

유압구동형 선미추진장치 개발



김 영 주(KIMM 환경설비연구부)

'70 한국해양대학 기관학과(학사)
 '82 한국해양대학 기관학과(석사)
 '88 한국해양대학 기관학과(박사)
 '79 - 현재 한국기계연구원 책임연구원

1. 서 론

3~5톤급 소형어선, 작업선, 감시선 및 유람선에는 300마력급 선미추진장치가 많이 탑재되는데 이들은 운항경비의 30%를 점유하는 연료비의 절감과 운전시간 연장, 부하변동 증대, 내구성 향상, 조향/인양의 원격제어 등이 선외기나 종래의 저속 프로펠러 추진시스템에 비해 유리하다. 더욱이 주기관 직결형 선미추진장치의 감속기어와 크렛치 등의 내구성을 더욱 향상시키고 감판기계나 조종장치의 유압시스템을 compact하게 하는 유압모터 구동형 선미추진장치에 대한 선호도가 점차 높아지고 있다.

유압모터 구동형 선미추진장치는 유압모터를 추진장치 본체 상부에 설치하여 수직축과 감속기어를 거쳐 프로펠러축을 구동하는 상부탑재형과 유압모터측에 추진기를 부착하는 유압모터 내장형으로 구분하는데 후자의 경우 수직축과 감속기어를 제거하므로써 추진장치 외형이 감소되고 내구성을 2배 이상 높일 수 있는 장점이 있다.

5톤이하의 소형선박에 사용가능한 300마력급 유압구동형 선미추진장치를 실용화 하여 국내에서 건조되는 3,000척/년 정도의 소형선박에 탑재되는 선외기, 엔진직결형 추진장치, 워터젯트를 전량 수입대체코자 시작품을 제작중에 있으며 이에대한 설계·제작 및 성능시험 관련기술을 소개코자 한다.

2. 소형선박 추진장치의 종류별 특성

2.1 추진장치의 종류

소형선박의 추진장치로는 축계장치를 중심으로

하여 구분하면 주기관과 축계장치가 기관실내에 설치되는 종래의 프로펠러 추진장치를 선내기(Inboard Drive System), 구동엔진은 기관실내에 설치되고 조향장치를 포함한 구동축, 감속기어, 크러치 등이 선외에 설치되는 것을 선미구동장치(Inboard Stern Drive System), 구동엔진과 추진장치가 일체로 되어 선미격벽에 부착되는 시스템을 선외기(Outboard Drive System)라 하며 프로펠러 대신에 사류펌프 또는 축류펌프로 부터 선미방향으로 해수를 분사시켜 그 반작용을 이용하여 추진되도록하는 물젯트 추진장치(Water Jet)로 분류할 수 있다. 이 밖에 초고속 선박의 추진장치로 이용되고 있는 공기 부양선의 공기프로펠러(Air Propeller), 초전도 현상을 이용하는 전자추진장치(Superconduction Magneto-Hydrodynamics) 등이 있으며 프로펠러의 추진효율을 높이기 위해 선미구동장치나 선외기의 추진기로 이중반전 프로펠러(Contra Rotation Propeller), 날개볼이 캡 프로펠러(Propeller Boss Cap Fin)의 실용화 연구가 일 본을 중심으로 활발하게 진행되고 있다.

2.1.1 선외기 (Outboard Drive System)

3톤 이하의 소형선박에 가장 많이 사용되고 있는 선외기의 구조는 선체와 독립되어 설치·제거가 용이하고 설치면적이 작지만 장치내에 구동엔진, 감속역전장치, 조향장치, 제어 및 냉각장치를 모두 포함하고 있어 정비유지가 복잡하고 내구성 문제가 심각하다. 이것의 외형도는 그림 1에 보이는 바와 같으며 구동엔진은 2내지 4기통을 갖는 4행정 개솔린엔진이 대부분이며 중량을 가볍게 하기위해 케이싱을 알루미늄합금으로 하기때문에 해수에 접촉되는 부분의 부식방지를 위해 특수방청도장을 하고 양극방식을 위해 아연판을 부착한다. 수직 구동축에 직결된 엔진은 냉각펌프로 공급되는 냉각수로 강제 냉각되고 엔진의 구동축 아래쪽의 베벨기어를 거쳐 엔진의 동력을 90° 전환해서 추진기에 전달된다. 프로펠러축은 Dog Clutch 위치에 따라 전후진 운전

이 가능하며 프로펠러에서 발생하는 추력은 테이퍼 롤러베어링으로, 반경방향하중은 Needle Bearing으로 지지하는 것이 대부분이다. 운전중 프로펠러가 해상 부유물이나 해저 돌출부에 접촉할 때 구동축계의 치명적인 손상을 방지하기 위해 프로펠러축에 방진고무를 삽입하거나 부분적으로 축경을 가늘게하여 비틀림강성을 작게하여 감쇄효과를 갖도록하고 있다.

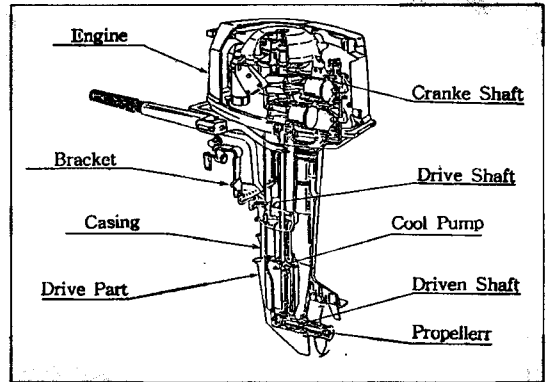


그림 1. 선외기 구조도

2.1.2 Water Jet 추진장치

저속선의 추진효율은 프로펠러에 비해 나쁘기 때문에 배수량형 선박에는 부적당하고 활주형(카타마란, SES, 유람선)이나 비교적 고속선박(고속훼리, 경비정, 순시선)에 적합하다. 구동엔진 출력을 100% 활용할 수 있기 때문에 상륙정에 탑재되기도 한다. 이것은 그림 2에 보이는 바와 같이 선저로부터 유입된 해수를 펌프로 유도하는 흡입덕트, 구동축을 포함한 펌프본체, 조타 및 역추진력을 발생하기위한 Bucket 및 노즐로 구성되며 이것을 조종하는 유압장치, 유압시스템을 제어하는 원격조종장치는 조타실에 설치된 제어반에 연결된다. 이것은 해안에 인접한 선진국의 많은 전문제작사들에 의해 공급되고 있으며 25~50노트 범위의 100~200톤급 여객훼리, 50~60노트 범위의 100톤급 호화요트나 200~400톤급 특수선(군함, 순시선)에도 탑재되고 있다. 추진장치의 성능은 설계자료에 좌우되며

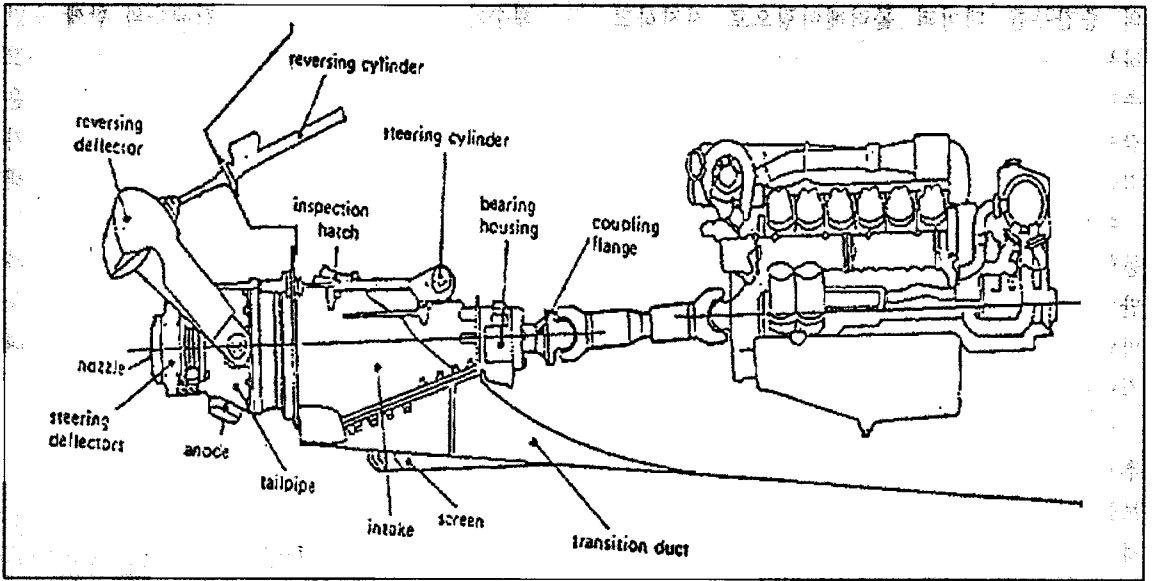


그림 2. Water Jet 추진장치 구조도

유동특성에 따라 축류·사류, 원심펌프로 구분되는데, 선속이 증가됨에 따라 발생하는 추력의 변화는 축류펌프의 경우는 급격하게 감소하고 원심펌프의 경우는 완만하며 사류펌프는 중간정도의 변화를 갖기 때문에 고속일수록 원심펌프형을, 저속 일수록 축류펌프형을 선택하는 것이 유리하다.

워터젯트는 감속기어나 역전크러치가 없이 구동엔진에 직접연결 되므로 축계의 동력전달효율을 개선할 수 있고 구조가 간단하여 정비·유지하는데 특별한 훈련이나 주의가 요구되지 않는다. 주요 구성부품은 구동축, 지지베어링, 임펠러, 유입구를 갖는 덕트, 스크린, 케이싱과 여기에 결합된 역전, 조향장치를 들 수 있다.

2.1.3 선미구동장치(Inboard Stern Drive System)

선미추진장치에는 엔진직결형과 유압모터 구동형이 있으며 이들은 구동엔진을 선내에 설치하고 추진장치는 선미벽 외부에 설치하므로 선내외기라 부르기도 한다. 이것을 구동하는 엔진의 출력은 30~350마력 정도이고 가솔린엔진이나 디젤엔진을 선택하는데 제한이 없어지며, 좌

우현으로 선회할 때 추진기의 추력방향도 동시에 변경되므로 조타성능이 우수하다. 또 수심이 낮은 지역에서는 적절한 각도로 인양(Tilting) 되도록 할 수 있다.

그림 3의 엔진직결형은 수직축과 추진기축을 베벨기어로 연결하고 필요에 따라 감속시키며 역전장치로는 Dog Clutch, Cone Clutch, Hydraulic Clutch 등을 요구하며 엔진의 출력이 높아짐에 따라 역전장치의 내구성이나 운전·조작의 편의성을 개선하기 위해 Cone Clutch나 Hydraulic Clutch를 일반적으로 사용한다. 구동축

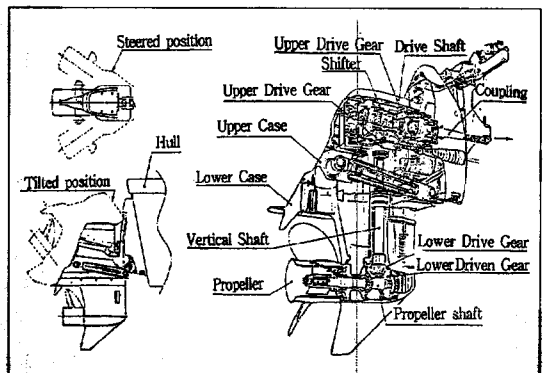


그림 3. 선미구동장치 내부구조

의 중간부를 테이퍼 롤러베어링으로 지지하고 하부 구동기어 가까이 니이들베어링을 설치하여 추진기의 횡방향 하중을 지지하며, 베어링이나 감속기어에 윤활유 공급을 원활하게 하도록 수직축에 날개형 임펠터를 부착하기도 한다.

이에비해 본 연구를 통해 개발된 유압모터 구동형추진장치는 본체가 선미벽 외부에 부착되지만 유압펌프를 구동하는 엔진은 기관실내의 임의의 장소에 유압배관장치와 함께 비교적 자유롭게 배치가능한 구조를 갖는다.

추진장치의 전후진운전이나 회전속도 변경은 추진장치 상부에 부착된 유압모터를 유압조종밸브를 조작하여 가능하고 좌우현 조향각이나 상하 인양각은 선미벽과 추진장치 사이에 설치된 각각의 유압실린더를 원격제어하므로써 운전조작이 신속하고 간편한 특성을 갖고 있다. 고압과 고속회전이 가능하게 하는 유압시스템의 도입으로 제조원가가 상승되는 요인이 있으나 축배열 문제로 인한 축계진동이나 내구성을 개선하고 탄성카프링, 역전장치를 생략할 수 있다.

구동엔진은 밀폐된 기관실 내에 설치되므로 엔진본체를 냉각하는 냉각청수와 윤활유를 해수로 간접냉각하는 방식을 취하며, 배기축진을 위한 연소상태를 개선하고 운전중 배기소음을 낮추고 배기관의 과열방지를 위해 청수냉각기를 통과한

해수가 배기다기관을 거쳐 냉각해수와 함께 수면하의 선외로 배출되도록 하는 구조를 선택하고 있다. 수면하에 배기를 배출시키는 것은 정상운전중에 추진기 중심부에 부압이 형성되므로 배기가 촉진되고 소음이 크게 감소되는 이유이다. 해수펌프는 엔진의 크랭크축에 있는 벨트플리로 구동되며 유압시스템의 유냉각기와 엔진을 냉각하는 청수냉각기는 원통형 튜브식이며 엔진에 부착된 배기다기관은 외부로 냉각해수가 통과하고 내부는 배기가스가 통과하도록 하는 이중구조이며 토출구에서는 해수와 배기가 혼합되도록 하여 추진기축과 고무호스로 연결된다.

2.2 추진장치별 특성

3톤이하의 소형선박에 가장 많이 사용되고 있는 것은 선외기와 선미추진장치이며 이들의 장단점을 비교하면 표 1에 보이는 바와같다.

선외기보다 큰 출력을 요구하는 활주정, 어선 등에 사용되는 것으로 그림 3에 보이는 바와같이 선내에 엔진이 탑재되고 선미벽 바깥에 추진장치가 배치된다. 이것을 구동하는 엔진출력범위는 30~350마력 정도이고 개솔린엔진이나 디젤엔진을 선택하는데 제한이 없어지며 좌우현으로 선회할때 프로펠러 추력방향도 동시에 변경

표 1. 추진장치별 장단점 비교

구 분	장 점	단 점
선 외 기	- 경량, compact - 설치 및 운반 용이 - 축계배열 생략	- 연료비 과다(개솔린엔진) - 내구성 결여 및 정비빈번 - 출력 제한(100마력 이내)
선미추진장치 (엔진직결구동)	- 구동엔진 선택 다양 - 원격제어(역전,조향,인양)	- 경사각 제한(70°이내) - 출력 제한(350마력 이내)
선미추진장치 (유압모터구동)	- 구동엔진 정속운전 가능 - 역전기어 생략, 내구성 향상 - 기관설치장소 선택 다양	- 유압시스템 고가 - 고압력 유압배관 복잡 - 출력 제한(500마력 이내)
워터젯트	- 구동엔진 과부하 방지 - 해저돌출물 충돌사고 제거 - 고속주행(30노트)에 유리	- 저속에서 추진효율저하(60%) - 혼입된 수중 이물질 제거 - 축계배열 복잡

되므로 조타성능이 우수하다. 또 수심이 낮은 지역에서는 적절한 각도로 경사(Tilting) 되도록 할수있고 내부구조는 그림 4에 보이는 바와 같이 수직축과 프로펠러축은 베벨기어로 연결하고 필요에 따라 감속시키며 역전장치는 Dog Clutch, Cone Clutch, 유압크러치 등을 요구사양에 맞추어 선택할 수 있다. 최근에는 엔진의 출력이 높아지고 있어 역전장치의 내구성이나 운전조작의 편의성을 개선하기 위해 Cone Clutch 나 유압크러치를 일반적으로 사용하고 있다.

이것을 구동하는 엔진은 추진장치와 직접 연결되기 때문에 엔진축에 감속장치, 역전장치를 설치할 필요가 없고 별도의 Rudder, Steering gear도 제거되므로 선박 동력기관의 운전조작이나 정비작업이 간단하고 축계배치도 간단하다. Water Jet 추진장치와 유압모터 구동형 선미추진장치는 전속운전이나 최대출력 상태에서도 전후진, 급정지 및 미속운전이 가능하다. 탑재선박의 사용조건에 따라 임펠러 또는 프로펠러의 회전방향, 직경 및 피치를 적절하게 선택하여 선박의 추진효율을 높게 유지하는 것이 중요하다.

3. 유압구동 선미추진장치의 설계

3.1 사양결정

국내 FRP선 가운데 선박검사기술협회에 등록된 소형어선의 등록현황은 표 2에 보이는 바와 같이 선외기를 탑재한 2톤미만의 선박을 제외한 2~5톤 범위의 선박은 등록선박의 60%를 차지하고 대부분 남해안에서 연안어업이나 양식어업에 이용되며, 이 가운데 2~3톤 42%, 3~4톤 27%, 4~5톤 31%로 분포되어 있어 유압모터 구동형 선미추진장치의 탑재가 가능한 3톤급 선박을 중심으로한 소형선박이 주종을 이루고 있음을 알수 있다.

3톤급 FRP선에 탑재하여 주행속도를 30노트로 유지가능한 유압모터 구동형 선미추진장치를 제작하기 위해서 구동엔진의 출력, 배기 및 냉각방법, 유압시스템의 펌프와 모터의 형식, 용량, 구성방법, 냉각방법, 추진장치의 조향과 인양각 제어방법, 추진기의 설치방법, 회전속도, 날개형상 등을 결정한 후 주기관과 유압시스템의 냉각

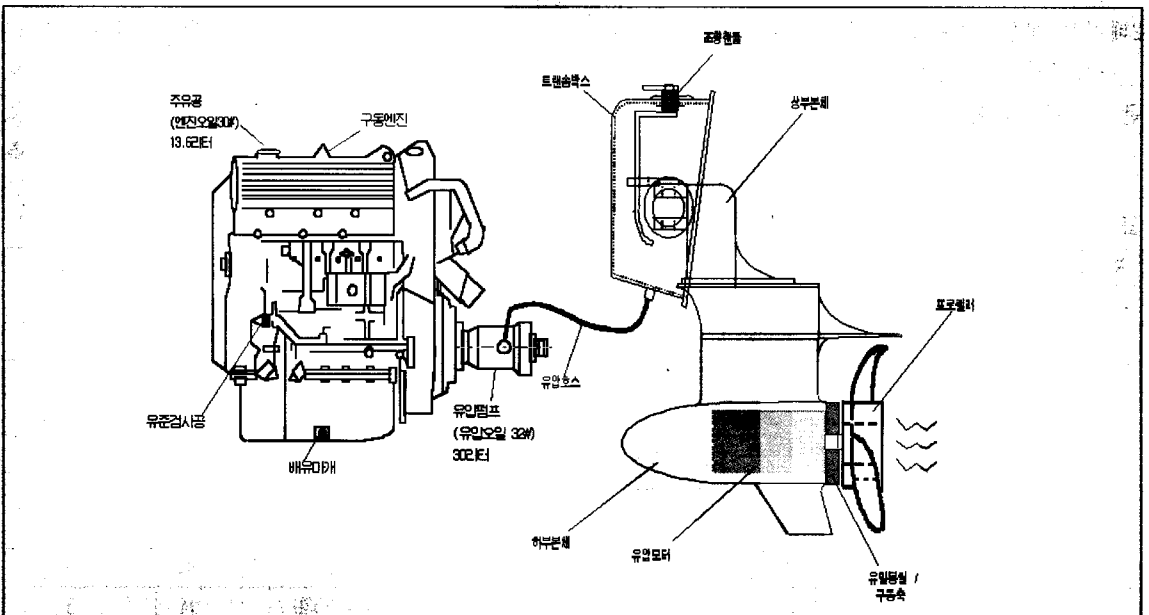


그림 4. 유압모터 내장형 선미추진장치

방법에 따라 냉각기와 펌프의 용량을 결정한다.

소형선박의 선미추진장치는 기관실의 설치면적이 협소하므로 고속운전을 위해 설치되는 구동엔진과 유압시스템은 경량화와 compact화로 설치공간을 축소하고 중량을 저감시키기 위해 3,000rpm 이상의 고속디젤엔진을 선택하고 작동 유압을 300bar 이상으로 유지하는 사축형 유압펌프와 유압모터를 선택해야 한다. 추진장치의 재질은 본체를 알루미늄합금으로 하여 경량화하고 해수면에 접촉되는 부품의 내식성을 유지하기 위해 가공적 추진기축을 포함한 구조물을 스테인레스강으로 하되 본체와 부식성 강재에는 적절한 방식아연판을 부착하고 유압시스템을 제외한 엔진 및 추진장치의 냉각, 윤활, 배기시스템은 엔진 직결형 선미추진장치에서 채용하는 방법을 활용한다. 인양각 제어를 위한 유압시스템은 추진장치의 유압을 20bar 정도로 감압하여 이용하므로써 제조원가 절감은 물론 동력원의 효율증대, 배관작업의 단순화 및 경량화를 기하도록 한다. 이렇게 하여 구동엔진과 추진장치를 패키지로 상품화할 경우 수입가격의 60% 수준에서 공급가능토록 하고, 성능 및 내구성은 기존제품의 2배이상 개선되도록 기본방향을 설정하였다.

구동엔진, 추진장치 및 유압시스템의 주요사양은 아래와 같다.

- 구동엔진

형 식 : Hyundai 6DACG, 직접수냉식 4행정, 6기통 디젤엔진

출 력 : 320PS×1,800rpm, 127kgm

- 선미추진장치

재 질 : AC4C(본체, 추진기), SUS316(축, 조종링크)

치 수 : L938×B370×H1,100mm, 중량 85kg (dry 상태)

범 위 : 조향각 ± 45°, 인양각 0~90°, 회전수 0~3,000rpm

추진기 : 직경 394mm, 핏치 380mm, 날개수 3개

- 유압시스템

모 델 : NV172DT(사판식펌프), A7V160(사축식모터)

형 식 : 밀 폐 형 , 피 스톤 형 , 320bar, 3,000rpm(추진축), 모터내장

용 량 : 340cc/rev×1,800rpm(펌프), 160cc/rev×3,000rpm(모터)

- 탑재선

재 질 : FRP

속 도 : 28knot

치 수 : 3톤, L7.5×B2.1×D1.0m

3.2 구동엔진 출력계산

소형 고속선의 속도시험에서 주기관의 출력측

표 2. 국내어선 등록현황(98. 6. 30 현재)

(단위:척)

지 역	계	2톤미만	2~5톤	5~10톤	10~20톤	20~40톤	40~70톤	70~220톤	220톤 이상
계	91,711	56,647	20,815	7,006	1,571	1,977	1,259	1,791	645
부산	8,573	5,266	1,074	323	155	222	162	747	624
인천	4,237	2,363	882	542	77	45	87	232	10
강원	4,099	2,158	999	455	152	127	79	128	
충남	7,307	4,724	1,637	768	92	62	15	9	
전북	4,621	2,932	667	593	152	107	35	134	1
전남	32,694	21,692	7,505	2,142	266	338	421	312	6
경북	4,857	2,813	1,036	449	153	184	92	130	
경남	22,629	14,048	5,865	1,115	447	718	339	94	3
제주	2,694	647	1,150	619	77	166	29	5	1

정이 불가능하므로 배기온도나 배기색으로 추진기의 하중상태를 판단하는 정도이지만 최근에는 소형 고속선의 시운전실적으로 부터 얻은 속도계수(V/\sqrt{L})와 동력계수($THP/\Delta\sqrt{L}$)의 관계곡선이나 선장(L)과 배수량(Δ) 및 구동엔진 출력(BHP)의 관계로부터 구하는 방법을 채택하고 있다.

선박의 길이 L(m), 최대선폭 B(m), 배수량 $\Delta(m^3)$, 속도 V(knot), 추진효율 $\eta_p=0.6\sim 0.75$, 전달효율 $\eta_e=0.8\sim 0.95$, 선체의 형상계수 $\eta_F=0.9\sim 0.95$ (L- Δ 곡선 활용의 경우)일 때 $THP/(\Delta\sqrt{L})\sim V/\sqrt{L}$ 관계로 부터 출력속도를 추정하는 것이 가능하다. $V/\sqrt{L}=8$ 이하인 고속선의 경우 $L/\Delta^{1/3}=5.5\sim 7.0$ 이고 이보다 크거나 작으면 배수량 1톤당 저항은 증가한다. $V/\sqrt{L}=4.5$ 이하의 저속선인 경우 선형이 각형보다는 둥근형이 유리하고 $V/\sqrt{L}=8$ 이상인 고속선의 경우에는 Hydro-plane형에 해당된다. 배수량 $\Delta=3.0$ (ton), 선장 $L=7.5$ (m), 주행속도 $V_s=28$ (knot)를 목표로 할 경우 구동엔진의 출력 BHP는 $V/\sqrt{L}=28/\sqrt{7.5}=10.2$ 일 경우 그림 5에서 $THP/\Delta\sqrt{L}=27.5$ 이므로 추진마력 THP와 구동엔진의 제동마력 BHP는

$$THP = 27.5 \Delta\sqrt{L} = 27.5 \times 3.0 \times \sqrt{7.5} = 226(PS)$$

$$BHP = THP/(\eta_p\eta_e) = 226/(0.75 \times 0.95) = 317.2(PS)$$

$$= 320(PS)$$

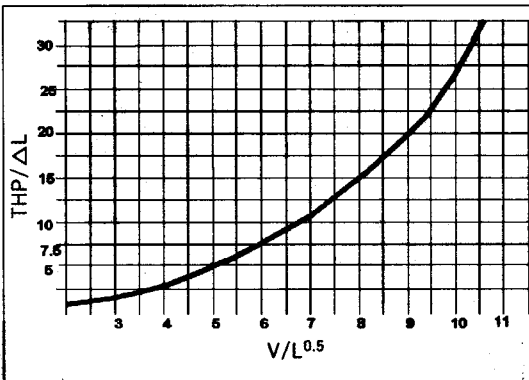


그림 5. $V/\sqrt{L}-THP/\Delta\sqrt{L}$

3.3 추진기의 외형치수

탑재선의 배수량 $\Delta=3.0m^3$, 방형계수 $C_B=0.62$, 선속 $V_s=28knot$, 추진기 회전수 $N=3,000rpm$, 전달마력 $THP=226PS$ 일 때 그림 6과 같이 Itho 씨가 제안한 추진기(B_3-50)의 $\sqrt{B_p}\delta, p$ 관계곡선으로부터 추력감소계수 t , 반류계수 w , 전진속도 V_A (knot), 출력계수 B_p , 직경계수 δ , 피치비 p , 전개면적에 대한 투영변적비 A_p/A_a 및 추력 T(kgf) 구하면

$$t = C_B - 0.15 = 0.62 - 0.15 = 0.47$$

$$w = 3C_B/4 - 0.24 = 3 \times 0.62/4 - 0.24 = 0.225$$

$$V_A = (1-w)V_s = (1-0.225) \times 14.39 = 11.15(m/sec)$$

$$= 21.7(knot)$$

$$B_p^{0.5} = (N \cdot THP^{0.5} / V_A^{2.5})^{0.5} = (3,000 \times 226^{0.5} / 21.7^{2.5})^{0.5} = 4.53$$

$$T = THP/V_A = 226 \times 75/11.15 = 1,520(kgf)$$

$$A_p/A_a = 1.067 - 0.229p = 1.067 - 0.229 \times 0.77 = 0.88$$

$$D_o = \delta V_A / N = 57 \times 21.7 / 3,000 = 0.412(m) = 412(mm)$$

$$H = D \cdot p = 412 \times 0.77 = 317(mm)$$

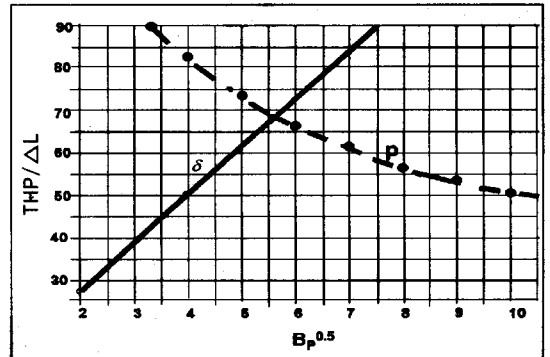


그림 6. $\sqrt{B_p}-\delta, p$ 관계곡선(B_3-50 추진기)

3.4 유압시스템 구성

추진장치의 구동을 위해 엔진에 설치된 유압 펌프로부터 작동유를 추진기가 설치된 유압모터에 공급하여 추진기를 0~3,000rpm 범위의 회전

수로 전후진 운전 되도록 하기 위해 제어밸브에서 300~320bar 정도의 작동유 흐름방향을 원격으로 변환되도록 한다. 추진장치의 제조원가 가운데 큰 비중을 차지하고 있는 유압시스템의 기능을 단순화 하고, 작동유의 일부를 인양각 제어를 위해 작동압력을 30bar 정도로 낮추어 활용하는 시스템을 그림 7에 보이는 바와같이 구성하였다. 유압모터의 구성부품을 선미추진장치 본체에 내장시키는 경우 유압모터 실린더블록의 직경이 커지면 본체의 단면적이 증가되어 선박이 주행시 유체역학적저항으로 인해 추진효율을 크게 낮출 염려가 있어 제작 및 조립이 다소 용이한 사판식 유압모터 대신 내구성이 우수하고 본체의 단면적이 20% 정도 감소되는 사축식 유압모터를 선택하였다. 추진기축은 유압모터 구동축을 활용하여 추진기축 설치공간을 축소하고

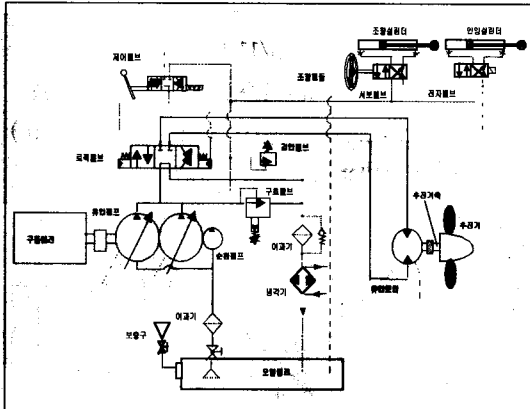


그림 7. 유압모터 구동형 선미추진장치의 유압시스템

지지베어링 및 카프링을 제거할 수 있도록 하였다. 이와같이 추진기가 설치된 유압모터를 구동하는 작동유의 압력을 300bar 이상의 고압을 유지하는데 왕복피스톤형이 유리하며, 주기관에 부착되어 구동되는 유압펌프는 주기관의 회전방향에 일치하도록 연결축에서 보아 시계방향으로 회전하고 유압펌프의 제조원가 저감과 정비유지를 용이하게 하면서 전후진 운전이 가능하도록 하기 위해 양방향토출 가변용량형 유압펌프를 선택하였다. 따라서 추진기를 구동하는 유압모터는 양방향 토출이 가능한 사축식 구조의 일정용량형으로 하고 여기에 직결구동되는 추진기의 추력방향이 변하는 전후진 운전을 위해 제어반에 설치된 역전레버를 조작하면 펌프에서 토출된 작동유가 파이롯드밸브와 서어보실린더에 의해 펌프에 내장된 경사판의 경사각이 변하여 작동유의 토출방향이 전환되는 밀폐형 유압시스템을 선택하였다. 유압펌프의 토출량 $V_{th}(m^3)$ 는 주기관의 토오크 $T_{th}=127(kg \cdot m)$, 회전수 $N=1,800rpm$, 토출압력 $p_m=3.0 \times 10^6 kg/m^2$ 이므로

$$V_{th} = 2\pi T_{th} / p_m = 2 \times \pi \times 127 / (3 \times 10^6) = 0.000266(m^3/rev) = 266(cc/rev)$$

상기의 계산결과로부터 펌프의 전달효율을 감안하여 토출용량이 340cc/rev인 NV172DT 모델을 선정하였다.

표 3. 추진장치 본체의 주요부품별 사용재료

품번	부품명칭	재질	품번	부품명칭	재질
1	고정판	AC4C	9	방식 아연판	Zn
2	인양 실린더	SUS304	10	추진기	AIBC
3	인양 링크	"	11	오일셀 하우스	AC4C
4	조향 핀	NBR	12	지지 베어링	
5	유압 호스	FRP	13	모터/추진기축	SCM4
6	상부 덮개	AC4C	14	유압모터	
7	상부 본체	"	15	조정판 지지블록	SUS304
8	하부 본체	AC4C	16	유압관	SUP

3.5 추진장치 구조 및 축계

3.5.1 추진장치의 구조 및 부품

중량감소를 위해 재질을 알루미늄(AC4C)으로 선정하고 그림 8에 보이는 바와같이 본체를 상하부로 분리되도록 하며 추진기를 구동하는 사축식 유압모터의 구성부품인 실린더블록, 피스톤, 센터핀, 스프링, 경사각 조절판 등이 조립된 상태로 추진장치의 하부본체에 내장되도록 상부에 충분한 공간을 유지하는 구조로 하였다. 선외로부터 해수의 유입을 방지하고 유압모터의 작동유가 외부로 배출되는 것을 방지하며 주행중 추진기로부터 발생하는 추력을 지지하도록 베어링과 오일셀을 선정한 후 베어링하우싱에 조립하여 본체의 선미축 관통구에 8개의 볼트로 고정되도록 한다. 추진기는 구동축에 가공된 테이퍼부에 2개의 키를 삽입하여 고정되고 이탈방지를 위해 스테인레스강으로 제작된 너트를 추진기축의 관통구를 통하여 체결된다.

3.5.2 구동모터의 구동축 직경 및 강도계산

구동엔진 출력의 전달마력 P=226(PS) 일때 추진기의 설치를 위해 단조강으로 제작되는 유압모터 구동축의 최소직경 d_s 를 KR 프로펠러축 계산식에서 구하면, 추진기의 조립을 스프라인으로

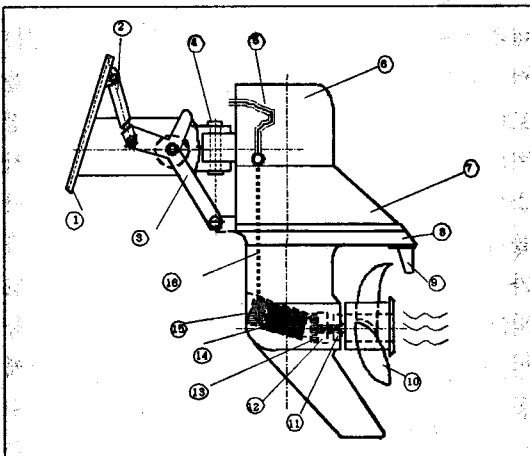


그림 8.유압모터 내장형 추진장치 본체 조립도

로 하고 여기에 전달되는 동력 P=300(PS), 추진기 회전수 N=3,000rpm 이므로

$$d_s = K \cdot F \{ (0.735P/n) \times 57.1 / (\sigma + 16.3) \}^{(1/3)}$$

$$= 100 \times 1.2 \{ (0.735 \times 300 / 3,000) \times 57.1 / (60 + 16.3) \}^{(1/3)} = 45.6(\text{mm})$$

여기서

d : 축의 최소직경(mm)

F : 구동엔진의 종류에 따른 계수(스립형 카프링 F=95, 기타 F=100)

K : 축 설계특성에 대한 계수(일체형 K=1.0, 스프라인 K=1.2)

n : 축의 정격 회전수(n=3,000rpm)

P : 구동엔진의 정격 출력(P=300PS)

σ : 축재질의 인장강도($\sigma=60\text{kg/mm}^2$)

4. 추진장치의 성능 관련사항

4.1 성능시험 기준

4.1.1 개요

소형선박용 선미추진장치는 국내의 경우 현재 까지 성능시험 기준이 정립되어 있지 않기 때문에 일본의 선외기 성능시험 기준을 활용코자 한다. 특히 유압모터로 구동되며 본 연구에서 실용화 시키고자 하는 제품은 선박이나 일반 산업기계에서 이용되는 유압시스템을 도입하고 있어 이에대한 검토가 필요하다. 대부분의 선외기는 개솔린엔진이나 디젤엔진 수직축에 직결되어 추진기에 전달되는 동력을 감속기어를 통하여 감속되고 별도의 클러치나 역전장치를 구비해야 한다. 반면, 유압구동 추진장치는 이들 감속기어나 역전장치를 제거할 수 있어 이들로부터 발생하는 소음이나 내구성 문제를 해결할 수 있지만, 제어반에 부착된 파이롯드밸브나 펌프 가까이 설치된 제어밸브에서의 문제점을 해결하고 특히 고압으로 운전되는 작동유 공급관이나 운전중 발생하는 열량을 제거하기 위해 설치되는 냉각

기의 누설방지과 냉각해수 접촉면에서의 방식문제를 해결가능 한지 검토해야 한다. 유압시스템에 이물질이 혼입되어 제어계통이나 배관계통이 막히지 않도록 대책을 강구하는 것도 중요한 사항이라고 할 수 있다.

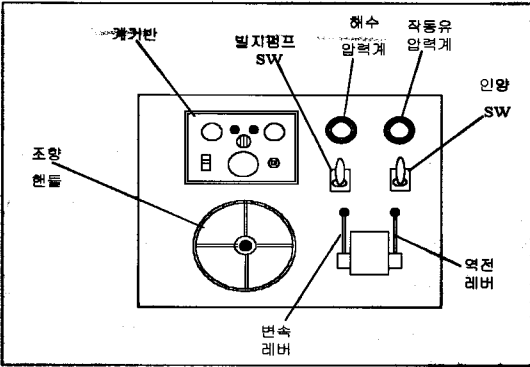


그림 9. 원격제어반 구성도

4.1.2 성능시험 방법 및 판정기준

추진장치를 제작하거나 정비후 성능이 발휘되는지를 검토하기 위해 실선탑재 전 육상시험이나 탑재후 실선시험을 행한다. 이때에 이들의 작동상태가 양호한지를 확인하기 위해 적용되는 성능시험 방법과 판정기준을 열거하면 표 4에 보이는 바와 같다. 육상시험은 수조에서 수행하고 탑재시험은 추진장치를 그림 10에 보이는 바와같이 설치하여 현장에서 시험한다.

실선탑재시험에서는 해상상태를 고려하여 전후진시험, 조향시험, 주행시험 등을 수행하여 설

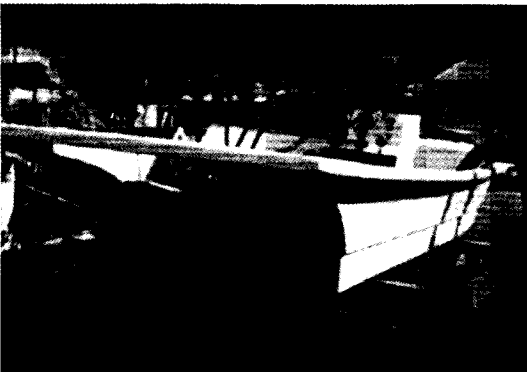


그림 10. 추진장치의 실선탑재 상태

계사양과 비교하고 유압시스템과 냉각시스템의 내구성, 온도상승 및 진동·소음의 발생여부를 검토한다. 탑재시험을 위해 사용되는 주요 실험장치의 사양 및 구성도는 그림 11에 보이며 주행운전시 이를 이용하여 선속, 회전수 작동유 흡출출압력, 배기온도 등을 측정한다.

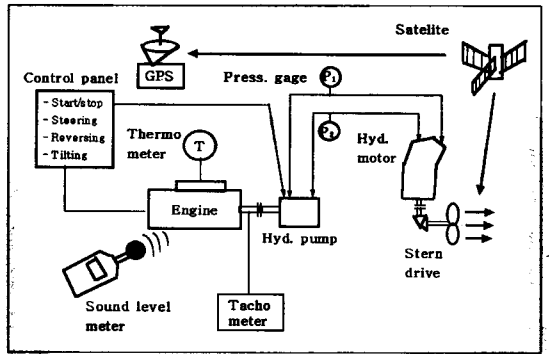


그림 11. 탑재시험의 측정장치 구성도

측정장치 가운데 GPS는 탑재선의 주행속도를 항해위성을 통하여 0.1knot 이하의 오차로 정확히 측정가능하고 온도계, 회전도계 및 소음/진동 측정장치는 추진장치와 구동엔진의 성능상태를 측정하는데 이용된다.

5. 결 론

당기계연구원이 보유하고 있는 100마력급 선미추진장치(구동엔진 직결형, 유압모터 외장형)의 시작품 설계, 제작 및 성능시험 관련기술을 토대로 300마력급 유압모터 내장형 선미추진장치의 실용화가 가능하도록 제품의 설계, 유압시스템의 구성 및 성능시험 기준을 정립하였다. 이들 제품은 향후 100% 국산화가 가능하고 나아가 5톤 미만의 소형선박 추진장치로 현재 수입되고 있는 선외기와 선미추진장치에 비해 성능이 훨씬 우수하고 고속엔진을 추진장치와 함께 공급할 경우 제품가격을 50% 가까이 낮출 수 있어 국내시장에서 충분한 경쟁력을 갖고 연간 500대 이상을 공급가능하다고 판단된다. 더욱이

표 4. 선미추진장치 성능시험 기준

시 험 방 법	판 정 기 준	비 고
1. 무부하 고속운전시험 무부하상태로 연속최대 회전수의 1/2이하의 회전수로 부터 최대회전수의 120% 이상 회전수까지 10초간 6회 반복운전	각부의 발열상태, 진동상태에 이상이 없을것	수조에서 시행
2. 전부하시험 운전가능한 속도범위에서 성능 측정	운전상태가 원활하고 여러 가지 성능에 이상 없을것	소형선박 선미계에 준함
3. 최저속도 운전시험 크릿치를 연결하고 운전가능한 최저속도로 10분간 운전	운전이 원활할것	원칙적으로 수조에서 시행
4. 역전장치 조작시험 무부하로 100회이상 조작하고 그 후에는 연속최대출력의 75% 부하로 30분 운전	조종성 검사후 역전장치의 각종 성능확인	역전장치가 있는 경우에 한함
5. 내구시험 내구성을 확인하기 위해 연속최대회전수로 반복응력이 10 ⁶ 회에 상당한 시간 또는 50시간 가운데 긴 시간 운전	각종 성능을 확인하여 내구성 여부판단	
6. 급가감속시험 구동엔진의 속도를 무부하 최저 회전수에서 연속최대 회전수의 110%까지 증가속을 100회 반복 하되 1사이클은 15초를 표준	운전이 원활할것	
7. 개방검사 상기시험 완료후 개방검사	이상마모나 결함이 없을것	

수요가 급증하고 있는 3톤급 선박의 주행속도를 30knot 정도로 고속화 하는 추세에 따라 300마력급 선미추진장치 본체에 유압모터를 내장할 경우 제조원가 절감은 물론 선외기나 선미추진장치의 내구성을 떨어지게 하는 감속기어를 제거하고 인양각을 종래의 60°범위에서 90°이상으로 크게 할수 있어 추진기의 정비유지가 매우 편리하다고 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 全孝重, 船舶動力傳達裝置, 太和出版社, 1986.

[2] 横尾辛一 外, 中小型 船舶 프로ペ라 設計法 と 參考圖表集, 成山堂, 1973.

[3] R. P. Gokarn, Tug Propeller Design, Marine Technology, April, 1969.

[4] 韓國船級, 船級 및 鋼船規則-機關裝置, 1977.

[5] 商工部, 小型船舶 驅動裝置 開發에 關한 研究, 한국기계연구원 연구보고서 BSM226-1616·D, 1992. 8.

[6] 通商産業部, 中型 Water Jet 推進裝置 開發, 한국기계연구원 연구보고서, 1997. 8.

[7] A. J. Stephanoff, Cenrifugal and Flow Pumps, John Willy & Sons Ins., Zedd. 1948.

[8] 河在賢 外, 流體機械, 大學圖書, 1979.

[9] 半田建一 外, 小型船 推進機의 軸系, 日本 船舶用機關學會, 第27券 第9號, 1992.8.

[10] Y. Seno, etl, A Blade Theory of an Impeller with an Arbitrary Surface of Revolution, Trans. of ASME, 1972.

[11] 科學技術部, 油壓모터 驅動型 船尾推進裝置 開發, 한국기계연구원 연구보고서, 1998.11.