

2. 특집기사

전기추진선박의 최근 동향

The Latest Technology of Electric Propulsion Ship



남택근

Taek-Kun Nam

- 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수
- E mail : tknam@mmu.ac.kr

1. 머리말

육상의 자동차업계에서 불고 있는 '하이브리드(hybrid)' 열풍이 선박업계에도 불어오고 있다. 자동차에서 전기와 휘발유를 동시에 사용하는 것과 마찬가지로 선박에서도 디젤엔진을 이용한 발전과 발생된 전기를 이용하여 추진력을 얻는 방식을 적극 도입하고 있는 것이다.

종래의 기계식 추진방식에 비해 전기를 이용하는 추진방식은 기계장치를 줄임으로써 상대적으로 화물적재공간을 늘릴 수 있다는 것과 기존의 스팀터빈 및 디젤엔진에 비해 열효율을 향상시킬 수 있다는 것을 큰 장점으로 들고 있다. 아울러 NO_x 등을 포함한 유해 배기량을 대폭 줄일 수 있다는 점은 환경친화 측면에서도 각광을 받고 있다. 본 원고에서는 고효율, 친환경 DF (Dual-Fuel) 엔진을 이용한 전기추진 선박과 선회식 전기추진선박에 대한 최근의 동향을 소개하고자 한다.

2. 전기추진선박

2.1 DF(Dual-Fuel) 엔진을 이용한 전기추진선박

최근, 프랑스 GdF(Gaz de France)소속 74,000톤급 LNG운반선에 5,700kW급 바르질라(Wärtsilä) DF엔진을 탑재한 22.8 MW 출력의 디젤·전기 추진방식이 도입되었다. 그림 1은 GdF 소속의 디젤·전기 추진 LNG운반선이다.

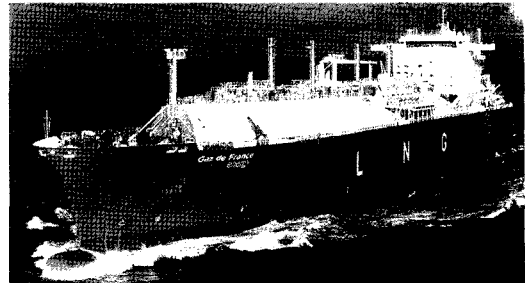


그림 1. GdF 소속의 디젤전기 추진 LNG운반선

DF엔진은 LNG에서 자연증발하는 가스와 디젤 오일을 같이 사용한다는 의미에서 붙여진 명칭이다. 프랑스에서 건조된 이 선박은 전 세계 LNG의 대표적인 공급국인 알제리와 프랑스 사이의 LNG를 운반하기 위한 것이다. 이 선박의 LNG카고는 멤브레인형 탱크로써 프랑스의 대표적인 기술이 반영된 것이기도 하다.

상선에서도 점차 호평을 받아가고 있는 전기추진선박은 기기설치공간을 절약하여 적화공간(cargo space)을 늘릴 수 있고 유지보수가 간단하며 다양한 용도에 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 아울러 바르질라사에서 강조하는 DF 방식엔진의 장점은 자연 증발하는 LNG를 활용할 수 있고, 기존의 스팀터빈 선박과 디젤엔진 선박에 비해 대폭 열효율을 향상시킬 수 있다는 것이다.

또한 천연가스의 사용은 CO₂ 배출량을 줄일 수 있고 일반적인 디젤엔진에 비해 유해물질인 NO_x 방출량이 1/10정도의 수준으로 감소된다는 것이다.

최근 취향한 GdF소속의 22.8MW 디젤·전기추진선박은 바르질라사의 5,700kW 6기통 50DF 엔진 4대가 Alstom사의 7,125kVA 교류발전기를 514rpm으로 구동한다.

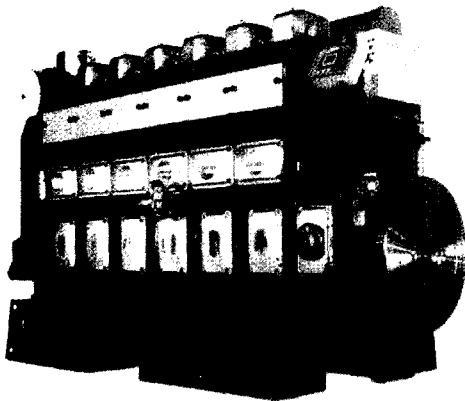


그림 2. Wartsila 50DF 엔진(6실린더)

그림 2는 바르질라사의 50DF 엔진을 나타내고 있다. 이 엔진은 실린더 직경이 500mm, 행정이 580mm이고 각각 500rpm과 514rpm으로(발생전원 50Hz와 60Hz) 한 개의 실린더 당 최대연속출력 950kW를 발생시킨다. 엔진 실린더는

V12, V16, V18 형태로 구성되어 최대 17.1MW의 출력을 낼 수 있다.

DF엔진은 크게 가스모드와 디젤모드로 분리된다. 가스모드에서 연료는 엔진 흡입측에서 5 bar 이하의 낮은 압력으로 공급된다. 가스는 흡입행정 기간동안 각 실린더의 공기 흡입통로를 통해 공급되고 연소실내에서 공기와 가스의 혼합물을 생성하게 된다. 한편 점화효율을 높이기 위해 연소실내로 적은양의 디젤오일이 파일롯트연료(pilot fuel)로써 분사되게 된다. 이후의 연소과정은 종래의 압축착화를 행하는 디젤엔진과 같다.

분사과정에 있어서는 '마이크로-파일롯트(Micro-pilot)'분사가 적용되고, 정상부하상태에서 전체 연료에너지의 1%이하의 파일롯트연료가 필요하게 된다. 전기제어시스템은 각 실린더가 노킹과 점화실패를 최소화 할 수 있도록 파일롯트 분사시스템과 공기-가스 비율을 조절하게 된다. 이 기능은 가스모드에서 다양하게 변화되는 주변 조건으로부터 엔진을 신뢰성 있게 운전할 수 있는 핵심요소 기술이 된다.

파일롯트 연료는 커먼레일시스템(common rail system)에 의해서 공급되게 되는데, 각 엔진에 장착된 고압펌프에 의해 연료유는 각각의 분사밸브에 900bar 정도의 일정한 압력으로 공급된다.

가스모드로 구동될 때의 엔진은 가스공급이 차단되거나 구성품의 고장에 대비해서 언제든지 디젤모드로 전환이 가능하여야 한다. 이 전환은 수 초 이내로 가능하여야 하고 엔진의 속도와 부하에 아무런 영향을 미치지 않아야 한다.

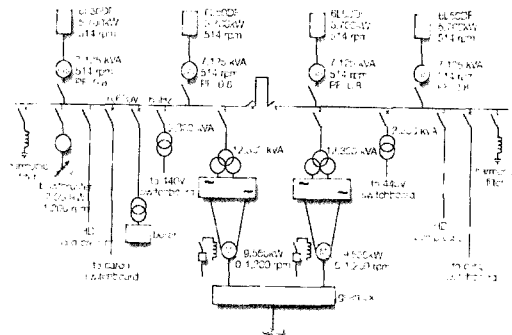


그림 3. 전력발생 및 배전 계통도

디젤모드에서의 엔진작동은 일반적인 디젤엔진의 원리와 같다. 가스의 유입은 허용되지 않지만 파일로트 연료유 라인엔 엔진이 가스모드로 전환될때 정상적으로 움직일 수 있도록 그 기능이 지속되게 된다. 디젤모드로부터 가스모드로의 전환은 가스-디젤 모드 전환에 비해 점진적으로 진행된다. 즉, 유입되는 가스양을 점차로 늘리면서 디젤유의 공급을 점차로 줄여나가는 방식이다.

전기적 출력은 4대의 발전기로부터 2대의 9,550kW 동기추진모터(Alstom사)에 전달되고, 두개의 입력으로부터 하나의 출력을 내는 2단 기어박스(Renk HDSII-4000)를 통해 최종적으로 고정익피치프로펠러에 전달되게 된다. 그림 3은 발전계통과 배전계통을 나타내고 있다.

그림 4는 두개의 추진모터와 FPP(Fixed Pitch Propeller)와의 기어 연결을 나타낸 것이다. 두 개의 모터는 4m 떨어져 있고 기어를 통해 ±1,200 rpm으로부터 프로펠러 축 상에서는 ±104rpm로 감속을 하게 된다. 그림. 5는 실제 LNG운반선에 적용된 Renk사의 기어박스를 나타내고 있다.

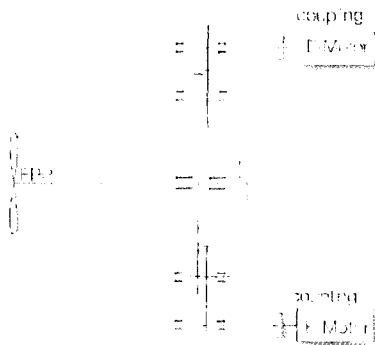


그림 4. 추진모터와 FPP와의 기어 연결



그림 5. LNG운반선의 Renk기어박스 외관

각 전동기는 추진제어계통과 모니터링 시스템에 의해 제어되는 전력변환싱크로 컨버터(Alstom사)에 의해 운전된다. 그 구성은 일반적인 Alstom사의 전기추진장치와 유사하여 6.6kV/60Hz로부터 강압기를 통해 일반 선내기기에 전력을 공급하거나 440V 배전반에 전원을 공급한다. 또한 2,000kW/1,200rpm 바우트러스트(bowthruster)와 가스압축기에 전원을 공급하게 된다. 그림. 6은 Alstom사의 전력변환용 싱크로 컨버터를 나타내고 있다.

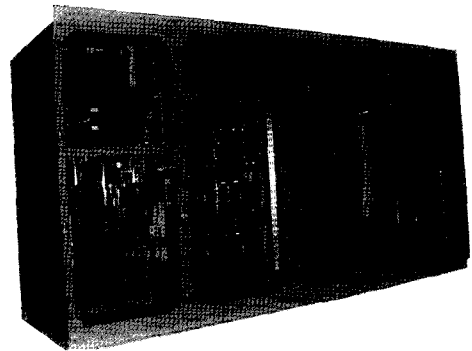


그림 6. GdFC에 설치된 싱크로컨버터(Alstom사)

DF 디젤·전기 추진선박에 있어서 운영의 유연성은 3개의 발전기 세트로 16 노트의 운항속도를 낼 수 있고 4개를 동시에 운전하여 18.5노트의 속도를 얻을 수 있다는 것이다. 하루당 엔진에 소모되는 연료유는 72.6톤의 가스와 0.84톤의 디젤유(파일로트연료)가 예상된다.

많은 DF엔진들이 실제 선박에 적용되고 있다. 실제 내년에 취항할 GdF 및 Cahntiers de l'Atlantique사의 15만 3천5백톤급의 LNG운반선에 세 대의 V12 + 한 대의 6실린더 50DF엔진이 장착되어 39.9MW의 출력을 내게 된다.

우리나라에서도 현대중공업이 최근 영국의 BP 선사로부터 수주한 15만5천톤급의 LNG 운반선에 DF디젤·전기 추진방식을 도입하였다. 두 대의 V12 + 두 대의 9실린더 50DF 엔진을 채용하여 39.9MW의 출력이 얻어지게 된다.

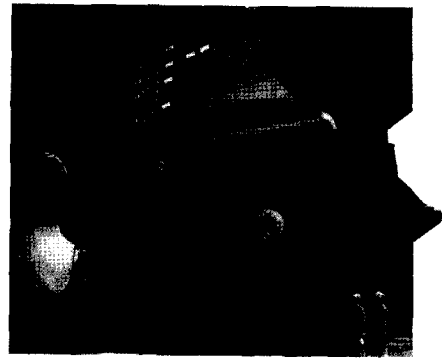
20만톤의 LNG 운반선의 경우 4대의 V12엔진 + 두 대의 6실린더 50DF엔진으로 운용될 수 있다.

DF디젤·전기추진방식은 환경친화, 유지보수, 연료유 사용의 유연성, 운용경제성 등의 측면에서 뛰어난 장점을 가지고 있다고 한다. 한편, 내년 8월 이후 부터는 '디젤모드'에서 중유를 사용할 수 있도록 하여 연료유 사용의 유연성을 더욱 극대화하고 가스화 액화연료의 가격이 급변하는 경우에도 운용경비를 최소화할 수 있도록 한다는 것이다.

미래의 디젤·전기 LNG운반선은 발전기일체를 주갑판상에 설치할 수 있다는 것이다. 이로 인해 추진용 전동기, 해수 흡입관 및 관련 펌프, 빌지와 발라스트 시스템 등만이 기관실에 필요하게 된다. 공간상의 절약 및 LNG 적재공간의 증대는 물론 통풍, 화염차단 및 소화, 대피로 등이 단순화되는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

2.2 선회식 전기추진선박

선회식 전기추진 선박이란 고회력 전동기를 추진시스템에 적용한 기술로 선회장치(pod)에 고회력 전동기를 배치하여 선체의외부에 설치하는 새로운 개념의 선박이다. 종래의 기계식 추진 방식(디젤엔진에서 직접 축 동력을 발생 시켜 선박을 추진)에 비해 전동기 및 Pod(선회장치)에 의해 조종되는 선박인 것이다. 그림 7은 선회식 전기추진 시스템의 개요를 나타내고 있다. 그림 7 (a)는 선회식 전기 추진 시스템의 개요를 나타낸 것이고 (b)는 실제 선회식 전기추진선박의 전동기 및 프로펠러를 나타내고 있다.



(b)

그림 7. 선회식 전기 추진 시스템

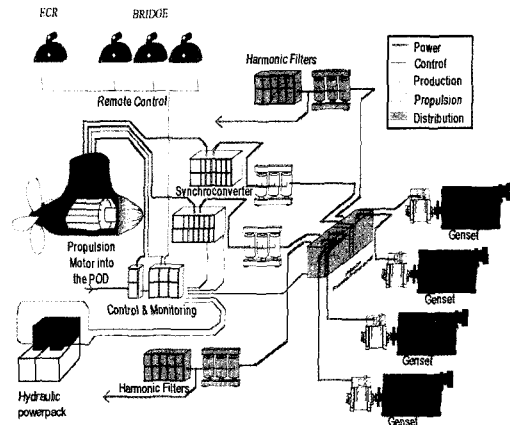


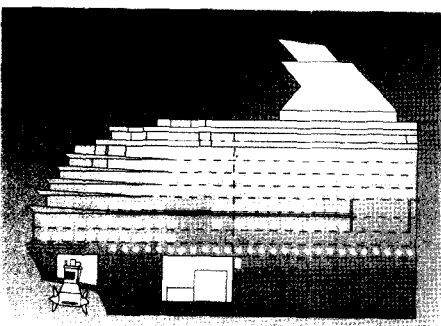
그림 8. 선회식 전기 추진 시스템의 구성

선회식 전기 추진 시스템은 그림 8과 같이 발전기를 구동하기 위한 엔진, 전원공급을 위한 발전기, 전동기 제어를 위한 싱크로컨버터 및 Pod형 추진장치로 구성되어 있다.

선회식 전기추진선박의 장점으로는 추진 및 선회장치의 회전에 의해 선박조종이 가능하므로 조종성능향상을 기대할 수 있다는 것이다. 아울러 엔진과 추진전동기가 공간적으로 분리되어있고 케이블로 동력을 공급하기 때문에 선박 부품의 배치가 매우 용이하다는 점을 들 수 있다.

또한 동력전달 축계가 없으므로 소음과 진동의 감소효과를 얻을 수 있다.

그림 9는 현재 운행 중인 전기추진선박 Elation 호 (Carnival Cruise Lines 社)의 선회반경 시험결과를 나타내고 있는 것이다.



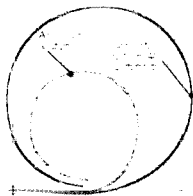
(a)

Elation호는 14MW급의 추진전동기 2대를 사용하고 있으며, 종래의 축계 및 타를 이용한 경우에 비해 선회반경을 약 1/2 정도로 감소시켜 선박의 안전성을 대폭 개선시켰다.

현재 선회식 전기추진 시스템은 주로 고가의 여객선 및 쇄빙선 등에 적용되고 있는 형태임을 알 수 있다.

3. 맺음말

Turning circle test at full speed



Full Scale Comparison of turning circles M/S Elation and Paradise with Conventional shaftlines and rudders.

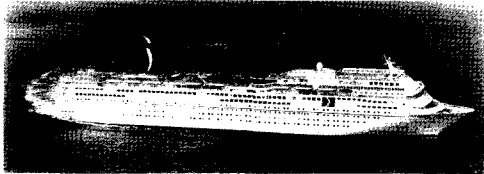


그림 9. 운행 중인 전기추진 선박의 선회반경 시험

전 세계적으로 선회식 전기 추진시스템을 개발하고 있는 회사는 대표적으로 3개 회사를 들 수 있다. 가장 선두 주자로서 Kvaerner Masa Yards (Finland) + ABB(Norway)는 1991년 기존의 쇄빙선 Seili 호에 1.5MW급 Pod를 장착한 이후 1995년에는 여객선 Elation과 Paradise에 2 X 14MW급 Pod를 장착하여 건조하였다. 2001년에는 Eagle I과 Eagle II (2 X 14MW)가 건조되어 취항하였다.

KaMeWa(Sweden)+ Celegec(France)는 Gas Turbine과 2 X19.5MW급 추진 장치를 결합한 Mermaid를 상품화하였고 Royal Caribbean International로부터 4척을 수주하여 건조하였다. 독일의 Schottel /Siemens도 Pod의 상품화에 성공한 후 중국에 수출하고 있다.

현재 우리나라는 세계조선 시장의 약 41% 점유율을 자랑하고 있지만 고부가 가치선박 및 조선기자재의 자체 개발에는 아직도 많은 노력을 경주해야 할 것이다. 조선 산업의 특징은 해운산업, 기자재 부품산업, 철강산업 등 전후방 산업에 파급효과가 큰 기간사업이라 할 수 있다. 본 원고에서 살펴본 LNG운반선 및 선회식 전기추진 시스템은 현재/향후 대표적인 고부가 가치선박으로 자리매김할 것으로 생각된다.

위에서 살펴본 신 개념 추진선박에 대한 연구는 현재까지 국내에서는 전무한 형편이다. 하지만 국내 중전기 회사의 대형전동기 개발경험과 조선소들의 설계, 건조, 시운전 경험 등 조선관련 인프라가 탄탄하게 구성되어있어 충분히 도전할 수 있는 분야이고 국제적인 경쟁력을 갖추는데 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 조선사업의 신기술 및 고부가 가치 분야에 대한 집중적인 투자와 연구 개발이 뒷받침 된다면 명실상부한 조선 1위국의 입지를 굳건하게 지켜나갈 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] The Journal of Ships' Engineering-Marine Propulsion & Auxiliary Machinery, Dec./Jan, pp. 22-24, 2004/5.
- [2] 한국경제신문, 경제면, 2004년 11월 2일
- [3] 바르질라 홈페이지:www.wartsila.com