

Main Engine Turbocharger Cut-Out System 실선 적용 사례

조인영^{1,†} · 이동엽¹ · 김영건¹
삼성중공업¹

Application of Main Engine Turbocharger Cut-Out System Onboard a Vessel

InYoung Cho^{1,†} · Dong-Yeub Lee¹ · YoungKeon Kim¹
Samsung Heavy Industries¹

Abstract

As the increase of the fuel oil price, the demand for saving of the ship running cost is growing. To meet the needs of the shipowners, the method for low load operation has been developed by engine licensor. As one of low load operation, the turbocharger cut-out system can be utilized flexibly both full and part load operation. It can be possible to optimize fuel consumption at both full and part load operation. Tests by engine licensor with 12K98MC engine have proven that the fuel oil consumption can be reduced approximately 5%. In this paper we will study the application of main engine turbocharger cut-out system onboard a vessel. One of four turbochargers with MAN Diesel & Turbo 12K98MC-C and 12K98ME-C engine is cut out with swing gate valve. The fuel oil consumption is measured during sea trial and engine shop test.

Keywords : Turbocharger cut-out system, Low load operation, Specific fuel oil consumption, Swing gate valve

1. 서론

고유가 시대가 계속되는 가운데 국제 유가의 지속적인 상승은 연료비가 주를 이루는 선박 운행 비용의 상승으로도 이어지고 있다. 각 선사들은 생존 전략으로서 선박 운행 비용의 절감 노력이 계속되고 있다.

Main Engine Power 감소폭에 비해 선박 속도 감소폭은 적다는 사실에 착안한 Main Engine Low Load Operation을 통한 연료비 절감에 대한 관심이 대두되었다. 선박엔진기술사에 의해 Main Engine Low Load Operation을 위해 하기와 같은 다양한 방법들이 개발되었다.

- VTA system
- Turbocharger Cut-Out
- Exhaust Gas By-Pass
- Cylinder Cut-Out
- Low-Load Mode on Electrically Controlled Engine

본 논문에서 살펴보고자 하는 Turbocharger Cut-Out System은 Normal Operation Mode와 Low Load Operation Mode 간의 전환이 손쉬우며, 연료소비율의 감소 효과뿐만 아니라 CO₂ 배출량 또한 감소되는 부수적인 효과 또한 기대되고 있어 국제적으로 대두되고 있는 대기 환경 오염 방지에도 이점이 있을 것으로 기대되는 방식이다. 이에 각 선사에서 관심을 갖고 적용을 시도하

고 있으며, 그 결과에 대해 이목을 집중하고 있다.

본 논문에서는 Turbocharger Cut-Out System의 적용 방식과 적용 시 예상되는 효과 및 실제 선박에 적용한 사례에 대해서 소개하고자 한다.

2. Turbocharger Cut-Out System

2.1 Turbocharger Cut-Out System 적용 원리

Main Engine Low Load Operation을 위해 개발된 다양한 방법 중 Turbocharger Cut-Out System은 일반적으로 2대 이상의 Turbocharger가 적용된 Engine에서 적용된다. Turbocharger 1대를 Cut-Out하여 나머지 Turbocharger의 Speed가 증가됨으로써 Scavenge Air Pressure를 증가(MAN Diesel & Turbo 자료 기준 20~30%)되도록 한다. 증가된 Scavenge Air Pressure는 Cylinder 내의 Maximum Combustion Pressure를 Normal Operation 시 보다 증가되도록 한다. 증가된 Maximum Combustion Pressure는 연소 효율 증대와 연소 온도의 최적화로 이어지며 이는 Specific Fuel Oil Consumption의 감소로 이어지게 된다.

Turbocharger Cut-Out System은 Engine 내부 Component의 추가적인 수정 없이 Turbocharger In/Outlet Connection만을 차단하는 방식이다. 해당 Turbocharger에서의 Exhaust Gas 유입과

[†] 교신저자 : inyoung.cho@samsung.com, 055-630-3582

Scavenge Air의 배출을 막아 Turbocharger의 동작을 멈추게 된다. 따라서 Turbocharger Cut-Out System은 선박의 운항 경로 및 조건에 따라 Normal Operation Mode(Full Load Operation)와 Turbocharger Cut-Out Operation Mode(Part Load Operation)간의 전환이 손쉽다는 장점을 가지고 있다. 반면 Engine에 적용된 Turbocharger의 수량에 따라 Turbocharger Cut-Out Operation Mode로 운항할 수 있는 최대 Engine Operation Load의 제한을 받는다는 단점이 있다.

2.2 Turbocharger Cut-Out System 적용 방식

Turbocharger Cut-Out System 적용 방식은 Blind Flange와 Valve를 이용한 두 가지 방법으로 구분할 수 있다.

Blind Flange를 이용한 방식은 Blind Flange로 Turbocharger의 In/Outlet의 Exhaust Gas의 흐름을 막는 방법이다. Blind Flange 외에 추가 요구되는 장치가 없어 적용 비용은 저렴하나 Engine 정지 시에만 Blind Flange의 설치 및 제거가 가능하여 Normal Operation Mode와 Turbocharger Cut-Out Operation Mode 간의 전환이 번거로우며 Engine Operation Mode 전환에 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

Valve를 이용한 방식은 Turbocharger의 In/Outlet에 Valve를 설치하는 방식이다. Engine Licenser인 MAN Diesel & Turbo에서는 Pneumatic Valve(Fig.1 Swing Gate Valve)를 이용하여 Turbocharger Cut-Out System을 적용하고 있다. Wartsila에서는 Valve Type만 달리하여 Butterfly Valve를 이용한다. Valve를 열고 닫음으로 Normal Operation Mode와 Turbocharger Cut-Out Operation Mode 간에 전환한다는 점에서 두 Engine Licenser 간의 적용 원리는 동일함을 알 수 있다.

Valve 이용 방식은 설치되어 있는 Valve를 열고 닫는 것만으로도 Engine Operating Mode 간의 전환이 가능하여 전환이 비교적 순쉬우며 Engine이 정지상태가 아니더라도 Valve를 조작하여 Engine Operation Mode 전환이 가능하여 전환에 소요되는 시간이 적다는 장점이 있다. 반면에 추가되는 Valve의 가격이 고가이며, Valve의 조작을 위해 Engine 내부에 별도의 Line 추가가 불가피하여 초기 적용 비용이 고가인 단점이 있다.

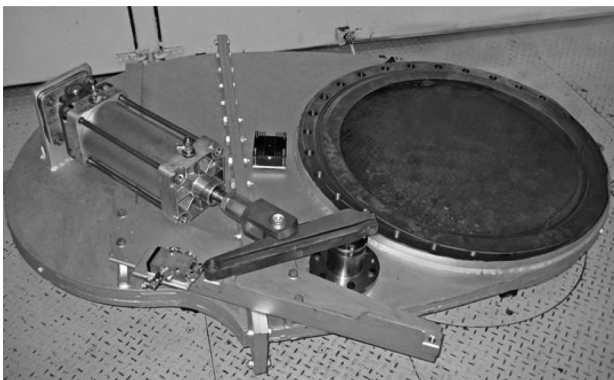


Fig. 1 Swing gate valve

2.3 Turbocharger Cut-Out System 적용 예상 효과

Turbocharger Cut-Out System을 적용하였을 때 기대되는 효과는 Specific Fuel Oil Consumption 감소이다.

Fig. 2와 같이 MAN Diesel & Turbo의 자료에 따르면 Normal Operation(standard) 시 Specific Fuel Oil Consumption 대비 Turbocharger Cut-Out System으로 운항 가능한 전 Load에 걸쳐 Specific Fuel Oil Consumption이 감소됨을 확인할 수 있다. 4대의 Turbocharger 중 1대를 Cut-Out 했을 때, 25%, 50% Engine Load에서 각 7, 5g/kW.h의 Specific Fuel Oil Consumption 감소되며, 3대 중 1대를 Cut-Out 했을 때에는 25%, 50% Engine Load에서 각 5, 3g/kW.h의 Specific Fuel Oil Consumption 감소하는 것으로 확인되었다.

그 외 부수적인 효과로서 Cylinder 내의 연소 온도의 최적화로 Main Engine Exhaust Gas 내의 CO₂ 농도가 3%가량 감소되는 것으로 기대된다. 반면, NO_x의 농도는 약간 증가하는 것으로 확인되고 있다

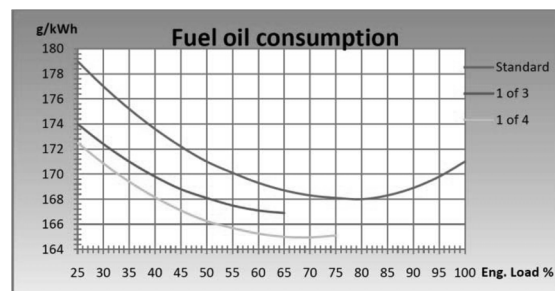


Fig. 2 Fuel oil consumption versus engine load

3. 실선 적용 사례

당사에서 건조 중인 14,100TEU Container Ship에 Turbocharger Cut-Out System을 적용한 사례를 소개하고자 한다.

MAN Diesel & Turbo 12K98MC-C 및 12K98ME-C Engine이 적용된 선박에 대해서 4대의 Turbocharger 중 1대에 Swing Gate Valve를 이용하여 Turbocharger Cut-Out System을 적용하였다 (Fig. 3).

3.1 12K98MC-C Engine 적용 사례

Table 1은 해당 선박의 Engine Shop Test의 Normal Operation Mode 시 Specific Fuel Oil Consumption 계측 결과와 Sea Trial의 Turbocharger Cut-Out Operation Mode 시 Specific Fuel Oil Consumption을 계측한 결과이다. 각 25%, 50% Engine Load에서 각 30분씩 계측하였으며, 비교를 위해 ISO Condition으로 변환하였다.

Engine Shop Test의 Normal Operation Mode 시의 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값 대비 Sea Trial의 Turbocharger



Fig. 3 Installation of swing gate valve onboard a vessel

Table 1 Actual measurement of Specific Fuel Oil Consumption I (12K98MC-C, ISO Condition)

Condition	25% MCR	50% MCR
Normal(Shop Test)	194.34 g/kW.h	182.52 g/kW.h
T/C Cut-out(Sea Trial)	190.22 g/kW.h	179.12 g/kW.h
Difference	-4.12 g/kW.h	-3.40 g/kW.h

Cut-Out Operation Mode가 적용된 Specific Fuel Oil Consumption의 계측 값이 각 4.12, 3.40g/kW.h씩 감소한 것을 확인할 수 있다. 통상 Sea Trial에서 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값이 Engine Shop Test에서 계측한 값보다 많이 나오는 점을 감안할 때, Sea Trial 시의 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값을 서로 비교하였다면 그 감소량은 더 크게 나타날 것으로 예상된다.

추가로 동일 시리즈 선박의 Engine Shop Test에서의 Specific Fuel Oil Consumption 계측 결과가 있어 소개하고자 한다.

Table 2는 동일 Type인 12K98MC-C Engine의 Engine Shop Test에서의 계측 결과이다. 각 Engine Operation Mode에서 동일하게 25%, 50% Engine Load에서 각 30분씩 계측한 결과를 ISO Condition으로 변환하였다. Normal Operation Mode 대비 Turbocharger Cut-Out Operation Mode 적용 시에 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값은 각 2.40, 5.35g/kW.h씩 감소한 것을 확인할 수 있다.

Table 2 Actual measurement of Specific Fuel Oil Consumption II (12K98MC-C, ISO Condition)

Condition	25% MCR	50% MCR
Normal(Shop Test)	184.25 g/kW.h	177.82 g/kW.h
T/C Cut-out(Shop Test)	181.85 g/kW.h	172.47 g/kW.h
Difference	-2.40 g/kW.h	-5.35 g/kW.h

3.2 12K98ME-C Engine 적용 사례

Table 3은 동일 선형의 선박에 12K98ME-C Engine을 적용하였을 때 Engine Shop Test에서의 계측 결과이다. Table 2의 Engine과 동일하게 각 Engine Operation Mode에서 각 25%, 50% Engine Load에서 30분씩 계측한 결과를 ISO Condition으로 변환하였다.

이때 Normal Operation Mode 대비 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값은 각 8.92, 3.65g/kW.h 감소된다. 25% Load에서의 Specific Fuel Oil Consumption 계측 값은 Normal Operation Mode 시의 계측 값의 5% 수준으로 현저히 감소됨을 확인할 수 있다.

Table 3 Actual measurement of Specific Fuel Oil Consumption III (12K98ME-C, ISO Condition)

Condition	25% MCR	50% MCR
Normal(Shop Test)	185.26 g/kW.h	176.81 g/kW.h
T/C Cut-out(Shop Test)	176.34 g/kW.h	173.16 g/kW.h
Difference	-8.92 g/kW.h	-3.65 g/kW.h

4. 결론

Turbocharger Cut-Out Operation Mode로 Engine 구동 후 Specific Fuel Oil Consumption 측정 결과들로 미루어 상기 선박을 Main Engine 50% Load로 연 280일 운항 시 선박 유류비의 절감 효과는 한화로 약 9억 원('11.04 Brent oil 기준)에 달할 것으로 예상된다.

국제 유가의 가파른 상승으로 고유가 시대가 계속되어 선박 운행 비용 절감에 대한 관심이 높아지고 있는 현 상황에서 Turbocharger Cut-Out System은 앞으로도 선사에서 높은 관심을 가지고 적용을 시도할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

A.P. Moller-Maersk, MAN Diesel & Turbo, 2010. *Lower ship speed within certifications.* : Green Ship Magazine
 MAN Diesel & Turbo, 2010. Press Release MAN Diesel & Turbo, *Reducing fuel oil consumption with retrofit - Turbocharger cut-out retrofit solution attracts massive interest from shipowners after proof-of-concept.*
 MAN Diesel & Turbo, 2009. Press Release MAN Diesel & Turbo, *Turbocharger Cut-off System Benefits Engine Performance.*

