2. 동력공학 특집

터빈 및 연료전지와 신형 추진 시스템의 최근 기술동향

Recent Trend of Marine Turbine, Fuel Cell and New Propulsion System

이 운 호
W-H Lee

• 한국선급 기관팀장

1. 증기터빈

1. 1 증기터빈의 역사

선박 주기관으로 증기터빈이 최초로 사용된 것은 1894년의 일이었다. 19세기 초에 증기 왕복동기관 선박이 상업운항을 시작한 이래 차세대 추진기관으로 등장한 것이 증기터빈이었으나 초기에는 그 사용이 보편화되지 않아 1912년 4월15일 처녀항해에서 빙산과 충돌하여 침몰한 비극의 여객선 "타이타닉"호에도 증기터빈이 탑재되지는 않았었다. 그 후 1940년대부터 증기 왕복동기관을 주기관으로 사용하는 선박이 해상에서 사라지기 시작했고 1973~4년과 1979~80년의 2회에 걸친 오일 쇼크로 인하여 석유연료가격이 급등하기 이전까지 증기터빈은 한 세기 가까이 꾸준하게 큰 출력을 필요로 하는 유람 여객선, 컨테이너 전용선 및 대형 유탱커의 주기관으로 선호되어왔다.

세계적으로 물동량이 증가하고 소위 door-to-door 화물 서비스 개념 도입과 함께 1957년에 컨테이너 전용선이 등장하였고 1966년에는 북대서양 항로에도 컨테이너 전용선이 취항하게 되면서 컨테이너 전용선의 선속증가와 더불어 주기관의 출력도 증대되었다. 1960년대의 세계적인 공업화 추세와 함께 에너지 수송의 수요증가에 수반하여 1970년대 초에는 100만톤급 원유 탱커의 출현이 기대되는 상황을 맞이하게 되었다. 이 때 까지만 해도 출력 경쟁에서 증기터빈은 디젤기관보다 우위에 있으면서 선박 주기관으로 선택되고 있었다.

그러나 디젤기관 제작자들은 증기터빈에 맞서 출력 높이기 경쟁에 돌입하여 1970년대 초에는 Fiat사에서 실린더 지름이 1,060mm에 이르는 현재까지 인류가 제작한 디젤기관 중에서 가장 큰 엔진을 개발하기에 이르렀으나 실린더당 출력이 4,000 마력 정도에 머물러 10실린더를 갖는 엔진으로 40,000 마력의 디젤 기관이 그 당시로서는 최대 출력 디젤기관이었다.[1)]

1970년대의 1차 오일 쇼크로 배럴당 종래 3달러의 원유가가 12달러로 400% 급등하였고 2차 오일 쇼크에서도 12달러에서 35달러로 250% 급등함에 따라 에너지 소비절약이 전 세계적인 과제가 되었고 모든 선박용 기관에서 에너지 효율이 가장 중요한 과제로 떠오르게되었다.

디젤기관은 출력증가와 더불어 무엇보다도 열효율 증가를 개발목표의 첫째 과제로 삼아 50%에 이르는 열효율을 갖는 디젤기관이 개발됨에 따라 열효율이 30%에 지나지 않던 증기터빈은 출력과 열효율 면에서 모두 디젤기관에 대항할 수 없게 되어 더 이상 일반 상선의 신조선에서 주기관으로 탑재되지 않게 되었을 뿐만 아니라 대형 유람 여객선의 신조선에서도 전통적으로 선호되었던 위상을 디젤기관에 빼앗기기에 이르렀다. 또한, 증기터빈을 주기관으로 탑재한 선박은 미처 선박의 수명이 다하기 전에 조기 퇴역이 강제화 되거나 설치되어있는 보일러 및 증기터빈이 해체 철거되고 그 자리를 디젤기관에 내어주어야 하는 처지가 되어버렸다.

이러한 예로, 호화 유람 여객선의 상징과 같은 1969년에 건조된 Queen Elizabeth 2호[G/T 70,327]는 1987년에 주보일러와 증기터빈을 철거하고 각각 10,624 kW의 출력을 갖는 디젤기관 9대로 교체하였으며, 2차 오일 쇼크 후에 우리나라를 포함한 여러 나라에서 많은 척수의 컨테이너선과 VLCC의 증기터빈 주기관을 디젤 주기관으로 교체하는 작업을 하게 되었다.

1.2 LNG 선박에 증기터빈의 사용

그 후의 증기터빈에 대한 수요는 극히 제한적이었으나 지구 온난화 방지를 위하여 소위 온실가스인 CO_2 배출량이 적은 청정 에너지원으로서의 액화천연가스(LNG)의 수요가 증가하고 이에 따라 LNG 운반선의 건조도 늘어나게 됨에 따라 이러한 선박의 주기관으로서 증기터빈의 수요도 점차 증가하게 되었다. LNG 운반선의 화물구역에서 발생하는 기화가스(BOG: boil-off gas)는 안전하게 처리되어야 하나 재액화하여 다시 화물탱크로 보낼 수 있는 압축기는 큰 동력을 필요로 한다. 그러므로 BOG는 가스상태로 디젤기관 또는 가스터빈의 연료로 사용할 수도 있으나 비교적 장치가 간단하고 신뢰성이 높은 보일러의 연료로 사용하여 증기터빈을 구동하는 것이 일반적이다.

선박용 터빈은 육상용에 것에 비하여 한층 더 운전의 신뢰성을 필요로 하는 동시에 거치 공간의 제약, 가벼운 중량, 감속과 역전 및 변속 운전이 가능하여야 한다.

증기터빈 자체로는 역전이 불가능하므로 후진용 터빈을 별도로 설치하지만 전진시는 후진터빈의 공전으로 에너지가 손실되므로 소형이며 간단한 구조로 후진터빈을 설계한다.

증기터빈의 감속장치는 중고속 디젤기관용의 것과 달리 역전이 불가능한 감속기능만 갖고 있으며 구조를 간단하게 설계하여 효율을 높이는데 주력하여 동력 전달효율은 1단에서 약 98%, 2단에서 약 96%에 이르고 있다. 또한 고압터빈에서 약 1/80-1/50, 저압터빈에서 약 1/50-1/30 정도로 설계하고 있다.

1.3 장래의 LNG 선박 추진 시스템

증기터빈은 열효율이 낮고 CO_2 배출량이 많으며 BOG 조성변화에 따라 보일러 연소상태에 영향을 주게되는 단점이 있음에도 불구하고 그동안의 실적이 많아 신뢰성이 실증되어 안심할 수 있고 보수정비 및 수리비가 적게들며 NOx 배출량이 적은 장점이 있어 앞으로도 LNG 운반선의 주기관으로 계속하여 선호될 것으로 생각된다.[3]

그러나 현재로는 그 논의가 구체적이고 활발하지는 않지만 앞으로 추진 시스템의 2중화(redundancy)에 대한 논의가 진전되어 기관장치에 2중화 요건을 적용하게 될 경우 현재까지의 보일러와 증기터빈 추진 시스템은 그 요건을 만족시키기가 어렵게 될 것이다. 따라서, 최근 일부 LNG 선박에 채택되고 있는 이중연료(duel fuel: gas/oil) 디젤기관 또는 가스터빈이 증기터빈의 자리를 대체할 날이 올 수 있을 것으로 생각된다.

2. 가스터빈

2.1 가스터빈의 발전

박용 주기관으로서 가스터빈은 소형 경량으로 고출력, 진동 및 소음이 적고, 신뢰성이 높고 항해중의 보수점검 필요성이 적고, 시동성이 좋은 점 등의 장점이 있어 2차 세계대전 이후 일부 군용 함정에서 증기터빈을 대체하여 사용되어 왔으나 일반 선박에서는 그 사용처가 고속 여객선 등 극히 제한적이었다.

가스터빈은 1990년대부터 육상 발전용 원동기로 사용되는 경우가 전세계적으로 급격하게 증가되어 2001년에는 복합화력발전 설비의 형태로 우리나라 발전 시설용량의 20%에 이르게 되었다. 이렇게 육상에서 가스터빈의 사용이 확산됨에 따라 고온에서 사용 가능한 터빈 블레이드 재료 및 냉각방법 등의 관련 기술개발이 촉진되었고 또한 가스터빈의 가장 큰 단점인 열효율을 터빈 단독 운전시에는 42%, 배기열 회수 방식의 복합 사이클로 운전할 경우에는 56% 수준까지 향상시킬 수 있게 되었다.

이와 같이 육상에서 가스터빈의 사용증가에 수반하여 관련 기술적 및 경제적 이점이 향상되어 선박용 주기관으로 사용되는 경우도 증가추세에 있으며, 고속 훼리 여객선에서는 경량으로 대용량 출력의 요건을 충족시킬 수 있는 기관장치로 가스터빈이 가장 높은 경쟁력을 갖고 있다. 최근에는 선박용 가스터빈으로 최대 출력 50 MW급의 가스터빈이 개발, 공급되고 있으며 간단하게 패키지(package)로 공급하여 선내에 설치할 수 있는 그림 1.과 같은 기본 엔진 모듈(module) 패키지의 중량은 고작 26,000 kg에 지나지 않으므로 그 중량당 출력비가 다른 선박용 기관에 비하여 대단히 우수하다. 또한, 디젤기관의 소음 및 진동이 차폐가 어려운 저주파인 것에 비하여 가스터빈은 왕복동 운동부가 없고 회전운동부만 갖고 있으므로 진동이 거의 없고 발생하는 소음도 주로 고주파이므로 패키지에 수납하므로서 간단하게 차폐시킬 수 있으며 배기소음도 소음기를 장착하여 손쉽게 저하시킬 수 있다.

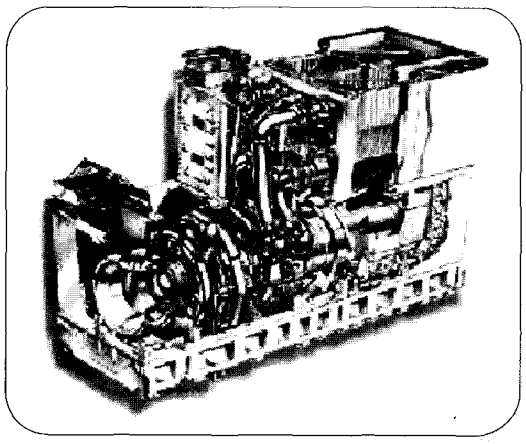

그림 1. 가스터빈 엔진 모듈 패키지[Rolls-Royce 사]

2.2 가스터빈의 운용 방법

가스터빈의 열효율이 낮은 점을 극복하기 위하여 복수의 가스터빈을 병용하거나 열효율이 높은 디젤기관과 복합하여 운전 또는 배기 폐열회수 시스템을 채택하는 등 다음과 같은 방식의 복합 시스템으로 설계하여 운용하는 경우가 많다.

1) CODOG

(Combined Diesel or Gas Turbine)

– 디젤기관과 가스터빈을 조합하여 선택적으로 사용하는 형태로 저속 운항에는 열효율이 높은 디젤기관을 사용하고 고속 운항에는 가스터빈을 사용한다. 이 시스템은 선속에 따라 경제적으로 추진기관을 선택적으로 운용할 수 있으나 각각 디젤기관과 가스터빈 설치 공간이 필요하다.

2) CODAG

(Combined Diesel and Gas Turbine)

– 디젤기관과 가스터빈을 선택적으로 운용하되 저속 운항에는 디젤기관, 고속 운항에는 가스터빈, 최고속력에서는 디젤기관과 가스터빈을 함께 사용한다. 이 시스템은 선박에 탑재된 전 기관을 동시 운전하여 최고속력을 얻을 수 있으나 감속장치의 구조가 복잡하고 운용상 불편한 단점이 있다.

3) COGAG

(Combined Gas Turbine and Gas Turbine)

– 저속 운항에는 1대의 가스터빈을 사용하고, 고속 운항에는 2대의 가스터빈을 함께 사용한다. 이 시스템은 운전방법상 편리한 점은 있으나 열효율 면에서는 비경제적인 단점이 있다.

4) CODLAG

(Combined Diesel Electric and Gas Turbine)

– 디젤기관과 가스터빈으로 구동되는 발전기를 병용하여 전기추진 방식을 채택하며 저속 운항에는 디젤 발전기의 전력을 주로 이용하고 고속 운항에는 가스터빈 발전기의 전력을 이용한다. 이 시스템은 저속 운항에서 열효율이 높은 디젤기관을 이용하여 경제적이며 전기 추진방식을 채택하여 선박 조정성능이 좋은 장점이 있다.

5) COGES
(Combined Gas Turbine Electric and Steam Turbine)

– 가스터빈과 폐열회수 증기터빈으로 구동되는 발전기로 전력을 생산하여 추진 및 선내동력으로 사용하며 추진 시스템은 주로 선회식 전동 추진장치를 사용하여 전체적으로 열효율이 높고 선박조정성능이 우수하다.

2.3 가스터빈 사용 전망

연안 및 근거리 화물 및 여객의 해상 수송은 육상 또는 항공 운송수단과 경쟁하여 고속화가 활발하게 추진되어 일본에서는 TSL(Techno Super Liner) 프로젝트로 화물 적재중량 1,000톤 이상, 시속 50노트 이상의 선박을 건조하고 있으며 이러한 선박에 탑재되는 주기관으로는 가스터빈이 유일한 선택이라 할 수 있다. 대체로 중소형 4행정 디젤기관의 최대출력이 10MW 정도이므로 그 이상의 출력과 고속회전으로 중량이 적은 기관이 필요한 경우에는 가스터빈이 사용된다.

대형 유람 여객선에서는 가스터빈 복합 시스템을 채택하여 25MW의 가스터빈 2대는 발전기를 구동하고 가스터빈의 배기가스를 이용하여 증발량 38t/h와 설계압력 32.5 bar인 보일러 2대를 가동하여 7.8MW의 증기터빈 발전기를 구동하며 또한 보일러 배기가스를 선내 난방 및 온수 공급 시스템의 열원으로 이용하여 열효율을 높이고 추진기로는 각각 20MW의 Azipod 2기를 장착하는 것으로 설계한 경우가 있다.

이와 같이 대용량 동력 수요를 충족시키기 위하여 중앙 집중식 발전설비를 갖추고 이곳에서 발전된 전력을 이용하여 추진 동력 및 선내 동력으로 사용하고자 할 때 가스터빈 발전기와 배기가스로 보일러를 가동하여 증기터빈을 구동하는 복합 시스템을 채택함으로써 열효율을 높이고 설치공간의 축소 및 중량 감소 등의 장점이 있어 최근 건조되는 대형 유람 여객선에서 가스터빈이 주 발전기관으로 채택되는 추세에 있다.

3. 연료전지

3.1 연료전지란?

연료전지(FC: fuel cell)는 연료의 에너지를 직접 전기적 에너지로 변환시키는 전기화학적 장치를 말한다.

연료전지의 기본 원리는 그림 2.에서와 같이 수소 연료가 양극(anode)에 공급되고 산소(공기)가 음극(cathode)에 공급되면 촉매에 의하여 수소 원자가 양자(proton)와 전자(electron)로 분리되어 양자는 전해질을 통과하고 전자는 음극에 되돌아오는 과정에서 전류가 발생하여 전기 에너지로 활용되며 부산물로 수소와 산소가 결합한 물이 생성된다.

연료전지는 이와 같이 수소를 함유하고 있는 탄화수소 연료(천연가스, 메타놀, 석유 등 포함)를 사용할 수 있고 연료전지에서의 작용은 연소과정이 아닌 화학반응이므로 어떤 청정연료의 연소과정에서 발생하는 배출가스보다 오염물질의 적은 장점이 있다. 또한 연료를 연소시켜 열에너지를 기계적 에너지로 변환시키고 다시 이 기계적 에너지를 이용하여 발전기를 구동하여 전력을 생산하는 종래의 시스템에서는 에너지 변환과정에서 손실이 큰데 비하여 연료전지는 에너지 변환효율이 높다.

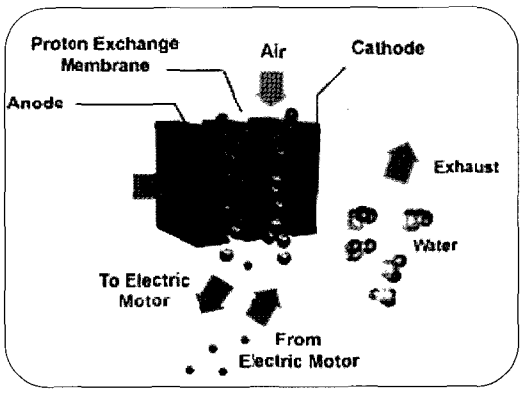

그림 2. 연료전지의 기본원리[그림 출처 10)]

3.2 연료전지의 개발

1992년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 지구정상회담[UN 환경개발회의/UNCED]에서 기후변화협약이 채택되었고 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 회의에서는 교토 의정서가 채택되어 국가별로 CO_2 등 온실가스 배출량을 1990년 수준

까지 삼각하고 공해상의 선박으로부터 온실가스 배출 삭감에 대하여는 IMO에서 검토할 것을 결정하였다. 2002년 8월 25일 남아프리카 공화국 요하네스버그에서 지속가능 발전을 위한 세계정상회의[WSSD/혹은 리우+10회의]가 개최되어 다시 한번 온실가스 배출삭감에 대한 이행상황을 점검하고 미국의 협약비준을 촉구하였다. 하지만 아직 세계적으로 원칙론에서는 온실가스배출 삭감에 동의하면서 구체적 이행과정에서는 국가간 이익이 첨예하게 대립하여 협약의 발효가 지연되고 있는 실정이다. 그럼에도 불구하고 화석연료의 대체에너지 개발 및 기존 화석연료를 사용하는 경우에도 온실가스의 배출감소는 피할 수 없는 과제라 할 수 있다.

따라서, 에너지 수요증가에 대처하면서도 지구환경을 보존할 수 있는 차세대 동력장치로 낮은 공해 배출가스 및 소음배출과 고효율성의 장점을 갖고 있는 연료전지가 주목받게 되었다. 특히, 인류가 배출하는 온실가스(CO_2)의 약25%가 수송부문에서 발생되고 이의 약 50%가 일반 승용 자동차에서 발생되고 있음을 감안하여 자동차용 연료전지의 실용화 연구가 선진국을 중심으로 국가적 연구과제로 선정되어 활발하게 진행되고 있으며 우리나라에서도 산업자원부의 대체에너지기술개발사업 프로젝트의 일환으로 여러 연구기관, 기업 및 학교 등에서 다양한 연구를 시행하고 있다.

3.3 선박에 연료전지 사용

연료전지의 연구개발 상황은 수백 kW 용량의 것이 실용화되었고 1MW급의 것도 시험되고 있는 수준이다. 그러나, 배기가스 환경규제가 이 시대의 기술개발 방향을 결정하는 최대 변수이고 과거에는 한때 신물질로 각광받으며 사용되는 CFC 냉매도 이제는 더 이상 쓸모없는 물질이 되었듯이 전세계적으로 환경규제가 엄격하게 되어 앞으로 경제성 있는 대용량의 연료전지가 개발되면 선박 동력장치로 채택되는 시기도 머지않게 될 것이다.

연료전지가 선박의 동력장치로 사용되기 위한 조건으로는 다음을 생각할 수 있다.

1) FC 시스템의 신뢰성이 육상 사용실적으로 충분하게 확보될 것
2) 선박 취항항로에 FC용 연료 공급망이 정비되어 있을 것
3) 초기 설치비용이 기존 시스템과 비교하여 너무 크지 말 것
4) 선박의 수명이 연장되어 감가상각의 부담이 경감될 것

연료전지가 선박의 동력장치로 사용되면 필연적으로 추진 시스템의 변화가 뒤따르게 될 것이다. 기존의 주기관에서 프로펠러까지 기계적으로 동력을 전달하는 방식은 사라질 것이며 현재 시스템과 가장 유사한 경우라 하더라도 프로펠러를 전동기로 구동하는 추진방식이 도입될 것이며 나아가서는 다른 다양한 방식의 추진 시스템이 채택될 것이다. 예로서, podded azimuth thruster는 물론이요 기술 개발의 성과에 따라 초전도전자 추진 방법과의 결합도 생각할 수 있다.

선박용 추진 장치의 개발 동향에 대하여는 이미 우리 학회회지 2000년 5월호에 자세하게 발표[2]된 적이 있으므로 본고에서는 그때 언급되지 않은 추진 시스템 및 그 후의 시스템 발전상황 등만을 간단하게 기술하고자한다.

4. 추진 시스템

4.1 초전도전자추진 시스템

초전도전자석(Superconductive Magnet) 또는 자기유체역학(Magnetohydrodynamic: MHD) 추진선박이란 MHD의 원리를 이용하여 추진력을 얻는 선박을 말하며 MHD 추진을 위하여는 기본적으로 초전도 전자석이 필요하므로 이러한 추진시스템을 갖춘 선박이 실제 운항되려면 초전도체의 실용화 연구개발이 선행되어야 할 것이다. 초전도체의 개발은 우리나라를 포함한 여러 국가들이 막대한 연구개발비를 투입하여 중점 연구과제로 관리하고 있으므로 최근의 기술진보 추세를 감안하면 초전도전자추진선의 출현도 멀지 않은 미래의 일이 될 것으로 예상된다.

초전도전자추진선은 전자력선에 의하여 발생하는 힘이 전도체(해수)에 전달되어 반작용력에 의하여 추진력을 얻게되므로 종래의 스크류 프로펠

러를 장비한 선박에 비하여 소음·진동이 적고 전후진 속도제어가 용이하며 전력손실이 적어 높은 에너지 효율로 초고속 추진이 가능하므로 실용화될 경우 해상운송의 일대 혁명이 일어날 것으로 기대된다.

초전도전자추진선의 연구는 일본 고베 상선대학, 러시아 Kurchatov 연구센터, 미 해군 연구팀 등에서 활발하게 수행하여 1992년에 세계최초로 일본에서 실험선으로 30m 급의 Yamato-1을 제작하였으며 미 해군 역시 실험선으로 65 feet의 Jupiter II를 제작하였고 장래 소형 잠수정 및 소해정의 추진장치로 사용될 것이 예상된다.

최근 일본의 초전도전자추진기 기초연구 결과에 따르면 솔레노이드형 초전도 전자석, 동심 2중 원통형 전극 및 나선형 유도판으로 구성되어 있는 추진기를 만들고, 초전도전자석에 의하여 축방향으로 자장을 발생시키고 원통형 전극에 전류를 통하면 해수에 플래밍의 왼속법칙에 따라 양극 주위로 회전하는 유체흐름이 발생하게되며 이 유체흐름을 나선형 판으로 유도하여 강제적으로 축방향으로 흐름방향을 바꾸어 추진력을 얻을 수 있도록 개발하는데 성공함에 따라 실험선 Yamato-1의 경우와 비교하여 한 차원 큰 추진력이 달성되어 실선에 적용 가능성을 더욱 더 높이는 계기가 되었다고 한다.[9]

초전도 전자석과 전극에 가하여야 할 전기적 에너지는 선내 기관장치로부터 얻어야 하므로 기존의 기관장치와 발전장치를 사용하거나 연료전지를 사용하여야 하는 시스템은 변함이 없을 것이다. 기타 기관장치로 원자력 기관을 생각할 수 있으나 환경론적 입장에서 방사성 물질의 취급 및 폐기에 대한 안전보장이 선행되지 않는 한 일반 상선에서 사용되기에는 사회적인 동의를 얻기가 쉽지 않을 것으로 예상된다.

4. 2 전기추진 시스템

선내 전력수요가 많은 여객선 및 냉동 컨테이너를 많이 적재하는 대형 컨테이너선 등에서는 추진동력과 전력수요를 각각 주기관 및 보조기관으로 구분하여 생산하는 시스템보다 선박 전체에서 하나의 시스템으로 전력을 생산하고 이 동력을 선내 전력수요와 추진에 필요한 동력으로 사용하는 시스템을 채택하는 방법이 열효율 및 경제성에서 이득이 될 것으로 검토되고 있다.

이러한 선내 일관 동력 시스템이 채택되면 추진시스템은 종래의 원동기 직결 추진기 방식이 아니고 전동기에 의하여 구동되는 추진기를 장착하는 시스템이 될 것이다.

Queen Elizabeth 2호의 1987년 개조작업은 추진축계를 2 x 44MW의 전동기 구동방식으로 바꾸어 최대시속 33 노트를 얻을 수 있는 디젤기관-전기추진 선박의 선구자가 되었으나 1970년대와 1980년대의 유람 여객선의 추진방법은 4대의 중속 4행정 기관이 기어 감속장치를 통하여 2추진축을 구동하는 시스템이 주류를 이루었다. 그 후 협수로에서 운항 등 저속에서 선박조정성향상을 위하여 1980년대에는 디젤엔진-기계식 구동의 출력 20MW급 선회식 스러스터(Rudder propeller)가 탑재되기도 하였다.

최근에는, LNG 선박에도 증기터빈 대신에 2중 연료 디젤엔진을 탑재하고 전동기 추진방식을 적용하여 연료비 절감, 운송능력 증대, 산화탄소화합물(COx) 배출감소, 선박추진과 관련된 시스템을 분리, 이원화하여 운항 안전성을 높일 수 있는 시스템이 채택되기도 한다.[8]

전기추진 방식은 전후진이나 속도의 섬세한 제어가 가능하고, 진동이 적어 정숙하다는 이점이 있고 정비가 간편하며 연료소비가 감소되어 점차 이러한 시스템의 채택이 증가할 것으로 예상된다. 전기추진 시스템은 프로펠러를 구동하는 전동기와 발전기 사이를 전선으로만 연결하면 되므로 종래의 주기관과 프로펠러 사이의 기계적 동력전달 장치가 필요 없게 되고 또한 발전기관의 설치 공간에 제약이 없어 선내 공간이용 효율이 좋아지게 된다.

4.2.1 선회식 전동 추진장치

앞으로도 1기 1축 추진 시스템이 대부분의 선박에 계속 사용될 것으로 예상되나 기존에 이미 이중화(redundancy) 시스템을 채택하고 있는 특수선 및 여객선에 추가하여 LNG 선을 포함한 탱커 등에서도 추진 시스템의 이중화를 통하여 운항 신뢰성을 향상시켜야 한다는 논의가 있다. 기관장치의 이

중화 논의는 특히 환경문제에 영향이 큰 탱커의 사고 원인에서 기관장치의 고장이 차지하는 비중이 크기 때문이었다. Lloyd's 자료에 의하면, 1977년부터 1991년까지 6,000톤 이상의 탱커 사고 중 20% 이상이 기관고장에 기인한 사고였으며 특히, 1976년부터 1994년까지 100톤 이상의 전손 처리된 탱커 사고 원인 중 30%는 기관 관련 고장에 기인하는 것으로 나타났다. 따라서 탱커의 2중 선각 구조와 더불어 추진 및 조타 시스템의 이중화에 대한 논의가 1996년 IMO MSC67차 회의에서 의제로 채택되어 1999년 IMO DE 39차 회의에서 구체적으로 논의되었던 바가 있었다.

기관장치의 이중화와 관련하여 그림 3.과 같은 전동기가 프로펠러 허브에 내장된 선회식 전동 추진장치(podded azimuth thruster)가 효과적이고 신뢰성있는 방안으로 부각되고 있다.

1993년도에 최초로 2 x 7.5 MW의 디젤엔진-전동기 구동 선회식 스러스터를 채택한 쇄빙선이 등장하였으나 진정한 전동기 내장형 선회식 전동 추진장치는 1998년 건조된 쇄빙선에 2 x 5 MW의 Azipod 추진기가 장착된 것이 최초라 할 수 있다. 전동기 관련기술의 발전으로 1998년에는 유람 여객선에 2 x 14MW의 Azipod가 장착되었으며 최근에는 ABB의 Azipod와 KaMeWa의 Mermaid 및 Schottel의 SEP 등의 시스템이 공급되고 있으며 또한 출력도 30MW에 이르게 되었다.

여러 개의 pod 추진기를 사용할 경우 좌우 양단의 것만 360도 회전이 가능하지만 가운데 것은 고정식으로 하는 등의 배치를 채택하고 있으며 건조

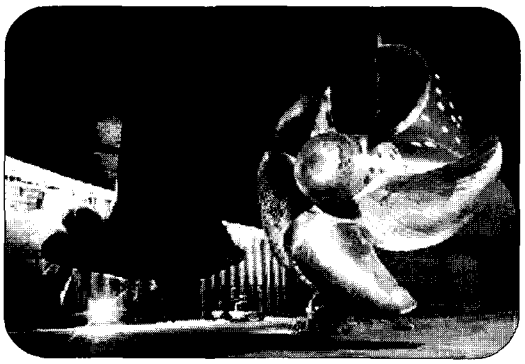

그림 3. 선회식 전동 추진장치 [Azipod]

중인 유람 여객선 Queen Mary 2호의 경우에는 4 x 21.5 MW의 pod를 채택하여 G/T 150,000의 선박을 북대서양의 거친 파도 속에서도 30 노트로 운항할 수 있도록 설계하였다.[5]

또한, 최근에는 독일에서 건조된 유람 여객선중 가장 큰 Norwegian Star[G/T 92,000, 여객 2,240명 + 승무원 1,100명, 15층 객실에 1,000석의 극장설비]에도 2 x 20MW의 Azipod를 장착하여 뛰어난 조정성능, 안정되고 정숙한 운항과 저진동 특성을 구현할 수 있었다고 한다.[4]

4.2.2 반전 선회식 전동 추친장치

Azipod의 공급사인 ABB의 자료[4]에 따르면 종래의 프로펠러 축계 뒤쪽에 주축계 프로펠러와 반대로 회전하는 전동기 내장형 CRP(Contra-Rotating Propeller)를 장착하고 출력 배분을 주축계에 60-70%, CRP에 30-40%로 하였을 경우 단일 축계 model에서는 4.9%, 2중 축계 model에서는 9.1%의 추진 효율이 증가되었다고 한다. 이 시스템은 초기 투자비 증가에도 불구하고 선미 스러스터를 별도 장비할 필요가 없고 또한 crash stop 성능, 비상 조정성능 및 황천 해상상태에서 선박 조정성능 향상, 추진 시스템의 이중성 확보 등의 장점이 있어 Ro-ro ferry, 냉동운반선, 셔틀 탱커선, 위험 화학품, 원유 정제선 및 LNG/LPG 탱커에 폭넓게 사용될 것으로 기대하고 있다.

또한, CRP-Azipod를 선박 보조 추진장치로 사용할 경우 주기관의 고장으로 인한 선박의 표류 및 좌초의 위험성이 덜어져 기름유출 해양오염을 저감할 수 있을 것으로 기대된다.

이 시스템의 특징은 다음과 같다.

1) 키를 제거하고 그 위치에 CRP-Azipod를 설치하여 프로펠러 지지부가 키 역할을 하도록 한다.
2) 유체역학적인 견지에서 보면 CRP원리를 이용하므로 연료효율이 15~20% 증가된다.
3) 주기관이 고장나더라도 별도 동력의 전동기 구동 CRP-Azipod에 의해 선박이 표류할 염려가 없다.
4) 선박의 기동성과 조종성이 좋아진다.

5) 추진 시스템의 이중화를 위하여 2축으로 설계하지 않아도 되므로 설치비용이 적게 들고 공간활용 측면에서도 설계를 쉽게 할 수 있다.

5. 결 론

간략하게 선박 동력장치로 증기터빈, 가스터빈 및 연료전지와 새로운 추진 시스템의 일부로서 초전도전자 추진과 전기추진 시스템의 사용례와 전망에 대하여 필자의 소견을 적었다. 운송목적에 따라 여러 형태의 선박이 출현하고 또한 이에 적합한 동력장치와 추진장치의 종류가 다양하게 제시되고 있어 선박 기본설계자의 입장에서는 선택의 폭이 넓어 좋은 점과 또한 어려운 점이 동시에 있으리라 생각된다.

그러나 시스템을 구성하여야 할 경우 고려하여야할 여러 사항 중에서 시대의 변화에 따른 사회적 요구가 각 항목의 중요도에 대한 가중치를 바꾸어, 예로서 환경요건과 같이 과거에는 다른 사항에 비하여 중요하게 간주되지 않았던 점이 이제는 가장 우선하여 고려하여야 할 사항이 되었다.

환경보존이라는 명제는 동력장치 그 자체에 대한 요건과 선박의 안전성 증대로 해난을 감소시켜 해양오염을 줄인다는 목적으로 기관장치의 이중화(redundancy)에 대한 요건을 강화시킬 것으로 예상된다. 이에 따라 이러한 요건을 만족시킬 수 있는 동력장치와 추진장치 및 보조 시스템(예로 디젤기관의 NOx 저감을 위한 SCR 장치 등)에 대한 지속적인 관심이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 전효중, 최재성, "초대형 디젤기관과 신형 디젤기관의 등장", 한국박용기관학회지, 제23권 제6호, 1999년 11월, pp. 723-730
2. 김영주, "선박용 추진장치의 개발동향", 한국박용기관학회지, 제24권 제3호, 2000년5월, pp.261-272
3. 佐タ木 耕, "次世代LNG船の推進プラントを考えろ", 日本造船學會誌, 제855호, 2000년9월, pp.24-33
4. "Study supports CRP Azipod for large containership propulsion", Shipping World & Shipbuilder, Vol.203, No. 4177, Dec.2001/Jan.2002, pp. 10, 14-16
5. "Changes in cruise shipping", HANSA, March 2002, pp. 30-32
6. http://www.abdn.ac.uk/physics/case/trans.htm [HMD 관련]
7. http://itri.loyola.edu/subsea/c3_s4.htm [HMD 기술진보 관련]
8. http://www.shi.samsung.co.kr [전기 추진 LNG 선 관련]
9. http://www.kshosen.ac.jp/news/ssdnews/html/shinsen2/ [초전도전자추진선 관련]西垣 和 "超傳導電磁推進船最近の研究", 神戸商船大學-神船大 ニュース, 제2호 2000.11
10. http://www.nfcrc.uci.edu [연료전지 관련]-National Fuel Cell Research Center (NFCRC)[미국 국립 연료전지 연구 센터]
11. http://nfcr c.kier.re.kr/internal/nfcrc/main.htm[한