價方法

앞장에서 소개된 經濟性評價理論들은 각각 투자案에 대한 경제성을 평가할 수 있는 尺度를 제공하고 있어 각 理論이 독립적으로 有效하나 이들은 각각 表現상 강조하는 면에서 차이가 있어 어느 한 理論만으로는 다수의 가능한 투자案 중에 最적案을 선택하는 데는 부족함이 있어서 綜合適인 評價방법이 필요하다.

全孝重[10]은 앞장에서 소개한 네가지 評價法을 모두 一률적으로 통합 적용하는 方法을 제시하였다. 이 方法은 最適舶用機關 選定 方法으로 후보 기관들 가운데 投資額이 가장 싼 것이나 燃料消費率 이 가장 많은 案을 技準(base)으로 정한 다음 다른

案과의 價格差를 그 案의 投資額으로 取하고 年間 燃料費 差를 利潤으로 하여 經濟性評價法 PBP, NPV, IRR, BCR을 적용하여 각각의 값을 산출하고 (단, NPV, BCR의 경우 연간 연료유 가격상승률을 0%, 5% 경우를 각각 계산하여 순위에 반영함) 각 평가법 별로 산출된 지수 값이 유리한 순서로 각 투자안의 순위(Priority)를 1, 2, 3, 4, 5로 부여한 후 각 투자안 별로 순위합계가 최저인 투자案을 最適案으로 選定하는 방법이다.

이 方法은 여러 經濟性評價지수를 綜合적으로 반영하는 합리적인 방법이나 各案의 지수의 차이가 크고 적음의 정도를 무시하고 단지 값이 有利한 순서로 차례로 순위를 정하여 순위합계가 가장 작은 案이 最適案으로 선정됨으로서 지수값의 크고 작음의 정도의 差가 적절히 반영되지 못하고 있다. 예를 들면 PBP의 값이 5년, 6년, 7년, 7.5년 및 10년을 보여주는 다섯가지 투자안이 있을 경우 이 案들이 단지 서열에 따라 우선순위값 1, 2, 3, 4 및 5점을 받게 됨으로서 PBP 값의 비중이 충분히 반영되지 못한다.

田中嘉春[12]은 투자안의 단순한 경제성 이외에 기술적인 요소 즉, 운전의 난이도, 유지보수의 난이도, 진동, 소음 등을 포함시켜 종합적으로 평가하는 방법을 제시하였다. 이 方法은 機關室 機器 시스템을 선정하고자 할 때 경제성을 평가하는 방법으로서 이 방법에 이용하는 변수는 초기투자액, 연료유소비량, 윤활유 소비량, 소모부품수(Spare parts), 선원수, 보수정비에 필요한 인건비(Man hour), 기타 기술적 제 요소들을 평가에 반영한다. 이 중 各 機器의 기술적요소의 유효성과 중요도는 어떤 機器 또는 시스템을 적용하기 前과 後의 점수 差로 구하고 그 기계적 有效性의 금액환산계수(Cx)를 반영하여 기대이익(Rf)으로 환산한다. 즉, 가격면에서 본 기대이익(Re)과 기계적 有效性에서 본 기대이익(Rf)의 합을 총 기대이익으로 적용하여 산출한 NPV 값으로서 투자안의 경제성을 평가하는 방법이다.

이 方法은 대상 기계장치의 技術的 諸要素들을 評價에 반영시킴으로서 全孝重의 방법보다 포괄적인 평가결과를 얻을 수 있으나 장치의 經濟的 측면에서는 단지 NPV 만을 고려함으로써 대상장치의 채용기치의 有無를 評價하는데 치우치고 있다.

따라서 이와 같은 부분적인 결함을 보완할 수 있는 綜合的인 評價方法으로서 다음과 같은 評價方法을 제안한다.

주어진 船舶의 고려대상의 여러 發電裝置案 각각에 대하여

- 투자액의 수익성을 나타내는 PBP값을 그 크기가 반영되도록 指數化하고
- 투자액의 자산가치를 나타내는 NPV값을 역시 그 크기가 반영되도록 指數化하고
- 장치의 사용상의 難易度를 나타내는 技術的 要素들을 指數化하여
- 이 세 특성의 지수들의 합으로 綜合評價指數를 구하여

이 綜合評價指數로 最大經濟性的의 裝置를 選定한다.

위의 세가지 經濟性指數들은 各各의 重要性을 가지고 있으나 船主의 입장에 따라 그 重要性의 반영도가 다르게 적용될 수 있다. 일반적으로 생활수준이 높은 사회의 사람을 선원이나 직원으로 고용하는 회사에서는 장치의 운영상의 편의성을 높이기 위하여 技術的인 要素指數에 비중을 많이 두어야 할 것이고 자본조달이 어려운 개발도상국의 사람을 고용하는 회사에서는 일반적으로 투자의 수익성을 나타내는 PBP 지수에 보다 비중을 주어야 할 것이다. 따라서 위의 세가지 經濟性지수들의 반영비율은 船主의 취향을 반영하여야 할 것이다.

本 研究의 예제에서는 중진국 수준 정도의 사회에서 PBP지수의 중요성이 일반적으로 크게 인정된다고 보고 PBP지수의 중요성 가중치 2를 주고 NPV 지수 및 기술적요소지수 각각의 중요성 가중치를 1로 적용하여 종합평가지수를 산출하는 방법을 택하였다.

위의 세가지 경제성지수의 산출방법은 다음과 같은 수행한다.

3.1 PBP(Pay Back Period)지수의 산출

후보 발전장치案들 中 PBP값이 가장 짧은案의 PBP지수를 1로 하고 PBP값이 가장 긴案의 PBP지수를 총투자案의 數와 같이 한다.

즉 5개案을 비교할 경우는 최대 PBP지수가 5가 된다. 그리고 기타案들 각각의 PBP지수는 그 PBP 크기에 따른 비례로 산출한다.

즉, 各 案에 대하여

$$J_i = 1 + \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} (J_{\max} - 1) \quad (10)$$

단, J_i : 해당 발전장치案의 PBP지수

- Jmax : 최대PBP의 발전장치案의 PBP지수 (=案의 數)
- Ymax, Ymin : 최대 PBP案 및 최소PBP案의 PBP 값
- Yi : 해당 발전장치案의 PBP값

本 研究의 예제에서는 이 Ji 값들에 重要性 가중치 2를 곱하여 사용한다. 또한 PBP 값이 무한대 (∞) 가 나오는 案이 있을 경우는 총 투자案 數에서 그 數를 빼고 계산하되 PBP 지수값은 총 투자案 數와 같게 한다.

3.2 NPV(Net Present Value)지수의 산출

후보 발전장치案들 中 NPV 값이 가장 큰 것의 NPV 지수를 1로 하고 NPV 값이 가장 작은 것의 NPV 지수는 총 투자案의 數와 같이 한다. 그리고 기타案들 각각의 NPV 지수는 그 NPV 크기에 따라 다음과 같이 산출한다.

즉, 각 案에 대하여

$$Si = 1 + \frac{Vmax - Vi}{Vmax - Vmin} (Smax - 1) \quad (11)$$

- 단, Si : 해당 발전장치案의 NPV지수
- Smax : 최대NPV의 발전장치案의 NPV지수 (=案의 數)
- Vmax, Ymin : 최대NPV案 및 최소NPV案의 NPV 값
- Vi : 해당 발전장치案의 NPV값

本 研究의 예제에서는 Si 값들에 중요성 가중치 1을 곱하여 사용한다.

3.3 技術的 要素(Mechanical factor)지수의 산출

선박 발전장치의 사용상의 편의성을 나타내는 기술적요소는 여러가지 있을 수 있으나 일반적으로 인정되는 요소로서

- 사고의 발생정도
- 불측 발생 사고시의 회복성
- 점검의 용이
- 운전조작의 난이도
- 진동정도
- 소음정도
- 운전, 보수에 필요한 지식량 및 노동질

- 시동성(소요시간)
- 등을 들 수 있다.

이 기술적 요소들은 모두 중요하나 그 중요도는 같다고 볼 수 없다. 즉 이 여덟가지 기술적 요소들 중 “사고의 발생정도”나 “불측발생 사고시의 회복성”은 다른 기술적 요소들 보다 그 중요도가 높다. 따라서 본 연구에서는 이 여덟가지 기술적요소 중 가장 중요한 “사고발생 정도”에 중요도 10점을 부여하고 여타 기술적 요소들에 각각에 해당하는 중요도를 선정하여 부여하도록 하였다.

각 기술적요소별 각 투자案에 대한 평가는 투자案들 中 그 기술적 요소면에서 가장 양호한 투자案에 10점을 부여하고 여타 투자안에는 적절한 점수를 추정하여 부여하도록 하였다.

각 투자案에 대하여 이와같이 부여된 각 기술적요소별 점수와 그 투자안의 중요도를 곱한 값으로 그 투자案의 기술적요소 총 평가점수가 산출된다. 이렇게 산출된 기술적요소 총 평가점수가 높을수록 그 투자案은 우수한 기술적인 특성을 가지게 됨으로 이 점수를 앞에 정의한 경제성 평가지수와 결합할 수 있도록 지수화 하여야 한다. 즉, 투자案들 中 기술적요소 총 평가점수가 가장 높은 점수의 案을 기술적 요소지수를 1로 하고 가장 낮은 案의 기술적 요소지수를 총案의 數와 같게 하고 각 투자案의 기술적 요소지수 값을 그 案의 기술적요소 총 평가점수의 크기에 대한 반비례로 산출한다.

$$Ti = 1 + \frac{Xmax - Xi}{Xmax - Xmin} (Tmax - 1) \quad (12)$$

- 단, Ti : 해당발전장치案의 기술적요소지수
- Tmax: 최대기술적요소 합계점수案의 기술적요소 지수(=案의 數)
- Xmax: 최대기술적요소 합계점수案의 기술적요소 총 평가점수
- Xmin: 최대기술적요소 합계점수案의 기술적요소 총 평가점수
- Xi : 해당 발전장치案의 기술적요소 총 평가점수

3.4 綜合評價

上記에서 구한 各 투자案의 최종평가는 Ji, Si, Ti 값을 各 案別로 총합계를 구하여 그 값이 가장 작은 投資案의 經濟性이 가장 높은 것으로 評價된다.

4. 經濟性評價의 實例

4.1 評價대상 船舶의 裝置 概要

航海中 터어보 發電機 단독으로 所要電力을 供給할 수 있는 船舶은 저속엔진의 경우 최근에는 主機의 출력이 30,000 BHP 정도 되어야 가능하다. 따라서 船主들의 관심이 많은 터어보 發電機 적용도 함께 비교할 수 있는 경우로서 320,000 DWT 鑛石運 船舶의 발전장치를 모델로 정했다.

本 船舶의 기본설계로 도출된 추진 및 발전장치의 基本사양은 Table 1과 같다.

Table 1 Basic powering system for 320,000 DWT class ore carrier

Items	Description
1. Main engine type	Hyundai-B&W 7S80MC
MCR & rpm	31,920 BHP at 77 rpm
NCR & rpm	29,050 BHP at 74.6 rpm
2. Propeller type	fixed pitch propeller
Number of blade	four(4)
out dia.	9,500 mm
Materials	Ni-Al-Bc
3. Propeller shaft	∅790 dia, 9670 mm length
Intermediate shaft	∅685 dia, 10,000 mm length
4. Diesel generator	two sets of each 800 kw (plus 1 set option)
5. cooling system	conventional sea water cooling

4.2 候補發電裝置

發電裝置는 여러가지가 있으나 初期投資가 너무 크고 非經濟的임이 확실한 것은 제외하고 주어진 船舶(ME : Hyundai-B&W 7S80MC)에 적용가능한 것들을 택하면 다음과 같은 여섯가지 장치를 후보로 선정할 수 있다.

1) 제1案, 디젤 發電機(Diesel Generator without TCS)

가장 많이 채용되는 것으로 최근엔 發電機用 디젤 엔진도 저질연료유 점도가 7,000 sec. Redwood No.1 at 100°F 사용할 수 있게 개발되었다. 이 경우 初期投資額은 작게 들지만 補修, 整備費가 많이 소요되며 진동과 소음은 發電裝置 中 가장 심하다.

2) 제2案, 軸 發電機(Shaft Generator without TCS)

軸 發電機는 主機의 出力을 이용하여 發電하는 것으로서 여러가지 방법이 있지만, 최근

商船에는 主機의 앞쪽 크랭크축에 증속기어를 이용하여 主機측면에 동속기어(Constant-speed gear)와 함께 설치하는 방법으로서 이와 같은 軸 發電機의 경우 항해시 軸 發電機만으로 소요 전기를 공급하는 것으로 운전이 용이하고 補修 整備 및 消耗部品費도 적게 들며 진동, 소음도 작다. 그러나 製作社의 數가 적고 初期投資費가 비교적 많이 소요된다.

3) 제3案, 터어보 發電機(Turbo Generator without TCS)

航海時 主機의 排氣가스를 이용하여 排氣가스를 이코노마이저(exhaust gas economizer)에서 蒸氣를 만들어 일부는 船內 燃料油탱크 및 가열기 등 雜用目的으로 쓰고 나머지 蒸氣로 터어빈을 驅動하여 所要電力을 供給하는 方法으로서 低速 디젤엔진의 경우 燃料節約型으로 개발되면서 排氣가스량이 줄고 溫度가 낮아졌기 때문에 主機出擊이 30,000 마력(BHP)정도 되어야 터어보 發電機 단독으로 航海中 所要電力을 供給하는 것을 검토해 볼 수 있다. 이때 補助보일러(Auxiliary boiler)의 용량을 荷役, 碇泊時에도 터어보 發電機를 이용할 수 있도록 하는 것이 좋다. 이 장치는 진동, 소음이 적고 초기투자비에 비해 에너지 절감효과가 크다.

4) 제4案, 디젤 發電機 with TCS/PTI

主機의 배기가스일부를 이용하여 가스터빈을 구동시키고 거기서 얻은 동력(Power)을 동력전달기어(Power take in gear)를 통하여 主機의 크랭크 샤프트에 전달함으로써 主機의 연료유 소비량을 절감하는 터어보 콤파운드 장치(Turbo compound system)와 동력전달장치(Power take in system)를 主機에 장착하고 제1案의 디젤 發電機를 설치 운항하는 경우다.

이 경우 主機의 연료유 소비량은 절감하나 초기투자비가 증가되고 장치도 제1案보다 복잡하게 된다.

5) 제5案, 軸 發電機 with TCS/PTI

主機의 연료유 절감을 위하여 TCS와 PTI를 장착하여 TCS에서 생산된 동력(power)를 軸 發電機 또는 主機의 크랭크 샤프트에 전달시키는 경우로서 비교적 정속하고 작동이 용이하나 초기투자비가 비교적 많다.

6) 제6案, 터어보 發電機 with TCS/PTI

主機에 연료유 절감을 위한 TCS와 PTI를

장착하고 주기의 배기가스를 이용한 터보
 發電機를 설치하여 항해중 소요전력을 공급하는
 제3案의 설비를 장착했을 경우로서 다소 복잡하
 나 연료유 절감효과가 가장 크며 진동, 소음도
 적어 정숙한 운전이 가능하다.

- 評價年數 : 20年
- 年間運航日 : 200日/年
- 利子率 : 8%
- 燃料油, 潤滑油 등의 年間 물가상승률 : 5%
- 燃料油 : USD 120/ton
- 主機 시린더用 潤滑油 : USD 1,150/ton
- 디젤 發電機用 潤滑油 : USD 1,000/ton
- 補條裝置 및 消耗部品費(maintenance cost)
 디젤 發電機 : USD 15/KW/年

4.3 評價條件

각 발전장치의 경제성평가에 다음 자료를 사용하
 였다.

Table 2 Cost evaluations for marine electric generating systems

Items	Description	without TCS			with TCS/PTI			Remarks
		1 (DG)	2 (SG)	3 (TG)	4 (DG)	5 (SG)	6 (TG)	
MAIN	Shaft power(BHP)	29,050	30,024	29,050	29,050	30,024	29,050	
ENGINE	speed (rpm)	74.6	74.6	74.6	74.6	74.6	74.6	
(HYUND- AI-B&W 7S80MC	SFOC(g/BHP.h)+3%	132.3	132.8	132.3	127.6	127.9	127.6	
	F.O. consumption(t/y)	18,460	19,140	18,460	17,790	18,430	17,790	
	F.O. cost(USD/Y)	2,215,200	2,296,800	2,215,200	2,134,800	2,211,600	2,134,800	
	cyl.L.O. cons.(t/y)	139	144	139	139	144	139	
	cyl.L.O. cost(USD/Y)	159,850	165,600	159,850	159,850	165,600	159,850	
	price of TCS/PTI(USD)	-	-	-	753,300	753,300	753,300	
ELEC.	layout El.power(KW)	800	900	800	800	900	800	
GENER- ATOR	EL.power prod'n(KW)	640	630	670	640	630	670	
	price of gen.sys(USD)	426,000	1,272,500	747,000	426,000	755,000	747,000	
	maintenance cost(USD)	12,825	450	2,400	12,825	450	2,400	
	F.O. consumption(t/y)	657	-	-	657	-	-	
	F.O. cost(USD/Y)	78,840	-	-	78,840	-	-	
	L.O. consumption(t/y)	4.4	-	-	4.4	-	-	
	L.O. cost(USD/Y)	4,400	-	-	4,400	-	-	
	stand-by Dies. Gen.	Layout 800KW - 2 SETS(EL.producers not in operation)						
EXH.GAS	Exh.gas amount(kg/h)	190,000	193,000	190,000	190,000	193,000	190,000	T/C,turbo
ECONOMI- ZER	Exh.gas temp.aft T/C(°C)	239	239	239	239	239	239	-charger
(under	Feed water temp.(°C)	60	90	90	60	60	90	
I.S.O.	sat.steam(kg/h, kg/cm ²)	2000, 6	2000, 6	900, 5.5	2000, 6	2000, 6	900, 5.5	
condit	S/H.steam(5kg/cm ² 225°C)	-	-	4,400kg/h	-	-	4,400kg/h	
-ion)	low press steam(2kg/cm ²)	-	-	1,200kg/h	-	-	1,200kg/h	
	price of ECONO.sys(USD)	95,000	95,000	560,000	95,000	95,000	560,000	
AUX.	Evap.capacity(kg/h)	3,000	3,000	9,000	3,000	3,000	9,000	
BOILER	sat. steam press(kg/cm ²)	6	6	8.5	6	6	8.5	
SYSTEM	price of AUX.BLR(USD)	149,000	149,000	293,800	149,000	149,000	293,800	
SUMMARY	total init. invest(USD)	670,000	1,516,500	1,600,800	1,423,300	1,752,300	2,354,100	
	init.invest.differ.(USD)	(base)	(846,500)	(930,800)	(753,300)	(1082300)	(1684100)	
(A)	maintenance cost(USD/Y)	12,825	450	2,400	12,825	450	2,400	
(B)	F.O. &L.O. cost(USD/Y)	2,458,290	2,462,400	2,375,050	2,377,890	2,377,200	2,294,650	
	(A)+(B)(USD/Y)	2,471,115	2,462,850	2,377,450	2,390,715	2,377,650	2,297,050	
	SAVE (USE/Y)	(base)	8,265	93,665	80,400	93,465	174,065	

1. 上記 TCS/PTI, Elec. generator, Exh.gas economizer, Aux.boiler system의 가격은 機器, 配管, 鐵鐵裝 費用과 設置 및 관련 인건비가 포함된 金額이며 船舶建造를 1994년 5월경 完了하는 경우다.
2. Main engine과 Main engine用 system oil은 各 案에 공통으로 같게 적용됨으로 금액 산출에 포함하지 않았다.
3. Fuel oil L.C.V. : 9,600 Kcal/Kg.

軸發電機 : USD 0.5/KW/年

터어보發電機: USD 3.0/KW/年

단, 上記 補修整備 및 消耗部品費는 관련 인건비도 포함한 값이다.

主機의 연료소모량과 배기가스 조건은 製作社의 표준사양에 따른 "ISO reference condition(1,000mm bar barometric pressure, 海水 온도 25℃, 대기 온도 25℃)"에서의 자료로서 연료소모량은 +3%의 여유를 갖고, 배기가스의 온도는 ±15℃, 배기가스량은 ±5%의 여유를 갖는다.

4.4 運航費 算出

위의 자료를 적용하여 각 후보 裝置에 대한 초기 투자액과 연간 소비비용을 算出하여 정리하면 Table 2와 같이 된다.

4.5 技術的 要素評價

앞에서 설정한 후보 발전장치들을 각 기술적요소

별로 평가하여 평가점수를 Table 3과 같이 부여하였다. 각 장치案에 대하여 각 기술적요소별로 가장 좋은 상태의 장치에 10점을 부여하고 기타장치에 대하여는 적절히 감점하여 점수를 부여하였다. 이들 점수에 미리 정의한 중요도를 곱하여 중요도를 반영한 점수를 산출하였으며 각 장치에 대한 각 기술적요소의 중요도를 반영한 점수들의 합을 그 장치의 종합점수로 하였다.

4.6 綜合經濟性評價

각 장치案에 대하여 산출된 運航費자료 Table 2와 기술적요소 평가점수 Table 3으로서 각 장치案에 대한 綜合經濟性評價자료를 算出하면 Table 4와 같이 된다.

먼저 Table 2의 運航費자료로 각 장치에 대한 PBP값과 NPV값을 산출하고 이를 값으로 제3장에서 정의된 PBP지수 및 NPV지수를 구하였다.

여섯장치案 中 (案 1) 경우는 初期投資費가 가장

Table 3 技術的 重要度 點數 計算

技術的 要素	CASES						技術的 重要度	CASE 別 重要도를 고려한 點數					
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
事故의 發生 程度	5	9	8	5	8	7	10	50	90	80	50	80	70
不測發生 事故時 回復性	5	9	7	5	8	7	9	45	81	63	45	72	63
點檢의 容易	6	10	7	5	9	6	8	48	80	56	40	72	48
運轉조작의 難易度	8	10	7	8	10	7	7	56	70	49	56	70	49
진동 程度	4	9	10	4	8	9	6	24	54	60	24	48	54
소음 程度	4	9	10	4	8	9	5	20	45	50	20	40	45
운전, 보수에 필요한 知識量과 勞動賃	6	9	7	5	8	6	5	30	45	35	25	40	30
始動性(소요시간)	8	10	6	7	9	6	4	32	40	24	28	36	24
							합계	305	505	417	288	458	383

Table 4 Evaluations of marine electric generating systems

Items	Description	without TCS		with TCS/PTI			Remarks
		case 2(SG)	case 3(TG)	case 4(DG)	case 5(SG)	case 6(TG)	
PBP	i=8%	∞	20.91	17.88	34.56	19.48	Item factor;2
	PBP 지수(Ji)	10	3.1	2	8	2.6	
NPV	I=5%, N=20	-721,900	+481,270	+458,790	+326,760	+940,070	Item factor;1
	NPV지수(Si)	5	2.1	2.2	2.5	1	
Mechanical Factor	합계점수	501	417	288	458	383	Item factor;1
	MF지수(Ti)	1	2.6	5	1.9	3.2	
종합평가지수 (Ji+Si+Ti)		16	7.8	9.2	12.4	6.8	
최종순위		5	2	3	4	1	

적고 燃料油, 潤滑油의 消費率과 補修整備費 및 消耗部品費가 가장 많은 것으로서 이것을 基準으로 한다. 그외의 다른 장치案들은 각각 初期投資費가 基準보다 초과하는 金額分을 投資額 (P)로 하고 燃料油, 潤滑油, 보수정비 및 소모품등 總費用과 基準案의 費用과 差이를 收益(절약액)으로 하여 PBP, NPV 값을 구했다.

그 다음 Table 3의 기술적요소 평가점수 자료로 각 장치案에 대한 기술적요소지수를 역시 제3장에서 정의된 대로 산출하였다.

각 장치案에 대한 PBP 지수, NPV 지수 및 기술적요소지수의 합으로 綜合評價지수를 산출하였다.

이상의 綜合評價結果 가장 우수한 發電裝置는 (案 6) 즉, 主機에 TCS/PTI를 설치하고 터어보 발전기를 설치하는 案이 선정되었다. 구조가 다소 복잡하여 불리해 보이나 운항비의 절감효과가 그 불리함을 상회하며 사용상의 기술적인 어려움이 수용할 만한 수준임이 종합적으로 증명되었다.

(案 6)은 主機에 연료소모량을 줄이기 위하여 터어보 콤파운드 장치(Turbo compound system)와 동력전달장치(Power take in system)를 갖춘 것으로서 연료소모량이 모든 案 中에서 가장 적고 運航時에 主機의 배기가스를 이용하여 배기가스 이코노마이저에서 증기를 생산하여 터어보 발전기를 구동시켜 소요전기를 供給하는 裝置로서 항해시에 터어보 발전기 단독으로 소요전기를 공급하는 것이다.

이와같은 평가결과는 미리 설정하는 평가조건에 따라 달라질 수 있다. 평가년수(선박의 수명), 연간운항일, 은행이자율 등의 설정정도에 따라 다른 결과를 얻으며 각 기기의 보수정비 및 소모품비에 관한 자료는 실제의 운항을 통한 보다 정확한 자료를 수집할 필요가 있다. 특히 선박의 수명기간 동안 수시로 변동할 油價에 대하여는 별도의 정책적인 검토가 추가되어야 할 것이다.

6. 結 論

船舶用 發電裝置設計 최적화에 사용할 수 있는 새로운 종합경제성 평가법으로서

- 여러가지 가능한 후보 장치案을 설정하여 놓고
- 각 案의 回收期間(PBP) 및 純現價(NPV)를 산출하고
- 각 案에 대한 PBP값 및 NPV값 각각 그 크기

가 반영되도록 지수화하고

- 각 裝置의 사용상의 편의성을 좌우하는 여러 기술적요소들을 그 重要度 및 難易度에 관한 점수를 부여하며 이들을 지수화하여
- 각 裝置案에 대한 PBP지수, NPV지수 및 기술적요소지수의 합으로 종합경제성 평가지수를 산출하도록 하였다.

이 題案된 방법을 사용하여 실제의 船舶用 發電裝置設計를 수행하여 본 결과 설계자에게 과학적이고 종합적인 경제성평가 자료를 제공할 수 있음을 보여 주었다. 또한 제안된 방법은 기존의 평가 방법들보다 투자案의 투자가치와 투자액의 회수율이 그 크기가 실질적으로 반영되고 기술적요소에 대한 평가가 종합적으로 이루어져 보다 정확한 종합평가 지수를 제공하고 있다.

본 제안된 방법의 실설계 적용에서의 정확성을 높이기 위하여는 장치들에 대한 운항상의 보수유지비, 사고율, 운전의 난이도 등에 관한 자료들은 실제의 운항을 통하여 수집하고 정리하여 보다 실질적인 자료를 확보할 필요가 있다.

이 제안된 방법은 선박용 主機 설계에도 적용될 수 있으며 더 나아가 船舶의 기본설계에 사용될 수 있는 방법으로 확대 발전시킬 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- [1] Benford Harry, "principles of Engineering Economy in Ship Design," *SNAME*, vol.71. (1963).
- [2] Benford Harry, "A Method for Deriving the Annual Costs of Capital Recovery for Commercial Sailing Ships," *SNAME*, vol. 19, April. 1982.
- [3] Buxton I.L., "Engineering Economics and ship design(second edition)", *The British Ship research Association*, 1976.
- [4] Grant Eugene L., Ireson W., G. Leavenworth Richard S. "Principles of Engineering Economy(seventh edition)", John Wiley & Sons, 1982.
- [5] Klinton Henry & Jacobsen Bige, "Engine Room Energy Optimisation", MAN B&W diesel A/S. 1986.
- [6] Riggs James L., "Essential of Engineering Economics", P.147-214, McGraw-hill Book

- Company, 1982.
- [7] Corrado Charles N. Jr. "Economic Power Generation at sea : The Waste Heat Recovery Plant/Constant-Speed Shaft-Driven Generator Combination," *SNAME*, vol.22. July. 1985.
- [8]李大柱, 李栢, 鄭承學, 李文主, 金重純(共著), "경제성공학", P.150-70, 汎韓書籍株式會社, 1990.
- [9] 朴景洙, "工業經濟學", P.99-169, 塔出版社, 1977.
- [10] 全孝重, 曹基烈, "最適船舶機關選定 및 그의 經濟成評價方法에 關한 研究", 韓國船舶機關學會誌 第8卷, 2號, 1984.
- [11] 鄭韓珪, "財務管理", P.73-101, 經文社, 1990
- [12] 田中嘉春 外 1名, "機關部 機器に對する 經濟性 評價の 一手法", 日本船用機關學會誌, 第17卷, 第12號, 1982.12.
- [13] 小田健一, "中形漁船における 主機驅動發電の 經濟性", 日本船用機關學會誌, 第20卷, 第11號, 1985.11.