

디젤 주기관의 DERATING에 관한 연구

조권희⁺, 박고룡⁺⁺, 이동훈, 김인숙, 이성관, 장태린, 문병진, 손민수

A study on derating of diesel main engine

Kwon-Hae Cho⁺, Go-Ryong Park⁺⁺, Dong-Hun Lee, In-Suk Kim, Sung-Gwan Lee, Tae-Lin Jang, Byung-Jin Moon, Min-Su Son

Abstract : The oil crises in 1973 and 1979 caused considerable effort to decrease the fuel consumption. As a result, the main engine had been changed through the shape(from loop scavenging air system to uniflow scavenging air system), higher compression ratio, low speed and long stroke. It is difficult to make a various engine satisfied with all owner's request. So manufacturer could find a way that can change the rating through large range from the engine already manufactured. These ways are tried through large range to change rpm to 72% and engine's output to 48% of MCR with keeping the normal engine's shape almost. The important element considered in the process of derated output of the main engine is to recover the beginning overcapitalization as soon as possible through low SFOC. In this paper, it is compared and considered between rating and derating engine with several data about modifying rating which have been done by engine manufacturer so far. And the selection process of derating engine is studied also.

key words : Derating(정격 조정), MCR(최대연속출력), SFOC(연료소비율)

1. 서 론

현대 사회에서 화물과 승객의 이동이 많은 가운데, 선박이 운송하는 물동량은 대단히 많다. 선박의 이동을 가능케 하는 동력원은 선박에서 화물 구역의 중요성 못지않게 매우 중요한 부분을 차지하게 되었다. 선박에 설치되는 주기관의 성능은 선박의 설계에 있어서나 소유자의 운항비용을 위해 극히 중요한 것이다. 선박에 이용되는 주기관의 출력은 작게는 수마력부터 크게는 130,000 마력 이상의 (MAN B&W 14K 108MC & ME Engine)^[1] 주기관이 개발되어 탑재될 예정이다. 1973년과 1979년에 걸친 두 차례의 유류 파동은 연료 소비율을 줄이기 위해 부단한 노력을 요구했다. 그에 따른 결과로 주기관의 형태(루우프식 소기공급 체계에서 유니프로식 소기공급 체계로) 및 더욱더 높은 압

축비와 저속 장행정으로 변화를 추진하고 있다. 또한 운전 방식도 캠축제어 엔진에서 전자제어 엔진으로 급진적으로 변화되고 있다. 이러한 변화는 궁극적인 목표인 연료소비율의 향상을 위해서이기도 하지만, 현대 사회에서 인류의 공동 목표인 건강한 삶을 위한 대기오염 감소에도 기여한다. 무수히 많은 변수들을 모두 만족할 만한 다양한 엔진을 제작한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 그에 따라 이미 제작된 엔진을 대상으로 넓은 범위에 걸쳐 정격을 변경할 수 있는 여러 가지 방법을 찾게 되었다. 기존에 이미 연구 제작되어진 엔진의 외형은 거의 동일하게 유지하면서, 회전수에 대해서는 MCR의 72% 까지, 출력은 48% 까지 사용할 수 있도록 넓은 범위에 걸쳐서 시행하고 있다. 주기관의 출력을 변경시키는 과정에서 고려되어지는 중요한 요소들은 안전이나 기계 수명의 연장에 관련된 부분도 있겠지만, 연료소비율의 감소를 통하여 일

+ 조권희(한국해양대학교 해사대학 기관시스템공학부), E-mail : khcho@mail.hhu.ac.kr, Tel :051)410-4252
++ 박고룡, 이동훈, 김인숙, 이성관, 장태린, 문병진, 손민수(한국해양대학교 대학원)

하나 빠른 시일 내에 초기의 과잉투자 비용을 회수할 수 있느냐 하는 것이 중요한 요소이다. 본 연구에서는 지금까지 엔진 제작자에 의해 행해진 정격 변경의 여러 자료를 바탕으로 rating 과 derating에 대하여 비교 고찰하였으며, 엔진의 derating의 과정에 관하여 연구하였다.

2. 엔진 출력의 정의 및 관계

2.1 선박의 소요 마력 산정

엔진에서 생산된 마력(BHP)이 축을 거치고(SHP) 프로펠러에 의하여(PHP) 배를 추진시키는 전달 마력(DHP)으로서 비로소 효과를 내는 유효마력(EHP)으로 쓰이게 된다. 이 유효마력이 선박이 필요로 하는 속력을 내기 위한 소요마력이 되는 것이다.

EHP는 단위상수 $\times R \times V$ 가 되므로 총 저항 값 R만 안다면 소요마력이 다음과 같이 간단하게 계산이 된다.

$$EHP = \frac{1}{75} \times R \times V \quad R : \text{kgf 단위} \quad V : \text{m/s 단위} \quad (1)$$

그러나 전체저항 R은 직접 계산이 안 되므로 마찰저항(Rf)과 조파저항(Rw)을 포함하여 잉여저항(Rr)으로 나누어서 계산하고자 하는 이론전개가 장세월간 이루어져 왔고, 각종 실험 자료들이 수집되어 잘 정리되어 있어 이를 응용하고 있다.

IHP가 V^3 (선속) $\times \Delta^{\frac{2}{3}}$ (배수량)과 비례하며 이 상수를 어드미랄티 상수(admiralty coefficient)라고 정의한다. 역으로 많은 동급의 유사 실적선으로부터 그 상수를 계산해 놓으면, 이를 이용하여 새롭게 설계하고자 하는 배의 의도하는 속도와 배수량에 맞는 IHP를 계산해 볼 수 있다. 이 또한 막연한 추정일 뿐이므로 설계 초기의 참고용으로만 쓰인다.

가장 신빙성 있는 소요마력 추정 방법으로는 모형 시험을 하는 것이다.

2.2 엔진 정격을 제한하는 주변 요소들

일반적으로 엔진의 정격을 지시한 그 숫자는 그 엔

진의 최대 출력을 말한다. 선박 운항자들은 이 수치를 기준으로 최대한 안전한 범위에서 최저의 연료소비를 적용하여 운전하는 것이 목적일 것이다.

출력은 토크(같은 의미로, 평균유효압력이다)와 회전속도의 두개의 요소로 구성되어져 외부로 전달된다. 이 요소들은 일반적으로 별개이다. 엔진은 상용 운전속도에서 반드시 상한치가 주어진다. 그 이유는 왕복동 장치에서는 관성력과 함께 가속되어지면 그 부품과 베어링에 피로를 준다. 상용 운전에서 허용되지 않는 속도는 그 엔진에 직접적으로 나타나는 손상이 없으면 잠시 동안 사용되어 질 수도 있다. 하지만 회전체에서는 허용한계치 이상에서는 원심력 및 관성의 증대로 파괴가 일어난다. 이는 모든 왕복운동이나 회전운동체에 회전속도 상한치를 적용하는 가장 큰 이유가 된다. 선박 기관 설치 기준에 의하면, 주기관용 내연기관에 설치하는 조속기는 연속최대회전수의 115퍼센트를 초과하지 아니하도록 조정된 것이어야 하며, 과속도 방지장치 및 그 구동기구는 조속기와는 독립된 것이고 연속최대회전수의 120퍼센트를 초과하지 아니하도록 조정 되어야한다.[2] 또한 토크의 상한치는 어떤 선박이 운항 시 기관의 강도와 그 밖의 이유 때문에 연속최대출력에 상당하는 값을 넘겨서는 안 된다. 즉 정미평균유효압력(p_{me})이 일정한 상태에서 회전수가 내려간 채로 긴 시간 동안 운전되면 연료 분사량은 일정한데 공기의 양이 줄어들면서 피스톤 크라운이나 실린더 헤드 및 배기밸브 등의 온도가 상승하여 여러 형태의 손상을 초래한다.

3. 부하선도 해석

3.1 추진기 법칙[3]

선박의 추진을 방해하는 마찰저항 R_f 는 저속의 범위에서는 선속 V의 제곱에 비례한다.

$$R_f = C \times V^2 \quad (2)$$

여기서 C는 비례상수로서 선체의 크기, 모양, 상태, 날씨 등에 따라 결정된다. 고정피치 추진기가 추진기관과 직접 연결된 선박의 경우 선속은 추진기의 회전수 n에 비례하므로 추진저항은 추진기의 회전수의 제곱에 비례하고, 추진기에서 발생해야 할 추력도

추진기의 회전수에 비례한다. 따라서 추진기관이 추진기에 전달해야 할 회전력 T의 크기도 회전수의 제곱에 비례한다.

$$T = C \times n^2 \quad (3)$$

선박이 저항을 이겨서 어떤 속도로 전진하기 위해 필요한 동력 P_E 는 선속의 세 제곱에 비례한다.

$$P_E = R_f \times V \quad (4)$$

$$= C \times V^3 \quad (5)$$

따라서 추진 기관이 추진기에 전달해야 할 동력 P_D 도

$$P_D = T \times 2\pi n \quad (6)$$

$$= C \times n^3 \quad (7)$$

와 같이 회전수의 세 제곱에 비례하게 된다. 즉, 추진기의 피치를 변화시킬 수 없는 고정 피치 추진기의 경우 “추진기에 전달해야 할 동력은 추진기의 회전수의 세 제곱에 비례” 한다. 이를 추진기의 법칙(propeller's law)이라 한다.

3.2 부하 선도 내에서 운전점 설정

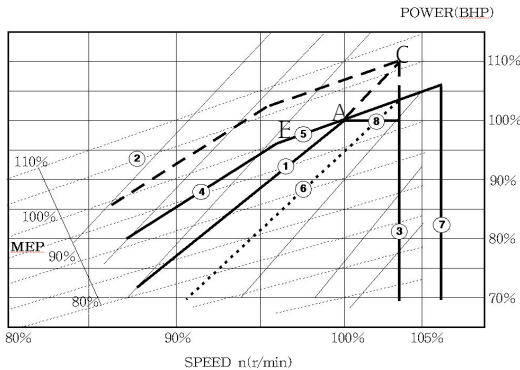


Fig. 1 MAN B&W MC type engine load diagram

3.2.1 기준점

부하 선도는 먼저 기준점(reference point : A)이라고 하는 추진 기관의 연속 운전이 가능한 최대출력(100% 출력)과 최대출력 운전 때의 회전속도(100% 회전수)를 나타내는 점을 선정한다.

3.2.2 회전수 상한선

연속 운전이 가능한 최고 회전수를 나타내는데 기준점 회전수의 103.3%이다. 이 한계는 기관의 비틀림 진동 조건이 허용되는 범위 내에서 기관의 부하선도에 나타낸 연속최대출력의 10%미만의 과부하에 기초를 두고 넘지 않는 범위 내에서는 운전하는 상한선이다. 즉 ① 선의 연장선이 부하 110%와 만나는 지점으로 여기서는 ③을 말한다.

이 범위를 넘어 운전할 시에는 당장 큰 문제는 생기지 않겠지만, 각 회전부에서 발생하는 관성력 및 스트레스로 인하여 베어링에 무리를 주어 보통 허용 이상의 마모를 촉진한다.

3.2.3 출력 상한선

연속 운전이 가능한 최대 출력을 나타내는데 기준점의 동력과 같고, 회전수 범위 100%에서 103% 사이에서 운전할 때만 적용된다. 이 부하선도에서는 100% MCR을 나타내고 있다. 여기서는 ⑧을 말한다.

3.2.4 평균유효압력 상한선

연속 운전이 가능한 최고 평균유효압력(회전력) 하에서의 기관의 동력 특성을 나타내는 직선으로 이 부하 선도에서는 기준점 회전수의 96.7~100% 범위에서 운전할 때 적용된다. 기관을 최고 평균유효압력 하에서 운전한다는 것은 기관 부하가 아주 큰 상태로서 많은 양의 연소용 공기가 필요하기 때문에 기관의 최대 출력점 근처에서만 운전이 허용된다.

여기서는 ⑤가 평균유효압력 상한선을 나타낸다.

3.2.5 회전력(평균유효압력) 제한선

넓은 회전수 범위에서 기관을 운전할 때 기관의 연소 상태가 양호하게 유지되도록 최대 회전력(평균유효압력)을 제한할 필요가 있다. 큰 회전력을 얻기 위해서는 많은 양의 연료를 연소시켜야 하는데 이를 위해 많은 공기가 필요하다. 그런데 적은 회전수 영역에서는 공기의 공급이 부족하여 많은 양의 연료를 연소시킬 때 불완전 연소가 일어나기 쉽다.

평균유효압력은 기관의 강도와 그 밖의 이유 때문에 연속최대출력에 상당하는 값을 넘겨서는 안 된다. 이처럼 평균유효압력 100%의 곡선을 따라 회전수가 내려간 채로 지속적으로 운전이 된다면 피스톤 크라

운의 온도나 실린더 라이너의 온도가 상승하여 피스톤링의 부러짐, 고열에 인한 고착, 라이너의 균열, 이상마모 등 주기관에 심한 손상을 입히게 된다. 그 이유는 연소가스의 온도는 연료 분사량에 비례하고, 또 실린더 내에 공급되는 공기량에 역비례한다. 그런데 평균유효압력이 일정하면 분사되는 연료의 양은 거의 일정하므로, 연소가스의 온도는 실린더 내에 공급되는 공기량에 따라서 정해지는데, 회전수가 내려가면 터보차저 소기의 공급압력이 내려가서 실린더 내에 공급되는 공기량이 줄어들고, 따라서 연소가스의 온도가 상승하게 된다.

또한 실린더 윤활유는 그 엔진의 회전수에 비례하여 윤활공급장치(lubricator)에 의해 공급되어지는데, 회전수가 감소되므로 윤활유 공급이 감소되어 라이너와 피스톤링의 윤활이 원활하지 못하여 마모가 심하게 된다. 이러한 이유로 인하여 운전 제한선이 평균유효압력선을 따라 내려오다가 회전수 96.7% 근처에서 기울기가 평균유효압력(토크)이 적어지는 방향으로 바뀌는 이유가 된다. 이 선도에서는 ④가 된다.

3.2.6 과부하 운전 한계선

가끔 선박의 안전 운항을 위해 추진 기관을 과부하 상태로 운전해야 할 상황에 처할 때도 있다. 운전 가능한 회전수 한계는 기준점 회전수의 103%로 연속 운전의 한계와 같다. 일시적 과부하 상태에서의 최대출력 한계는 기준점 동력의 110%가 과부하 운전의 출력 상한이다. 과부하 운전 상태 즉, 기관의 운전점이 연속 운전의 각 한계선과 과부하 운전의 한계선 사이에 있는 상태는 제한된 시간 동안만 허용되는데 정상 부하 운전 12시간에 과부하 운전 1 시간이 허용된다. 여기서는 굵은 점선에 해당된다.

4. Derating의 정의 및 실시 방법

4.1 Derating의 정의

오늘날 대양을 항해하는 선박의 종류가 다양할 뿐 아니라 그 선박 자체도 여러 가지 운항조건을 갖고 있으므로 선박추진계통의 최적화를 위해 다양한 출력과 회전수의 조합이 요구된다. 이러한 다양한 요구에 부

합되는 기관을 일일이 설계 제작하는 것은 불가능하므로 최근까지 엔진별로 제한된 출력과 회전수의 조합을 제공해 왔다. 그러나 유류파동이후 강력히 대두되는 추진계통 최적화 요구에 따라 1980년대 초부터 엔진모델의 다양화뿐만 아니라 임의 모델자체도 정격 출력 선택의 융통성 개념이 도입되어 실용화 되었다.

소유주가 요구하는 출력과 일치하는 기관을 얻지 못할 경우, 또는 경제적인 이유로 소요출력보다 큰 출력의 기관을 사용하는 경우가 있다.

이러한 경우에는 해당 기관의 출력을 낮추어 사용하는데 이 경우에 기관을 이용마력에 최적화시키게 된다. 이를 derating(정격조정)이라하는데 MCR 자체를 의도적으로 낮추는 행위이다. 이는 연료 소비율을 줄이기 위해서이다. 또 한편으로는 설계 선박에서 요구하는 엔진의 제원을 정확하게 제작이 곤란할시 약간의 여유 있는 엔진을 선택하여 여러 가지 방법을 사용하여 선주와 협의 하에 정격을 조절한다. 그 허용범위는 실제 운전경험과 이에 대한 집중적 연구로 수차에 걸쳐 확장되어 엔진의 신뢰도를 손상시키지 않고도 최대출력의 48%출력 및 72% 회전수까지 확장되고 있다.[4]

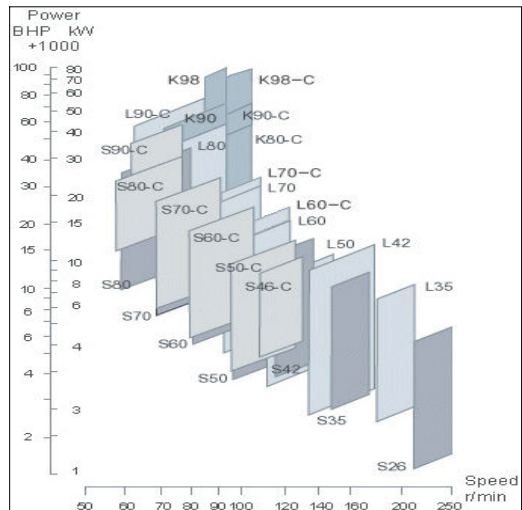


Fig. 2 MAN B&W engine types rating range

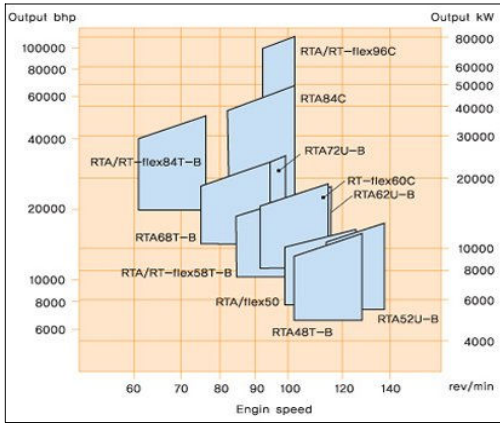


Fig. 3 SULZER engine types rating range

Fig. 2.와 Fig. 3은 현재 대형 저속엔진을 생산하고 있는 대표적인 회사의 각 엔진 모델별로 derating의 범위를 나타낸다.

4.2 Derating의 목적 및 효과

Derating의 목적은 기관의 출력과 평균유효압력을 최대정격치보다 낮게 하는 한편 최고연소압력을 최대정격치와 동일하게 함으로 열효율을 상승시켜 연료소비율이 적은 기관으로 개조하는 것이다.

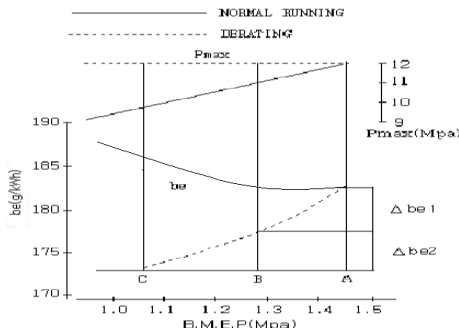


Fig. 4 Derating effect diagram

Fig. 4에서 실선은 최고정격선이 설정된 기관을 프로펠러 커브를 따라 운전한 경우의 일반적인 최고연소압력과 연료소비율의 커브를 나타내고 점선은 derating에 의해 기대되는 연료소비율을 나타낸다.

A는 최대정격치이고 B는 실선의 연료소비율이 최소로 되는 출력, C는 파선의 연료소비율이 최소로 되는 출력이다.

그림에서 알 수 있듯이 A에서 B로의 derating은 대단히 유효하고 대폭적인 연료소비율 감소량인 Δbe_1 이 얻어진다. 한편 B에서 C 사이에는 열효율의 개선 쪽이 기계효율과 선도계수⁺의 악화를 더 개선해주기 때문에 연료소비율이 Δbe_2 만큼 개선된다.

C 이하에서는 위에 설명한 사항들이 크게 악화되어 연료 소비율은 개선되지 않으며 저속 직결 엔진에서는 이것 이외에 회전수 저하에 의한 프로펠러 효율의 향상을 고려할 필요가 있다.

4.3 설계 최대정격과 derating엔진의 비교 [5]

동일 선체에 같은 제원의 엔진을 탑재한 선박 중 한 선박은 설계 최대정격 엔진을 다른 선박은 derating된 엔진을 탑재하여 운항 중이다. 이 두 선박의 공통된 사양 및 주기관의 정격 조절로 인한 프로펠러의 초기 사양, 그리고 운항 중 주기관의 부하별 속도 및 연료소비량의 변화, 1년간 운항 하였을 시 두 선박간의 연료소비량의 차이점을 비교 검토 및 고찰하였다.

두 비교 선박의 공통 제원

선종 : Crude oil carrier

선박 제원 (LBPxBxDxD): 314 m x 58 m x 31 m x 20.9 m

Dead weight : 301,000MT (Displacement : 321,201 MT)

엔진: HYUNDAI B&W 7S80MC (34,650 BHP x 79 RPM)

+ 선도계수 (Diagram factor : f) : 이론적 열효율 η_{th} 는 이론적 pv선도로 표시되는 일을 대상으로 한 것이며 공기와 동일한 비열, 밀도의 완전가스를 동작유체로 하여 도달할 수 있는 한계 사이클의 열효율을 보이므로 실제의 연소가스를 대상으로 한 도시 열효율 η_i 와의 사이에는 열적 손실 때문에 상당한 차이를 보인다. 이와 같이 η_i 와 η_{th} 와의 비를 선도계수 f 라 한다.

Table 1 Comparison of rating and derating ship

비교 대상	정격출력 엔진 선박	Derating 엔진 선박
주 기관 사양	MCR:34,650 BHP x 79 RPM NCR:31,185 BHP x 76.3 RPM	MCR:32,000 BHPx 74 RPM NCR:28,800 BHP x 71.4 RPM
Derating 범위	정격엔진	BHP 92.4 % RPM 93.7 %
프로펠러 사양 비교	TYPE : FIXED BLADE : 4 EA DIA : 9,500 mm PITCH(MEAN) : 6,752.7 mm	TYPE : FIXED BLADE : 4 EA DIA : 9,700 mm PITCH(MEAN) : 7,016.4 mm
부하 별 회전 속도와 연료 소모량 변화 비교	부하 속도 SFOC (%) (rpm) (g/BHP)	부하 속도 SFOC (%) (rpm) (g/BHP)
	45 61.6 129.8	45 56.7 124.5
	50 63.3 129.1	50 58.7 123.7
	55 65.1 128.4	55 60.6 123.1
	60 66.8 127.6	60 62.4 122.6
	65 68.6 126.9	65 64.1 122.2
	70 70.4 126.4	70 65.7 121.9
	75 72.1 126.1	75 67.2 121.7
	80 73.9 126	80 68.7 121.6
	85 75.6 126.2	85 70.1 121.8
	90 77.4 126.4	90 71.4 122.1
	95 79.2 126.8	95 72.7 122.8
	100 80.9 127.5	100 74 123.6

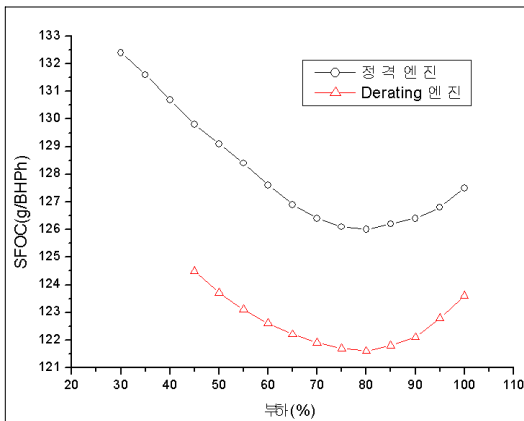


Fig. 5 Compare SFOC according to change load

상기 두 선박의 특징을 비교해 보면 선체의 조건은 동일하지만 엔진의 정격을 부하는 92.4% 속도는 93.7%를 derating 하였다. Fig. 5에서는 80% 부하에서 연료 소비율을 비교했을 때 정격 조정된 엔진이 약 4.4 g/BHP 연료소비율이 감소함을 보여주고 있다. 또한 회전수 저하로 인하여 프로펠러의 직경이 커지면서 그에 따른 효과로 피치가 증가되어 프로펠러 효

율이 증대됨을 알 수 있다. 선속은 약간 떨어지나 연간 연료소비량은 6,000시간 운전 및 90% 부하로 운전할 시 약 2,551톤의 연료 절감 효과가 있다.

4.5 Derating의 방법 [6]

일반적으로 정격조정에는 다음과 같은 세 가지 유형이 있다.

(가) 회전수는 원래의 정격으로 유지하고 평균유효압력만을 낮추어 출력을 내리는 경우

그림에서는 C의 경우로서, R1에서 R2로 조정의 결과를 보여준다. R1과 R2의 비교 대상에 대하여 고찰하면, 평균유효압력의 조정이 크다는 것을 알 수 있다. 그와 동시에 연료소비율도 적어짐을 알 수 있다. 이 방법은 연료소비율을 줄이는 방법이다. 이 경우에는 연료소비율을 낮추는 동시에 유지관리비를 낮추게 된다. 연료소비율의 감소가 크고 평균유효압력, 따라서 최고폭발압력이 낮추어지므로 고장률은 낮아져서 유지관리비가 저감된다. 프로펠러의 직경은 작아지나 회전수가 빨라짐을 뜻한다.

(나) 평균유효압력은 그대로 두고 회전수를 낮추는 경우

그림에서는 A의 경우로서, R1에서 R3로의 조정을 뜻한다. 회전수는 낮아지나 오히려 출력은 R2에 비하여 R3가 증가되고 평균유효압력도 높아지고, 출력과 관련된 연료소비율도 증가됨을 알 수 있다. 이 경우에는 연료소비율의 저감률은 크지 않으나 프로펠러의 직경이 커진 것에 비해 회전수가 낮추어지므로 추진 효율이 향상되어 결과적으로 총 연료소비율은 낮추어진다. 최고폭발압력은 그대로이기 때문에 유지관리비의 저감은 기대하기 어렵다.

(다) 위의 두 가지 경우를 절충하는 경우

그림에서는 B의 경우로서, R1에서 R4로 조정을 뜻한다. 이는 R1에서 R3로 조정 후 다시 R1에서 R2의 방식을 도입하여 R3에서 R4로 조정을 한 것이다. 두 가지(회전수와 평균유효압력) 방식을 모두 사용하여 최종 정격은 같으나 R2에 비하여 평균유효압력과 연료소비율이 높다. 그 대신 프로펠러 직경이 커지고 회전수는 적은 경우이다. 기관의 회전수와 평균유효압력을 낮추어 양자로부터 얻는 이점을 모두 취하고자 하는 방법으로서 회전수와 평균유효압력을 최적의 상

태로 조절하여 소요마력을 얻는다.

이와 같이 출력의 조절은 프로펠러의 효율과 매우 밀접한 관계가 있으므로 프로펠러의 형상과 크기에 따라 어떤 형태로 정격이 조절될 것인지, 그리고 엔진을 운전하면서 소요되는 비용을 고려하여 가장 적절한 방법이 이용될 것이다.

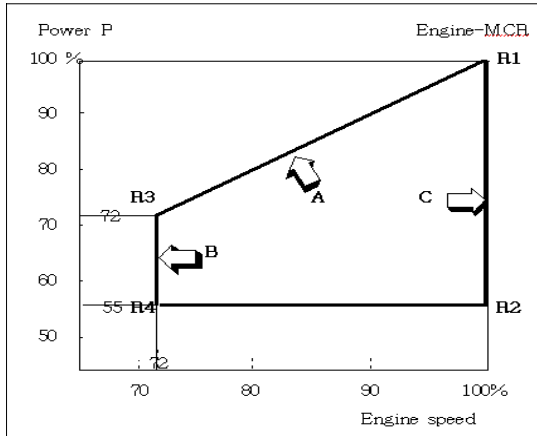


Fig. 8 Derating range and method

4.6 Derating시의 장점 및 단점[7]

4.6.1 장점

- 1) 선택된 정격출력의 연소최고압력은 그 엔진모델 공칭정격출력의 최고압력과 동일한 값을 유지하므로 계약 정격출력이 공칭정격출력보다 낮게 선택될 경우 전체부하 범위에 걸쳐 더욱 낮은 연료소비율이 기대된다. 최고연소압력과 평균유효압력의 비율 (P_{max}/P_{me})이 증가 될수록 연료소비율이 낮아지기 때문이다.
- 2) 계약정격출력이 그 엔진모델의 공칭정격출력보다 낮을 경우 출력의 잠재력이 있으므로 장래 선체의 노령화 또는 용도변경에 대해 출력 및 회전수의 증감 잠재력을 쉽게 이용할 수 있다. 이러한 경우 엔진 자체의 구조 변경 없이 열역학적 최적화(압축비 변경, 연료분사시기 조정, 배기 및 소기시기 조정, 과급기 최적화 등)만에 의해서도 변경된 정격출력으로 손쉽게 엔진을 최적화 시킬 수 있다.
- 3) 엔진 제작자 측에서 볼 때 단일 엔진 모델의 출력

융통성이 커지므로, 넓은 범위에 걸쳐 보다 적은 연소실 직경단계를 가질 수 있고, 또 표준화시킬 수 있으므로 엔진의 설계 및 제작단가를 줄일 수 있으며 예비품의 호환성에도 유리하다.

4) 주어진 선체조건하에서 엔진을 저속화 시키면서 프로펠러를 대형화시킴으로서 추진효율을 증대시킬 수 있다.

5) 엔진이 계약정격출력에 비하여 튼튼하여 과부하의 환경에 노출되어도 손상의 정도가 적다.

4.6.2 단점

- 1) Derating된 기관은 계약정격출력보다 더 많은 출력을 갖는 기관이기 때문에 크고 무거우며 가격도 그만큼 고가이다.
- 2) 그 엔진에 해당하는 부속 보기도 크게 되므로 초기 투자와 운전 관리비용이 증가하게 된다.
- 3) 엔진 설정 시보다 운영비에 해당되는 요소들의(연료비, 윤활유비등) 가격이 내려갈 때는 오히려 계획을 수립했던 기간 내에 비용 회수가 불가할 경우가 있다.
- 4) 엔진의 증가된 무게만큼 화물을 실을 수 있는 능력이 저하되어 운송 수입이 줄어든다.

5. 결론

Derated 엔진에 관하여 선박에서 사용되어지는 대표적인 제작사 2곳을 선정하여 주기관으로 사용되는 전종의 엔진 정격범위를 회전속도, 부하, 평균유효압력, 연료소비율별로 분류 및 그 결과를 분석, 고찰하였다. 그리고 대형 선사에서 운항중인 전 선박의 주기관을 모델엔진의 정격과 현재 사용 중인 정격을 비교 분석, 고찰한 결과는 다음과 같다.

- (1) 엔진의 정격을 조정하는 목적은 선주가 요구하는 선체에 부합되는 적절한 주기관이 없을시, 그 선박에서 요구되는 출력보다 큰 용량의 엔진을 여러 가지 방법을 채택하여 정격을 맞추어 주었다. 하지만 이러한 방법은 주기관의 종류가 많이 없을 때 이용되었고, 현재는 많은 모델의 주기관이 개발되어 특별한 경우를 제외하고는 선주가 요구하는 주기관을 공급할 수 있

다.

(2) 두 번에 걸쳐 붙어닥친 연료유 파동이 높은 열효율의 기관 제작을 요구하였고, 그 결과로 연료 소비율이 많이 개선되었다. 운항비 중에 연료가 차지하는 비율이 80%가 넘어가는 고유가 시대에는 의도적으로 주기관의 derating을 적극적으로 시도하였던 시기가 있었다. 하지만 이 또한 다양한 엔진이 제작되면서 지금은 거의 시행되지 않고 있다.

(3) 대형 선사의 전 선박들 조사한 결과 derating된 배는 60% 정도였다. 이 수치가 시사하는 바는 두 가지의 경우를 동시에 포함하고 있다. 첫째는 엔진 제작사와 선주와의 의견이 합일되어 초기 과투자비용을 운항비용에서 회수가 가능할 때 derating을 할 경우이다. 두 번째는 선주가 요구하는 정격의 엔진이 존재하지 않을시 조금 넓은 범위의 정격 엔진을 derating할 경우이다. 첫 번째의 경우는 derating 엔진의 약 15% 정도에 불과하고 나머지는 적은 범위에 걸쳐서 정격이 조정된 경우가 많다.

(4) 차세대의 주력 주기관이 될 전자제어 엔진의 정격범위도 캠축 제어엔진과 차이는 없지만, 작은 범위의 정격조정은 연료유의 분사시기, 분사량 등을 손쉽게 조절할 수 있기 때문에 연료 펌프나, 노즐 등의 복잡한 장치를 변경하지 않고도 간단하게 이루어질 수 있으리라 사료된다.

(5) 엔진을 사용하는 관리자는 정격의 결정에 관여하지 않으므로, 그 엔진의 성능을 무시하고 운항하여 기관 손상을 초래하는 사고가 잦은 것이 사실이다. 더욱 더 효율적으로 엔진을 운전하기 위해 선박에 주어지는 부하선도에 대한 정확한 해석을 할 수 있는 능력을 갖추는 것이 매우 중요하다.

(6) 두 엔진 제작사의 derating의 범위와 형태가 다름을 알 수 있었다. MAN B&W 엔진에서는 회전수는 72%까지, 부하는 48%까지이고 SULZER엔진은 회전수는 80%, 부하는 70%까지 였다.

(7) Derating시 사용하는 방법으로는 회전수, 평균 유효압력을 변경하는 방법을 사용하고 있고, 그의 방법으로는 소기압력 조정, 압축심 조정, 배기 타이밍 조정, 연료 펌프/연료밸브 크기 조정, 터보차저 변경 등이 이용된다.

참고문헌

- [1] MAN B&W Diesel Marine Engine Programme, 2004.
- [2] 선박기관기준 개정. p.19, 해양수산부고시 2004-67호, 2004.10.19.
- [3] 임상전 역, 선박설계, 문운당, p.247, 1996.
- [4] MAN B&W Diesel course, p.13, 1996.
- [5] Result of sea trial for MILLENNIUM(1998), UNIVERSAL BRAVE(1997), 현대상선.
- [6] 최재성, 전효중, 내연기관강의, 효성출판사. P.72, 2004.
- [7] 전효중, 이강기 외 5, 내연기관Ⅲ, pp.23-25, p.33.