

발 간 등 록 번 호  
11-1532000-000025-14

# 함정장비 고장 사례집



**해양경찰청**  
KOREA COAST GUARD



## 현장에서 경험하여 얻은 노하우를 함축성 있게 정리

해양경찰청장 치안총감 **조현배**

21세기는 해양의 시대로서 우리 바다는 세계 경제의 중심으로 부상하고 있으며 우리와 이웃한 주변국도 해양자원과 영토 보전을 위하여 한 치 양보 없는 해양관할권 경쟁을 하고 있습니다.

우리의 바다는 동북아 중심에 위치한 전략적 요충지로서 반도국가의 지정학적 요인과 대북관계라는 특수성으로 인해 해양안보와 해양정책 등에 대한 국민적 관심이 날로 높아지고 있습니다.

이러한 국제적 환경에 대비하기 위하여 우리 해양경찰은 창설 당시 6척의 경비함으로 시작하여 지난 반세기동안 장비의 첨단화와 고속화 등 눈부신 발전을 이루었으며 340여척에 이르는 경비함정이 동·서·남해를 지키며 밤낮으로 활동하고 있습니다.

지금까지 해양경찰이 충실하게 임무를 수행할 수 있었던 것은 보이지 않는 곳에서 묵묵히 장비를 체계적으로 관리하고 정비하는 직원들의 노력 때문입니다.

그러나, 장비가 첨단·다양화 될수록 철저한 관리와 세심한 주의 없이는 고장 예방은 물론 고장 발생시 효과적으로 대처할 수 없습니다.





금번 장비고장사례집은 이러한 것을 염두에 두고 고장사례를 철저히 분석·연구하여 장비별·유형별로 정리하였고, 여러분이 일선 현장에서 경험하여 얻은 노하우를 발굴하여 함축성 있게 정리, 책자로 발간하게 되었습니다.

본 사례집을 함정 정비 지침서로 잘 활용한다면 장비고장을 최소화하여 함정이 최상의 성능을 유지한 채 임무 수행이 가능할 것으로 믿습니다.

끝으로 보이지 않는 곳에서 묵묵히 임무를 수행하고 있는 함정직원들의 노고에 감사 드립니다.

2019. 12.

해양경찰청장 치안총감

조 현배

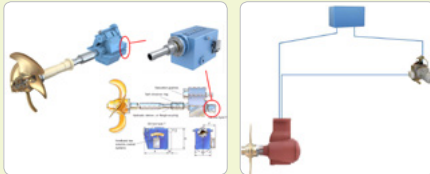


# 한눈에 알아보는 함정 장비

동영상은 QR코드로~

## 추진장치

회전축에 장치하고 기관으로 회전시키면 추력이 발생한다. 깃각을 바꿀 수 있는 것을 가변피치 프로펠러, 바꿀수 없는 것을 고정피치 프로펠러라고 한다.



## 헬기갑판·격납고

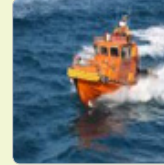
헬기 이·착륙을 위한 갑판과 격납고가 있음



급유장치 작동법

## 고속단정

총 4대를 탑재, 불법외국어선 단속 및 응급환자 후송 등에 활용



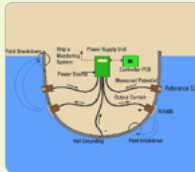
단정 운용법

## MGPS

해양생물방지장치는 구리와 알루미늄 양전극봉에 전류를 가하여 생성된 작은 입자들이 해수와 함께 공급되어 해양 자생물의 부착방지 및 부식방지기능을 한다.

## ICCP

선체부식억제장치는 선체 이온화를 막아 철판의 부식을 방지한다.



## 기관실

기관장·기관 직원이 함정의 심장부인 엔진을 비롯한 각종 장비를 정비 및 관리함

## 장비

엔진(7,400kw) 4기, 발전기(1,200kw) 등



주기관 작동법



발전기 병렬운전법



# KOREA COAST GUARD

## 함교

함장을 비롯한 항해·통신부서 직원들이 운항·통신 등을 담당하고 있음



## 장비

레이더 2대(선박 등 탐지), 야간 탐지 카메라, 에코사운더(해저탐색), 코스넷(위성통신망), 기상관측장비 등 다양한 항해·통신장비가 있음



항해장비 작동법



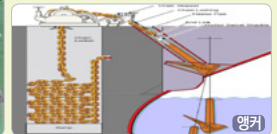
레이더 작동법

## 계선계류장치

부두, 부이 등 해상 계류시설 또는 해양구조물 등의 접안 설비에 고박하는 장치이다. (WINDLASS&MOORING WINCH)



함미 윈드라스



앵커



크레인 작동법



오일펌프 설치법



소방장비 사용법

## BOW THRUSTER

선수 하단에 설치 되어있는 배의 보조적인 조향 능력을 갖도록 해주는 프로펠러





# 01

## 5000톤급

### 함정장비 고장 사례

주기관 터보차저 손상 수리(동해서 5001함)	12
발전기 ECU 불량으로 인한 교체 수리(서귀포서 5002함)	15
발전기 동체 회전자 가공 및 베어링 교체 수리(서귀포서 5002함)	19

# 02

## 3000톤급

### 함정장비 고장 사례

좌현 주기관 터보차저 수리(부산서 3001함)	24
주기관 B2기통 손상(목포서 3015함)	27
주기관 인젝터 수리(제주서 3012함)	36
주기관 피스톤 및 라이너 스커핑 현상 발생에 의한 복구 수리(서특단 3005함)	40
No.3 발전기 청수쿨러 교체 수리(서특단 3008함)	53
발전기 주파수 제어 수리(목포서 3015함)	58
고속단정 하부 기어박스 불량 부품 교체 수리(제주서 3012함)	62
냉수기(수냉장치) 압축기 상태 불량 (서귀포서 3003함)	66
식품냉동기 압축기 저압스위치 교체 수리(제주서 3002함)	68
해양오염방제장비(유회수기) 점검 수리(교육원 3011함)	72
링 레이저 자이로 고장시 대처법(제주서 3012함)	77
청수쿨러 자체 세척 장비 제작(군산서 정비계)	80

# 03

## 1500톤급

### 함정장비 고장 사례

주기관 B2 TC 손상(목포서 1508함)	84
NO.2 공기압축기 실린더 교체 수리(부산서 1503함)	87
보조 냉각 해수펌프 고장 수리(제주서 1505함)	91
예인기 유압유 쿨러 육성 가공 수리(제주서 1505함)	94
침수 감시 시스템 자체 개발·설치 수리(부산서 1501함)	96
크레인 와이어 교체 수리(태안서 1507함)	99



## 04 1000톤급 함정장비 고장 사례

워터제트 흡입구 파공부 보강 수리(서특단 1002함)	104
40MM 함포(노봉) 선회구동모터 수리(군산서 1001함)	107
단정 크레인 안전장치 제작 설치 수리(통영서 1006함)	110
야간 열상카메라 작동 불량 수리(목포서 1007함)	120
자이로 컴퍼스 재부팅 현상 수리(울산서 1009함)	127
진공변기 시스템 수리(서특단 1002함)	129
함미 예인기 유압계통 소제 수리(울산서 1009함)	132

## 05 500톤급 함정장비 고장 사례

주기관 국부제어반(LOP) 패널 교체 수리(여수서 517함)	136
NO.3 주기관 실린더 복구 수리(목포서 513함)	139
발전기 Starting Motor 코일 손상(서특단 513함)	142
발전기 SHUT-DOWN 현상 발생 수리(서귀포서 506함)	144
발전기관 연료펌프 교체 수리(울진서 507함)	147
No.1 워터제트 축계 기어 커플링 손상 (서귀포서 506함)	150
고속단정 폭발사고로 인한 선체 파손 복구 수리(서특단 501함)	156
형요감쇄장치(ART) 압력스위치 교체 수리(여수서 517함)	161

## 06 300톤급 함정장비 고장 사례

좌현 주기관 액츄에이터 교체 수리(울산서 307함)	166
NO.3 주기관 실린더 복구 수리(목포서 310함)	169
기관제어 감시계통 복구 수리(통영서 308함)	187
CPP YOKE 및 SEAL 교체 수리(제주서 302함)	190
노후화된 자이로 콤파스 교체 수리(울산서 300함)	195
추진기 자동 조타장치 수리(태안서 319함)	197

## 07 100톤급 함정장비 고장 사례

주기관 실린더 헤드B열 파공 수리(부산서 112정)	200
주기관 청수예열기 히터 자체 수리(부산서 125정)	203
주기관(CRM) 커넥팅 로드 교체 수리(부산서 120정)	209
우현 주기관 실린더 헤드 교체 수리(창원서 122정)	213
발전기 AVR 연결단자 불량으로 전압 현탕(여수서 115정)	218
양현발전기 원동기 충분해 수리(울산서 130정)	221
좌현 라다 축 보강 수리(포항서 108정)	223



## 08 50톤급 함정장비 고장 사례

W-5정비 주기관 노즐 교체(보령서 P-89정)	228
주기관 MCS 자체 점검 수리(부산서 P-106정)	230
주기관 냉각수 거품 및 기포 현상 발생(완도서 P-57정)	232
우현 주기관 실린더 복구 수리(목포서 P-79정)	237
주기관 실린더 손상 복구 수리(울진서 P-95정)	240
우현 주기관 MDEC 교체 수리(군산서 P-69정)	245
우현 발전기 가바나 컨트롤러 교체 수리(인천서 P-78정)	248
기관제어 감시계통 복구 수리(통영서 P-102정)	251
러더 제작 및 분해 점검 수리(군산서 P-67정)	253
조타기 고장 자체 수리(제주서 P-36정)	259
우현 추진기 조정판넬 알람 발생 수리(완도서 P-87정)	263
우현 워터제트 덕트 교체 수리(속초서 P-32정)	266
워터제트 JCM 교체 수리(여수서 P-62정)	269
워터제트 자체 점검 수리(부산서 P-135정)	275

## 09 각종 함정장비 고장 사례

함미 앵커 윈치 와이어로프 개선 수리(중특단 D-01함)	282
우현주기관 실린더 블럭 교체 수리(제주서 S-59)	284
주기관 인젝터 알람발생 수리(여수서 S-19정)	287
좌현주기관 실린더 불량부품 교체 수리(정비창 예인1정)	291
발전기 해수펌프 자체 교체 수리(부산서 S-35정)	294
아쿠아마스터 액츄에이터 교체 수리(울산서 방제16정)	299
유회수기 오일 스위핑붐 손상(목포서 방제20정)	302
유회수기 플로팅 호스 손상부분 복구 수리(서귀포서 방제5정)	305
워터제트 ROTARY SEAL 교체 수리(부산서 S-35정)	308
양현축계(C.P.P) O.D BOX 점검(울산서 소방1정)	312
댐퍼 가이드봉 및 하우징베어링 교체 수리(완도서 S-115정)	316
배기다기관 파공부 수리(여수서 S-76정)	319
수상오토바이 엔진 총분해 수리(속초서 속초-03)	323
형요감쇠장치(인터셉터 시스템) 개선 수리(여수서 S-75정)	327



# 부록

## 장비관리 실무 따라잡기

<b>MCS SYSTEM(기관제어시스템) 운용법</b>	<b>332</b>
MCAM (Mechinery Control & Monitoring) 구성요소	332
System Error NO.17 알람 발생 시 조치방법	346
MTU 16V 2000엔진 밸브간극 조절 방법	353
<b>HM 651 JET 운용법</b>	<b>359</b>
함정 워터제트 작동 및 안전수칙	359
50톤 함정 추진기(HM651) 실린더 zero셋팅 방법	365
50톤 함정 조타휠, 스로틀레버 셋팅 방법	369
<b>신형 연안구조정 운용법</b>	<b>374</b>
신형 연안구조정 운용방법	374
신형 연안구조정 안전점검 체크리스트	376
<b>고속단정 운용법</b>	<b>392</b>
<b>배수펌프 작동 및 특수공구 사용법</b>	<b>415</b>
배수펌프 작동법	415
가스탐지기 사용법	418
멀티테스트기 사용법	420
버니어캘리퍼스 사용법	423
마이크로미터 사용법	424
<b>분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) 운용법</b>	<b>426</b>
AEROB 일반형	428
BF(생물화학)형	432
EF(전기분해)형	436
분뇨마쇄소독장치	440
대변기 및 소변기	443
<b>대표함정 및 함정 탑재 장비</b>	<b>448</b>
대표함정	448
함정 탑재 장비	455
<b>QR 코드 관리 (함정 탑재 장비 작동 및 운용법)</b>	<b>476</b>







# 01

합 정 장 비 고 장 사 례 집

## 5000톤급 합정장비 고장 사례



동해서	5001	주기관 터보차저 손상 수리	12
서귀포서	5002	발전기 ECU 불량으로 인한 교체 수리	15
서귀포서	5002	발전기 동체 회전자 가공 및 베어링 교체 수리	19



## 장비재원

장비명 주기관 터보차저

제작사 Ssang-Yong-MAN B&W

형식 “V”형 18기통

모델 32/40A, NR34/S033(T/C)

출력 750HP(정격출력)



# 주기관 터보차저 손상 수리

동해서  
5001함

## 고장개요

가. 경비임무중 좌현주기관 RPM 610으로 상승중 터보차저 “A” SIDE 이상  
소음 현상 발생

나. 기관제어실 모니터링 중 A2번 기통 배기온도 70℃ 급격저하

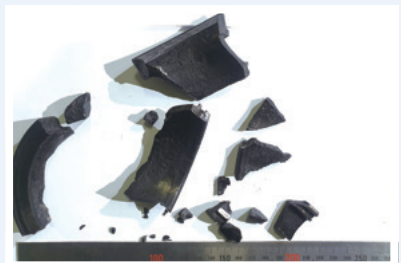
## 고장원인

흡배기밸브 Seat-ring은 내열성 재질로 녹거나 쉽게 탈락되지 않으나, 장기  
간의 사용 및 압력 충격으로 강도를 잃어 균열 탈락된 조각이 흡입행정시 실  
린더내로 흡입되어 배기과정에서 파편이 배기압력에 의해 배기다기관을 통  
해 이동 터보차저 로터와 노즐링 블레이드에 부딪혀 손상

실린더 헤드 Seat-ring 탈락 부위



실린더 내부 Seat-ring 조각

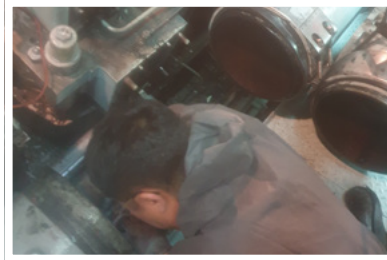




## 자체점검 및 조치사항

가. 자체점검 : 흡기 및 배기다기관 내부에 Seat-ring 파편이 남아 수리후 운전시 터보차저를 손상시킬수 있어 파편 존재여부 확인 및 제거 작업

흡기다기관 분해 내부 점검



배기다기관 분해 내부 점검



나. 조치사항 : STX 정비팀 터보차저 분해수리차 부산공장으로 이동

신품 Nozzle-ring 교체



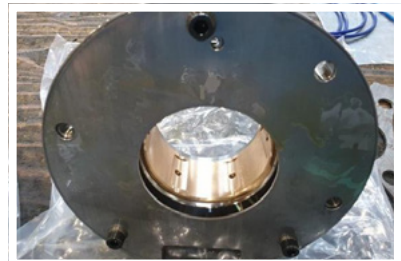
신품 Turbine Rotor 교체



신품 Locating bearing 교체



신품 Plain bearing 교체



## 재발방지대책

가. 고장원인으로 지목된 밸브 Seat-ring의 탈락을 방지하여야 하나 전문업체에서는 다양한 원인(재질불량, 조립불량, 기사용으로 인한 피로도 증가로 인한 균열 등)으로 인해 급작스럽게 발생가능

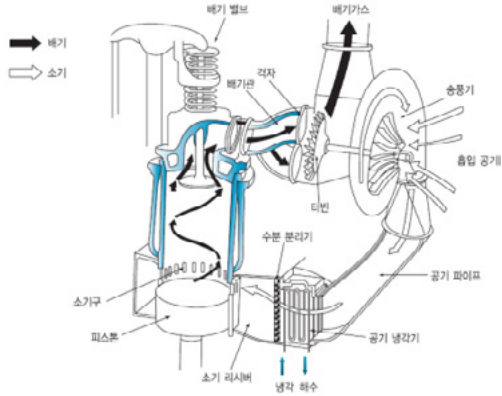
나. 평소 MCS 데이터를 비교하여 배기온도 등 이상 의심될 경우 전문업체의 예방점검 철저히



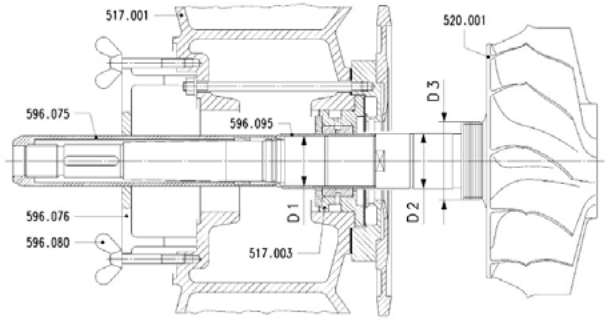
## 일반이론

과급기는 공기의 압력을 높여 밀도가 높아진 공기를 실린더 내에 공급 및 배기가스를 배출하는 장치

배기가스터빈 과급기 작동 원리

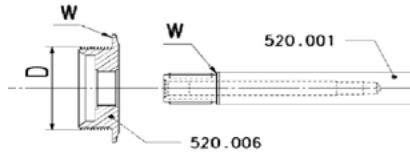


[터빈 로터, Turbine rotor(P/n 520.001)]



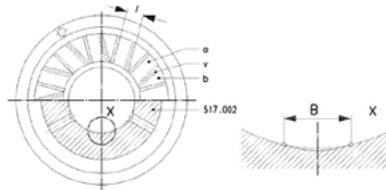
위치	교환기준
D1	63.85 mm 이상
D2	69.84 mm 이상
D3	99.65 mm 이상

[라비린스 링, Labyrinth ring(P/n 520.006)]



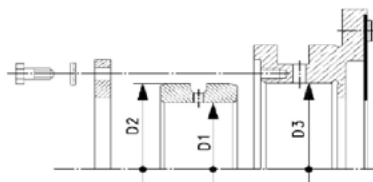
위치	교환기준
D	99.65 mm 이상

[라비린스 링, Labyrinth ring(P/n 520.006)]



위치	교환기준
I(컴프레서 측)	3.30 mm 이상
I(터빈 측)	3.30 mm 이상
B	25 mm 이상

[플레인 베어링, Plain bearing complete(P/N 517.003)]



위치	교환기준
D1	70.00 mm 이하
D2	89.73 mm 이상
D3	90.03 mm 이하



**장비재원**

장비명 발전기(ALTERNATOR)

제작사 LEROY SOMER

형식 BRUSHLESS, SELF-EXCITING

모델 LSA 52.2 L70/4P



## 발전기 동체 회전자 가공 및 베어링 교체수리

서귀포서  
5002함

### 고장개요

가. No.2 발전기 베어링 고온 알람발생 후 블랙아웃 발생

- 본함 정기 출동 출항 후 No.1 발전기 가동하여 사용 중 발전기 교대 운전 차 No.2 발전기 가동 3일간 이상없이 운전
- No.2 발전기 MCS-5 모니터상 “HI-T BEARING DRIVEN END” 알람 발생 후 BLACKOUT 됨

#### 〈알람 리스트〉

- 08시12분30초 - HI-T BEARING DRIVEN END
- 08시12분42초 - RED HI HI-T BEARING DRIVEN END
- 08시12분43초 - RED SS SECURITY SHUTDOWN
- 08시12분45초 - RED AL EXTERNAL TRIP GB2

나. 고장현상

- No.2 발전기 운용 중 동체 DE 베어링 고온(90℃) 경보 점등 및 12초 경과 후 엔진 Shut Down 현상 발생
- 동체 상태 점검 후 재시동 결과 DE 베어링 이상소음 발생 및 불꽃 발생되어 엔진 정지



## 고장원인

발전기 동체 회전자 고열 및 편 하중에 의한 소착, 베어링 커버 편 마모

## 자체점검 및 조치사항

- NO.2 발전기 END측 BEARING 계통 및 시스템 전반 확인결과 정확한 원인규명 불가하며, 재가동하여 무부하 운전(30분)한바 베어링 DE측에서 이음(잡음)발생 및 베어링 온도상승(38℃~65℃) 확인 후 정지
- NO.2 발전기 END측(BEARING DE 및 NDE측) 계통 재점검, 구리스 주입 후 가동 상태 확인 결과 온도 상승(DE측 : 32.9 ~ 59.5℃ / NDE측 : 50.3 ~ 56.5℃) 확인 후 정지
- 입항기간 NO.2 발전기 가동하여 사용(NO.1,2,3,4 병렬운전) 중 HI 및 HI HI-T BEARING DRIVEN END 경보 발생으로 NO.2 발전기 정지됨(NO.1,3,4 병렬운전)
- 수리업체 방문하여 엔진과 동체 분리 후 DE 베어링 상태 점검결과 동체 회전자와 결합된 베어링 내륜이 고열과 편 하중에 의해 소착되어 내륜 분리 불가 및 Bearing Cover & Housing 편 마모 발생(그림참조), 발전기 동체 회전자 연삭·도금 등 가공작업 필요
- 발전기 동체 회전자 취환, 반출하여 연삭·도금 등 가공작업(공장작업) 완료 후 본함으로 이송, 반입
- NO.2 발전기 본체와 동체 회전자 조립, Balancing 검사 후 무부하 시운전 실시결과 이상 없음
- 발전기 부하운전 실시 후 발전기 진동, 회전자 온도 측정 및 이음 등 각 계통 점검 결과 특이점 없이 시운전 종료

## 재발방지대책

- 발전기 가동 부하 사용 중 베어링 DE, NDE 측 MCS-5 수시 모니터링 및 적외선 온도계 이용 실제 온도 측정 및 진동, 발열, 이음 등을 점검
- 메이커 측 권고제품 구리스 사용 및 적정량 주입으로 예방 정비 시행
- 기관실 내부 통풍 및 발전기관 냉각라인 점검으로 고온에 영향을 미칠 수 있는 요인 관리 철저



## 기대효과

- 발전기 베어링 이물질 유입, 윤활 불량, 진동 등 여러 가지 요인에 따른 물리적 손상을 미연에 방지함으로써 장비의 내구성 증가

## 일반이론

### 가. 발전기 이론 및 구성

- 발전기는 한자로 ‘전기를 일으키는 틀’이라는 뜻으로 기계적 에너지를 전기적 에너지로 바꾸어 주는 역할을 한다. 발전기는 크게 직류 발전기, 교류발전기, 3상 교류발전기로 나누며 함정은 3상 교류발전기를 이용한다.
- 3상 교류발전기는 두 가지 결선방법이 존재하며, 하나는 ‘3상 4선식 Y결선’ 줄여서 Y결선이고 나머지는 ‘삼각결선’이라고 한다.
- Y결선의 장점은 중심선을 이용하여 접지시키거나 선각전압보다 루트3배 낮은 상전압을 사용할 수 있고 단점으로는 코일 중 하나라도 단선이 되면 부하 측에서 전압을 공급할 수 없다는 것이다. 반대로 삼각결선은 코일 하나가 단선이 되어도 부하 측에 전압을 공급할 수 있으며, 단점으로는 중심선을 이용하여 접지시키거나 선각전압보다 루트3배 낮은 전압을 사용하지 못하는 것이다.

### 나. 발전기의 구성

- 발전기의 구성은 고정자, 회전자, 여자기, 베어링, 냉각장치로 구성되어 있으며 각각의 역할은 다음과 같다.
- 고정자
  - 도체와 자기장의 상호운동에 의해 발생된 전기에너지를 밖으로 내보내는 권선을 내장하고 있는 부분이며 권선과 권선을 슬롯에 내장한 철심을 보호하고 발전기의 기계적인 구조를 견고하게 하는 몸체이다.
- 회전자
  - 고정자의 권선이 전력을 만들어 내도록 자기장을 형성하기 위한 전자석을 만들어 내는 장치이다. 따라서 자극면과 자석을 만드는 여자전류를 늘리기 위해 계자권선으로 구성되어 있으며 역시 고정자와 유사한 구조적 특징을 갖고 있다.



- 여자기
  - 회전자의 계자권선에 전기를 공급하기 위한 장치로 계자전류를 만들고 공급하는 방식에 따라 Brush Type과 Brushless Type으로 구별되며 대부분 Brushless Type를 사용하고 있다.
- 베어링
  - 회전축을 일정한 위치에 고정시키고 축의 무게와 축에 걸리는 하중을 지지하면서 축을 회전시키는 역할을 한다.
- 냉각장치
  - 발전기에서 발생된 열을 냉각수를 이용, 냉각하여 기계장치 보호하는 역할을 한다.

## 요인별 고장원인

순 번	요 인	원 인
1	이물질 유입	윤활부위 이물질 유입
2	윤활 불량	Ball Bearing 접촉면 적정 구리스 주입 불량
3	Brinelling	정지 시 하중, 작은 진동 등의 영향
4	전 식	미세 전류가 베어링 접촉면으로 인가될 경우 전기적 부식 발생
5	기 타	Bearing 제작, 조립 불량



**장비재원**

장비명 발전기(DIESEL GENERATOR)

제작사 MTU-STX

형식 12기통 4행정 터보차저

모델 12V 4000 M23S

출력 1200KW



## 발전기 ECU 불량으로 인한 교체 수리

서귀포서  
5002함

### 고장개요

#### 가. 각종 알람 발생 후 재시동 불가

- 경비 임무 수행 중 No.4 발전기로 교대하여 사용 중 주배전반 델로메틱 상 RUN SIGNAL FAIL 알람 발생하였으며 MCS-5 모니터에 아래와 같은 알람 지속적 발생

Yel AL ECU=328+A003 Faulty  
 Yel AL EMU=328+A004-EMU8 Faulty  
 Yel AL EIM=328+A005-EIM Faulty  
 Yel AL SAM=328+A001-SAM Faulty  
 Yel AL DIS=328+A001-A001 Faulty  
 Yel AL CAN A Bus Off Error (Error no.038)

- 발전기를 정지하여 ECU 계통 연결단자 단락 여부 확인, 소제 실시 등 시스템 전반 점검 후 재시동 하였으나 시동모터가 구동하다 상기 알람 지속 발생하면서 시동 불가
- ※ No.4 발전기 전원을 Reset 하였으나 시동 불가



## 고장원인

- ECU는 발전기에서 발생하는 여러 신호를 LOP로 보내주고 그에 대한 피드백을 받아 발전기를 컨트롤 하는 판넬로서 발전기 시동 시 시동모터에 의해 정격 RPM으로 축이 회전하면 이를 인식하고 연료를 분사하는 등 시동 조건을 갖추어야 하나 ECU 불량으로 시동 불가

## 자체점검 및 조치사항

- 알람발생 후 재시동 불가로 입항 후 ECU 연결단자 및 시동 모터 등 점검 결과 특이점 발견치 못함
- 수리업체 방문하여 No.4 발전기 시스템 접속, 알람상태 확인 결과 AL OPEN LOAD CYLINDER B2 알람 확인
- B2 CYLINDER HAED COVER 개방 후 인젝터 케이블 및 결선상태 확인 결과 양호
- ECU-X4 케이블 커넥트 그라운드 확인결과 양호
- 신품 ECU 교체 후 엔진 기동 및 알람상태 확인 결과 양호
- 발전기 부하 시운전 결과 특이점 없이 시운전 종료

## 재발방지대책

가. 정박 중 ECU 시스템 전원 OFF

- 전자 장비는 장시간 전원을 켜두면 발열로 인한 내부 소자 손상 및 시스템 오류 등 여러 가지 문제가 발생할 수 있기에 정박 중 ECU 시스템 전원을 차단하여 시스템 냉각 및 재부팅 필요

나. ECU 부착부 고정여부 점검

- ECU는 발전기에 부착되어 발전기 운전 중 발생하는 진동에 의해 물리적 손상이 발생할 수 있으므로 운전 중 ECU 부착부의 체결상태 확인 및 커넥트 연결 상태 점검

## 기대효과

- 발열과 충격에 의한 전자 장비의 신호전송 간섭현상 및 물리적 손상을 미연에 방지함으로써 장비의 내구성 증가



## 일반이론

### 가. 일반설명

MTU 엔진의 컨트롤 계통은 크게 ECU(Engine Control Unit), MCS(Monitoring and Control System), RCS(Remote control System)등으로 나눌 수 있다.

### 나. 구성품 설명

- ECU(Engine Control Unit): 엔진 상부에 장착되어 엔진의 각종 센서의 측정값을 확인하고 LOP로 전송하는 역할과 엔진 속도의 증감속등 엔진의 전반적인 두뇌 역할을 한다.
- MCS(Monitoring and Control System): 엔진 LOP 및 조타실 콘솔에 시스템이 분산되어 있으며, 엔진의 상태를 화면에(DISPALY) 표시하고 LOP에 설치된 각종 버튼으로 엔진을 컨트롤하는 손과 발의 역할을 한다.
- RCS(Remote control System): 엔진의 조타실 전·후, 증·감속 레버로 엔진의 속도를 원격조정하는 역할을 한다

DISPLAY 및 PAN



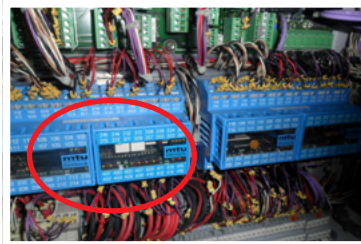
LOP



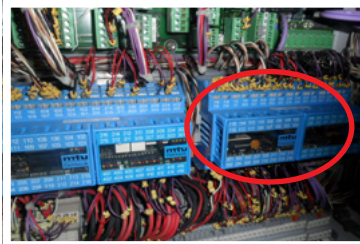
RCS



LMU (LOP내부)



LCU (LOP내부)



ECU(Engine Control)



LOP(Local Operation Panel): 기관실에 위치하며 ECU로부터 엔진의 상태를 전송 받고 엔진을 컨트롤 하는 MCS가 설치되어 있으며, 주요 구성품으로는 DIS, PAN, LCU, LMU등이 있다.



### LOP의 주요 구성품

구 성 품	역 할
DIS(DISPLAY)	엔진의 상태를 보여주는 표시장치
PAN	엔진을 컨트롤할 수 있는 버튼의 집합체
LCU (Local Control Unit)	PAN, LMU등으로부터 신호를 받아 엔진을 컨트롤 하는 장치
LMU (Local Monitoring Unit)	ECU등으로부터 엔진의 상태를 송신 받고 LCU등에 신호를 전달하여 LCU에서 엔진을 컨트롤 할 수 있도록 해주는 장치

### LOP의 엔진 컨트롤 버튼 설명





# 함정 장비 고장 사례 집

## 3000톤급 함정 장비 고장 사례

부산서	3001	좌현 주기관 터보차저 수리	24
목포서	3015	주기관 B2기통 손상	27
제주서	3012	주기관 인젝터 수리	36
서특단	3005	주기관 피스톤 및 라이너 스커핑 현상 발생에 의한 복구 수리	40
서특단	3008	No.3 발전기 청수쿨러 교체 수리	53
목포서	3015	발전기 주파수 제어 수리	58
제주서	3012	고속단정 하부 기어박스 불량 부품 교체 수리	62
서귀포서	3003	냉수기(수냉장치) 압축기 상태 불량	66
제주서	3002	식품냉동기 압축기 저압스위치 교체 수리	68
교육원	3011	해양오염방제장비(유회수기) 점검 수리	72
제주서	3015	링 레이저 자이로 고장시 대처법	77
군산서	정비계	청수쿨러 자체 세척 장비 제작	80



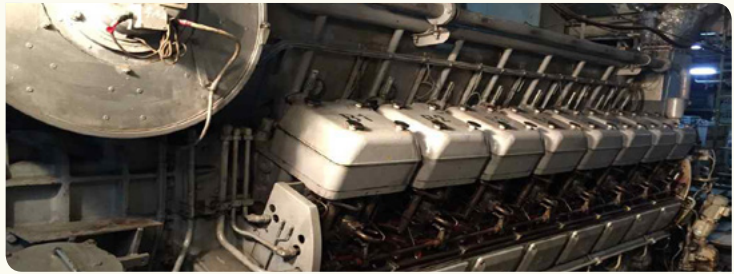
## 장비재원

장비명 주기관 (MAIN ENGINE)

제작사 MAN B&W 덴마크

모델 MAN B&W 16V 28/32

출력 4800



# 좌현 주기관 터보차저 수리

부산서  
3001함

## 고장개요

### 가. 발생개요

- 3번 모드 엔진(7/10) 사용중 좌현 1번 주기관 배기온도(600~700℃) 급격히 상승하며 이상 소음 발생하여 좌현 1주기 운전 불가 판단 후 긴급 정지 조치함
- 이후 우현 주기관 이용 입항하여 정동기계사 전문 인력 입회하여 좌현 1주기 시운전 결과 터보차저에서 이음이 발생하여 터보차저 하우징 취외 및 개방 수리 진행함

## 고장원인

### 가. 배기밸브 구조 및 터보차저 작동 원리

배기 밸브 구조



배기가스 터빈 작동 원리





### 나. 원인 규명 작업

- ① 터보차저 출력단(후부)에서 이음이 발생하여 취외·개방 검사결과 터빈 휠이 심하게 손상되었고, 터보차저 하우징 내부에서 구슬형 철편 7개가 발견되어, 엔진 내부에서 일부 부품이 손상되었다고 판단
- ② 인젝터 취외 내시경 검사후, 의심개소 A열 2번, 3번 실린더 개방 분해하니, A3번 실린더 배기밸브에 장착된 밴휠(vane wheel) 이 분리되어 밸브가이드 하부에 충격을 주어 가이드가 손상된 현상 확인. 정확한 원인 규명 위해 A열 나머지 실린더 헤드(6개소) 개방 검사 실시  
※ 밴휠 : 날개형 구조로 배기에 회전력을 더하여 배기효율을 높이 장치
- ③ 개방검사 결과, A7번 실린더 배기밸브에 장착된 밴휠 전체가 완전 분리 탈락되어 배기관을 거쳐 터빈 휠을 손상시킨 것으로 판명됨

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 손상 개소 확인

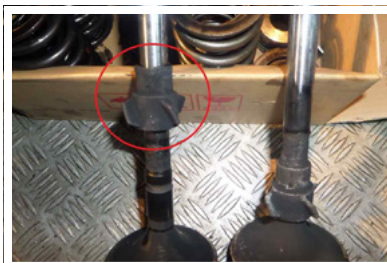
터빈휠 블레이드 손상



하우징 내부 구슬형 철편(7개)



A3번 실린더 배기밸브 밴휠 분리



A7번 실린더 배기밸브 밴휠 탈락



### 나. 자체점검 및 조치사항

- 배기밸브 최근 정비 및 수리 내역 점검 확인  
- 2008.11.13~12.17까지 단계별정비 충분해수리. (※)텍코



- ※ 배기밸브 총128개중 불량개소 32개소 신품 교환, 잔여 96 개소 재사용
- 2014.07.22~09.12까지 단계별정비 총분해수리. (주)우성마린
- ※ 배기밸브 총128개중 불량개소 1개소 신품 교환, 잔여 127 개소 재사용
- 좌현 1주기 터보차저 및 배기밸브 복구수리(2016.5.20.~5.27/정동기계)
  - 터보차저 취외 터빈휠 손상개소 확인 육상가공 정비후 함상 조립
  - 실린더헤드 및 배기관 개방후 배기밸브 밴휠(4날개형) 분리 및 탈락 손상개소 확인후, 배기밸브 총 10개소 신품 교환 조치

## 조치사항

### 가. 수리업체측 조치사항

- 정기수리시 배기밸브 분해 검사 업체에서 결함 내용에 대한 정밀 점검, 불량개소에 대해서는 신품교환
- 배기밸브 밴휠 4날개형에서 불량개소 2개소 발견되어, 정기수리 시 견고하고 고장발생 없는 2날개형으로 신품 교환

### 나. 사용자측 조치사항

- 정기수리 업체의 배기밸브 분해 검사 결과에 대하여 결함여부가 있는지 등 세밀하게 확인하고 공사감독 시행
- 고부하 영역(7/10, 640RPM이상)에서 엔진 장시간 운용 금지

## 기대효과

함정 주기관 동일문제 발생시 근본적인 해결대책 제공으로 장비 고장사례 재발 방지 및 예산절감에 기여함



**장비재원**

장비명 주기관

제작사 MTU

형식 20기통 4행정 배기과급형식

모델 MTU 20V1163 TB93

출력 9913HP, 740KW, 1350RPM

※ '15.12.16취역 신조함정



## 주기관 B2기통 손상

목포서

3015함

### 고장개요

가. RPM 750운전 중 MCS-5 모니터상 「HI P-CRANKCASE」, 「AL SECURITY CHANNEL」알람 발생 약 2초 후 NO.2 M/E 긴급 정지

나. 제 1주기실 다량의 유증기 유출 및 화재경보 알람이 발생

※ 크랭크케이스 Hi 30mmbar, HiHi 40mmbar

Date	Time	Alarm State	Prio	Measuring Point	Tagname	Alarm Group
10/05/18	18:28:15	UNACK	Yellow	HI P-Crankcase	PU121606	Engine2
10/05/18	18:28:15	UNACK	Yellow	AL Security Channel	PU121626	Prop2 Al
10/05/18	18:28:17	UNACK	Red	SS Security Channel Active	PU121467	Prop2 Al
10/05/18	18:28:17	UNACK	Red	SS P-Crankcase	PU121671	Engine2
10/05/18	18:28:17	UNACK	Yellow	AL External Discharge Active	PU221107	Gear2 Al
10/05/18	18:28:17	UNACK	Yellow	AL HCS Ignition Alarm	PU061417	NO.2

### 고장원인

초기 사고시 여러 가지 고장 원인을 유추 한 바 아래 표와 같이 7가지 요인으로 집약되었음. 복합적으로 작용되었는지 한 가지가 크게 작용되었는지 정확하게 판단하기는 힘든 상태였음



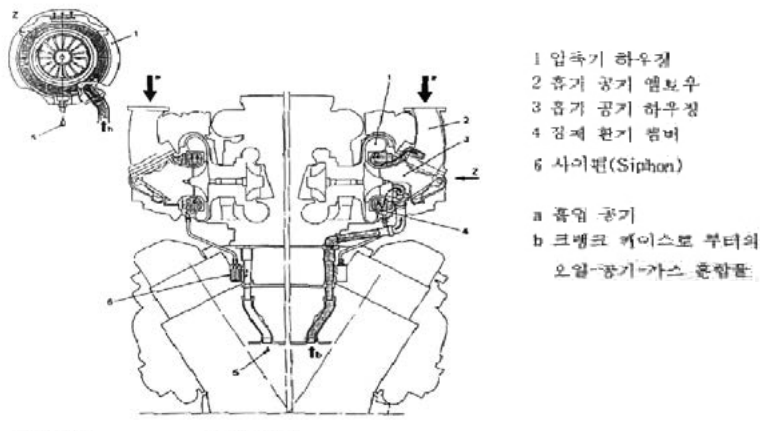
1. 윤활유 부족 및 불량	전체적인 손상 발생 가능성 있으나 특정 기통에만 발생할 가능성 낮음
2. 오일 스프레이 노즐 막힘	A2, B2 기통의 피스톤 쿨링 윤활유 분사량 및 분사각 확인결과 양호함을 확인
3. 연료 분사노즐 불량	노즐 압력 테스트 실시결과 300bar
4. 장기간 저부하 운전에 따른 피스톤 카본 누적	초기 조립 불량일 경우 10시간내 손상 발생확률이 높으며 해당 장비의 운전시간은 3,845시간으로 가능성 희박
5. 제조 결함	
6. 조립 불량	
7. 내구성 불량으로 부품 손상	

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 초동 조치사항 (襲. 05.30 ~ 05.31)

- 긴급정지에 따른 초동조치 실시
  - 테스트콕 오픈, L.O Priming, 윤활유, 연료유, 해수, 냉각수라인 점검 및 수동터닝 실시 결과 특이점 발견치 못함
- 크랭크챔버 3개소 개방, 메인베어링 고착 여부 점검 결과 이상무
- 윤활유 원심필터 취외 후 점검결과 금속 등 이물질 발견치 못함
- 크랭크 챔버 안전밸브측 유증기 분출 관련, 가스 추출라인 및 강제 환기 막힘 확인 차 취외점검 한 바 특이점 없음

크랭크 케이스 가스 추출 라인





- 윤활유 필터 엘리먼트 취외코 절단 후 내부 정밀 확인한 바 메탈 가루로 추정되는 이물질 소량 발견
- 크랭크 챔버 20기통 커버 개방 후 내부 라이너 정밀 확인 실시  
※ B2 기통 실린더 라이너 열상 및 스크래치 손상 확인함

B2 기통 실린더 피스톤 및 라이너 스크래치 손상



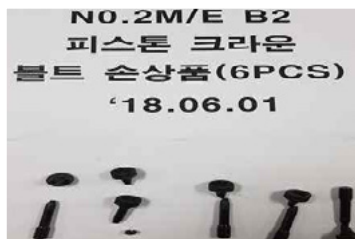
#### 나. 전문업체 조치사항 <06.01 ~ 06.02>

- 수리업체 내함하여 크랭크 챔버 개방 후 내부 정밀 확인 결과 B2기통 피스톤, 라이너 외 타 기통 손상 없음
- 실린더헤드 커버 취외 후 내부 검사 결과 흡·배기 PUSH-ROD 휨 현상, 피스톤크라운, 스커트분리 및 크라운 고정 볼트 전량 절손 확인

PUSH-ROD 휨



피스톤 크라운 볼트 손상



피스톤 크라운 손상



- 사고 발생원인 점검을 위해 피스톤 쿨링 시스템 검사결과 타 기통(A2,B2) 동일하게 윤활유 분사되는 것을 확인

- 인젝션 노즐 압력 테스트 결과 300BAR에서 분사상태 불량 확인코 사고원인으로 추정함  
※ 20V1163시리즈 인젝터 노즐 분사압력 400bar(기준) ~ 370bar(양호)



다. 1차 복구수리 <09.11 ~ 09.14>

- 수리에 소요되는 부속 (PISTON 등 7종 8점) 확보 후 STX엔진 내함하여 B2기통 복구수리 진행
- 실린더헤드 등 조립 후 No.2 주기관 전 기통(20기통) 밸브 간극 검사 및 재조정 실시 완료, 정박 시운전 실시 결과 양호함
- 해상 시운전 중 RPM단계별 상승 실시 1,100RPM 상승 중 최초와 동일한 알람 발생으로 긴급정지, 동일 손상 발생
  - B2 기통 PISTON, CON-ROD, LINER, PUSH-ROD 등 동일 손상 확인 정밀 검사 차 STX 공장 반출
- STX엔진 측 피스톤 쿨링 오일 압력, 분사각 및 라이너 상 하단부 계측 결과 특이점 무
- 해경연구센터 윤활유 성분 검사 의뢰 → 이상소견 없음

라. 2차 복구수리 <12.11 ~ 12.19>

- 손상 조사 위원회 개최 결과를 토대로 다각적 원인 검토 후 복구 수리 전 추가 점검 실시 (L.O 쿨러 세척 정비, L.O Sump 소재, L.O필터 본체 정비 및 피스톤 쿨링 오일 필터 등 MTU 순정품 취환)

L.O열교환기 내부 소재



L.O열교환기 정비



L.O열교환기 정비



L.O필터 본체 소재



L.O필터 본체 취부



각종 악세서리 정비





- 복구 수리 완료 후 No.2 주기관 B2기통 조립, 정박 중 무부하 시운전 (1,000RPM) 결과 양호
- 해상 시운전 중 RPM단계별 상승 실시 오전 시운전 (550~1,100RPM) 중 특이점 없었으나 오후 시운전 중 15:02경 1,100RPM에서 B2기통 동일 증상으로 인한 동일 손상 발생

#### 【NO.2 주기관 B2기통 3회 동일 원인으로 인한 사고 추정】

1차 사고 시 연료유 분사 노즐 압력 불량으로 인한 연소실 과폭발 증상으로 판단 수리

2차 사고시 윤활 불량으로 판단하여 시공(오일팬 세척, 윤활유 냉각기 엘리먼트 세척, 윤활유 여과기 교환, 손상부품 콘로드, 콘로드-베어링, 피스톤, 실린더 라이너, 인젝션 펌프 교체, 실린더 헤드정비)

3차 사고 발생에 따라 그동안 B2기통 손상에 따른 원인을 분석하고 조치하였음에도 동일증상 발생에 따라 주장이 나뉨

- 업체 주장 : 실린더 블록 변형을 염두에 두고 양육하여 정밀검사 할 것을 주장
  - 함정 주장 : 최후 수단인 양육에 앞서 윤활유 냉각라인 내시경 검사 및 B2기통 피스톤 쿨링 오일 스프레이 노즐을 취외하여 검사해보자는 주장
- 함정 측 주장에 따라 윤활유 냉각라인 내시경 검사 및 피스톤 쿨링 스프레이 노즐 취외 결과 노즐 내 이물질 2점 발견 (엔진 거치시 실린더 블록 내부 가공 후 내부 소제 불량으로 윤활유 냉각라인으로 혼입된 이물질이 B2기통 스프레이 노즐로 빨려 들어온 것으로 추정)
  - 1차 사고 발생 당시 윤활유 사고도 염두에 두고 프라이밍 펌프를 운전하여 피스톤 쿨링 스프레이 노즐로 나오는 윤활유 분사량및 분사 각을 측정하였으나 특이사항 발견되지 않아 사고 원인에서 제외되었으나, 결론적으로 정상 운전 시에는 넓혀있던 이물질이 어느 순간 노즐 판로를 막아 피스톤 쿨링 및 운전을 저해하여 사고를 일으켰던 것으로 단정할 수 있음



노즐 관로 내 이물질 2점 발견



#### 마. 3차 복구수리 <'19.5.20 ~ 5.23>

- 복구 수리 완료 후 정박 중 무부하 운전 및 해상 시운전 중 RPM 단계별 (550~1300) 상승 실시 결과 특이사항 없음

## 재발방지대책

#### 가. 윤활유 자체 예방 점검 철저

- 윤활유 압력은 엔진 기종, 여과기, 냉각기 등의 저항에 의해서도 달라짐
- 대체로 시동초기에 압력이 약간 높으나 30분 이내에 정상으로 유지
- 엔진 운전 중 윤활유 압력 규정치 이하로 저하 시 엔진이 정지하게 되어있지만 항상 주의 깊게 윤활유 압력을 관찰하여야 함
- 저압 발생 시 반드시 엔진을 정지 후 그에 대한 원인 규명과 조치를 해야 큰 피해를 막을 수 있음

#### 나. 엔진 윤활유 검사 시 점검 사항

- 엔진 운전 중 압력계의 이상 유무 및 압력상태 수시 확인 관찰
- 각 마찰부의 이음 및 발열상태 점검 철저
- 윤활유 교환 및 점검 시 자석으로 이물질(쇳가루) 검사
- 윤활유 계통 누유상태 수시 확인
- 엔진 운전 중 윤활유 압지 테스트 실시 등

#### 다. 기관 당직 중 운전중인 기관의 운전상태 수시 점검

주기 윤활유 압력을 수시로 확인하여 기록 유지함으로써 평소 정상 압력보다 저하 시 원인을 파악, 제거하여 운전을 실시해야 함



라. 주기관 윤활유 취환 작업 외주 업체 위탁관리에 따른 윤활유 취환 작업 시 함정 직원은 현장 감독 및 시운전 철저히 작업 중 이물질 침입 등 사고 미연에 방지

## 기대효과

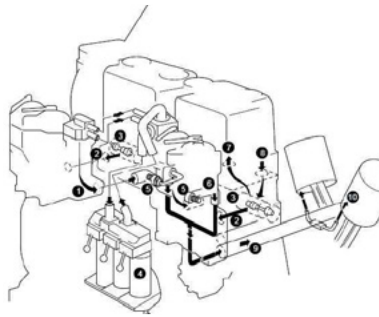
- 엔진 긴급 정지 후 수동 프라이밍 등 적극적이고 적절한 초동조치 대응으로 메인베어링 고착 등 2차 사고를 예방할 수 있었음
- 사고 이후 복구수리 완료 시 까지 엔진제작사, 지방청, 경찰서, 함정 직원 간 수차례 사고 원인 분석 회의 및 복구수리 과정 중 엔진 메커니즘 분석 및 매뉴얼 학습을 통해 함정 직원의 장비에 대한 이해도 향상의 계기가 되었으며,
- 『사고 발생 → 초동조치 → 원인분석 → 복구수리』로 끝이 아니라, 사고원인에 대한 조금 더 심층적이고 다각적인 원인분석을 통해 동일현상 발생 시 시행착오 방지 및 정비예산 절감 효과 기대
- 주기적으로 피스톤 쿨링 스프레이 노즐 오일 분사량, 분사 각도 시험뿐만 아니라 노즐 취외 후 관로 내 이물질 여부 등 집중 점검을 통해 유사사례 방지

## 일반이론

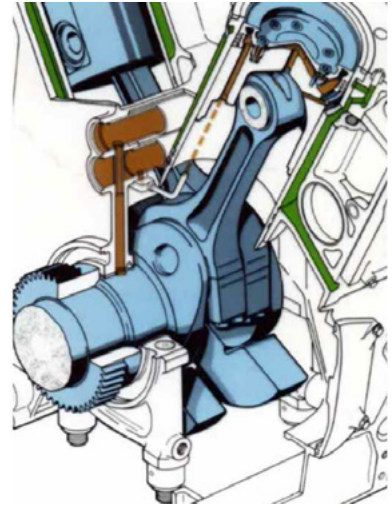
가. 피스톤 쿨링 오일의 역할은 고온의 피스톤을 냉각시켜주는 오일

- 고온으로 인해 피스톤의 부피가 커지는 것을 방지해주는 역할, 하지만 원인 미상의 금속 이물질이 피스톤 쿨링 스프레이 노즐을 간헐적으로 막음으로써 고온의 피스톤이 부피가 커지게 되고 그 결과 실린더라이너 및 피스톤이 고착되어 실린더라이너, 피스톤, 커넥팅로드, 푸시로드 등을 손상
- 피스톤 냉각오일 장치는 냉각오일 여과기 요소를 통해서 분배 하우스의 내측에 장착된 압력 유지 밸브로 흐른다. 개방 압력에 도달할 때 압력 유지 밸브 개방과 오일은 크랭크 케이스의 피스톤 냉각오일 통로를 통해 흐른다. 피스톤 냉각오일 통로로부터 오일 분사 노즐 캐리어로 구멍을 통해 흐른다. 각 캐리어는 피스톤 스커트와 크라운 사이의 참바에 피스톤 스커트 리딩의 구멍으로 압축 오일이 분사되는 분사 노즐을 포함하고 있다. 피스톤에서 나온 오일은 피스톤 핀을 윤활하고 오일팬으로 복귀





- ① 피스톤 냉각 여과기의 오일
- ② 오일 여과기로 유입되는 오일  
(오일 제어 계통으로부터의 오일)
- ③ 엔진 오일 자동 온도 조절변
- ④ 피스톤 냉각 오일 여과기
- ⑤ 압력 유지 밸브
- ⑥ 피스톤 냉각 오일 통로로 유입되는 오일
- ⑦ 열 교환기로 유입되는 오일
- ⑧ 열 교환기로부터 유입되는 오일
- ⑨ 피스톤 냉각 오일 통로
- ⑩ 피스톤으로 유입되는 오일



#### 나. 윤활유 압력저하

- 윤활유 펌프 고장, 안전변 개방 상태로 고착
- 윤활유 여과기 파손, 윤활 계통 내 심한 오염
- 베어링 메탈의 균열, 틈새 과다, 베어링 조임 볼트 풀림
- 윤활유 온도 상승으로 인한 점도 저하

#### 다. 운전중 윤활유 저압 시 점검사항

- 엔진 RPM 천천히 하강 후 엔진 정지
- 섬프탱크 오일 유량 확인, 수분 희석 유무 및 점도 확인
- 압력센서 점검 및 오일펌프 이상 유무 확인

#### 라. 윤활유의 역할

- 기계적인 고체마찰을 두 금속사이에 유막을 형성함으로써 유체마찰로 변화시켜 마찰에 의한 마모 및 발열을 최소로 방지
- 냉각작용 : 윤활계통을 순환하면서 두 개의 금속간의 마찰에 의해 발생한 마찰열을 흡수하여 윤활유 냉각기에서 냉각수와 열 교환 후 기관 내부를 재순환



- 기밀작용 : 점성으로 벽에 유막을 형성하여 연소실에서 발생한 연소가스가 피스톤과 실린더라이너의 틈을 통하여 크랭크 케이스 내부로 들어가지 못하도록 밀봉 작용
- 청정작용 : 실린더 내에서 발생한 탄소나 금속가루, 기타 불순물 등을 걸러내는 역할을 하여 내부 마찰면을 깨끗하게 유지
- 부식방지 : 녹(부식)이 생기는 것은 수분과 산소에 의하여 염분이 가해지면 촉진되는데, 윤활유가 금속면을 유막으로 완전히 덮음으로써 공기와의 접촉을 차단하여 산화를 방지
- 응력감소 : 기어, 베어링처럼 서로 접촉하는 마찰면은 그 접촉면에 큰 압력이 걸린다. 그 큰 압력을 받는 접촉점의 금속내부에서는 이것에 대응하는 큰 응력이 생기는데 이 응력이 계속 되풀이되면 금속의 피로현상에 의해 균열 또는 변형이 생긴다. 윤활유는 그 접촉면의 사이에 들어가 압력 전달면을 넓혀서 응력을 분산시키는 작용



#### 장비재원

장비명 주기관

제작사 STX-MTU

형식 20기통 4행정, 수냉식, 연료직접  
분사식, 압축공기시동

모델 20V 1163 TB 93

출력 ABT 9,619HP AT 1,350RPM

실린더 20개X280mm(실린더행정)



## 주기관 인젝터 정비 지연 고장사례

제주서

3012함

### 고장개요

가. NO.3M/E운전 중 최초 발생, 다량의 흑색 배기 및 기통 간 온도 불균형으로 알람 등의 증상 발생

나. 주기관 윤활유 취환 후 운전시간 약 300시간 경과 후 클러치 연결 시 기관 정지 현상 발생 및 운전 중 윤활유, 피스톤 쿨링 오일 압력 저하경보 발생

※ 참고사항

- NO.1 M/E 주기관 운전시간 : 6025H(2017.03.23.기준)
- 윤활유 취환 시간 : 500H / 인젝터 기능 검사 시간 : 3,500H
- 단계별 정비 시간 : 7,000H / 정기 수리 시간 : 21,000H

다. 운전 중 윤활유 MAKE-UP TANK 유준량 지속적 상승

### 고장원인

가. 본 함정에 탑재된 20V1163TB93 엔진의 경우 매 운전 3,500시간 정비 주기에 따라 인젝터 기능 검사 및 O-링을 교환하여야 하나 예산, 인력 부족으로 인한 단계별 정비작업 지연



- 계획정비 시 인젝터 정비 요청하면 배기온도 감안하여 엔진 1대당 1 ~ 2 기통 인젝터 정비로 대부분 단계별 정비 시간을 초과하여 사용

나. 주기관 운전 중 윤활유(L.O)에 연료유(F.O) 과다 혼입으로 인한 점도 저하다. 2017. 6.21. MTU엔진 수리업체 STX 순회점검 시 문의결과(업체 의견)

- 첫째, 인젝터 노즐 및 O-링 기밀불량으로 연료유(F.O)가 섬프탱크에 유입
- 둘째, 인젝션 펌프 내 엘리먼트에서 연료유(F.O)가 엔진오일과 혼입

## 자체점검 및 조치사항

가. NO.1~4 M/E 운전중 윤활유 압력저하 현상 발생으로 윤활유 시료채취 후 해양경찰연구센터 시험분석 의뢰 실시

장 비 명	검사일시	취 환 후 운전시간	기 준 치	경유혼입율	검 사 처
NO.1 M/E	'17. 4.28	300h	3.0% 이하	9.4%	해양경찰연구센터
NO.2 M/E	"	300h	"	6.7%	
NO.3 M/E	'17. 4. 7	420h	"	13.0%	
NO.4 M/E	"	420h	"	12.7%	

나. 운용자 조치사항

- 출동 중 주기관 윤활유(SUMP TANK,MAKE-UP TANK)잔량 및 점도 측정 실시
- 전문 업체 수리 전 까지 장비 보호를 위해 윤활유 취환 운전시간 250시간 경과 시 피스톤 쿨링 오일 필터 교체 및 윤활유 압력저하 경보발생 시 윤활유 취환 후 운용

다. 전문 업체 조치사항(STX엔진, 동현엔지니어링)

- 인젝터 연료유 리턴라인 취외 점검 결과 연료유 과다 누설 확인
- 장비관리과-3702(2017. 7.17.)호“3012함 NO.1,2,3,4 M/E인젝터 정비 및 불량부품 교체수리 시행 알림「통보」”관련 외주수리  
※ NO.1 ~ 4 M/E 인젝터 취외 후 NOZZLE, TRUST MEMBER, O-링 신품으로 교체, 노즐 분사압력 400bar 균등 세팅조정



- NO.1~4 M/E 전 기통 신품 인젝터 취부 후 시운전 실시 윤활유, 연료계 통누설 및 배기온도 점검 결과 이상 없음

인젝터 취외



인젝터 분사압력 테스트 실시



1. 인젝터 취외



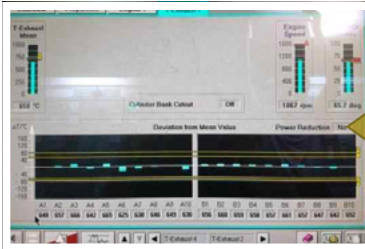
2. 불량 인젝터 취외



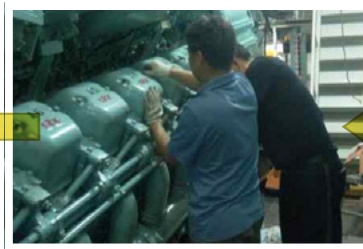
3. 인젝터 정비



6. 시운전 실시



5. 취부작업



4. 인젝터 조립



## 재발방지대책

가. 「주기관 매뉴얼 정비지침」에 따라 매 운전 3,500시간 정비 주기로 계획 정비 시 인젝터 정밀점검 필요

나. MTU 20V 1163 TB 93는 고속엔진으로 장시간 저속 및 저 부하 운전 지양

- 연료유 절약을 목적으로 저속 및 저 부하 운전이 일반적으로 인식되어 있으나, 불완전 연소를 예방하기 위하여 필요시 엔진 1대 사용으로저속, 저 부하 예방 필요



- 장시간 저속, 저 부하 운전으로 인해 연소실 및 인젝터 카본 누적, 인젝터 노즐 막힘 현상이 불완전 연소의 원인이 되며 장비 성능 악순환의 고리를 형성한다는 내용 인식 필요

다. 매 출동기간 중 1회 주기관 전 부하 운전 실시로 카본축적 예방

라. 정기적인 윤활유 압지시험\* 및 성분검사 의뢰 실시

※ 성분분석 가능항목: 불순물, 윤활유 산화, 수분 혼입, 연료유 혼입 여부

## 기대효과

가. 동일 장비 및 고장에 대한 신속한 대처로 추가적 손상 방지

나. 적기 수리를 통해 함정운용의 제한 또는 불가동 상황을 미연에 방지함으로써 해상치안 공백방지

다. 정비 노-하우(NO-KNOW) 축적 및 장비내구수명을 연장하여 정비예산 절감 및 원활한 장비운용과 안전운항에 기여함

## 일반이론

디젤기관의 연소실



연료인젝션 밸브





#### 장비재원

장비명 주기관

제작사 THE S.E.M.T PIELSTICK(프랑스)

형식 16기통 4행정 터보차저

에어쿨러타입

모델 16PA 6B-V STC

출력 8800HP AT 1050RPM



## 주기관 피스톤 및 라이너 스커핑 현상

서특단

3005함

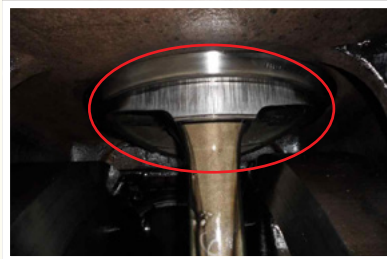
### 고장개요

가. 기관실 순찰 중 좌현 주기관 B3기통 이상 소음 발생하여 엔진 긴급 정지 및 크랭크 케이스 챔버 커버 개방하여 내부 육안·촉각 검사 결과 B3, B6 기통 피스톤 스커트부 및 라이너 내부에 스커핑(금속 접촉면에 발생한 눈에 보일 만큼의 거친 이상마모) 현상 발견하였으며 다른 기통에서도 미세하게 유사한 손상이 진행됨을 확인함

좌현 B3번 기통



좌현 B6번 기통



나. 2017.03.24.~26. 좌현 주기관 B3, B6 기통 피스톤 및 라이너 교체 외주 수리(시공처: ㈜텍코) 기간 중 자체적으로 전 기통 챔버 커버 개방 육안·촉각 검사 실시한바 양현 주기관 전체 32개 기통 중 21개 기통에서 피스



톤 스커트부와 라이너 내부 하사점(오일링 왕복 교차 지점)부근에서 마모터 및 스커핑 현상 진행 확인하여 정밀점검 및 조속한 수리 권고받아 내부 부속 확보(5개월) 소요 후 양현 주기관 전 기통 실린더 라이너 및 피스톤 교체 포함 양현 주기관 복구 수리 시행한 사례임.

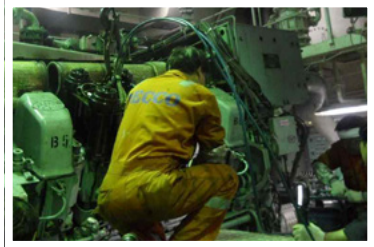
실린더 라이너 마모터 및 스커핑 현상



피스톤 스커트부 스커핑 현상



실린더헤드 유압너트 분리



실린더 라이너 및 피스톤 분해



실린더 라이너 신품



피스톤 신품



## 자체점검 및 조치사항

- 가. 좌현 주기관 B3, B6기통 내 실린더 라이너, 피스톤 교체수리 후 다른 기통 기관부속 자재확보 기간 동안 다음 조치들로 2차사고 예방에 노력함
- 경비작전업무 수행 중 양현 주기관 고속운전 지양(800RPM 미만 사용), 부하급감 운전금지 및 기관실 내 현장 당직 실시
  - 매 항차별 챔버 커버 개방 검사 실시 후 손상 진행상태를 체계적으로 확인하여 담당부서에 공유 및 조속한 수리 진행 요청 (별첨 1)
  - 전문업체(STX 엔진) 기술진 양현 주기관 내부 정밀점검 의뢰하여 실린더 라이너 내부 육안 및 내시경 검사 실시
  - 주기적으로 양현 주기관 펄스틱유 샘플 채취 후 성분 분석 의뢰 실시
- 나. 주기관 복구 수리 기간 중 각 계통의 최상 컨디션 유지를 위해 다음의 수리항목 추가 진행
- 실린더 헤드 소재 정비 및 흡·배기 밸브 분해 정비(손상 밸브가이드 1개 교환)



- 인젝터 연료분사노즐 분해 내부 불량부속 교체 및 분사압력 시험
- 콤비쿨러 분해 내부 손상 플레이트 교체 및 소재 정비
- 해수펌프 분해 내부 불량 SEAL 교체 수리
- 흡기매니폴드 가스켓 손상부 교체 수리 등

## 고장원인

가. 엔진 전문업체 2곳의 상기현상 관련 점검 후 제출한 소견서에 의한 추정 원인

- 전문업체 “(주)텍코” 의견
  - 피스톤 하부 오일링 장력 과다 또는 재질이 실린더 라이너보다 강도가 높아 라이너를 마모시키는 현상이 발생되어 1차적으로 피스톤 하사점 오일링 부근에서 마모턱이 발생되었고(보통 상사점의 제 1링 부근의 마모상태가 최대) 마모턱에 의하여 재질이 약한 피스톤 스커트 부분에 2차적인 손상 발생 추정 의견 (별첨 2)
- 전문업체 “STX 엔진” 의견
  - 정비이력(W5) 검토결과 당시 LINER 마모율이 기준치를 벗어나진 않았으나 마모율이 높았던 기통과 스크래치 발생 기통이 일치하는 형상을 보이므로 피스톤링 불균형 또는 라이너 장기사용으로 한계치 도달 등에 의한 소손 진행 추정 의견 (별첨 3)

나. 엔진 제작사(프랑스 필스틱사) 매뉴얼의 W-5 주기는 16,000시간 (약9년 소요), O/H 주기 32,000시간(약18년 소요)이나 상기 사례에 의하면 3005함은 입청 후(좌현 기준) 24,060시간, W5 수리 후 4,928시간 밖에 도래되지 않았음에도 자칫 대형사고로 이어질 수 있는 손상이 진행되었음.

- W-5 수리 시(2013.11.4.~12.12.) 좌현 주기관 2개 기통(B4, A5)만 실린더 라이너 교체 실시. 그 외 마모 기준치 내의 기통은 호닝(Honing)가공 실시 후 재사용함 (별첨 4,5)

### ※ 호닝 가공이란?

내연기관에 실린더 내면을 보링(실린더를 진원모양으로 절삭하는 작업) 작업 후 혼(hone)이라는 기름 숫돌을 장착한 공구를 사용하여 구멍의 내면을 재빨리 연마하는 가공법. 호닝 작업 시 라이너 내면에 빗살무늬의 미세한 홈이 생기게 되며 이러한 홈으로 윤활유가 스며들어 유막을 형성



## ※ 16PA 6B-V STC 엔진 실린더 라이너 마모 기준치 (엔진 정비교범 참조)

- 신품 실린더 라이너 보어 직경 : 280mm
- 실린더 라이너 보어 직경 폐기 한계치 : 280.80mm
- 불균등 마모(Ovalization) 한계치 : 0.3mm (직경 최대값과 최소값의 차)

※ 불균등 마모치가 한계치 이상일 경우 호닝 가공 후에 승인 가능한 직경 크기가 예상될 경우에 보어 형상 재작업 시행함.

실린더 라이너 마모 측정 시트

D	Diameter (mm)				Remarks
	P1	P2	P3	P4	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

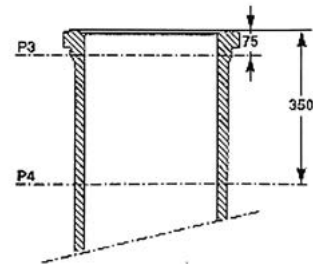
호닝 가공 후 허용 직경

## 4.4.2 - 마모 점검

- 도면 P3 과 P4(그림 4)에서 직경을 측정합니다.

· 도면 P3 에서 허용 직경: 280.60 mm

· 도면 P4 에서 허용 직경: 280.30 mm

그림 4 : 라이너 마모  
LINER WEARING

## 재발방지대책

- 기관실 내 현장 순찰 반복 및 이상소음, 진동, 발열 상태 판단 철저
- 충분한 예열운전 실시(특히 동절기) 및 급격한 부하변동 운전 지양
- 주기적인 필스틱유 성분 분석과 크랭크 챔버 커버 개방 내부 검사
- 주기관 냉각계통(콤비쿨러, 청수·해수 펌프 및 청수예열기 등) 관리 철저히 냉각수 적정 온도(45℃~90℃) 유지
- 윤활유 교환, 오일필터 소재, 연료분사노즐 정비 및 엔진 흡기구 필터 교체 등 예방정비 확행
- 정기수리 및 상가수리 시 장비 매뉴얼 및 정비교범 숙지하여 수리진행 및 각종 검사 결과 감독 철저



사. 펄스틱 엔진의 경우 매뉴얼 상 정비주기에 비해 라이너와 피스톤 등 각 부 손상 진행이 빠르므로 W-5와 O/H 주기 사이에 정비주기 추가 또는 정비주기 축소 등 정비주기 재검토 필요

\*예시)기존 W-5 정비주기 16,000시간을 12,000시간으로 단축

#### ※ 실린더 라이너 내면의 마모와 부식 원인

- 실린더 라이너 내면의 마모와 부식 원인은 복잡하나 일반적으로
  - 유막 형성 불량에 의한 금속접촉의 마찰 마모
  - 흡기 중에 혼입된 먼지 또는 연소실 카본에 의한 마모
  - 연소생성 가스 중의 부식 성분(유황 등)에 의한 화학적 마모
  - 윤활유 성질의 부적합 또는 사용량 과부족에 의한 마모 등
- 피스톤링과 실린더 마찰면이 비교적 넓은 범위에서 용착하여 그 부분이 전 단적으로 파괴되는 스커핑은 실린더 온도의 과도한 높음, 윤활유의 부족, 유막의 회복능력 결여 등이 원인이 되며 그 이전에 가공면 조도의 과대 또는 과소, 접촉하중의 국부적 과대, 피스톤링과 실린더재료의 조합 부적합 등을 들 수 있음. 스커핑 현상이 심화되면 피스톤링을 고착시키고 나아가 실린더와 피스톤을 고착시킬 우려가 있음.

## 기대효과

이와 같은 고장 사례를 공유하여 동일엔진 장착 함정의 운전시간 도래 대비 사전 점검 철저 및 대형 엔진 사고 예방 기여



## 별첨 1

## 매 항차별 크랭크 챔버 개방 및 진행상태 자체 검사

## 【 양현 주기관 크랭크 챔버 개방, 시각검사 [수리후 7회차] 】

■ 수리후 시각검사 (32기동 중 22기동 라이너 마모 턱(69%) 발생)

구분	계	우현엔진(#1), 16기동		좌현엔진(#2), 16기동	
		계	A열(8기동)	계	A열(8기동)
라이너	마모턱 (오일링)	22 (69%)	14 (87%)	7개 (1.3.4.5.6.7.8)	7개 (1.3.4.5.6.7.8)
	스커핑	19 (59%)	12 (75%)	6개 (2.3.4.5.7.8)	6개 (1.3.4.5.7.8)
피스톤 스크래치 및 축압마모	22 (68%)	13 (81%)	6개 (1.2.3.5.7.8)	7개 (1.3.4.5.6.7.8)	9 (56%)
				5개 (2.3.4.6.7)	4개 (2.5.7.8)

※ 턱기준 : NO2 주기관 B3·6번 교체기동 기준(10기동 홀 깊이 약0.5mm)

#1주기관(우현)				#2주기관(좌현)			
기동	증상	기동	증상	기동	증상	기동	증상
A1	○턱1 ▶ 피스톤축압(약간)	B1	○턱3 ▶ 라이너 (중양) ▶ 피스톤 스크래치 (홀 깊은 범위 확대)	A1	《 '16.11월 라이너, 피스톤 교환(턱 발견)》	B1	《 '16.11월 피스톤링 교환》
A2	▶ 라이너 피스톤 스크래치 약10cm (중, 진행)	B2	-	A2	○턱1~2 ▶ 피스톤 축압마모 (약간)	B2	○턱 발생 ▶ 라이너 스크래치 10cm(홀2mm, 깊게) ▶ 피스톤 스크래치 발생
A3	○턱2~5 ▶ 라이너 스크래치 깊게 아래로 확대 진행 ▶ 피스톤 스크래치 진행	B3	○턱4~7 ▶ 피스톤 - 라이너 스크래치 (약간)	A3	○턱6 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(진행)	B3	○'17.3월 라이너 피스톤 교환 (라이너(턱10)·피스톤 스커핑 심함)
A4	○턱3~7 ▶ 라이너 스크래치 발생	B4	○턱4~6 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(약간)	A4	○턱4~5 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(진행)	B4	《W5, '13.12월 라이너 교환》
A5	○턱3~7 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(진행)	B5	○턱3~6 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(약간)	A5	《W5, '13.12월 라이너 교환》 ▶ 라이너마모흔적발견 ▶ 피스톤 축압마모	B5	○턱3~7 ▶ 라이너 (알, 뒤) ▶ 피스톤 스크래치(진행) (심함, 부분 확대)
A6	○턱3~7 ▶ 피스톤 스크래치 발생	B6	○턱2~7 ▶ 피스톤 스크래치 (약간, 굵힘줄 진행)	A6	○턱6~7 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(진행)	B6	○'17.3월 라이너 피스톤 교환 (라이너(턱10)·피스톤 스커핑 심함)
A7	○턱2~6 ▶ 라이너, 피스톤 스크래치 (초기)	B7	○턱3~7 ▶ 라이너 스크래치(진행) ▶ 피스톤 축압마모 (확대 진행)	A7	▶ 피스톤 스크래치 (약간)	B7	○턱3~7 ▶ 라이너 유막 약한 ▶ 피스톤 축압마모
A8	○턱 약간 ▶ 라이너 피스톤 스크래치(진행 확대)	B8	○턱2~5 ▶ 라이너 스크래치(진행) ▶ 피스톤 축압마모	A8	-	B8	○턱3 ▶ 라이너 피스톤 스크래치 3cm
교제	-	-	-	· W5 라이너 1개 · 용금 라이너·피스톤 1세트	-	· W5 라이너 1개 · 용금 라이너·피스톤 2세트	-

◆ W5(포함) 라이너 5개, 피스톤 3개 교환, W5 후 라이너 3개, 피스톤 3개, 피스톤링 4개 교환



## 소견서

일시 : 2017. 3. 25

함정명 : 인천해양경비안전서 3005함

장비명 : S.E.M.T/ PIELSTICK 16 PA 6B-V STC

제목 : 3005함 실린더 라이너 및 피스톤 소손관련 의견

- 좌현 주기관 B3, B6 실린더 라이너 및 피스톤 발출 분해 육안 검사결과 아래와 같이 추정소견을 알려드립니다.

상기 기통 취외 후 육안 정밀검사 결과 라이너 하부부근 턱(약0.5mm) 현상과 스커핑현상(긁힘)이 발견되었으며 본 현상은 라이너 내부 하부 턱 발생으로 인하여 피스톤 스커트부에 스커핑 현상이 발생된 것으로 추정됨.

이러한 원인으로는 피스톤 오일링 장력과다 또는 재질이 라이너 보다 강도가 높아 라이너를 마모 시키는 현상이 발생되어 1차적으로 피스톤 하사점 오일링 부분에서 턱이 발생되었고 턱에 의하여 재질이 약한 피스톤 스커트 부분에 2차적으로 손상(스크래치) 된 것으로 추정됨.

- 또한 양현 주기관 전기통 실린더 라이너 및 피스톤 육안검사 결과에 대한 소견입니다.

32기통 전반에 대한 캠버개방 검사 결과 21기통(65%)의 라이너내부에 턱(스크래치 동반)이 발견되었으며, 세부적으로는 좌현 주기관에 16기통중 8기통, 우현 주기관 16기통중 13기통터이 발견됨.

- 종합 검토의견

- 현증상을 종합적으로 볼 때 위 원인으로 인한 소손으로 추정되며 엔진 및 피스톤 제작사의 전문적인 원인분석 의뢰가 필요할 것으로 사료됨.
- 안정적인 함 운용을 위해서 타 기통 또한 턱 발생·진행상태로 추정되므로 조속히 정밀점검 및 복원수리가 요구됨.

주식회사 덱코

울산광역시 울주군 웅촌면 광청로 16

부장 전병환



## 별첨 3

## 전문업체 STX 엔진 소견서

본 문서는 STX엔진의 자산이며,보안에 유념하시기 바랍니다.

STX Engine Co.,Ltd.

stx

SERVICE REPORT					
Name of Vessel	인천해경 3005함				
Name of Yard	인천서	Class	N/A		
Ship-Owner	해양경찰				
Hull No	N/A	Project No		Engine S/N	
Engine Model	PELSTICK 16PA 6B 280STC	Ship Delivery		Expiration	
Service Period	17. 5. 2 (화)				
Place of Service	인천연안 부두 305				
Reported by	김승욱				
Visited by					
Reason					

work		time		NO of Engi neer	Normal working hours (8-17)	Overtime outside normal working hours	First 8 hours on Saturday, Sunday and Holiday	Overtime on Saturday, Sunday and Holiday	Traveling and waiting hours
Day	Date	From	To						
Total :									

\* 해당 엔진은 STX엔진 공출본이 아니므로 이진검사와 관련하여 인본 시공의 책임은 없음  
1. 3005함 과체 점검 결과를 기반으로, Scratch가 심한 기통 기운 확인결과 확인함

2. 우현 B1, 좌현 B4, 5, 6 점검 결과 Piston skirt 부 scratch 발견  
라이너 라면면은 Scratch가 대체로 발생하였음

3. 정배지역(W5) 점도결과, 당측 Liner 마면부의 높은 기통이 많음  
정배의 고령라이너 점검 결과, honing mark가 있음  
Scratch 발생 기통의 경상을 점도결과 Liner 마면 발생 기통과 일치함  
Liner 마면부의 단면은 Polish 후 사용 됨

4. 취급제 사항 :

- Liner 라면면 Polish 함
- 기통 바는 정비 주기에 Liner 점검 및 교체

- 수시 기관실 Local Monitoring R

STX signature

김승욱

Customer signature

STX/KR55EGA93076E0/김승욱/150.100.103.29/[20170428-17:13:46]



별첨 4

W-5 수리 시 우현 주기관 라이너 마모 측정 결과

**우현 ENGINE CYLINDER LINER WEAR MEASURING REPORT**

ENGINE TYPE : PIELSTICK 16PA 6B280-STC      DATE : 2013.11.18      MEASURED BY : KIM Y.Z

CYL BORE : 280 mm      TEMP. : 15°C      INSPECTED BY : JEON B. H

측정 시트 : 실린더 라이너  
MEASUREMENT SHEET : CYLINDER LINERS

圖說 / Ovalization : OV = Φ 최대값 - Φ 최소값

LINER DIAMETER LIMIT VALUE : 280.80 mm

UNIT : 1/100 mm      OVALIZATION : OV = Φ 최대값 - Φ 최소값 LIMIT VALUE : 0.30 mm

Cyl No.	PLANE P1					PLANE P2	
	ΦX	ΦX'	ΦY	ΦY'	OV	ΦX	ΦY
A1	55	49	42	42	13	1	1
A2	5	5	4	4	1	4	4
A3	53	56	61	53	8	3	3
A4	48	43	35	35	13	1	1
A5	23	22	10	15	13	0	0
A6	52	53	40	38	15	0	0
A7	2	2	1	1	1	0	1
A8	45	40	30	30	15	3	3
B1	65	66	58	57	9	2	3
B2	52	50	46	46	6	2	2
B3	42	48	31	28	20	1	1
B4	40	36	25	22	18	2	2
B5	32	25	15	15	17	0	0
B6	55	48	35	38	20	0	0
B7	27	35	28	18	17	4	3
B8	23	23	20	18	5	1	1

REMARK : Liner bore 계속 결과 전 cylinder limit value 내에 있으며 honing 실시 후 재사용함.

DECCO-107/48 (0/08.04.16)      DECCO LIMITED



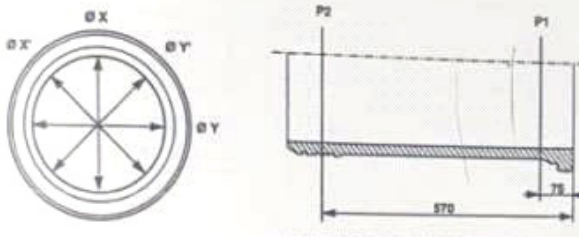
## 별첨 5

## W-5 수리 시 좌현 주기관 라이너 마모 측정 결과

**좌현 ENGINE CYLINDER LINER WEAR MEASURING REPORT**

ENGINE TYPE : PIELSTICK 16PA 6B280-STC      DATE : 2013.11.18      MEASURED BY : KIM Y.Z  
CYL BORE : 280 mm      TEMP : 15°C      INSPECTED BY : JEON B.H

측정 시트 : 실린더 라이너  
MEASUREMENT SHEET : CYLINDER LINERS



UNIT : 280 ÷ 1/100 mm

LINER DIAMETER LIMIT VALUE : 280.80 mm  
OVALIZATION : OV =  $\Phi$  최대값 -  $\Phi$  최소값 LIMIT VALUE : 0.30 mm

Cyl No.	PLANE P1					PLANE P2	
	$\Phi X$	$\Phi X'$	$\Phi Y$	$\Phi Y'$	OV	$\Phi X$	$\Phi Y$
A1	50	57	58	42	16	8	7
A2	56	52	44	44	12	0	0
A3	47	38	34	28	19	2	2
A4	46	58	55	52	12	4	3
A5	78	87	75	55	32	2	2
A6	55	57	52	40	17	2	2
A7	48	48	46	49	3	15	15
A8	3	4	3	3	1	2	2
B1	2	2	3	2	1	2	1
B2	1	2	2	1	1	1	1
B3	50	50	55	39	16	4	4
B4	107	120	122	93	29	5	7
B5	7	7	7	7	0	4	4
B6	49	55	53	47	8	1	1
B7	1	1	2	1	1	0	0
B8	39	42	41	44	5	3	1

REMARK : Liner bore 계측 결과 좌현 A5 및 B4 cylinder liner limit value 초과하였음  
그외 cylinder는 계측 결과 limit value 내에 있었으며 honing 실시 후 재사용함.

DECCO LIMITED

DECCO-107/48 (0/08.04.16)



## 일반학계 학론

### 1. 엔진의 실린더(=기통)

- 엔진의 실린더 구성은 실린더, 실린더라이너, 실린더블록, 실린더헤드로 구성된다.

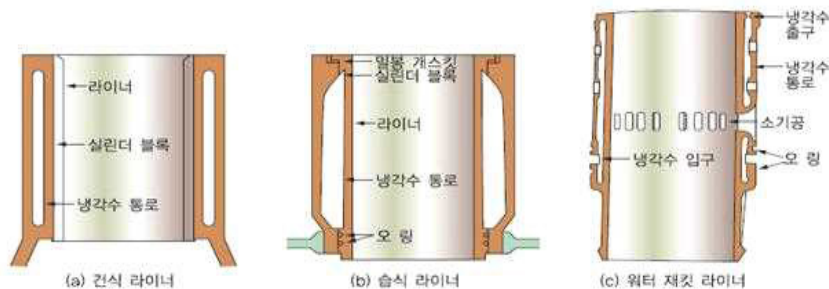
#### 가. 실린더

- 실린더는 내부에서 피스톤이 상하 운동을 하며 피스톤, 실린더 헤드와 더불어 연소실을 형성하므로 연소에 따른 압력을 받고 고온에 노출되어 높은 열응력을 받는 부분이다. 따라서, 열응력에 대한 강도가 충분해야 하며, 피스톤과 마찰하는 부분은 마멸에 견디도록 만들어야 한다.
- 실린더는 실린더 라이너(cylinder liner), 실린더 헤드(cylinder head), 실린더 블록(cylinder block, 또는 engine block)으로 구성되며, 블록과 라이너 사이에는 일반적으로 워터재킷(water jacket)을 만들어 냉각수를 통하게 하여 냉각시킨다. 대형 기관의 실린더는 각 부분을 따로 제작하여 조립하며, 실린더 블록은 용접 구조물을 사용한다. 중·소형 기관의 실린더는 일체로 주조하여 만드는 경우도 있다.

#### 나. 실린더 라이너

##### 1) 재질과 역할

- 실린더 라이너는 고온·고압의 연소 가스와 접촉하고, 내부에는 피스톤이 왕복하므로 마멸되기 쉽다. 따라서 고열과 마멸에 견디는 특수 주철이나 합금을 사용하여 제작하며, 형상을 특수하게 가공하기도 한다. 일반적으로 라이너를 사용하면, 내마멸성의 재료를 사용함으로써 사용시간을 연장할 수 있고, 마멸되었을 때 교환하기가 쉬우며, 실린더가 받는 열응력을 줄일 수 있는 장점이 있다.



〈그림1〉 실린더 라이너 종류

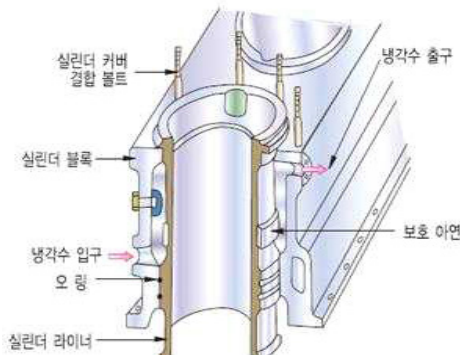


## 2) 구조

- 실린더 라이너의 종류에는 <그림1>처럼 냉각수와 직접 접촉하지 않는 건식(dry) 라이너, 냉각수와 직접 접촉하는 습식(wet) 라이너, 그리고 라이너가 이중으로 되어 그 속에 냉각수가 통하도록 하는 워터 재킷(water jacket) 라이너가 있으며, 소형 기관을 제외한 대부분의 기관에서 습식 라이너를 사용한다.
- 라이너의 상부 플랜지(flange)는 실린더 헤드와 함께 볼트로 실린더 블록에 고정되고, 그 사이에는 연강 또는 동으로 만든 개스킷(gasket)을 넣어 연소실의 가스가 새지 않게 한다.
- <그림2>는 2행정 사이클 기관의 실린더 라이너를 나타낸 것으로, 라이너의 하부에는 여러 개의 소기구가 있고, 냉각수의 누설을 방지하기 위한 오링(O-ring, 고무 링)을 설치한다. 또, 라이너안쪽에는 지그재그로 윤활홈이 가공되어 주유공과 연결되어 있다.
- <그림3>은 4행정 사이클기관 실린더 블록과 라이너를 나타낸 것이다. 실린더 라이너의 내경은 위 쪽을 약간 크게 하여, 피스톤 링과의 마찰에 의해 생기는 턱을 방지하고 피스톤의 분해·조립을 쉽도록 한다.



<그림2> 2행정 사이클 기관의 실린더 라이너



<그림3> 4행정 사이클 기관의 실린더 블록과 라이너

## 3) 실린더 라이너가 마멸되는 원인은 복잡하고 다양하지만 그 중 중요한 것은

- ① 윤활유 성질의 부적합 및 사용량의 부족에 의한 마멸
- ② 연소 가스 중의 부식 성분에 의한 화학적 마멸
- ③ 연료유나 공기 중에 혼입된 입자에 의한 마찰 마멸
- ④ 유막의 형성 불량에 의한 금속 접촉의 마찰 마멸 등이 있고, 마멸의 진행 정도는 기관이 신조된

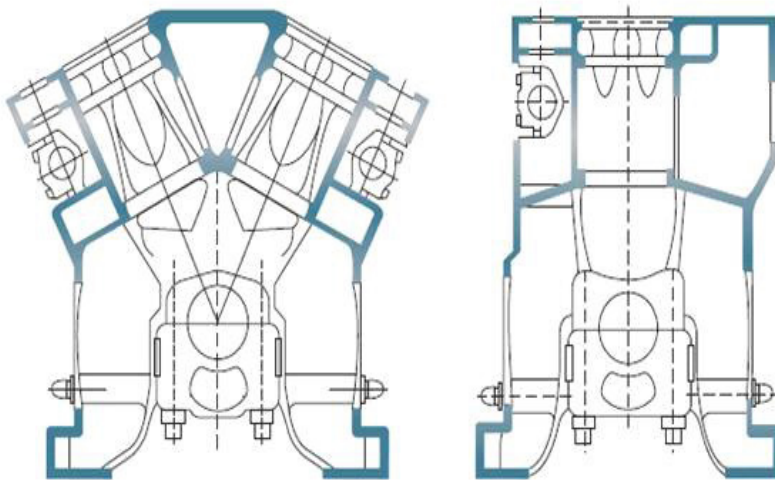


초기에는 비교적 빠르고, 일정한 한계에 도달하면 느리게 된다. 이것은 피스톤 링 등의 길들이기와 관련이 있으므로 처음부터 부하를 너무 걸지 않도록 주의해야 하고 윤활유의 선택과 사용량, 기관의 관리 정비에도 주의를 기울여야 한다.

#### 다. 실린더 블록

- 실린더 블록은 소형의 경우 모든 실린더를 일체로 만들지만, 대형은 여러 개의 실린더마다 블록을 만들어 각각을 연결하거나, 각 실린더를 한 개씩 별도로 만든다. 실린더 블록의 재료는 보통 주철을 사용하므로, 강도의 부족을 보강하는 구조로 제작해야 한다. 따라서, 대형 기관에서는 인장 볼트를 사용하여 기관 베드 아랫부분과 실린더 블록 상면과의 사이를 죄어서 연소 가스 압력에 의한 인장력이 실린더 블록에 걸리지 않도록 한다.

〈그림4〉는 V형 및 직렬형 4행정 기관의 실린더 블록을 나타낸 것이다.



〈그림4〉 실린더 블록(V형 및 직렬형 기관)



**장비재원**

장비명 발전기

제작사 STX엔진

형식 6기통 4행정 터보차저

모델 KTA38 DM1

출력 500kW/1800RPM



## 발전기 청수쿨러 교체 수리

서특단  
3008함

### 고장개요

- 가. 기관 당직자 순찰 중 No.3 발전기 청수팽창탱크에서 냉각수 OVERFLOW 현상 발견
- 나. 발전기 교대운전 후 No.3 발전기를 정지 하고 청수팽창탱크의 냉각수 양 증가 및 미각확인 결과 짠 맛 확인

### 고장원인

- 가. 장기간 사용 노후 부식에 따른 쿨러 튜브 파공
- 나. 냉각수 첨가제(DCA4) 농도 제작사 규정치 미 준수 추정

### 조치사항

- 가. 당직순찰 중 발전기 해수압력이 높아진 것을 발견(정상 수치 : 1.3 ~ 1.5 bar) 후 확인 결과 청수팽창탱크에서 OVERFLOW 현상 발생하여 즉시 기관장에게 보고하고 발전기 교대운전
- 나. 청수 팽창탱크 내 시료 미각확인 결과 짠 맛 확인
- 다. 총 분해수리 외주업체에 하자수리를 요청하여 청수쿨러 분해 후 압력시험 결과 쿨러 튜브(코어) 8개소 파공부위 및 누수 확인
- 라. 본단 정비보급계에 부품확보 요청 및 장비 상태보고
- 마. 외주수리 업체를 통한 청수쿨러 교체 수리 실시



압력시험으로 파공부위 확인



청수 쿨러 분해 실시



청수 쿨러 고품



청수 쿨러 신품 조립



청수 쿨러 내부 소제



청수 쿨러 조립 완료



## 재발방지대책

- 가. 제작사 정비 매뉴얼에 따른 냉각수 첨가제(DCA4) 농도(냉각수 3.8L 당 DCA4 1유닛) 및 ANODE(징크) 교환 주기 (6개월 또는 250H) 준수
- 나. 발전기 중요 고가 부품(쿨러 등)은 확보가 어려움으로 총 분해 수리(O/H) 시 고장예상 부품은 신품 교체가 요구됨  
※ '16년 7월 총 분해 수리 후 '17년 3월 고장발생
- 다. 당직 근무자 안전순찰 이행 철저 및 기기 운전 중 주의 면밀한 운전상태 확인 점검

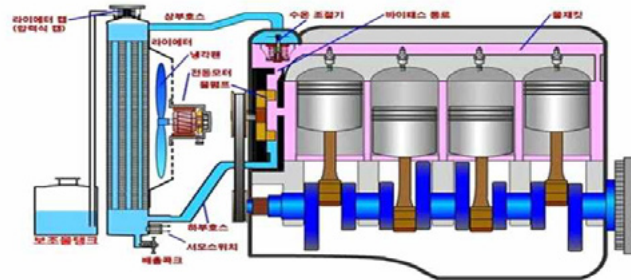
## 기대효과

- 가. 당직근무자 순찰 중 청수쿨러 누설현상 조기에 발견하여 염수 증가로 인한 실린더 블록 및 라이너 등 엔진 전반적인 부식을 예방
- 나. 기관장 주재로 기관부 총원 고장원인을 분석하고 디브리핑 함으로써 장비관리의 중요성을 교육



## 일반이론

### 내연기관 냉각순환



## 열교환기의 종류와 그에 따른 열 교환 방법

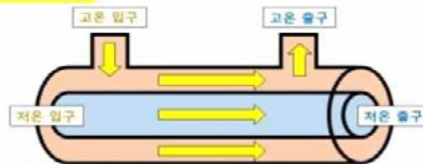
### 1. 이중관 열교환기(double-pipe heat exchanger)

1) 정의 : 가장 간단한 형식의 열교환기로서 그림에서 보는 것처럼 지름이 서로 다른 두 동 심관으로 구성된다. 이중관 열교환기의 한 유체는 작은 관 속을 흐르고, 다른 유체는 두 관사이의 환형 공간 속을 흐른다.

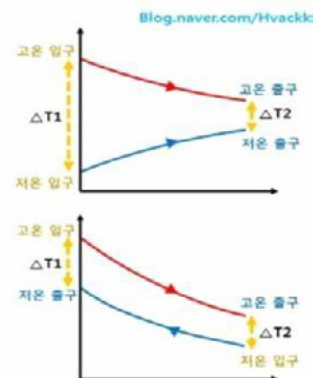
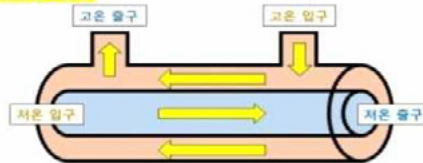
2) 이중관 열교환기에서 흐름의 배치

- ① 평행류(parallel flow) : 고온 유체와 저온 유체가 열교환기의 같은 쪽으로 들어가 같은 방향으로 흐른다.
- ② 대향류(counter flow) : 고온 유체와 저온 유체가 열교환기의 반대쪽으로 들어가서 서로 반대 방향으로 흐른다.

평행류 열교환기



대향류 열교환기





## 2. 밀집형 열교환기(compact heat exchanger)

### 1) 정의

⇒ 단위부피당 열교환 면적이 특별히 크도록 설계된 열교환기이다.

### 2) 밀집형 열교환기의 예

⇒ 자동차 라디에이터, 유리 세라믹 가스 터빈, Stirling 엔진, 그리고 인간의 폐 등이 있다.

### 3) 응용분야

⇒ 밀집형 열교환기는 작은 부피에서 두 유체 사이에 높은 열전달이 가능하게 해주기 때문에, 중량과 체적이 엄격히 제한되는 열교환기 응용분야에 많이 쓰인다. 밀집형 교환기에서 큰 표면적은 두 유체를 분리하는 벽들에 얇은 판이나 주름진 핀들을 촘촘히 붙임으로써 얻어진다. 밀집형 열교환기는 기체 흐름으로 인한 작은 열전달계수를 확대된 표면적으로 만회하도록 하는 기체-기체, 기체액체(또는 액체-기체)열교환기에 많이 쓰인다.

예) 물-공기 밀집형 열교환기인 자동차 라디에이터에서 핀이 관 표면의 공기 쪽에 부착되어 있음



### 4) 흐름의 형태

⇒ 직교류 : 밀집형 열교환기에 있어서 두 유체는 보통 수직으로 움직이며, 그런 흐름의 형태를 직교류(cross flow)라 한다.

## 3. 각-관 열교환기(shell-and-tube heat exchanger)

### 1) 정의

⇒ 산업용 열교환기에서 가장 많이 쓰이는 형식

각-관 열교환기에는 축이각(shell)에 평행하게 장착된 많은 수(때때로 수백 개)의 관이 있다. 한 유체가 관내를 흐르는 동안 다른 유체는 관외 각축을 흐르는 과정에서 열전달이 일어난다. 각 안에는 보통 유체가 각을 가로지르며 흐르게 하여 열전달을 촉진시키기 위해서, 또 관 사이의 간격을 일정하게 유지시키기 위해서 격벽(baffle)을 설치한다. 그러나 이들의 광범위한 사용에도 불구하고 상대적으로 큰 크기와 무게 때문에, 각-관 열교환기는 자동차, 항공기, 선박용으로는 적당하지 않다.

### 2) 원리

⇒ 각-관 열교환기의 관들은 각의 양단에 설치된 상당히 큰 유동 면적을 가진 헤더(header)에 연결되어 있는데, 그곳에서 관측의 유체는 관에 들어가기 전이나 관을 나온 후에 축적된다.

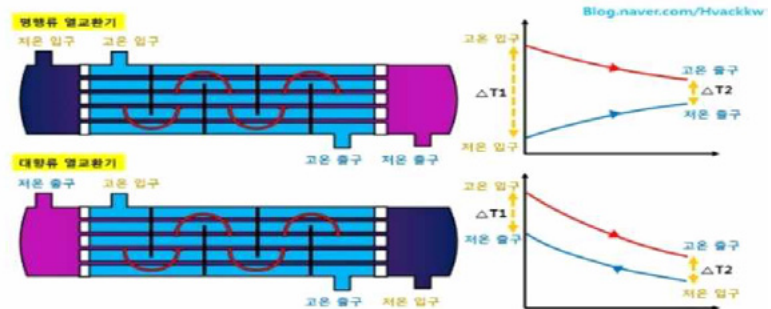


### 3) 분류

⇒ 각-관 열교환기는 포함된 관이나 각의 통로의 수에 따라 더 세부적으로 분류된다. 예를 들어 한 통 안에서 모든 관들이 한 번의 U턴을 하는 열교환기를 1각-2관 통로 (one-shell pass and two-tube pass) 열교환기라 하고 마찬가지로 통 안에 두 개의 경로와 관에 있어서 4개의 경로를 가진 열교환기를 2각-4관 통로 교환기라 한다.

## 4. 평판형 열교환기(plate heat exchanger)

### 1) 정의



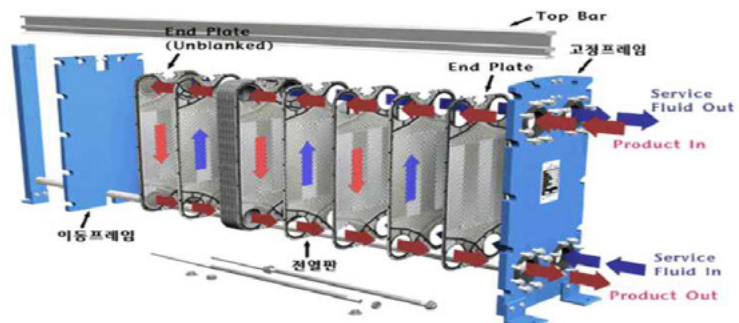
⇒ 널리 사용되고 있는 혁신적인 열교환기 형식(물결 모양의 유동 통로를 가진 평판이 연속적으로 구성됨)

### 2) 원리

⇒ 고온과 저온 유체가 통로들에 번갈아 들어가서, 각 저온 유체는 두 고온 유체로 둘러싸이게 되어, 매우 효과적인 열전달을 하게 된다. 단순히 평판을 더 쌓음으로 열전달을 증가시킨다.

### 3) 응용분야

⇒ 액체 대 액체 열교환기 응용분야에 적당 (고온과 저온 유체 흐름의 압력이 거의 같을 경우)





## 장비재원

장비명 발전기관

제작사 STX-CUMMINS

형식 AC450V / 60Hz / 3상

모델 KTA38DM1

출력 900kW × 1,800rpm



# 발전기 주파수 제어 수리

목포서

3015함

## 고장개요

- 가. 정기 출동 기간 No.1 발전기 단독 운전 중 MCS상 No.1 G/E 알람 발생, 부하 약140kW에서 주파수 57.2Hz 하강 후 자동 복구(60Hz) 불가 현상 발생, 가버너 수동 조작하여 주파수 상승 시도하였으나 상승 불가
- 나. 불시정전 대비 발전기 자동·수동 양방향으로 병렬 운전 시도하였으나, 발전기 주파수 58Hz이하(셋팅값) 하강 불가 하여 병렬 운전 실패
- 다. 비중요 회로 차단으로 기존 부하 140Kw→80Kw 감소하자 주파수 57.2Hz→57.8Hz까지 상승하여 수동 병렬운전 후 NO.1 발전기 정지
- 라. 함 운용중인 4대 발전기 간헐적으로 주파수 제어 불가 현상 발생 시 보유 중인 가버너 릴레이 신품 교체 후 운용하였으나 상기 건은 릴레이 교체 후에도 정상 작동 불가한 사례임

## 고장원인

- 가. 가버너 Actuator Stacking 현상(연료필터의 이물질 또는 수분이 Actuator Shaft를 고착시켜 연료제어가 불가)으로 주파수 제어 불능
- 나. MSBD 및 발전기 경보 제어반 내부 가버너 릴레이(24v 24pin, 220v 24pin) 불량



다. 가버너 작동 신호에 따른 MOP(Motor Operated Potentiometer, Model : E7800) 장치의 모터 손상 또는 가변 저항 값 불량

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 자체점검

- 해당 발전기 무부하 운전 실시하여 가버너 수동조작 실시 중 배전반 내부 가버너 릴레이 65Raise, 65Lower <DC24v 24pin> 작동 여부 점검 및 신품 교체
- 제어실내 MSBD 내부 가버너 릴레이 작동 상태 양호하여 발전기 측 경보·제어반 내부 가버너 릴레이 65Raise, 65Lower<AC220v 24pin> 작동 상태 점검 및 신품 교체

- 발전기 경보·제어반 내부 가버너 릴레이 교체하였으나 작동 상태 개선되지 않아 전문 업체 문의 결과 발전기 경보·제어반 내부 MOP 손상 의심된다는 소견

제어실내 MSBD 내부 가버너 릴레이



발전기 경보·제어반 가버너 릴레이



발전기 경보·제어반 MOP 작동상태



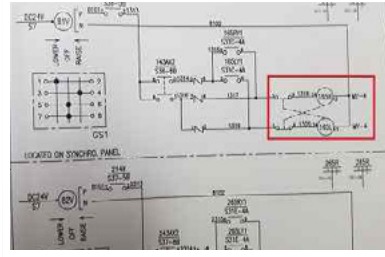
- MOP 예비품 미보유로 정상 작동 중인 예비 발전기 MOP 취외코 테스트 결과 주파수 제어 상태 양호하여 MOP 손상으로 판단

정상 작동중인 MOP간 교체 작업

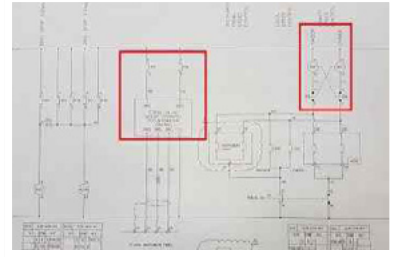




배전반 전기도면



발전기 경보·제어반 전기도면



#### 나. 점검 및 조치 사항

- MOP 전면의 다이얼게이지가 시계(Raise)·반시계방향(Lower) 회전이 가능하고(즉 모터가 정상작동하고), 회전에 따라 저항 값이 0~5k $\Omega$  사이에서 변한다면 볼륨(Potentiometer)만 교체하여 사용가능
- 다이얼 게이지 회전이 불가하다면 모터 자체가 손상된 것으로 판단 MOP 교체가 요구됨

- 본 함 NO.1 G/E MOP 저항 값 측정 결과 주파수 Raise시 4.98k $\Omega$  (최대값) 도달 후 Lower시 다이얼 게이지 회전함에 따라 저항 값도 하강하여야 하나 변동치 않음

- 본 서 보급계 MOP 부속 신청, 신품 수령 후 자체 수리 완료

MOP 볼륨 및 모터 상태



MOP 저항값 측정



## 재발방지대책

- 보조릴레이, MOP 등은 정밀한 장치이므로 내·외부의 충격에 주의하고 특히 진동, 먼지, 습기 등에 조심하고 주기적인 예방정비가 필요
- 배전반 및 발전기 경보·제어반 내부 가버너 관련 보조릴레이 작동상태 수시확인 및 주기적인 가버너 수동 조작으로 MOP 작동상태 점검



## 기대효과

- 가. 주파수 제어 불가시 가버너의 작동상태 판단하여 전기적인 원인인 경우 관련 릴레이 및 MOP 점검을 통해 신속하게 증상을 파악하고 조치 가능
  - 불시정전으로 인한 장비 손상 및 2차 사고 예방
- 나. 사례 공유를 통하여 유사 증상 발생시 원인을 자체 점검 하고 문제 발견 시 자체 수리를 통한 외주 수리 비용 절감

## 일반이론

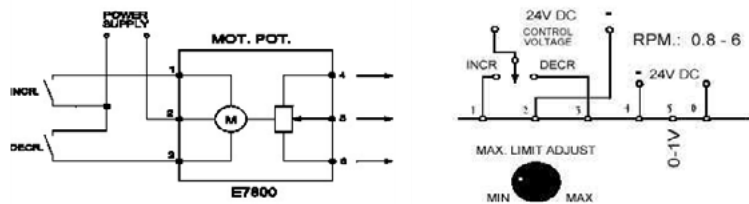
### 가. MOP(Motor Operated Potentiometer) 개요

- 전자식 가버너의 주파수와 부하를 제어 하는 역할을 함
- 서보모터의 회전속도를 조절하여 제어회로를 안정되게 함
- 권선형 Potentiometer는 스파크에 매우 강하며, 장기간 사용 가능, 수동 제어 가능(knob-기계적인 link를 통해)
- 방진형 구조로 먼지가 들어오지 않아 접점 상태가 좋음
- 전면 knob-모터 축-볼륨(Potentiometer) 연결된 구조
- 시계방향으로 총 10바퀴 회전코 반시계방향으로 5바퀴 회전시킨 위치가 중간값(기준값)임

### 나. MOP(Motor Operated Potentiometer) 사양(E7800)

- 소비전력 : AC2.5VA DC:2W    • 전압범위 : AC-10+-20%, DC +-25%
- 사용온도 : -15~75C

MOP 회로도



### 다. 전력-주파수-RPM 관계

- $RPM = 120 \times f / P$  (f:주파수, P:전력)으로 주파수 제어 불가 시 RPM 조정 불가
- 발전기 RPM에 영향을 주는 문제를 다각도로 접근 해야 함
  - ※ 기계적인문제(연료분사펌프의 링크 상태 불량, 연료 솔레노이드밸브 상태 불량 등), 전기적인 문제(SPEED CONTROLLER의 GAIN(감도)·STABILITY(안정도) 비정상 범위, ACTUATOR 스프링 탄성 감소로 인한 불량, SPEED DETECTOR의 스피드 픽업 센서 불량)



#### 장비재원

장비명 VERADO 300 선외기

제작사 머큐리

모델 VERADO 300

출력 300HP(224Kw)

배기량 2598CC

RPM MAX 5800 ~ 6400



## 고속단정 하부 기어박스 부품 교체수리

제주서

3012함

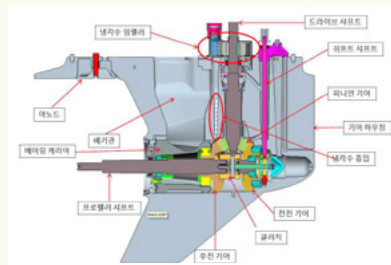
### 고장개요

300H점검에 따른 미션 오일 교환 작업 중 좌·우현 기어박스 내 해수 혼입 확인

### 고장원인

기어오일 주입구 마모로 인한 해수 유입

〈 베어링 케리어 부분 〉



〈 우현기어박스 기어오일 주입구 마모 〉



### 자체점검 및 조치사항

자체 수리불가 판단하여 전문업체 수리 요청하였음.



## 재발방지대책

가. 기어오일 교체시 주입구 마모도 상태 확인 및 볼트 또한 교체 필요

나. 엔진 사용 전 점검 사항

- 엔진 오일 유량 점검(연료와 오일량 점검 및 필요에 따라 보충)
- 안전 스위치 작동 상태 점검
- 연료 시스템의 누유 또는 호스 상태 점검
- 보트에 엔진의 고정 상태 점검
- 조타 시스템의 호스 꼬임상태, 손상상태, 누유 상태 또는 핏팅 연결 부가 느슨한지 점검
- 조타 시스템의 연결바가 엔진 2대와 적절히 고정되어 있는지 점검
- 프로펠러 블레이드 손상 상태 점검

다. 엔진 사용 후 점검 사항

- 해수 및 오수에 사용 후 청수로 플러싱 한다. (약 5분 ~ 10분)
- 엔진 외부에 해수 접촉 부위를 청수로 씻는다. (엔진정지 상태)
- 프로펠러의 손상 상태 및 쥘 상태를 확인한다.
- 배터리 스위치를 OFF 한다.
- 연료 및 오일 상태는 사용 전 미리 점검 및 보충하는 것이 좋다.

다. 시간대별 점검 및 소모품 교체

## 기대효과

고속단정 정상운용으로 구조 임무 등 수행에 기여

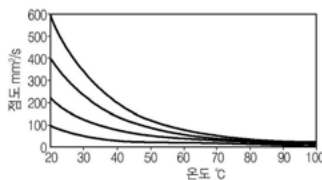
## 일반이론

### 1. 윤활유의 기능

- 기계와 기관 등의 운동부 마찰면에 윤활유를 공급하여 마찰을 감소시키는 작용을 함으로써, 동력 손실을 줄이고, 마멸과 손상 등의 장애를 방지할 수 있다.

### 2. 윤활유의 성질

- 액체가 유동할 때 분자 간에 마찰에 의하여 유동을 방해하려는 작용이 일어나는데, 이와 같은 성질을 점성이라 하며, 윤활유는 온도가 낮을수록 점도가 높고, 온도가 높을수록 점도가 낮다.
- 윤활유의 점도가 낮으면 기름의 내부 마찰은 감소하지만 마멸이 심하게 되고, 점도가 높으면 마찰이 증대되고 윤활 계통의 순환이 불량해지며, 시동이 곤란해질 수 있고, 기관출력이 떨어진다. 그러므로 적절한 상태의 점도에서 윤활유를 사용해야 한다.



온도 변화에 따른 윤활유 점도 변화

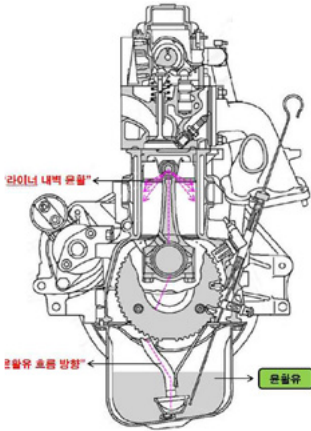


- 윤활유가 고온에 접하면 그 성분이 열분해 되어 탄화물이 생긴다. 탄화물은 실린더의 마멸과 밸브, 피스톤 링 등의 고착 원인이 된다.

### 3. 고장원인

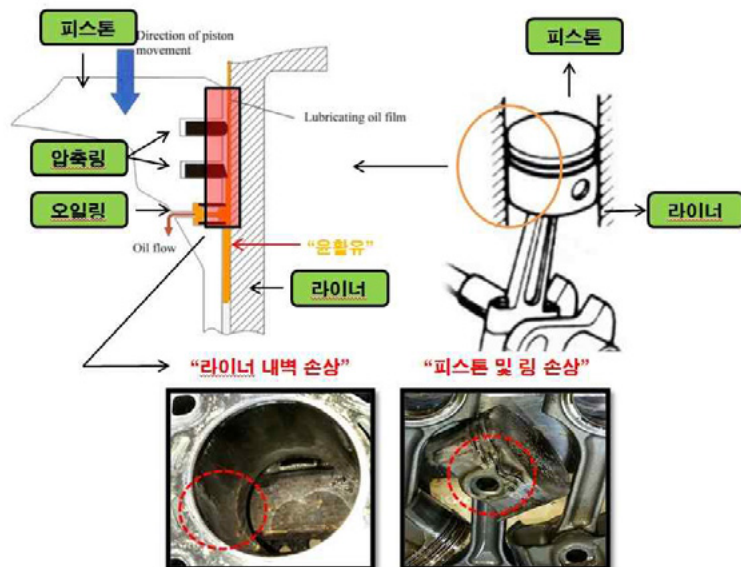
가. 선외기 예열운전 부족에 의한 손상 피로도 누적

- 고속형 엔진은 대부분이 강제 윤활 방식을 사용하며 윤활유의 흐름은 엔진하부의 SUMP TANK(오일탱크)에서 윤활유 공급펌프를 통해 엔진하부에서 상부로 공급하는 방식으로 초기 운전 시 윤활유를 엔진 상부까지 공급하는데 약간의 시간이 소요 된다.
- 엔진의 예열절차를 지키지 않고 급격히 RPM을 높일 경우 낮은 엔진 온도로 점도가 높은 윤활유가 라이너 내벽에 공급되며, 또한 충분한 양의 윤활유가 공급되지 않아 피스톤 측면과 라이너의 손상이 증가됨
- 엔진을 적정 예열온도 까지 상승시키지 않고 RPM을 급격히 상승하면 윤활유의 점도가 높은(끈끈한 상태)로 엔진 각부에 공급되면 정상적인 유체마찰이 되지 않고 경계마찰에 가깝게 되며,
- 특히 엔진 내부의 마찰이 가장 심한 피스톤과 라이너의 마모가 집중적 발생되고 이러한 방식으로 지속 운용 시 피스톤 측면과 라이너 마모 증상이 더욱 가중된다.



강제 윤활 방식의 윤활유의 흐름 방향

피스톤 및 라이너 구조





## 나. 기상(파고) 불량 시 사용에 따른 손상

- 고속으로 운항하며 높은 파도를 넘을 때 선외기의 프로펠러가 수면 위로 노출되는 경우 순간적으로 부하가 감소하여 선외기 RPM은 LIMIT 까지 급격히 상승되며,
- 이때, 엔진 가디언 시스템이 이 구간의 RPM을 감지하여 RPM이 더 이상 상승되지 않도록 연료 분사량을 낮추어 엔진을 보호한다.
- 순간적인 고RPM 운전은 연소실 내벽의 온도를 급상승 시켜 윤활유의 탄화작용을 유발하며, 이러한 반복 운전이 지속 될 경우 연소실 내벽에 탄화물이 누적되어 피스톤 측면과 라이너에 손상을 주게 된다.

기상 불량 시 고속단정 운항 예상도



## 다. 최대 RPM 지속 사용에 따른 손상

- 가솔린 엔진의 연소실 내부 평균 온도는 약 3,000℃이며, 발생하는 열은 윤활유와 냉각수(해수)로 냉각하여 고열로부터 엔진을 보호한다.

VERADO 300HP RPM 제한

IDLE RPM	550
MAX RPM	5800~6400
LIMIT RPM(OVER SPEED)	6500

- 고 RPM으로 장시간 사용 시 지속적으로 냉각수(해수)가 공급되어도 엔진을 적정 온도로 유지 하는 데는 한계가 있으며, 또한 연료의 폭발 과정에서 열이 직접적으로 전달되는 연소실 내벽은 냉각 작용 불량으로 윤활유가 발화점 온도 까지 상승되어 탄화됨으로 정상적인 윤활작용이 이루어 지지 않아 피스톤 측면과 라이너 내벽의 마모가 진행되어 엔진 수명을 단축시키게 된다.
- 따라서 고속단정에 사용되는 선외기는 최고 RPM 5800 이상으로 장시간 운용 시 엔진 손상을 유발할 수 있어 고속항해를 할 경우 RPM 4500~5500 사이로 운용하고 급박한 경우를 제외하고 최고 RPM 사용은 지양하는 것을 권고함



#### 장비재원

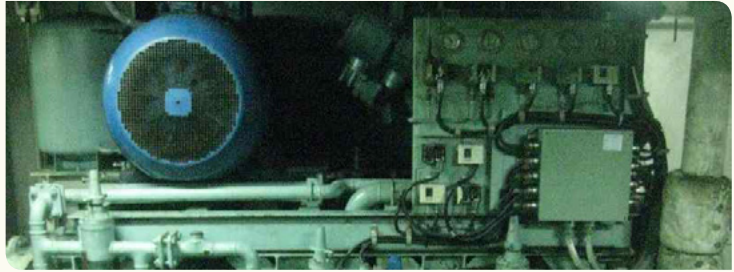
장비명 냉수기(WATER CHILLING PLANT)

제작사 한서 엔지니어링

형식 WCU 1100

모델 WC40270L

출력 274.3KW(냉각능력)



## 냉수기(수냉장치) 압축기 수리

서귀포서  
3003함

### 고장개요

#### 가. 원인미상

- 수리업체 지성 의뢰 압축기 계통 분해 확인
- 저압 밸브 손상으로 인한 압축압력 저하
- 스러스트 베어링 마모 및 챔버 오일누유
- 냉각효율 저하

### 고장원인

- 장시간 사용으로 인해 압축기 피스톤링 마모도가 심해 냉매 누설 초래, 압축효율 저하

### 자체점검 및 조치사항

- 압축기 소음 발생, 흡입압력 및 토출압력, 냉매 및 압축기 오일량, 냉수, 냉각수 공급 압력 등 확인 후 냉매 충전 및 재운전 실시하였으나 냉매량 감소하며 지속적으로 흡입 및 토출압력 상태불량하고, 압축기 소음 재발생

### 재발방지대책

- 냉수기 가동 시 수시순찰 필요하며 순찰시 흡입압력 및 토출압력, 냉매 및 압축기 오일량, 냉수, 냉각수 공급 압력, 압축기 소음 등 확인 필요



## 기대효과

- 냉매누설 발견시 누설부분 초기에 수리 시 냉매, 기타부품 등 수리비 절감
- 흡입 및 토출압력 상태불량 발견시 즉시 정지 특히 압축기 부품의 경우 냉동장치 부품 중에서 고가에 속하므로 초기 조치 시 압축기 부하감소로 수리비 절감

## 고장의 원인과 대책

- 냉동장치의 고장은 사용조건 및 사용방법이 나쁘기 때문에 일어나는 경우가 많다. 따라서 취급자는 항상 운전상황을 파악하여 작은 고장이라도 즉시 수리나 조정을 해야한다. 수리나 조정시에는 제작사의 취급 설명서에 따라야하며, 일반적인 고장의 원인과 대책은 다음과 같다.

현 상	원 인	대 책
압축압력 높다	1. 공기 또는 불응축 가스가 있다 2. 냉각수의 입구온도가 높다 3. 응축기의 냉각관이 오손되었다	1. 응축기에서 공기를 뺀다 2. 냉각수 양을 많게 한다 3. 냉각관을 청소한다
흡입압력높다	1. 팽창밸브를 너무 많이 열었다 2. 흡입밸브가 누설한다.	1. 팽창밸브를 조절하고, 감온통의 부착상태를 확인한다. 2. 흡입밸브를 검사, 랩핑, 교환한다
흡입압력 낮다	1. 흡입측 스트레이너가 오손되었다 2. 냉매속에 기름이 섞여있다 3. 팽창밸브의 조절이 불량하다	1. 스트레이너를 청소한다 2. 유분리기의 기름을 배제한다 3. 냉매가 많이 흐르도록 팽창밸브를 조정한다
압축기 소음이 크다	1. 액화 냉매가 역류한다 2. 피스톤핀 베어링이 마멸되었다 3. 밸브 조정상태가 불량하다	1. 팽창밸브 열림과 감온통의 부착상태를 확인한다 2. 피스톤핀 베어링을 수리한다 3. 흡입밸브와 토출밸브의 양정, 스프링 강도를 조절한다
압축기가 기동하지 않는다	1. 과부하 차단 장치가 작동했다 2. 저압 스위치가 작동되고 있다 3. 유압보호 스위치가 작동되고 있다	1. 과부하의 원인을 조사한다 2. 냉매가 부족하므로 누설검사 후 냉매를 보급한다 3. 윤활유 압력저하 원인을 조사하고 수리한다



#### 장비재원

장비명 식품냉동기

제작사 SABROE

형식 피스톤 압축기

모델 BFO-3

출력 25.1m<sup>3</sup>/H



## 식품냉동기 압축기 저압스위치 교체 수리

제주서  
3002함

### 고장개요

가. 3002함 식품냉동기는 육고와 야채고를 설정된 온도(-15℃, 4℃)까지 냉동 또는 냉장이 되면 자동 정지하고 온도가 상승하게 되면 다시 자동으로 운전되는 시스템임.

나. NO.2 식품냉동기의 경우 운전은 계속되나 설정된 온도까지 떨어지지 않는 현상이 발생하여 냉매보충 등 원인이 될 수 있는 각 부 자체 점검을 하였으나 상태가 호전되지 않음을 확인하여 결론적으로 냉동기 장기사용으로 인한 압축기 노후화로 인한 문제로 판단되었다.

#### ※ 냉동사이클 및 냉동장치 구성요소

- 냉동이란 필요한 물질의 열을 흡수하여 온도를 낮게 하는 것을 말하며
- 냉동사이클이란 어떤 물체로부터 열을 흡수하여 다른 곳으로 열을 운반하는 냉매라는 매체가 압축, 응축, 팽창, 증발의 과정을 반복·순환하면서 육고, 야채고 등의 온도를 유지시켜 주는 것을 말함.

### 고장원인

- 장기사용 및 노후화로 인하여 압축기 및 응축기 내부 각종 부속품(피스톤 링, 피스톤, Con-Rod 등)이 노후, 마모되자 압축능력 저하로 이어져 냉동상태가 불량을 초래함.



## 자체점검 및 조치사항

### ① 냉매보충

- 냉매계통 개방 전 냉매의 손실 방지를 위해 응축기의 출구밸브를 닫고, 냉매를 응축기에 회수(펌핑 다운)
- 냉매보충 전 냉매통의 무게를 측정하여 냉매량을 확인 후 필터드라이어 측에 있는 냉매보충 라인과 냉매통을 연결하여 냉매보충 실시
- 냉매 보충하면서 응축기 내에 냉매가 보충되고 있는지 사이트글라스로 확인
- 보충 후 냉매통의 무게를 측정하여 보충된 냉매량을 확인
- ※ 압축기 기동상태에서 냉매보충 실시

### ② 필터 드라이어 신품 교환

- 필터 드라이어 내부가 이물질 등으로 막혀서 냉매가 순환되지 않을 수 있으므로 필터 드라이어 상태 확인하여 신품 교환
- ※ 냉매누설 방지를 위해 냉매보충과 마찬가지로 펌핑다운 후 작업 실시

### ③ 응축기 내부 불응축 가스 배출(퍼지)

- 불응축 가스는 냉동효율 저하의 원인이 되므로 응축기 상부에 있는 퍼지 밸브를 개방하여 배출

### ④ 저압스위치 신품 교환

- 설정된 온도가 될 때까지 압축기는 계속 운전 되어야 하나 저압스위치의 오작동으로 인해 설정된 온도 도달 전에 압축기가 정지될 가능성이 있으므로 저압스위치를 신품으로 교환

## 재발방지대책

- 운전상태를 확인하기 위해서는 평소 정상 운전시 압력, 진동 등을 숙지하고 있다가 순찰시 주의하여 확인하는 것이 필요하며 정기적인 점검이 요구됨.
- 기본적인 정비주기에 맞추어 제시간에 정비하는 것이 중요하며 냉동상태 불량 발생시 원인추적을 위한 각 부 점검 방법의 공유가 필요함.
- 각 냉동고의 문이 제대로 닫혀 있는 지 확인하고 효율적인 제상을 위해 각 냉동고 내부 팬에 생긴 성예를 수시로 제거해야함.
- 교대운전 실시로 하나의 기계만 무리하게 장기간 운전하지 않도록 해야함.



## 기대효과

NO.2 식품냉동기 압축기 및 응축기 등 전반적 수리 후 정기적인 주기에 따라 NO.1 식품냉동기와 교대운전 실시한 바 냉동능력이 향상됨을 느꼈고 주기적인 펌핑다운 실시로 누구나 쉽게 펌핑다운, 교대운전 등을 할 수 있도록 정비 노하우를 쌓는 등 효율적인 장비관리 체제를 확립하였으며 장비 장기 사용으로 쉽게 노후되는 것을 방지하여 경비합정 운용에 크게 이바지하는 효과를 거양하였다.

## 일반 이론

### ※ 식품냉동기 기본 점검법

**윤활유 :** 유압과 유면의 상태를 매일 확인하고, 처음 기동 후 약 200시간 운전 후 윤활유를 교환하도록 하지만, 프레온(R-22)을 사용한 압축기는 윤활유가 변색되면 교환하도록 한다.

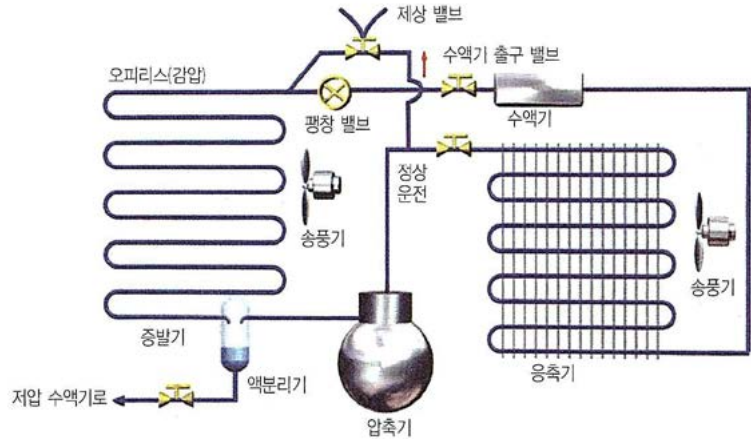
**압력과 온도 :** 응축기 압력과 토출측 파이프 온도, 흡입측 가스압력을 매일 확인하여 응축기 압력이 정상치 보다 높으면 응축기 냉각수를 조절하여 압력을 조절 한다.

**냉매 :** 주기적으로 순찰시 냉매량을 확인하여 식품냉동기 효율을 저하시키지 않도록 한다. 과도한 토출측 파이프 온도는 냉매가 불충분한 징후다.

**교대운전법 :** 냉매 라인을 각각 독립으로 사용할 경우 기동하지 않는 냉동기는 펌핑다운을 실시 후 압축기 및 응축기 밸브를 폐쇄하여 냉매가 누설되지 않도록 조치하고 냉매를 공통으로 사용하는 경우 냉동기 교대 운전 시 교대하고자 하는 냉동기에 냉매를 우선적으로 응축기로 옮긴 후에 냉동기를 운전하고 운전하지 않는 냉동기는 펌핑다운 실시 후 밸브를 폐쇄한다.



## ※ 냉동사이클 및 냉동장치 구성요소



### 냉동장치 주요 구성요소로는

- ① 압축기(Compressor): 고온저압의 기체냉매를 응축기에서 액화할수 있을 정도의 압력까지 압축하는 역할
- ② 응축기(Condensor): 압축기에서 압축된 고온고압의 기체냉매의 열을 빼앗아 액화시키는 열교환기의 일종 의 기체냉매의 열을 빼앗아 액화시키는 열교환기의 일종
- ③ 팽창밸브(Expansion valve): 응축기에서 액화된 저온고압의 냉매를 냉장고 내의 낮은 온도에서 쉽게 기화할 수 있는 압력까지 감압시켜 주는 밸브
- ④ 증발기(Evaporator): 냉장고내에 설치되어 저온저압의 액체냉매가 주위로 부터 열을 흡수하여 기화하는 장치
- ⑤ 유분리기(Oil Separator): 냉동장치 중 마찰부분이 많은 압축기에 사용되는 윤활유가 냉매와 섞여 이동시 열의 이동 방해를 하므로 압축기 출구에서 이 기름을 분리, 제거하는 장치
- ⑥ 액분리기(Liquid Separator): 증발기에서 압축기로 들어오는 기체가 냉동기 운전상태에 따라 액체를 혼합하는 경우 이 액체를 분리하여 다시 증발기로 돌려보내는 역할을 하는 장치



#### 장비재원

장비명 유회수기(OIL SKIMMER)

제작사 AQUA GUARD(캐나다)

형식 위어식(자항)

모델 URO 600

출력 300m<sup>3</sup>/h(회수용량 300kl/h)



## 해양오염방제장비(유회수기) 점검 수리

교육원

3011함

※ 방제정을 제외하고 대형함정에는 유일하게 훈련함(3011함)에만 탑재된 장비로서, 오염원 회수를 위한 회수부(SKIMMER HEAD 및 PUMP)와 크레인 및 호스릴 그리고 장비가동을 위한 동력부(POWER PACK)로 구성

### 고장개요

가. 유회수기 설치 이후 소모품 교체 없이 장기사용으로 유회수기 펌프 고장, 실린더 부식, 파워팩(발전기) 외판 부식, 내부 볼트 등의 부식 발생

※ 유회수기의 탑재장소는 함미갑판으로 해수침투가 용이하며 배수가 쉽지 않은 장소이고, 주요작동부분인 헤드펌프의 경우 구조상 문제로 내부세척이 쉽지 않아 부식 진행.

나. 유회수기와 파워팩을 연결하는 유압호스는 함미의 협소한 공간으로 인하여 유압 연결부 구조 변경 필요성 제기

### 고장원인

가. 유회수기와 파워팩은 외부갑판상 노출된 환경과 부식에 취약한 외판자재(철 소재)로 인해 각종 볼트류 부식 등이 장기간(7년) 진행, 회수부 펌프의 경우 내부세척이 힘든 구조로 해수침투로 인한 부식 진행



나. 유회수기 탑재 이후 7년 동안 호스릴 수리 외 소모품 교체 등 수리 내역 없으며, 년 간 배정된 유회수기 수리 예산 전용 등으로 지속적 수리 불가

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 자체 점검

- 훈련함에 탑재된 해양오염방제장비인 유회수기는 2회/년 자체 해양오염 방제훈련\*을 실시하고 이에 따른 장비점검 병행  
\* 훈련함 운영에 관한 규칙 제 27조(해양경찰교육원예규 제 30호)
- 유회수기의 연결부 구리스 주입구 니플 교체 및 구리스 주입 등 기본적인 PMS 실시
- 2016. 이후 매년 1회 장비 납품업체(☞신화 대표이사 김진형)과 장비 점검 시행, 노후 브러쉬형 헤드 등 소모품 교체 필요성 지속적 제기

### 나. 조치사항

- 2016. 9. 5 ~ 10. 12 유회수기 호스릴 고장으로 (☞) 유니테크에서 감속기 총 분해수리 및 랙기어 교체 수리실시  
\* (☞) 유니테크 유회수기 호스릴 감속기 수리 4,367,000원
- 2019. 2. 14 훈련함 자체해양오염방제훈련시 납품업체[(주)신화 대표이사 김진형] 합동으로 점검결과, 장비작동에는 문제가 없으나 각종 볼트류의 부식상태 등을 고려하여 지속적인 주요 소모품 교체 수리를 진행하는 것이 차후 장비작동 중 고장(전손)을 예방하는데 필요하다고 결론  
\* 합동점검 중 파워팩 시동성 향상을 위한 배터리 교체
- 2019년 상반기 수리 진행예정이었으나, 상반기 국외훈련 준비중 에어컨 문제 발생으로 유회수기 수리 예산을 전용하여 사용
- 2019년 국외훈련 종료후 훈련기획팀과 협의의 수리예산을 전용하여 납품업체와 계약, 수리 진행

## 재발방지대책

- 가. 유회수기, 파워팩 부식방지를 위해 커버 제작, 사용 이외 보관 중 해수침투 방지
- 나. 훈련함 인수시 전문 방제요원 1명이 배치되었으나, 2016. 부터경찰관 2명이 방제·항공·오염조사장비를 담당, 2017. 이후 선박의 노후 정비 문제로 안전팀으로 소속 변경(담당 1명), 함 정비 업무 위주로 방제업무 병행하는 등 전문 관리·운영 인력 부재로 장비운영, 장비 납품업체(☞신



## 기대효과

화 대표이사 김진형 또한 전문지식을 갖춘 방제요원이 반드시 필요하다는 의견으로, 해양오염방제 업무는 해양경찰의 고유업무로서 사무분장상 안전팀과는 별개의 팀이 필요

다. 2012년 유회수기 탑재 이후 보증수리기간(1년) 종료 후인 2014년 하반기부터 제작사(캐나다 아쿠아가드社)의 한국대리점(납품업체 (주)신화) 지정 해제(국내 대리점 없음)로 소모품 구입 및 수리 업무 애로.

라. 매년 방제 장비 수리를 위한 예산확보로 추가적인 수리가 지속적으로 필요하며, 장기적으로 AQUA GUARD社\*와 업무 협의를 통해 유회수기의 프로그램 업데이트가 지속적으로 가능 하도록 하여야 함

\* 제작사인 AQUA GUARD(캐나다)는 현재 국내에 대리점이 없는 상태임

유회수기는 무선(자동)조종과 제어반(수동)조종으로 조작할 수 있으나, 제작사인 AQUA GUARD의 국내 대리점이 없는 관계로 오일스키머 헤드부 펌프의 무선조종(크레인 호스릴의 자동 장력 맞춤 조종)을 위한 프로그램 업데이트가 불가하여 제어반을 통한 수동조작으로 가동 중에 있음.

## 기대효과

가. 파워팩 외부판넬을 알루미늄으로 제작함에 따라 부식의 진행정도가 현저히 감소

나. 유압호스 연결라인 교체로 유회수기와 파워팩 간 유압라인 연결이 한결 수월하여 장비작동 준비시간이 1시간 반 내외로 단축

다. 자체수리 가능부분과 전문수리 필요부분을 구분하여 각종 훈련시 납품업체 등 전문업체와의 합동점검을 통해 장비의 정확한 현 상태 진단과 그에 따른 예방수리를 통해 무분별한 예산집행을 막고 적절한 장비사용으로 장비가동률을 효율적으로 향상시킬 수 있는 환경을 마련



붙임

방제장비(유회수기, 파워팩) 수리 전·후 비교



유회수기 브러쉬헤드 탈거



유회수기 드럼헤드 장착



파워팩 외판 교체 전



파워팩 외판 교체 후



파워팩 내부 수리 전



파워팩 내부 키박스 등 교체 후



불임 방제장비(유회수기, 파워팩) 수리 전·후 비교



유압라인 연결부 수리 전



유압라인 연결부 수리 후



유회수기 헤드펌프 수리 전



유회수기 헤드펌프 수리 후



유회수기, 파워팩 수리 전



유회수기, 파워팩 수리 후



**장비재원**

장비명 GYRO COMPASS(MK31)

제작사 SEANET TSS international

모델 MK31

※ MK31 is a ring laser gyro inertial navigation system

〈 Control Display Unit 〉



〈 MK31 Internal Reference Unit 〉



## 링 레이저 자이로 고장시 대처법

제주서  
3012함

### 고장개요

제주항 7부두 정박 대기중 자이로 표시기에 알람발생 및 선부방향 값 미 표시 발생

※ 롤링값 및 피칭값이 보정되지 않는 과대수치 발생

### 고장원인

가. 장기 사용에 따른 MK31 IRU 내부 구성품 불량

나. 본사 기술사양서(Technical Specifications) 상 IRU(MTBF > 40,000 hours) 명시

※ MTBF(Mean Time Between Failure) : 평균 고장 시간 간격

※ 3012함 건조 후(12. 6.29) 6년간 약 48,000hours(24hours x 30days x (72months - 5months(수리)) 가동으로 평균 고장시간 초과

### 자체점검 및 조치사항

- 자체 점검 불가하여 정비계 상태 보고 후 자이로 재세팅 및 부팅하였으나 동일증상 발생
- 함정 불가동 예방을 위한 응급 조치 완료(정비계)
  - 동일 자이로 예비품 수배 결과 5002함 예비자이로 탑재 확인
  - ※ 5002함은 예비자이로 포함 2대 설치 운용, 국내 예비품 없음



- 5002함 예비 자이로 MK IRU 분해 후 3012함 탑재 조치

〈 5002함 자이로 2대 〉



〈 MK31 IRU 2대 〉



〈 3012함 탑재 〉



〈 자이로 셋팅 〉



- 3012함 MK31 IRU 업체 탁송 후 점검(1차)
  - 씨넷(부산 소재) 업체에서 테스트 결과 동일 증상이라 본사(영국) 탁송 점검 필요
- 3012함 MK31 IRU 본사(TELEDYNE TSS/영국) 탁송 점검(2차)
  - MK31 IRU 전원인가 후 간헐적 RLG 출력이 사양에서 벗어나고 불규칙 하였으며,
  - V2 브라켓 관련 오류, IMU 종료 상태 플래그 'S'가 간헐적 보임  
⇒ Interface PCB와 V3 키트를 교체 테스트 결과 정상 작동 확인
  - ※ External Interface PCB 교체 및 최신 사양인 V3 업그레이드 필요
- 3012함 MK31 IRU 수리 및 복구 진행

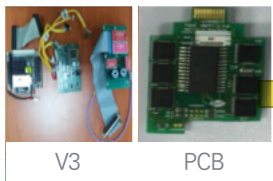
〈 소요 자재 〉

자재명	수량	비고
External I/F PCB	1EA	B930923
V3 Upgrade kit	1SET	B933827
CDU Memory Card	1EA	무상공급(NewSoftware 적용)

〈 5002함 자이로 2대 〉



〈 소요자재 〉



〈 3012함 탑재 〉



〈 Memory Card 교체 〉



## 재발방지대책

가. 고장에 대비/대처하기 위해서는 사전에 장비의 구성 및 동작원리의 숙지 및 정기적인 확인이 요구



나. 링 레이저 자이로 내구성 물품(PCB 카드) 및 업데이트 등 시간대별 업체 점검 및 장기적으로 정비창(기술이전) 점검 필요

#### 〈 주요 장비별 MTBF 〉

장비명	부속별 신뢰도		평균고장시간간격 (MTBF)	비고
IRU	Sensors	Gyroscopes	MTBF > 300,000hours	
		Accelerometers	MTBF > 300,000hours	
		Sensors	MTBF > 40,000hours	
RTU	Reliability		MTBF > 45,000hours(Analogue RTU) MTBF > 100,000hours(Digital RTU)	
CDU	Reliability		MTBF > 65,000hours	
UPS	Reliability		MTBF > 90,000hours	

다. 자이로 1대로 향해 및 사통 장비를 같이 사용하고 있는 실정으로 예비 자이로 1대를 추가 설치 적극 검토 필요

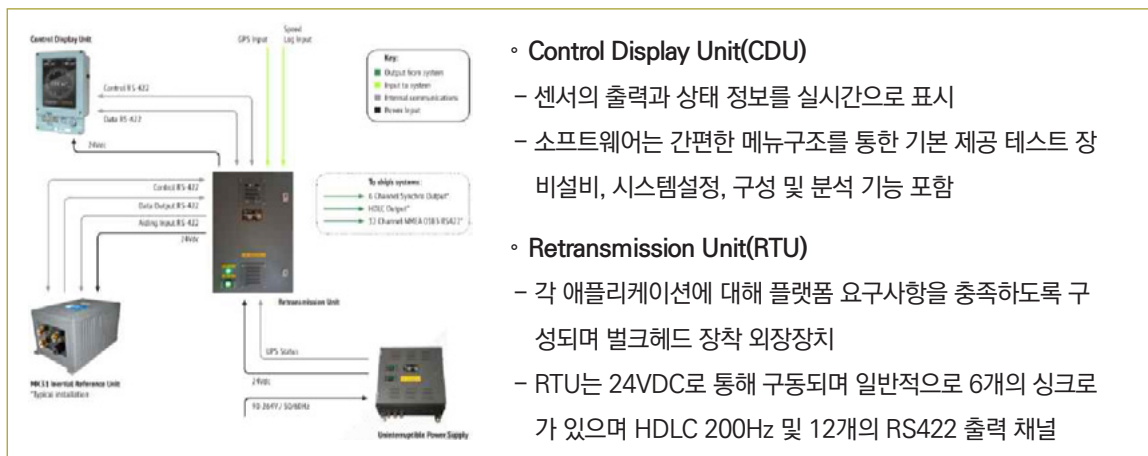
※ 5002함 및 신조함정 500톤급 : 자이로 2대 설치 운용

※ 해군 함정 : 자이로 2대 설치(사통 및 향해 분리) 운용

## 기대효과

링 레이저 자이로는 항상 가동중인 장비로 고장시 응급 조치법을 기술함으로서 신속한 정비로 함정 정상운영에 기여

## 작동원리(Diagram)





### 장비재원

장비명 주기관

제작사 MTU-STX엔진(주)

형식 20기통 4행정 직접분사식 배기과급

모델 MTU20V1163TB93

출력 4,440KW(6,000HP)최대1350RPM



## 주기관 청수쿨러 자체 세척장비 제작

군산서  
정비계

### 고장개요

- 가. 4기 2축 1,2,3,4번 주기관 RPM 1,200 운전 시 냉각수 지속적 온도 상승으로 고온(90℃ 초과) 알람이 발생하면서 2분 이상 사용 불가
- 나. 2기 2축 1,2번 또는 3,4번 주기관 RPM 950 운전 시 냉각수 고온 알람 발생으로 연속운전 사용 불가

### 고장원인

- 가. 주기관 W-5 수리기간 도래 전 청수쿨러 미(未)소재로 인한 이물질 및 스케일에 의한 열전도율 저하 발생
- 나. 정비편람상 주기관 W-5 정비기준은 7,000시간으로 명시
- 다. PMS에는 '청수냉각기를 점검하라', 'R'건으로 명시

### 자체점검 및 조치사항

- 가. 주기관 각 계통 온도센서 이상 유무 확인
- 나. 청수쿨러 외관 상태 점검
- 다. 청수쿨러 입·출구 해수파이프 분해 후 내부 점검



청수쿨러 외관



청수쿨러 해수 측 내부



- 라. 청수쿨러 오염 여부는 확인 가능하나 자체적으로 쿨러를 분해하여 소제하는 것은 자재 준비 등 어려움이 있음

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 원거리 전문업체 외주수리 및 예산 등 문제의식을 갖고 추진·결정  
 나. 약품세척 관련하여 전문업체인 STX 설계팀에 전문기술 습득 및 자체 세척장비 제작 추진  
 다. 군산서 대형함정 2척 대상 자체 약품세척 소제 시연 완료  
 라. 군산서 대형함정 3척 직원 대상으로 시연, 약품 안전성 및 작업 후 폐수 처리 관련 교육

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 자체 약품세척 시 동종 주기관 청수쿨러 소제 비용 절감과 선제적 예방정비에 따라 함정가동률 상승
- 외주수리 시 분해·세척 청수쿨러 1기당 약 400만원, 수리기간 약 7일 소요
  - 약품세척 시 청수쿨러 1기당 약 70만원, 수리기간 약 1일 소요
  - 함정 자체 세척 시 청수쿨러 1기당 약 10만원, 수리기간 약 3시간 소요
- 나. 대형함정(동종 주기관 13척 47기) 자체세척시 함정 가동률 상승 및 예산절감
- 자체 세척정비(1회)시 약 1억 8천만원(1)-(2) 절감
    - 분해세척 : 47기 × 약 400만원 = 188,800,000원(1)
    - 약품세척 : 47기 × 약 70만원 = 32,900,000원
    - 자체세척 : 47기 × 약 10만원 = 4,700,000원(2)



〈 해양경찰청 동종 주기관(MTU20V1163TB93) 보유 현황 〉

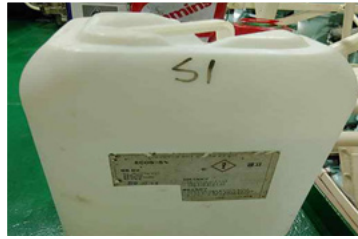
톤급	함정 (엔진보유수) : 13척 47기
1000톤급	1001함(3기),1002함(3기),1003함(3기),1005함(3기),1010함(3기)
1500톤급	1512함(4기), 1513함(4기)
3000톤급	3009함(4기),3010함(4기),3012함(4기),3013함(4기),3015함(4기)
5000톤급	5002함(4기)

## 세척약품 사용방법

① 청수쿨러 본체



② 약품세척제 (ECOS-S1- SK케미칼)



③ 작업前 내부



④ 입·출구 플랜지 연결



⑤ 순환계통 연결(2시간 순환세척)



⑥ 혼합약품 예열(80℃)(청수:세척제=2:1)



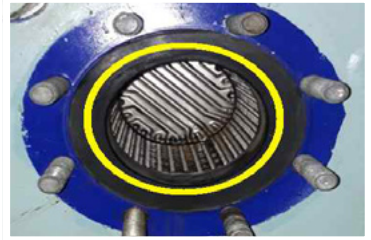
⑦ 잠수펌프 작동역순환(해수 出→入)



⑧ 플랜지 및 가스켓 교체(부품 손상시)



⑨ 작업後 내부





# 함정 장비 고장 사례 집

## 1500톤급 함정장비 고장 사례



목포서	1508	주기관 B2 TC 손상	84
부산서	1503	NO.2 공기압축기 실린더 교체 수리	87
제주서	1505	보조 냉각 해수펌프 고장 수리	91
제주서	1505	예인기 유압유 쿨러 육성 가공 수리	94
부산서	1501	침수 감시 시스템 자체 개발·설치 수리	96
태안서	1507	크레인 와이어 교체 수리	99



## 장비제원

장비명 MAIN ENGINE(주기관)

제작사 STX-MTU

형식 V형

모델 16V 1163 TB 83

출력 4655KW(6,330마력)



# 주기관 B2 T/C 손상부 수리

목포서

1508함

## 고장개요

가. 출동 경비중 NO.1 주기관 T/C 압력저하 경보 발생 및 SERVICE TK L.O  
과다소모 발견

나. T/C B2측 캐리어 하우징(Carrier housing)의 드레인 플러그에서 L.O가  
누유 발생

## 고장원인

가. 사진과 같이 고압측, 저압측 터빈 블레이드에 다량의 카본 축적과 블레이  
드에 불균형한 침적으로 bearing 소손 및 블레이드 정상적인 회전이 이루  
어지지 않아, 편마모 되어 seal 누유 발생

수리개소 점검



T/C 다량 카본 축적





## 자체점검 및 조치사항

- 가. 주기관 운전 시 RPM 1050에서 B2 T/C가 작동되지 않으며 DRAIN HOLE에서 다량 윤활유 누유로 T/C 정밀 수리 필요
- 나. NO.1 B2 T/C 고압측 불량 부품 교환 및 저압측 분해 후 정밀 수리 필요 판단
- 다. 외주업체 분함 방문하여 NO.1 B2 T/C 분해 완료 후 T/C 수리차 B2 고압 저압측 T/C 2SET 반출
- 라. 고압측 터빈 세트 신품 교체 작업, 고압측 케이싱 및 저압측 터빈 등 제반 부품 소재 정비 실시

T/C 분해 작업



T/C 분해 작업



## 재발방지대책

- 가. T/C 터빈에 다량의 카본 응축을 예방하기 위해서 출동 중 충분한 시간(약 10분 이상) 전부하 시운전(1100RPM ↑)으로 슈트 제거
- 나. 연료유계통 관리 철저히 완전연소 발생토록 정비요구
- 다. 운전 중 각 게이지 등 운전상태 수시 확인

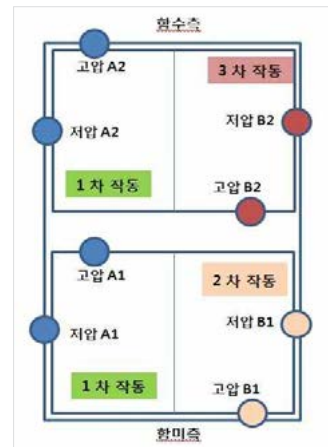
## 기대효과

전부하 시운전을 통하여 카본 침적을 예방할 수 있고, 장비의 성능을 지속적으로 유지할 수 있음

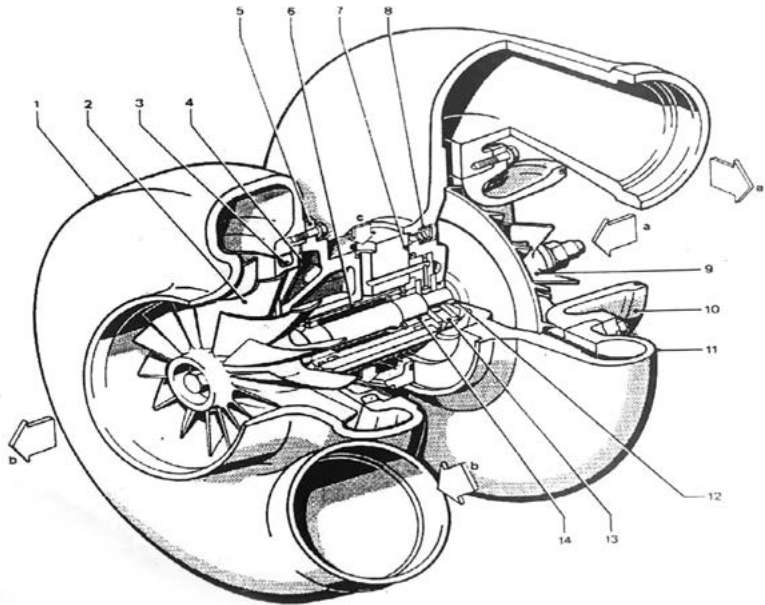
## 세부도면

- 축 연결시 단계별 작동 순서

- 1차 작동 : A1, A2, 고압/저압 T/C  
4EA 구동(엔진회전속도 350~880RPM)
- 2차 작동 : A1, A2, B1 고압/저압 T/C  
6EA 구동(880RPM이상 1080RPM 미만)
- 3차 작동 : A1, A2, B1, B2 고압/저압 T/C  
8EA 전량구동







- |                 |              |
|-----------------|--------------|
| 1. 터빈하우징        | 10. 흡기 하우징   |
| 2. 터빈 블레이드      | 11. 압축 하우징   |
| 3. 가열 시스크       | 12. 봉합 링 캐리어 |
| 4. 고열 차폐        | 13. 트러스트 베어링 |
| 5. 베어링 하우징      | 14. 베어링 부시   |
| 6. 베어링 캐리어      |              |
| 7. 봉합 링         | a. 공기        |
| 8. 봉합 공기 무귀한 밸브 | b. 배기 가스     |
| 9. 압축 휠         | c. 엔진 오일     |



**장비제원**

장비명 공기압축기

제작사 범한

형식 1750 r.p.m, 2개

모델 LT-105H

출력 29.5 m3/h, 40KG/CM2



## 공기압축기 실린더 교체 수리

부산서

1503함

### 고장개요

- No.2 공기 압축기 운전 중 고압측 소음 발생으로 긴급 정지 후 각 부 점검 결과 윤활유 오손됨을 확인 및 실린더 헤드 개방 검사결과 고압 피스톤, 실린더 손상 확인

### 고장원인

- 공기 압축기의 장기 사용으로 인한 크랭크 샤프트의 이상 마모와 고압, 저압 커넥팅로드의 불량으로 인해 고압측에서 이상 소음 발생

### 자체점검 및 조치사항

- 가. NO.2 공기압축기 전원 차단 후 고·저압 실린더 개방 후 내부 검사 실시
- 나. 상태 불량한 크랭크 샤프트 및 고압, 저압 커넥팅로드를 신품으로 교체
- 다. 기타 불량부품(고압밸브 등) 신품으로 교체 후 조립
- 라. 시운전하여 이상 소음 확인 결과 특이점 없음

### 재발방지대책

- 가. 공기 압축기를 '자동'으로 운용 시 저장조의 충전시간 및 기동·정지 압력을 정확히 파악하여 압축기 압축 상태를 사전 점검하며
- 나. 고·저압측 콘센트릭형 밸브 및 세퍼레이터를 수시 개방 검사하여 BLOW-BY 현상 확인, 이물질 여부를 확인하고
- 다. 윤활유 유준 및 변질 여부를 수시 확인 및 진동 소음 개소를 파악
- 라. 정비창 수리시 고·저압 안전변 수리 신청하여 규정압력에 작동여부를 확인



## 기대효과

- 가. 상태 불량 크랭크 샤프트 및 고압, 저압 커넥팅로드(관급품)의 신품 교체 후 공기압축기 정비 노하우 등 전반적인 장비관리에 대한 이해도 상승
- 나. 사전 관리를 통한 2차 손상 발생을 방지하여 함정 장비 운용에 크게 이바지하는 효과

## 일반 이론

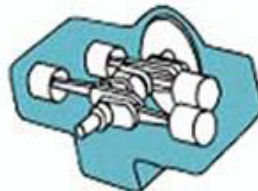
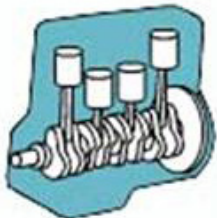
### 가. 공기 압축기의 용도

- 공기압축기(Air compressor)란 압축 공기를 만드는 장치이며 디젤기관에 서는 기동용, control용, 소제공기용, 과급용 연료분사 등에 압축 공기를 필요로 하므로 공기 압축기를 설치해야한다
- 시동용 공기는 대형 디젤기관에 있어서 대개  $25\sim 30\text{kg}/\text{cm}^2$  정도의 압력을 갖는 공기를 왕복식 압축기로 공급하고 있다

### 나. 공기 압축기의 형식

- (1) 원심 압축기
- (2) 축류식 압축기
- (3) 선전식 압축기
- (4) 왕복식 압축기

- 압축기의 압력이 높고 소요 공기량이 적은 경우에는 왕복동식 압축기가 사용된다.
- 압력이  $5\sim 9\text{kg}/\text{cm}^2$  이상이 되면 한 개의 실린더에서 1단 압축하지 않고 2개의 실린더로 나누어서 2단 압축한다.
- 왕복압축기의 형식은 실린더의 배치에 의하여 횡형, 직립형, V형, W형으로 분류하고, 압축 방법에 의하여 단동, 복동으로 분류하며, 압축단수에 의하여 1단, 2단으로 분류할 수 있다.
- 선박용으로는 직립형, 또는 V형으로 하고 단동 1단 또는 2단식이 가장 많이 사용된다.





※ 공기압축기를 다단식으로 하는 이유

- ① 압축공기의 온도를 낮출 수 있고
- ② 압축 일이 감소하며,
- ③ 효율이 좋고,
- ④ 고열에 의한 윤활유의 변질이나 탄화에 의한 피스톤과 피스톤 링의 고착 및 폭발의 위험이 감소하기 때문이다.

#### 다. 공기압축기의 특징

- 장비의 특성 : 압축기는 2단 압축, 왕복동 피스톤식, 단동식 및 공랭식 압축기이다.
- 실린더 식별 : 우측에 1단 실린더가 위치하고 좌측에 2단 실린더가 위치한다.
- 에어밸브
  - 1) 압축기의 모든 단에 콘센트릭형 흡입 및 토출밸브가 설치되어 있고, 흡입 밸브는 중앙에 있으며, 토출밸브는 외부에 있는 일체형이다.
  - 2) 흡입 압력과 실린더 내의 압력차에 의해 열리기 시작하고 압력차가 작아지면 스프링 장력에 의해 밸브가 닫힌다. 실린더 안쪽 또는 바깥쪽 한 방향으로 흐르도록 설계 되어있다.
- 공기 냉각기 : 1,2단(핀 튜브 형)냉각기로 구성되어 있으며 압축된 고온의 압축공기를 냉각 시키는 역할.
- 드레인 분리기 : 압축기 좌측에 1단 드레인 분리기가 위치하며, 우측에 2단 드레인 분리기가 각각 설치되어 있다. 압축공기 내에 포함된 응축수와 윤활유를 분리하여 배관 및 밸브시트의 침식 및 부식을 방지한다.

#### 라. 공기압축기의 작동원리

##### 1) 왕복동 압축기 계통

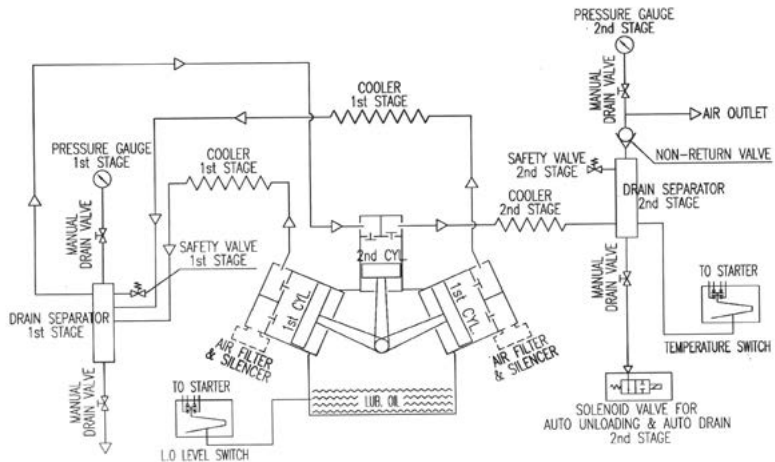
- 1단 실린더 내로 흡입된 대기압의 공기는 1단 피스톤의 왕복운동에 의해 흡입·압축 행정이 이루어진다.
- 1단 흡입 밸브로 흡입된 공기는 필요한 공기 압력에 도달 할 때까지 실린더 내에서 압축되며 이 압축력이 토출 밸브 스프링 힘보다 커지면 토출 밸브가 열려 압축공기는 1단 냉각기 드레인 분리기를 통해 2단 실린더로 흡입된다.
- 2단 흡입 밸브로 흡입된 공기는 필요한 공기 압력에 도달할 때까지 실린더 내에서 압축되며 이 압축력이 토출 스프링 힘보다 커지면 토출 밸브가 열려 압축공기는 2단 냉각기와 2단 드레인 분리기를 지난 압축된 공기는 역류 방지 밸브를 거쳐 공기 저장조로 저장된다.



- 2단에 부착된 드레인 분리기에서 분리된 드레인 자동 드레인 밸브를 통하여 압축기 정지 시 대기로 방출된다.

## 2) 계통의 특성

- 시동공기 계통은 최고 30bar의 압력으로 2대의 공기 압축기와 4개의 공기 저장 탱크를 가지며 이 저장 탱크의 공기는 시동공기뿐만 아니라 공기식 제어 계통 및 함내 잡용 공기계통을 위해서도 제공된다.
- 공기압축기는 왕복형으로 공랭식이며 용량은 55m<sup>3</sup>/h이며 최고 배출 압력은 30bar이다. 공기조는 400리터 크기의 수직형으로 구호변, 압력계, 드레인, 입·출구 밸브가 부착되어 있다.
- 추진 디젤 기관을 기동하기 위해 공기탱크에는 19bar의 압력이 유지되어야 한다. 공기압축기 국부 조정반의 선택 스위치를 '자동' 모드로 했을 때 계통의 압력이 23bar이하로 강하될 경우에는 한 대의 압축기 작동하고 20bar이하로 강하될 경우에는 2대의 압축기가 작동된다.



압축기 계통도

## 마. 압축기의 용량과 압축 압력

- 탱크에 1시간 내에 충전해야 하며 탱크는 1개 이상 비치해야 하고 그 용량은 직접 반전식 기관에서는 12회 이상, 기타 간접 반전식 기관의 6회 이상 연속 시동할 수 있는 것이라야 한다. (2축 이상의 선박에서는 위의 용량의 1.5배) 공기 탱크에 저장하는 공기 압력은 25~30kg/cm<sup>2</sup>가 사용되는데 압력이 낮으면 탱크의 철판두께가 얇어지고 공작이 쉬운 대신 부피가 커지며, 압력이 높으면 그 반대가 되는데 주로 25kg/cm<sup>2</sup>가 많이 사용된다. 기동에 필요한 압력은 보통 10kg/cm<sup>2</sup>이상 있어야 한다.



**장비제원**

장비명 보조 냉각 해수펌프

제작사 신진기계

형식 원심펌프

모델 B80 V1D1

출력 65m<sup>3</sup>/H

## 보조 냉각 해수펌프 고장 수리

제주서  
1505함

### 고장개요

가. MGPS 작동불량으로 SEACHEST가 자주 막힘. 따라서 해수 흡입 압력이 저하되어, 보조 냉각 해수펌프의 임펠러 내부압력 변화로 캐비테이션이 발생함.

나. 캐비테이션. 임펠러가 회전하면 내부압력이 변화하여 증기와 기포가 발생함. 발생된 증기와 기포가 임펠러, 케이싱, 씰 등을 부딪치면서 진동, 소음, 손상이 발생함.

#### ※ 캐비테이션, MGPS 란?

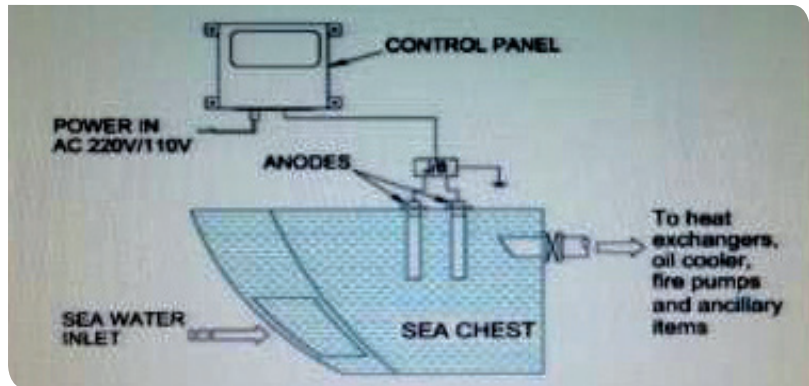
##### 1. 캐비테이션이란?

유체 속도 변화에 의한 압력 변화로 인해 유체 내 공동이 생기는 현상이며, '공동 현상'이라고도 함.

##### 2. MGPS란? (Marine Growth Preventing System)

Cu와 Al 양전극 봉에 전류를 가하여 생성된 작은 입자들이 해수와 함께 공급됨. Cu는 독성을 가져 해양생물을 죽이는 역할을 하고, Al은 파이프 내벽에 붙어 산화 피막을 형성하여 관내 부식을 방지함.





## 고장원인

Cu, Al 전극봉의 장기 사용으로 전극봉이 많이 닳아 없어져 MGPS의 기능을 상실한 상태임. 이로 인해 SEACHEST로 해양생물이 다량 유입되어 보조 냉각 해수펌프의 흡입압력 저하됨.  
흡입압력 저하로 펌프의 공동현상(캐비테이션)발생함. 공동현상으로 임펠러, 케이싱 손상, 부식 발생 및 씰 손상으로 이어짐.

## 자체점검 및 조치사항

가. 현상태

펌프의 효율 감소 및 씰 손상으로 작동 중 해수 누수 및 진동이 발생 하였으므로, 정기상가 수리 중 Cu, Al 전량 교체하고, MGPS 작동 중 수치 전극 체크 및 SEACHEST 수시 소제하여 펌프 손상이 최소화 되도록 유지 중이며, 이후 펌프 O/H하여 임펠러, 케이싱, 마우스링, 씰 등 교체 완료

## 재발방지대책

주기적으로 순찰하여 펌프 압력 변화에 주의하며, SEACHEST 수시 소제 및 MGPS 작동상태 기록·관리 필요함. Cu, Al 전극봉은 반드시 3년 이내에 교체해야하며 (2014년 10월 상가 수리 시 교체, 4년 후 2018년 7월 상가 수리 시 전극봉 및 콘트롤 박스 세트 교체됨.)

또한 정기적인 점검이 요구됨.



〈MGPS 작동상태 일시〉



## 기대효과

MGPS 정비 후 작동상태 장기간 관찰한 바 SEACHEST 오손현상이 현저히 감소되었으며 각 해수계통 해수 공급이 원활해짐.

일부 함정에서 MGPS의 중요성을 간과할 수 있으나, 이번 사례는 MGPS 장치의 중요성을 보여주는 사례로 보이며, 평소 정상적인 컨디션 유지 요령을 숙지하여야 하며 초기에 관리가 잘 이루어지지 않는다면 펌프 손상 뿐 아니라 함 전반적인 장비에 손상을 줄 수 있음.

## 일반 이론



MGPS(해양생성물 부착 방지장치)



### 가. 구리 전극봉(살균)

- 구리로 제조되며 구리입자는 전극봉에서 녹아 해수중에 활동중인 해양 자생물을 살균

### 나. 알루미늄 전극봉(착상방지)

- 알루미늄으로 제조되며 금속에 희생양극으로 작용하여 수산화 알루미늄막을 형성, 부식방지와 해양생성물의 금속표면 착상방지

### 다. 제어반

- SYSTEM에 필요한 DC12V를 만들어 각 ANODE에 필요한 전류공급, DIGITAL로 전류치를 나타낸다.



## 장비제원

장비명 예선기(TOWING WINCH)

제작사 유원산업

형식 YHTW-30-2C-X

모델 30/10TON 12M/MIN



# 예인기 유압유 쿨러 육성 가공 수리

제주서

1505함

## 고장개요

쿨러 커버의 부식으로 해수와 유압유 혼합, 쿨러 기능 및 압력저하

## 고장원인

2001년 건조 후 16년 동안의 장기사용으로 인한 노후화로 예인기 쿨러 유압유 탱크에 해수가 유입되어 작동 불가능한 상태

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 예인기 사용 시 쿨러 기능 및 압력이 저하되어 내부 기능상 문제로 판단 전문업체 수리 요청
- 나. 쿨러 분해 검사하여 쿨러 몸체 및 커버 파손을 SUS 316 용접 육성 가공하여 조립 후 10kg 압력 TEST 결과 쿨러 코어(방열판) 65EA중 30EA가 파손되어 수리 불가 판단
  - ※ 수입은 단종품으로 가능 없음
- 다. 신품 제작 교체수리

〈 유압쿨러 분해 〉



〈 유압쿨러 분해 〉



〈 신규제작 쿨러 부착 〉



〈 쿨러 부착 완료 〉





## 재발방지대책

장비 작동 시 압력 및 쿨러 기능을 확인 및 장기사용 노후화 대비  
정비창 상가 수리시 수리 신청하여 개방검사 필요

## 기대효과

예인기 정상작동으로 안정적 함정 운용에 기여

## 일반 이론

가. 오일 쿨러 파공 및 해수 유입 일반적 원인

- 1) 오일 쿨러 구성은 동으로 된 하우징과 코아(85개).양쪽을 지지하는 셸로 구성되어 있으며 코아 내측은 해수. 외측은 윤활유가 상호 반대 방향으로 흘러 오일을 냉각 시키도록 되어 있으며
- 2) 코아 85(∅ 내경 5.2mm, 내경 6.3mm)개는 동파이프로 구성되어 양쪽에 코아를 지지하는 셸에 신주 용접하여 아주 견고하게 되어 있으나
- 3) 코아 자체가 파공되지 않고 셸과 코아를 지지하는 용접 부위가 시간이 경과함에 따라 미세하게 부식되어 운전중에는 오일 압력이 냉각수 압력보다 높기 때문에 해수가 오일계통으로 침투하지 못하지만 엔진 정지시에는 코아에 잔재된 해수가 셸 안으로 침투
- 4) 처음에는 미세한 파공에서 운전과 정지가 반복됨에 따라 부식 정도가 차츰 확산됨으로서, 해수가 유입 챔버내 윤활유와 희석되어 윤활 계통으로 공급됨으로서 메인베어링과 피스톤링에 손상을 가져와 여타 작동부에 연계되어 손상초래

나. 손상원인과 대책

손상	구제적인 손상	손상의 원인	원인 대책
오일 쿨러 파공	셸 및 코아파공	최초 제작시 셸의 용접 부적절	정기수리시나 엔진탈착시 고압테스트로 사전 원인제거
		코아파공	재질불량 내지는 셸용접 부주의로 코아 재질 약화. 탈착시 고압테스트 필수



## 장비제원

장비명 침수 감지 시스템

제작사 자체 제작(1501함)



# 침수 감시 시스템 자체 개발 · 설치 수리

부산서  
1501함

## 고장개요

- 가. 1501함은 32년된 노후함정('87. 12월 건조)으로 선체 및 각종 파이프 라인 부식 · 파공으로 인한 침수발생 위험성이 높음
- 나. 발지 경보반 노후화로 인한 작동불가로 침수 발생시 상황인지 및 대응시간이 지연되어 초기대응이 어려울 것으로 판단

## 고장원인

함정에는 설계 및 건조시 수면하 격실 선체 및 각 계통 파이프라인 누유수로 인하여 발지증가(침수) 사항을 조기에 인지하여 대형사고를 예방하기 위한 시스템이 있으나 1987년에 건조되어 장기 사용에 따른 노후화로 작동불량(수리불가) 판정을 받음

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 자체점검
  - 1) 함정 정비창 수리시 발지 경보반 고비용으로 수리불가 판정을 받음(비용 과다)
  - 2) 1501함은 대체건조('17~'20년) 중으로 발지 경보 시스템 신규설치시 예산집행의 비효율적인 측면을 고려, 저비용의 침수 감시 시스템 자체 개발 · 설치가 효율적인 것으로 판단



## 나. 조치사항

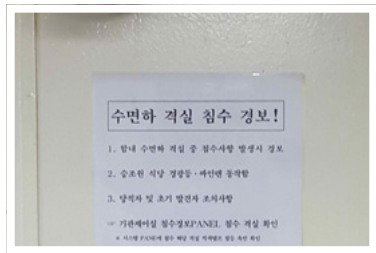
- 1) 발지 경보 시스템을 대체할 수 있는 침수 감지 시스템을 자체 제작하여 침수 가능성이 높은 선수 스러스트실, 펌프실, 주기실, 보기실, 후타실 5 개소에 설치
- 2) 매월 함정승조원 대상 침수 감지 시스템 사용법 및 침수시 초동조치 교육 · 훈련 실시하여 상황대처능력 향상

## [침수 감지 시스템 소요물품]

순번	물품명	규격	단위	수량
1	전자싸이렌	DC24V	EA	2
2	전선(220V/2P)	0.75SQ	M	150
3	전선(220V/3P)	0.75SQ	M	50
4	파이롯트램프	DC24V	EA	4
5	수위조절스위치	오투기불(2P)	EA	5
6	경광등(주황)	24V	EA	2
7	단자대	20A6P	EA	4
8	단자대	20A16P	EA	1
9	8핀릴레이단자	24V	EA	6
10	8핀릴레이	24V	EA	6
11	콘트롤BOX	400*500(가로,세로)	EA	1

침수 경보 PANRL 자체 제작 설치  
(기관제어실)

침수 경보 시스템 내부 제작 사진

당직자 인지용 경보장치 설치  
(승조원 식당 격벽 경광등 및 싸이렌)1. 감지센서  
(선수 스러스트실 수면하)2. 감지센서  
(펌프실 수면하)3. 감지센서  
(보기실 수면하)4. 감지센서  
(기관실 수면하)5. 감지센서  
(후타실 수면하)



## 재발방지대책

노후화된 함정의 침수를 방지하기 위해서는 정기적인 순찰을 통한 발지 증감 여부를 육안으로 수시로 관찰하고, 함 승조원 대상 침수 감지 시스템 사용법 및 침수시 초동조치 교육·훈련을 통한 대응능력강화가 요구됨

## 기대효과

- 가. 침수감지시스템을 통하여 발지증가(침수) 사항을 신속히 인지, 사전에 대형사고를 예방할 수 있어 상황대처능력 제고
- 나. 승조원의 노후함정에 대한 불안감 해소 및 사기진작 상승효과
- 다. 침수감지시스템 자체제작으로 인한 既 발지정보반 교체예산 절감

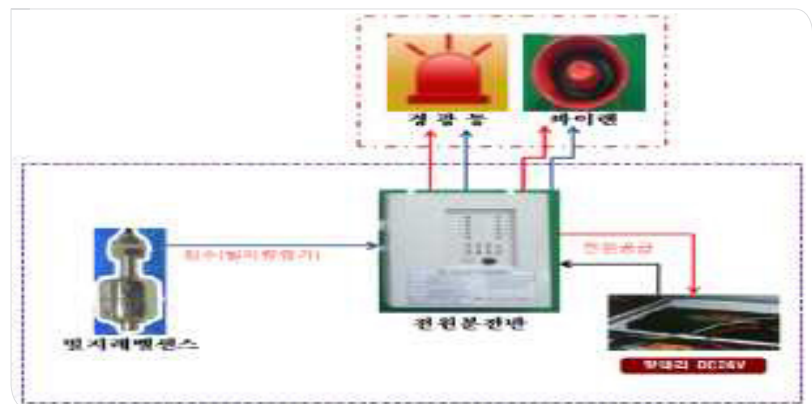
## 일반 이론

침수 위험성이 높은 장소(선수 스러스터, 펌프실, 주기실, 보기실, 타기실 등)에 발지레벨센스를 설치, 발지량 증가시 자체 제작한 경보시스템(기관제어실)에서 인지되어 싸이렌(경광등)이 제어실과 식당에서 울릴 수 있도록 시스템 설치(항해 및 정박 중 당직자 인지)

침수 감지 시스템 설치개소



침수 감지 시스템 작동 원리





**장비제원**

장비명 중갑판 크레인

제작사 해안기계

안전하중 1.5ton x 17m

2.5ton x 8m

파단강도 5.9ton

와이어 직경 100, 길이 80m



## 크레인 와이어 절손 교체수리

태안서

1507함

### 고장개요

해상 다수인명구조 훈련 중 중갑판 크레인 와이어 절손으로 인명구조 바스켓에서 탑승 중이던 직원이 갑판 추락

### 고장원인

- 크레인 안전장치(리미트)의 경우 단기간내 복구 불가 및 제한스위치의 잘못된 오작동으로 인해 붐대 인출 또는 와이어 감는 도중 과하중으로 인한 절손된 것으로 추정
- 선박안전기술공단 기술자문
  - (와이어 노후) 사고당시 1507함 크레인 와이어 사용년수 15년으로 노후되었으며, 구리스 경화 및 도포상태 미흡 하였음
  - (안전장치 제거) 크레인 작동시 어느 한계 이상 와이어를 감을 때 작동하는 권과방지장치(리미트스위치) 작동불가
  - (사용미숙 추정) 권과방지장치(리미트스위치) 기능이 활성화 되지 않는 상태로 붐대의 위치 및 높이를 미 고려하여 사용한 것으로 추정되나 객관적으로 판단 할 근거는 없음



• 국립과학수사연구원 감식 결과

- (현장감정) 크레인 수동으로 작동되는 상태로 붐대 인출 시 후크와 붐대가 간섭되지 않도록 와이어 로프도 수동 인출해야 되는 형태였으며, 크레인에서 현저한 작동불량 형태는 식별되지 않음
- (육안검사) 리미트 무게추의 변형부와 와이어로프 고리부가 대응되는 형태였으며, 두 변형부를 제외한 부분에서는 현저한 변형흔적이 식별되지 않음
- (표면 현미경검사) 리미트 무게추의 변형부는 마찰과 압착에 의해 변형된 형태로 보여지며, 부식이 주변부에 비해 진행되지 않은 상태로 비교적 최근에 발생했을 가능성이 있다고 판단
- (과적배제) 크레인 모든 안전센서가 작동하지 않는 상태로 수동조작 시 인적요인 등에 의하여 과권이 발생 가능한 상태이고, 사고당시 붐대 인출상태와 제시된 구조바스켓 및 탑승자 무게를 고려할 때, 과적이 배제될 수 있을 것으로 판단
- (파단면 현미경검사) 파단부 세척 후 현미경 검사 결과 소선의 직경이 국부적으로 감소하는 넥킹(Necking)현상 및 파단면의 덤블(dimble)파단을 고려할 때 과하중에 의하여 파단된 것으로 판단



사고발생 당시 크레인 사진



와이어 절손부 및 리미트 무게추 사진

## 자체점검 및 조치사항

- 정비창 입창 수리합정 대상 실질적인 마모도 검사 시행
  - 수리합정 대상 와이어 로프 검사 (단락상태, 꼬임상태 등), 인장강도 등의 검사를 시행
  - 실질적인 인장강도 검사를 통해 와이어 로프의 상태확인
- 각 함정별 크레인 노후된 와이어 교체
  - 크레인 운용부서는 와이어 가닥절손 등 육안으로 손상된 경우 외에는 별도 심각성을 느끼지 못하며, 지속적으로 사용하고 있는 실정





크레인 등 현장 확인1



크레인 등 현장 확인2



사고당시 와이어 연결부위 재연



절손부위 확인



와이어 절손부위



사고당시 사진1



사고당시 사진2



와이어 교체 작업1



와이어 교체 작업2







# 함정 장비 고장 사례 집

## 1000톤급 함정장비 고장 사례



서특단	1002	워터제트 흡입구 파공부 보강 수리	104
군산서	1001	40MM 함포(노봉) 선회구동모터 수리	107
통영서	1006	레인 안전장치 제작 설치 수리	110
목포서	1007	야간 열상카메라 작동 불량 수리	120
울산서	1009	자이로 컴퍼스 재부팅 현상 수리	127
서특단	1002	진공변기 시스템 수리	129
울산서	1009	함미 예인기 유압계통 소제 수리	132



## 장비제원

장비명 워터제트 추진기

제작사 Rolls-Royce (스웨덴)

형식 Steering, Reversible, Booster

모델 Kamewa 125S II

날개수 7개

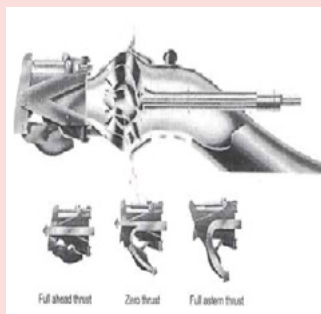


# 워터제트 흡입구 파공부 보강 수리

서특단  
1002함

## 고장개요

- 가. 진해 해군정비창 상가수리 중 워터제트\* 검사 결과 덕트 내 임펠러 하우징 전단부 페인트 탈락 및 덕트 철판 부식(가로 1m, 세로 30cm, 이격 1.5cm) 진행 확인
- 나. 워터제트 덕트는 출동 및 정박중 해수가 2/3이상 유입되어 페인트 탈락 등 이상여부를 확인하기 어려워 부식이 계속 진행될 경우 덕트가 파공되어 선체가 침수되는 사고가 발생할 수 있었음



워터제트 시스템

### ※ 워터제트 시스템이란?

워터제트 추진기관은 엔진과 연결된 펌프를 가동하여 선체

바닥에 있는 흡입구로부터 해수를 흡입하여 배 내부에 설치 되어 있는 유도관 속에 있는 임펠러, 스테이터를 지나면서 회전동력을 가속된 물의 압력에너지로 변환시켜 노즐을 통하여 물을 선미측으로 고속 분사시켜 배를 앞으로 밀어주는 추력을 발생시키는 추진 기관이다.



## 고장원인

- 가. 워터제트 추진방식은 고속의 임펠러가 회전하여 물을 분사시켜 추진하는 방식으로 임펠러 전단부에서 해수의 와류에 의한 침식현상이 반복되어 페인트 탈락 현상 발생
- 나. 워터제트 추진방식은 추진장치가 외부 노출되지 않아 어망 및 로프류 등이 추진장치에 잘 걸리지 않는 안정성이 있으나 일부 이물질(각목 등)이 덕트 내로 혼입 될 경우 페인트를 손상

## 자체점검 및 조치사항

- 가. No.3 워터제트 덕트 부식 탈락 확인 즉시 진행 해군정비창 선체 예량사 및 해경 연락관과 협업하여 긴급수리 진행
- 나. 부식부위 용접 수리 시 와류로 인한 탈락 위험으로 금속보수 전문업체 선정하여 외주수리 진행\*

\* 외주수리 진행 절차

초기발견상태



작업 전 상태확인



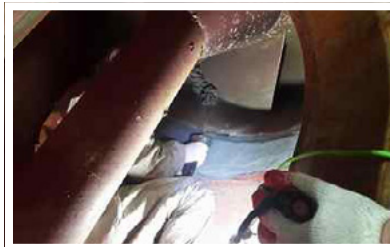
1차 육성 작업(샌딩)



2차 육성 작업(마무리)



1차 경화제 코팅



경화상태 확인





2차 세라믹 코팅



3차 방청·방오도로 코팅



다. 부식 탈락부 가공, 경화제 및 세라믹 코팅 작업 완료하여 하가 후 시운전 결과 상태 양호

라. 수리완료 후 지속적인 관찰로 No.1 워터제트 흡입구에도 같은 현상 발생하는 것 발견, 서특단 정비보급계에 상태보고 하여 00년 4월 진해 해군정비창 상가 수리 시 동일 수리방법 진행

## 재발방지대책

가. 워터제트 시스템은 그물 및 각종 이물질이 걸린 상태에서 운전할 경우 임펠러와 선체에 손상을 주므로 지속적인 관리\* 필요

\* 흡입구에 이물질이 걸린 경우 선체에 진동과 소음이 발생하고 운전 중인 주기의 연료 분사량이 정상시보다 늘어남

나. 입항 후 해수의 와류에 의한 침식부위가 있는 지 워터제트 점검구를 통해 주기적인 시각점검 및 상태기록 필요

## 기대효과

가. 워터제트 덕트내 이물질 혼입을 조기에 발견하여 엔진의 부하를 감소할 수 있고 덕트 손상을 최소화 할 수 있음

나. 워터제트 덕트 파공을 미연에 방지하여 선체가 침수되는 2차 사고를 예방하여 긴급 상가수리를 진행해야하는 경비공백 방지



**장비제원**

장비명 40MM 노봉 함포 선회 구동모터

제작사 40MM 노봉(두산DST) /  
선회구동모터(충무정밀주식회사)

전압 250VDC

회전수 3000RPM이상(최대)

출력 13kW



## 40MM 노봉 선회 구동모터 수리

군산서  
1001함

### 고장개요

- 포제어장치(GUN CONTROL CONSOLE)상 수동 구동 시 좌현 선회 불능, 우현선회만 가능하며 작동 시 소음발생

#### ※ 선회 구동 모터란?

- 포가 지지대(BASE PLATE) 상면에 설비되어 포대를 선회함으로써 구동 시키기 위한 기계적인 감속장치이며, 구동동력을 전달하기 위한 장치

### 고장원인

- 충무정밀주식회사(16년도 고장시 수리업체) A/S담당자와의 통화 결과, 고장의 원인이 매우 다양하여 단정하기 매우 어려우나 몇 가지로 원인으로 추려 볼 수 있음
  - 구동 모터의 회전시 카본등 각종 이물질이 쌓여 순간적인 쇼트를 일으켜 코일의 손상 즉, 모터의 손상이 발생 할 수 있다
  - 전원 공급 후 갑작스러운 사용 및 무리한 작동으로 인한 순간적인 부화로 인한 손상



## 자체점검 및 조치사항

가. 두산DST 담당차장과의 통화 후 점검내용,

- 1) 포대 선회 구동 모터 수동 구동핸들로 작동 시 소음발생 여부 확인
- 2) 포 제어장치 Fuse 용단 여부 및 절연저항 확인
- 3) 포 제어장치 자체점검 12개 항목 진단 확인
- 4) 포 제어장치 선회 및 고각 회로차단기 작동 후 GCC상 수동 구동 시 제어용 PCB 디지털 모듈 회로카드 A02, A03 정상 작동 여부 확인
- ※ 확인 결과 A02, A03 카드 에러코드 ERR 0002(AMP 모듈의 IGBT이상)확인
- 5) 포대 선회 구동모터 전원 공급잭 분리 후 커넥터 부분 절연저항 확인
- 6) 포대 선회 구동모터 전면 판넬 분리 후 내부 확인
- ※ 구동 모터 내부 코일 파손 확인(사진첨부)
- 7) 포대 선회 구동모터 전면 판넬 분리 후 내부사진 두산DST 담당자와 공유한 결과 선회 구동모터 내부 코일 파손으로 교체 필요 및 포 제어장치 제어용 PCB 디지털 모듈 회로카드 A02, A03, A04 및 증폭기 모듈 선회, 증폭기 모듈 고각 점검이 필요하다는 소견

연 번	품 명	기 능	비 고
1	디지털 모듈 A02	포대 방위각의 속도 제어	
2	디지털 모듈 A03	포대 고각의 속도 제어	
3	디지털 모듈 A08	포대 방위각 및 고각의 위치 제어	
4	증폭기 모듈 선회	포대 선회 모터 구동용 스위칭	
5	증폭기 모듈 고각	포대 고각 모터 구동용 스위칭	

나. (주)충무정밀주식회사 수리내용

- 1) 선회 구동 모터 분해 및 사전 검사 등 자성제거
- 2) 선회 구동 모터 회전체 교환 및 발란싱 교정
- 3) 선회 구동 모터 하부 코일 교체
- 4) 선회 구동 모터 영구자석 표면샌딩 및 절연제 코팅
- 5) 선회 구동 모터 조립 및 영구자석 착자
- 6) 포 제어장치 제어용 PCB 디지털 모듈 회로카드, A02, A03, A08 및 증폭기 모듈 선회, 증폭기 모듈 고각상태 점검결과 양호



## 재발방지대책

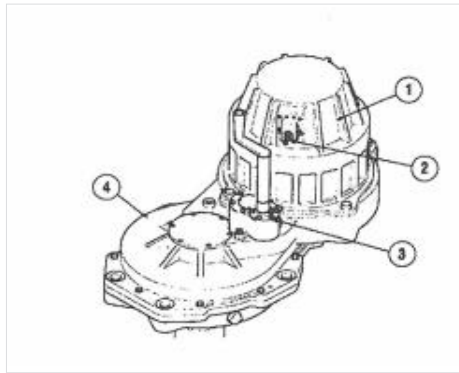
- <충무정밀주식회사> A/S담당자 문의 결과 자체적으로 분해 조립이 불가능함
- 1) 작동 시 전원 공급 후 충분한 예열이 필요하며 갑작스런 사용 지양
- 2) 주기와 상관없이 상시적인 작동테스트 권장
- 3) 선회 구동 모터 수동 작동 후 브레이크 MANUAL BRAKE RELEASED - LOCKED / NORMAL OPERATING POSITION 스위치 반드시 원위치

## 기대효과

- 구동 선회 모터는 매우 정교하고 세심한 정비를 요하는 장비로써 고장발생이 적지만, 고장 시 고가의 수리비를 요하므로 상기 기본적인 재발방지대책을 체계적으로 준수하여 불필요한 행정력과 비용의 절감을 가져올 것으로 기대

## 선회 구동 모터 수동 작동방법

(40MM 노봉 함포 기술교범 P2-3 발췌)



- (1) 수동 구동시,
  - 연결레버②를 “MANUAL BRAKE RELEASED-LOCKED” 위치로 이동시킨 후 고정핀으로 고정
  - 수동 구동조립체③을 이용하여 수동 선회 실시
- (2) 자동 구동시,
  - 연결레버②를 “NORMAL OPERATING POSITION” 위치로 이동시켜 고정핀으로 고정한 후 실시



## 장비제원

장비명 발전기 국부조종반(L.O.P)\*

※ L.O.P : Local Operation Panel

제작사 MEST

형식 MTU12V2000M50B(발전기)

모델 SCHENA CIB 4-02



# 발전기 LOP 복구수리

군산서

1001함

## 고장개요

가. 2번 발전기 고장 개요

- 2번 발전기 전원 투입 중 알람 발생 후 블랙아웃(Black Out) 발생하여 확인 결과 주전원은 투입되나 LOP 디스플레이 화면이 꺼진 상태로 부팅되지 않아 발전기 운전이 불가능

[MCS-5 알람 및 경보 발생 내역]

- 09:08:46 Yel AL ECU=325+A003-ECU Faulty ECU17021
- 09:08:48 Yel AL SAM=325+A001-SAM Faulty SAM17061
- 09:08:48 Yel AL Emerg. Power Supply LOP PV425312
- 09:08:57 Yel AL EMU=325+A004-EMU Faulty EMU17031
- 09:40:05 Yel AL Battery charger 1 PV591051
- 09:40:06 Yel AL Battery charger 2 PV591052
- 09:53:14 Yel AL DIS=325+A001-A001 Faulty DIS17041
- 09:55:07 Yel AL Insulation AC 440V PV401002
- 09:55:16 Yel AL IFB=360+A303-A690 Faulty IFB72

- 18. 9. 18(화) LOP 작동 불가 관련 원인 파악을 위해 수리업체 점검 의뢰



### 나. 3번 발전기 고장 개요

- 18. 9. 27.(목) 3번 발전기 운전 중 알람과 동시에 ACB가 차단되고 LOP 표시등이 깜박거리며, LOP 디스플레이 화면이 꺼진 상태로 부팅되지 않아 발전기 운전이 불가능

#### [MCS-5 알람 및 경보 발생 내역]

- 10:22:42 Yel AL DIS=326+A001-A001 Faulty DIS18041
- 11:36:24 Yel AL Emerg. Power Supply LOP PV435312
- 11:36:29 Yel AL ECU=326+A003-ECU Faulty ECU18021
- 11:36:29 Yel AL EMU=326+A004-EMU Faulty EM18031
- 11:36:29 Yel AL SAM=326+A001-SAM Faulty SAM18061
- 11:36:30 Yel AL Emerg. Power Supply LOP PV435312
- 11:41:04 Evt MG Not Ready for Operation PV435356

- 발전기 3대 중 2대 작동 불가로 임무 수행 중단 후 긴급회항

## 고장원인

### 가. 정비 불량에 따른 손상 가능성

- 함정 기기는 함정정비 지침에 의거 PMS를 이행하고 있으며, 손상 L.O.P의 예방 점검 이행 불량으로 손상에 기인 될 수 있으나
- L.O.P의 경우 내부 회로 계통 점검은 전용 장비에 의해 가능하며, 점검 장비는 현재 MTU Asia Service Engineer만이 보유 하고 있어, 실질 점검이 불가하고 함정직원의 점검은 외관 확인으로 밖에 불가
- PMS 불이행으로 인한 손상원인은 아닌 것으로 판단 가능함

### 나. 육전 및 발전기 전원 교체 시 전기적 충격 가능성

- 전원 교체 시 발생 할 수 있는 전압 불균형에 의한 회로 내 소자 손상으로 L.O.P 손상 추정 할 수 있으나
- 18. 9. 18.(월)~ 10. 05.(금)까지 2,3번 발전기 LOP FRONT DOOR 측 손상 복구수리를 진행한 (주)영인테크\* 및 18.10.18.(금) MTU Asia Service Engineer\*의 소견은 외부적 전기·물리적 충격에 의한 손상은 발견되지 않았으며, LOP Door Panel 측 전자소자의 손상 문제라는 공통된 의견을 보임



\*영인테크 : 경북 구미 소재, 주기관 MCS(Monitoring Control System) 전자기판 다수 복구

소견		
<p>군산해양경찰서 1001함 2,3번 발전기 LOP DOOR 점검관련</p> <p>장기 사용 및 진동의 의한 LOP DOOR내 전자소자의 내구성 저하로 CPU등 1종 2점 불량 확인 되어 교체 후 BOOTING TEST 실시 하였으나 정상 BOOTING 되지 않음</p> <p>전자장비의 특성상 내부에 설치되어 있어 전문적인 지식과 점검 가능한 TEST 장비가 없는 상태에서 함정 직원이 원인파악 및 사전 예방 정비가 불가능 할 것으로 사료됨</p>		
영인테크 확인	김종호	

\* 점검자 : Thomas Gerthe - MTU Asia Service Superintendent(Electronics & Automation)

- Disassembling and visual inspection of Electronic PCBs on LOP door, including removal of small Sub-PCB (PC). No abnormal condition could be found.
- LOP 도어측 PCB 전자기판의 작은 하부 PCB(PC)를 포함하여 분해 및 외관 점검을 하였고, 비정상적인 상태를 발견하지 못했다.

- L.O.P 전원 공급의 경우 220V 전원이 충·방전반을 통해 배터리를 거쳐 24V로 공급 되어, 육전·발전기 전원 교체 시에 직접 전원이 공급 되지 않아 전원 변경에 따른 손상 가능성이 적어 손상원인 아닌 것으로 판단 가능함

다. 설치 위치에 따른 온도·진동 영향 가능성

- (주)영인테크의 점검소견 상 전자소자의 내구성 저하 의심 및 MTU Asia Service Engineer의 온도에 의한 손상 가능성을 제시하였고, 동형 발전기 탑재 함정 중 No.1 발전기는 문제를 보이지 않으나 No.2 또는 No.3 발전기에서 증상이 발생되고 있어
- L.O.P 설치 위에 따른 온도·진동 영향 가능성이 있어, 동형 함정의 주기 운전상태 및 발전기 부하에 따른 진동 측정을 스마트폰 어플을 이용해 위치에 따른 진동 비교 방식 및 내·외부 온도를 계측하여

경찰서 함정	주기관 (RPM)	No.1 발전기			No.2 발전기			No.3 발전기		
		부하 (kw)	진동값 (최고/평균)	온도 (외/내)	부하 (kw)	진동값 (최고/평균)	온도 (외/내)	부하 (kw)	진동값 (최고/평균)	온도 (외/내)
목포 1010함	1,2번 (500)	113	7.3/4.1	34/34						
목포 1010함	3번 (500)	142	5.1/4.1	34/37						
목포 1010함	1,2번 (500)				96	4.6/3.8	34/37	87	5.0/4.2	35/38
통영 1005함	1,2번 (1050)	53	5.0/4.5	15/30						
통영 1005함	1,2번 (630)				80	5.5/5.0	12/28	73	4.2/3.5	12/28
포항 1003함	1,2번 (720)	47	4.6/3.8	15/30						
포항 1003함	3번 (500)				43	4.3/3.5	18/29			



- 설치 위치에 따른 진동-온도 비교 결과 발전기 설치 위치에 따른 차이가 발견되지 않았으나, 측정기간이 00. 10. ~ 11.로 외부 온도가 낮아 외부적 온도 영향이 적고 측정기간에 주기의 다양한 RPM별 측정이 되지 않은 점이 있어
- 군산1001함, 서특단1002함, 목포1010함 No.2&3 발전기 L.O.P에서 알람 등 유사 증상이 있어 설치 위치에 따른 요인으로 회로 내부 소자 내구성에 영향을 미쳤을 가능성이 있음

기종	사 진	설 치 위 치
No.1 발전기		제1기관실 No.1 & 2 주기관 가운데에 설치되어 있고, 상부가 높아 공기 순환이 좋은 편임
No.2 발전기		제2기관실 No.3 주기관 우측에 설치되어 있으며, LOP하부로 No.1 주기관 축계가 지나고 있으며 천장까지의 높이가 낮아 공기 순환이 좋지 못한 편임
No.3 발전기		제2기관실 No.3 주기관 좌측에 설치되어 있으며, LOP하부로 No.1 주기관 축계가 지나고 있으며 천장까지의 높이가 낮아 공기 순환이 좋지 못한 편임

#### 라. 상기 고장원인 분석에 따른 결과

- No.2&3 발전기 물리적·전기적 손상이 발견되지 않았고, PMS 등 전문 진단기 없이 외관 점검만이 가능한 점
- 알람 발생 후 업체를 통한 점검 노력 및 복구를 위하여 국내 업체를 이용하여 회로 점검 등의 노력을 통한 담당 기관 직원의 대응도 적절한 것으로, 운용상의 과실에 의한 손상 발생 가능성은 없는 것으로 판단되며
- MTU-ASIA(싱가폴 소재)에서 L.O.P 점검 결과 내부부품(IDB CARD) 불량으로 판단하였고, 회로 점검 소견 등을 종합하여 보면 PCB 보드의 내부 소자 내구성 저하에 의한 손상으로 판단됨

#### MEST측 “군산1001함 No.2,3 발전기 국부조정반 수리 계획 통보” 내용

2018년 10월 15일 MTU-Asia에 송부된 No. 2, 3 LOP set의 일부 구성품 신환으로서 “수리 및 복구 가능성”을 MTU-Asia로부터 최종 확인  
(확인 일자: 2018년 10월 30일, 예상 납기: 부품 수급 일정 고려, 발주서 접수 후 약 1개월 내)

※비고: 기존 통지된 복구 대책인 LOP complete set, LOP front door의 상위 구성품 신환의 방식이 아닌 손상 개소로 확인된 최소 구성품 (IDB Card/Plug In Board)의 신환 만으로 수리/복구 가능 (비용, 납기 최소화).



## 자체점검 및 조치사항

- 가. 18. 10. 2.(화) 국내 수리업체(영인테크) 2,3번 발전기 LOP 회로추적 검사 실시하여 수리여부 판단 실시, 수리업체에서는 수리 불가 판단
- 나. 18. 10. 5.(금) MEST 및 MTU코리아 측 복구수리 협조 요청 공문 발송, 납품업체(MEST)에서 수리불가 신품 제작 및 교환 회신
- 다. 18. 10. 8.(월) 1000톤급 발전기 LOP 문제점 지방청 보고, 장비 손상조사 위원회 구성
- 라. 18. 10. 10.(수) 1000톤급 발전기 LOP 문제점 본청 보고, 동일모델 합정 발전기 LOP 관리전환 요청 및 근원적 대책 필요성 제기
- 마. 18. 10. 12.(금) 포항서 1003합 발전기 LOP 관리전환 후 임무수행
- 바. 18. 11. 13.(화) 본청 주관 1001합 발전기 LOP 고장 관련 관계기관 대책 회의 개최, 수리부속 국내 부재 및 수리지연 초래 등에 대한 해결책 모색
- 사. 18. 12. 12.(금) 1001합 2,3번 발전기 LOP 복구수리 완료

## 재발방지대책

- 가. 1001합 발전기와 같은 모델의 발전기 탑재 합정 중 1번 발전기는 문제를 보이지 않으나 2,3번 발전기 LOP에서 동일한 증상이 발생, 건조 시부터 국부조종반 회로소자에 미치는 영향이 적은 위치에 설치 및 진동·온도 변화에 따른 회로 내구성이 강한 부품 설치 필요
- 나. 발전기 LOP 고장으로 발전기 시동 불가 시 비상작동 가능하도록 변경, 다중 시동 체계 재설계 필요
- 다. 발전기 LOP 고장으로 불가동 상황을 예방하기 위해 예비품 확보
- 라. LOP 고장 발생 시 국내 판매권 소유 업체 초기 점검 시 소프트웨어 진단 및 손상개소 추적 점검 없이 전체 교체만을 권고하므로, 전문 진단 장비 미보유 및 손상개소 확인 불가 등 점검·수리 지원 불가 문제가 있어, 장비 선정 시 수리 체계가 확립된 업체 장비 선정 필요

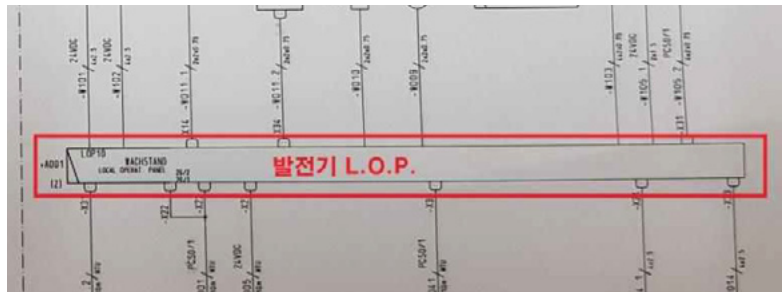
## 기대효과

- 가. 고가 전자장비에 대한 수리방법 중 단순 교체가 아닌 수리가 될 수 있도록 기반을 형성하여 예산 절감 기대
- 나. 다중 시동체계 구축을 통해 발전기 LOP 고장으로 발생될 수 있는 불가동 상황을 미연에 방지



## 일반 이론

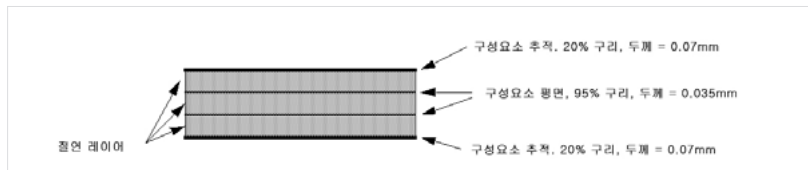
발전기 L.O.P 계통도



Local Operation Panel는 PCB(Printed Circuit Board)의 일종으로  
PLC(Programmable Logic Controller) 프로세서 제어 장치

### 1. 인쇄회로기판(PCB)

- **(정의)** 인쇄회로기판 (PCB : Printed Circuit Board)은 PWB 라고도 불리우며, 여러 종류의 많은 부품을 페놀수지 및 에폭시 수지 등의 절연판 한쪽 면 또는 양쪽면에 동박 (Copper foil)을 압착시킨 후에 회로에 따른 패턴(배선)을 형성하고 불필요한 부분은 부식시켜 동박을 제거한 회로로, 회로가 "인쇄되었다"는 말은 회로가 실제로 선명하게 새겨진 회로를 의미한다
- PCB(인쇄된 회로 기판)은 다양한 전자 적용 분야에서 사용되며, PCB는 장치 내의 온도 및 열 플럭스 분포에서 중요한 역할을 하기 때문에 PCB의 열 특성을 정확하게 나타내는 것이 중요하다.
- 일반적으로 PCB는 다음과 같이 여러 구리 호일 도면층과 절연 재료(FR4라고 하는 유리 강화 폴리머)로 구성되어 있다



- 이러한 구성요소의 복잡성 때문에 열 전달을 시뮬레이션 할 때 유효 특성과 함께 간단한 형상을 사용하여 모델링하는 것이 바람직하며, 법선 전도율(K-normal) 및 평면 전도율(K-in-plane), 이렇게 두 전도율 값이 필요하다. 이러한 값은 다음과 같이 계산된다

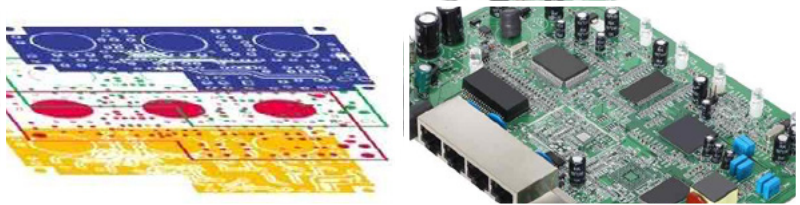


- 이러한 구성요소의 복잡성 때문에 열 전달을 시뮬레이션 할 때 유효 특성과 함께 간단한 형상을 사용하여 모델링하는 것이 바람직하며, 법선 전도율(K-normal) 및 평면 전도율(K-in-plane), 이렇게 두 전도율 값이 필요하다. 이러한 값은 다음과 같이 계산된다

$k_{in-plane} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i \cdot k_i \cdot C_i^E}{\sum_{i=1}^N t_i}$	$k_{normal} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N \frac{t_i}{k_i \cdot C_i}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>•N = 최대 도면층 수</li> <li>•k = 도면층 전도율</li> <li>•t = 두께</li> <li>•C = 금속 컨텐츠</li> <li>•E = 적용 범위 지수</li> </ul>
--	--	--

- **(구성)** PCB(인쇄회로기판)은 전자 전기 계열에서 부품을 납땜하고 부품사이를 연결해줄 수 있는 판때기의 한 종류로, PCB는 구리 배선이 가늘게 인쇄된 판으로, 반도체, 컨덴서, 저항 등 각종 부품을 끼울 수 있게 되어있어서 서로 간의 상호 연결되어 있다.

컴퓨터의 메인보드 PCB



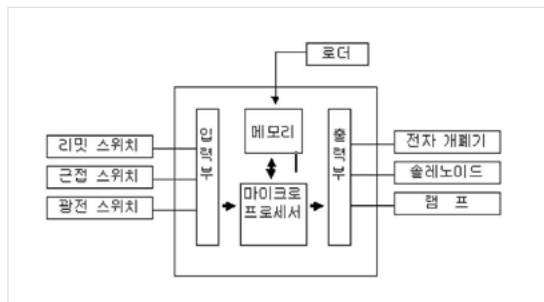
- **(장점 및 단점)** 사용하는 대부분의 전자 부품이 PCB 위에 부착되며, 부착 밀도나 기기의 형태 등의 조건에 따라 PCB의 모양을 정할 수 있으므로, 다른 부품에 비하여 제품 선택의 폭이 넓습니다. PCB를 사용하여 전자 기기를 제조하였을 때 얻어지는 일반적인 장점 및 단점은 다음과 같다

장 점	단 점
1) 대량 생산이 가능하다. 2) 제품의 균일성과 신뢰성이 높다. 3) 소형 경량화에도 기여한다. 4) 회로의 특성이 안정화된다. 5) 잡음, 온도 등이 안정 상태를 유지 6) 오배선의 우려가 없고, 생산 단가가 저렴 7) 조립, 배선, 검사의 공정수가 감소 8) 제조의 표준화와 자동화를 기인 9) 기기의 단위(unit)화	1) 결정된 회로로 설계된 PCB는 설계 변경이나 다른 회로에 사용하기 어려움 2) 소량 다품종 생산이 요구되는 경우에는 제조 단가 높음 3) PCB는 기본적으로 수리가 힘들며, 구리 배선의 폭과 두께가 매우 가늘어서 이 선들이 절단되면 다시 연결하기 힘든데다가, 만약 과전압이나 부품 접촉 불량 등의 이유로 PCB의 일부가 타버린 경우는 수리를 위한 조사 자체가 어려우며, 외부로 노출되지 않은 배선이 단선 될 경우 수리보다 교환이 요구됨

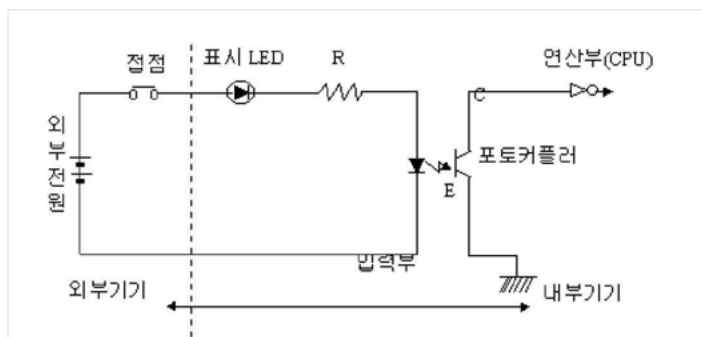


## 2. PLC(Programmable Logic Controller) 제어

- **(정의)** PLC(Programmable Logic Controller)란, 종래에 사용하던 제어반 내의 릴레이 타이머, 카운터 등의 기능을 LSI, 트랜스터 등의 반도체 소자로 대체시켜, 기본적인 시퀀스 제어 기능에 수치 연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능 하도록 하는 자율성이 높은 제어 장치이다. 미국 전기 공업 화 규격(NEMA)에서는 “디지털 또는 아날로그 입출력 모듈을 통하여 로직, 시퀀싱, 타이밍, 카운팅, 연산과 같은 특수한 기능을 수행하기 위하여 프로그램 가능한 메모리를 사용하고 여러 종류의 기계나 프로세서를 제어하는 디지털 동작의 전자 장치”로 정의하고 있다
- **(구조)** PLC 는 마이크로프로세서(microprocessor) 및 메모리를 중심으로 구성되어 인간의 두뇌 역할을 하는 중앙처리장치(CPU), 외부 기기와의 신호를 연결시켜 주는 입·출력부, 각 부에 전원을 공급하는 전원부, PLC 내의 메모리에 프로그램을 기록하는 주변 장치로 구성되어 있다

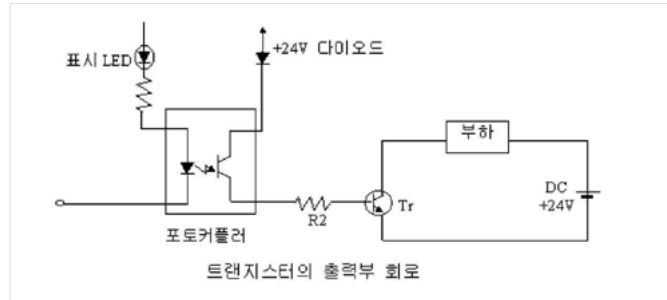


- **(입력부)** 외부 기기로부터의 신호를 CPU의 연산부로 전달해 주는 역할을 한다. 입력의 종류로는 DC24[V], AC110[V] 등이 있고, 그 밖의 특수 입력 모듈로는 아날로그 입력(A/D) 모듈, 고속 카운터 (high speed counter) 모듈 등이 있다

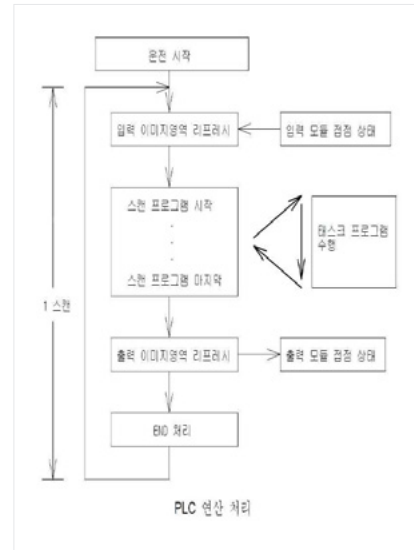




- (입력부) 내부 연산의 결과를 외부에 접속된 전자 접촉기나 솔레노이드에 전달하여 구동시키는 부분이다. 출력의 종류에는 릴레이 출력, 트랜지스터 출력, SSR(Solid State Relay)출력 등이 있고 그 밖의 출력 모듈로는 아날로그 출력(D/A) 모듈, 위치 결정 모듈 등이 있다



- (연산처리) PLC의 연산 처리 방법은 입력 리프레시(Refresh) 과정을 통해 입력의 상태를 PLC의 CPU가 인식하고, 인식된 정보를 조건 또는 데이터로 이용하여 프로그램 처음부터 마지막까지 순차적으로 연산을 실행하고 출력 리프레시(Refresh)를 한다. 이러한 동작은 고속으로 반복되는데 이러한 방식을 '반복 연산 방식'이라 하고 한 바퀴를 실행하는데 걸리는 시간을 '1 스캔 타임'(1 연산 주기)라고 한다



- (입력 이미지 리프레시) PLC는 운전이 시작되면 입력 모듈을 통해 입력되는 정보들을 메모리의 입력영역으로 받고, 이 정보들은 다시 입력 이미지 영역으로 복사되어 연산이 수행되는 동안의 입력 데이터로 이용된다. 이렇게 입력 영역의 데이터를 입력이미지 영역으로 복사하는 것을 '입력 리프레시'(Input Refresh)라고 한다. 입력 리프레시는 운전이 시작될 때뿐만 아니라 매 스캔 END 처리가 끝나면 그 순간의 입력 정보를 입력 이미지 영역으로 복사하여 연산의 기본 데이터 또는 연산의 조건으로 활용하게 된다



- **(프로그램 연산)** 입력 리프레시 과정에서 읽어 들인 입력 접점의 정보를 조건 또는 데이터로 이용하여 사전에 입력된 프로그램에 따라 연산을 수행하고 그 결과를 내부 메모리 또는 출력 메모리에 저장하게 된다
- **(출력 리프레시)** 스캔 프로그램 및 태스크 프로그램의 연산 도중에 만들어진 결과는 바로 출력으로 보내어지지 않고 출력 이미지 영역에 저장되며, 이 과정을 출력 이미지 리프레시라고 한다
- **(자기 진단)** 연산의 과정에서 만들어진 결과는 바로 출력으로 내보내지 않고 출력 이미지 영역에 저장되게 된다. 그렇게 하는 이유는 프로그램의 마지막 스텝 연산이 끝나고 나면 PLC의 CPU는 시스템 상에 오류가 있는지를 검사하고 오류가 없을 때만 출력을 내보내기 때문이다. 만일 연산이 성공적으로 끝나서 그 결과가 출력 이미지 영역에 저장되었다고 해도 PLC의 CPU는 자기 시스템을 진단하여 시스템 상에 오류가 있다면 출력을 내보내지 않고 에러 메시지를 발생시키게 된다. 이것을 자기 진단이라고 한다
- **(END 처리)** 연산이 성공적으로 수행되고 자기 진단 결과 시스템에 오류가 없으면 출력 이미지 영역에 저장된 데이터를 출력 영역으로 복사함으로써 실질적인 출력을 내보내게 된다. 이 과정을 END 처리라 하며 END 처리가 끝나면 다시 입력 리프레시를 실시 함으로써 PLC는 반복적인 연산을 수행하게 된다



## 장비제원

장비명 야간 열상카메라

제작사 CURRENT 사(社)

형식 열상관측장치

모델 NN9025-1055

시리얼 N1259



# 야간 열상카메라 작동 불량 수리

목포서

1007함

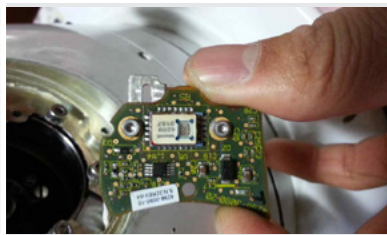
## 고장개요

가. 장비 운용중 컨트롤러와 카메라 본체(페이로드 플랫폼, Payload Platform)가 통신이 되지 않아 장비 운용불가 문제점 발생

나. Gimbal - 컨트롤러 간 **통신 불량**(NN Micro not respindig), 상하좌우 동작 및 **컨트롤 동작 불량**

## 고장원인

장기사용에 따른 내부 프로세서 고장 Elevation **엔코더 보드 손상** 및 하우징 내부 **케이블 절손**



Elevation 엔코더 보드 손상



하우징 내부 케이블 절손



## 자체점검 및 조치사항

### 가. 수리업체 조치사항

- 팰틸트 엔코더 센서 교체 후 동작점검 결과 동작 안됨
- 컨트롤러 통신보드 교체 후 동작점검 결과 동작 안됨
- 컨트롤러 측 통신포트 변경 1번 → 2번후 동작점검 결과 동작 안됨
- 터렛(짐벌) 내부 건조 후 동작점검 결과 동작 안됨
- 장비 동작 불능 상태 지속됨에 따라 제조사 정밀검진 요구

※ 운용중인 열상카메라는 군 사용목적으로 제작된 바, 복제, 기술유출 등의 문제가 발생됨에 따라 제작사(Current)의 승인 없이는 개봉하여 수리할 수 없다는 판단

### 나. 제조사 조치사항

- 엔지니어 평가 및 테스트
  - 시스템 전원 인가시 장비의 초기화는 되지 않음, 상하 양 끝단으로 빠르게 진행되어 많은 움직임은 아니지만 좌우 움직임 있음
- 열상카메라 분해 및 교체작업
  - EL 엔코더가 동작하지 않음, 측면 판넬 오픈하여 확인결과 끊어진 AWG28 검정색 케이블 발견
  - 하우징 내부로 연결된 케이블 수리조치 및 상하측 엔코더 보드 교체
- 최종 점검 및 테스트
  - 열화상 카메라 테스트 및 원상복구

### 다. 수리업체 조치사항(장착)

- 열상카메라 설치 및 컨트롤러 설치 시운전 결과 양호

## 재발방지대책

가. 장비 사용매뉴얼의 한글화 작업을 통해 누구나 쉽게 장비를 사용할 수 있는 환경 조성

나. 주기적 장비 점검 및 열상카메라 내부 질소 충전 철저

## 일반 이론

가. 모 델 : 열상카메라(NN MICRO)

나. 제 작 사 : CURRENT(캐나다)

다. 설치형태 : 직립형

라. 동요안정화(STABILIZATION) : 3축(기계축 2축 + 이미지 1축)

마. 좌우범위(중심으로부터) :  $\pm 360^\circ$

바. 상하범위(수평으로부터) :  $+ 85^\circ - 30^\circ$  ROOF MOUNTED



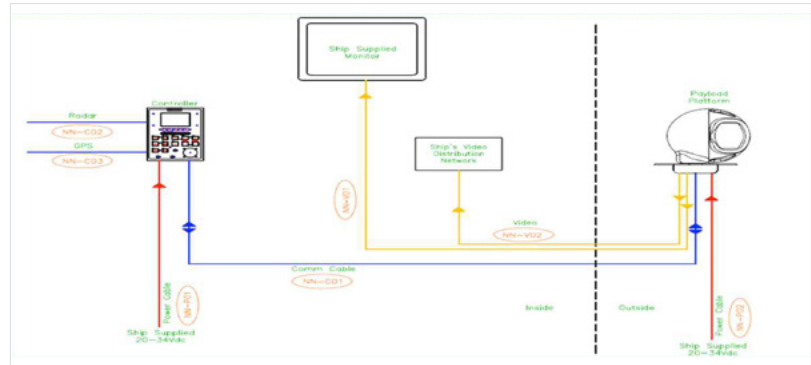
사. 구동속도 : 좌우/상하 120°/sec

아. 열상카메라 무게 : 9.5Kg

자. 시스템 제어 : 상하좌우제어(조이스틱), 이동표적 추정제어 : 트랙볼

차. 시스템 구성도

### 1) 장비 배치도



〈컨트롤 패널〉

### 2) 작동 개요

- 선내 AC 220V의 전압이 변압기를 통해 DC 28V로 변환되어 야간감시 장치 전원으로 공급되어진다.
- 야간 열상카메라는 시야 확보가 어려운 야간에 물체의 열을 감지하여 물체를 확인할 수 있는 카메라로, 선박의 경우 10km 원거리 탐지, 4km 원거리 확인할 수 있고, 사람은 3km 탐지, 1km 확인이 가능하다.
- 함정 내 레이더 및 GPS와 연동을 통해, 레이더를 통해 식별된 물체를 목표로 추적이 가능하며, 배치된 모니터로 식별 및 지속적으로 감시할 수 있다.
- 야간감시장치 내부의 모터에 의해 카메라의 360도 회전 및 상하 90°/30° 각도 조절이 가능하여 여러 조건내에서도 물체를 탐지, 식별할 수 있다.

## 일반적인 정비 방법

### 가. 카메라 렌즈 유지 보수

렌즈에 모래나 작은 알갱이를 닦지 않으면 렌즈가 손상 될 수 있다.

호스 (최대압력 20psi)로 청수를 사용하여 렌즈나 창을 원거리에서 세척하거나 압축 공기 (최대압력 20psi)로 렌즈의 이물질을 제거한다.

가까이에서 눈으로 렌즈에 이물질을 검사하고, 따뜻하고 순한 비눗물로 렌즈를 세척한다.

세정, 건조 & 검사한다.



렌즈 청소는 선박의 계획된 청소 순서에서 마지막이어야 한다.

렌즈에서 직접 고압 분사하지 않는다.

호스(최대 압력 70psi)로 가압된 물을 원거리에서 아래로 뿜는다.

돔과 렌즈에 있는 Night Navigator 라벨 주위를 주의한다.

모래나 작은 알갱이가 씻겨 나가게 되면, 시스템을 위에서 제한한 대로 다음과 같은 표제로 청소 및 세척할 수 있다. : 일반 세척, 워터 마크와 염.

저압수 또는 압축 공기는 고정 돔과 payload 돔 사이나 돔의 하부(돔의 절반 부분과 마운팅 플레이트 사이)의 틈 사이로 부드럽게 노즐을 넣어서 회전 요소의 모래와 작은 알갱이들을 세척하는데 사용된다.

#### 나. 카메라 렌즈 크리닝 방법

얼룩을 제거하기 위해 솔벤트를 사용할 때, 눈에 띄지 않는 곳에서 테스트를 먼저 한다.

Awl®-Prep T0008, Awl®-Prep Plus-T0115 (유럽의 T0340 표면 클리너), Awl®-Prep 400-T0170, 톨루엔, 래커 희석액, M.E.K. 아세톤이나 케로신 같은 솔벤트는 심하게 형성된 그리스와 때, 펠트 마킹, two-part 에폭시 마무리 칠의 에어로졸 스프레이 페인트를 부드럽게 하거나 제거하기 위해 사용된다.

Apply Awlcare® (73240) by hand only, to remove tough diesel soot stains.

단단한 디젤 수트 얼룩을 제거하기 위해서, Awlcare® (73240)를 손만 사용해서 청소한다.

록타이트 및 다른 유사한 액체 스프레이-락킹 화합물은 베이스 플레이트와 접촉하지 않도록 한다. 마감 부위에 들어가면 시스템의 수명을 대폭 감소시킬 수 있다.

#### 다. 카메라 씰 점검 방법

전면 베젤에 렌즈의 봉인을 검사한다.

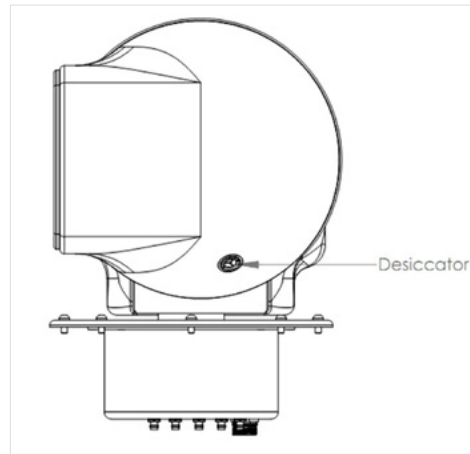
페이로드 돔 베젤 전면의 봉인을 검사한다.

갑판에 시스템 마운팅 플레이트의 씰을 검사한다.

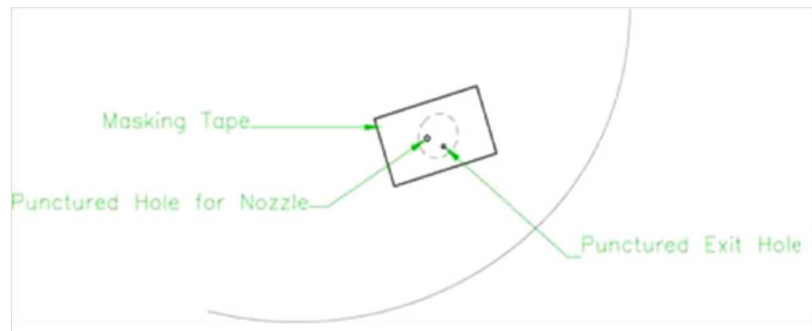
씰 문제가 발생하는 경우 Current(동강)사에 문의한다.



라. 카메라 데시케이터 교체 방법.



- 마스크 테이프를 사용하여 데시케이터 구멍을 덮는다.
- 테이프 안에 건조 공기나 불활성 기체 노즐과 같은 사이즈 하나, 다른 하나는 편 구멍이 될 수 있는 두 개의 작은 구멍을 뚫는다.
- 5 분 동안, 센서 볼륨으로 건조 공기 또는 불활성 기체를 센서 용적에 채운다.
- air를 중단하고 테이프를 제거한다.



즉시 센서 플랫폼으로 예비 건조 모듈을 배치한다.

정상적인 사용 후, 건조제는 재사용을 위해 다시 생성 할 수 있다.

작동은 간단하고 표준 장비만을 포함한다.

사용하고 소진된 건조제는 증기를 제거하기 위해 통풍시켜야 하고, 간편한 보관함이 있다면, 재생작업이 알맞게 되기 위해 충분한 양이 누적될 때까지 보관한다.

센서 플랫폼에서 제거한 데시케이터 모듈과 함께 직선 가장자리의 끝단 캡을 제거한다.

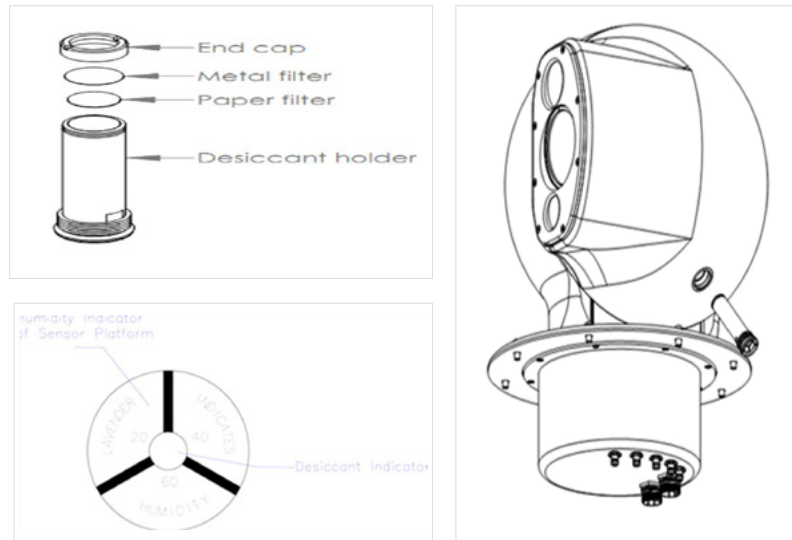
금속과 종이 필터를 제거하고, 모듈에서 건조 입자를 제거한다.



재생을 위해, 건조제 입자가 한 입자의 깊은 층 내에서 확산되고, 210°C or 425°F에서 1시간 동안 오븐으로 가열해야 한다.

재생 재료는 유리 또는 금속 용기에 넣고 뜨거운 동안 밀봉해야 한다.

표시되는 건조제의 색상은 입자 내부와 인디케이터의 승화 내로 인디케이터의 이동때문에 연속 재생성이 될 구별될 수 있다.



건조제가 재생되는 온도는 원래의 상태로 복원하기에 매우 중요하다.

흡수된 수분은 수화수이고, 황산칼슘에 화학적으로 결합된다.

400° ~ 450°F 범위의 온도는 이 결합을 해제하고 흡수된 증기를 배출하는데 필요하다.

가열 시간에 관계없이 낮은 온도는 진공 상태 (26"Hg, 325°F이나 28"Hg, 275°F)에 있지 않더라도 건조제를 재생하지 않는다.

건조제가 과열되지 않도록 주의한다.

높은 온도는 결정 구조를 바꾸고 건조제를 영구적 비활성 상태로 바꿀 수 있다.

## 카메라 내부 질소 충전방법

카메라 내부 질소 충전법은 다음과 같다.

### 준비물

1. 질소통
2. 질소 입출력 게이지 ( 1차 압력 300bar/2차 토출 압력 10~30Psi)
3. 질소개스 입력 닛볼 및 호스 (자전거 공기 주입기)
4. 버블 테스트용 거품제





(질소통 사진)



(카메라 후면부)

카메라 취외/질소 충전전에 카메라 기능등이 정상적으로 동작 되는지 먼저 확인을 실시한다.

상기와 같이 장비가 준비되면 사진에서 보는 노란콕을 오픈하여 질소 토출 압력을 0.4Psi로 맞춘후 질소를 주입한다.

이때 주입전 내부에 질소는 VENT를 완전히 시킨다.

질소 VENT 과정을 완료후 약 5-10분 정도를 질소 입력을 한다.(약 0.4Psi) 그리고 내부에 공기중 습기가 잔존하다고 판단되는 경우 약 10회에 걸쳐서 15분 주기로 질소 압력을 넣었다 뺐다 반복을 과정을 거쳐 완전히 습기 및 수분이 없는 것이 확인되면 다음으로 넘어간다.

질소 주입후 외부에 버블 테스트를 실시 한다.

질소를 주입후 외부로 버블이 발생하는지 버블 테스트용 거품제를 사용하여 외부에 분사 하면서 확인을 실시 한다.

이때 거품이 확인되면 외부에 관련된 볼트를 조이거나 쥘치리를 재 확인하고 복구를 실시한다.

카메라 조립을 실시하고 최종 카메라 와 시스템 점검을 실시한다.



**장비제원**

장비명 자이로컴퍼스

제작사 영국 TSS

모델 ORION

시리얼 20W



## 자이로 컴퍼스 재부팅 현상 수리

울산서  
1009함

### 고장개요

#### 가. 자이로 컴퍼스 재부팅 현상 발생

- 간헐적으로 자이로 컴퍼스가 재부팅 되면서 고장의 전조 현상 발생

#### 나. 자이로 컴퍼스 오차 발생

- '19. 9. 2 15:10경 자이로 컴퍼스상의 방위와 마그네틱 컴퍼스간 오차가 50도 이상 발생하고 GPS위치와 자이로 위치가 맞지 않는 현상 발생으로 코스넷 및 레이다 등 각종 장비 작동 불가

※ 업체 확인 결과 자이로 컴퍼스 'Y'축 센서 고장 확인

- '19. 7. 23 11:10경 상기와 유사한 현상 발생으로 코스넷 및 레이다 등 각종 장비 작동 불가

※ 업체 확인 결과 자이로 컴퍼스 'X', 'Z'축 센서 고장 확인

### 고장원인

#### 가. 자이로 컴퍼스내 센서 수명 도래로 고장

- 자이로 컴퍼스에는 센서가 총 3개(X축, Y축, Z축)로 구성되어 있는데 센서의 수명은 평균 5년으로 하나라도 고장시 작동 불가

#### 나. UPS 수명 도래로 함내 블랙아웃이나 육전 함전 교대시 센서 충격 발생으로 인한 수명 단축



## 자체점검 및 조치사항

- 가. 재부팅 등 자체 응급 조치
  - 초기 일시적으로 자이로 컴퍼스 작동이 복귀 되나 일정시간 경과후 오차 재 발생
- 나. 업체 방문 후 장비 상태 점검 및 업체측 '예비 자이로' 부착 임시 사용
- 다. DGPS 이용 본함 위치 및 침로·속력 확인
  - DGPS는 자이로 컴퍼스와 상관없는 장비로 위치 및 침로·속력 신뢰 가능

## 재발방지대책

- 가. UPS 상태 점검 및 작동상태 점검하여 고장으로 인한 재 부팅 혹은 육전↔ 함전 전원교대시 센서 충격 최소화
- 나. 업체의 정기적인 점검으로 센서 작동상태 및 수명 확인

## 기대효과

- 가. 갑작스런 전원 미공급에 의한 센서 충격 최소화로 센서 수명 단축 예방
- 나. 출동중 자이로 고장 발생으로 임무 수행에 지장이 발생하는 위험요인 사전 예방

## 일반 이론

- 가. 사통용 자이로컴퍼스인 상기 장비는 국내 업체에서 자체 수리가 불가하고 외국 본사(영국)로 장비를 송부해서 수리를 진행하기 때문에 수리에 수 개월이 소요되고 비용도 수 천만원이 소요됨
- 나. 자이로컴퍼스의 센서는 총 3개로 센서가 한번에 고장나는 것이 아니고 순차적으로 고장나기 때문에 센서 하나가 고장날 때 마다 외국 본사로 송부해 수리를 진행한다면 그 부대비용 또한 적지 않고
- 다. 출동 임무중 자이로 컴퍼스 고장시 레이더 등 주요 연동 장비를 사용할 수 없어 임무수행에 지장 발생
- 라. 자이로 센서의 수명이 평균 5년임을 감안하고 센서 하나 고장시 나머지 센서의 수명도 거의 임박했음을 고려해서 한번 고장 발생시 전체 센서의 상태를 점검해 오버홀이 요구됨



**장비제원**

장비명 진공변기 펌프

제작사 Jet KOREA

형식 스크류펌프

모델 JETS-25MBA

시리얼 26m3/시간



## 진공변기 시스템 수리

서특단

1002함

### 고장개요

가. 백령도 서방 경비임무 수행 중 440V 배전반절연저항 저하 경보가 발생되어 확인한 결과 제4전력분전반에서 누전을 확인하였음.

나. 제4전력분전반 기기별 차단기를 OFF하여 추적 결과 No.2 진공변기 펌프에서 누전됨을 확인, 전기공급 차단 및 No.1 진공변기 펌프로 전환 조치

### 고장원인 :

메카니컬 실\* 손상

가. 진공펌프 장기사용으로 펌프측 메카니컬 실 O-Ring의 경화가 진행되었고, 메카니컬 실 로터와 스테이터 카본 링의 침식으로 인해 오수 누설현상이 발생하였음.

나. 모터측 오일 실 장기사용으로 경화와 열변형이 진행되어 펌프 측에서 누설된 오수가 모터내부 권선으로 유입되어 절연저항 저하 현상을 유발하였음.

\* 메카니컬 실 : 펌프 축과 동체 사이에 기계적으로 수밀을 형성하는 장치

회전자(ROTOR)와 고정자(STATOR)가 접촉, 수밀 면을 형성하며 자체적으로 형성되는 얇은 유막에 의해 윤활이 이루어지고, 회전/고정자의 접촉에 따른 마모는 스프링의 장력으로 보상



메카니컬 실 구조



## 자체점검 및 조치사항

### 가. 메카니컬 실 및 오일실 교체

- 1) 펌프 및 모터 분해 결과 메카니컬 실 및 오일 실 상태가 불량함을 확인, 수리부속 신청하여 확보
- 2) 진공유지의 핵심부품인 플랩밸브 베이스와 플랩을 세척 소제하고 기타 펌프 구성품 소제 실시



진공펌프 누설부위



오손된 메카니컬 실



펌프 각 부 소제

### 나. 모터 세척 및 건조를 통한 절연저항 보정

- 1) 모터 분해 결과 다량의 분뇨가 유입되었음을 확인
- 2) 모터에 유입된 분뇨 및 염분을 제거하기 위해 모터 고정자를 끓인 물통에 담아 1시간 이상 세척 후 압축공기 이용 1차 건조 실시
- 3) 500W 할로젠램프 이용 2차 건조 실시, 건조 중 절연저항 수치 확인
- 3) 결과 24시간 정도 경과 후 '∞'로 회복

## 재발방지대책

가. 진공변기 시스템은 승조원의 위생, 건강관리 등 쾌적한 생활여건과 직결되는 중요한 장비인 만큼, 철저한 관리를 통한 최상의 장비상태 유지 필요  
나. 운전 시간을 고려, 주기적으로 No.1, No.2 펌프를 교대 운전하여, 한 펌프만 장시간 운전되지 않도록 관리

다. 기관 당직자는 순찰 시 펌프 및 계통의 누수 여부, 진공 형성 속도 등 장비상태를 수시로 점검하고 특히 운전 시 펌프의 이상 진동 또는 발열 여부 확인

라. 진공 형성 상태가 불량한 경우 여러 종류의 원인\*이 있기 때문에, 모든 가능성을 염두에 두고 전반적인 점검 및 수리를 실시

\* 선외체크밸브 고장, 계통 내 다량의 스케일 점착, 메카니컬 실 손상,

\* 펌프 조립부 O-Ring 파손, 플랩밸브 베이스 및 플랩 경화, 멤브레인 파손 등

마. 상황이 악화되지 않도록 장비 이상이 발견되는 즉시 점검 및 수리에 임해야 함.



## 기대효과

- 가. 펌프 분해정비(메카니컬 실, 오일 실, 베어링 교체, 절연저항 보정 작업 및 각 부 스케일 제거 작업) 후, 진공 펌프 성능이 완전히 복구되었음
- 나. 이와 같이 신속한 조치와 간단한 정비작업 및 추후에도 철저한 관리가 지속된다면, 저비용으로 최상의 장비상태를 유지할 수 있으며, 승조원의 쾌적한 생활환경 조성에도 기여할 수 있음

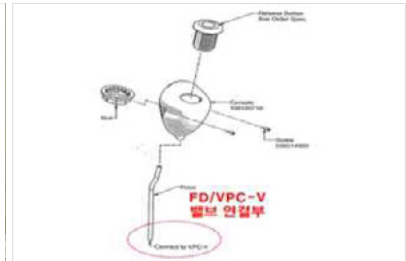
## 일반 이론 :

### 진공변기 시스템의 작동 원리

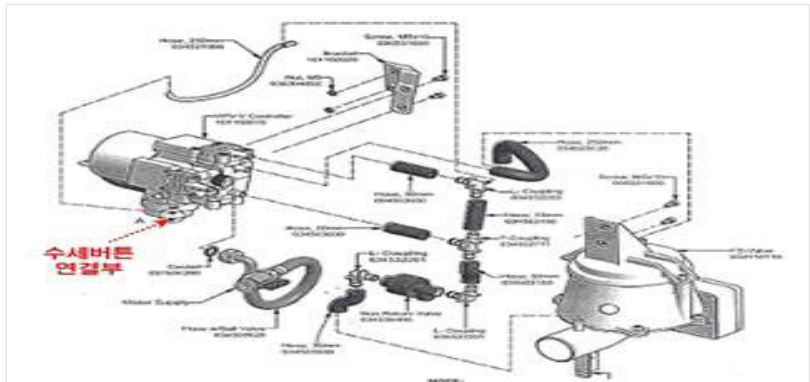
- 가. 오수배관 내 기압이 설정치 이상으로 상승하면, 압력스위치에 의해 진공펌프가 작동되고 설정치 까지 진공이 형성되면 진공펌프는 정지한다.
- 나. 진공이 형성된 상태에서 각 화장실의 수세 스위치를 눌렀을 때 닫혀있던 FD/VPC-V 밸브가 열리면서, 분뇨가 포함 된 오수와 함께 변기에 채워져 있는 청수(약 1L)와 공기(약 60L)가 오수배관 내로 흡입된다.



변기에 설치된 FD/VPC-V 밸브



VPC-V에 연결된 수세 스위치 도면



변기에 설치된 FD/VPC-V 밸브

- 다. 이후 밸브는 다시 닫히면서 청수 약 1L가 분사되어 변기에 고이고 원래 상태로 복귀 된다.
- 라. 펌프가 기동하면 오수에 포함된 분뇨는 펌프 ROTOR에 의해 마쇄되어 오수처리 장치로 이동한다.(필요 시 선외 배출 가능)



#### 장비제원

장비명 예인기

제작사 HYD. TOWING WINCH

형식 아림기공

모델 ARTW-1012

시리얼 10TON X1 2m/MIN, 30t HOLD



## 함미 예인기 유압계통 소제수리

울산서

1009함

### 고장개요 및 고장원인

1009함에 설치 · 운영되고 있는 유압식 갑판장비, 예인기 유압장치는 예인기 및 계선기를 동시에 사용하도록 되어 있으며 장기 사용 시에는 예인기 유압장치를 냉각시켜주는 해수 쿨러가 파공되어 유압유탱크에 해수가 유입되므로 함정 계류 및 타 함정 예인 임무 수행 시 계선기 및 예인기 사용이 불가하게 됨.

### 자체점검 및 조치사항

- 가. 1009함 예인기 및 계선기 사용 시 예인기 유압장치 · 유압유 탱크에 유압유가 증가하여 유압유탱크 오버플로우 현상 발생
- 나. 유압유 탱크 확인결과 해수 쿨러로부터 해수가 유입되어 예인기 및 계선기 계속 사용 시 파손 우려가 있는 것을 자체적으로 발견 후 폐유압유 소제작업 등 자체 응급조치 실시
- 다. 업체 방문 후 신품 유압유 주입 및 필터 교체



## 재발방지대책

- 가. 유압펌프는 구동 후 약 10분간 공회전시켜야 하며, 이때 압력계 및 각부의 소음들을 조사 (추운 기온하에서는 약 30분 정도 공회전 필요)
- 나. 작동유 부족, 작동유 고온상태 등의 현상 발생시 원격조정 판넬 및 상태 표시판의 표시등에 정보가 표시되고 경보음 발생 및 작동중지 되므로 조치 후 작동
- 다. 유압펌프는 정격하중을 달아 올릴 때 압력이 적절한지 확인
- 라. 유압펌프용 체인 커플링 검사 시 육각 소켓나사를 조심스럽게 풀고 오일 씰이 손상되지 않도록 두쪽으로 분해하고 내부에 그리스를 주입 후 원상태로 체결
- 마. 기름에 공기가 포함되어있는지를 조사하고 공기 뽑기를 실시(단, 과도한 공기가 포함되어있을 때에는 사용중인 기름을 새 것으로 교체)
- 바. 탱크에 설치된 레벨 게이지와 레벨 스위치에 의한 유압유 측정

## 기대효과

- 가. 지속적인 사전 점검을 통한 예인기의 원활한 작동상태 유지
- 나. 미연의 고장 방지로 인한 수리 비용의 감소 및 예산 절감

## 일반 이론

- 가. 함미 예인기 고장 시 대형선박 예인 등 임무수행 곤란
- 나. 주 운전담당자와 보조 운전담당자를 선정하여 설명서 및 장비에 대한 여러 가지 조작방법 등 숙지 필요
- 다. 유압모터의 작동유는 ISO VG46~63 상당의 청정유 사용







# 05

## 함정 장비 고장 사례 집

### 500톤급 함정 장비 고장 사례



여수서	517	주기관 국부제어반(LOP) 패널 교체 수리	136
목포서	513	NO.3 주기관 실린더 복구 수리	139
서특단	513	발전기 Starting Motor 코일 손상	142
서귀포서	506	발전기 SHUT-DOWN 현상 발생 수리	144
울산서	507	발전기관 연료펌프 교체 수리	147
서귀포서	506	No.1 워터제트 축계 기어 커플링 손상	150
서특단	501	고속단정 폭발사고로 인한 선체 파손 복구 수리	156
여수서	517	형요감쇄장치(ART) 압력스위치 교체 수리	161



## 장비재원

장비명 주기관

제작사 MTU

형식 4행정

모델 MTU 12V 1163TB93

출력 5,955HP



# 주기관 국부제어반(LOP) 판넬 교체수리

여수서

517함

## 고장개요

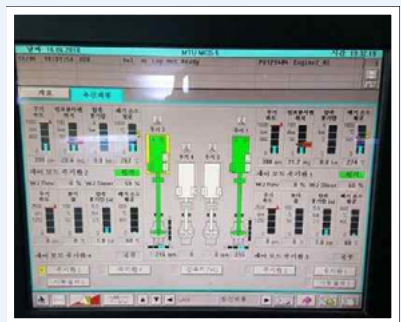
가. 해상경비 임무 수행 중 NO.2 주기관 “LOP NOT READY” 알람 발생하여 확인결과, LOP모니터 전원이 들어오지 않는 것을 확인

나. 같은 날 20:20경 LOP전원 차단, MAIN ECS등 각부 점검결과 이상 없음을 확인 후 전원케이블 재연결 결과 LOP 정상작동 되었으나 약 20분 경과 후 재차 동일 알람 발생

LOP 전원 들어오지 않는 상태



“LOP NOT READY” 알람발생





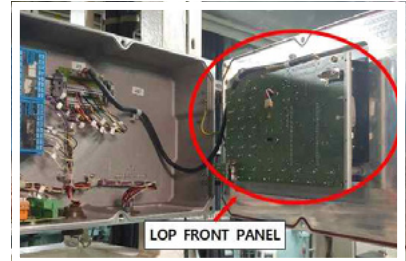
## 고장원인

기관실 고온과 선체의 진동이 LOP 패널 내부 기관에 영향을 주어 기관 손상이 발생하게 됨

알람 페이지



LOP 내부



## 자체점검 및 조치사항

가. LOP 모니터 전원상태 및 전원케이블 확인

나. DC24V 주 추진전력 분전반 내 주기관 국부제어반 전원차단 후 LOP 개방 내부 전선 연결상태 및 통신카드(PIM) 작동상태 등 점검

다. 주기관 원격 시동(조타실, 제어실) 및 엔진 BLOW 시 L.O프라이밍 펌프, 시동공기 3-WAY밸브 수동 작동

## 재발방지대책

가. 선체 진동에 의한 손상방지를 위해 LOP 패널 내부 주기적인 조임 및 접점 단자 소제

나. 회로 내 습기, 먼지, 유증기 등 침입 방지

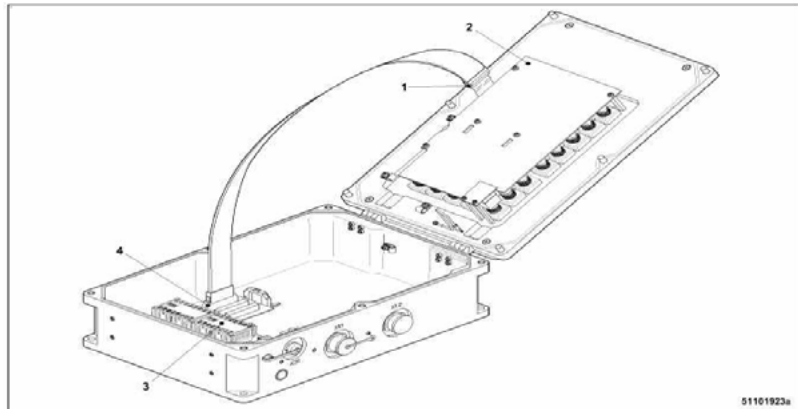
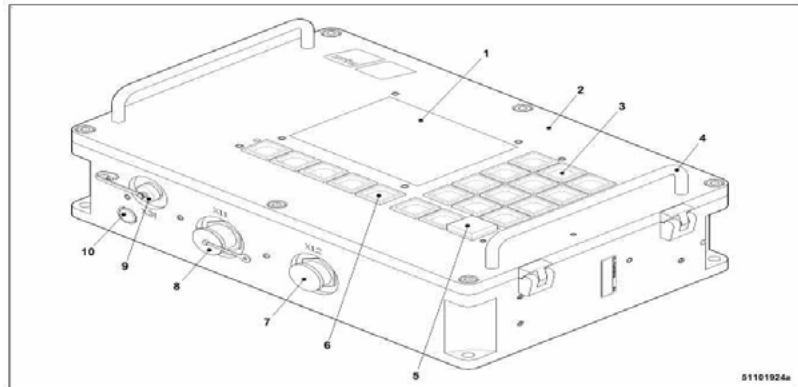
다. LOP 기능 및 전기회로 숙지

## 기대효과

LOP 패널은 고가의 부품으로 교체 시 예산 낭비가 심하므로 초기 이상 시 각종 점검을 통해서 원인을 파악, 고장을 방지하여 예산 절감



가. LOP(Local Operating Panel)



나. LOP 기능

- 운전중 각 데이터값 표시(엔진RPM, 온도, 압력, 컨트롤 랙(RACK))
- 터보차저, 실린더 컷 아웃, 섯다운 에어플랩 작동상태 표시
- 모든 알람내역 표시
- 기능제어 항목
  - Engine start / engine stop / emergency stop
  - Ready for operation
  - Local / Remote control mode switching
  - Regulate the engine speed up & down
  - Clutch control
  - Manual switching between Main ECS / Backup ECS
  - Governor test, Turning test, Over speed test



**장비재원**

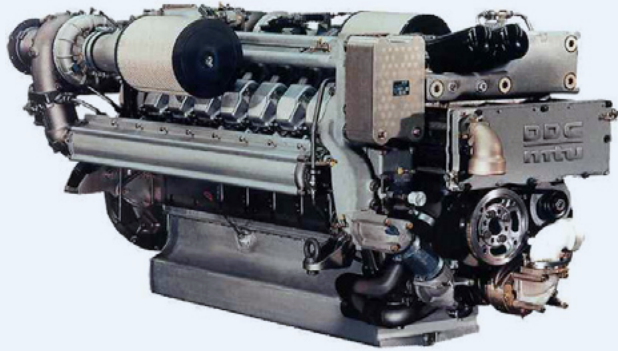
장비명 주기관

제작사 MTU

형식 4행정

모델 MTU 12V 1163TB93

출력 5,955HP



## NO.3 주기관 실린더 복구 수리

목포서

513함

### 수리(창 정비 전환 등) 개요

- 상가 수리 기간 : '18. 08. 16 ~ 09. 09(25일간), 해경정비창
- 창 정비 기간 : [1차] 09. 10 ~ 10. 18, [2차] 12. 6 ~ 12. 12
- 주요 수리 : No.3 주기관 복구수리, No.1 추진기 허브샵 누유수리
  - 고속운전 중 주요 장비(크랭크 축 포함) 심각한 손상 및 윤활유 유출로 엔진정지
  - 태풍 피항 및 항해 시운전시 NO.1 추진기(허브샵) 윤활유 다량 누유
- 수리 진행 경과
  - 〈No.3 주기관〉
    - No.3 주기관 MTU엔진 전문업체(MEST) 분해 검사 수리 의뢰(8. 26)
    - 계획 정비 범위 초과에 따른 창정비 전환 확정(9.10)
    - No.3 주기관 분해검사 수리결과 복구 수리 장기간 소요(9.22)
    - 분해 결과에 따른 주요 장비(크랭크, 피스톤 등) 복구 계획 수립(10. 4)
    - 목포 513함 No.3 주기관 미 탑재 퇴창(10. 18)
    - ※ 관급자재 조달 등 복구수리 장기간 소요로 임시 퇴창
    - 목포 513함 No.3 주기관 수리차 2차 창정비(12. 6)
    - No.3 주기관 최종 탑재 완료 퇴창(12. 12)



#### 〈No.1 추진기〉

- 태풍 피항시 윤활유 누유로 응급 상가(10.14)
- No.1 추진기 총 분해 및 허브썰 등 신품 교체(10.16~17)
- 추진기 압력 테스트 등 해상 시운전 실시(10.18)

## 원인 분석 및 정비 결과

### No.3 주기관(고속 운전용, 일명 Booster 엔진)

#### • 원인 규명(추정)

- (513함) 주기관 윤활유 원심필터 드레인 볼트 이탈로 인한 윤활유 유출
- (MEST) 주기관내 윤활유 부족으로 인한 주요장비 손상  
※ 재사용 불가 : 크랭크 샤프트(표면균열), 커넥팅로드(열변형), 피스톤(굽힘)

#### • 창 정비 결과

- 외주수리업체 : (주)MEST(MTU엔진 수리전문업체, 구.맥산)
- 주기관 분해 검사 결과, 크랭크 샤프트·피스톤·실린더라이너 등 주요 부품 심각한 손상으로 재사용 불가
- 크랭크 샤프트(정비창 보유 예비품) Stage 가공 후 재사용 결정
- (주)MEST, No.3 복구완료 후 함정 탑재 등 퇴창

### No.1 워터제트(추진기), MJP950D

#### • 원인 규명(추정)

- 추진기 내부 각종 이물질 등 부유물 유입에 의한 허브썰 충격  
※ 허브 썰 표면 낚싯 줄 감김 흔적 검출 등 크랙 발견
- 워터제트 임펠러 깃(날개) 회전시 외부 물질에 의한 휘어짐 현상

#### • 창 정비 결과

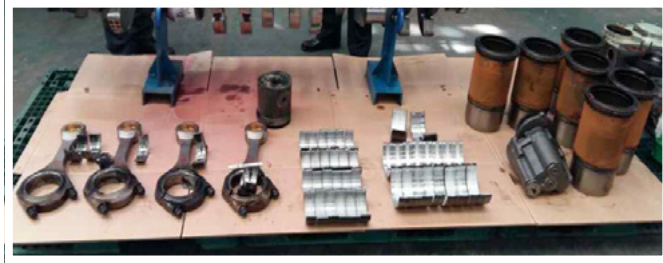
- 재상가 후 No.1 추진기 총 분해 검사 및 허브썰 압력 테스트 실시  
↳ 허브썰 고정자 썰(SIC) 크랙에 의한 누유로 허브썰 신품교체
- 정밀 분해 검사결과 허브 펌프 유닛의 플러그(IEA) 노후 부식  
↳ MJP W/J 자체 정비 중 플러그 부식현상 최초 규명 후 신품 교체
- No.1 추진기(유닛) 취부 후 해상시운전 및 부하 압력 테스트 양호



## 관련사진

### No. 3 주기관

크랭크 샤프트 등 주요부품 분해검사



베어링 윤활유 고착 손상



### No. 1 추진기

워터제트(MJP) 총 분해(허브실)



허브실 압력 테스트(유압유 누유)





## 장비재원

장비명 500톤급 발전기

제작사 Cummins

형식 4행정 6기통 터보차저

모델 QSM11DMGA

출력 200KW / AC450V / 60 Hz



# 발전기 Starting Motor 코일 손상

서특단

513함

## 고장개요

500톤급 발전기는 배터리에 의한 Starting Motor를 가동시켜 Flywheel을 돌려서 발전기를 시동하는 방식임. 이때 발전기가 1800rpm에 도달하게 되면 자동으로 Starting Motor의 Gear는 Flywheel과 분리가 됨. 하지만 이때 분리가 되지 않으면 Starting Motor도 Flywheel이 돌아가는 속도와 같은 1800rpm으로 돌아가게 되어 Starting Motor 손상의 원인이 됨.

## 고장원인

발전기 시동 후 Starting Motor Gear가 발전기의 FlyWheel과 분리되지 않아 발전기 RPM과 동일한 속도로 Starting Motor계속 회전하여 Starting Motor Coil 측 손상발생.

LOP 전원 들어오지 않는 상태



“LOP NOT READY” 알람발생





※ 발전기 시동과 Magnet Pick up센서의 Mechanism

배터리 전원 공급 및 ST-BY

발전기 Starting Motor Gear가 Flywheel과 결합 및 시동

Magnet Pick up 센서 1800 RPM도달 신호전송

발전기 Starting Motor Gear가 Flywheel과 분리

## 자체점검 및 조치사항

가. Starting Motor 전기 신호 측정

- 발전기 배터리 전압 측정 양호(24V)
- 발전기 Starting Motor용 마그네트 스위치 전압 양호
- 발전기 시동준비 릴레이 스위치 양호
- 발전기 Starting Motor Gear 컨트롤 Relay 스위치 및 PC보드 상태 점검 양호

나. Starting Motor 자체점검

- Starting Motor 직접 분해 결과 Coil측 손상발견
- Magnet Pick up 센서 확인결과 손상확인

손상된 센서



정상센서



손상센서(우) 및 정상센서(좌) 비교



※ Magnet Pick up센서란?

발전기 원동기 축의 RPM을 Flywheel과의 적당한 간격을 유지시켜 측정하는 센서.

다. 원인규명 후 Starting Motor 및 Pick up센서 신품교환.

## 재발방지대책

Magnet Pick up 센서는 Flywheel과의 간격이 매우 중요하다. 센서가 제대로 고정이 되지 않으면 발전기의 진동등에 의해서 센서가 점점 Flywheel 쪽으로 밀려들어가게 되어 센서가 걸리는 손상을 입게 됨. 평소 센서에 페인트 마카 등으로 표시를 해 두고 센서가 돌아가는지 주기적으로 점검이 요구됨.

## 기대효과

평소 Magnet Pick up센서에 대해 인식하지 못하는 기관부 직원들이 많았기 때문에 이와 같은 고장사례를 통하여 Magnet Pick up센서 고장에 따른 2차 사고 방지를 예방하여 경비함정 운용에 크게 이바지 할 수 있을거라 기대함.



#### 장비재원

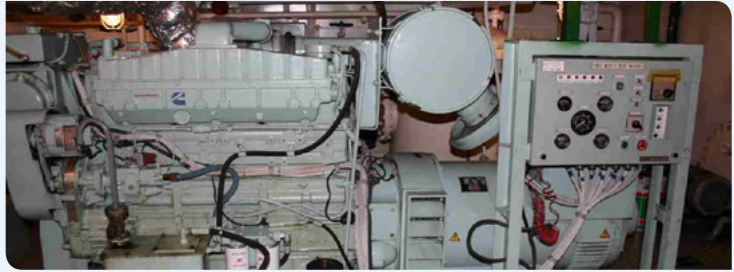
장비명 발전기

제작사 커민스

형식 4행정,직접분사

모델 QSM II DMGA

출력 355HP×200KW



## 발전기 SHUT-DOWN 현상 발생 수리

서귀포서  
506함

### 고장개요

- 함 정 : 서귀포 506함 (창정비 : '19. 04. 01 ~ 04. 18)
  - \* 최근수리 : 단계별정비('19. 07. 09 ~ 08. 17) / 발전기 충분해수리(자체)
- 고장장비
  - 발전기 : CUMMINS QSM11 DMGA (건조시 장착 : '18. 04)
- 고장내용
  - NO.1 발전기 : 원인 미상의 Shut-Down 현상 및 윤활유 과다소모 발생
    - \* Shut-Down : 발전기 콘트롤 정밀점검 필요
    - \*\* 윤활유 과다소모 : 기계계통 점검 필요(발전원동기팀)
  - NO.2 발전기 : 미세한 발전기 헌팅 발생

### 수리진행 내역

- (03.25) 서귀포 506함 발전기 Shut-Down 현상 관련 MCS팀-함정간 수리 조언에 따라 초동조치 하였으나 증상 지속
- (03.29) MCS팀 송종석 서귀포 506함 이동정비 지원, L.O. 누유에 따른 콘트롤 계통 오류로 판단, 시스템 커넥터 세척 건조 작업 수행
- (03.30) 서귀포 506함 정비창 입창. MCS 팀원 2일간 ECM 및 센서 커넥터



L.O. 소제후 부하시운전 결과 섰다운 현상은 개선되었으나 ECM 통신 오류 확인

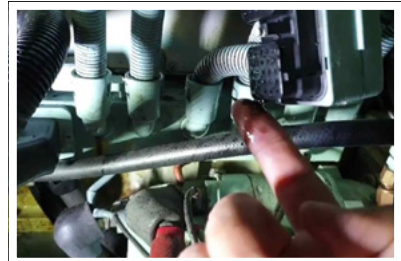
- (04.01) (주)선진종합 남효궁 과장 및 MCS팀원 NO.1 발전기 콘트롤 계통 진단 S/W이용 정밀점검, L.O. 침투로 인한 ECM 통신 포트 손상 확인
- (04.04) 선진종합 남효궁 과장 ECM 신품 교환 및 캘리브레이션 작업 수행
- (04.18) NO.1 발전기(실린더 등 기계적 분해수리 종료) 선진종합·MCS팀 합동으로 최종 엔진 시운전 결과 특이점 없음.  
NO.2 발전기 헤팅 관련 선진종합 소견에 따라 인젝터 6개 교체(발·원팀), 주파수(드롭) 미세조정(MCS팀)하여, 기준치 이하로 헤팅 현상 감소하여 발전기 수리 종료

## 고장 원인분석

### NO.1 발전기 Shut-Down 원인

- ECM 및 대기압 센서 커넥터 등에 L.O. 다량 침투로 판단됨  
\* OEM 전원, 각종 센서(대기압)는 L.O. 소제·건조 반복 작업으로 기능 회복, ECM 통신포트는 회복불가로 신품교체

NO.1 발전기 L.O. 누유 사진



### NO.2 발전기 헤팅 원인

- 전년 총분해 수리이후 NO.2 발전기 헤팅이 심화된 것으로 보임
- 외주업체 점검 결과 여러 요인 중 인젝터 또는 F.O. 펌프 의심 진단  
\* 인젝터 6개 교체(발·원팀)후 RPM 미세 조정차 L.O.P. 주파수(드롭) 수정(MCS팀)



## 결론 및 향후 대응 방안

- 서귀포 506함의 NO.1 발전기 Shut-Down 원인은 L.O.가 콘트롤 계통 장비에 침투되어 발생한 것으로 판단됨
  - 신형 500톤급 발전기 총분해 수리는 외주에서 자체로 전환된 시기가 짧고 아직 노하우가 완벽히 축적되지 않아, 수리요원들의 주의 깊은 관리가 필요함
  - 중·장기적으로 ECM(Engine Control Module)의 파라미터를 수정할수 있는 S/W Tool(Insite Pro)의 확보가 필요하며, 그에 따른 교육과 지속적인 기술 습득이 요구됨
- \* 현재 MCS팀은 500톤급 발전기의 외주수리를 통해 다량의 기술을 습득중으로 향후 지속적인 기술이전 추진



**장비재원**

장비명 발전기

제작사 커민스

형식 4행정, 직접분사

모델 QSM II DMGA

출력 355HP×200KW



## 발전기관 연료펌프 교체 수리

울진서  
507함

### 고장개요

- 가. 경비임무 중 NO.1 발전기 긴급정지 발생 후 발전기반 DU 및 MCAM 화면상 트립 알람을 제외하곤 기타 알람 표출이 없고 터닝은 가능하나 재시동 불가
- 나. 평소 기계적 결함은 발견되지 않아 시스템상 문제로 추정하여 텔로메틱 시스템(DC스위치) 및 발전기 LOP 회로 리셋을 시도했지만 재시동 불가로 기계적 원인 추정

### 고장원인

장기간 사용으로 펌프기어, 커플링 허브 마모

### 자체점검 및 조치사항

- 가. 긴급정지 발생 후 트립발생 시 기본 확인사항
  - 발전기 윤활유 및 라인점검 → 윤활유량, 필터막힘 등 이상 무
  - 멀티테스터기 이용 발전기 배터리 상태 확인 → 이상 무
  - 텔로메틱 시스템 DC스위치, 발전기 LOP회로 리셋 → 재시동 불가
- 나. STX 담당자 및 정비창 발전기 원동기팀에게 문의
  - 전기전자계통 각 센서 전압, 저항 확인 권유 → 각 수치 이상무



- 연료펌프 기어 마모 가능성 문의 → 동일 모델은 아직 연료펌프 기어마모로 인한 고장사례 무

다. 연료펌프 출구측 라인 취외 확인

- 확인결과 연료토출이 되지 않았으며, 연료펌프 취외 확인한바 **드라이브 샤프트(P/N 3095356) 커플링 허브(P/N 3095355) 측 세레이션 마모로 인한 고장**

#### STX 및 정비창 발전기 원동기팀 발전기 시동제한 조건 문의 및 조치사항

- ① POSITION SENSOR 저항치 확인
- ② 플라이휠 PICK-UP SENSOR 전압 확인(350옴, 시동시 AC 1.5V) 이상무
- ③ 연료펌프 SOL-V/V 전압확인(시동후 2~3초후 DC 16V) 이상무
- ④ 연료펌프 출구측 라인 취외 확인(시동시에도 연료배출 없음)
- ⑤ 연료펌프 취외 및 분해 결과 연료펌프 내부 손상개소 확인

## 관련사진

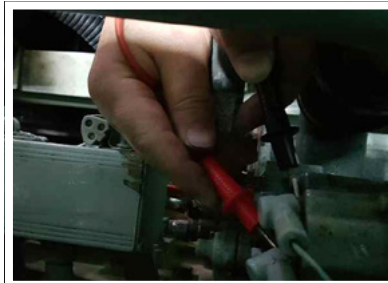
POSITION 센서 저항치 확인



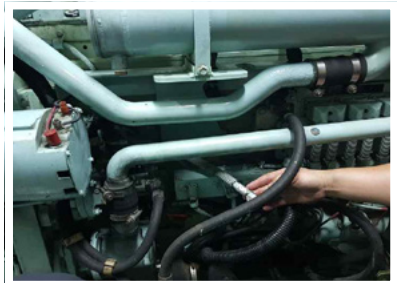
플라이휠 PICK-UP 센서 전압 확인



연료펌프 SOL V/V 전압 확인



연료펌프 출구측 라인 취외 확인





연료펌프 취외 손상개소 확인



커플링 허브 및 드라이브 샤프트 마모

**POSITION SENSOR 란?**

엔진의 크랭크축 회전 각도 또는 회전위치를 검출하는 센서이다.

**플라이휠 PICK-UP SENSOR 란?**

플라이휠 회전수를 검출하는 센서로 발전기 LOP 판넬회로 부분 E04, 05 전압이 측정되어야 함



## 장비재원

장비명 워터제트

제작사 MJP(스웨덴)

형식 DRIVE 방식

모델 950DD



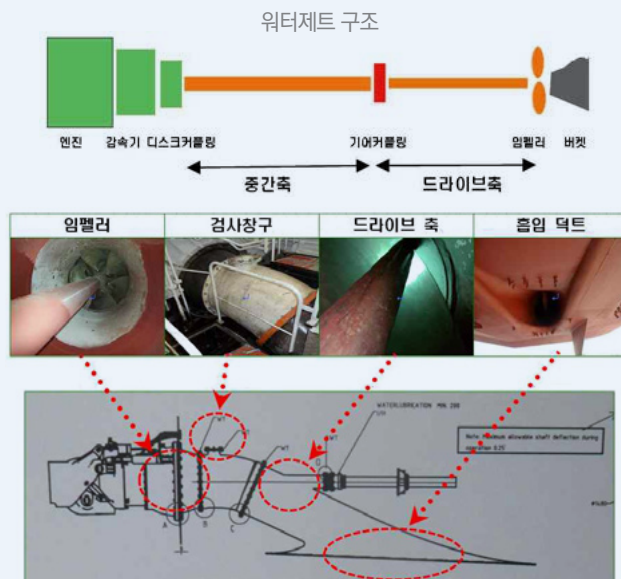
# No.1 워터제트 축계 기어커플링 손상

서귀포서  
506함

## 고장개요

가. 경비 활동 중 No.1 워터제트 축계에서 이상소음과 발열 동반, 연기 발생하여 즉시 엔진 정지

나. 중간축은 정상적으로 회전하고 있으나 드라이브 축은 회전 하지 않고 있으며, 기어커플링 주변 다량의 금속가루 분포가 확인됨





## 고장 원인

가. 기관고장 선박 예인 완료 후 예인색(60mm) 회수 과정에서 축계에 예인 색이 감겨, 자체 제거(122구조대) 및 정비창 상가수리 중 추가 제거하였으나,

나. 축계와 선체 사이 육안 상 확인이 어려운 잔존 로프가 완전히 제거되지 않아 축 회전 운동 부분의 마찰을 증대시키고, 이러한 마찰 현상이 지속되면서 축계 비틀림 응력에 의한 손상으로 추정

## 자체점검 및 조치사항

가. 경찰서 조치 사항

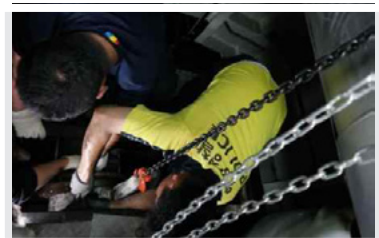
- No.1,2 기어커플링 분해 후 내·외측 기어 마모도 비교
- 기어커플링 중간부위 Flange(12mm) 가공 제작
- 가공 제작된 Flange 보강 후 조립
- 기어커플링(Hub 및 Adapter 부) 용접

나. 조치사진

No.1 기어커플링 분해



No.2 기어커플링 분해



No.1 기어커플링 마모도 점검



No.2 기어커플링 마모도 점검



No.1 기어커플링(내측)

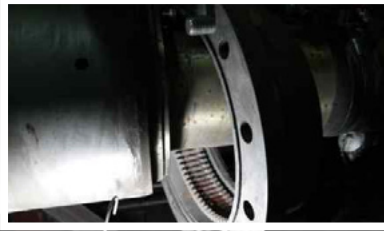


No.2 기어커플링(내측)





No.1 기어커플링(외측)



No.2 기어커플링(외측)



NO.1 기어커플링 조립



No.1 커플링 Flange 보강 후 용접



#### 다. 정비창 조치 사항

- No.1 축계 기어커플링 분해 후 조립
- No.1 축계 Support Bearing 분해 후 조립
- No.1 축계 PSE Shaft Seal 분해 후 조립
- No.1 축계와 선체 사이 잔존로프 제거
- No.1 축계 기어커플링(Hub 및 Adapter 부) 용접 보강
- No.1 축계 굴곡검사(20/100mm)

#### 라. 조치사진

No.1 축계 굴곡 검사



No.1 축계 기어커플링 분해



No.1 축계 Support Bearing 분해



No.1 축계 PSE Shaft Seal 분해





No.1 축계 그릴 탈거



No.1 축계와 선체 사이 잔존 로프



잔존 로프 제거



축계에서 제거된 잔존 로프



No.1 축계 기어커플링 조립



No.1 축계 Support Bearing 조립



No.1 축계 PSE Shaft Seal 조립



No.1 축계 그릴 부착



No.1 축계 기어커플링  
(Hub 및 Adapter 부) 용접 보강



No.1 축계 굴곡검사





## 재발방지대책

가. 매일 기어커플링 그리스 점검

나. 매 운전 3,000시간마다 기어커플링 재윤활 등 정비 요함

다. 매 운전 8,000시간 또는 매 2년마다 분해 후 정밀 점검 요함

라. 제작사 정비주기에 따른 예비 부속을 확보하여 갑작스런 기어커플링 손상이 있을 경우 수리기간 단축

※ 매뉴얼 상 예상 납기기간 : 발주 시 15주

## 기대효과

이전 유사한 원인으로 인한 고장사례도 전무하고 정비창에서도 오랜 시간 원인을 분석하여 발견한 현상인 만큼 향후 유사한 사례 발생 시 비교적 쉽게 원인을 발견할 수 있게 되었으며, 2차 장비사고 발생을 사전에 방지하여 경비합정 운용에 크게 이바지하는 효과를 거양하였다.

## 일반이론

### 가. 기능개요

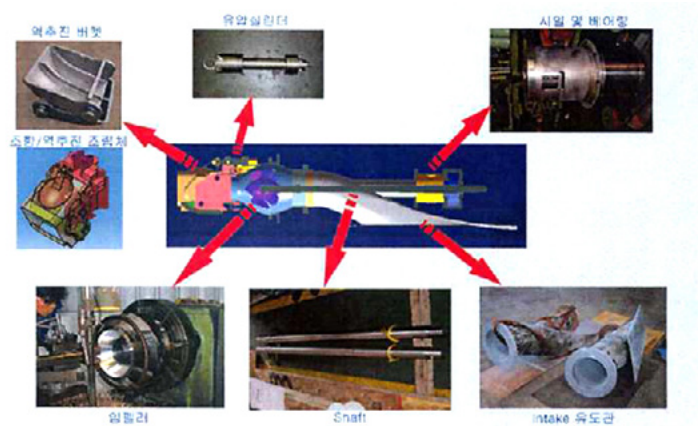
- 워터제트 시스템은 엔진과 연결된 펌프를 가동해 선저 바닥에 있는 흡입 덕트로부터 물을 빨아드린 후 내부에 설치된 유도관을 거쳐 선미에 있는 배수구를 통해 가속된 물을 선박 뒤쪽으로 분사하면서 선박을 앞으로 밀어주어 추력을 발생시켜 선박을 전진하도록 하는 원리이다.
- 기본적으로 물이 흡입되는 INTAKE 및 펌프까지의 덕트 부분, 펌프장치, 물이 분사되어지는 노즐 부분으로 구성되어 있다. 조타 기능은 제트 기류를 편향시키는 조타 노즐에 의해 이루어지고, 후진 추력은 역 추진 버킷에 의해 얻어진다.

### 나. 구조별 기능

- 흡입 덕트 : 적은 손실량을 가지고 물을 펌프로 보내는 역할을 하며 흡입 덕트 상단에는 검사 구멍이 있다
- 펌프 장치 : 워터제트에 사용되는 펌프의 크기는 함정 속도에 따라 결정되며 펌프의 작동으로 덕트 내의 유동에 에너지가 더해지면서 고속으로 가속된 물이 출구 쪽 노즐로 배출된다.
- 조타 및 역 추진 장치 : 조타 노즐을 이용하면 제트 기류를 우현과 좌현으로 방향을 바꿀 수 있다.  
역 추진 버킷을 돌리면 제트 방향은 반대가 되므로 그에 따라 역 추진 버킷이 점차 제트 속으로 들어가면 최대의 역 추진력을 얻게 된다.



워터제트 추진시스템 구성도

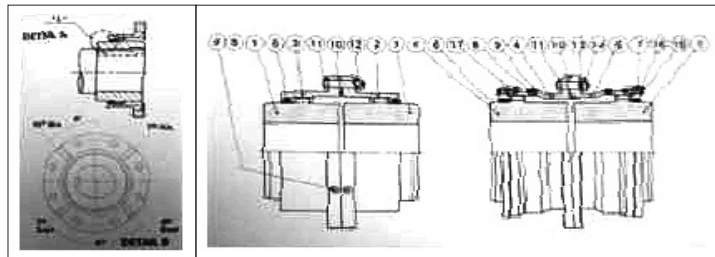


#### 다. 정비사항

- 매 3,000 운전시간마다, 만일 더 긴 시간이 필요하다면, 문의
- 슬리브 위의 플러그 9번 분리
- 커플링을 회전시켜서 플랜지 윤활 홀이 1시30분, 4시30분, 7시30분, 10시30분 위치로 만들 것
- 1시30분과 7시30분 위치의 플러그(9번)를 빼내고, 7시30분 위치 아래로부터 그리스가 유출될 때까지 1시30분 홀에 그리스를 주입할 것
- 그리스를 주입하는 동안 내부 배출을 위해 10시30분 위치의 플러그를 분리

#### 라. 분해와 검사

- 매 운전 8,000시간 또는 매 2년마다
- 슬리브를 움직이기 전에 허브 표면 근처 오링(6번)의 녹 또는 이물질 청소
- 볼트(11번)와 오링(10번) 제거
- 기어와 밀봉 맞춤



- 축 정렬 맞춤



## 장비재원

장비명 고속단정

제작사 한일뉴즈('12.1.26)

규격 톤수1.8ton, 전장6.5m, 전폭2.5m

엔진 머큐리 150HP × 2대(최대 40kts)

정원 10명



# 고속단정 선체파손 복구 수리

서특단  
501함

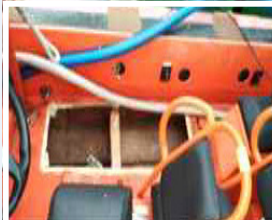
## 고장개요

- 소청도 남서방 22해리 해상에서 해군과 불법 외국어선 합동 단속훈련 차 단정하강 前 사전점검을 위해,
- 단정장이 배터리 스위치, 통신기, 레이더의 전원을 차례로 ON하고 GPS플로터 스위치 ON하는 순간 조종석 좌우 선내 격실에서 폭발 발생
- 이어, 선미 오일박스에서조차 화재가 발생, 주변에 있던 승조원들이 신속하게 소화기로 진화하였음

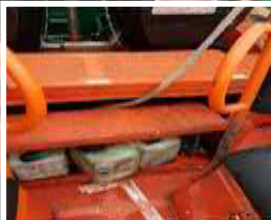
당시 폭발사고로 인한 단정 선체 파손 부위



고속단정 조종석 좌현



고속단정 조종석 우현



고속단정 선미격실 오일박스





## 고장 원인



사고단정 내부구조는 다수의 격벽은 설치되어 있으나, 연료와 전기배선 연결부분 등의 격벽들은 밀폐되지 않은 상태

가. 당시 중부지방청 조사위원 및 국립과학수사연구원에서 폭발의 원인, 유증기 발생요인, 점화원 등에 대해 심도 있게 분석한 결과,

- 同 사고는 연료탱크와 유수분리기(필터)에서 누유된 휘발유가 선미격실(오일박스 하단)에 유증기로 잠재되어 있다가, 측심기 케이블 합선에 의해 화재와 함께 동시 폭발이 발생한 것으로 결론

- 유증기는 연료탱크와 배관을 기밀시험으로 확인한 바, 연료탱크 주입구에 연결된 호스 니플과 유수분리기(필터)에서 상당량의 누유가 발생하였고, 단정 거치 슬립웨이 경사에 의해 선미격실로 침수된 것으로 판단

### 유증기(油蒸氣, Oil Mist)란 ?

- ☞ 입자의 크기가 1~10 $\mu$ m인 기름방울이 안개 형태로 공기 중에 분포되어 있는 상태를 말하며, 높은 열원이나 정전기 등에 의한 불꽃(스파크)에 접촉하여 화재나 폭발을 일으키게 된다.
- ☞ 특히, 외부 온도에 의해 유류 저장용기 내 액체가 팽창되고, 함정·단정 등 물리적으로 움직이는 현상으로 인해 유증기 발생이 많아지며, 폐쇄된 공간에서의 예기치 못한 합선 등에 의해 폭발로 이어지는 경우가 빈번

- 점화원은 선미격실 바닥 중앙부에 설치된 측심기 송수파기(센서)에 연결된 케이블 경화로 내부전선이 노출되어 합선(DC 8.53V)을 일으킨 것으로 추정

### 전선(케이블)의 경화 요인

- ☞ 과전류가 흘러 열이 발생하여 피복이 녹은 경우
- ☞ 전선 피복이 화학물질 등에 변성 또는 부식이 되는 경우
- ☞ 피복이 자외선에 의해 직접 노출되는 경우
- ☞ 전선이 급하게 구부러져 있는 경우 등등

- 또한, 폭발과정을 CCTV 동영상을 면밀히 확인한 결과, 선미격실에서 최초로 발화하여 조종석 좌·우와 선미 오일박스에서 동시·다발적으로 폭발이 발생한 것으로 최종 확인



국립과학수사연구원 및 중부지방청 조사위원 합동 감식 사진



연료탱크 누유 확인



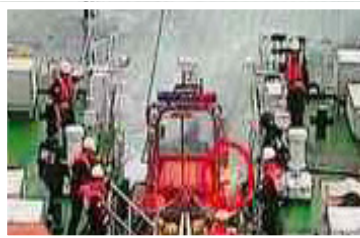
좌현 유수분리기 부식 상태



측심기 케이블 합선 모습



측심기 케이블 경화 현상



선미 최초 불꽃 발생 모습



조종석 좌우 선체 폭발 모습  
(선미 불꽃 발생 0.5~1초 후)

수리 완료 후, 자체점검  
및 조치사항

가. 유류 누유(유증기) 발생요인 점검 철저



연료 주입구 배관



유수분리기 필터

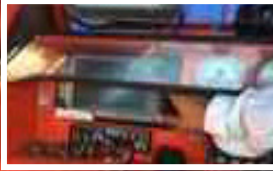
〈유류계통 주요 점검사항〉

- ▷ 연료주입구, 연료탱크 배관 누유 수시점검
- ▷ 유수분리기(필터) 점검 누유개소 조치
- ▷ 에어벤트 및 점검창 수시개방
- ▷ 선미격실 선저폐수 상시 제거 및 세척

- 가스탐지기 점검 및 누유·유증기 발생 확인 시 압축공기 주입 강제통풍 및 재점검(수리) 실시
- 단정 인양 시 드레인콕, 배터리실, 점검창 등 항상 개방 자연통풍 실시



## 나. 전기 스파크(SPARK) 발생요인 점검 철저



GPS 플로터



연결단자



송수파기 위치(선미 발지격실)



축심기 송수파기

## 〈전기계통 주요 점검사항〉

- ▷ 전기장치 스파크 발생요인, 사전 제거
  - 전기배선 상태 및 합선여부 수시 확인
- ▷ 배터리 관리 철저
  - 배터리 스위치 및 단자 조임상태 등 확인
- ▷ 선미 발지격실 등 밀폐공간 점검
  - 축심기 등 전기장치 이상여부 수시 확인

## 재발방지대책

## 가. 현장에서의 자체 점검 강화

## • 점검시기

-(일일점검) 출동시(매일 1회), 입항시(주 1회)/함정 고속단정 전담책임자가 안전 점검표에 의해 자체점검 실시

※ 함정장, 파출소장, 구조대장 등 확인 점검(일지 및 점검표 기록 철저)

-(월간점검) 월 1회(입항 대기시)/함정장 주관 안전점검표 의거 점검 실시

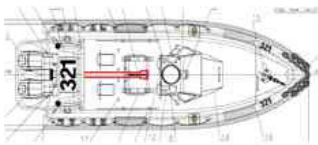
-(정기점검) 정기 자체점검 리스트(PMS)에 의해 고속단정 점검 실시

## • 점검방법(요령)

점검 시기		점검 체크 리스트
사 용 전	유증 점검 (제거)	▷ 가스검출기 사용, 점검구 및 환기구내 유증기 잔존 여부 확인 ※ 유증 검출 시 즉시 운항 정지
		▷ 함정 내 컴프레서 이용, 환기구 에어 블로우(AIR-BLOW) 실시 ※ 환기구 설치 완료 후 실시
	누유 확인	▷ 연료 호스(이음부 등) 누유 및 선미격실 발지 누적 확인 ※ 상태불량 시 운항 정지 및 발지 발견 시 반드시 제거 후 운항
	누전 점검	▷ 메가테스터기 사용, 전기계통(배터리, 항해·통신장비) 점검 ※ 불량개소 발견 시 운항 정지 및 일괄 교체 수리
	유익 사항	▷ 사전 점검이 종료되기 전에는 반드시 시동작동금지



점검 시기		점검 체크 리스트
사 용 후	빌지 방출	▷ 단정 양육 후 선저 드레인 콕은 상시 개방상태를 유지해서 빌지 및 유증기를 방출토록 하고 하강 전 반드시 밀폐 조치
	선체 점검	▷ 선체손상 및 연료·전기계통 누유 여부, 빌지 발생 확인 ※ 빌지 발생 시 즉시 제거 조치
	유증 제거	▷ 함정 내 컴프레서 이용하여 환기구 에어 블로우(AIR-BLOW) 실시



나. 구조변경 등을 통한 근본적인 유증기 발생 및 스파크 원인 제거

- 기존 고속단정의 밀폐된 내부격벽 내에 유증기 발생을 방지하기 위해, 연료계통 라인을 갑판상부로 이설 작업
- 신규 고속단정 건조 시 설계변경을 통한 근원적 폭발 가능요소 제거 필요  
-(연료탱크 독립 설치) 유증기 발생 차단을 위해 연료탱크 격실 독립형으로 분리  
-(에어벤트 설치) 연료탱크 설치 격실 등 갑판하부 환기용 에어벤트 시공  
-(연료배관, 케이블) 갑판하부 연료배관 및 전기계통 설비는 갑판상부에 설치  
-(기타) 디젤선내기 탑재 고속단정 확대 운영 추진

다. 적극적인 예방정비 및 수리지원 강화로 고속단정 가동신뢰성 제고

- 고속단정 안전사고 등 예방을 위해 정비창에 입창하는 수리함정 고속단정 총분해\* 수리 및 운영시간에 따른 예방정비 활성화 검토  
\* 고속단정 갑판 개방 검사 및 연료, 전기계통 교체 등 점검 수리
- 신속한 대응태세 유지를 위한 구조장비(보트류) 정비지원 강화  
-현장에서 응급수리(정비)를 지원하는 함정정비반 확충 및 정비 기술력 제고  
-즉각적인 고속단정 수리를 위한 엔진 예비품 등 예산 확보 지속 필요

## 기대효과

가. 현장에서 고속단정 폭발사고의 위험성에 대한 경각심 제고와 안전사고 방지를 위한 자체 점검 확행 등 안전의식 제고의 기회 마련

나. 기존 고속단정은 '고장이 발생하면, 수리한다'는 식의 사후적 수리보다는 '운용시간에 맞춘 예방정비'라는 선제적 조치를 통해, 고속단정의 운용신뢰성 제고 및 안전사고 예방에 기여

다. 향후, 고속단정 건조 설계 시부터 각종 안전사고 발생 위해요소에 대한 심도 깊은 검토 기회로 보다 완성도 높은 고속단정 도입 계기 마련



**장비재원**

장비명 횡요감쇄장치(ART시스템)

제작사 (주)수퍼센츄리

형식 Controlled Passive ART SYSTEM

모델 ART-09-HJ02

중량 약 0.911 Ton



## 횡요감쇄장치(ART) 압력스위치 교체수리

여수서  
517함

**고장개요**

해상경비 활동 중 횡요감쇄장치 유압 동력장치 압력저하(Pressure Low) 알람이 발생하였고, 유압펌프가 작동되지 않는 현상 발생

ART 조종 제어반 알람발생



“유압동력장치 압력저하” 알람

**고장원인**

장기 고유압 노출에 의한 압력스위치 불량(추정)



## 자체점검 및 조치사항

가. 항요감쇄장치 수동 작동을 통해 유압라인 정상작동 여부 확인

수동 작동



압력스위치

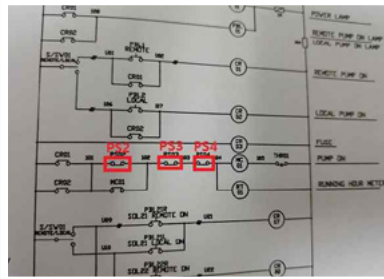


※ 압력스위치 종류 및 작동 압력(단위: kgf/cm)

- PS1: 50K, 저압 경보
- PS2: 70K, 유압펌프 작동 압력
- PS3: 130K, 유압펌프 정지 압력
- PS4: 145K, 유압펌프 고압 정지

나. 작동 회로도 검토 후 테스트기 이용 압력스위치 점점 확인

전기회로도 검토

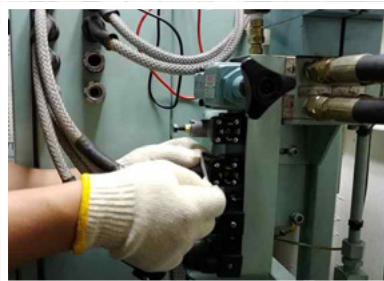


압력스위치 점점 확인

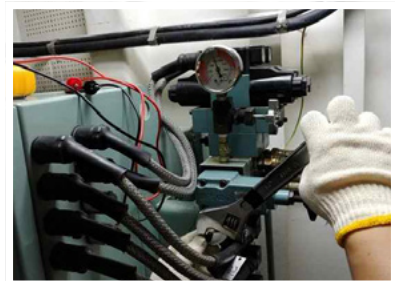


다. 압력스위치 신품으로 교체 후 작동상태 확인결과 작동상태 양호

압력스위치 교체



압력스위치 작동 유압 설정





## 재발방지대책

- 가. 횡요감쇄장치 작동 매뉴얼 및 전기 회로도 숙지
- 나. 횡요감쇄장치 작동 시 유압 압력계 및 압력 도달 후 펌프 정지 여부 확인
- 다. 예비부속을 확보하여 갑작스런 고장 시 즉시 교체 필요

## 기대효과

- 가. 효율적인 장비관리로 예산절감 효과
- 나. 자체정비를 통해 기기정비에 관한 자신감 상승 및 팀웍 강화

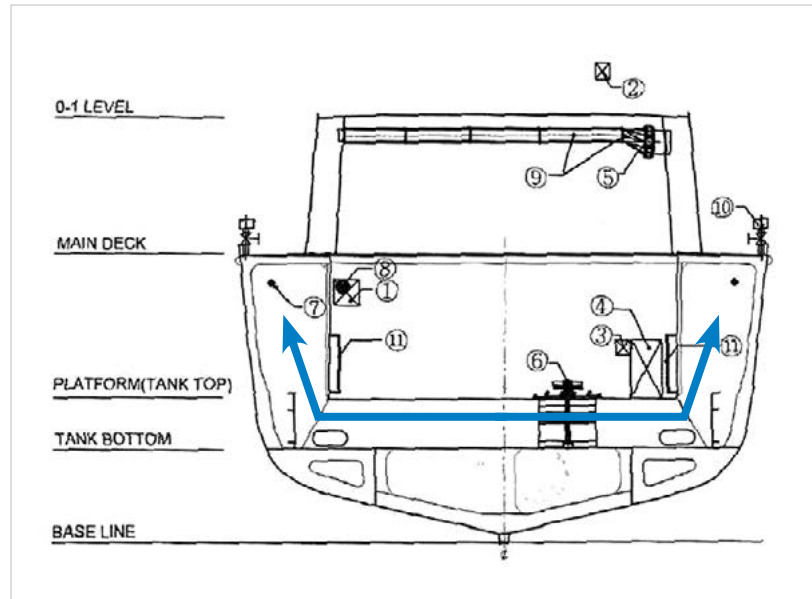
## 일반이론

### 가. 주기조절형 횡동요감쇄장치 작동원리

- 장치는 선체의 일부로 제작된 U자형 탱크에 물을 채운 뒤 U자형 탱크의 양현의 잉탱크를 연결하도록 설치된 공기밸브를 닫으면 물이 움직이지 않아 탱크의 효과가 발휘되지 않으나, 공기밸브를 열면 배의 운동과 탱크 내 물의 운동이 위상차 90°가 되도록 설계되어 파랑중에서의 횡동요를 감소시켜주도록 설계된 장치로
- 탱크 내 물을 넣거나 뺄 때에 필요한 공기벤트를 별도로 두어야 하고, 이 공기벤트는 물을 넣은 후에 반드시 닫아야 하며 공기벤트를 닫았을 때 ART는 기밀(air tight)이 보장되어야 하며, 이러한 상태에서 공기 밸브를 닫으면 탱크 내 물이 움직이지 않게 된다.
- ART시스템은 선박의 하중상태가 변화하거나 중심의 위치가 변화하여 선박의 횡동요 주기가 ART설계주기와 달라지게 되면 ART 하부덕트에 설치된 주기조절판의 위치를 자동적으로 최적의 위치로 바꾸어 주도록 하여 횡동요 감쇄효율을 높이도록 하였다.
- 황천시 횡동요 각도가 너무 커지거나 추파(following sea) 또는 추사파(stern quartering sea) 중에서 횡동요 주기가 너무 길어져 위험한 상태가 되면 순간적으로 공기밸브를 닫아 GM을 크게 함으로써 복원력을 크게 해 주도록 하여 어떠한 해상상태에서도 높은 횡동요 감소효율을 발휘하고 안전 항해가 가능하도록 한다.



## 나. ART시스템 장비 배치도



- |                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| ① 주 조종 제어반       | ② 원격 조종 제어반                 |
| ③ 국부 조종 제어반      | ④ 유압 동력장치 유니트               |
| ⑤ 버터플라이 밸브(400A) | ⑥ 주기 조절판(GATE)              |
| ⑦ 수위 감지 장치       | ⑧ Tilt Sensor(주 조종 제어반내 설치) |
| ⑨ 공기덕트헤드 및 파이프   | ⑩ 공기벤트 및 밸브(80A)            |
| ⑪ 레벨 게이지(양현 왕탱크) |                             |



# 함정 장비 고장 사례 집

## 300톤급 함정 장비 고장 사례



울산서	307	좌현 주기관 액츄에이터 교체 수리	166
목포서	310	NO.3 주기관 실린더 복구 수리	169
통영서	308	기관제어 감시계통 복구 수리	187
제주서	302	CPP YOKE 및 SEAL 교체 수리	190
울산서	300	노후화된 자이로 콤파스 교체 수리	195
태안서	319	추진기 자동 조타장치 수리	197



## 장비재원

장비명 주기관

제작사 STX(MTU)

형식 12기통 4행정 터보차저

모델 MTU 12V1163-TB93

출력 5854HP, 1300RPM



# 좌현 주기관 액츄에이터 교체 수리

울산서  
307함

## 고장개요

- 가. 경비임무 수행 중 Fuel Rack 및 좌현 주기관 헌팅 발생
- 나. 좌현 주기관 부하-무부하 운전중 Fuel Rack 및 회전수(RPM) 헌팅 발생

## 고장원인

- 가. 좌현 주기관 메인모드(ECS Active) 액츄에이터 불량
  - 주기관 연료공급계통 작동원리



### ※ 액츄에이터(Actuator)

- 전기, 유압, 압축 공기 등을 사용하는 원동기의 총칭으로서 보통 유체에너지를 이용하여 기계적 일을 하는 기기를 말한다.



- 위 계통에 따라 주기관의 부하에 맞게 액츄에이터가 가버너를 작동하여 연료 공급량을 증가·감소시켜야 하나, 액츄에이터 고장으로 인해 주기관의 부하에 맞는 연료를 공급하지 못하여 좌현 주기관 헌팅 발생

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 좌현 주기관 RPM 헌팅 관련 점검사항(자체점검)

- 17.1.27. 23:48 좌현 주기관 헌팅발생, 좌현 주기관 정지
- 17.1.28. 00:15 좌현 주기관 각계통 점검 후 무부하 운전
- 17.1.28. 00:34 좌현 주기관 무부하 시운전 중 Fuel Rack Position 및 RPM 헌팅 및 FO계통 알람 발생
- 17.1.28. 00:50 좌현 주기관 정지 후 1,2차 필터 개방 및 파이프 라인 누수개소 점검결과 특이점 무
- 17.1.28 10:00 MCS-5 계통 주전원 스위치 OFF 후 재부팅
- 17.1.28 10:35~12:26 전속부하 시운전결과 RPM 1000이하에서 헌팅발생 (RPM 1000이상에서 다소 안정적)

### 나. 좌현 주기관 RPM 헌팅 관련 점검사항(이동정비점검)

- (주) MEST 점검사항(17.2.2. 09:30~14:30)
  - 주기관 연료계통 액츄에이터와 피드백센서(Fuel Rack Position) 간 편차차이에 의한 헌팅 가능성이 높아 Fuel Rack Position 센서를 좌·우현 교환후 동일현상 발생시 액츄에이터(Actuator) 문제 가능성이 높다는 의견
- (주) STX 점검사항(17.2.3. 13:00~15:30)
  - 정박중 무부하 주기관 운전상태에서는 정상으로 판단되나 향후 출동중 주기관 헌팅 발생시 운용자가 Main Mode/Back up Mode로 운영방법을 바꾸어서 확인을 요함
  - ※ Back up Mode에서 엔진 헌팅현상 없을시 액츄에이터(Actuator) 불량으로 판단

### 다. 좌현 주기관 헌팅 관련 최종판단 및 수리

- 최종판단
  - 좌현 주기관 부하(300~500RPM), 무부하에서 심한 헌팅 현상발생
  - ECS Active에서 Back up Active모드 전환 후 운전한바 좌현 주기관 헌팅 감소되므로 액츄에이터(Actuator) 불량으로 판단



- 좌현 주기관 액츄에이터 교체 수리완료
- 신품 액츄에이터 교체 후 시운전결과 특이점 없이 정상작동

수리전 상태 점검



취외후 신품 구품 비교



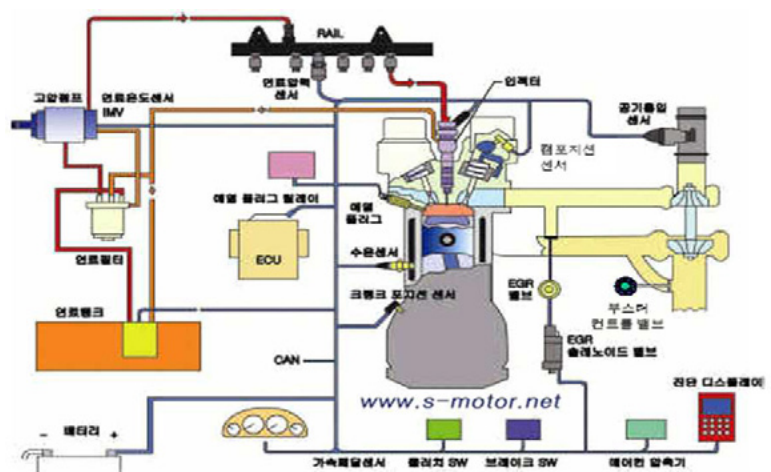
신품 교체실시



무부하 시운전 점검



Common Rail 연료 분사 원리(CRD)





**장비재원**

장비명 주기관

제작사 STX(MTU)

형식 12기통 4행정 터보차저

모델 MTU 12V1163-TB93

출력 5854HP, 1300RPM

**MTU 16V4000M90**

## NO.3 주기관 실린더 복구수리

목포서  
310함

### 고장개요

- 계획정비(충분해수리) : '18. 7. 20. ~ '18. 10. 30.(100일간)
- 창 정비 : 6. 1 ~ 6. 14
- 대상장비(부품) : NO.3 주기관(MTU16V4000)
- 정비주체(외주업체) : (주)STX
- 손상 개요
  - '19. 3. 30(토) 10:55경 NO.3 주기관 RPM1900에서 A1,2,3,7,8기통 LOW T-EXHAUST 알람 등 발생 후 SHUTDOWN 발생하여 터닝결과 동일부분 터닝불가, A1기통 로커암 요크, 스프링, 밸브 등 이탈확인, 원심필터 및 윤활유필터 확인 결과 금속가루(은색)가 확인되어 창정비 의뢰한 사항임.

### 고장원인 분석 및 정비내용

#### • 손상 원인분석

손상된 No.3 주기관 알람리스트 및 기관 일지, 수리이력, 경위서, 전문업체 검사보고서 등 각종 참고자료 활용하여 손상원인 다각도 분석조사

손상된 No.3 주기관 알람리스트 및 기관 일지, 수리이력, 경위서, 전문업체 검사보고서 등 각종 참고자료 활용하여 손상원인 다각도 분석조사



- 310함 No.3 주기관 1차 A1 기통 손상 사고는 Cyl. Head의 흡기 밸브 스템 절손으로 절손된 밸브페이스(밸브 하부)들이 연소실로 유입, A1 기통 피스톤 상부와 헤드 밀면 충격으로 주기관 손상 발생된 것으로 밸브 절손 추정 원인으로는

\* MEST 엔진정비팀 차장 이도연 소견서 내용

2019년 4월 4일 09:00 목포해양경찰서 310함 기관실 현장 도착  
A1 CYLINDER HEAD의 흡기밸브 스템 절손으로 절손된 밸브 페이스(밸브 하부)들이 연소실로 유입, A1 기통 피스톤 크라운과 헤드 밀면에 짧은 시간에 연소실에서 피스톤 상부와 헤드 밀면 충격으로 인한 심각한 손상을 입혔고,

\* STX엔진 손상 관련 업무 질의 회신 내용

다. 주기관 손상 관련 업무 질의 회신

1) A1 기통 이음 발생과 현 손상(로커암 브릿지, 스프링, 밸브) 간 연관성 여부

가) 엔진 운전 중 이음 은 개인마다 정도의 차이가 발생할 수 있음

나) 운용자의 의견을 반영하여 엔지니어 경험과 지식을 토대로 운전 데이터와 점검 내용을 통해 판단함

다) 당 손상은 밸브 파손으로 인한 손상으로 밸브 파손의 일반적인 원인은 재질 불량, 윤활 불량, 불완전 연소, 밸브 간극 불량, 쿨렛 불량 등 다양한 요인으로 발생할 수 있음

## 1. 흡·배기 밸브 간극 조정 불량에 의한 손상가능성

- 밸브간극 조정이 잘못되면 밸브 개폐시기가 변화 되어 가스 교환 불량의 원인이 됨
- 밸브간극이 작으면 닫혀 있는 시간이 단축되어 밸브-헤드의 열을 실린더-헤드의 시트-링에 충분히 전달할 수 없기 때문에 밸브가 과열 및 완전히 닫히지 않을 위험이 있다. 배기밸브가 완전히 닫히지 않으면 배기가스를 흡입하게 되고, 흡기밸브가 완전히 닫히지 않으면 불꽃이 흡기다기관으로 역류가 발생되어 출력저하의 원인이 되고, 밸브-페이스와 실린더-헤드의 시트-링이 계속적으로 가열되어 소손 가능성이 있음.
- 밸브간극이 크면 밸브가 너무 늦게 열리고 아주 일찍 닫히고, 밸브가 열려있는 시간이 단축되고 동시에 통로의 개구단면적(開口斷面積)이 작아져 출력이 저하되고, 밸브의 기계적 부하가 증가하고 밸브소음도 커짐.
- No.3 주기관 배기 밸브 간극 조정 MEST측 정비 주기에 따르면



## \* MEST 정비주기 공지 사항

3. Valve Gear 점검 (흡/배기 밸브 간극 조정)은 최초 엔진 운전 1,000 시간에 수행하고 이후 매 운전 시간 3,000 시간 마다 조정한다.

4. 기타 정비 항목 별 작업 내역은 첨부 최신 제작사 기술 자료 (Maintenance Schedule) 참조

- 첨부: 16V4000M90 Maintenance Schedule (MS50127/00E). 끝.

주 식 회 사 엠 이 에 스 티



최초 1,000시간 이후 매 3,000시간 마다로 정하고 있어, No.3 주기관 A1 Cyl. 기계경력 카드 상 '18.3.15. 운전시간 27,634에 밸브 간극을 조정하고 2,999시간 경과 되어 정비주기를 벗어나지 않은 상태로,

- 손상 발생 이후 주기관 상태 확인을 위해 A열 실린더헤드를 분해하여 밸브 간극 범위 이탈로 인한 손상가능성을 확인 할 수 없는 상태이나,
- A열 분해 이후 No.4 주기관과 No.3 주기관 B열 밸브 간극 점검시

## ○ NO.4 주기관 밸브 간극 점검( 4. 4. MEST 엔진정비팀 ) |

단위 : mm

A-SIDE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
흡 기	0.2	0.22	0.25	0.2	0.28	0.28	0.25	0.2
배 기	0.48	0.48	0.45	0.48	0.5	0.48	0.48	0.48
B-SIDE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
흡 기	0.25	0.25	0.25	0.2	0.2	0.18	0.23	0.25
배 기	0.5	0.5	0.52	0.48	0.5	0.48	0.48	0.48

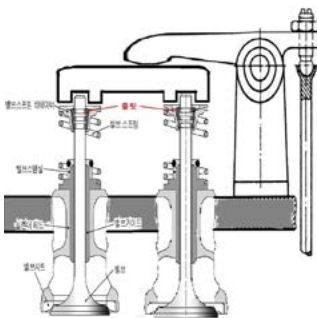
## ○ NO.3 주기관 밸브 간극 점검( 4. 11. 함정 자체 점검 )

단위 : mm

B-SIDE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
흡 기	에드 위치 상태	0.35	0.23	0.25	0.25	0.3	0.3	0.35
배 기		0.65	0.55	0.55	0.55	0.6	0.6	0.48

※ 정비지침서 기준 : 흡기(0.2mm), 배기(0.5mm)

No.3 주기관 B열은 밸브간극 정비지침 기준을 약간 벗어나나 기관 손상 발생 이후 상황을 감안 하면 밸브간극 이상 가능성은 낮을 것으로 여겨짐



## 2. 콜렛 손상에 따른 밸브 이탈 손상가능성

- 밸브 절손의 원인이 밸브 스프링과 리테이너를 고정하고 있는 콜렛 이탈에 의해 피스톤과 충격으로 절손되었을 가능성이 있으나,
- 이탈된 콜렛이 브리지 홈에 끼여 지속적 충격으로 손상 진행되어 이탈 손상 원인을 파악하기는 어려움



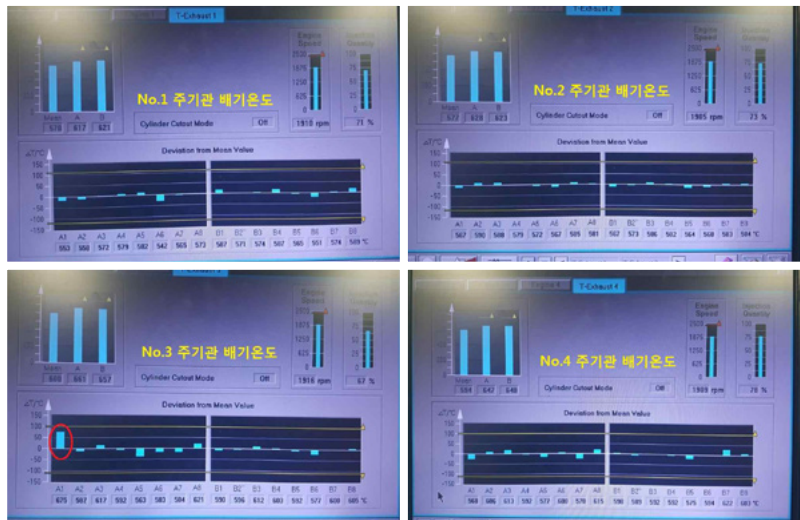
- 밸브 콜릿 홈 부분 손상이 없어, 콜릿 손상으로 인한 밸브 이탈 가능성은 낮은 것으로 여겨짐.



### 3. 불완전연소에 따른 손상가능성

- 연소실내 불완전 연소 발생 시 배기 온도 상승 및 그을음 발생으로 열전달 차단 냉각 효과 감소로 이어져 밸브 손상 발생 가능성이 높고,
- 310함 No.3 주기관 A1 Cyl.의 경우 이전 전부하 시운전 및 일반 운전 시 다른 엔진 및 다른 기통에 비하여 배기온도가 약간 높은 경향이 있고
- '18.3.5. A1 Cyl. 매연 발생 및 배기온도 이상으로 취부 수리 하였던 기록도 있어 불완전 연소로 인한 밸브 절손 가능성이 있으나,

\* No.1 ~ No.4 주기관 배기가스 온도 비교



- 손상 당일 전부하 시운전 데이터 상 No.3 주기관 배기가스 평균온도가 약 70℃ 높으나, 엔진 운전 데이터 상 허용범위 내에 유지되고 있는 상태로



불완전 연소로 인한 온도 상승으로 단정하기 어려워 밸브절손의 가능성으로 판단하기 어려움.

#### 4. 밸브 가이드 윤활불량에 따른 손상가능성

- 밸브는 아주 가혹한 부하에 노출되어 1분당 최대 약 4,000회까지 개폐되며,
- 닫힐 때는 밸브-시트에 큰 충격을 가하게 되어 밸브의 스템과 스템-엔드(stem end)도 마찰에 의한 마멸 부담을 받게 되고,
- 헤드의 열은 밸브 스템 → 밸브 가이드 → 실린더 헤드 → 냉각수로 전달되지만,
- 밸브 윤활이 불량하게 되면 지속적인 마찰력 및 온도 상승으로 손상을 받게 되어 밸브 절손 가능성이 있으나.



- 분해된 실린더 헤드 및 밸브 가이드 부분 윤활 불량에 의한 마찰 손상 및 밸브 상부 로커암·푸시로드·브리지 등 각부 마찰 손상이 확인되지 않아 윤활 불량으로 인한 손상의 가능성이 낮은 것으로 여겨짐.

#### 5. 밸브 재질 불량에 따른 손상가능성

- 흡기밸브는 흡기에 의해 계속적으로 냉각되지만 약 500℃ 정도까지 가열되어 주로 크롬-실리콘-강(예 : X45CrSi93)의 단일 금속으로 제작된다.
- 배기밸브는 고온의 열부하(헤드에서 약 900℃ 까지)와 화학적 부식에 노출되어 밸브-헤드 부분은 연소가스에 노출되므로 내열성과 내부식성(non-corrosion), 그리고 스케일 형성에 대한 저항성(non-scaling property)이 강한 X53CrMnNiN219, X50CrMnNiNb219, X60CrMnMoVNbN2110, NiCr20TiAl 등과 같은 크롬-망간-강과 같이 대부분 두 가지 재료로 만든다.
- 밸브는 높은 열과 가혹한 부하에 노출되어 있어 재질 불량시 손상 발생 절손의 원인이 될 가능성이 높을 것으로 여겨짐.



\* MEST 엔진정비팀 차장 이도연 소견서 내용

사고 진행과정중 헤드 워터자켓이 손상되어 연소실로 냉각수가 유입,  
ENGINE SHUTDOWN까지 흡·배기 다기관으로 다량의 냉각수가  
넘어가서 다른 기통으로 유입되었음  
그 중에 A8기통 CYLINDER로 냉각수 유입이 집중되어 워터햄머  
발생되어 2차 사고가 발생된 것으로 추정됨  
A8 커넥팅 로드 의 밴딩으로 피스톤 스커트 하부가 하사점 이하로  
내려가 CRANKSHAFT 밸런스 웨이트와 접촉하는 연속된 사고로  
A8기통 피스톤 스커트 손상 및 커넥팅 로드 뒀, 라이너 파손 및  
크랭크 샤프트 발란스 웨이트 즉 손상을 확인함

310함 No.3 주기관 A8 Cyl. 손상은 A1 Cyl. 손상시 Head 측 냉각계통  
파손으로 냉각수가 유입되어 워터햄머 현상에 의해 일어난 2차 손상으로

- 손상 시차별 경과 사항을 보면 '19.3.30. 10:55분 No.3 주기관 전기통 배  
기가스 온도 알람 발생은 A1 Cyl. 밸브헤드 손상으로 엔진 출력 불균등  
으로 인한 Alarm으로, '19.3.30. 10:58분 SHUTDOWN 발생은 A1 Cyl.  
Head 손상으로 냉각수 누수되고, 누수된 냉각수가 A8 Cyl.로 유입 워터  
햄머 현상 발생으로 커넥팅 로드 밴딩 되며 발생된 손상으로 확인됨.

## 일반 학계 이론

### 1.4행정 기관

- (정의) 4사이클 엔진이란 피스톤이 흡입, 압축, 폭발, 배기로 이어지는 4개  
행정을 크랭크축이 2회전하여 1사이클을 완료하는 엔진으로 매 1  
사이클 마다 가솔린 엔진은 캠축 및 배전기 축이 1회전하며, 디젤  
엔진은 캠축 및 연료분사 펌프의 캠축이 1회전한다. 이러한 구조에  
의해 열에너지를 기계적으로 바꾸어 동력을 발생시키는 것을 4사  
이클 엔진이라고 한다.
- 장점 : 각 행정이 완전히 구분되어 있기 때문에 불확실한 곳이 없고, 흡  
입행정에서의 냉각 효과로 인하여 각 부분의 열적 부하가 적으  
며, 저속에서 고속까지의 회전 속도 변화의 범위가 넓다는 것이  
다. 또한 흡입행정의 기간이 길어 체적 효율이 높고, 블로바이 현  
상이 적어 연료 소비율이 적다. 그리고 기동이 쉽고 불안정한 연  
소에 의한 실화가 발생되지 않는다는 장점이 있다.
- 단점 : 밸브 기구가 복잡하고 밸브 기구의 부품수가 많아 진동이 크고 기  
계적 소음이 높다. 그리고 폭발 횟수가 적어 회전력의 변동이 크



며 실린더 수가 적을 경우 운전이 곤란하며 가격이 비싸고 마력당 중량이 무겁다. 또한 탄화수소의 배출은 적으나 질소산화물의 배출이 많다.

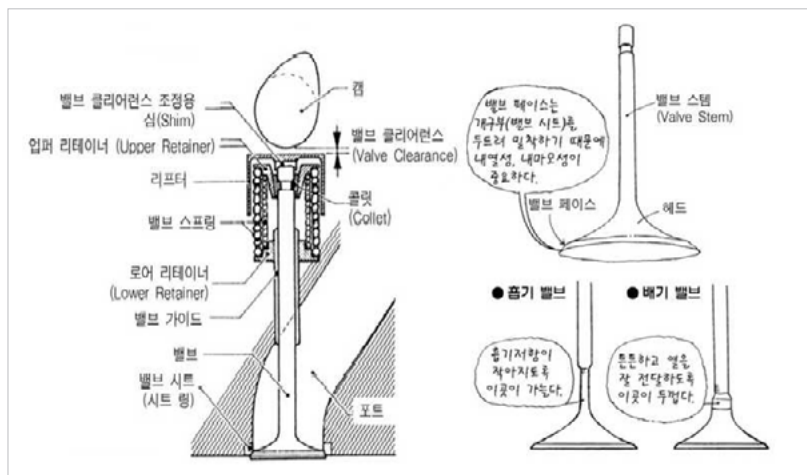
## 2. 흡·배기 밸브

- **(정의)** 실린더에 보내는 흡기 포트와 연소가스가 배출되는 배기 포트가 있는데 여기에 설치되는 밸브가 흡기 밸브와 배기 밸브이다. 이 작은 모양에 의해 포핏 밸브(Poppet Valve) 또는 버섯 밸브라 불린다. 보통 흡배기 밸브를 구성하는 기구 일체를 밸브 시스템이라고 한다. 동변계라고도 불리는 이러한 기구 시스템은 크게 기둥 형태의 밸브 스템과 원형의 밸브 헤드로 구성된다. 그리고 이 밸브 헤드 부분이 연소실과 연결된 공기의 통로인 밸브 포트의 입구에 위치하여 공기의 흐름을 통제하게 된다. 또한 밸브 스템에는 밸브 스프링이 장착되어 밸브가 열리고 닫히는 것을 도와준다.

- **(구조)** 4행정기관에 사용되는 포핏밸브(poppet valve)는 헤드와 페이스, 그리고 스템으로 구성되어 있다.

밸브-헤드(valve head : Ventilteller)는 밸브-페이스(valve face : Ventilsitz)를 통해 실린더-헤드의 밸브-시트-링과 접촉, 기밀을 유지한다. 페이스는 정밀연삭하며, 경사각도는  $45^\circ$ 가 대부분이다.

밸브-스템(valve stem : Ventilschaft)의 끝 부분에는 밸브-스프링-리테이너-로크(valve spring retainer lock)가 끼워지는 그루브(groove : Einstich)가 가공되어 있다.





흡기 밸브는 혼합기의 흐름 저항이 작아지도록 가늘게, 배기 밸브는 내열성과 동시에 헤드부의 열을 스템에 전달하기 쉽도록 두껍게 만들어져 있다.

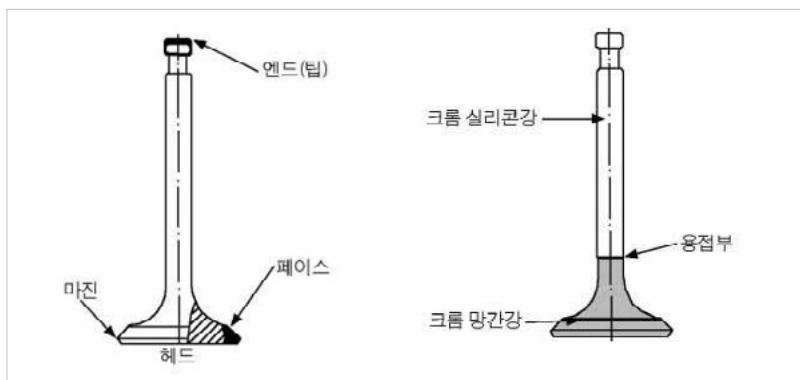
헤드의 열은 밸브 스템 → 밸브 가이드 → 실린더 헤드 → 냉각수로 전달되지만 고성능 엔진은 스템을 중공(中空)으로 하여 나트륨을 봉입한 것도 적용된다. 나트륨이 스템의 중앙(中央)을 오르내려 밸브의 냉각이 잘 된다는 뜻이다. 헤드 주위의 밸브 페이스(Valve Face)가 접촉하는 포트 부분이 밸브 시트(Valve Seat)로 실린더 헤드가 주철인 경우 밸브 시트도 그대로 만들지만 알루미늄 합금의 경우에는 시트를 튼튼한 내열강으로 만들어 조립한다.

밸브는 항상 캠으로 눌러서 열리기 때문에 캠 노즈가 밸브를 눌렀을 때 마찰저항을 작게 하기 위해서 밸브 스프링(Valve Spring)은 부드러운 쪽이 좋다. 그러나 흡배기량을 많게 하기 위해 밸브를 크게 하거나 리프트를 크게 함과 동시에 최고 회전수를 높이기 위해서는 스프링을 견고하게 하여 짧은 시간에 신축(伸縮)이 반복되도록 해야 하지만 공진(共振)이라는 문제가 발생하여 그 균형을 유지하기가 어렵다

- (재질) 밸브는 아주 가혹한 부하에 노출되어 있다. 밸브는 1분당 최대 약 4,000회까지 개폐되며, 닫힐 때는 밸브-시트에 큰 충격을 가하게 된다. 또 밸브의 스템과 스템-엔드(stem end)도 마찰에 의한 마멸 부담을 받고 있다.

- ① 흡기밸브(intake valve : Einlaßventile) : 흡기밸브는 흡기에 의해 계속적으로 냉각되지만 그래도 약 500℃ 정도까지 가열된다. 주로 크롬-실리콘-강(예 : X45CrSi93)의 단일 금속으로 제작된다. 그리고 마멸을 최소화 하기 위하여 밸브의 페이스와 스템, 그리고 스템-엔드와 로크-그루브 등은 경화시킨다.
- ② 배기밸브(exhaust valve : Auslaßventile) : 배기밸브는 고온의 열부하(헤드에서 약 900℃ 까지)와 화학적 부식에 노출된다. 그러므로 배기밸브는 대부분 두 가지 재료로 만든다. 밸브-헤드 부분은 연소가스에 노출되므로 내열성과 내부식성(non-corrosion), 그리고 스케일 형성에 대한 저항성(non-scaling property)이 강한 X53CrMnNiN219, X50CrMnNiNb219, X60CrMnMoVNbN2110, NiCr20TiAl 등과 같은 크롬-망간-강으로 만든다. 크롬-망간-강은 경화시킬 수 없을 뿐만 아니라 길들임성과 열전도성이 불량하다.





- (밸브 간극(valve clearance : Ventilspiel)) 기관의 모든 구성부품들은 재질에 따라 정도의 차이는 있으나 작동 중 온도상승에 비례해서 팽창한다. 이 외에도 밸브기구의 운동전달 부품들은 마멸에 의해 길이변화가 발생한다. 따라서 기관온도가 상승해도 밸브가 완전히 닫히게 하기 위해 운동전달 부품 사이에 미리 일정한 간극을 설정해 두거나, 간극을 자동 조절하는 장치를 사용한다.

일반적으로 밸브간극은 기관이 냉각된 상태일 때가 정상작동온도일 때보다, 그리고 배기밸브 간극이 흡기밸브 간극보다 더 크다. 기관의 형식이나 크기에 따라 차이가 있으나 밸브간극은 보통 0.1~0.3mm 정도가 대부분이다. 밸브간극 조정이 잘못되면 밸브 개폐시기가 변화하게 되어 가스교환이 불량해지게 된다.

- ① 밸브간극이 너무 작을 경우 : 밸브가 너무 빨리 열리고 늦게 닫힌다. 특히 배기밸브는 닫혀 있는 시간이 단축되어 밸브-헤드의 열을 실린더-헤드의 시트-링에 충분히 전달할 수 없기 때문에 밸브가 과열된다. 이 외에도 밸브간극이 아주 작을 경우엔 기관이 정상작동온도일 때, 밸브가 완전히 닫히지 않을 위험이 있다. 배기밸브가 완전히 닫히지 않으면 배기가스를 흡입하게 되고, 흡기밸브가 완전히 닫히지 않으면 불꽃이 흡기다기관으로 역류하게 되어 역화가 발생될 우려가 있다. 이렇게 되면 가스교환손실은 물론 출력저하의 원인이 된다. 그리고 특히 배기밸브가 완전히 닫히지 않으면 통과하는 배기가스에 의해 밸브-페이스와 실린더-헤드의 시트-링이 계속적으로 가열되어 소손되게 된다.
- ② 밸브간극이 너무 클 경우 : 밸브가 너무 늦게 열리고 아주 일찍 닫힌다. 이 경우엔 밸브가 열려있는 시간이 단축되고 동시에 통로의 개구단면적(開口斷面積)이 작아지기 때문에 체적효율이 낮아져 결과적으로



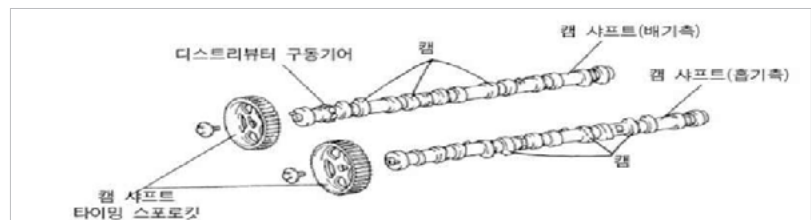
로 출력이 저하된다. 또 밸브의 기계적 부하가 증가하고 밸브소음도 커지게 된다.

- **(특징)** 흡배기 밸브의 밸브 사이즈는 밸브 헤드의 직경으로 표시되는데 흡기밸브가 배기밸브보다 일반적으로 크다. 보통 배기밸브는 흡기밸브의 70~80% 정도의 사이즈 크기를 가진다. 이는 흡기와 배기의 균형을 유지하기 위한 설계로 흡기시에는 실린더 내 부압(음수 압력)에 의해 바깥에서 공기가 들어오는 반면 배기시에는 연소실 내의 높은 압력에 의해 연소가스가 배기밸브를 통해 쉽게 뿜어져 나갈 수 있기 때문에 흡배기 밸브의 수가 같을 경우 배기밸브가 더 작게 만들어지게 된다. 밸브 헤드와 스템 연결부위도 흡배기 밸브 사이에 두께의 차이가 있다. 흡기밸브는 흡기시에 혼합기의 흐름 저항이 작아지도록 얇게 만들고 배기밸브는 내열성과 상대적으로 높은 온도를 가지는 배기밸브 헤드의 열전도성을 높이기 위해 두껍게 설계된다.



### 3. 캠과 캠 샤프트

- **(정의)** 연료가 되는 혼합기가 연소실에 흡입되는 것은 실린더 헤드의 흡기 포트에서, 연소가스의 배출은 배기 포트에서, 각 포트를 개폐(開閉)시키는 밸브의 작동은 캠에 의해서 이루어진다. 캠은 OHC(Over Head Cam Shaft) 및 DOHC(Double Over Head Cam Shaft) 엔진에서 실린더 헤드 속에 있는 캠 샤프트에 장착되어 있다.





- **(배열)** 캠 샤프트에는 흡·배기 밸브와 같은 수의 캠이 각각의 밸브 개폐 시기가 알맞은 각도로 배열되어 있다. 4사이클 엔진에서 흡기 밸브와 배기 밸브가 열리는 것은 크랭크샤프트 2회전당 1회의 비율이기 때문에 캠 샤프트는 이에 맞추어 크랭크샤프트 2회전당 1회전하도록 설정되어 있다.

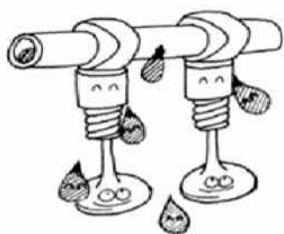
- **(구조)** 캠의 돌출부분을 코에 비유하여 캠 노즈(Cam Nose) 또는 로브(Lobe)라고 하며, 그 높이를 캠 리프트(Cam Lift)라고 한다. 또한 밸브는 리프트만큼만 열리기 때문에 그 열림 정도는 캠의 형태에 따라 결정되며, 밸브의 개폐시기(開閉時期)는 노즈의 돌출이 시작되어 끝나기까지의 각도인 작동 각도에 따라 결정된다.

밸브가 닫혀 밸브 시트에 밀착될 때는 가능한 한 충격이 적어야 하기 때문에 캠은 달걀과 같은 단면 형상으로 되어 있다.

밸브는 밸브 스프링에 의해 항상 닫히는 방향으로 힘이 가해지고 있으며, 캠 노즈로 스프링을 눌러 밸브를 열기 때문에 캠의 회전속도가 빨라져 밸브의 관성력이 커지면 밸브의 왕복운동이 캠 회전을 따라갈 수 없게 된다. 이 한계에 도달한 회전속도가 엔진의 최고 회전속도가 되는 경우가 많기 때문에 캠의 프로파일(Cam Profile)은 매우 중요하다.

캠 노즈 부분은 밸브를 개폐시키는 밸브 리프터와 로커 암(Rocker Arm)과 강하게 마찰되기 때문에 표면은 내마멸성(耐磨滅性)이 있어야 한다. 캠 샤프트는 주철로 만들어져 있고 주조할 때에 칠(Chill)이라는 것으로 노즈 부분을 급랭하여 표면의 조직이 경화(硬化)되어 있다.

캠 노즈와 캠 샤프트를 지지하는 캠 저널(Cam Journal)을 윤활하려는 목적의 급유 방법에는 외부 급유와 내부 급유의 2가지 경우가 있다. 외부 급유에는 저널에서 오일을 분출시키는 것 등이, 내부 급유에는 캠 샤프트에 구멍을 뚫어 캠과 저널 부분의 중앙에 오일을 보낸다. 또한 캠 샤프트를 경량화 하기 위해 내부를 중공(中空)으로 하여 급유에 이용하는 타입도 있다.

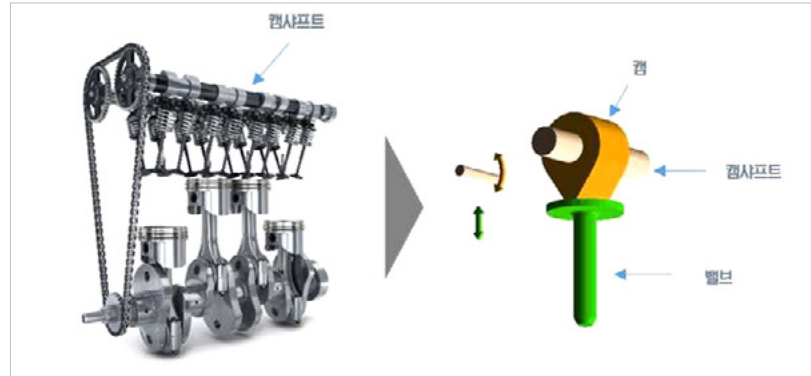


캠과 캠 샤프트는 엔진 오일에 의해 항상 윤활되고 있다. 이 오일은 밸브의 상단에 설치된 밸브 리프터, 밸브 시트 등의 부품 표면에도 흘러 밸브에서 나온 열을 흡수하는 기능도 한다.

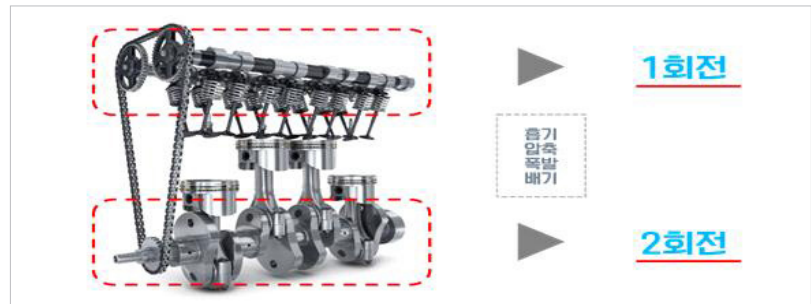
- **(캠샤프트와 밸브의 작동)** 피스톤의 직선운동에서 전환된 크랭크 샤프트의 왕복운동은 캠샤프트로 전달되는데 캠샤프트는 회전운동을 다시 한번 밸브의 상하 직선운동으로 바꾸는 역할을 한다. 기계요소 중 하나인 캠 기구는 단면이 달걀모양인 캠과 캠샤프트로 이루어져 있다. 달걀 모양의 캠은



캠축을 중심으로 돌출된 부분이 있는데, 캠이 회전하다 이 부분이 밸브의 윗면을 누르면 밸브가 열리고 돌출되지 않는 면이 닿게 되면 밸브가 닫히는 방식으로 작동한다.



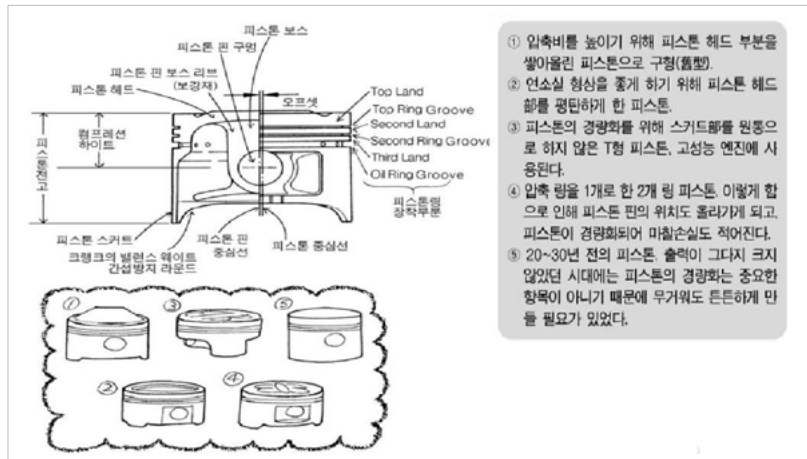
- (크랭크축과 캠샤프트의 회전 비교) 연소의 1사이클인 '흡기 압축 폭발 배기'가 진행되는 동안 크랭크 축은 총 2회의 회전을 한다. 이때 연소실로 흡입기의 흡입과 연소가스의 배출은 각각 한 번씩만 이루어지는데 이는 1사이클을 완성하는 동안 캠축은 1회를 회전하여 각 밸브가 1번씩 개폐되는 것을 의미한다. 따라서 크랭크 축과 캠축의 기어비는 일반적으로 2배가 되게 설계된다.



#### 4. 피스톤

- (정의) 피스톤은 실린더 내부를 왕복하며, 팽창 행정에서 순간적으로 2,000℃ 이상 되는 연소가스의 팽창력에 의해 최대 3~4톤(터보엔진은 5톤)의 큰 힘을 받아 커넥팅 로드로 전달하는 역할을 한다. 따라서 피스톤은 왕복운동에 의해 발생하는 관성력을 작게 하기 위해 가볍고, 팽창력에 견딜 수 있도록 강성(剛性)이 있어야 하며, 열전도율(熱傳導率)이 좋고 열팽창에 의해 형상이 변형되지 않아야 한다.





- **(재질)** 경량(輕量)과 강성(剛性) 모두를 양립(兩立)시키기 위한 소재로 알루미늄이 사용되고 있다. 일반적으로 알루미늄 합금을 주조하여 만든 것이 많으며, 강도(強度)를 높여 치수의 변화를 작게 할 목적으로 열처리를 한다.

피스톤은 실린더 내부를 왕복하며, 팽창 행정에서 순간적으로 2,000℃ 이상 되는 연소가스의 팽창력에 의해 최대 3~4톤(터보 엔진은 5톤)의 큰 힘을 받아 커넥팅 로드로 전달하는 역할을 한다. 따라서 피스톤은 왕복운동에 의해 발생하는 관성력을 작게 하기 위해 가볍고, 팽창력에 견딜 수 있도록 강성(剛性)이 있어야 하며, 열전도율(熱傳導率)이 좋고 열팽창에 의해 형상이 변형되지 않아야 한다. 경량(輕量)과 강성(剛性) 모두를 양립(兩立)시키기 위한 소재로 알루미늄이 사용되고 있다. 일반적으로 알루미늄 합금을 주조하여 만든 것이 많으며, 강도(強度)를 높여 치수의 변화를 작게 할 목적으로 열처리를 한다.



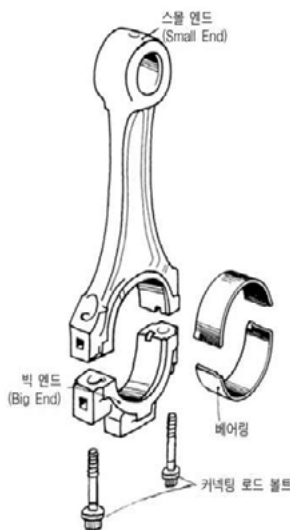
- **(구조)** 피스톤의 윗부분은 피스톤 헤드(Piston Head), 피스톤 크라운(Piston Crown) 등으로 불리며, 실린더 헤드와의 사이에서 연소



실을 형성하는 중요한 부분이다. 혼합기를 빠르게 연소시켜 연소 효율을 좋게 하기 위해 피스톤 헤드는 평평한 것이 이상적이나 압축비를 높이기 위해 중앙부분이 솟아올라 있거나 흡배기 밸브가 열렸을 때 피스톤에 부딪치지 않도록 밸브 리세스(Valve Recess)라 불리는 움푹하게 패인 곳이 설계되어 있기도 하여 복잡한 형상을 이루고 있는 것도 있다. 피스톤의 아랫부분은 피스톤 스커트(Piston Skirt)라 불리며, 피스톤의 왕복운동을 안정시키는 역할을 하고 있다. 스커트 앞의 일부분을 잘라낸 것과 같이 생긴 것은 피스톤이 하사점으로 내려왔을 때 밸런스 웨이트(Balance Weight)가 이 부분을 지나가기 때문이다.

피스톤과 실린더 사이에는 틈새가 있고, 그 틈새는 피스톤 링에 의해 실링되어 있으며, 피스톤 자체의 상하운동으로 스커트 부분이 실린더 벽에 부딪치는 경우가 있다. 이것을 줄이는 방법 중 하나로 스커트 형상의 연구가 이루어지고 있다. 스커트는 가능한 한 짧은 편이 피스톤과의 마찰과 접촉시에 소음도 작고 그만큼 가볍기 때문에 좋을 듯하지만 이러한 여분의 움직임이 커지기 때문에 피스톤의 크기와 균형이 잡힌 것으로 되어 있다.

피스톤은 피스톤 핀에 의해 커넥팅 로드와 연결되어 있기 때문에 피스톤이 받은 팽창력의 대부분이 핀에 걸리게 된다. 피스톤 핀은 보통 중공으로 되어 있으며, 같은 중량이면 외경이 큰 쪽이 굽힘에 강하지만 핀이 끼워지는 피스톤 핀 보스(Piston Pin Boss)가 커져 결과적으로 핀에서 피스톤 헤드까지의 길이(Compression Height)까지 길어져 무겁게 된다. 이러한 점을 배려하여 핀은 피스톤의 크기와 균형이 맞는 굵기로 되어 있다.



## 5. 커넥팅로드(Connecting Rod)

- (정의) 커넥팅 로드(Connecting Rod)는 피스톤과 크랭크샤프트를 연결하는 봉으로 피스톤의 왕복운동을 크랭크샤프트를 회전운동으로 바꾸는 기능을 한다.

이 때문에 커넥팅 로드에는 피스톤 핀을 축으로 진자(振子)처럼 좌우로 흔들면서 전체가 상하로 움직이는 복잡한 움직임(角運動)을 하기 때문에 밸런스 웨이트(Balance Weight) 등으로 간단히 수정하기 어려운 관성력(慣性力)이 발생한다. 이때 커넥팅 로드의 중량이 관성력에 기여하는 비율은 왕복운동 1에 대해 회전운동이 거의 2의 비율이 된다. 그 관성력을 작게 하여 베어링의 하중 부담을 줄



이고 진동을 작게 하기 위해서는 가능한 한 가벼운 것이 이상적이거나 피스톤에 걸리는 큰 팽창력을 크랭크샤프트로 전달하기 위한 강도(強度)도 필요하다.

- **(재질)** 커넥팅 로드는 특수강의 주조(鑄造) 또는 단조(鍛造)에 의해 제작되고, 실용차용(實用車用)은 만들기 쉽고 저렴한 주조품이 사용되는 경우도 있으나 보다 강도가 높은 단조품이 사용되는 것이 일반적이다. 경주용차에는 고가이지만 가볍고 강한 티탄 합금이 사용되고 있으며, 이는 고성능 엔진에도 적용(適用)되고 있다.

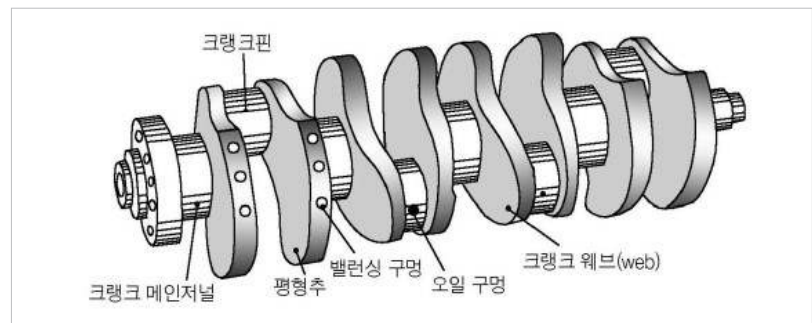
고성능 엔진의 크랭크샤프트는 보다 강하고 강성이 높은 단조품이나 스틸을 단조하는데 비용이 소요되기 때문에 보통의 엔진은 주조품이다. 주물(鑄物)로 만들어졌다고 하면 신뢰가 가지 않지만 카운터 웨이트의 미묘한 형상을 정확하게 만드는 것이 가능하기 때문에 조금이라도 필요 없는 부분은 자르고 가볍게 하여 일반적인 엔진에 사용하기에는 문제가 없다.
- **(형상)** 로드의 단면 형상은 길이 방향에서 보았을 때 I자(字)로 보이는 것과 H자(字)로 보이는 것이 있으며, 각각 I형 단면, H형 단면이라 불린다. 같은 강도의 경우 I형 단면 쪽이 가볍기 때문에 일반적으로 적용되고 있으며, H형 단면은 핀에 대하여 축 방향의 굽힘에 강하기 때문에 경주용차의 엔진에 사용되는 경우가 있으나 H형은 핀의 축 방향에 비해 직각 방향의 굽힘에 약하여 힘이 축의 중심부로 집중되기 때문에 좋지 않다는 사람도 있다.

커넥팅 로드의 길이가 길수록 피스톤의 흔들림은 적다. 이것은 크랭크샤프트가 회전했을 때 피스톤에 걸리는 힘을 종방향(縱方向)과 횡방향(橫方向)으로 나누어 생각할 경우 커넥팅 로드 길수록 횡방향 힘의 비율이 작아져 진동 및 마찰 모두 작아지기 때문이다. 그러나 커넥팅 로드를 길게 한다는 것은 엔진이 크고 무거워지기 때문에 바람직하지 않다. 일반적으로 커넥팅 로드의 길이는 피스톤 핀의 중심에서 크랭크 핀 중심까지의 길이(Center Distance)라고 하며, 이 길이는 스트로크의 2배 전후이다.
- **(구조)** 커넥팅 로드와 피스톤 핀 축 끝을 그 크기에 따라 스몰 엔드(Small End), 크랭크 핀 축의 끝은 빅 엔드(Big End)라 부르며, 스몰 엔드는 부싱(Bushing)을 사이에 두고 피스톤 핀으로 피스톤에, 빅 엔드는 베어링(Bearing)을 사이에 두고 크랭크 핀에 장착되어 있다. 카운터 웨이트는 피스톤의 왕복운동과 크랭크샤프트의 회전운동



양쪽의 질량에 대하여 균형을 맞추고 있다. 균형을 맞춘다는 것은 단순한 계산으로는 피스톤이 설치된 쪽과 카운터 웨이트 측의 각각의 질량에 의해 발생하는 관성력이 1대 1의 관계가 되는 것이지만 가능한 한 카운터 웨이트를 작게 하여 크랭크샤프트를 가볍게 하기 위해 저널의 하중 부담 능력이 허용되는 범위 내에서 카운터 웨이트는 가볍게 만들어져 있다.

## 6. 크랭크축(crankshaft)



- **(정의)** 증기 기관이나 내연 기관 등에서 피스톤의 왕복 운동을 회전 운동으로 바꾸는 기능을 하는 축을 말한다. 크랭크샤프트(crankshaft)라고도 한다. 크랭크는 크랭크축, 크랭크 암, 크랭크핀으로 구성되는데, 피스톤의 왕복 운동은 연결봉으로 크랭크에 전해진다. 크랭크핀은 크랭크 암의 끝을 반지름으로 하는 원운동을 해 크랭크축을 회전시킨다. 실린더가 여러 개 있는 엔진에서는 크랭크 암은 서로 어떤 각도만큼 어긋나게 해서 만들어지는데, 이 각도를 크랭크 각이라 한다. 실린더의 작용으로 생기는 관성이나 토크의 불균형을 줄이기 위해서이다.
- **(필요조건)** 커넥팅-로드와 피스톤은 크랭크축에 의해 매 행정마다 가속/감속을 교대로 반복한다. 따라서 크랭크축에는 큰 가속력이 작용하며, 이 외에도 원심력이 작용한다. 여러 종류의 힘이 작용하기 때문에 크랭크축에는 휨과 비틀림이 발생하고 또 회전 진동의 영향을 받는다. 그리고 마찰부분 즉, 저널(journal)들은 추가적으로 마멸되게 된다. 크랭크축은 이와 같은 가혹한 부하조건을 감당하기 위해 충분한 기계적 강도와 내마멸성, 그리고 탄성이 있어야 한다.



- **(재료)** 크랭크축의 재료로는 합금강(예 : 34CrAlMo5) 또는 질화강(예 : 36CrNiMo4) 그리고 구상흑연주철(예 : GGG-70) 등이 주로 사용된다.

크랭크축은 무엇보다도 내피로성과 내마멸성이 있어야 한다. 강(steel)을 재료로 하는 크랭크축은 형타단조(型打鍛造 : drop forging) 방식으로 제작되므로 기계적 강도가 우수하다. 반면에 구상흑연주철을 재료로 하는 경우엔 진동흡수성이 우수하다.

- **(구조)** 크랭크축에는 일체식과 조립식이 있으며, 자동차용은 주로 일체식이 사용되나 소형 2행정기관에서는 조립식을 사용하기도 한다.

크랭크축은 실린더블록에 지지되는 메인-베어링-저널(main bearing journal) 그리고 커넥팅-로드 대단부와 연결되는 핀-저널이 크랭크-암(arm)에 의해 연결되어 있으며, 암에는 밸런싱(balancing)용 평형추가 암과 일체로 되어 있다. 메인-베어링-저널들은 모두 동일 평면의 일직선상에 위치하며 메인-베어링-저널에서 핀-저널로 오일통로가 뚫려있다. 메인-저널과 핀-저널은 표면경화시킨 다음에 정밀 연삭한다. 출력축 플랜지에는 대부분 플라이휠이 설치되고, 그 반대 측에는 크랭크-기어(배전기, 오일-펌프, 캠축 등의 구동용)와 크랭크-풀리, 그리고 진동댐퍼 등이 설치된다.

크랭크축은 동적 밸런싱(dynamic balancing)이 되어 있어야 한다. 무게편차를 보상하기 위한 구멍을 평형추의 특정 위치에 뚫어 밸런싱하는 방법이 주로 사용된다.

크랭크축의 형상은 다음에 의해 결정된다.

- |          |            |
|----------|------------|
| ① 실린더 수  | ② 메인-베어링 수 |
| ③ 행정의 크기 | ④ 실린더 배열   |
| ⑤ 점화순서   |            |

예를 들면 직렬 4기통기관에서는 크랭크-핀의 각도가 180°, 직렬 6기통기관에서는 120°로 배열되어 있다.

## 조사결론

제작사 및 전문업체 측 소견, 각 위원별 의견을 종합한 손상조사위원회의 손상원인에 대한 결론은 다음과 같다.

- 손상위원들이 310함 No.3 주기관에 대한 면밀한 기록 확인 및 기관일지, 경위서, 정비지침서, 수리이력, 점검업체 소견서, 학계이론 등을 활용하여 다각도로 사고를 조사한 결과,



- No.3 주기관 A1 Cyl. Head의 흡기 밸브 스템 절손되어 밸브페이스(밸브 하부)가 피스톤 상부와 헤드 밀면 충격으로 주기관 1차 손상 발생된 것이며,

\* STX엔진 손상 추정 원인

다. 주기관 손상 관련 업무 질의 회신

- 1) A1 기통 이음 발생과 현 손상(로커암 브릿지, 스프링, 밸브) 간 연관성 여부
  - 가) 엔진 운전 중 이음 은 개인마다 정도의 차이가 발생할 수 있음
  - 나) 운용자의 의견을 반영하여 엔지니어 경험과 지식을 토대로 운전 데이터와 점검 내용을 통해 판단함
- 다) 당 손상은 밸브 파손으로 인한 손상으로 밸브 파손의 일반적인 원인은 재질 불량, 윤활 불량, 불완전 연소, 밸브 간극 불량, 콜렛 불량 등 다양한 요인으로 발생될 수 있음

- No.3 주기관 A1 Cyl. 밸브 절손 원인으로 재질불량, 윤활불량, 불완전 연소, 밸브간극불량, 콜렛불량 등 다양한 원인을 검토하였으며, 기관 손상이 진행된 상태에서 정확한 원인 확인에 어려운 점이 있으나,
- 재질불량에 의해 밸브 절손이 진행되어 발생된 손상으로 추정 되며,
- No.3 주기관 A열 Turbo Charger Blade, CAM Shaft 및 A8 Cyl. Head, Piston, Con-Rod, Liner, Crank Shaft Ballance Weight 손상은 A1 Cyl. 손상 시 누설된 냉각수가 유입되어 Water Hammer 현상으로 발생된 손상으로 확인됨.
- 이러한 사고는 불가항력적인 것으로 운용자들로서는 손상에 대한 적절한 대처가 실제 불가능한 상태이며, 초기 A1기통 알람 발생 후 당직자를 배치하여 점검중 발생한 사항으로 초동대처가 미흡하였다고 볼 수 없으나,
- 손상개소가 A1, A8기통, 터보차저, 캠 샤프트 등으로 많아 향후 장비운용에 대한 정비 및 운용 시 더 세심한 주의를 촉구하는 차원에서 기관부(기관장, 정비팀장, 전기팀장, 보수팀장) 직원들의 대한 목포해양경찰서 장비관리과장 주관 교육(재발 방지)이 필요할 것으로 판단됨.

## 조치 사항

- STX전문업체 총분해수리 실시

## 창 정비 결과

- 총분해수리 종료 후 시운전 결과 기타 특이사항 없음.



**장비재원**

장비명 MCAM 시스템

제작사 MEST

모델 MCS-5



## 기관제어 감시계통 복구 수리

통영서  
308함

### 고장개요

- 가. 출동임무 수행 중 제어실 MCAM 시스템 모니터 화면 표출 불가 현상 발생
- 나. 제어실과 조타실 MCU 교체 후 시운전 실시
- 다. 시운전 결과 제어실 MCU 불량 확인

### 고장원인

- 가. MCU 장기사용으로 인해 내부 메인보드 고장 발생
- 나. 모니터 직류 전원의 영향으로 모니터 손상 확인
- 나. 전문업체 문의한 결과 수리는 불가하며 신품으로 교체 필요

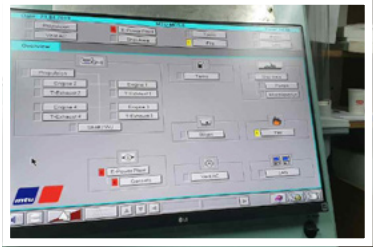
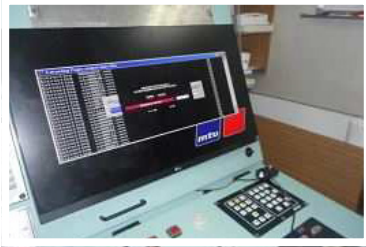
### 자체점검 및 조치사항

- 가. 현상태
  - 제어실 MCAM 시스템 모니터 화면 표출 불가
- 나. 자체 점검결과
  - MCU, 모니터와 연결된 케이블 등 전반 점검 및 제어실과 조타실 MCU 교체 후 시운전 결과 제어실 MCU 불량 확인
  - 전문업체 문의 결과 MCU 내부 메인보드 고장이며 신품 교체 필요



다. 조치결과

- MCU 내부 메인보드(MPU33) 교체
- MCS 프로그램 설치
- 모니터 신품 교체(DC 24V ⇒ AC 220V)



## 재발방지대책

- 가. 내부 회로 및 카드 분리 시 반드시 전원 차단 후 정비
- 나. MCAM 시스템 작동상태 주기적 점검
- 다. MCU 및 각종 카드 주기적 소재 및 접촉상태 점검

## MCAM 주요 구성부

- 가. 조타실 콘솔(Bridge Control Console)
  - 추진제어체계 RCS
  - 추진제어반 PAN : 시동, 정지, 비상정지, 클러치 연결/분리 등
  - 제어 및 감시 컴퓨터 장치 및 주변기기
  - 제어 및 감시용 제어반 : 경보 인지, 조광 램프 테스트 등
- 나. 기관사무실 콘솔(Machinery Office Room Console)
  - 제어 및 감시 컴퓨터 장치 및 주변기기
  - 경보 및 저널 인쇄 프린터
  - 보기류 및 통풍기 원격 제어반
  - 주기 및 발전기 비상정지 버튼
- 다. 기관장실 집합 경보반
- 라. 신호 입출력 상자(PIM)
- 마. 기관 전령 수신기



RCS 컨트롤 레버



엔진 RPM 게이지



축 RPM 게이지



PAN (Control Panel)



MCU (통제 컴퓨터 장치)



PPS (프로그램 가능한 처리장치)



PIM (주변 연동 장치)



모니터



키보드



트랙 볼



LOP (기관실 엔진 컨트롤 패널)



ECU (Engine Control Unit)



EMU (Engine Monitoring)



## 기대효과

MCAM 시스템에 대한 정비 노하우 획득



#### 장비재원

장비명 CPP KAMEWA-S68101

제작사 KAMEWA (스웨덴)

형 식 -프로펠러 (허브치수) 55KS/4  
(지름) 1700mm  
(재질) NIAL-BONZE  
-유압유탱크 (용량) 420L  
-전동기 440V 60Hz 2.46KW



## CPP YOKE 및 SEAL 교체 수리

제주서  
302함

### 고장개요

가. 해상경비 임무수행 중

양현 주기관 RPM 800 상태에서 우현 CPP(가변 피치 프로펠러)

유압유 탱크 저유준 경보가 발생함

※ MCS상 경보 : CPP HYDR OIL LEVEL TOO LOW

나. 탱크 측 점검 결과 \*OD-BOX측에서 유압유가 다량 누유 됨을 확인함

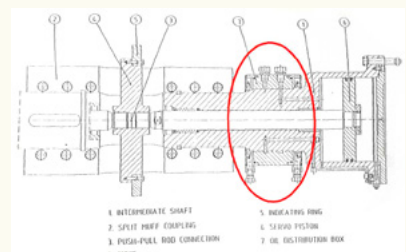
#### ※ 유압유 분배 장치(OD-BOX)란?

유압유 분배 장치(OIL DISTRIBUTION BOX)는 피치 조절기구 중 유일하게 회전하지 않는 장치로서, 유압유 분배 장치 내부의 통로에 의하여 유압유를 피스톤의 양쪽 중 원하는 곳으로 보낼 수 있다.

OD-BOX측 누유 확인(장비)



OD-BOX측 누유 확인(도면)





## 고장원인

가. 우현 CPP의 피스톤 로드와 요크 커플링 폴립현상으로 인하여 유압유 누유 확인

나. 우현 CPP OD-BOX 내 SEALING에서 누유 확인

## 자체점검 및 조치사항

가. 함정 자체점검

- 우현 CPP 유압유 탱크 내 유압유 잔량 확인 결과 다량 누유로 인하여 미량의 유압유 확인함
- 즉시 우현 주기관 엔진 정지 후 누유 부분 확인 결과 OD-BOX측으로 확인됨
- 전문기술진으로부터 협조 요청

나. 외주업체 수리사항

- 머프 커플링 볼트 취외 후 머프 커플링 분리
- 포지션 로드 측 \*SEALING RING 분해 완료 후 YOKE 분해
- 푸시풀 로드 SEALING RING 분해
- 포지션 로드 측 SEALING RING 신품 교체
- 푸시풀 로드 SEALING RING 신품 교체
- 신품 YOKE 교체 후 포지션로드 및 푸시풀로드 측과 연결
- 로드와 YOKE 고정(록타이트 243 이용)
- 해상 시운전 실시 결과 유압유 누유 여부, 피치 전·후진 상태, 중립 작동상태 특이점

### ※ SEALING RING란?

SEALING RING은 베어링면의 흠에 위치하고 있으며, 해수의 침입이나 오일의 누설을 방지하기 위함이다. 한 개의 O링으로 구성되어 있으며 프로펠러의 날개의 하부와 허브 몸체 사이에서 씰링 작용을 함.



## 수리진행과정



① 수리 전 상태확인



② 머프커플링 해체



③ SEALING RING 교체



④ YOKE 록타이트 도포



⑤ ROD 와 YOKE 결합



⑥ 해상시운전 결과 특이점 무

## 재발방지대책

장비 고장 정도를 판단하기 위해 기관실 내부 순찰 시 우현 CPP 측 육안검사가 반드시 필요하며, 앞으로 정기적인 점검이 요구 됨

## 기대효과

가. 우현 CPP YOKE 및 SEAL 교체 수리하여 시운전 실시한 결과 수리 전 OD-BOX측 다량의 유압유가 누유되었던 상태에서 수리 후 정상 상태로 확인됨

나. CPP에 대한 정비 노하우를 쌓는 등 효율적인 장비관리 체계를 확립하였고, 수시 점검을 통해 2차 사고 발생을 사전에 방지함으로써 효율적인 경비합정 운용에 기여

## 일반이론

### 가. 가변 피치 프로펠러(CPP)

- 가변 피치 프로펠러(CPP)의 정의

가변 피치 프로펠러(CPP)는 선박 추진기의 한 종류로써, 엔진이나 감속기어의 회전 방향의 역전없이 추진기 날개를 유압력으로 각도를 변환하여



함정의 진행 방향을 전진 및 후진 또는 정지 상태로 운용 가능한 추진 장치임

분리된 프로펠러 브레이드와 취부된 프로펠러



- 가변 피치 프로펠러(CPP)의 특성
  1. 엔진 부하제어 및 연료 소비량 조절
  2. 후진을 위한 역전 기어 불필요
  3. 날개 각도 중립 운전, 정회전수 운전이 가능
  4. 고정 피치 프로펠러(FPP)대비 추진 성능 향상
  5. 선체 저항에 따른 운항 및 연료 소비량의 절감
  6. 프로펠러 날개(조립형)
  7. 제한 사항: 구조가 다소 복잡하며 중량 증가 및 고가

#### 나. 가변 피치 프로펠러(CPP)의 유압계통

- 오일의 주요 흐름은 펌프에서 서어보 펌프 조절밸브(V3)와 부스터 펌프 조절밸브(V2)를 거친 후 유압유 분배 장치로 가서 주 실린더로 들어간다. 작고 느린 조정은 서어보 펌프 조절 밸브(V3)으로 수행
- 크고 급속한 조종시에는 부스터 펌프 조절 밸브(V2)가 추가로 열리게 된다. 이 경우에는 서어보 펌프와 부스터 펌프 두 대 모두 주 실린더에 연결, 부스터 밸브는 조종 오차가 약 5%초과 할 때 작동

#### 다. 가변 피치 프로펠러(CPP) 작동수칙

- 작동전 검사

- (1) CPP POWER PACK 유준 검사 및 필요시 보충
- (2) 프로펠러 허브 압력 유지용 펌프 운전상태 및 압력 점검
- (3) 프로펠러 축의 운전 작동 전(주기관 작동 전)에 축잠금장치 (Shaft Locking Device) 확인 및 Locking 시 해제
- (4) 기관조종실(MCR) 및 조타실의 원격조종반 전원공급상태 점검



(5) Shaft Sealing Head Tank 청수 가득 있는지 확인

(6) 선미관 냉각용 해수 밸브 열려 있는지 확인

- 기관조종실 작동

(1) CPP 유압펌프 작동 및 유압 점검

(2) Pitch 변경 조종 확인

(기관조종실의 원격조종반을 이용할 수 없을 시에는 국부작동)

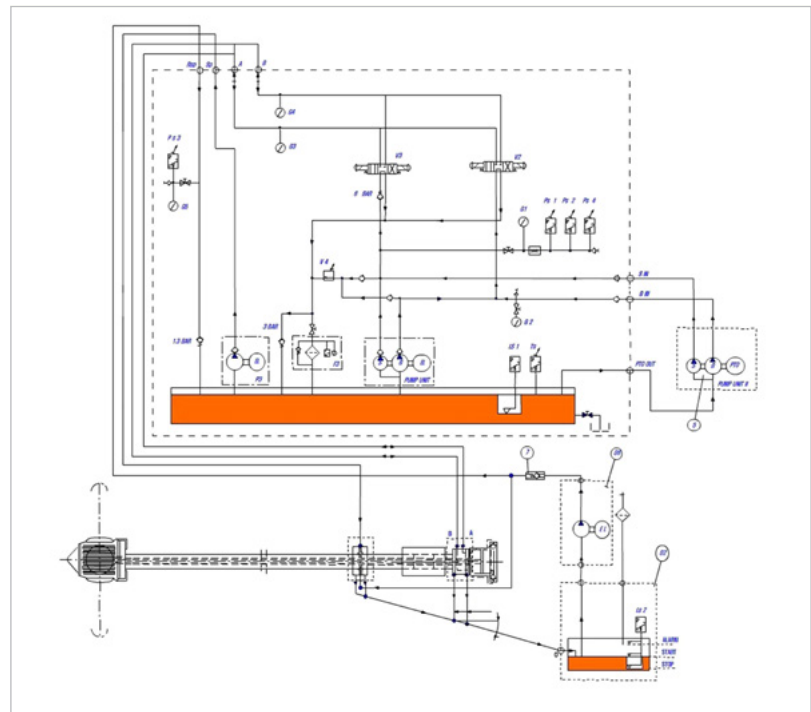
※이 때, Pitch지기시의 작동상태 확인 및 Pitch를 '0'위치

(3) 조종반(Control Stand)를 조타실로 전환

(4) 조타실 전달“프로펠러 축 운전준비 완료”

(5) 프로펠러 축이 운전(주기관 운전)후 감속기어의 PTO 구동 CPP 유압펌프의 압력 점검

분리된 프로펠러 브레이드와 취부된 프로펠러





**장비재원**

장비명 GYRO-COMPASS

제작사 C-PLATH(사라콤)

모델명 NACIGAT-II

제조년도 1994년



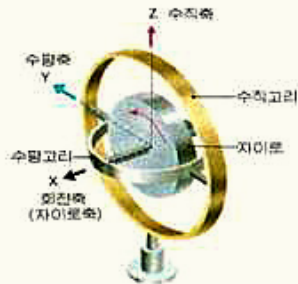
## 노후화된 자이로 콤파스 교체 수리

울산서  
300함

### 고장개요

- 가. 1994년 설치 운영중이던 항해 자이로 장비로서 노후로 인하여 출동경비 항해중 자이로의 진북을 나타내는 성능이 떨어졌으며, 발생한 오차로 인하여 레이더(R/D) 등 항해장비에 오류가 발생하여 항해에 지장을 초래함
- 나. 2016년 3~4월 출동 경비 중 오차의 발생 주기가 잦아지며, 오차범위 또한 커져 점검수리가 필요하다고 판단되어 수리 요청

### 고장원인



- 가. 자이로는 옆의 그림과 같이 팽이가 회전하여 회전축이 어디서든 진북을 나타내주는 장치임
- 나. 자이로 회전부 접촉부분이 마모로 인하여 회전력으로 얻는 진북의 침로를 나타내질 못하였으며
- 다. 회전부 교체주기인 4~5년이 도래하여 교체수리를 요청하였으나, 장비의 노후로 인하여 교체부품이 단종되었으며, 대체 호환부품도 구하지 못함



## 자체점검 및 조치사항

가. 자이로는 가능한 중단 없이 계속 작동되어야 하며, 출항 전 각종 장비와 방위를 비교하여 정확성을 확인하여야 함

나. 자이로의 오차 발생시, 오차를 수정하기 위하여 안전속력으로 기동하며, 자기컴파스와 레이더(R/D)의 방위를 측정후 비교하여 수정함

## 재발방지대책

가. 자이로는 1년마다 분해검사를 실시하여 상태를 점검 확인하여야 하나 회전부는 교체주기인 4~5년에 맞춰 교체를 하여야함

나. 필수 부품인 자이로 회전부를 미리 확보하여 부품이 단종되어 수리가 불가능한 경우를 사전에 차단함

## 기대효과

기존 장비제거



항해장비와 연동



신품 설치완료



가. 기존 자이로는 운영방식이 아날로그식이여서 새로 설치된 디지털 항해장비들과 연동이 원활히 되질 않아 사용에 어려움이 있었으나 새로운 자이로로 교체이후 각종 항해장비와 원활하게 연동되어 활용도가 높아 졌으며 함정 항해의 안전성 향상에 기여함

나. 부피가 크고 무겁던 아날로그식 장비를 작고 경량화된 디지털 장비로 교체하여 설치되었던 공간을 활용 할 수 있음

다. 신품 장비교체로 인하여 부품조달이 원활하게 되어 고장 시 신속한 수리가 가능하며, 비용 또한 저렴하여 관리유지에 효과적임



**장비재원**

장비명 추진기

제작사 HAMILTON

모델 HT1000



## 추진기 자동 조타장치 수리

태안서  
319함

### 고장개요

- 가. 연안구역 경비 중 NO.4 워터제트 간헐적 타기자동 불능 발생
- 나. 타기 오작동시 한쪽으로 타가 치우쳐서 고정되는 현상 발생

### 고장원인

장기 사용으로 인한 NO.4 워터제트 STEERING SENSOR(115496 X 2) 고장에 따른 타기 오작동 발생 및 RCS Program 검사 필요

### 자체점검 및 조치사항

- 가. 워터제트실 워터제트 조향장치 센서 수치 이상유무 점검
  - 나. 자동 조타장치 및 워터제트 조향장치 프로그램 전방 재설정
  - 다. No.4 좌현 엔진 워터제트 조향센서 위치 교환 및 컨버터 신품 교환 후 스티어링 프로그램 재설정 등
- 
- 가. 장비 작동 원리 와 관리에 대한 올바른 이해
  - 나. 동일 장비 및 고장에 대한 신속한 대처
  - 다. 고장 사례별 공유로 장비관리 및 경비 작전 태세 향상



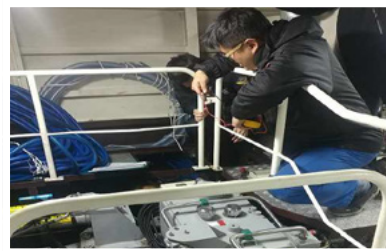
## 수리사항



자동조타장치 및 워터제트장비 점검



자동조타장치 및 워터제트 조향장치 센서 점검



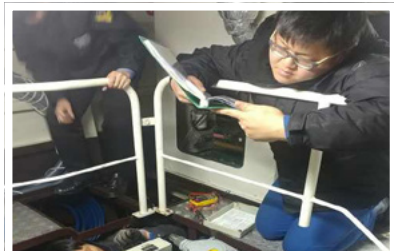
워터제트 조향센서 위치교환 작업실시



워터제트 조향센서 위치교환 작업 완료



워터제트 컨버터 신품 세팅 작업



워터제트 컨버터 신품 교환 작업



# 07

## 함정 장비 고장 사례 집

### 100톤급 함정 장비 고장 사례



부안서	112	주기관 실린더 헤드B열 파공 수리	200
부산서	125	주기관 청수예열기 히터 자체 수리	203
부산서	120	주기관(CRM) 커넥팅 로드 교체 수리	209
창원서	122	우현 주기관 실린더 헤드 교체 수리	213
여수서	115	발전기 AVR 연결단자 불량으로 전압 헌팅	218
울산서	130	양현발전기 원동기 충분해 수리	221
포항서	108	좌현 라다 축 보강 수리	223



#### 장비제원

장비명 주기관

제작사 이탈리아

형식 18기통 W형(40°간격배열)

모델 CRM 18D/SS-BR2

출력 2100HP AT 2120RPM



## 주기관 실린더 헤드B열 파공 수리

부안서

112정

### 고장개요

가. 주기관 저속(900RPM)과 전속(2100RPM)을 반복적으로 변경하게 되면 재질(경합금) 특성상 냉각수의 온도 변화가 심화 되고

나. 엔진 노후로 인해 실린더 헤드의 팽창과 수축이 반복 → 헤드와 실린더 이음부분(용접부)에서 누수 현상이 발생함.



누수된 11번 실린더

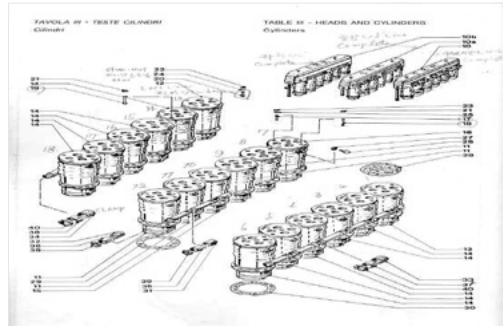


## 고장원인

- 가. 다른 엔진과 달리 무게를 줄이기 위해 헤드 및 배기매니폴드 등 부품들을 열팽창과 수축이 심한 알루미늄으로 제작
- 나. 오랜 사용으로 인한 노후화, 경비 운용 특성상 무리한 엔진의 사용으로 자체 진동도 심해져 실린더 파공이 빈번하게 발생



T/C 분해 작업



T/C 분해 작업

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 현상태

CRM 18D/SS-BR2 엔진은 복잡한 구조로 인하여 누수 부위 발견 및 응급 처치가 어려운 상태이며 특히 B열에서의 파공 시 흡·배기 라인에 의해 장소가 협소 헤드를 열어 분해 수리를 진행해야 하는 상태임

### 나. 조치사항

- 주기관을 전속에 가까운 RPM 사용 시 잦은 순찰로 팽창 탱크의 레벨 변동 유무를 수시로 확인
  - 파공을 발견 시 엔진을 정지 후 터닝을 시작 하여 피스톤과 실린더가 눌러 붙지 않도록 조치
  - 파공부위에 긴급 처치로 냉각수를 모두 드레인 시키고 건조시킨 후 데프콘 등을 이용하여 파공 부위의 응급 처치를 진행 하도록 하며
- ※ 만약 함정이 기울어 있어 냉각수가 배출 되지 않을시 데프콘을 사용하여 응급 처치가 불가능 하므로 패킹과 호스 밴드를 이용하여 응급 처치



## 기대효과

- 가. 현재 100톤 급 주기관 CRM 엔진은 부속이 대부분 이탈리아에서 수입되는 고가의 부품으로, 교체 시 많은 예산 소요
- 나. 함정 기본 운영 방침에 따라 운용하는 것이 함정 자체내에서 응급 처치 시 누수를 막고 2차 사고를 예방할 수 있음

## 재발방지대책

- 가. 정기 수리 시 보다 정밀한 수압테스트 및 보강제로 덧대어 누수부 발생 부위 보강이 요구됨
- 나. 112정 주기관은 CRM 18D/SS-BR2엔진으로 시동 후 50℃, 이상이 되어야 정상적인 운전이 가능하기 때문에 50℃ 도달 시 까지 저속도로 운전
- 다. 긴급상황 발생 시 지체 없이 출항을 하거나 적정온도 미달 상태에서 무리한 운항은 엔진 전체에 큰 무리를 주어 장비 성능 저하의 원인이 됨
- 라. 시동 전 사전 검사를 통해 연료, 윤활유, 냉각수 회로에서 누설 하는 곳이 없는지를 수시로 점검



**장비제원**

장비명 주기관

제작사 이탈리아

형식 18기통 W형(40°간격배열)

모델 CRM 18D/SS-BR2

출력 2100HP AT 2120RPM



## 주기관 청수예열기 히터 자체 수리

부산서  
125정

**고장개요**

- 출동임무 종료 전용부두 입항하여, 육전 전환시 누전으로 인한 차단현상 발생

**고장원인**

- 육전누전으로 인한 차단 현상 발생의 원인 점검 한바, 주기관 청수예열기 온도(45~55℃)는 정상으로 작동하고 있으나, 히터 코일 손상으로 인한 절연불량

**자체점검 및 조치사항**

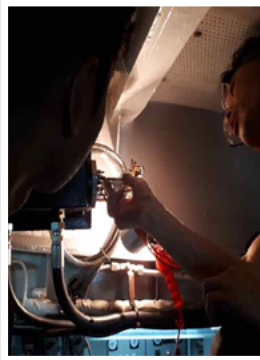
- 배전반에서 의심되는 개소 차단하며 육전이 차단되는 현상 발생 확인
- 우현 주기관 청수예열기 히터 절연저항 측정결과 0Ω 확인
- 경찰서 보급계 예비품 확보하여 자체 정비 실시(신품 히터로 교체)



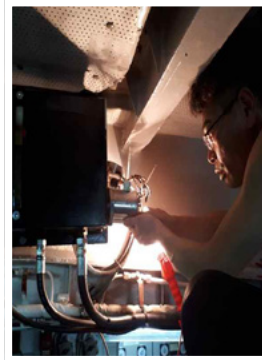
• 작업 사진



손상 히터 취외



히터 결선



신품 히터 취부



손상된 히터

## 재발방지대책

- 장시간 사용되는 전기기기 절연저항 측정값 주기적 측정으로 고장개소 사전파악 정비

## 기대효과

### 가. 절연저항의 측정

절연저항은 전기기기 성능의 고장여부를 판정하기 위한 중요한 자료이다. 절연재료는 열, 습기, 진동, 기계적 손상, 먼지, 산 또는 알칼리에 의한 화학변화, 염분, 공기 또는 기름 등의 영향으로 해가 지날수록 열화되어 간다. 열화의 정도는 발전기의 주위상태, 운전방식, 부하조건, 취급상의 주의 정도에 따라 좌우되며, 세심한 주의를 하더라도 산화와 침식은 열화의 원인이 된다. 이와 같은 이유에서 어떤 시간을 두고 절연저항을 측정하는 것은 절연 상태와 그 기기가 사용에 지장이 없는지 있는지를 판단하기 위해서도 중요하며 절연저항의 측정 시에는 다음 사항을 고려하여 행한다.

- 1) 일정한 기간을 두고 정기적으로 행한다.
- 2) 측정은 기기의 정지직후 따뜻한 상태에서 행한다.
- 3) 기기가 과부하 운전 또는 습기, 수분, 해수, 분문, 먼지 등에 노출되어 있을 때는 자주 측정한다.
- 4) 기기가 열을 받았을 때의 측정 외에도 실온에서 정지중에도 때때로 측정한다.
- 5) 예비품이나 보관중인 완성품도 실온에서 절연저항을 측정한다.



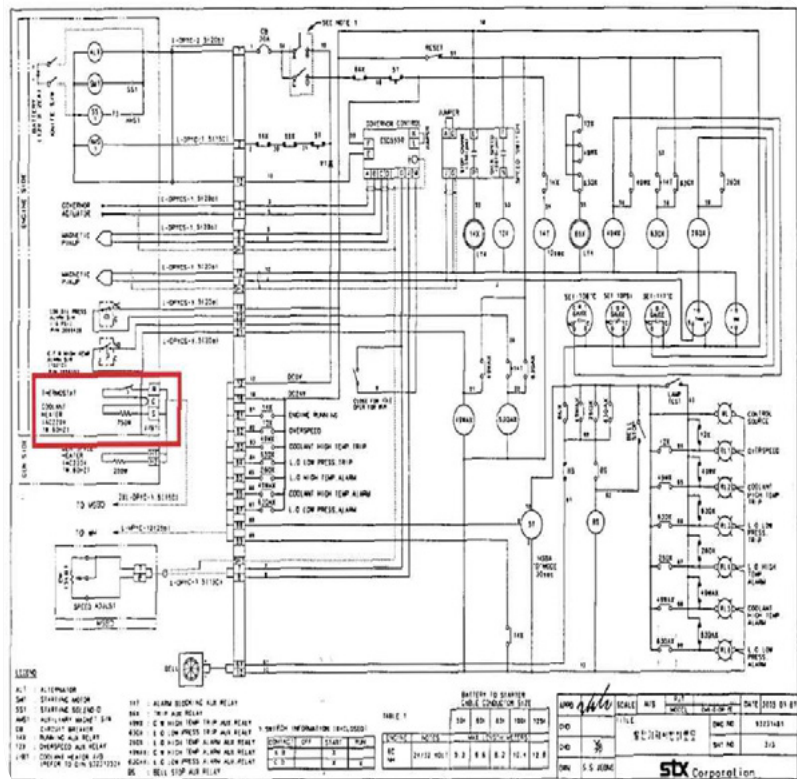
나. 절연저항 측정순서(DC 500V 메터를 준비한다.)

- 가능한 전기접속을 분리한다.

보통은 전원스위치, 차단기, 접속기류를 개방함으로써 접속이나 부속기기를 분리시킬 수 있으나, 측정치가 운전에 안전한 값 이하라고 판단될 경우에는 단자부에서 케이블을 모두 풀고 측정해 본다. 기기의 절연저항은 케이블류에 비하면 높은 경우가 많으므로 측정치의 의미가 없을때도 있다. 기기자체 측정치가 그래도 낮을 경우에는 저저항의 개소가 발견될 때까지 내부 접속을 하나하나 풀면서 진행한다.

다. 절연불량인 경우와 측정

- 1) 절연저항의 원인이 과도한 습기의 존재, 절연물의 표면에 응축한 수분 또는 외적 조건에 의한 것이라고 판단될 경우에는 그대로 청소 건조를 하여 충분한 값이 되었음을 확인하고 운전에 들어갈 수 있다.
- 2) 앞에 언급한 측정치와의 차가 습기 등을 고려하여도 급격히 커졌을 경우에는 절연저항 측정순서에서 언급한 대로 순서적으로 분리해가면서 절연저항 값이 낮은 원인을 찾아내어야 한다.





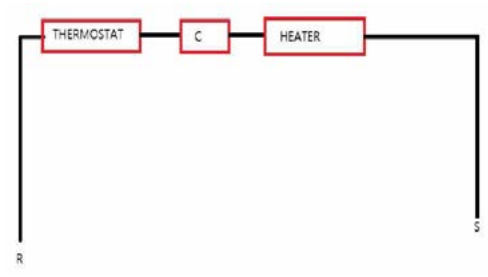
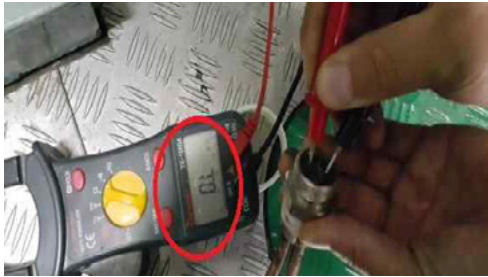
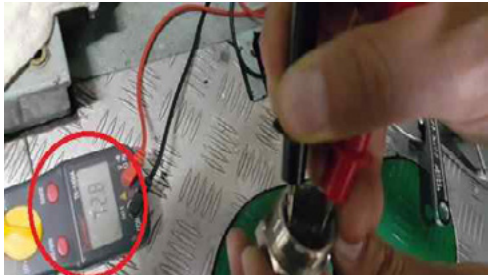
※ 도면에 표시된 부분이 청수 예열기 회로를 나타냄




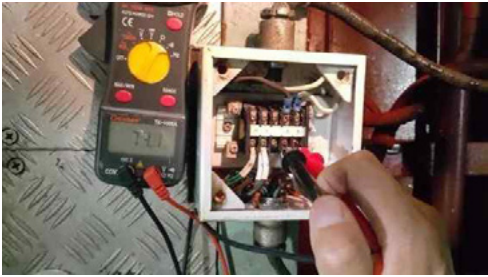
## 경비정 발전기 예열 정비법

순서	작업 사진	절차
1		<p>청수 예열기 HEATER Part Name확인</p> <p>※ 코일 작동 전원 : 220V</p> <p>용량 : 750W</p> <p>코일저항값 : 약70Ω</p> <p>코일소손시 저항값 : 무한대 (측정불가)</p>
2		<p>THERMOSTAT Part Name 확인</p> <p>※ 청수 온도를 감지하는 부품으로 평상시에는 B접점으로 HEATER에 작동전원을 공급하다가 설정온도 도달시 A접점으로 변하여 HEATER 전원 차단</p>
3		<p>사진 좌측 예열기 코일 위치</p> <p>사진 우측 THERMOSTAT 위치</p>
4		COOLANT HEATER J/B 박스
5		<p>청수 예열기 HEATER는 220V가 공급되며 커넥트를 반시계 방향으로 돌려 취외후 HEATER 반시계 방향으로 돌려 취외</p> <p>※ 배전반 청수예열기 회로차단기 차단후 작업 실시</p> <p>HEATER 취외시 청수누수 되므로 주의하여 취외 실시</p>



순서	작업 사진	절차
6		<p>THERMOSTAT 220V가 공급되며 커넥트를 반시계 방향으로 돌리면 취외 가능</p> <p>※ 배전반 청수예열기 회로차단기 차단후 작업 실시 THERMOSTAT 취외시 청수 누수되므로 주의하여 취외 실시</p>
7		<p>R단자 및 S단자 : 220V전원공급단자 C단자 : 공통단자 G단자 : 접지</p> <p>※ R단자 및 S단자 테스트기 저항값 측정시 현재 0Ω으로 코일 소손상태</p>
8		청수예열기 회로도
9		<p>HEATER 소손여부 측정은 테스트기를 저항값 측정모드로 선택 한뒤 측정하면 현재 0Ω으로 코일 소손된 상태임</p>
10		<p>신품코일 저항값 측정시 측정값 72.8Ω</p>



순서	작업 사진	절차
11		<p>THERMOSTAT은 저항값측정시 B접점으로 정상값 0Ω</p> <p>THERMOSTAT은 소손시 저항값 무한대 지시</p>
12		<p>COOLANT HEATER J/B 박스 내부 R단자 및 S단자 테스터기 저항값 설정후 측정시</p> <p>청수예열기 회로는 직렬회로이므로 코일저항값 약 74.1Ω으로 정상 상태</p>



**장비제원**

장비명 주기관

제작사 CRM

형식 18기통 W 타입

모델 CRM 18D/SS-BR2

출력 1910 HP AT 2050



## 주기관(CRM) 커넥팅 로드 교체 수리

부산서  
120정

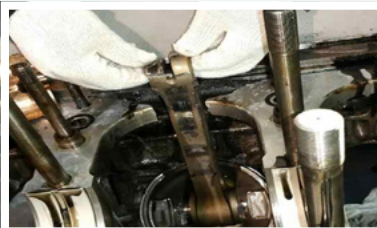
**고장개요**

가. RPM 1500으로 정상 운전 중 , 갑작스런 선체 진동 및 우현주기관 윤활유 분출로 긴급 정지

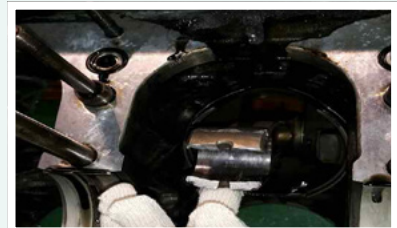
나. 자체 원인규명 결과 상부 크랭크케이스 균열 및 누유 확인

다. 상·하부 크랭크케이스 손상 확인

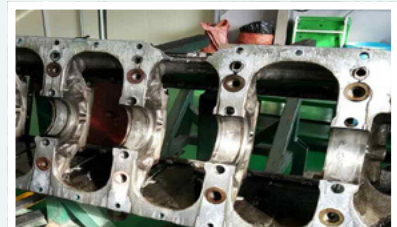
• 현장 조사 사진



커넥팅로드 대단부 절손



절손된 커넥팅로드 대단부

상부 크랭크 케이스 파손  
실린더 라이너 및 피스톤 손상

하부 크랭크 케이스 손상



## 고장원인

- C열 14번 기통 관절로드(커넥팅로드)의 대단부 절손으로 인한 상·하부 크랭크케이스 손상 커넥팅 로드와 연결하는 메탈 베어링 마모로 내부 유격이 발생되면서 실린더, 피스톤 등 파손
- 실린더 라이너 및 피스톤 손상 : 피스톤 스커트 부위는 피스톤 핀 홀 부분을 중심으로 아래쪽이 파손 SUMP 탱크로 떨어져 있고, 나머지 피스톤 크라운 부분은 실린더 라이너 압력에 의하여 강제 삽입 되어 있음.
- 커넥팅 로드 손상 : 주기관 크랭크 케이스 및 실린더 라이너 하부와와의 충돌로 인한 변형
- 정비업체 의견
  - 엔진 가동 전, 청수 누설 여부 확인을 위하여 엔진을 수동으로 터닝하여 사고를 예방하였으며, 시동 전 터닝에는 문제가 없었으므로 출동 전 예비 연소실에 청수가 누설되어 있지 않은 것으로 사료되며, 20년 이상 장기 사용된 관절로드(커넥팅로드)의 피로 누적에 의한 자연발생적 파손으로 추정

### □ 유사 참고사례

- ※ 커넥팅로드 파손 및 크랭크케이스 파손 사례 중심으로 비교
- 인천서 00정(좌현주기관 관절로드:ARTICULATED-ROD 손상)

18.10.10일 단계별 정비(W5)시 실린더 그룹 취외 작업 중 양현주기관 손상부품 육안 확인 결과 발견

- 추정원인 : 실린더헤드 상당기간에 걸쳐 부식 및 점식이 진행되어 배기밸브의 배기상태 불량으로 장기간 부하를 받아 변형

- 서해청 100톤급(실린더 헤드 파공 및 커넥팅로드 손상)

18. 04 경비임무 수행 중 좌현주기관 청수팽창탱크 수위감소 발견 1, 2차 자체점검결과 3번 폐기다기관에서 청수 누수 발견, 전문업체 분해검사 결과 센트럴 헤드 11번 기통 파공 및 10·12번 커넥팅-로드 손상

- 추정원인 : 실린더 헤드 장기사용 내부 부식 파공으로 누설된 냉각청수가 연소실 내부에 고이게 되어 엔진시동과 동시에 과도한 압축압력이 발생하여 커넥팅-로드가 휘어지는 2차 손상 발생

- 동해서 000정(커넥팅로드 손상 및 실린더블록 파공)

18. 10. 정기수리 종료코 복귀 중 크랭크케이스 파손, 수리업체 우리해양기술 전면 하자수리

- 추정원인 : 주기관 분해, 원인분석 결과 장기사용으로 인한 재질피로로 커넥팅로드 파손 후 크랭크케이스와 충돌하면서 블록 파손



- 서귀포서 000정(커넥팅로드 손상 및 실린더블록 파공)

18.10.06. 경비임무 수행 중 C열 17번 실린더 커넥팅-로드 손상에 따른 실린더 블럭 파공

- 추정원인: 주기관 분해, 원인분석 결과 장기사용으로 인한 재질피로로 커넥팅-로드 파손 후 크랭크케이스 하부 충돌하면서 파공 발생

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 출항전 터닝실시로 크랭크샤프트 등 동력계열 이상 유무 확인
- 나. 엔진오일 교환시 엔진오일 이물질 육안 확인(Fe, Cr, Cu 성분 등) 철저히

## 재발방지대책

- 가. 전문공인기관에 중요수리 계측 3자 검사(감리) 위임
  - 중요부품 교환(베어링 BUSH, 커넥팅로드 등), 크랭크 샤프트 디플렉션 계측, 커넥팅로드 베어링 마모도 계측 등의 검사(감리)를 발주처(정비창)가 아닌 전문공인기관(한국선급, 선박안전기술공단, 대외신인도가 확보된 업체 등)에 3자 대행 입회 검사하여 심각한 엔진 손상사고를 예방하는 한편 정비 객관성과 신뢰성을 확보함으로써 수리품질보증 증대 효과
- 나. 수리비목 계상을 위한 예산의 뒷받침
  - 엔진 수리 계획 단계에서부터 중요부품 교환, 검사, 진단 비용을 수리비목에 추가로 계상하여 상기 교환, 검사의뢰를 의무화
- 다. 노후엔진 정기적인 윤활유 성상분석
  - 100톤급 CRM엔진 대부분 20년 이상 경과되어 대형 손상사고 발생가능성이 농후하여 정기적인(6개월 또는 1년 단위, 운전시간 1만시간 등) 윤활유 성상분석을 통한 Fe, Cr, Cu 등 성상분석 의뢰하여 사고예방

## 기대효과

- 가. 크랭크 샤프트, 커넥팅로드, 베어링부시 파손 등 함정 직원 PMS실시로 사고예방 범위를 벗어난 대형 사고 예방효과

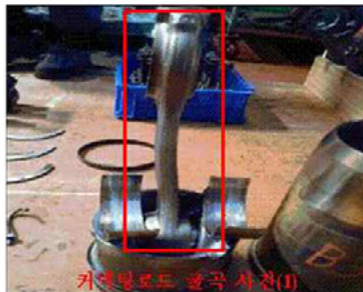


## 일반 이론

### 커넥팅 로드란?

◦왕복 운동하는 피스톤과 회전운동하는 크랭크샤프트를 이어주는 기구로 작은 끝(Small End)은 피스톤 핀과 연결되고 큰 끝(Big End)은 분할하여 크랭크축과 커넥팅 로드캡에 의해 연결됨.

◦커넥팅 로드(Con-Rod)는 베어링(Con-Rod bearing), 캡(Cap), 오일 젯트(Oil Jet), 캡 볼트(Cap Bolt), 부싱(Bushing)의 부속품이 있으며, 운전 중 압축력, 인장력, 휨등의 하중을 반복하여 받기 때문에 이것을 충분히 견딜 수 있는 강도와 강성이 필요하고, 또 무게를 가볍게 하기 위하여 I형 단면으로 되어 있음. 재질은 니켈, 크롬강, 크롬몰리브덴강, 탄소강 등을 사용하여 형타 단조(Drop Forging)하여 만듦.



## 내연기관의 기본 구조





**장비제원**

장비명 주기관

제작사 CRM/이탈리아

형식 4-Stroke, 6기통 W형(18기통)

모델 CRM 18D/SS-BR2

출력 2100HP, 2120RPM



## 우현 주기관 실린더 헤드 교체 수리

창원서  
122정

**고장개요**

- 가. 18년 2월 18일 17시경 기관실 순찰 중 우현주기관 청수팽창탱크 수위 약 7CM 감소 확인, 외부계통 누수여부 정밀 검사하였으나 발견하지 못하고 터닝 실시 하였으나 터닝 불가로 연소실로 청수냉각수가 누입되었음을 예상함. 배기밸브를 통해 냉각수가 실린더로 들어가 시동을 했을 경우 해당 실린더 및 커넥팅로드 손상으로 인한 대형사고로 이어질 수도 있었던 사례임
- 나. 122정 주기관은 저속(약900RPM)에서 전속(약1800RPM)까지 상황 발생 시 수시로 엔진을 사용함에 따라 청수 온도의 변화 폭이 커져 잦은 파공으로 누수 현상이 발생됨
- 다. 배기매니폴더 연결부 누수여부 확인



연결부 누수여부 확인



연결부 취외 사진



## 고장원인

가. 단조강으로 제작된 실린더는 내부의 폭발 압력과 고온에 의한 열팽창과 수축을 반복하며 주름진 덧판 사이로 냉각수가 흐르는 타입으로 되어있음. 또한 CRM엔진의 실린더 WATER JACKET의 내통 재질이 특수강이며 외판은 부식에 강한 특수재질 Armco 재질로 전식, 부식이 빠르고 장기사용 및 고속 사용시 냉각수 순환 압력을 견디지 못하고 자주 파공되는 것으로 추정됨.

나. 타 엔진과는 달리 각 주요 부품들이 (헤드 및 배기매니폴더 등) 알루미늄 합금으로 되어 있어 열에 의한 팽창과 수축이 심한 편이며 오랜 기간 노후화가 상당히 진행된 상태였으며 경비 특성상 무리한 엔진 운용이 불가피한 경우가 많아 실린더 파공의 진행 속도는 더욱 빠르게 진행되고 있는 상태였음

## 자체점검 및 조치사항

가. 폐기관 A, B, C열 매니폴더 락킹부를 취외하여 확인결과 C열측에서 냉각수가 누수되는 것을 발견하고 13, 14, 15기통 로커암 및 매니폴더를 취외하여 업체 방문 수압테스트 결과 매니폴더 이상 없는 것으로 확인되어 주기관 실린더헤드 내부 파공으로 추정하였음

나. 실린더헤드 수압테스트 가능한 업체로 양육하여 테스트 결과 파공부위 확인, 용접 및 철시멘트 활용 시공 가능여부 판단 회의결과 노후로 인하여 곳곳에 파공이 많이 생겼고 재 파공 가능성으로 인해 신품으로 교체 결정

다. CRM BR-2형 엔진은 18기통, 40°W형, A, B, C열로 나뉘며 복잡한 구조로 인하여 파공, 누수부위의 발견 및 응급조치가 어렵고 특히 B열에서의 파공 시 흡배기라인과 연료라인으로 인하여 수리에 어려움이 발생

라. 주기관 실린더배열

Injection Pump측 (선수)					
좌현 주기관			우현 주기관		
C열	B열	A열	C열	B열	A열
⑬	⑦	①	⑬	⑦	①
⑭	⑧	②	⑭	⑧	②
⑮	⑨	③	⑮	⑨	③
⑯	⑩	④	⑯	⑩	④
⑰	⑪	⑤	⑰	⑪	⑤
⑱	⑫	⑥	⑱	⑫	⑥
Gear Box측 (선미)					



### ※ 폐기관 냉각수 누수여부 효율적 확인법

CRM 엔진 특성상 실린더 또는 배기매니폴더 누수 시 배기가스 배출라인이 아래로 경사져 있어 매니폴더 락킹부 볼트, 너트만을 풀게 되어도 해당 열 누수여부를 즉시 판단 가능

★TIP: 수리전문 업체 문의 결과 A, C열 취약하여 파공이 가장 많이 일어나고 B열은 거의 파공 일어나지 않음.

### 마. 실린더 헤드 취외 작업



A3번 실린더 배기밸브 뱅킹 분리



A7번 실린더 배기밸브 뱅킹 탈락

### 바. 실린더헤드 수압 테스트



A3번 실린더 배기밸브 뱅킹 분리



A7번 실린더 배기밸브 뱅킹 탈락

### 사. 신품 실린더 헤드 취부



A3번 실린더 배기밸브 뱅킹 분리



A7번 실린더 배기밸브 뱅킹 탈락



## 재발방지대책

- 가. 정기수리 또는 W5 정비 시 전문정비 업체를 통하여 실린더헤드 취외, 정밀한 수압테스트 시행 및 용접이음새 부분 보강 작업 필요.
- 나. 주기적이고 정확한 물 관리(WATER TREATMENT)를 통하여 냉각수로 인한 실린더 및 실린더헤드 부식 방지.
- 다. OLD(구)실린더헤드를 정비(수압테스트 완료)하여 보관하였다가 정기수리 시 마다 헤드자체를 교환하고 고품헤드를 다시 정비하여 만약의 사고를 대비하는 SYSTEM이 필요함.

## 기대효과

### 가. Cylinder

- 3열의 Cylinder와 Head가 W형 배열로 되어있으며 실린더는 단조로 제작된 철강제품이며, 냉각수를 순환시키기 위한 부식성이 강한 외부 덧판이 용접가공 되어 있다. Cylinder 내부보다 외부의 덧판이 부식성이 강하므로 냉각수의 영향으로 외부 덧판이 부식되어 냉각수가 외부로 누설되기 때문에 운전자가 쉽게 식별할 수 있다. 실린더는 특수강(Ni-Cr-Mo)을 단조하여 제작하며 직경은 150mm으로 내부는 크롬도금되어 있으며 외부는 전식방지 위한 특수재질 ARMCO 재질로 덧판을 용접 가공하여 교환이 가능하다.
- 오른쪽열 실린더 : 6기통 전부다 냉각수가 우측에서 들어가 Head로 올라간다.
- 가운데열 실린더 : 앞쪽의 3기통은 냉각수가 우측에서 들어가 Head로 올라가고 뒤쪽의 3기통은 좌측에서 들어가 Head로 올라간다.
- 왼쪽열 실린더 : 6기통 전부다 냉각수가 좌측에서 들어가 Head로 올라간다.

### 나. 엔진의 냉각수 관리

- 냉각수는 DGH 5°에서 10°사이의 청수를 사용한다.(DGH 1°는 프랑스 표준의 1.784°, 영국 표준의 1.25°에 해당한다)
- 석회석을 다량 함유하거나, 탄산가스 염분을 함유한 청수는 절대 사용하지 말 것, 최고 20 ~ 25ppm까지 사용가능.
- Ph 7 ~ 8을 유지한다.
- 냉각수의 용량은 약 80L 이다. 특히 정박중에 냉각수의 용량변화에 주의해야 한다. 엔진의 구조상 냉각수의 누설이 있을시 Cylinder Jacket의 외부로 누설할 경우에는 쉽게 육안으로 식별할 수 있으나 내부로 누설할 경



우는 연소실에 물이 고여 운전시 대형사고를 일으킬 위험성이 있음.

- 냉각수에 부식방지 Oil을 1%의 비율로 첨가하여 사용한다.
- 냉각수의 부식방지 Oil 혼합정도를 알기 위한 냉각수 Test를 주기적으로 실시하여 최소한 0.5% 이하가 되지 않도록 해야한다. Test하는 동안 염산을 첨가하기 전에 혼합물이 분리되었다면 냉각회로에 해수가 침입되었으므로 모든 냉각수를 교환하고 해수 누설부위를 찾아 수리해야 한다.

#### 다. 냉각수 Test 방법

- 냉각수 Test용 뷰렛에 냉각수 100cc를 넣고 염산을 50cc 첨가한다.
- 뷰렛을 천천히 흔들어 내용물을 섞는다.
- 혼합물이 물과 Oil로 분리될 때까지 뷰렛을 가만히 놓아둔다. 뷰렛을 온수조에 두지 않을 경우 약 20시간 소요된다.
- 혼합물이 분리되었을 때 뷰렛의 윗 부분에 분리된 부식방지 Oil의 양을  $\text{cm}^3$  단위로 읽을 수 있다. 각  $\text{cm}^3$ 는 물과 Oil의 1%의 혼합물에 해당한다.
- 부식방지를 위하여 방청오일을 주입하며, 전식방지를 위하여 Zinc와 Earth Cable로 설치가 아주 중요하다.



### 장비제원

장비명 CUMMINS 6BT 5.9DMGA

형식 STX 6BT 5.9DMGA

용량 122HP\*1800RPM(65KW)

출력 DC 80[V] 8.0A



## 발전기 AVR 연결단자 재 조임 수리

여수서  
115정

### 고장개요

가. 발전기 운전시 회전수(1800RPM), 주파수(60Hz) 및 전압(220V)은 일정하게 유지되어야 하나 그 중 주파수 및 회전수는 정상이나 전압 헌팅 현상 발생

발전기 제어장치



나. 전압(190V ~ 230V) 이상 현상이 지속적으로 발생함  
다. 발전기 원동기 측 및 제네레이터 이상 증상 발견치 못함



## 자체점검 및 조치사항

가. 전압 불균형은 AVR 불량으로 인해 대부분 발생하는 현상이므로 AVR 자체점검 및 전문업체 점검결과 제반사항 정상 판단

나. 보유중인 AVR로 교체 결과 동일현상 지속됨

※ AVR 내부 VR 조정 후 일시적으로 전압(220V) 정상 유지되었으나 전압 현탕 현상 지속 발생

다. 지속적인 점검 중 연결케이블 고정부 터미널의 과도한 유격현상 발견 후 터미널 등 각종 케이블 단자 조임 조치 후 전압 불균형 현상 발생치 않음



발전기 AVR



각종 케이블 단자 조임

## 재발방지대책

가. 정박중 발전기 정지시 주기적으로 배전반, Governor 및 AVR의 연결 단자대 확인 및 조임

나. 전기계통 및 전기구동 장비의 배전반 단자대를 주기적으로 확인하여 장비 작동 시 고장사례 발생 방지

## 일반 이론

가. AVR의 일반적인 사양

- AVR은 일반적인 Brushless 형의 일반 교류 발전기의 계자 전압 조절기로 다양하게 사용됨. AUTO VOLTAGE REGULATOR는 콤팩트하게 만들어졌으며, 부하 변동에 대해 P.I PWM 제어방식을 적용하여 빠른 응답특성을 구현할 수 있으므로 부하측 전압의 변동을 최적으로 보상하여 일정한 출력 특성을 유지하며 급격한 부하의 변동에 대해서도 안정적인 발전 전압을 부하에 공급할 수 있음
- 특히, 엔진의 동기속도 이하 운전중에서도 주파수 보정기능이 내장 되어 있으며, 내부 NOISE에 강하므로 신뢰성을 보장함
- 여자 방식으로 발전기 자체의 무부하 전류 전압이 (AC 3.5[V]) 이상이면 계자에 초기 여자 전류를 공급하여 발전 전압의 생성, 운전이 가능하고 과여자 방지 기능으로 발전기 동체 및 AVR을 보호함



#### 나. AVR 기능 및 설정에 대한 설명

##### • VOLT

발전기의 출력 전압을 설정하는 VR로 시계 방향으로 서서히 돌리면 설정 전압이 높아지고, 전압조정은 무부하 상태에서 설정해야 함.

(초기 220V로 설정됨)

##### • U/F

- 주파수는 엔진의 회전수와 동체의 극수에 의해 결정되며 이 주파수를 검출하여 엔진의 회전상태를 감지하여 운전중인 발전기의 엔진이 동기속도 이하로 회전할 때 AVR의 전격출력을 초과하여 과전류로 인한 소손이 발생할 수 있음

- 이러한 현상은 발전기의 가동 및 정지 시 그리고 동일 부하시에 주로 발생하며, 이를 방지하기위해 저속도 보호용 U/F VR로 전압 DROOP점을 설정. 반시계 방향으로 돌리면 설정값이 낮아짐(초기 55Hz로 설정됨)

##### • STAB

- 발전기의 운전상태에서 안정적인 영역을 설정하는 VR로 시계방향으로 돌리면 빠른 응답성을 구현하여 정밀한 운전이 가능.

- 전기의 계자 전류(무부하 특성)와 발전기 부하조건에 의해 그 영역이 정해지며, 설정값이 맞지 않을 경우에는 발전 전압이 흔들리는 경우(HUNTTING)가 있고 이 경우에 STAB VR을 조정해서 전압을 안정시킴.

##### • 외부 전압 설정용 VR

- 일반적으로 1[KΩ]을 권장을 하며 이때의 조절범위는 VOLT 설정 전압에 대해 5%의 조절범위를 갖음.

(VR의 저항값이 맞지 않을 경우에 조절 범위의 영역이 변할 수 있음)

- 외부 VR을 사용하지 않을 경우에는 단지 VR1, VR2를 COMMON 함.



**장비제원**

장비명 발전기

제작사 대우

형식 4기통 4행정 터보차저 냉각수쿨링

모델 D1146 PNJ

출력 126HP/80kW AT 1800RPM



## 양현발전기 원동기 충분해 수리

울산서  
130정

### 고장개요

가. 발전기관 원동기 수리주기 도래로 인한 충분해수리

※ 발전기 충분해수리 주기 : 매 5,000시간

나. 충분해수리 중 크랭크샤프트 균열 확인 및 교체

### 고장원인

장비 도입(2001년) 후 장기간(약 18년, 28,000시간)동안 크랭크 샤프트 교체 없이 사용 중 양현 발전기에서 2번 크랭크 핀 부위 지속적 충격으로 인해 균열이 발생하였으며, 크랭크 샤프트 파손 시 피스톤, 실린더 등 엔진 주요부품의 심각한 손상 우려

### 자체점검 및 조치사항

발전기 충분해수리시 크랭크샤프트 자분탐상검사 결과 균열 확인

#### ※ 자분탐상검사(Magnetic Particle Testing) :

비파괴검사 중 하나로 시험체를 자화 시켰을 때 표면 또는 표면부위에 자속을 막는 결함이 존재할 경우 그 곳에서부터 자장이 누설되며 결함의 양측에 자극이 형성되어 고함 부분이 작은 자석이 있는것과 같은 효과를 띄게 되어 공간에 자장을 형성한다. 그 공간에 자분을 뿌리면 자분가루들이 자화되어 자극을 갖고, 결함 부위에 달라붙게 된다. 자분이 밀집되어 있는 모양을 보고 시험체의 결손 부위와 크기를 측정한다.



## 재발방지대책

평상시 발전기 운전중 진동, 폭발음 등 관찰하여 이상소음 발생시 즉시 정지하여 상태점검 하고, 충분해수리시 주요 부속품에 대한 정기적인 점검이 요구됨.

## 기대 효과

발전기 충분해수리 중 비파괴검사를 통해 크랭크샤프트 등 불량부품을 확인, 교체함으로써 불량부품 손상으로 인한 2차 대형사고 예방

크랭크샤프트와 메인베어링





**장비제원**

장비명 라다(RUDDER) 축(포스트)

제작사 동성중기

회전각 70°

모델 DS 93-2C-100

최대토크 1.9 TON-M



## 좌현 라다축 보강 수리

포항서  
108정

### 고장개요

가. 00정 출동 항해 중, 좌현 라다 축(포스트)을 통한 타기실 다량의 해수유입  
 나. 고속 항해시 심한 진동 발생으로 라다(타) 포스트(축)를 통한 해수 유입  
 량 증가

### 고장원인

가. 장기 사용 노후되어 라다 축 요철 및 슬리브 마모 추정  
 나. 방향타를 움직임에 있어 라다에 다양한 부착생물로 방향 변환시 수중생물  
 과 부딪쳐 라다에 파공생겨 누수 추정됨  
 다. '18.7.25 해경정비창 정기수리 (라다 포스트 수밀불량개소 수리) 정비창  
 수리시 라다 포스트 분해는 하지 않고, 씰링만 교체

### 자체점검 및 조치사항

가. 출동기간 (3일) 중 매일 1회, 잠수펌프 이용 해수 배출 중  
 나. 조선소에 상가하여 라다 축(포스트) 수리



◇ 라다 축(포스트) 수리진행사진



라다 포스트 오링 취외



라다 샤프트 상부 소제



라다 샤프트 상부 분해



슬리브 축 취외



상부 슬리브 가공



하부 슬리브 가공



하부 부상 삽입



상부 부상 삽입



## 재발방지대책

- 가. 위험항로 또는 협수로 및 저시정항해시 엄정한 견시근무 확행
- 나. 해상충돌 예방 자체교육을 강화 함해 당직자의 항해능력 배양
- 다. 협수로 저속항해 원칙, 풍조등의 외력의 영향에 주의
- 라. 자선의 속력, 타력 선회성능을 연구
- 마. 출입항 침로 증감속점 변침전 조사

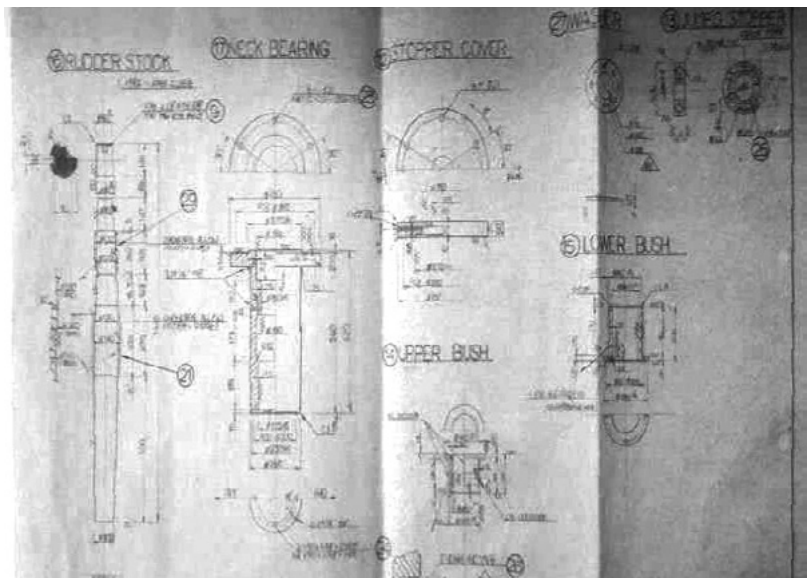
## 기대 효과

- 가. 함정 경비임무 수행에 있어서 원활한 출동이 될 것으로 사료됨
- 나. 해수 유입으로 인한 2차 사고 발생을 사전에 방지하여 경비함정 운용에 이바지하는 효과

## 일반 이론

### 타(Rudder)

선박 진행 방향을 바꾸기 위한 조향장치 (타 또는 RUDDER 라고 지칭) 항해시 방향 전환, 직선항해를 위한 조절장치, 선박의 방향을 바꾸는 꼬리격인 타(라다)가 선박의 맨 뒤에 위치 타는 배의 추진력을 일으키는 프로펠러 바로 뒤 설치



라다포스트 계측 도면







# 함정 장비 고장 사례 집

## 50톤급 함정 장비 고장 사례

보령서	P-89	W-5정비 주기관 노즐 교체	228
부산서	P-106	주기관 MCS 자체 점검 수리	230
완도서	P-57	주기관 냉각수 거품 및 기포 현상 발생	232
목포서	P-79	우현 주기관 실린더 복구 수리	237
울진서	P-95	주기관 실린더 손상 복구 수리	240
군산서	P-69	우현 주기관 MDEC 교체 수리	245
인천서	P-78	우현 발전기 가바나 컨트롤러 교체 수리	248
통영서	P-102	기관제어 감시계통 복구 수리	251
군산서	P-67	러더 제작 및 분해 점검 수리	253
제주서	P-36	조타기 고장 자체 수리	259
완도서	P-87	우현 추진기 조정판넬 알람 발생 수리	263
속초서	P-32	우현 워터제트 덕트 교체 수리	266
여수서	P-62	워터제트 JCM 교체 수리	269
부산서	P-135	워터제트 자체 점검 수리	275



#### 장비제원

장비명 주기관

제작사 MTU

형식 N/A

모델 16V2000M90

출력 1799KW(1대당)



## 경비함정 W-5정비 주기관 노즐 교체

보령서

P-89정

※ 주로 P정(50톤급) 주기관으로 장착

### 고장개요

좌현 주기관 블로우 바이 현상 발생

#### ※ 블로우 바이란?

내연기관에서 연소가스가 피스톤 또는 밸브를 빠져 나올 때 역류하거나 비이상적으로 유출되는 현상.

- #2 주기관 1500RPM이상 운전 시 연소실 내 배기가스가 정상적인 경로로 배출되지 않고, 크랭크 챔버 내로 역류하여 윤활유 측심구 등 배기가스가 대기중에 방출되어 피스톤 및 실린더 계통 손상, 터보차저 측에서 유증기 흡입 등으로 인한 터보차저 손상 발생.

### 고장원인

엔진가동 중 각 기통 노즐 연료 분사과정에서 정상적인 분사압력이 형성되어 분사되어야 하지만, 장시간 사용함에 따른 노즐 분사불량으로 분사 압력 형성 불가 및 연료유 누설 발생하여 폭발행정 시 연소실 내 과다 폭발로 녹킹(knocking)현상 등 발생하여 피스톤 및 실린더 계통, 크랭크 축에도 무리한 하중이 발생하여 2차적인 엔진 사고를 초래.



## 자체점검 및 조치사항

전문업체를 통한 좌현주기관 고장개소 부속품 교체수리 진행

가. 6기통 실린더 및 피스톤 계통 부속품 교체

나. 16기통 노즐 재생수리 및 터보차저 수리

다. 각 종 악세사리 및 가스켓 부품 교체

※ 수리기간 : 8일, 소요예산 : 약 1600만원



## 재발방지대책

MTU16V2000M90 엔진 경우 MAKER 권장 노즐 교체 주기가 2,000~3,000 시간이지만, 총분해시간(6,000시간)까지 엔진 성능상 문제가 발생하지 않을 경우 취외하는 경우가 없음(각 기통별 모니터링 불가). 노즐 교환 W-5 정비시 정비편람에 의거 노즐 교환 작업 등재 또는 매 년 상가수리 시 2함대 수리창을 통한 주기관 노즐 교환 작업이 요구됨

## 기대효과

주기적인 노즐 교환 작업으로 실린더 및 크랭크 축 계통 사고 방지를 통한 2차 장비사고 발생 사전 방지 및 경비합정 가동율 효과 거양



## 장비제원

장비명 장비명 : MCS 프로그램



# 주기관 MCS 자체 점검 수리

부산서  
P-106정

## 고장개요

소형정 경비중 MCS프로그램이 다운되는 현상으로 조타실 MCS상 모니터 작동이 되지 않아 긴급히 조타기 및 주기 정지, 기관실 LOCAL 판넬 이용 항해하여, MCS프로그램을 점검한 사례가 있어 이에 대한 정비사례를 공유하고자 합니다

## 고장원인

현 P정들은 컴퓨터 하드를 사용하여 MCS 블루비전을 설치하여 작동하고 있는 실정임. 각종 해수 및 진동 등 불분명한 원인으로 하드 및 프로그램이 셧다운(Shut down) 사례 발생

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 14년 11월 00경 운항중 갑자기 MCS블루비전 모니터가 작동되지 않으며 조타실 작동 불가, 급히 기관실 LOCAL 모니터 작동으로 변경, 비상조타하여 입항하여 점검 실시
- 나. MCS블루비전 스위치 재점검 및 재부팅 등 각종 전원 공급 상태 점검
- 다. 절연저항 등 각종 전원 공급 상태 파악결과 특이점 발견치 못하여 관리업체인 맥산 전문가사 요청 긴급수시 실시



- 라. 전문기사 정내 승선하여 각종 전원장치 및 점검한 결과 MCS블루비전 컴퓨터내 하드가 손상 모든자료가 삭제 된 것으로 판단, MPU4 하드 교체 및 프로그램 재설치 실시
- 마. 현재 우리나라에서는 MCS프로그램은 가지고 있으나 프로그램을 설치하기 위한 윈도우자체는 보유하고 있지 않은 실정임
- 바. 윈도우 자체를 공급받기 위해 멕산 및 MTU 한국 파견 기술자 토마스를 통해 한국으로 급히 윈도우 프로그램 요청
- 사. 이에 우리정 자체 멕산 및 지속적 교류로 MCS프로그램 요청 자체 USB확보 후 추후 정내 함정 수리 기동력 향상

## 재발방지대책

- 가. P정 운항시 진동 및 각종해수에 프로그램 노출 최소화
- 나. 운전 중인 MCS블루비전 프로그램 수시확인
- 다. P정 신조인수 시 블루비전 프로그램 USB확보 후 자체 보관으로 정내 수리 기동력 향상

## 기대효과

P정의 MCS블루비전 고장사례가 전무함에 따라 윈도우 및 각종 프로그램의 확보가 어려운 현실로, 자체 지속적이 교류 및 주 수리업체 설득으로 USB확보, 추후 사고 발생 시 정내 수리 기동력 향상 및 예산절감 효과



## 장비제원

장비명 주기관

제작사 MTU

형식 16기통 4행정 터보차저 에어쿨러

모델 16V2000M90

출력 1343KW AT 2300RPM



# 주기관 냉각수 거품 및 기포 현상 발생

완도서

P-57정

## 고장개요

- 가. 좌현 주기관 사용 중 냉각수 LOW 알람 발생, 냉각수 보충 후 재시동 rpm 상승 시 팽창탱크 내 다량의 거품 및 기포 현상 발생
- 나. 터보차저 매니폴더 드레인 볼트 개방 점검 및 L.O 섬프탱크 유준, 유질 점검 결과 이상 없음 확인
- 다. rpm별 시운전 및 냉각수 거품 발생 시점 점검 결과 1300 ~ 2000 rpm 에서 다량의 거품 발생 확인



RPM 1300 팽창탱크 내부



RPM 2000 팽창탱크 내부



## 고장원인

가. 전문업체 진단 결과 실린더 라이너 크랙으로 추정, 냉각계통 수압 테스트 (1kgf/cm<sup>2</sup>) 실시 및 A/B열 헤드 분해 후 헤드 접합 부, 실린더 라이너 상부 등 불량 의심 개소 타격시험, PT검사(칼라체크) 실시



실린더 라이너 칼라 체크



실린더 헤드 칼라 체크

가. 전문업체 진단 결과 실린더 라이너 크랙으로 추정, 냉각계통 수압 테스트 (1kgf/cm<sup>2</sup>) 실시 및 A/B열 헤드 분해 후 헤드 접합 부, 실린더 라이너 상부 등 불량 의심 개소 타격시험, PT검사(칼라체크) 실시



배기다기관 니플 취부 사진



시운전 시 A/B 열 에어배출 확인

### ※ 냉각수 변질 원인?

냉각 계통 내 미세 균열로 배기가스 등에 의한 냉각수 변질 현상 발생하며 증 상 악화 시 냉각수 팽창탱크 overflow 현상 발생 및 냉각수 상태 불량으로 인한 계통 내 구성품 손상 등 2차 사고 초래



## 고장원인 확인

- 가. 정비창(응급수리) 입창 후 정비창 보유엔진으로 교체 장착하였으나, 완도 회항 후 교체 장착 한 엔진에서도 동일 현상(냉각수 거품) 발생하여 정비창 정기수리로 전환 입창
- 나. 정기수리 시 양현 주기관 OVHL, 각 구성품 취외 결과 실린더 라이너 손상 확인 및 STX엔진 의뢰 3차원 계측 결과 장기 사용에 의한 실린더 블록 변형으로 라이너 간 결합상태 불량으로 확인

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 정기수리 시 실린더 블록은 교체대상이 아니며 엔진 조립 시 재사용되므로 블록 변형 진행 시 실린더 라이너 등 각종 구성품을 신환 하여도 원천적인 수리 불가
- 나. P정 정비창 정기수리 입창 시 STX엔진 의뢰하여 실린더 블록을 3차원 방법으로 계측, 고장개소 진단 후 수리 진행 필요하며 실린더 블록 장기 운용에 따른 주기관 정기수리 시간(현 6000시간) 단축 해야하며, 정비창 예비엔진 및 실린더 블록 4EA 이상 보유 해야 할 것으로 보임

## 기대효과

-실린더 블록 변형에 의한 주기관 냉각계통 이상 증상이 다른 P정에서도 발생하였으며, 증상에 따른 원인 분석이 완료되어 변형된 실린더 블록과 연관 구성품을 가공 및 수리 장착 후 현재까지 기관 운용 시 냉각수 변질 등 이상개소 없으므로 기관 2차 사고 방지 기여

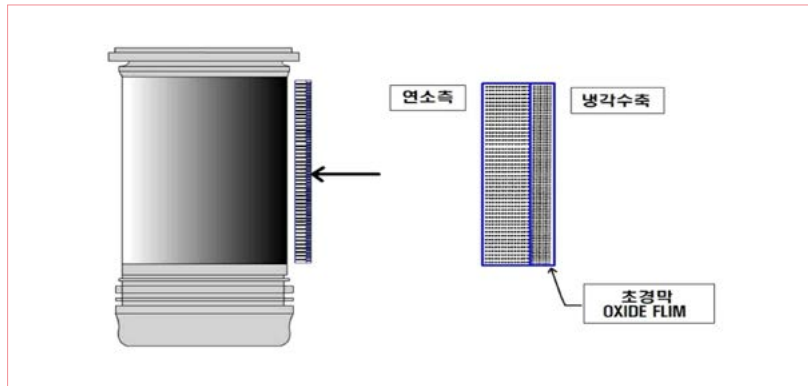
### 〈냉각수 첨가제의 역할과 처리 방법〉

#### • 냉각수 첨가제의 역할

엔진냉각수 첨가제는 실린더 라이너 냉각수측의 산화철인 “녹”을 오산화철(매우 단단함)로 변화시켜 실린더라이너의 외벽에 초경막을 형성시켜 라이너를 보호한다. 즉 Nitrite(아질산염)+Molybdate (몰리브덴염)+Phosphate(인산염)에서

- 1) Nitrite(아질산염)은 철의 표면경도를 강화시키고(부식방지)
- 2) Molybdate(몰리브덴염)은 고온에 대한 내온성 및 내식성을 강화시키고(점식방지)
- 3) Phosphate(인산염)은 냉각수 계통에서 산(Acide)에대한 보호기능(산화방지)을 하여 실린더 라이너 외벽을 보호한다.





#### • 냉각수 처리 방법

엔진 냉각수 계통이 산화로 인한 물때 형성과 경수와(Harder water)로 변화됨을 방지하기 위해 유화성 방식제인 방부오일(산화, 부식, 점식 방지제 함유)을 첨가하여 실린더블록과 라이너의 vuyaus에 초경막을 유지시키고 연수화에 따른 흐름을 원만하게 하여 캐비테이션 현상과 피팅 현상을 최소화 하여야 한다.

〈방식제(Emulsifiable corrosion preventive oil) 처리절차〉

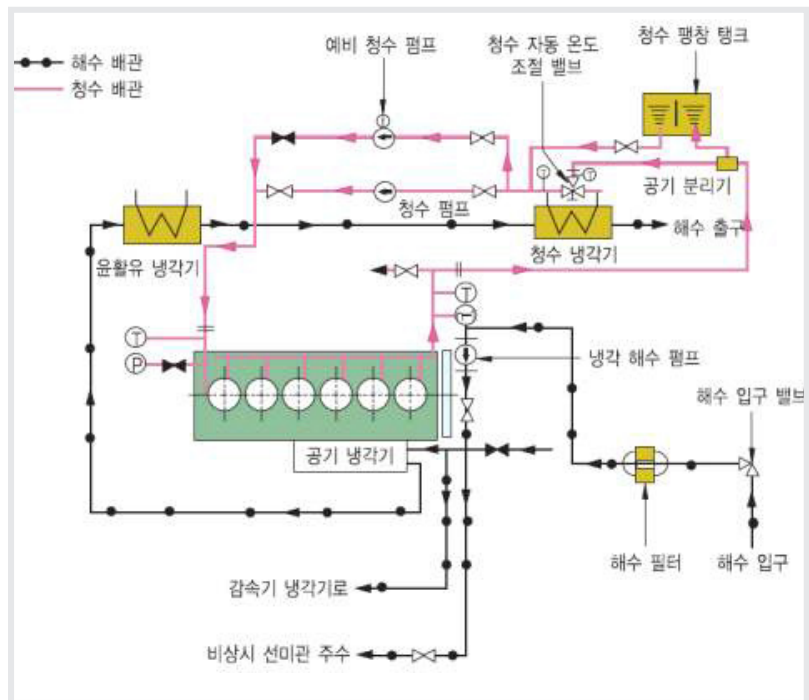
- ① 승인된 방부오일을 엔진냉각수 용량의 1~2%정도 별개의 온수통에 잘 혼합하여 엔진상부 팽창탱크에 주입 한다.
- ② 엔진하부 드레인 밸브를 개방하여 우유 빛 색깔이 보이면 밸브를 잠그고 팽창 탱크의 정수위 만큼 청수를 보충한다.
- ③ 차기 보충시 까지 우유 빛 농도가 계속 유지되어야 한다.
- ④ 누설량(보충량)이 없어 냉각수의 농도가 계속 유지하는 경우 최소한 1년에 한 번은 교환하여야 한다.
- ⑤ 엔진냉각수의 누설 또는 보충이 많아 냉각수 농도가 떨어질 경우 방부오일 적정량을 팽창탱크로 주입하여 항상 우유 빛 색깔을 유지토록 한다.



### 〈해양경찰의 기종별 엔진 냉각수 첨가제 및 사양〉

첨가제 명	기종	첨가제 투입비율	투입 적정량	엔진 냉각수 총용량
SHEEL OIL 9156 유화성첨가제	20V538TB91	1~2%	5~10 ℓ	450 ℓ
	160V538TB91	"	5~7 ℓ	290 ℓ
	12V956TB82	"	5~10 ℓ	500 ℓ
	6V396TC52	"	0.6~1.2 ℓ	60 ℓ
	8V396TC53	"	0.8~1.5 ℓ	75 ℓ
GLYSACORR G93-94 수용성첨가제	20V956TB82	9~11%	50~60 ℓ	560 ℓ
	12V396TE54	"	13~16 ℓ	145 ℓ
	12V1163TB93	"	37~45 ℓ	410 ℓ
	16V1163TB83	"	50~62 ℓ	560 ℓ
	16V2000M90	"	15~18 ℓ	160 ℓ

※ PLATE CORE TYPE의 COOLER가 있는 396TE계열 엔진과 V956/V1163기종의 TB 83/94 계열 그리고, TB 84/94계열 엔진은 GLYSACORR G93-94"를 사용할 것.



[그림] 디젤기관의 냉각수 계통도



**장비제원**

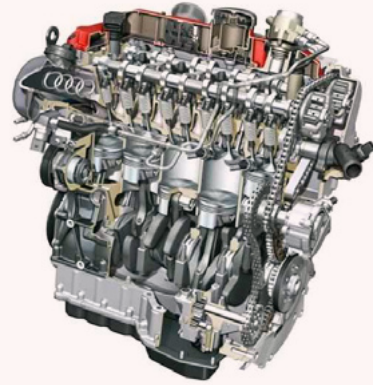
장비명 주기관

제작사 MTU

형식 16기통 4행정 터보차저 에어쿨러

모델 16V2000M90

출력 1343KW AT 2300RPM



## 우현 주기관 실린더 복구 수리

목포서

P-79정

### 손상개요

- 정기수리 완료 후 목포 해경서 복귀 중(우현 주기관 RPM 1,500으로 운전) RPM 1,650 상승하여 운항 중 "A" 열 흡입 에어 필터에서 다량의 유증기 발생이 확인되어 RPM 1,200으로 하강조치 후 RPM 1,800으로 재상승하자 다량의 유증기가 다시 발생, 즉시 RPM 하강 후 주기관 점점 차 오일 주 입구 및 레버 게이지 가이드 분해 확인 결과 다량의 유증기와 오일이 분출된 상황을 발견, 정비창에 상기 현상 즉시 통보
- 우현 주기관 상태 확인차 목포해경서로 긴급 이동정비를 실시하여 우현 주기관 원심필터 및 오일 필터내 쇳가루 검출확인
  - \* 현장 수리조치 불가, 정비창으로 목포 P-79정 긴급 창정비 조치
- 창정비 우현 주기관 분해검사 결과 라이너 등 주요 부속장비 손상 확인
  - ※ 이전수리 : '18. 8. 8 ~ 10. 8(62일간/정비창 정기수리)

### 손상엔진 제원

- 모델명 : MTU16V2000M90 (ENG. S/N : 536104726L)
- 주요제원

마력 (HP)	최대회전수 (RPM)	피스톤행정 (mm)	압축비	윤활방식	흡입방식	회전방향
1,790	2,300	150mm	1.52:1	강제순환식	배기터보 차저과급	C C W (반시계방향)



## 피해 사항 및 손상 개소 (별첨 1 사진참조)

- 물적 피해 : 우현 주기관(MTU16V2000M90) 부품 12종 20점
  - A열·B열 8번 라이너 벽면 스크래치 발생
  - A열 8번 피스톤 열상으로 손상 및 커넥팅로드 스몰 부쉬 손상
  - A열 7,8번,B열 8번 커넥팅로드 베어링 스크래치 발생으로 손상

연번	품명	PART.NO	단위	추산금액
1	PISTON	X53503700002	1EA	884,000
2	CYLINDER LINER	X53101300001	2EA	404,000
3	CONROD	5350300720/87	1EA	503,000
4	CONROD BEARING	5360382410	3EA	167,700
5	CONROD BEARING	5420382211	3EA	49,800
6	RING SCRAPER	5360110359	1PC	50,000
7	RING PISTON COM'	0090373419	1PC	108,000
8	OIL CONTROL RING	008037379219	1EA	59,000
9	OIL HEAT EXCHANGER	0021885801	1EA	3,060,000
10	TAPER FACE COMP RING	0080379219	1EA	46,000
11	GASKET OIL OIL PAN (국산개발품)	5660140522/ 20-76	1EA	72,000
12	GASKET CYLINDER HEAD	5410160920	4EA	444,000

## 손상원인

- 손상된 우현 주기관 각 부품에 대한 면밀한 조사와 기관장 및 기관사 상황 청취, 분해 결과를 종합하여 사고 원인을 다각도로 조사한 결과,
- A열 8번 피스톤 콘트롤링 조립 작업은 문제가 없으나, 라이너에 피스톤 취부 작업 시 작업자의 정밀한 부분에 대한 숙련도 부족, 보관 및 취급 시 부주의에 의한 오일 콘트롤 링부 미세한 크랙이 발생되어 주기관 운전 중 고열에 의해 오일 콘트롤 링이 절손된 것으로 추정

\* 오일 콘트롤링 재질 및 특성 : 고온에서 탄성을 유지 할 수 있게 고급 회주철로 되어 있으므로 취성(부러짐 현상)이 매우 큼



## 재발 방지 대책

- 작업 공정 현장 교육
  - 기술 정비메뉴얼 의거 작업 수칙 준수
  - 작업 공정시 유사 실수 사례 등 상호 정보공유
    - \* 상호간의 작업 노하우 전수 등으로 작업 정밀도 배양
  - 작업 팀별 팀웍 향상능력 방안 강구
- 감독자의 소속직원 관리감독 강화
  - 업무일과 前 팀장 및 반장급 구체적인 업무지시
  - 현장 작업 시 팀장 및 반장급 관리감독 강화
    - \* 특히, 집중력이 요구되는 작업의 경우 감독자 재차 확인철저
- 해·육상 충분한 시운전 실시

### 【별첨1】



A열 8번 피스톤



A열 8번 콘로드



A열8, B열8번 라이너



B열 8번 피스톤 링 세트



A열7·8번, B열8번 커넥팅로드 베어링



오일 냉각 쿨러



## 장비제원

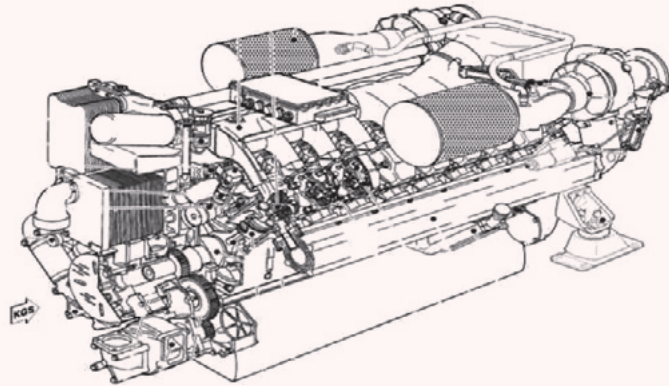
장비명 주기관

제작사 STX-MTU

형식 4행정, 단동

모델 MTU16V2000M90

출력 1,779마력



# 주기관 실린더 손상 복구 수리

울진서

P-95정

## 고장개요

가. M/E RPM 1300 운전중 T/C측에서 백색 폐기 발생

- 윤활유 보충캡에서 실린더 가스 누설

※ 청수, 오일 유량확인, 조타실 MCS 모니터링 온도, 압력, 배기가스등 특이점 발견치 못함.

- A열 4번 실린더 내부 스크래치 및 피스톤 상부 손상

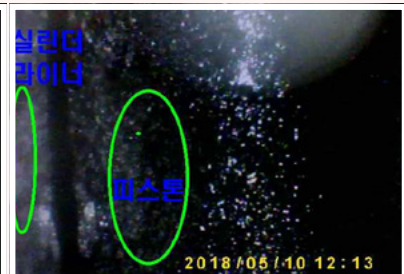
※ 내시경 카메라 이용 실린더 내부 점검

- CON-ROD 메탈, 피스톤 핀 메탈 등 손상(윤활유 필터 개방 검사)

나. 손상 관련사진



실린더 내부(정상)



실린더 내부(손상)





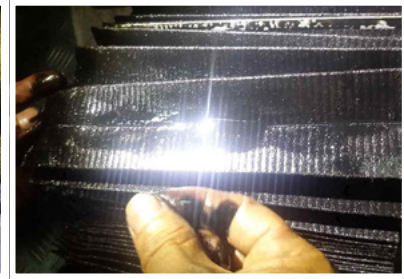
A열 헤드 커버 개방



윤활유 필터 절단 검사



윤활유 필터 쇠조각



윤활유 필터 이물질 확인



실린더 내벽 스크래치



피스톤, CONROD 절손

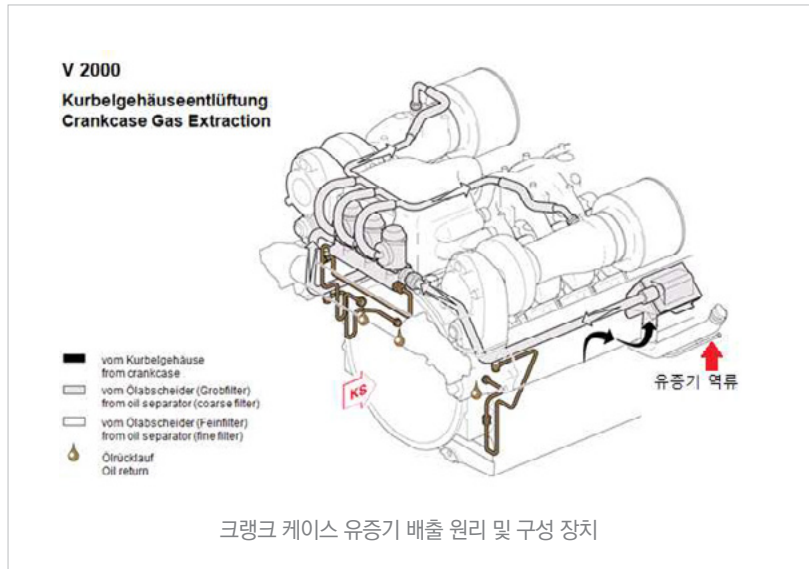
## 고장원인

가. (추정1) 과도한 윤활유 량과 피스톤 링 기능저하 가능성

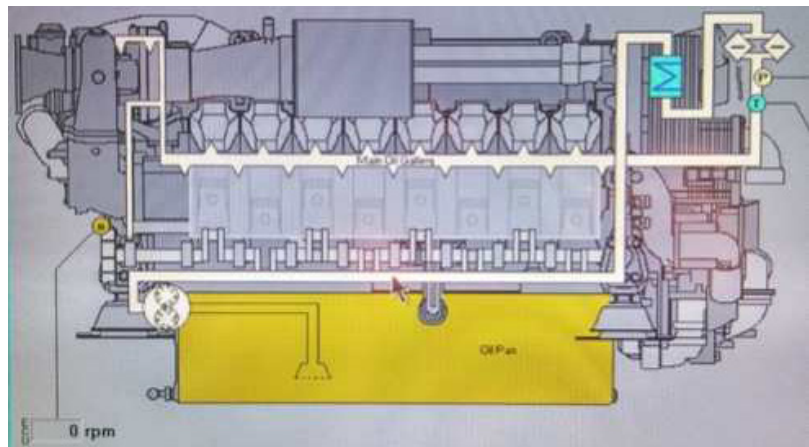
- (과도한 윤활유 량) 엔진이 작동할 때 압축행정이나 폭발행정 시 크랭크 케이스 내에는 어느 정도의 연소가스 유입과 크랭크 축 회전에 의해 생성된 공기에 의해 크랭크케이스 압력이 높아지는데 이를 방지하기 위해 16V2000 엔진은 유증기 필터를 설치하여 발생된 유증기를 터보차저 공기 흡입측에 연결 강제 순환식 환기장치를 두고 있으며, B열 터보차저 작동(1800RPM) 시 강제 순환식 환기장치에 의해 크랭크 케이스 압력을 감소

\* 초기 발견시 윤활유량은 정상, 터보차저에서 유증기 발생





- 그러나 엔진 오일 그 양이 많으면 오일이 크랭크 샤프트 및 커넥팅로드에 닿아 과잉의 오일이 실린더 벽에 뿌려지게 되며 유증기 발생과 윤활유 소비량 증가의 원인으로 추정 가능함.



〈윤활유 계통도〉

- (오일 스크래퍼 링의 기능 저하) 전 기통 피스톤 검사결과 외관상 실린더 내부를 연소하는 과정(왕복운동)에 열팽창에 의해 마모 및 링 홈의 형상 변화가 없으며, 또한 실린더 라이너 내벽은 A열 4번 미세한 스크래치의 특이점 무



## 나. (추정2) 윤활 불량으로 인한 손상발생 가능성

- 일반적으로 엔진의 가스누설은 정상상태에서 흡입공기량의 0.2 % ~ 1% 정도이며, 압축행정에서 생기는 압축누설과 폭발행정에서 연소가스의 블로우바이(관류, blow-by)가 발생
- A열 4번에서 블로우바이가 생긴 것으로 추정되며 피스톤 링과 라이너 밀봉이 어떤 원인에 의해서 부족해 블로우바이가 먼저 생기고, 실린더 라이너 스크래칭 같은 기계손상으로 추정
- 윤활불량에 의한 밀봉작용 불량으로 블로우바이가 시작되고 스크래칭-\*스커핑(스코링)으로 발전하는 단계에서 운전시간이 짧아 스크래칭에 머물렀을 것으로 가능성

\* 스커핑 : 금속표면의 윤착에 의한 상처로 스크래칭보다 깊은 상처

## 다. (추정3) 인젝터 불량으로 인한 손상 가능성

- 실린더 헤드 배기관의 불완전 연소 흔적을 볼 때 인젝터 불량으로 한도를 넘어 축적된 연료유가 한순간에 연소(폭발)
- A열 4번 기통 라이너 미세 스크래치(기타 라이너 상태양호) 현상을 통해 유추해 볼때 실린더 라이너와 피스톤 링 마모로 인해 연소실내로 윤활유가 유입 연소후 과대 폭발로 피스톤 변형 가능성



실린더 내벽 스크래치



피스톤, CONROD 절손

## 재발방지대책

## 가. 주기판 운용 시 철저한 순찰 확행

## 나. 장시간 저속(무부하 또는 저부하) 및 전부하 운전 지양

\* 엔진출력 80% 권장 (2100RPM)

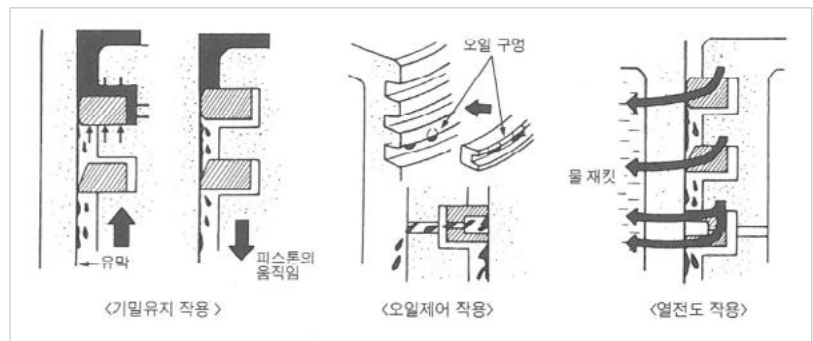
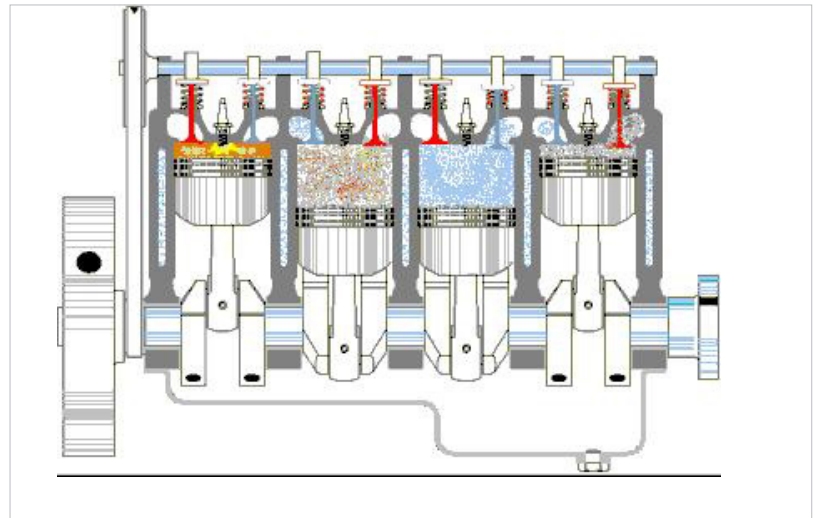
## 기대효과

## 가. 정기적으로 엔진 최초 시동 후 RPM 상승 시 윤활유 주입구 캡을 개방하여 점검

## 나. BLOW-BY 가스가 평상시 보다 과다하게 배출되는 경우 실린더 라이너 내시경 검사 등 정밀점검을 통해 2차 손상을 방지

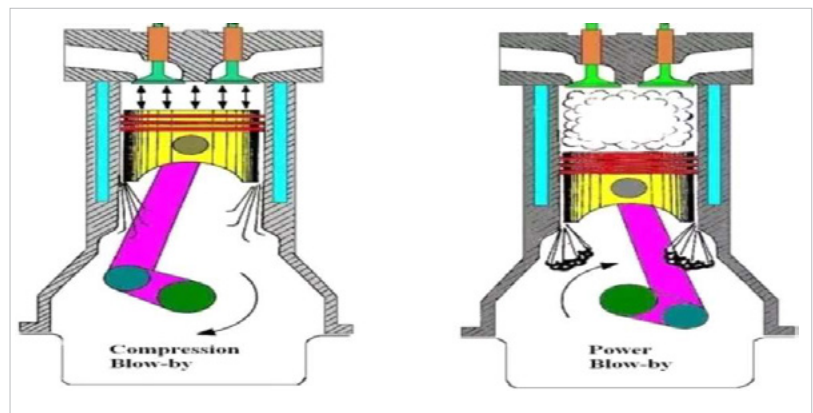


## 일반 이론



〈피스톤 링의 역할〉

○ BLOW-BY 가스란 엔진의 피스톤과 실린더 사이에서 새는 가스





**장비제원**

장비명 우현 주기관

제작사 MTU-STX엔진(주)

형식 16기통 4행정 직접분사식 배기과급

모델 16V2000M90

출력 1,343KW(1,799HP)최대2300RPM



## 우현 주기관 MDEC 교체 수리

군산서  
P-69정

### 고장개요

가. 양현 주기관 운전 중 조타실 NO.1 주기관 지시반(DISPLAY)에 경보 발생 후 주기관 자동 정지, 재시동 불가

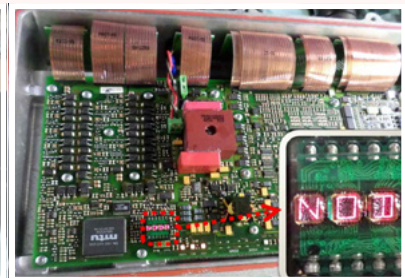
- 경보내용
  - DL 211+A003-ECU
  - RL 211+A003-ECU
  - AL Battery Charger Failure

나. MDEC 확인결과 상태 표시창(LED)에 NO DATA 표시

※ MDEC : Mtu Diesel Engine Control의 약자(엔진 상부에 장착되어 각 센서들의 측정값 감시 및 속도 등을 제어)



우현 주기관 MDEC(ECU)



상태표시창 NODATA 표시



## 고장원인

- 가. 주기관 제어 전원(DC.직류전류)은 전자회로에 미세한 전기충격 에도 취약
- 나. 주기관 본체와 시동용 배터리간 절연검사 결과 저항값 0.4M $\Omega$  확인
- 다. 시동 모터 운전 시 발생한 카본가루가 누적, 미세하게 접지현상 발생된 것으로 확인



시동모터 분해수리



MDEC 교체 프로그램 설치

## 자체점검 및 조치사항

- 가. MDEC 입력 케이블 및 컨넥터 연결상태 확인
- 나. MDEC 커버 개방 후 상태 표시창에'NO DATA'표시 확인
  - ※ NO.2 주기관 MDEC 상태 표시창에 정상수치 표시 확인, NO.1 주기관에 상호 교체 후 시동결과 운전 가능 확인
- 다. 전문기술진(STX) MDEC 프로그램 재설치 시도하였으나 불가
- 라. 시동 모터 분해 세척 소제 실시
- 마. 신품 MDEC 교체 및 운용 프로그램 설치

## 재발방지대책

- 가. 직류전원(DC) 전자회로 계통 절연상태 유지(먼지 등 소제)
- 나. 주기관 상부 측에 설치된 MDEC은 진동에 노출상태로 케이블 및 컨넥터 연결 상태 주기적 확인
- 다. 시동모터 절연상태 유지(소제 등)
- 라. 운용프로그램 주기적으로 업그레이드 설치

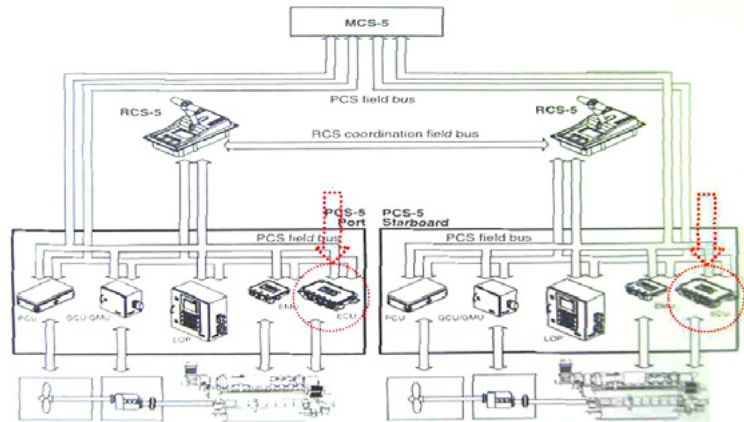
## 기대효과

- 가. MDEC 고장 시 주기관 운전이 불가, 수리부속의 높은 단가(1천만원)로 수리비용 증가, 장기간의 조달기간 소요되어,
- 나. MDEC 수리고품 재사용을 위해 내부 구성 불량부품인 EDM (Engine Data Module), IDM(Interface Data Module) 수리업체 (영인테크)를 발굴, 불량부품(IC 회로 소자) 교체수리후 MDEC 고장 발생한 P정에 교체 설치 운용중으로, 수리예산 절감 및 조달지연에 따른 경비공백 예방 성과 거양



## 일반이론

MDEC(ECU)은 연료분사시스템을 제어하여 엔진 속도를 조정하고 다른 시스템(LOP 등)과의 통신 및 비상정지 신호의 출력, 중요한 측정 포인트의 제한값을 감시하는 시스템 조립체임.



- ECU 조정 및 제어기능
  - 정지 및 비상정지 제어, 속도 조정
  - 설정된 연료분사로 솔레노이드 밸브에 의한 연료분사 제어
  - 엔진부하, 속도, 과급기 압력 및 연료온도에 의해 분사되는 연료량 제어
  - 배기과급기 회로, 실린더 컷 아웃 등
- ECU 감시기능
  - 아날로그 제어값 지시(속력, 오일 압력, 냉각수 온도, 엔진부하)
  - CAN 버스를 통한 제어 및 감시 시스템으로 측정값, 경고 및 경보 값 전송
  - 엔진 과속도의 경우 엔진 비상정지
  - 엔진오일 저압력 및 엔진냉각수 고온시 엔진 비상정지 혹은 출력 감소
  - LOP에서 시동금지가 설정된 경우 시동의 금지



## 장비제원

장비명 No.1 발전기

제작사 CUMMINS

형식 6기통 4행정 터보차저 해수쿨러타입

모델 CUMMINS 6BT 5.9DM



# 우현발전기 가바나 컨트롤러 교체 수리

인천서

P-78정

## 고장개요

- 가. 출동 전 장비 점검시 NO1 발전기 주파수 게이지 및 RPM게이지 심한 떨림 현상 발생
- 나. NO1 발전기 RPM게이지 심한 떨림 현상을 확인 후 더 이상 운전 불가한 상황으로 판단

## 고장원인

- 가. 전기식 가바나 컨트롤러 같은 민감하고 제어·운용하기 까다로운 장치들을 다름에 있어 기존에 세팅되어 있는 대로 사용해 오다보니 처음 세팅 시 잘못 세팅된 채 장기간 운용해 오면서 컨트롤러 자체적으로 고장이 발생
- 나. 수리사진



가바나 컨트롤러 교체작업



가바나 컨트롤러 세팅작업



## 가. 전가식 가버너 컨트롤러 셋팅 방법

- 정의 : 상기 일련의 장비작업을 통해 장비 운용자들에게 이론교육과 더불어 간단한 조작을 통해 장비 효율의 증대와 안정적인 운용이 가능하다는 것을 알 수 있었다. 이에 간단하게나마 가버너 컨트롤러의 세팅 요령과 기능을 설명한다.

1) CONTROLLER 상단에 위치한 엔진 모델에 따른 입력주파수를 설정하기 위해 S1, S2를 세팅한다.

세팅방법은 아래와 같다.

## 〈 S1, S2 스위치 조정 〉

- 디젤엔진 의 경우는 S1 "OFF" ▶ 6BT 5.9GM 발전기 : S1 = OFF S = ON

## 자체점검 및 조치사항

가. P-78정 자체적으로 확인결과 액츄에이터는 떨림, 고정선 이상유무 등 양호 하였으며,

나. 가버너 컨트롤러 조정을 하였으나 동일증상 발생

다. 외주 수리업체 증상 확인결과 가버너 컨트롤러 문제로 진단

## 재발방지대책 및 기대효과

가. 장비의 증상을 면밀히 파악하지 못하고 선불리 고가의 장비인 가버너 컨트롤러 혹은 액츄에이터의 설정치를 변경하고 교체해 버릴 경우 예산 및 인력에 불필요한 낭비가 발생할 우려가 생긴. 이를 방지하고 장비를 효율적으로 운용하기 위하여 증상에 따른 조치사항 및 각 부속의 기능을 정확히 숙지하여 효율적으로 장비관리 및 운용할 수 있도록 관심과 노력 필요

- 가스, 가솔린 엔진의 경우는 S1 "ON"
- DYNA 2000 Actuator 의 경우는 S2 "OFF"
- DYNA 2500 Actuator 의 경우는 S2 "ON"

2) 아주 정밀한 속도 조정을 위해 REMOTE SPEED POTENTIOMETER 사용 시는 일단 중간 위치(50%)에 세팅한다.

## 〈 POTENTIOMETER 의 최초 세팅 〉

GAIN 20%	I 20%
D 30%	DROOP 25%

- 단독 운전 시에는 DROOP을 최소 위치(완전 반시계 방향)로 한다.
- DROOP 온전을 위해서는 무부하에서 최대 부하 까지 DROOP을 원하는 값 만큼 세팅 한다. 시계방향은 DROOP 증가이다.

## 3) 엔진 START (무부하에서) Controller의 속도 조절

- Potentiometer를 원하는 엔진 속도만큼 돌린다.
- 엔진이 워밍되어 있다면 차가운 상태 (Cold Start) 시보다 훨씬 안정적이다. 가버너가 워밍업 된 상태에서 조정 되었다면 Cold Start 시 안정된 엔진 상태를 유지하기 위해 조정 Potentiometer를 반시계방향으로 5% (1/2 바퀴) 돌린다.
- 엔진이 전방을 사각할 때 까지 GAIN을 시계방향으로 서서히 돌린다. (엔진이 100% GAIN 상태에서 안정적으로 되어 있으면 손으로 Actuator Linkage를 일부러 건드려 test 한다.) 엔진이 편밀을 하면 안정될 때 까지 GAIN을 반시계 방향으로 서서히 돌린다.

## 4) 다중엔진의 경우는 위의 방법대로 조정 후 다음의 Test를 실시한다.

- 엔진을 원하는 속도로 운전하여 가버너를 OFF시킨다.
- 엔진 속도가 천천히 감소되어 대략 원하는 속도의 반(50%) 정도로 줄었을때 가버너를 다시 ON시킨다.
- Overshoot(과도한속도)가 되는지 관찰한다.
- 만약 Overshoot가 너무 과도하게 되면 "T"를 시계방향으로 약간씩 돌려 제어 Overshoot한다.
- 안정된 상태에서 약간의 현상 현상이 있으면 안정될 때 까지 "T"를 반 시계 방향으로 약



간씩 돌린다.

최대한의 안정적 상태를 위해 가능하다면 부하를 100% 까지 여러 가지 상황에서 작동 시켜 본다.

5) 각 단자에 해당하는 기능

- 사진에서와 같이 1~11번까지의 단자에 케이블이 연결되어 각 요소의 측정과 제대로 된 가버너 컨트롤러의 기능을 할 수 있도록 한다.

1, 2번	DC POWER(직전원)
4, 5번	액추에이터
6, 7번	9번으로부터의 신호를 받아 가버너제어의 기능을 함. (제어실에서 속도조정 NOB를 돌릴때 따라서 지향 값이 변하여 SPEED를 조절)
10, 11번	전자로서 회전수를 측정하는 마그네틱 픽업으로 부타의 신호를 받아 가버너에 전달





## 장비제원

장비명 MCAM 시스템

제작사 MEST

모델 MCS-5



# 기관제어 감시계통 복구 수리

통영서  
P-102정

## 고장개요

가. MCAM 시스템 모니터상 PPS=371+A301-A500 FAULTY 등 PPS 관련  
정보 알람이 반복적으로 발생

나. 주기관 각종 출력 정보 전시 및 원격시동 불가

※ CAN BUS 통신방식

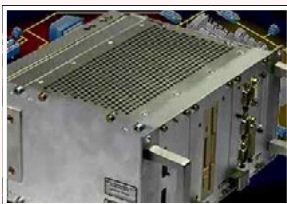
### ○ CAN-BUS(Controller Area Network-BUS) 통신방식이란?

- 근거리 네트워크 방식으로 PPS와 PIM 간 통신을 말하며 케이블 소모가 적고 어려움이  
낮으며 편이다

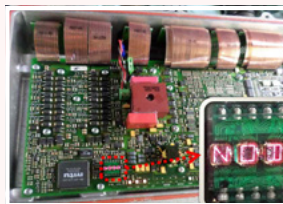
└ MCU↔PPS : PB1/2

└ PPS ↔PIM : FB1/2

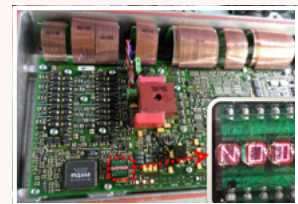
- MCU(Management Computer Unit, 통제 컴퓨터 장치)
- PPS(Programmable Process Station, 프로그램 가능한 처리장치)
- PIM(Peripheral Interface Module, 주변연동장치)



MCU ↑



PPS ↑



PIM ↑



## 고장원인

- 가. MCAM 시스템 장기사용으로 인해 PPS 내부 카드 고장 발생
- 나. 전문업체 문의한 바 수리는 불가하며 신품으로 교체 필요

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 현상태

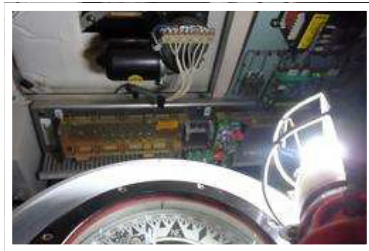
- 조타실 MCAM 시스템 모니터 화면 표출 불가

### 나. 자체 점검결과

- MCAM 시스템 재부팅 및 각 단자 고정상태, 케이블 손상여부 점검 결과 특이점 발견치 못함
- 전문업체 문의 결과 PPS 내부 카드 고장이며 신품 교체 필요

### 다. 조치결과

- PPS 내부 카드(MPU30) 교체
- MCS 프로그램 설치



## 재발방지대책

- 가. 내부 회로 및 카드 분리시에는 반드시 전원 차단 후 정비 실시
- 나. MCAM 시스템 작동상태 주기적 점검
- 다. PPS 및 각종 카드 주기적 소제 및 접촉상태 점검

## 기대효과

MCAM 시스템에 대한 정비 노하우 체득



**장비제원**

장비명 RUDDER

제작사 삼광조선소

모델 동성중기(DSSG-1.7TM-TR)

회전각 70도(좌 · 우 35도)

타 회전속도 70도 / 28초

틸러의 반경 300mm

작동방식 전동유압식



## 라다 제작 및 분해 점검 수리

군산서

P-67정

### 고장개요

## 가. 손상 개요

- 말도 인근해상에서 경비 병행 미귀항 선박(태성호) 수색 중 정침 시 좌현으로 선회 현상 발생
- 같은 날 16:40경 입항 후 선저검사 결과 좌현 라다스톡 절손 및 유실된 것을 발견

### 고장원인

## 가. 조사결과

- 1) 좌현 라다스톡 절손은 함정 수리이력 및 라다 주변 외부 상태, 손상 당시 해점 등 확인한바 외부 충격에 의한 절손의 진행이 있었던 것으로 보이지 않으며
- 2) 2000. 12. 준공, 2003. 4. 양현 라다 교체 후 14년 동안 장기간 사용하면서 라다스톡과 타판이 결합되는 용접부에 미세한 균열이 발생하였고 ※ P-67정의 경우 용접부에 전단력이 가장 크게 발생(일반학계이론 1번 참조)
- 3) 라다스톡에 선체 진동, 타판에 발생하는 외력의 영향을 받으며 점차적으로 균열이 확대되면서 2017. 4. 4. 외력을 이기지 못하고 절손된 것으로 보임



#### 나. 사고원인

- 1) (1차적) 라다스톡과 타판 조립 시 용접 중에 발생하는 용접응력에 의해 라다스톡에 영구 변형(소성변형)으로 장시간 사용하면서 미세한 균열 발생
- 2) (2차적) 라다에 영향을 미치는 외력(선체에서 발생하는 진동, 선박 운항 시 또는 스크루에서 발생하는 수압 등)에 의해 균열 부위 확대

#### 자체점검 및 조치사항

일자	시간	발견 및 조치내용
4. 4.	14:00	원인 미상 조타기 정침 시 좌현 선회 현상 발견, 우현 10도에 정침, 조타기 원인 파악을 위해 양현 주기관 수시 교차 사용 및 조타기 좌·우현 수시 사용
	15:00	조타기 좌현 선회 현상 원인 파악 중 특이점 무
	15:10	조타기 원인 규명 실시 결과 조타장치, 타각지시기 일치 등 특이점 발견치 못함
	15:18	스크루 줄 및 어망 감김 현상 의심되어 선체 진동여부 파악을 위해 양현 주기관 RPM 단계별 테스트 실시
4. 4.	15:20	양현 주기관 1500RPM 상승
	15:22	양현 주기관 1700RPM 상승
	15:23	양현 주기관 1800RPM 상승
	15:24	양현 주기관 1900RPM 상승
	15:25	양현 주기관 2000RPM 상승
	15:27	RPM 단계별 상승 테스트 결과 선체 심한 진동 등 특이점 발견치 못하고 양현 주기관 800RPM 하강
	15:30	조타기 이상 원인 규명 결과 육안 및 진동 등 특이점 발견치 못하여 본정 발 NR-022(타기상태보고) 전문 송신
	15:45	미귀항선박(태성호) 발견 관련 군산외항전용부두 입항 대기차량
	16:50	군산외항전용부두 입항
	17:10	해경구조대 경장 이석호 등 2명 선저검사를 위해 내정
	17:45	해경구조대 경장 이석호 등 2명 선저검사 실시 결과 좌현 라다스톡 절손 상태 확인

#### 재발방지대책

- 가. 스크루타입 함정 상가수리 시 라다 스톡 균열여부 파악을 위한 비파괴 검사 실시(절손으로 인한 라다 유실 및 함정 운항 중 긴급상황 발생 방지)
- 나. 동일 사례 발생 시 조타기 작동 현상을 공유하여 신속한 초동 조치 능력 배양
- 다. 긴급상황을 제외한 수심이 얇은 해역에서 무리한 운항 지양



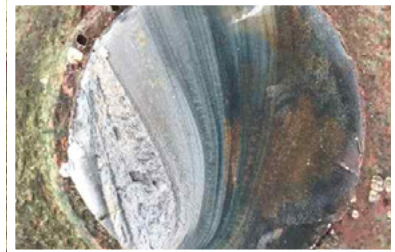
## 일반 이론

### 가. 원인분석

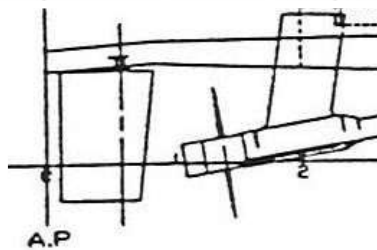
#### 1) 외부 충격에 의한 절손 발생 가능성



초기발견상태



작업 전 상태확인



1차 경화제 코팅



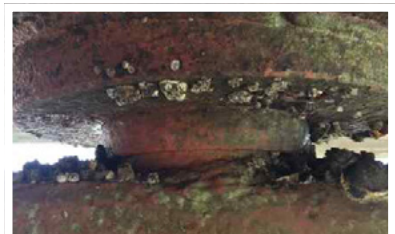
경화상태 확인

- 함정 운항 중 발생할 수 있는 외부 충격에 의한 라다 균열은 라다스톡 및 타판 유실로 직접적인 확인은 불가능하나 라다, 스크루 구조와 주변상태 확인 결과
- 좌현 라다에만 외부 충격이 가해져 균열이 발생했다면 함정이 우현으로 선회 중에 발생할 가능성이 크고, 우현 선회 중 충격이 발생하여 균열이 발생 했다면 절손의 진행 방향도 좌현에서 우현으로 진행되어야 하나 절손 부위 확인 결과, 절손의 진행은 우현에서 좌현으로 진행 (참고사진 1, 2)
- 상기 원인 외 외부 충격이 가해졌다면 스크루 등 주변에도 충격의 흔적이 있어야 하는 것이 일반적이나 수리이력 및 상가 후 확인 결과 특이점이 없었음 (참고사진 3, 4)

#### 2) 내부 구조, 재질 등에 의한 절손 발생 가능성



1. 절손 부위 사진(측면)



2. 비교 사진(용접부위)

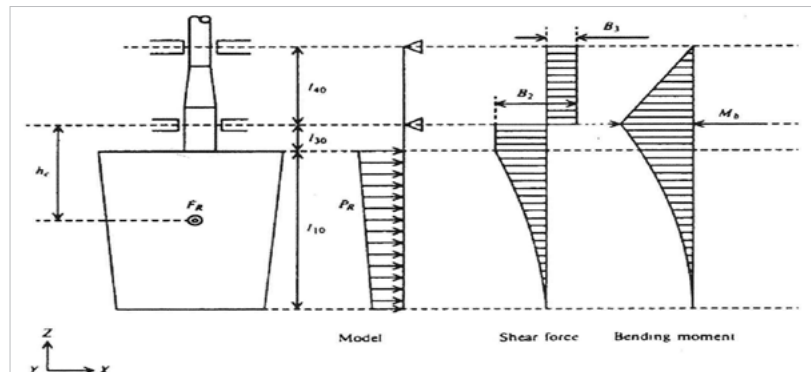


- P-67정 라다는 구조 상 라다스톡과 타판 조립 시 인력으로 용접을 하며, 용접은 용접 시 대상이 되는 모재, 용접봉, 작업조건, 작업자의 숙련도, 예열 및 후열처리 등 모든 것에 영향을 받는데,
- 이로 인해 용접부위에 용접응력 발생 및 재질에 영구 변형(소성변형)이 오면서 시간이 지남에 따라 재질의 약한 부위(전단력이 가장 크게 작용하는 부분)에 피로가 누적되어 균열이 발생 되고 (참고사진 1, 2)
- 선체 진동, 타판에 발생되는 회전응력, 스크루에서 발생되는 수압 등 외력에 의해 점차적으로 균열에 영향을 미침

## 나. 일반학계 이론

### 1) 라다(타, Rudder)

- (Rudder) 선박에 보침성능과 선회성능을 주는 장치로 이상적인 타는 타각을 주지 않을 때에는 최소한의 저항을 가지며, 타각을 줄 때는 최대한의 횡압력을 주는 것이 이상적이다.
- (Rudder Plate) 주강소재와 고장력강 및 일반 탄소강을 용접하여 유선형 박스 형태도 제작된 구조물로 스크루 뒤쪽에 위치하며 스크루로부터 추진되는 추력을 이용하여 만들어진 양력에 의해 선박의 방향을 전환하는 주요 기능품으로 좌우 조향 시 엄청난 힘을 받게 되므로 고도의 용접 품질을 요한다.
- (Rudder Stock) 선박 운항 시 방향 전환을 위해 조타기에서 발생하는 회전력을 타판에 전달하는 매개체 역할을 하는 기능품으로 선박에서 발생되는 강한 진동과 엄청난 회전응력을 견뎌야 하므로 강도가 강한 단조소재로 제작된다.



Shear force(전단력) : 재료에 서로 어긋나는 힘이 작용할 때 재료 내부 외력에 저항하는 힘, 즉 전단력은 부재를 자르는 힘을 말함(예 : 가위)

Bending Moment(굽힘모멘트) : 물체의 어느 한 점에 대해서 물체를 굽히려는 힘

참고사항 : 라다스톡에 영향을 미치는 전단력 크기는 타판 상부와 선체 사이에 가장 크게 작용되며 P-67정의 경우 용접부분에 해당됨



## 2) 용접(Welding)

- (용접) 같은 종류 또는 다른 종류의 금속재료에 열과 압력을 가하여 고체 사이에 직접 결합이 되도록 접합시키는 방법으로 용접법과 압접법이 있으며, 용접이 이루어지는 접합면은 불순물을 포함하여 쉽게 물러지는 경향이 있으므로 접합부에 산소를 없애주는 탈산제나 금속이 잘 섞이도록 용해를 촉진하는 용제를 사용하거나 또 비활성이나 환원성기체를 사용하여 산화를 방지하는 경우도 있다. 용접결과와 좋고 나쁨을 용접성이라고 하는데 이것에는 용접 시 대상이 되는 모재, 용접봉, 작업조건, 작업자의 숙련도 등 모든 것이 영향을 받는다.
- (용접법) 접합부에 금속재료를 가열·용융시켜 서로 다른 두 재료의 원자 결합을 재배열하여 결합시키는 방법으로 아크용접, 가스용접 등이 있으며, P-67정 좌현 라다 신규 제작 시 사용된 용접방법은 CO<sub>2</sub>용접으로 용접법의 한 종류인 아크용접에 속한다.
- (용접성) 금속재료의 용접될 수 있는 성질을 말하며, 용접은 고열이 수반되는 도금적 접합법이며 재질변화, 잔류응력이나 변형 등을 발생한다. 또한 용접 구조물은 응력집중에 민감하며 저온에서는 취성파괴의 위험이 발생하기 쉽다.
- (용접응력) 용접 작업에 있어서 용접 금속이 냉각하여 수축할 때 자유변형을 할 수 없기 때문에 생기는 잔류 응력으로 용접과정에서 열변화(가열, 냉각)가 국부적으로 급속하게 발생되기 때문에 열변화에 따른 변형(팽창, 수축)이 용접부 주위의 모재 또는 다른 구조부재에 의해 구속되고, 그와 동시에 소성변형과 용접응력이 발생된다.
- (변형) 금속 형상의 변화를 말하며, 탄성학에서는 형상 및 체적의 내부적 변화 즉 변형률로 재료에 힘(외력, 응력, 하중)을 가하며 다소 형상이 변하며 이 현상을 변형이라 한다. 응력이 제거되면 소실되는 변형을 탄성변형이라 하고, 응력을 제거해도 소실되지 않는 변형을 소성변형이라 한다.
- (소성변형) 대부분의 고체는 적당한 조건하에 놓이면 커다란 외력 작용으로 파괴되는 일 없이 연속적으로 변형하고, 외력을 제거해도 물체는 이미 원형으로 되돌아가지 않고 영구 변형이 생기는데 고체가 나타내는 이러한 변형을 소성변형이라 한다.
- (균열) 열적 또는 기계적 응력 때문에 일어나는 국부적인 파단에 의해 생기는 틈으로, 용접균열의 원인은 금속학적 측면에서는 금속이 응고직후 결정입내에 있는 저용점의 불순물이 원인이 되어, 모재의 연성이 저하하거나 용융 시 침입한 수소가 확산되어 취화하는 경우 또는 P(인), S(황), Sn(주석), Zn(아연) 등의 유해 불순물의 영향으로 결정입계에 모여서 입자 상호간에 교착을 방해하기 때문에 균열이 발생되며, 역학적 측면에서



는 용접 시 가열 · 냉각으로 생긴 열응력이나 소재의 변태에 따른 체적변화 구조상 또는 판재의 두께에 기인되어 응력집중이 생기는 노치가 있거나 용접부의 부와 외부에 작용하는 힘에 견디지 못해 발생된다. 이에 따른 방지 대책으로는 적당한 용접조건, 용접봉과 모재의 선택, 용접설계, 예열과 후열처리 등이 있다.

※ 균열의 종류

- 형태 : 마이크로 균열, 모발 균열, 입계 균열, 횡 균열, 종 균열
- 가공과정 : 용접 균열, 단조 균열, 수축 균열, 층 균열, 연마 균열
- 열처리 : 담금질 균열, 고온 균열, 저온 균열, 재열 균열, 템퍼링 균열
- 사용 중 : 지연 균열, 자연 균열, 응력 부식 균열, 피로 균열 등

### 3) 진동(Vibration)

- 선박에서는 프로펠러, 주기관, 보기(발전기, 펌프 등), 파도, 유체유동 등에 의해 진동이 유발된다. 선박에 과도한 진동이 발생하면 탑재된 장비나 기기(器械)에 오작동 또는 손상을 초래할 수 있으며, 진동에 의해 유발되는 동적응력(Dynamic stress)은 선체(Hull)나 축계(Shaft system)의 피로손상을 일으킬 수 있다.
- 진동이란 질점 또는 물체가 외력을 받아 평형위치에서 반복 운동하는 현상을 말한다. 진동하는 물체의 운동을 관찰해 보면 일정시간을 반복하는 주기운동과 불규칙적으로 운동하는 비주기 운동으로 나눌 수 있다. 일반적으로 기계나 구조물은 질량과 강성과 감쇠가 분포된 영역으로 질량과 강성은 물체가 정적인 평형위치를 중심으로 진동하는 원인이 되며, 감쇠는 시간이 경과함에 따라 진동이 소멸되는 원인이 된다.
- 진동할 수 있는 상태에 있는 물체를 진동체라 하며, 진동은 보통 물리적 충격에 의해서 야기되지만 충격이 멈춘 후에도 진동을 계속하는 경우가 많은데 외부에서 주기적으로 작용하는 힘을 받아 진동하는 것을 강제진동이라 한다.



**장비제원**

장비명 워터제트 추진기

제작사 동강엠텍

모델 HM 651



## 소형정 타기 고장 자체 수리

제주서  
P-36정

**고장개요**

가. 연안 경비 중 타기 핸들(1차) 좌·우현 작동시 양현 CPM 및 JCM에서  
“H1”알람 발생



CPM



JCM

※ “H1” 알람코드 : CPM 모듈번호 1에서 감지한 외부 헬름 신호 에러로 헬름 모듈이 올바르게 연결되어 있지 않거나 헬름 모듈이나 판넬 모듈에 문제가 있어서 울리는 알람

나. “H1”알람 발생 중 주기관 최저 RPM(575RPM)으로 하강 및 상승 불가 현상 발생

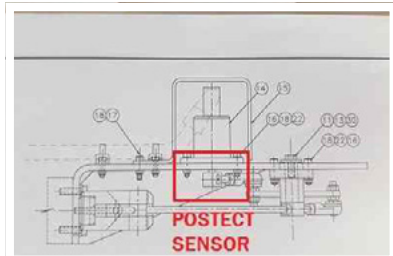
다. 워터제트 유압계통 내부 소음 발생(압력 제어 밸브 작동)

라. CPM BACK-UP 모드(2타) 전환시 타기 및 주기관 RPM 정상 작동 가능(알람 발생 전무)



## 고장원인

### 가. 원인분석



유압계통 및 센서

- 유압 호스 및 실린더 주위 누유 현상 전무
- 유압유 탱크 유준 양호
- 워터제트 좌·우현 작동 유압실린더 포지텍센서(POSITECT SENSOR) 및 배선 연결상태 이상무

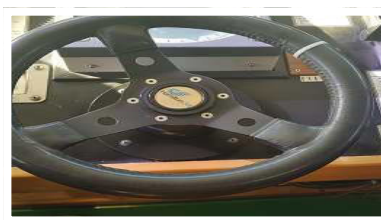


JCM

- 내부 카드 및 커넥터 연결 상태 확인결과 이상무
- JCM 백업모드(3타) 전환 사용시 정상 작동

※ 포지텍센서(POSITECT SENSOR)

→ 워터제트의 좌·우현 실제타각 위치를 JCM 및 CPM 내에 전기신호를 전달하는 센서



헬륨 장치(핸들) 1타

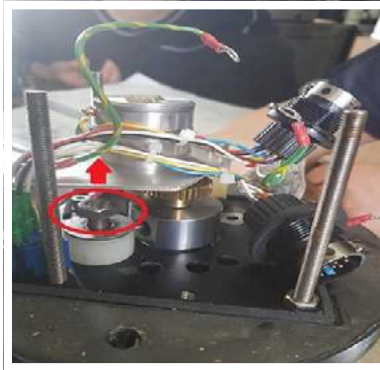
- 좌·우현 전타각도(27도)를 벗어나 360도 회전 상태 발견
- 좌·우현 전타 범위를 벗어나 핸들 작동시 JCM "H1" 지속적인 알람 및 주기관 최저 RPM 하강 발생

### 나. 고장 분석 결과

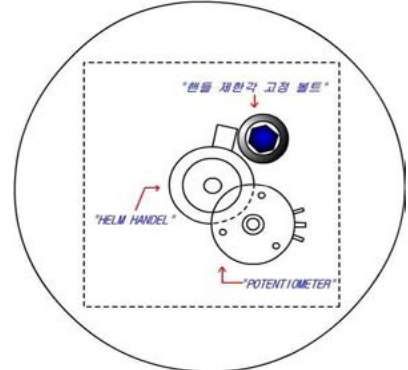
- 1) 주기관 및 워터제트 제어반 전원 차단 1타 핸들(헬륨장치) 취외 후 내부 확인결과 좌·우현 전타각 제한 볼트 풀림으로 인해 포텐션 미터(가변저항) 360°회전 발생
- 2) 1차 핸들 가조립 후 전원 투입하여 작동한바 좌·우현 전타각도 초과 시 상기 고장 현상 재차 발생 확인



## 자체점검 및 조치사항



핸들 분해 후 내부 분해 모습

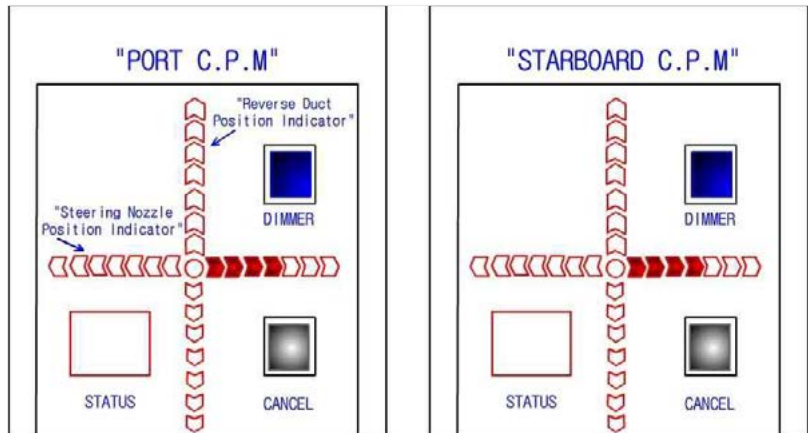


타각제한 고정 볼트 부위

※1타인 핸들이 몇 번 회전이 되었는지 중심타 및 좌·우현 전타각의 위치를 알 수 없는 상황  
(1차 회전 포텐션미터의 중심 및 좌·우현 전타각도 표시 無)

※좌·우현 전타각도 및 중심 타각에 따른 포텐션 미터 저항 값을 확인 하려 했으나 기술자료 책자에 기록이 전무하며 서비스 업체인 (주)동강엠텍 문의 결과 기술자가 방문해야만 수리가 가능하다는 소견임.

가. 전타각 제한 볼트 및 핸들 장치 가조립 후 주기관 시동 및 축 연결  
나. 1타 핸들 타각을 “CPM LED LAMP”를 통해 조정 실시



- 1타 핸들 내부 포텐션 미터를 인위적으로 좌·우현 회전시킴
- 좌·우현 회전에 따른 CPM 타각 LED점등 상태 확인
- LED 램프 점등 위치에 따른 중심 및 좌·우현 전타각 포텐션 미터에 표시
- 좌·우현 전타각 까지 포텐션 미터를 회전 (“H1” 알람 발생 전까지) 후 핸들 제한각 고정 볼트 고정

다. 정상 조립 후시운전 결과 “H1” 알람 해제 및 주기관 RPM 정상 사용



## 재발방지대책

- 가. 단계별(1타~5타) 워터제트 비상타 운용법 습득
- 나. 타각 제한 볼트 풀림을 방지하기 위해 볼트 조립시 록타이트 시공
- 다. 차후 동일한 현상 발생 시 조립 시간 단축을 위해 포텐션 메타 타각 표시
- 라. 1타 핸들 작동 시 무리한 작동 자제(충격최소화)

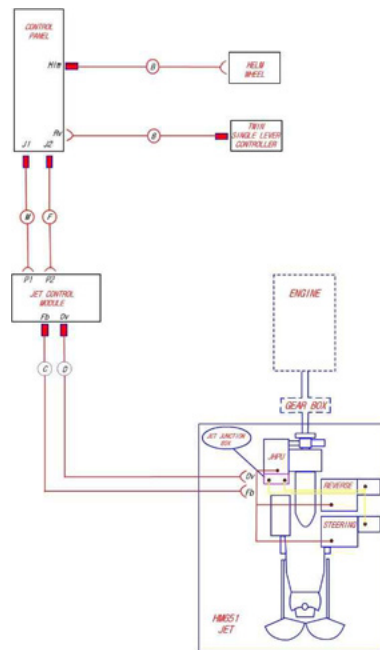
※ 장비운영자 장비운용교육 필요

- 마. 정기적으로 분해 후 볼트 조임 상태 확인

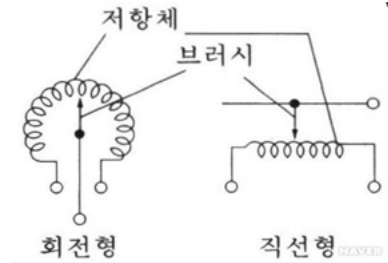
## 기대효과

- 가. 자체정비 기술 노하우 축적 및 전수
- 나. 전자계측기(멀티테스터기 등) 사용법이 미숙하더라도 상기 자체 수리법을 통해 충분한 수리 가능
- 다. 해상경비중 고장 발생시 비상타 운용법 및 수리를 통한 함정 안정성 확보
- 라. 외주수리 진행시 불필요한 수리로 인한 과대 예산 집행 예방

## 일반 이론



헬륨 시스템 신호 전달 체계



포텐서 미터

- 직선변위와 회전변위를 전기저항의 변화로 바꾸는 가변저항기
- 포텐션 미터는 접촉형과 비접촉형으로 나뉘어짐
- 접촉형포텐션 미터는 접촉형과 비접촉형으로 저항체 위를 브러시가 움직이는 구조
- HM-651의 경우 접촉형 중 회전형 포텐션미터



**장비제원**

장비명 우현추진기

제작사 HAMILTON

형식 WATERJET

모델 HM 651

제 원 6억, 650DIA



## 우현 추진기 조정판넬 알람 발생 수리

완도서  
P-87정

### 고장개요

가. 해군 3함대 상가수리 퇴창 시운전 중 우현 추진기 조정 판넬(CPM)상 J0, E0 알람 발생,

나. 우현 주기관 작동 후 축 연결 시 전후좌우 조정불가 및 축 연결 분리 불가

※ 용어설명

대상	명칭	내용
	CPM (Control Panel Module)	워터제트를 컨트롤하고 워터제트의 상태 및 알람 발생시 표시해주며, 백업모드시 주기관의 속력을 증감속 시키는 등 워터제트의 주 조종반 역할
	JCM (Jet Control Module)	입력된 Setting 값에 의하여 워터제트 운전을 총 지휘하는 장치로 두뇌에 해당하며, 비상 전 · 후진 및 비상 조타를 실행하는 역할
	E0, J0 알람	Missing Mod 모듈이 없어진 것으로 감지됨



## 고장원인

- 가. E0, J0 알람은 JCM 내부 퓨즈 또는 케이블 오류로 인한 모듈의 전원 유실  
 이나 JCM실패로 인한 모듈과의 통신유실 등의 원인으로 발생
- 나. 장기 사용, 진동 고온 등에 노출되어 있기 때문에 일정한 시간이 지나면 그  
 능력에 한계치에 도달하게 되어 각 컨넥터 불량으로 인한 통신계통 이상,  
 전자기판 오작동 등이 발생



알람로그 1



알람로그 2



알람로그 3



알람로그 5

## 자체점검 및 조치사항

### 가. 자체점검

- 조타실추진기조정레버,ECM,JCM작동확인
- 좌현추진기구동밸트장력확인
- 좌현추진기유압유유준량정상유무확인
- 조타실~추진기실연결된각회로손상개소점검
- JCM측알람로그확인
- JCM연결케이블분리후소재,케이블상태확인
- JCM커버분리후내부단자점검및케이블체결상태확인

### 나. 수리업체 조치사항(동강엠텍)

- JCM 신품 교체 및 회로 정밀 검사
- CPM 기판 및 회로 검사
- ECM, 기판 및 회로 검사





JCM 교체전 점검



JCM 취외



JCM 신품 부착



시운전

## 재발방지대책

- 가. 주기적으로 CPM, JCM 내부 각 컨넥터 체결상태 죄임 상태를 점검하고 내부청결상태 유지
- 나. 시공업체 순회 점검시 각 기판 회로 정밀점검을 통한 사고 미연에 방지

## 기대효과

위터제트 통신계통, 전자기판 측 불량으로 인한 불시 조합이 불가능한 상황에서 재빠르고 침착하게 1차 피해를 예방하는 조치를 한 후 안전구역으로 이동하여 매뉴얼에 의거한 순차적인 문제해결능력의 배양과 모든 상황 시 즉응태세를 유지를 위한 오류 발생 우려가 높은 예비품을 조기 확보의 필요 강조됨.



## 장비제원

장비명 워터제트 추진기 덕트

제작사 해밀턴

모델 HAMILTON 651



# 우현 워터제트 덕트 교체 수리

속초서  
P-32정

## 고장개요

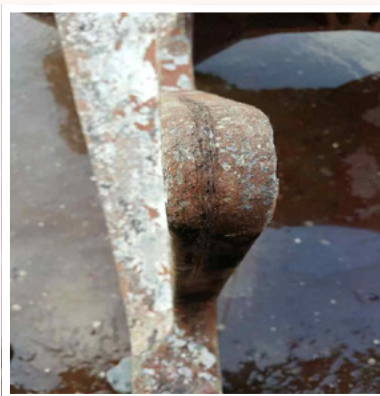
가. 해군 1함대 상가 기간 중 양현 추진기 아노드 교체 및 점검수리 작업 시 추진기 덕트 연결부위 절손 및 균열부 발견

나. 담당 부서(속초서 정비계 및 지방청) 현장 확인 및 메이커, 수리업체 수배

※ 메이커 : 동강엠텍(해밀턴 공식 대리점), 용접업체 : 본테크(전문 수리업체)



CPM



JCM

※ 좌현추진기 덕트 : 일부 절손, 우현추진기 덕트 : 균열(10cm)



## 고장원인

- 가. 추진기 덕트의 장기 사용으로 인해 전 실린더 샤프트와의 체결부 (덕트 측)의 피로도가 증가 및 주기관 폐기로 인해 부식 및 균열 후 파손된 것으로 추정
- 나. 해경 경비정의 특성 상 경비임무 수행 중 잦은 방향 변침 등 덕트 구동 이음부 피로도가 증가할 수 밖에 없는 환경 산존

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 외주업체를 통해 양현 추진기 덕트의 피로도 정도, 균열 정도를 검사 후 수리 진행 방향을 결정
  - ※ 좌현 : 파손부 육성 가공수리, 우현 : 덕트 신품 교체수리
- 나. 좌현 추진기 덕트 : 파손 및 부식부 제거하여 동일 재질의 용접봉을 이용 단계적 육성수리 후 강도 테스트를 거쳐 취부
- 다. 우현 추진기 덕트 : 균열부위가 광범위 하여 육성 가공수리 불가 판정으로 신품 워터제트 덕트(해밀턴 정품)로 교체수리

## 재발방지대책

- 가. 이번 고장사례는 해양경찰 경비함정이 해밀턴 워터제트를 사용 후 발생한 첫 사례로 해외에서도 이와 유사 사례는 없다는 본사 측 답변을 받음
- 나. (주기적 덕트 상호교환) 추진기 테일 파이프 점검 및 아노드 교체수리가 2년 주기로 상가수리 시 진행중으로 덕트 측 피로도의 경감을 위해서는 2년 주기로 양현 덕트를 상호 위치 교환할 필요성이 있음



- 다. (소형정 자체점검) 정박 시 및 경비임무 수행 중 수시 점검 필요



## 기대효과

가. 2년 주기 덕트 상호교환을 통해 좌·우현 리버스 실린더 샤프트와 덕트 고정부(안쪽) 피로도 분산 및 폐기로 인한 부식 방지의 효과

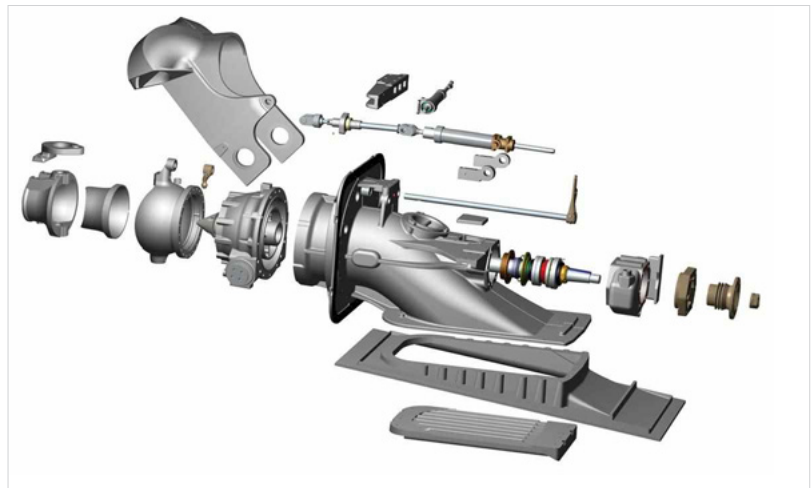
나. 장비 내구성 향상과 수리예산의 절감효과

※ 워터제트 덕트 1개소 가격 : 약 6천만원

다. 현재 속초서 상가수리 소형정의 경우 2년 주기 워터제트 추진기 아노드 교체 및 테일파이프 점검 시 양현 추진기 덕트를 상호 교환하여 장비사고 발생을 사전에 방지하고 있음

## 일반 이론

가. 워터제트 기본 구조





**장비제원**

장비명 JCM(HM 651 JET)

제작사 HAMILTON

모델 CTPCB09008RF



## 워터제트 JCM 교체 수리

여수서  
P-62정

※ JCM(Jet Control Module) : 입력된 SETTING 값에 의해 워터제트 운전을 총 지휘하는 장치로 두뇌에 해당하며, 비상 전·후진 및 비상 조타를 실행하는 역할

### 고장개요

가. 함정 운용중 NO.1&2 워터제트 간헐적으로 알람 발생하며 NO.1 워터제트 좌·우 조종불능(전·후진 정상) 상태가 발생하였으나 통신이상으로 추정 시스템 리셋 (꺾다 켜기) 후 정상 작동

#### ※ 알람내역

- EC : 두 개의 엔진 콘트롤 모듈의 맞지 않는 구성이 있다
- PL : 충전 전압이 낮다는 1차적인 경고(22볼트 이하)
- J1 : 1차 전원공급 오류
- JO : 모듈이 없어진 것으로 감지됨

나. 전유부두 입항 후 좌·우 워터제트 JCM 통신케이블 커넥터 점검, 유압 솔레노이드 밸브 소제 및 제트 셋업 후 일정 기간 정상 운용 하였으나 동일 증상 발생하여 NO.1 워터제트 좌·우 조종 불능으로 함정 불가동(Back-up Mode도 작동 불가)



## 고장원인

가. 선체 진동, 고온, 습기 등에 장기 노출되면서 JCM 모듈의 능력 한계치 도달

나. 함정 전원 교대 시(육전↔함정) 워터제트 제어계통 전원 미 차단 또는 BLACK OUT 등 급작스런 전원 차단에 따른 전자회로 악영향

※ 일반적인 알람 발생원인

- 통신계통 이상 : 주로 선체 진동에 의한 각 커넥터 불량, 전선의 피복 벗겨짐 현상 등이 원인이 될 수 있음
- 전자기판 이상 : 각 모듈은 각종 전자기판으로 구성되어 있으며 기관실에서 사용하는 전자기판은 장기 사용, 진동, 고온 등에 노출되어 있기 때문에 일정한 시간이 지나면 그 능력에 한계치에 도달하게 되고 잦은 오작동이 발생할 수 있음
- 셋팅치 이상 : 컴퓨터도 오래 사용하다보면 시스템 파일이 깨지게 되고 작동하지 않게 되듯이 워터제트의 프로그램도 문제가 발생하면 컴퓨터의 윈도우를 다시 깔 듯이 셋팅을 다시 실시해야 함

## 자체점검 및 조치사항

가. JCM 모듈 내부 기판 손상여부 및 통신케이블 점검

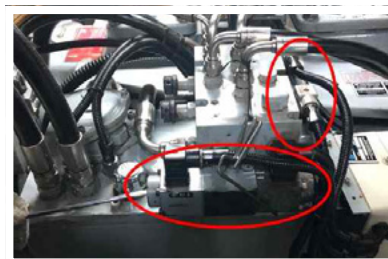


모듈 내부 기판 점검



통신케이블 점검

나. 유압실린더 작동 솔레노이드 밸브 취외, 소재 점검



워터제트 작동 유압 SOL. V/V



SOL. V/V 분해 소재



### 다. 좌·우 JCM 교체 및 제트 셋업(Panel Set-UP)



좌·우 JCM 모듈 교체



제트-셋업

※ 좌·우 JCM 교체 후 좌현 워터제트 작동 불가하여 JCM 손상으로 판단

## 재발방지대책

가. 함정 전원 교대 시 중요 전자제어장비 전원 반드시 사전 차단확인  
 나. 고온, 다습한 환경에 노출되지 않도록 추진기실 밀지 배출 및 환기  
 다. 장비 운용법, 알람 확인 및 조치방법 숙지·숙달

## 기대효과

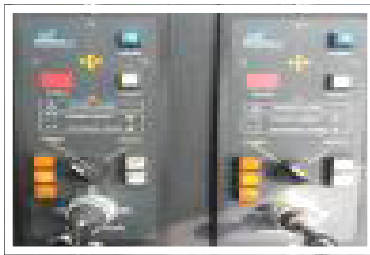
장비 제어부 전자회로기판은 장기사용에 따라 일정한 환경(진동, 고온 습기 등)에 노출되어 서서히 기능이 떨어질 수 있으나 상기·이하 내용을 숙지하고 꾸준히 관리하면 고유 기능을 지속 유지할 것으로 판단

## 일반 이론

가. 워터제트 시스템(전자계통)의 구성

- **CPM(Control Panel Module)**: 워터제트를 컨트롤하고 워터제트의 상태 및 알람 발생 시 표시해주며, 백업모드 시 주기관의 속력을 증감속 시키는 등 워터제트의 주 조종반 역할을 한다.
- **JCM(Jet Control Module)**: 입력된 SETTING 값에 의하여 워터제트 운전을 총 지휘하는 장치로 두뇌에 해당하며, 비상 전·후진 및 비상 조타를 실행하는 역할을 한다.
- **ECM(Engine Control Module)**: 주기관과 인터페이스되어 엔진 제어 및 제트의 기어를 연결, 분리를 가능토록 통제하는 장치로, 조타실의 CPM상에서 작동이 불가능할 때 ECM의 SELECT 스위치를 "LOCAL"로 전환하여 기어를 연결 할 수 있고 엔진의 RPM을 증·감속을 실행할 수 있다.
- **PIM(Power and Interlock Module)**: 선박 전원 시스템에 연결되어 JET에 전원을 공급하는 장치이다.





CPM(Control Panel Module)



HELM WHEEL MODULE



CONTROL LEVER MODULE



JCM(Jet Control Module)



ECM (Engine Control Module)



PIM(Power And Interlock Module)

#### 나. 워터제트의 상태 표시

- 워터제트의 통신 상태는 CPM의 상태 표시창(Status Indicator)을 통하여 보여준다.
- 상태표시창의 좌측 점은 각 모듈 간에 'Normal' 통신 상태를 보여주고 우측 점은 각 모듈 간에 'Back-Up' 통신 상태를 보여준다
- CPM을 통하여 워터제트의 상태를 확인 할 수 있기 때문에 통신 상태를 반드시 숙지하여야 한다.



통신상태	상태 표시창
-노멀 통신이 정상이고 사용 중이면 왼쪽 점이 깜빡거린다 -백업 통신이 정상이고 사용중이 아니면 오른쪽 점에 지속적으로 점등된다	
-노멀 통신이 정상이고 사용 중이면 왼쪽 점이 깜빡거린다 -백업 통신이 결함이 발생하면 오른쪽 점이 소등된다	
-노멀 통신이 정상이고 사용 중이 아니면 왼쪽 점이 지속적으로 점등된다 -백업 통신이 정상이고 사용중이면 오른쪽 점이 깜빡거린다	
-노멀 통신이 결함이 발생하면 왼쪽 점이 소등된다 -백업 통신이 정상이고 사용중이면 오른쪽 점이 깜빡거린다	
-노멀 통신이 결함이 발생하면 왼쪽 점이 소등된다 -백업 통신이 결함이 발생하면 오른쪽 점이 소등된다	



## 다. 알람 확인방법

알람 코드	JCM에 표시되는 내용	정보 설명	정상 상태에서	백업 상태에서	가능한 원인	교정조치 (Remedial Action)
AO	Missng Mod= $\mu$ X $\mu$ 는 모듈 'J'=JCM 'E'=ECM 'P'=CPM 'A'=API 'X'=모듈번호	모듈을 인식하지 못했다	Y	N	·JCM의 내부 퓨즈가 손상되어 전원이 공급이 되지 않거나 케이블에 결함이 있다. ·통신케이블의 신호가 없거나 API가 실패하였다. ·모듈의 Set-Up이 완료되지 않았다.	·상실 모듈을 확인하고 이유를 조사하라 ·모듈의 전원 상실이 원인이 된다.. ·만약 전원을 껐다 켜 보고 알람이 남아 있을 경우 신제품으로 교체한다.
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

① 알람코드로 CPM의 상태 표시창에 표시된다

② 알람이 JCM 확인창에 표시되는 내용이다

※ CPM상에서 약어로 표시되고 **JCM상에 글자형식으로 표시됨**

→ 'MissngMod= $\mu$  X' 에서

- ' $\mu$ '는 **류**라고 읽고 문제가 발생한 모듈의 약자가 표시된다

- 'X'는 **모듈의 번호**가 표시된다.

cf) '**MissngMod=J1**' 이라고 표시된다.

- 뜻 : '1번 JCM의 모듈을 인식하지 못한다'

③ 알람코드로 CPM의 상태 표시창에 표시된다

④ 알람이 'NORMAL' 상태에서 울린다는 뜻이다.

⑤ 알람이 'BACK-UP' 상태에서 울린다는 뜻이다.

※ 'NORMAL'='Y'이고 'BACK-UP'='N'이면 'NORMAL'상태에서는 조종이 불가하나 'BACK-UP'상태에서는 조종이 가능하다는 말이다.

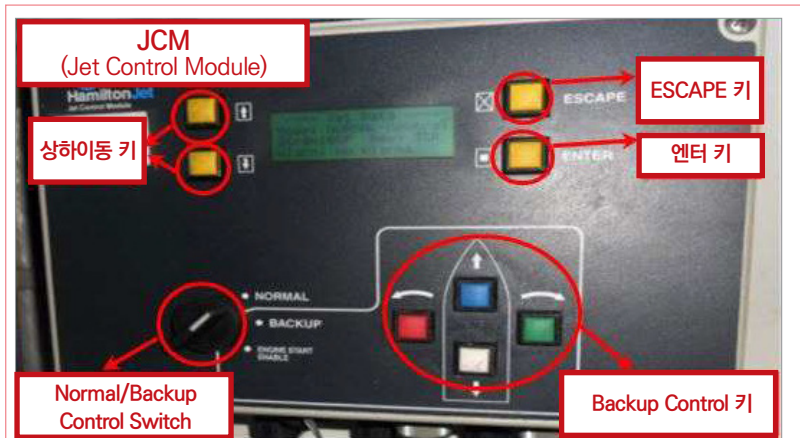
→ 상기 알람은 'BACK-UP' 상태에서 'N' 이라고 되어 있으므로 백업 모드에서 상기 알람이 울리지 않으며 따라서 백업모드로 추진기를 사용할 수 있다는 말이다.

⑥ 알람이 발생한 가능한 이유를 설명하고 있다.

⑦ 알람에 대한 조치법을 설명하고 있다.



라. JCM에서 알람내역 확인방법



※ JCM에서 알람 확인하는 법

① ESCAPE 키를 누르면 주메뉴 페이지가 나온다

```

----- Main Menu -----
> Jet Date <
Alarm Log
System Dta
    
```

② 상하 이동키를 이용하여 'Alarm LOG'를 선택하고 엔터키를 누른다

```

----- Alarm Log -----
Nr: 1 of 25      Time : 0
Type : *MissngMod=J1
From : Panel #2/1
    
```

㉗ Nr: 1 of 25는 25개의 알람중 최근 첫번째 알람이라는 뜻

㉘ Time : 0은 알람이 발생하고 전원을 켜 회수르 뜻함

㉙ Type : \*MissngMod=J1은 아람을 표현해줌

→MissngMod=J1의 알람코드는 'AO' 임

㉚ From : Panel #2/1은 알람이 감지된 모듈의 ID를 표시

→뜻 : 알람이 제트 1번의 판넬 모듈 2번에서 감지됨

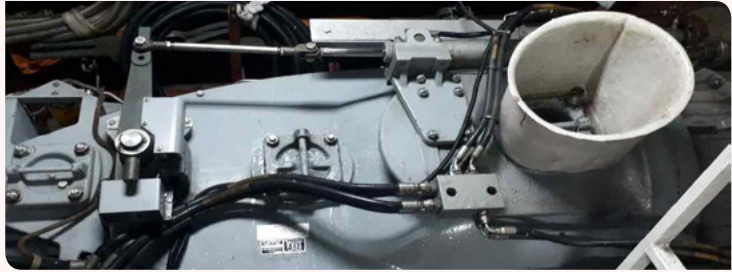


**장비제원**

장비명 워터제트 추진기

제작사 해밀턴사

모델 HM 811



## 워터제트 자체 점검 수리

부산서  
P-135정

**고장개요**

관할구역 경비중 경비정 선체의 진동발생 및 이상음 발생을 발견함  
※ 거점 감시지역으로 안전하게 이동, 주기관 정지 후 고장 원인규명 실시

**고장원인**

- 가. 워터제트의 흡입구 측은 흡입력이 크므로 흡입구 주위의 물질들을 끌어 당겨 흡입하게 됨
- 나. 경비를 위해 항해중인 본정의 워터제트 흡입구로 해수 중에 떠다니던 로우프가 워터제트 흡입구의 강력한 흡인력으로 인해 빨려들어 옴
- 다. 흡입된 로우프는 회전하고 있는 워터제트 축에 감기게 됨
- 라. 워터제트 축에 감긴 로우프에 의해 축의 무게 중심이 규형을 이루지 못해 선체 진동과 이상음을 발생시킴

**자체점검 및 조치사항**

- 가. 워터제트 외관 검사결과 이상 없음
- 나. 워터제트 점검구를 개방하여 내부검사 실시
- 다. 워터제트 축에 로우프가 감겨있는 것을 확인 함
- 라. 칼을 이용해 감긴 로우프를 절단하고 제거작업 실시 함
- 마. 로우프를 완전히 제거 후 점검구를 닫음





모듈 내부 기판 점검



통신케이블 점검



모듈 내부 기판 점검



통신케이블 점검

## 재발방지대책

- 가. 가동장비 수시 점검을 통한 장비성능 최대 유지
- 나. 주기적인 워터제트 외관 점검 및 점검구 개방 점검으로 이물질 흡입여부 확인
- 다. 경비 항해 중 해상의 이물질이 흡입되지 않도록 주의하여 운항

## 기대효과

워터제트 장비 정비 노하우를 획득하고 2차 사고를 사전에 방지하여 장비 가동율 향상에 기여

## 일반 이론



선박의 추진장치

추진장치는 수상 또는 수중에 떠 있는 선박 또는 잠수체를 어떤 속도로 운항할 때 대상체를 밀어주는 추진력을 발생하는 장치이다.



### 가. 고정피치 프로펠러

선박의 추진장치에는 여러가지 종류가 있는데 그 중에 스크류 프로펠러(Screw Propeller)가 가장 보편적으로 많이 사용되고 있다. 이것은 가장 일반적인 추진장치로 바다, 강 또는 호수에서 운항하는 선박에서 쉽게 볼 수 있다. 일반적으로 추진효율도 다른 종류의 추진장치보다 비교적 높은 편이다. 선박의 특성과 목적에 따라 다른 종류의 추진기를 사용하기도 하지만, 일반적으로 스크류 프로펠러 추진장치는 소형 어선부터 고속 함정, 초대형 컨테이너선 또는 초대형 유조선 등 선박의 크기와종류에 거의 무관하게 사용될 수 있다. 또한 구조적으로도 비교적 간단하고 제작비 측면에서도 다른 종류의 추진기보다는 유리하다.

이 추진기는 회전축과 연결되는 허브(Hub) 부분에 날개(Blade)들이 일체로 고정되어 있어서 고정피치 프로펠러(Fixed Pitch Propeller)라고 한다. 따라서 축이 회전하면 허브와 날개들이 일체가 되어 동시에 회전한다.

이때 회전하는 날개들의 주위유동으로 날개표면에서 압력변화 즉, 배에서 보이는 날개면(흡입면, Suction Side)에서는 압력이 낮아지고, 다른 면(압력면, Pressure Side)에서는 압력이 높아져 배의 전진 방향으로 추력이 발생한다. 배의 속도는 프로펠러 회전수를 조절하여 연속적으로 변화시킬 수 있다.

### 나. 가변피치 프로펠러

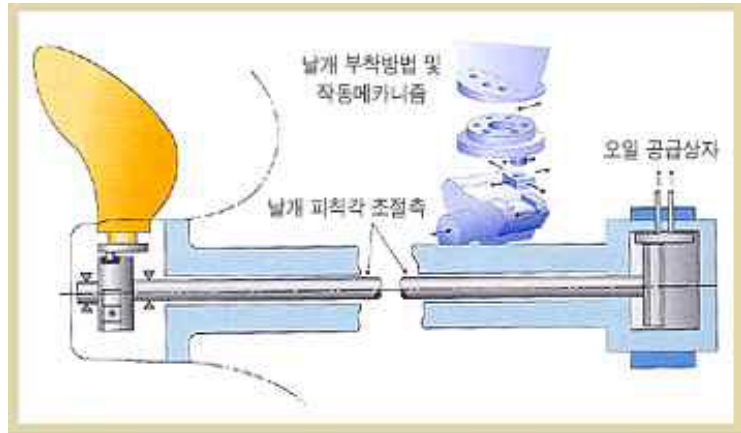
가변피치 프로펠러(Controllable Pitch Propeller)는 고정피치 프로펠러와 유사하게 추진축에 1개의 프로펠러가 장착된다. 고정피치 프로펠러는 날개에 허브에 고정되어 있는 반면 가변피치 프로펠러의 날개는 선박의 운항속도에 따라 날개들이 각각의 날개축을 중심으로 회전시켜 날개 자체의 피치각을 조정할 수 있다. 따라서 CPP 허브에 연결된 축계내부가 비교적 복잡하게 구성되고 유압장치로 날개 각도를 조절할 수 있다.

따라서 축에 연결된 엔진의 회전수를 일정하게 한 상태에서 프로펠러 날개의 피치 각도를 조절하여 추력과 선속을 조절할 수 있다. 이 추진장치의 장점은 엔진 등의 추진관련 기계장치를 가속과 감속을 하지 않고도 추력을 미세하게 조정할 수 있기 때문에 선박의 조종성능(Manoeuvrability)과 위치제어 성능을 우수하게 한다. 최근에는 유도선, 산적화물선, 컨테이너선, 중대형 어선 등에도 많이 사용되고 있다.

특히 여객선(Passenger Vessel), 페리선(Ferry), 예인선(Tug) 및 해양작업 선(Offshore Vessel) 등에는 대부분 CPP를 사용한다.

말한 바와 같이 축계의 구조가 복잡하며 초기비용이 높은 편이다.





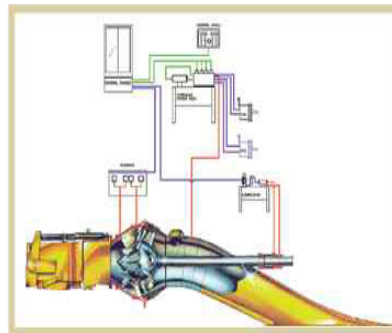
CPP 추진기의 날개별 자체회전과 축계 시스템 개념도

#### 다. 워터제트 추진장치

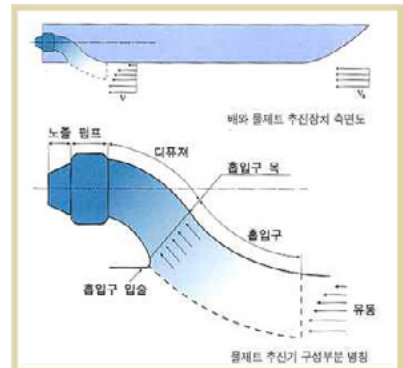
앞서 서술한 프로펠러형 추진장치가 선체 외부에 돌출 되어있는 반면에 물제트 추진장치(Waterjet Propulsion)는 선체내부에 장착이 된다.

따라서 비교적 얇은 물에서 운항하는 선박에도 사용이 가능하고 어장과 같이 그물이 설치되어 있는 곳에서도 추진기가 그물에 걸리지 않고 선박의 운항이 가능하다.

물제트 추진장치는 고속으로 운항할수록 추진효율이 증가할 뿐 아니라 임펠러가 유도관 내부에서 회전하므로 고속선에서 사용되는 일반 프로펠러에서 문제가 되는 캐비테이션 제어 관점에서도 매우 유리한 추진장치이다. 따라서 선체의 진동과 소음을 감소할 수 있어서 여객선, 고속 함정, 어선, 소형 고속선(High Speed Craft), 수륙양용 장갑차 등에 매우 다양하게 활용되고 있다.



물제트 추진장치의 펌프, 축계, 유도관, 조향, 제어장치 개념도

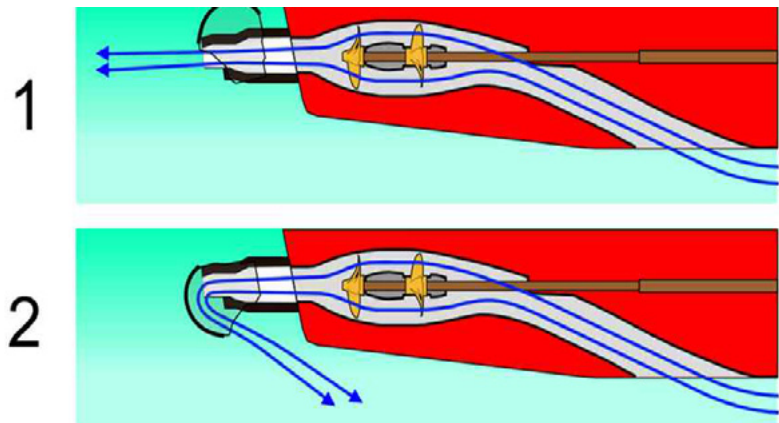


물제트 추진기 구성부분 명칭



최근에는 대형 선박 및 초고속선의 추진장치로 활용이 급속히 증가하고 있다. 물제트 추진장치의 구성은 그림에서 보는 바와 같이 흡입구 (배 바닥면에 물을 빨아들이는 부분), 유도관(흡입구에서 펌프위치까지 이르는 관로), 펌프(축에 연결되어 회전하는 임펠러와 정지한 채로 물의 흐름을 좋게하는 스테이터로 구성), 노즐(물을 배의 뒤쪽으로 분사하는 부분), 조향장치(노즐에서 분사되는 제트유동의 방향을 바꾸어 배의 진행 방향을 조절하는 장치) 그리고 이를 제어하는 각종 유압 제어 장치로 구성된다

### 워터제트 프로펠러 전 · 후진









# 함정 장비 고장 사례 집 각 종 함정 장비 고장 사례

중특단	D-01	함미 앵커 윈치 와이어로프 개선 수리	282
제주서	S-59	우현주기관 실린더 블럭 교체 수리	284
여수서	S-19	주기관 인젝터 알람발생 수리	287
정비창	예인01	좌현주기관 실린더 불량부품 교체 수리	291
부산서	S-35	발전기 해수펌프 자체 교체 수리	294
울산서	방제16	아쿠아마스터 액츄에이터 교체 수리	299
목포서	방제20	유회수기 오일 스위핑붐 손상	302
서귀포서	방제5	유회수기 플로팅 호스 손상부분 복구 수리	305
부산서	S-35	워터제트 ROTARY SEAL 교체 수리	308
울산서	소방1	양현축계(C.P.P) O.D BOX 점검	312
완도서	S-115	댐퍼 가이드봉 및 하우징베어링 교체 수리	316
여수서	S-76	배기다기관 파공부 수리	319
속초서	속초-03	수상오토바이 엔진 충분해 수리	323
여수서	S-75	형요감쇠장치(인터셉터 시스템) 개선 수리	327



## 장비재원

장비명 함미 원치

제작사 (주) 유원엠텍

형식 전동유압식

모델 MTH-2.5MW-1D

출력 22Kw x 1750rpm



※ 함미 앵커 675kg 2조(와이어로프 24φ 300m)

# 함미 앵커 원치 와이어로프 개선 수리

중특단

3001함

## 고장개요

- 가. 윈치드럼에 와이어로프 감김불량으로 인한 꼬임(킁크)발생
- 나. 와이어 꼬임 현상으로 고장력 작업중 윈치작동 불가 발생
- 다. 함미 투양묘 훈련중 로프 파단 등 투묘작업자 안전사고 발생 우려

## 고장원인

- 가. 와이어로프 꼬임 현상이 지속됨에 따라 와이어 손상 가속화



함미 앵커 와이어 꼬임 발생

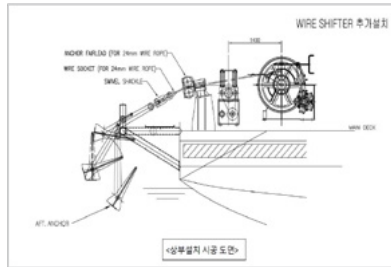


## 자체점검 및 조치사항

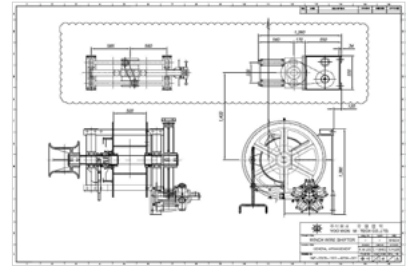
가. 양묘시 갈고리를 이용하여 인력으로 좌우정렬 시도 하였으나 고장력상태로 인해 한계가 있었음

※ 와이어로프 양륙하여 꼬임현상 원상복구 중 윈치 드럼에 발이 걸리는 사고발생

나. 함정 건조 설계사에 와이어 정렬기 설치 기술검토를 요청



터빈휠 블레이드 손상



하우징 내부 구슬형 철편(7개)

## 재발방지대책

가. 감김불량과 꼬임발생 최소화를 위한 와이어정렬기 장비 도입



A3번 실린더 배기밸브 뱅킹 분리



A7번 실린더 배기밸브 뱅킹 탈락

나. 신조함정 건조시 함미 앵커 윈치에 정렬기 기본탑재 필요

※ 와이어정렬기 좌우 이동을 통한 순차적 와이어 감김 가능

## 기대효과

가. 와이어 감김 개선으로 꼬임으로 발생하는 와이어 파단 차단되어 투·양묘 작업자 안전 확보 가능

나. 와이어 꼬임 및 손상예방으로 와이어로프 수명연장 및 예산절감



## 장비재원

장비명 우현주기관

제작사 GM / 미국

형식 디젤 4행정, V-8기통

모델 페니솔라 400TAI

출력 340HP, 3600 RPM



# 우현주기관 실린더 블록 교체 수리

제주서

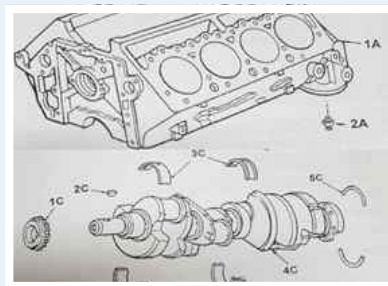
S-59정

## 고장개요

민원신고 확인차 양현주기관 RPM 3,000으로 운전 중 우현주기관에서 이상음 발생으로 양현주기관 RPM 하강 즉시 정지 후 재 시동하였으나 우현주기관이 시동 및 터닝이 불가상태

## 고장원인

손상된 우현주기관은 관리자의 잦은 변동(도서지역)으로 세심한 관리가 되지 못 하였을 것으로 추정되며 장기간(13년) 사용에 따른 구동 부위 및 재질상 피로도 누적으로 크랭크축의 이상과 실린더 블록의 변형과 이상마모가 발생



엔진블럭과 크랭크축



엔진블럭 교체작업

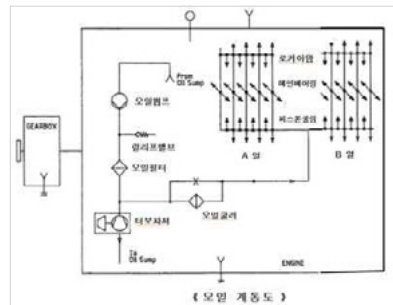


## 자체점검 및 조치사항

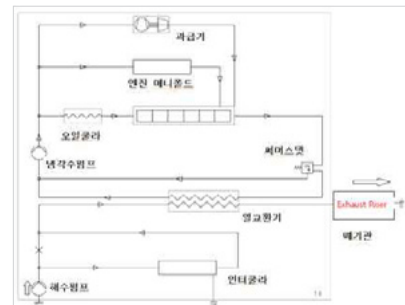
- 엔진오일 및 냉각수 적정량 확인
- 냉각수 펌프와 자가발전기 연결 V-BELT 1개소 이탈
- 우현엔진 시동 불가
- 우현엔진 수동 회전하였으나 불가

## 재발방지대책

- 시동전 사전점검(윤활유 및 냉각수) 확행 및 운전시 기관실 확인
  - ☞ 오일량이 많을 경우 크랭크케이스 압력이 높아져 유증기가 많이 발생하고 엔진손상 원인이 되며, 적을시는 엔진 주요부분에 카본이 많이 누적됨으로 점진적 고장의 원인이 된다.
- 운전중 오일압력과 냉각수온도 등 각 계기반 수치확인
  - ☞ 오일압력과 냉각수온도는 엔진타입에 따라 조금씩 다르며 필터, 냉각기 등의 저항에 의해서도 달라지므로 수시로 관찰하여 평소보다 이상시 원인을 파악 제거 후 운전해야한다.



오일 계통도



냉각수 계통도

- 충분한 예열 및 PMS 이행철저
  - ☞ 엔진시동 후 예열없이 갑작스런 부하운전은 엔진 각 재료의 불균형한 온도와 피로도 증가에 의해 균열과 비틀림이 조기에 발생할 수 있음

## 기대효과

- 장비의 작은 이상발견의 사전조치는 장비의 대형사고를 미연에 방지하고 더 붙어 장비효율과 수명 증가로 이어짐
- 장비의 점검 확행은 운용자의 기술축적과 빠른 판단으로 고장을 미리 조치 함으로써 국가 예산 절약에 도움

## 일반 이론

### 가. 윤활유 작용

- (1) 윤활작용 : 엔진 운전중 발생하는 기계적인 고체마찰을 유체 마찰로 변화시켜 마찰에 의한 마모와 발열을 최소로 방지하는 작용으로 상대운동을 하는 두 금속사이의 마찰표면에 유막을 형성하여 운전중인 두 금속표면을 분리시킴



- (2) 냉각작용 : 윤활유가 엔진내부를 순환하면서 마찰로 발열된 부분을 냉각시킴
- (3) 기밀작용 : 점착성에 의하여 실린더와 피스톤사이 유막으로 기밀을 유지하여 연소가스의 크랭크실 내부의 누설을 방지시킴
- (4) 청정작용
- (5) 부식방지작용
- (6) 응력감소작용 등

#### 나. 기계진동

- (1) 공진 : 외부에서 들어오는 진동이나 신호를 통해 어떤 특정 주파수의 진동이나 신호가 강해지는 것으로 재료의 파괴를 불러옴.

☞ 공진주파수 : 외부에서 가해지는 진동 주파수가 그물체의 고유 진동 주파수와 일치하는 것을 공진이라하며, 이 주파수를 공진주파수라라고 한다.

- (2) 고유진동 : 외부에서 작용하는 힘이 없이 일어나는 진동으로 초기변위나 속도(충격의 변화로 볼 수 있는)에 의하여 일어남.
- (3) 강제진동 : 외부에서 가해지는 힘을 받아서 일어나는 진동으로 주기적일 수도, 비주기적일 수도 불규칙적일 수도 있다.
- (4) 댐퍼 : 충격이나 진동을 흡수하는 기구로 고무나 기타 탄성체로 되어있어 충격이나 진동을 흡수 함.
- (5) 피로파괴 : 재료에 변동하는 외력이 반복적으로 가해지면 어떤 시간이 경과 된 후 재료가 파괴되는 현상.

☞ 힘이 여러차례 반복해서 동일부위에 가해지면 내부에 피로가 누적되어 균열이 생기고, 어느 순간 파괴되는 것이다. 장비에 쓰이는 부품 등에서 진동 등으로 인해 반복적으로 힘이 가해지는 부분에 쓰는 재료와 설계는 피로 파괴에 강한 것이어야 한다.

다. 위험회전수 : 디젤기관의 시동과 정지, 증감속시에 축의 비틀림 진동수와 축의 고유진동수와 일치할 때 발생하는 회전수

#### (1) 위험회전수의 발생 결과

- 큰 진폭으로 비틀림 진동 발생
- 기계 및 선체에 종진동 유발
- 기관 각부의 과대한 열응력과 급격한 부하의 증가
- 심하면 축계에 큰 응력이 생겨서 절단

#### (2) 예방조치

- Critical Zone 즉, 위험회전수 구간을 설정
- 연료분사량 조절해 해당 rpm 구간을 빠르게 회피하도록 설정
- 일부 선급에서는 Quick bypass 되는 시간을 규정



**장비재원**

장비명 주기관

제작사 VOLVO PENTA

형식 6기통 4행정

모델 VOLVO PENTA D6

출력 370HP 3500RPM



## 주기관 인젝터 알람발생 수리

여수서

S-19정

### 고장개요

- 가. 연안구조정 운항중 인젝터 불량 알람 발생 (ALARM CODE : MID128 SID 1 ~ 6, 1번 에서 6번까지 불규칙적으로 알람 발생) 및 시동상태 불량
- 나. S-19정 거문파출소에서 광양파출소로 인계 후 운항 중 상기 동일 알람 발생 및 RPM 1000~1500 에서 간헐적 시동꺼짐 현상 발생

### 자체점검 및 조치사항

- 가. '18. 11. 13. ~ 14. 볼보펜타 여수 대리점에서 연료펌프, 연료계통, ECU, 각종 센서, 커넥터 및 ECU 프로그램 자동 구성 점검 하였으나 특이점 발견치 못함
- 나. VOLVO PENTA 대리점과 협의 후 연료계통 문제라고 판단되어 '19. 4. 26. FUEL FILTER ASS'Y 물품구입 후 자체수리 진행 하였으나 동일 인젝터 알람 및 시동꺼짐 현상 지속발생
- 다. '19. 5. 15. 수리업체(씨보이테크) 좌현 주기관 연료고압펌프 교체수리 하여 시운전 하였으나 동일현상 지속발생
- 라. 상기 작업을 통하여 연료계통에는 이상 없다고 판단되어 '19. 5. 21. 좌현



주기관 인젝터 취외하여 압력, 분사테스트 실시 하고 신품으로 교체수리  
 실시하였으나 동일 현상 지속발생

마. '19. 5. 24. 좌현 주기관 커먼레일에 부착된 압력센서 이상이 의심되어 신  
 품 교체수리 진행하였으나 동일 현상 지속

#### ※커먼레일 엔진이란?

- 디젤엔진: 캠구동장치에 의해서 연료구동펌프와 인젝터를 구동
- 커먼레일엔진: 분사압력의 발생과 분사과정이 별개로 움직이는 방식

커먼레일을 구성하기 위해서는 고압펌프, 연  
 료조절밸브, 압력제한밸브, 압력유지 밸브, 인  
 젝터가 필요하며, 기존의 노즐 홀더에 솔레 노  
 이드가 부착된 인젝터가 장착되고, 고압은 레  
 디알 피스톤 펌프에 의해서 생성되는데 일정  
 한 범위 내에 서는 회전수와는 독립하여 자유  
 롭게 회전수를 조절할 수 있는 엔진을 말한다.  
 연료압력과 분사시기를 조절할 수 있기 때문  
 에 회전속도가 낮을 때에도 고압분사 가능해  
 완전 연소할 수 있으며, 또한 파이롯트 분사하  
 면 배기 가스와 소음을 절감할 수 있다.



바. 인젝터 알람과 시동꺼짐 현상의 원인으로 추정되는 연료계통과 인젝터  
 에 대한 모든 의심사항을 점검했음에도 상기 문제가 해결되지 않았고,  
 VOLVO PENTA 본사 기술팀 문의결과 가능성은 희박하지만 주기관 메인  
 배선문제로 상기 문제가 발생될 수 있다는 조언을 참고하여 '19. 6. 11. 좌  
 현 주기관 메인배선 교체수리를 진행

사. 메인배선 교체수리 후 상기 인젝터 알람 및 시동꺼짐 현상 해결



연료계통 및 ECU 전반적 점검  
 ('18. 11. 14)



연료펌프 교체수리  
 ('19. 5. 15)

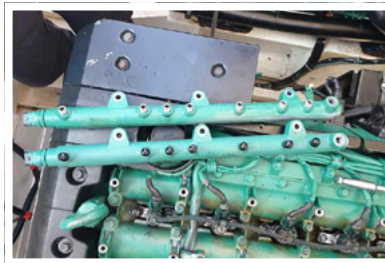




인젝터 교체수리  
(\*19. 5. 21)



메인배선 교체수리  
(\*19. 6. 11)



연료레일 교체수리  
(\*19. 5. 24)



메인배선 교체수리  
(\*19. 6. 11)

## 고장원인

- 가. 일반적으로 인젝터 불량 알람 (ALARM CODE : MID128 SID 1 ~ 6), 시동꺼짐 현상은 연료계통 공기유입, 연료내 수분 및 이물질로 커먼레일, 고압 펌프, 인젝터에 손상을 주었을 때 발생
- 나. 이번 S-19정 고장 원인은 주기관 메인 배선 불량으로 판명. VOLVO PENTA 본사 기술팀과 꾸준한 협의를 통해 상기 작업을 순차적으로 진행하였으며, 배선 문제로 상기와 같은 현상이 발생할 확률은 희박하지만 발생가능하며, 수시로 배선 상태를 확인하고, 손상이 발생하거나 상태불량 시 교체가 필요하다는 의견임

## 재발방지대책

- 가. 장비 일일점검, 운전 시간별 점검, 시동 전 사전점검 철저
- 나. 연료유 계통 필터 교체 철저, 각종 센서 작동상태 수시 점검
- 다. 알람발생시 원인 및 대처방법 사전 숙지하여 신속한 대처
- 라. 엔진 메이커 또는 기술팀과 지속적인 교류를 통하여 노하우습득



## 기대효과

VOLVO PENTA D-6 엔진의 인젝터 알람 및 간헐적 시동꺼짐 현상 발생시 점검사항 및 순차적 수리사례를 전파함으로써 동일 현상 발생시 보다 신속하게 원인을 규명하여 시행착오를 줄이고 예산절감 효과를 기대할 수 있음

## 일반 이론

가. 시동 불량에 따른 유형 및 대처방법

- **(릴리프 밸브 오작동)** 커먼레일 형태의 디젤 엔진은 커먼레일 양 끝에 릴리프 밸브와 압력 센서가 부착되어 있으며, 릴리프 밸브의 오작동으로 인해 커먼레일의 압력이 정상수치만큼 올라가지 않아 시동이 되지 않을 수 있다.
  - 진단툴을 이용하여 커먼레일 압력 측정하여 릴리프 밸브 상태 점검
- **(연료내 이물질)** 연료내의 수분 및 이물질로 인해 커먼레일, 고압펌프, 인젝터에 손상을 주어 시동이 걸리지 않거나 알람이 발생하고 엔진 RPM이 올라가지 않는다.
  - 유수분리기내의 이물질 유무 확인, 유수분리기 필터·연료필터 교체
  - 커먼레일, 고압펌프, 인젝터 순으로 점검 필요
- **(연료계통 내 공기혼입)** 연료 계통에 공기가 혼입되어 시동이 걸리지 않는다.
  - 연료필터에 부착된 수동펌프로 에어빼주기



**장비재원**

장비명 좌현주기관

제작사 CUMMINS

형식 4행정 40V

모델 CUMMINS VTA 28M

출력 725HP 2100RPM

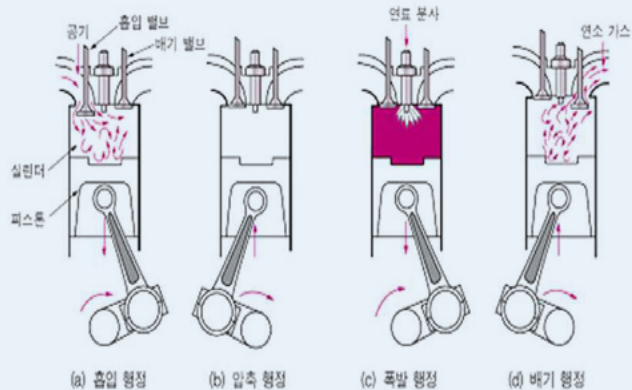


## 좌현주기관 실린더 불량부품 교체 수리

정비창

예인01

### 4행정 사이클 디젤기관



### 고장개요

가. 정비창 예인1호정은 1993년도에 운항을 시작하여 약 26년간 장기운행 중으로 최근 중·대형 함정 예인시 흑색 폐기 다량발생, 출력부족 등의 증상이 발생하여 사고 위험성이 생김.

나. 주기관 RPM 800~1100으로 상승시 상기 증상과 함께 소음 및 진동이 과다 발생하여 실린더 내 압축압력 검사 및 연료분사 계통 등 엔진 전반의 점검수리가 필요하다고 판단함.



## 고장원인

### • 실린더 내 압축압력 측정 결과

가. 좌현주기관 실린더내의 압축압력이 전반적으로 미약·불량하고  
나. 2개의 실린더에서 실린더 압축압력이 허용치이내로 저하되었으며  
다. 현 상태로 장기 사용시 압축압력 저하에 따른 연소상태 불량 및 출력  
저하 현상이 지속되어 엔진에 무리수가 올 수 있다는 전문업체의 소견  
이 있음.

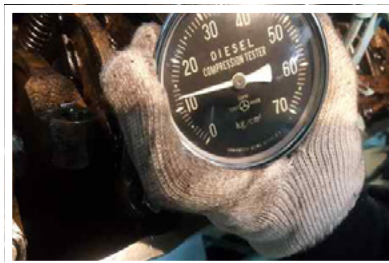
〈 양현주기관(CUMMINS VTA28M) 실린더 압축압력 점검 리스트 〉

좌현 주기관	실린더번호	L1	L2	L3	L4	L5	L6
	압축압력	18	21	17	15	21	18
우현 주기관	실린더번호	R1	R2	R3	R4	R5	R6
	압축압력	12	18	20	10	20	20
우현 주기관	실린더번호	L1	L2	L3	L4	L5	L6
	압축압력	20	20	20	21	20	20
우현 주기관	실린더번호	R1	R2	R3	R4	R5	R6
	압축압력	22	21	20	21	20	21

※ 참고사항) 실린더내의 압축압력 허용치 : 12.5kcm<sup>2</sup>



좌현주기관 좌현측(R4) 실린더 압축압력



좌현주기관 우현측(R1) 실린더 압축압력

## 수리내용

- 좌현 주기관 실린더 2개소(R1, R4기통)
  - 실린더헤드 개방검사 및 흡·배기 밸브 점검
  - 실린더라이너 및 피스톤 링 교환, 콘로드 베어링 교환 등



실린더헤드 개방



흡·배기 밸브 점검



## 재발방지대책

- 예인정의 특성상 26년 운용에도 주기관 W6시간(12,000시간)이 도래하지 않아 장기 사용시 정기적인 점검이 필요함

## 효과

- 주기관 실린더 개방 · 불량부품 교체수리후 흑색 폐기, 출력부족, 진동등의 현상이 현저히 감소하였고 그로 인한 2차 사고 발생을 사전에 방지하고 CUMMINS VTA 28M엔진 정비 노하우를 습득함.



## 장비재원

장비명 발전기

제작사 Fischer Panda

형식 2기통 4행정

모델 Panda 10000i PMS

출력 11.6KW 220V 2600RPM



# 발전기 해수펌프 자체 교체 수리

부산서

S-35정

## 고장개요

- 가. 연안구조정에 탑재된 발전기 해수펌프 해수가 누수되고 컨터롤러 폐기온도 상승으로 발전기 정지(Shut down)
- 나. 해수 스트레이너 커버 분해 결과 이물질 없음, 해수펌프 분해 점검 결과 미세 모래 등 이물질 유입으로 고무 임펠러 파손, 메카니컬 씰 손상으로 판단됩니다.

## 고장원인

미세 이물질이 스트레이너 흡입망을 통과 해수펌프로 유입되어 고무 임펠러 파손, 메카니컬 씰 손상으로 냉각 계통 온도 상승하여 발전기 비상 정지 등 주요장비에 대한 심각한 손상을 초래 할 수가 있다

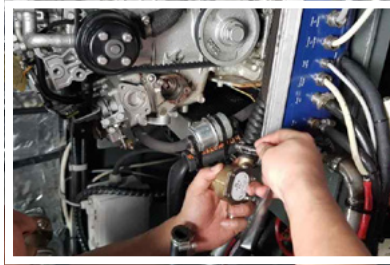
## 자체점검 및 조치사항

- 가. 현 상 태
- 발전기 컨터롤러 에러 14번( FAULT : EXHAUST ) 배기 매니폴더 온도 75℃, 5초이상 발생되어 발전기 정지(Shut down)
  - 발전기 커버 개방 해수펌프 확인 결과 메커니컬씰 해수 누수



### 나. 조치사항

- 해수스트레이너 커버 분해 결과 이물질 없음
- 해수펌프 분해 점검 결과 미세 모래 등 이물질 유입으로 고무 임펠러 파손, 메커니컬 씰 손상 확인
- 해수펌프 취외하여 고무 임펠러 교체 및 메커니컬 씰 교체
- 해수펌프 취부 시운전 결과 특이점 무



## 재발방지대책

해수 스트레이너 수시 소제를 통해 해수펌프 이물질 등 유입 차단으로 장비 손상 예방  
해수펌프 임펠러 수시 확인 및 교체로 메커니컬 씰 손상 예방

## 기대효과

발전기 해수펌프 교체에 대한 정비 노하우를 쌓는 등 효율적인 장비관리 체계를 확립하였으며 장비사고 발생을 사전에 방지하여 연안구조정 즉응태세 유지 및 효율적 운영에 기여

## 일반 이론

### 해수펌프 교체 작업 순서

1. 발전기 방음 케이싱을 개방합니다.
2. 발전기 왼쪽 아래에서 해수 펌프를 확인합니다. (그림 4-1)



(그림 4-1) 해수 펌프



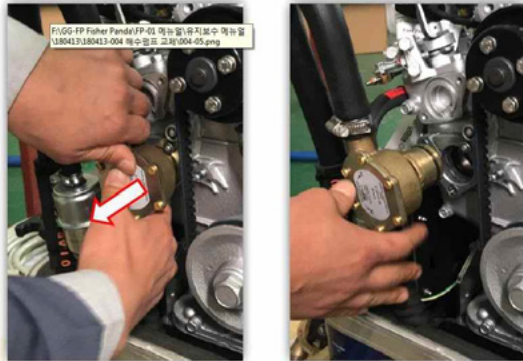
3. 8mm소켓렌치 드라이버를 이용해 해수 펌프 뒤쪽의 클램프 볼트를 자유롭게 움직일 정도로 풀어놓습니다.(그림 4-2)



※클램프 볼트를 완전히 풀어놓으면 분실의 위험이 있습니다.

(그림 4-2) 해수 펌프 클램프 볼트

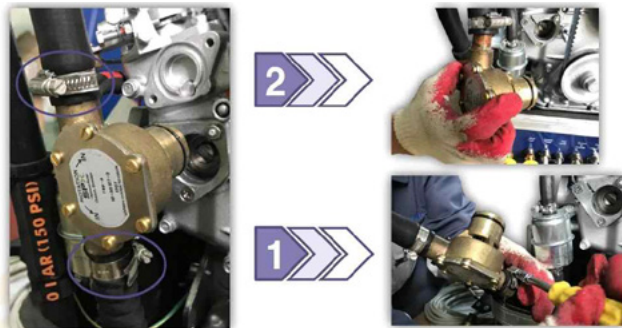
4. 해수 펌프의 위아래를 잡고 좌우로 흔들면서 바깥으로 빼냅니다. 오일링이 상하지 않도록 주의하면서 작업합니다. (그림 4-3)



(그림 4-3) 해수 펌프 분리

5. 소켓렌치 드라이버를 사용하여 해수 펌프의 아래쪽 호스 밴드를 먼저 제거합니다. (그림 4-4)

6. 호스 밴드 제거 시 해수가 나올 수 있으니 용기를 받치고 분리를 합니다.



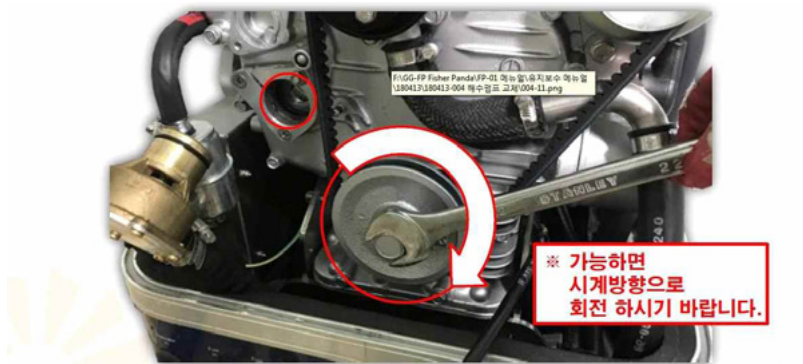
(그림 4-4) 해수 펌프 호스 클램프 제거



7. 준비된 해수 펌프로 교체하고 호스를 조립하고 호스밴드를 조임.
8. 해수 펌프를 엔진 하우징에 조립합니다.
9. 조립 시(그림 4-5)와 같이 키의 방향이 맞는지 확인합니다.(매우 중요)

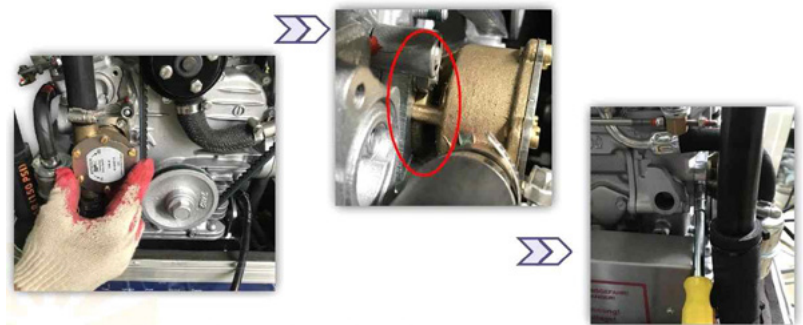


10. 삽입 시 키의 위치가 맞지 않은 경우 22mm 스패너를 사용하여 크랭크 샤프트 풀리를 돌려서 키의 위치를 조정하십시오.(그림 4-6)



(그림 4-6) 크랭크 샤프트 풀리

11. 해수 펌프를 (그림 4-7)과 같이 끝까지 밀어 넣은 상태에서 8mm 소켓렌치 드라이버를 이용해 볼트를 잠그고, 작업을 마무리합니다.  
과도한 힘으로 볼트를 조을 경우, 파손 될 수 있으니 주의 바랍니다.



(그림 4-7) 해수 펌프 조립



12. 해수 펌프 조립의 예(그림 4-8)



(그림 4-8) 해수 펌프 조립

13. 해수 펌프 사고 예(그림 4-9)

키 방향이 맞지 않고, 하우징면이 밀착되지 않은 채로 조립 운전 시, 엔진부품과 해수펌프는 파손되며, 발전기 수명을 단축시킵니다.



(그림 4-9) 해수 펌프 사고



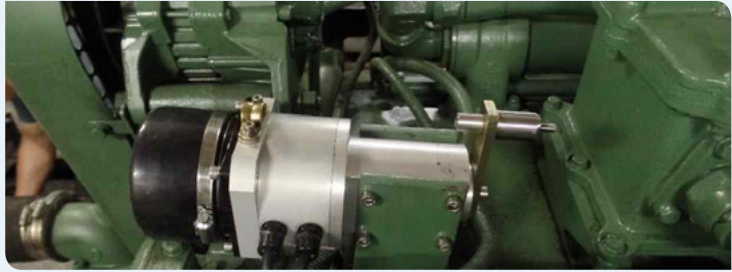
**장비제원**

장비명 아쿠아마스터 액츄에이터

제작사 롤스로이스 마린 코리아

형식 360°STEERING PROPELLER

모델 AQUAMASTER US1201



## 아쿠아마스터 액츄에이터 교체 수리

울산서  
방제16호

**고장개요**

- 가. 기본출동 임무 수행 중 좌현추진기 (아쿠아마스터)프로펠러 피치 제어장치경보 발생 후 기관속도 상승되지 않은 현상 발생
- 나. 조타실 AQUAPILOT Control Lever 작동 시 좌현 주기판 RPM 상승되지 않음

**고장원인**

- 가. 장기사용으로 인한 액츄에이터 모터 작동불량
- 나. 장비 노후화로 인하여 액츄에이터 스트로크 설정상태 불량

**자체점검 및 조치사항**

- 가. 피치 피드백 카드 자체문제 여부 판단을 위해 좌, 우현 피치 피드백 카드 교체하였으나 정상작동(카드 자체에는 이상없는 것으로 판단)
- 나. 좌현 주기판 RPM 상승되지 않아 응급처치로 기관실 ACTUATOR Reset 기능 사용하여 일시적으로 복원하여 운항 (운항 중 우현 주기판 RPM 1600이상 상승 불가)
- 다. 전문수리업체 의뢰, 양현 아쿠아마스터 액츄에이터 교체수리 및 스트로크 설정 실시



## 라. 작업내용

순서	작업 사진	절차
1	 	신품 액추에이터 구매 및 부착된 액추에이터 분해
2	 	액추에이터 및 엔진 측 연결 케이블 분리
3	 	신품 액추에이터 분해 역순으로 조립
4	 	케이블 및 컨트롤 박스 측 스트로크 설정 정박 및 해상 시운전 실시

## 재발방지대책

가. 주기관 운전 중 현장 액추에이터 모터 작동상태(소음, 온도 등) 확인 및 각 부 연결단자 상태 확인

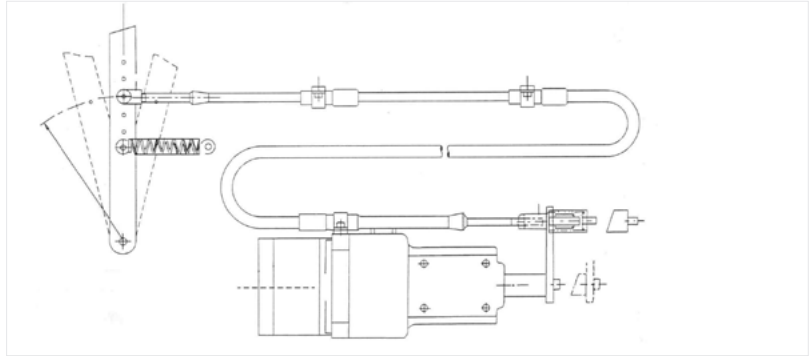
나. 액추에이터 스트로크 설정은 자체 조정 불가하므로 반듯이 전문수리업체 및 정비창 의뢰 실시



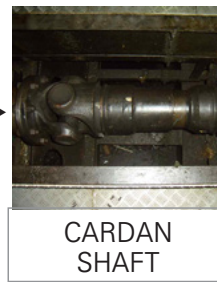
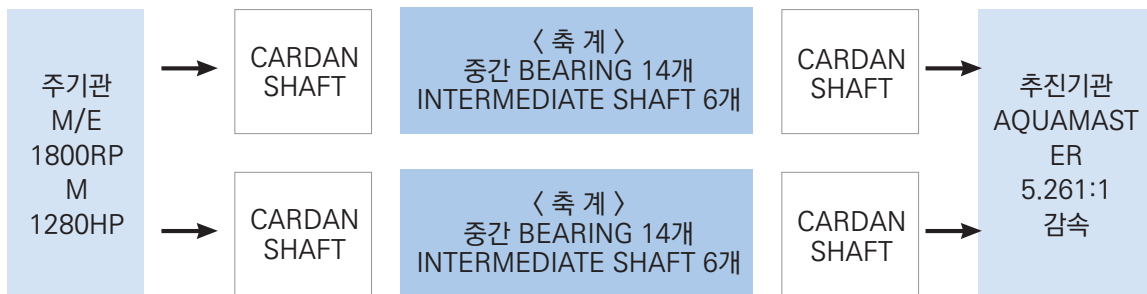
## 일반 이론

※ 액츄에이터

동력을 이용하여 기계를 동작시키는 구동장치로서, 전기모터 혹은 유압이나 공기압으로 작동하는 피스톤·실린더 기구를 가리킨다.



AQUAMASTER 추진장치 작동원리



사진으로 본 AQUAMASTER CP PROPULSION UNIT 작동



## 장비제원

장비명 유회수기 오일 스윙핑붐

제작사 동일 R&C

형식 AIR INFLATION TYPE

모델 OPC-7



# 방제정 유회수기 오일 스윙핑붐 손상

목포서  
방제20정

## 고장개요

가. 유회수기 작동 시 오일 스윙핑붐을 펼쳐 기름을 포집하는 과정에 물의 저항을 받게 되는데 스윙핑붐 장기 사용  
나. 에어 주입부 및 손잡이 마모, 탈착으로 공기가 빠져 고무부분이 부상하지 않고 물 밑으로 가라앉는 현상 발생

## 고장원인

장기사용으로 인하여 스윙핑붐에 부착되어있는 고무부분의 **에어 주입구 이음새 탈착 및 손잡이 파손**



스윙핑 붐 접속부 손상



좌현 붐 공기 누공으로 침수



## 자체점검 및 조치사항

스위핑붐 손잡이 보강 및 공기주입구 이음새 고강도 접착제 사용하여 부착하였으나 한계가 있어 외주업체 교체



공장 가공작업



공장 인정시험



함수 2훗줄 이용 스위핑붐 연결



2훗줄로 고정된 스위핑붐 펼쳐진 모습

## 재발방지대책

스위핑붐은 어느 정도 시간이 지나면 교체 해주어야 하나 손잡이 및 공기주입구 보강 및 유회수기 작동 시에는 2knot 이상 항해하면 안되며, 파도가 심한 날은 사용 자제

## 기대효과

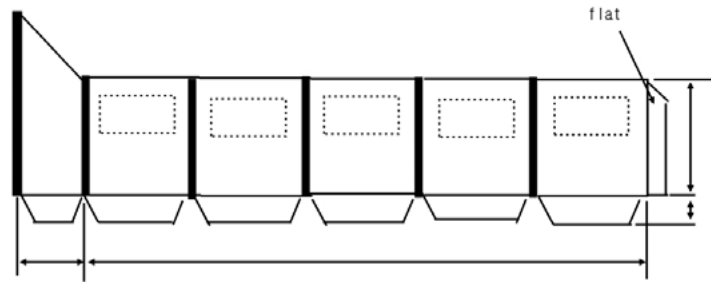
초기에 유회수기 설치 시 스위핑붐 연결 부분을 밴드를 사용하였는데 붐의 무게나 조류에 의해서 단선되는 경우가 빈번하여 현재는 양 현 선수 2훗줄 연결 사용, 밴드를 연결 했을 때 보다 취급이 용이하고 안정적이며 비용 절감

## 일반 이론

- 크기 : 길이 15.94m × 높이 1.0m × 폭 6.4mm이상
- 색상 : 검정색 - 형식 : 공기팽창식 - 인장력 : 20톤 이상
- 무게 : 300kg
- 재질 : NBR(니트릴고무) 또는 이와 동등한 특성을 가진 고무로써 특히 내유·내마모·내노화성이 우수한 제품
- 발라스트 : 각 부력체 및 선체접속부 당 6개
  - 스테인리스스틸 판, 길이250mm × 폭150mm × 두께3mm



- 부력체 : 3.03m 당 1개
  - 길이 2630mm × 폭 300mm, 상단으로부터 200mm에서 시작 및 하단으로부터 500mm에 위치
- 공기주입구 : 각 부력체 당 2개
- 벨트슬링 : 집콧과의 장력유지
  - 길이 50.0m(4.8톤 이상) 1개, 길이 30.0m(4.8톤 이상) 3개
- 샤클 : 선체접속부 및 외측 스윙핑 보강재 상·하단에 1개
  - 스테인리스스틸, 사용하중 5.0톤 이상
- 손잡이 : 각 보강재 상·하단에 1개 용접
  - 스테인리스 스틸, 사용하중 5.0톤 이상





**장비제원**

장비명 자항식 유회수기

제작사 NOREN

형식 스키머시스템

모델 NORMAR200TI



## 유회수기 플로팅 호스 손상부분 복구 수리

서귀포서  
방제5호정

### 고장개요

유회수기 플로팅 호스 및 내부 호스 복구 수리

- 유회수기 라이프 암을 길게 전장 작업시 해수에 의한 플로팅 호스 찢어짐과 병행 부식에 의한 작업 위험성 상존
- 부산소재 KBC엔지니어링(대표:김병철) 시공함에 있어 공사감독을 철저히 함으로써 완벽한 수리가 가능하였으며 재발방지를 위한 대책 마련
- 유회수기 호스 릴을 분리하여 육상으로 이동 후 유압펌프를 육상에 설치하여 플로팅 호스를 육상으로 전개한다. 이 후 유압라인 호스 및 송출호스 손상부분을 절단하며 호스 연결파이프를 제작하여 연결한다.
- 플로팅 호스 외부에 우레탄폼으로 감싸고 해수에 강한 특수고무판을 다시 이중으로 감싸고 유회수기 헤드에 이동용 롤러를 설치하여 수리완료



회수부 브러시 작동



이송펌프 작동



## 고장원인

- 2009년 8월 방제5호정에 설치 후 약 10년 장기 사용함에 따른 부식에 의한 또한 정기적인 검사 및 수리업체가 제주도에 없음에 전문적인 고장에 방 시스템 부재로 인한 고장

## 자체점검 및 조치사항

- 방제5호정에서 월 1회이상 유회수기 작동 및 훈련을 실제적으로 실시함에 따라 고장부분을 정확히 파악하였으며 주기적인 작동시험으로 해수 및 장기사용에 의한 고장대비 관리 철저

## 재발방지대책

- 자항식 유회수기는 재발방지대책으로 중요한 것은 유압라인 방오용 테이핑을 주기적으로 약 6개월마다 교체함으로 미연의 고장을 방지하며
- 유회수기를 너무 자주 작동함에 플로팅 호스가 찢어짐 현상이 자주 발생할 수 있으며 감기 및 풀기 방식의 노하우 없이 무작정 함으로써 작동기술 부족으로 찢어짐 현상이 발생할 확률이 크며 현장지휘자 및 작동자의 노련한 기술이 필요함

## 기대효과

- 각종 상황발생 및 긴급 해양오염 발생시 오일펜스를 이용 해양오염군을 포집하여 자항식 유회수기를 이용 방제정으로 이적작업을 실시함으로써 가장 효과적이고 짧은 시간에 상황종료 할 수 있어 인력과 국가예산, 국민 기대감을 충족할 수 있는 효과

## 일반 이론

- 모든 장비 특히 방제장비 작동시 노하우 및 작동기술에 능한 직원들이 작동함으로 고장 최소화
- 장비 작동 전 작동과정을 사전에 회의 및 검토 후 전체적으로 안전과 절차에 맞게 장비 사용
- 작동원리  
유회수기 전용 크레인을 작동하여 유회수기를 해상에 띄우고, 자체 프러펠러를 이용하여 기름을 찾아 자력 이동한 후 친유성 브러시를 회전하여 기름을 브러시에 부착하고 스크래퍼로 제거하여 회수



• 작업 완료 후

가. 회수부의 이송펌프, 브러시, 스러스트 정지

나. 플로팅 호스릴을 작동하여 플로팅 호스를 천천히 감아 회수부를 선박 현측으로 이동시킨다.

※ 필요한 경우 스러스트를 사용하여 회수부 위치를 조정한다.

다. 크레인 암을 작동하여 회수부를 갑판상 제자리에 놓는다.

라. 청수 또는 해수를 이용하여 회부수 각 부를 세척한다.

※ 해수로 세척한 경우 청수를 이용하여 마무리 세척을 한다.

마. 이송펌프 고착을 방지하기 위해 펌프에 그리스 등 윤활제를 도포한다.

바. 필요시 유압 및 이송호스를 분리하여 보관한다.

사. 갑판을 정리·정돈 한다.



## 장비제원

장비명 WATERJET

제작사 뉴질랜드

형식 DIA.11 INCHES \* 5 BLADES

모델 HAMILTON WATERJET 273



# 워터제트 ROTARY SEAL 교체 수리

부산서

S-35정

## 고장개요

- 가. 순찰정 운항중 워터제트 축으로부터 기관실로 해수 유입
- 나. 워터제트 ROTARY SEAL 파손 및 베어링 소손



워터제트 축으로부터 기관실 해수 유입 사진



ROTARY SEAL 파손 및 베어링 소손 사진

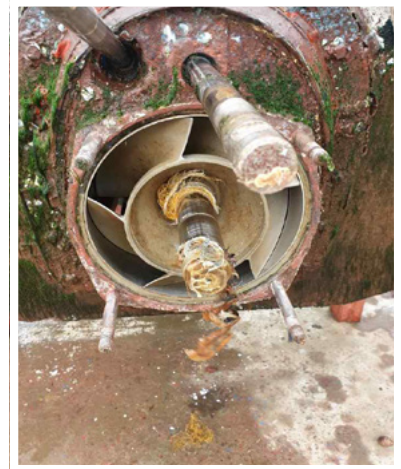
## 고장원인

순찰정 운항중 워터제트 베어링 하우징 부위에 낚시줄 및 가는 로프 등 미세한 이물질이 흡입 및 편심, 편하중에 의한 ROTARY SEAL 스프링 고정부와 회전부간에 스프링이 밀려 나와 고정부 접촉 불량, 파손되어 주기관 운전중에는 기관실 밀지량 증가되지 않으나, 주기관 정지중 또는 계류중에는 주기관과 워터제트 축에서 해수가 시간당 2~5리터 가량 기관실로 유입됨





ROTARY SEAL 측 로프 감김 사진



임펠라 측 로프 감김 사진

## 자체점검 및 조치사항

순찰정 운항중 갑작스런 속력저하 및 진동이 발생되어 안전지대 계류하여 키는 중앙에 위치 및 리버스 덕트 중립 유지시키고 리버스 덕트, 임펠라, 테일과 이프, 베어링 하우징 등 이물질 부착 유무를 확인 결과 ROTARY SEAL 측 미세한 이물질이 흡입되어 제거 작업하였으나 자체 제거 불가, 응급 상가 워터 제트 분해 ROTARY SEAL 교환 및 베어링 교환



자체점검 제거 작업사진



ROTARY SEAL 및 베어링 교환(신품)



## 재발방지대책

- 가. 함정 운항중 제트 수류 상태 확인 및 이물질 조각, 수초, 수목 등 이물질 주의 운항
- 나. 함정 계류시 키는 중앙에 위치 및 리버스덕트 중립 유지시키고 리버스덕트, 임펠라, 테일 파이프, 베어링 하우징 등 이물질 부착 유무를 확인한다
- 다. 정기적으로 상가 워터제트 특히 베어링 하우징 부위를 소제한다
- 라. 계획정비(PMS) 의거 주기적인 구리스 주입으로 워터제트 베어링 손상 방지

## 기대효과

워터제트 분해하여 로터리 씰 및 베어링 교환 후 시운전 실시한 바 선체 진동 및 소음이 사라졌으며 정박 및 해상시운전 중 ROTARY SEAL 측 해수 유입 없었으며, HAMILTON WATERJET 273에 대한 정비 노하우를 쌓는 등 효율적인 장비관리 체제를 확립하였으며 진동으로 인한 2차 장비사고 발생을 사전에 방지하여 예산 절감 등 경비합정 운용에 크게 이바지하는 효과를 거양하였다

## 일반 이론

가. ROTARY SEAL 취급 시 주의사항

- 1) ROTARY SEAL의 성능을 충분히 발휘시키기 위해서는 ROTARY SEAL의 장착하는 하우징의 치수와 씰이 접하는 상대면의 마무리 정도가 적정한가 확인 한다
  - 2) ROTARY SEAL을 하우징에 장착할 경우에는 하우징 내 및 그 주변에 금속 찌꺼기 또는 기타 이물질이 부착되어 있다든지, 절삭유나 방청유등의 잔재가 머무르고 있으면 ROTARY SEAL이 파손될 위험성이 있으므로 맑은 세척기름 등으로 깨끗하게 씻어내고 완전 건조 후 조립 한다
  - 3) ROTARY SEAL 조립 시 설치방향과 동일하게 하고, 조립부가 나사단부에 직접 닿지 않도록 주의 한다
- 4) 구비 요건
- 가) 적용되는 자동매체에 대해 내식성이 있을 것
  - 나) 기계적 강도를 가지고 있을 것
  - 다) 고무탄성을 가지고 비틀림 회복성을 가지고 있을 것
  - 라) 내압 축, 영구 변화율을 가질 것
  - 마) 내열, 내한성을 가질 것
  - 바) 내마모성을 가질 것



### 5) 각 종류별 특성 및 역할

- 가) 피스톤패킹 : 피스톤으로 막혀진 헤드 측 및 로드 측 압력실 유체의 새는 것을 방지하고, 유체압력을 유효한 것으로 전환
- 나) 축수(웨어링) : 실린더 튜브와 피스톤 또는 로드와 로드 커버간의 편심과 뒤틀림, 굽김 등을 방지
- 다) 로드 패킹 : 기름이 외부로 새는 것을 방지
- 라) 충격압 씰 : 충격압을 흡수하고 패킹의 씰 기능을 높여서 내구성을 향상
- 마) 더스트 씰 : 외부로부터 먼지 침입을 방지하고 수명을 길게 하고 내압성을 향상
- 사) 큐션 씰 : 실린더의 스트로크 끝에서의 충격을 흡수하여 파손을 방지

### 나. 워터제트 운용법

#### 1) 제트 운용법

- 가) 엔진 정지 시는 편향을 위한 제트 수류가 분출되지 않으므로 조타 및 정선이 불가능하므로 접안 시나 조타가 필요한 때에는 절대로 엔진의 시동을 끄거나 제트와의 동력을 차단하지 말 것
- 나) 엔진회전을 올릴수록 타효가 커지며, 선회력이 예민해짐
- 다) 선수방향은 전,후진 또는 어느때라도 조타기가 돌려진 방향으로 선회함
- 라) 후진 시에는 자동차의 조종방향과 반대로 움직이므로 조종상 주의 요함

#### 2) 제동방법

- 가) 엔진회전을 낮춤
- 나) 정지 또는 후진 속력을 선택
- 다) 원하는 제동이 될 때까지 엔진회전을 서서히 높인다
- 라) 선속이 낮아지는 즉시 엔진 회전을 내린다
- 마) 선속이 떨어지기 전까지는 조타기를 전타로 사용하여서는 안된다

#### 3) 워터제트 막혔을 때 증상

- 가) 엔진의 공회전(회전의 증가)
- 나) 제트 추진력의 상실(선속의 감속)
- 다) 제트에서의 과도한 소음과 진동

#### 4) 워터제트 막혔을 때 제거 방법

- 가) 베어링 하우징에 있는 Inspection Cover를 뜯어내고 이물질 제거
- 나) 임펠라 또는 테일파이프 고정날개 이물질 제거
- 다) 워터제트 막힘 인지 시 엔진 회전을 내리거나 정지, 또는 선체가 전진 중일 경우 장애물이 떨어져 나감.



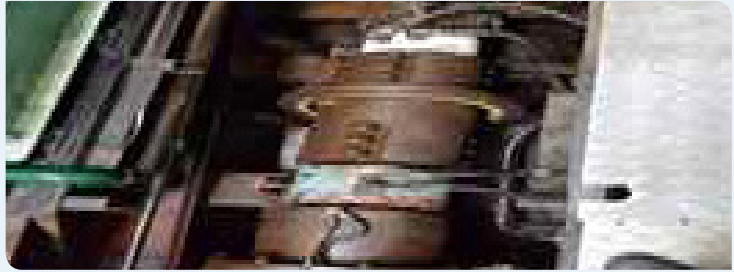
## 장비제원

장비명 양현축계(C.P.P) O.D BOX

제작사 한중-KAMEWA

형식 분할형 MUPP 카플링

모델 55KS/4-310A



# 양현축계(C.P.P) O.D BOX 점검

울산서  
소방1정

## 고장개요

- 가. 경비임무 수행중 C.P.P 유압유 저압경보 발생
- 나. C.P.P POWER PACK 유준량 LOW위치, MUPP 카플링 및 O.D BOX 점검결과 다량의 유압유 누유 흔적 확인

## 고장원인

- 가. 축계 진동 및 O.D BOX 장기사용에 따른 메탈베어링 마모

### ※ O.D BOX (Oil Distribution Box)

- MUPP 카플링 PITCH 전·후진 및 각 변환 작동 유압유 분배장치
- ex) 유압다기관 솔레노이드 밸브 역할

## 자체점검 및 조치사항

- 가. 축계 및 O.D BOX 누유 관련 점검사항(자체점검)
  - C.P.P POWER PACK 유압유 저장 탱크 유준 확인
  - C.P.P 중력 탱크 유준확인
  - C.P.P 드레인 탱크 모터 정상작동 확인
  - MUPP 카플링 및 O.D BOX 연결 유압호스 누유 및 조임상태 확인
  - O.D BOX 메탈베어링 발열 및 누유상태 확인



## 나. 축계 및 O.D BOX 누유 관련 점검사항(외부업체)

- KBC 엔지니어링 김병철 등 2명(17.5.30)
  - O.D BOX 누유 씰(텐션 스프링 등) 조정하였으나 누유

## 다. 축계 및 O.D BOX 누유 관련 점검사항(이동정비반)

- 정비창 이동정비팀 7급 안삼룡, 박진형(17.6.1)
  - 양현 푸시풀 로드 씰 누유 점검
  - 양현 O.D BOX 메탈 및 씰 점검
  - 유압유 드레인 저장 탱크 상태 점검
  - 추진축 진동 상태 점검

## 라. 좌현 주기관 헌팅 관련 최종판단 및 수리

- 최종판단
  - 축계 사프트 베어링 장기사용 마모로 인한 진동 발생 O.D BOX 메탈 베어링 마모에 따른 누유
  - 이동정비 수리 불가(많은 인력 투입 및 특수공구 필요)
  - 양현 축계 푸시풀 로드 씰 점검, O.D BOX 취외 후 메탈 점검 및 씰 점검 후 불량개소 발체 후 수리가 요구
  - 필요시 상가 후 축계 진동관련 전반적 점검 수리 요구됨

## 재발방지대책

## 가. 출항전 및 시운전 시 C.P.P POWER PACK 유준량 확인

## 나. O.D BOX 메탈베어링 발열상태 확인

## 다. O.D BOX 메탈베어링 누유상태 수시 확인

## 라. MUPP 카플링 및 O.D BOX 연결 유압호스 누유 및 조임상태 확인



참고

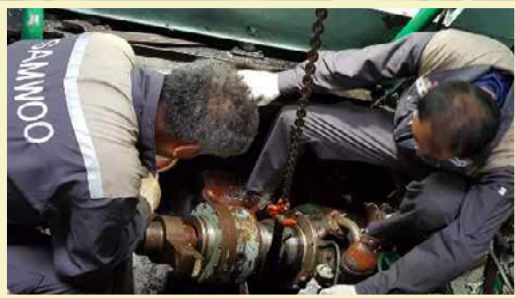
## O.D BOX 누유부 점검 수리



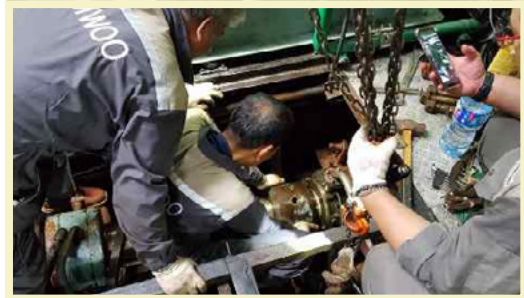
MUPP 카플링 분해



MUPP 머프카플링 분해



O.D BOX 메탈베어링 분해



O.D BOX 메탈베어링 분해



O.D BOX 메탈베어링 취외



O.D BOX 메탈베어링 취외



O.D BOX 메탈베어링 취외상태



O.D BOX 메탈베어링 취외상태





O.D BOX 메탈베어링 취부



Sevo Cylinder 조립



Sevo Cylinder 및 인티케이터 취부



머프카플링 취부



MUPP 카플링 취부



MUPP 카플링 취부



취부 완료



취부 완료



## 장비제원

함정명 땅골 (S-115정)

건조사 대원

주기관 MTU 6062-HK

형식 2300RPM 750마력 (워터제트)

속력 35노트



# 댐퍼 하우징 베어링 교체 수리

완도서  
S-115정

## 고장개요

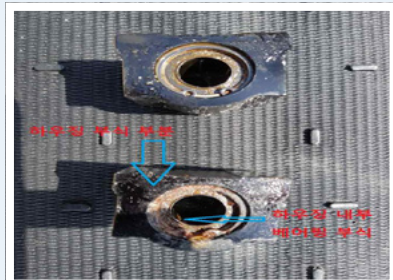
댐퍼 유압장치 가이드봉 및 하우징내 베어링 부식으로 인한 가이드봉 유격 발생에 따른 장애로 댐퍼 작동 모타 과부하로 댐퍼 모터 손상 미작동



신형연안구조정 댐퍼위치



가이드봉과 하우징 유격 발생



하우징내 베어링 부식



### ※ 댐퍼의 기능

• 선체가 90도 이상 기울어지면 자동으로 닫혀서 해수가 유입되는 것을 막아주는 역할을 하고 동시에 기관실에 설치된 발전기가 비상정지(SHUTDOWN)되며, 선택 스위치가 있어서 'AUTO', 'MANUAL OPEN', 'MANUAL CLOSE' 3가지 모드로 작동 할 수 있으며 'MANUAL' 모드로 정박 중에 수동조작 테스트가 가능함.

또한 선체가 전복 이후 자가복원시 댐퍼는 자동으로 작동하여 통풍구 자동개방, 360도 완전 복원시 주기관 및 발전기 재시동 가능

### ※ 댐퍼의 운전수칙

① AUTO(자동) : 선체가 90도 이상 기울었을 때 센서 자동 감지 후 공기 흡입구 닫히며 복원에 약 6초 소요.

### ※ 순찰정 운항 중에는 항상 'AUTO'모드 유지

② MANUAL OPEN(수동 열림) : AUTO 작동 후 수동으로 댐퍼 열리게 하는 기능.

③ MANUAL CLOSE(수동 닫힘) : TEST용으로 댐퍼 열림 및 닫힘 작동 확인 기능.

## 고장원인

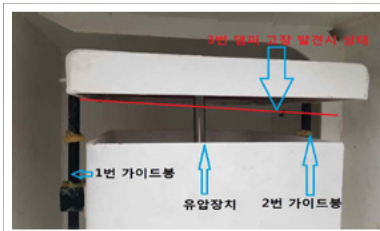
가. 댐퍼 유압장치 가이드봉 및 하우징내 베어링 부식으로 인하여 댐퍼 작동하는 유압장치(모터 일체형) 과전류에 의한 모터과부하

- 유압장치 및 1번 2번 가이드봉이 정확히 평행을 유지해야함

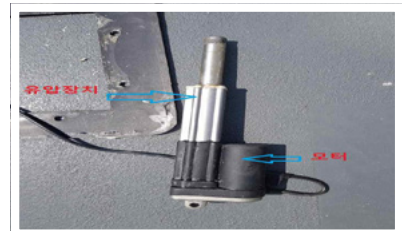
※ 3번 댐퍼가 절반 닫힘 및 우현으로 10도 기울어짐. 댐퍼 유압장치 가이드봉 및 하우징내 베어링 부식으로 인하여 댐퍼 작동하는 유압장치(모터 일체형) 과전류에 의한 모터과부하

- 유압장치 및 1번 2번 가이드봉이 정확히 평행을 유지해야함

※ 3번 댐퍼가 절반 닫힘 및 우현으로 10도 기울어짐



댐퍼

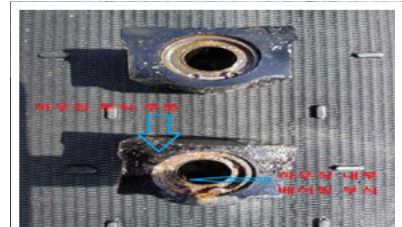


유압장치(모터일체형)

나. 가이드봉, 하우징 및 하우징내 베어링 재질이 일반철로 제작되어 부식심화로 유격 발생



가이드봉 하단부 녹슨 부분



하우징내 베어링 부식



다. 기관실내 통풍기 작동하면 기관실내 습기가 3번 댐퍼를 통해 선외로 배출되어 가이드봉 및 하우징이 수분에 노출되기 쉬운 구조로 설계

## 자체점검 및 조치사항

가. 부식에 약한 재질인 강철로 제작된 댐퍼의 부속품(가이드봉, 하우징 베어링 재질 개선

나. 신형연안구조정 주기적으로 댐퍼 외부케이스를 개방 후 조타실 or 기관실 댐퍼 배전반 스위치를 조정하여 정상작동여부 확인 및 가이드봉 및 하우징내베어링에 구리스 주입등 정기적인 정비

## 기대효과

가. 불의의 사고에 의한 선박전복사고 발생시 외부 해수유입을 방지하여 선체 및 승조원의 안전성 확보

나. 선박의 특성상 해수에 강한 재질(스텐)을 사용함으로써 내구성 강화와 장비 수명 연장



**장비제원**

장비명 주기관

제작사 MTU

형식 6기통 1800RPM

모델 MTU Series 60

출력 750HP x 2



## 배기다기관 파공부 수리

여수서

S-76정

### 고장개요

가. 우현 주기관 냉각수가 불규칙적으로 감소 하고 청수온도 현팅 현상 발생 (62℃~66℃)

※ 냉각수 누수로 인한 청수보충 기록

- 5. 12.(2리터) / 5. 14.(2리터) / 5. 21.(5리터) / 5. 31.(2리터) / 6. 3.(4리터)

나. 외관상 누수 흔적 발견하지 못하였으며, 윤활유 수분검사, 냉각 수계통 수압시험, 실린더 내 수분유입 등 점검하였으나 특이점 발견하지 못함

### 고장원인

가. 배기다기관의 냉각수 라인에 작은 파공이 발생하여 배기가스가 냉각수 계통으로 역류하였으며, 냉각수 팽창탱크 내 청수 OVER FLOW 현상 발생하여 냉각수 감소

나. 파공원인은 정확히 밝혀지지 않았으나 배기다기관의 재질불량 또는 장시간 사용에 따른 부식발생, 배기다기관 피로도 증가에 따른 손상으로 추정됨





냉각수 보조탱크  
OVER FLOW



배기다기관  
냉각수라인 파공 부위



배기다기관  
냉각수라인 파공 부위

## 자체점검 및 조치사항

- 가. '19. 3. 7. 냉각수 감소현상 발생 후 냉각수 계통 수압테스트를 진행하였으나 특이점 발견치 못함(1.5 BAR 30분 테스트 하였고 압력유지 확인)
- 나. '19. 3. 27. 윤활유 수분유입 의심되어 해양경찰연구센터에 윤활유 성분검사 의뢰 하였으나 검사결과 이상 무
- 다. '19. 6. 10. MEST(엔진수입사) 방문하여 냉각수 외부 누수여부, 수압 테스트, 연소실 내 수분유입여부, 해상시운전 등 점검결과 2100RPM 이상에서 연소가스가 팽창탱크로 역류하여 냉각수 보조탱크 오버플로우 현상 확인
- 라. '19. 6. 17. 우현 주기관 배기다기관 파공부 확인하고 교체수리 진행 하였으며, 시운전 결과 엔진 운전상태 양호함



주기관 냉각수 감소 원인 확인



주기관 공장반입, 배기다기관 교체수리

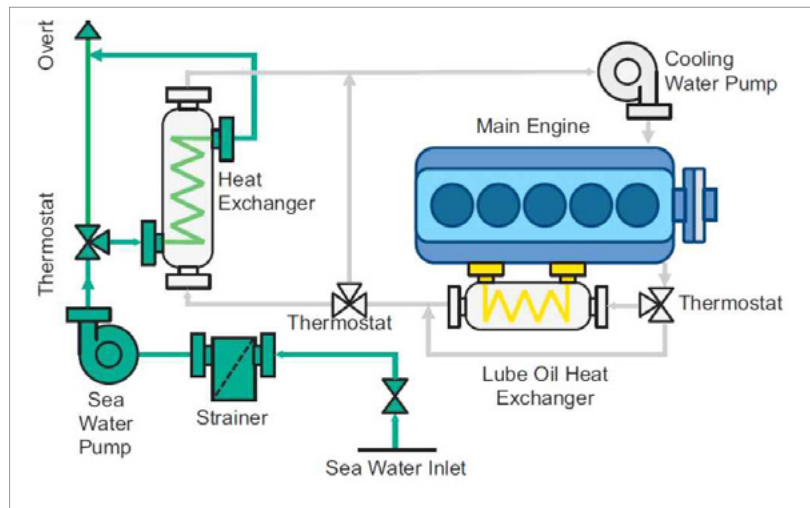
## 재발방지대책

- 가. 장비 일일점검, 운전 시간별 점검, 시동 전 사전점검 철저
- 나. 운항 전 냉각수 팽창탱크 및 보조탱크 수위 점검
- 다. 운항 전 충분한 예열 실시
- 라. 단계적으로 RPM 증가하고, 급격한 부하변동 최대한 자제
- 마. 냉각수 감소현상 발견시 수압 테스트, 실린더 수분 유입여부, 윤활유 수분 혼입 즉시 점검



## 일반 이론

### 가. 주기관 냉각계통



- 해수 냉각 시스템
  - 해수펌프가 해수 스트레이너를 거쳐 해수를 흡입하여 중앙 열 교환기에 공급, 냉각수(청수)와 열교환 후 선외변으로 배출
- 청수 냉각 시스템
  - 청수펌프가 주기관 자켓, 윤활유 쿨러, 에어쿨러, 연료유 쿨러 등에 청수를 공급하고 회수된 청수는 써모스탯에 의해 청수펌프로 바로 가거나 청수 쿨러로 들어가 온도를 낮추고 재순환하는 시스템

### 나. 열교환기(HEAT EXCHANGER)

- 1) 열교환기: 상이한 온도에 있는 둘 또는 그 이상의 유체들 간에 열전달이 가능하도록 하는 장치
- 2) 열교환기의 분류
  - 가) 열의 전달 방법에 따른 분류
    - 표면식 열교환기(Surface heat exchanger): 벽에 의해 분리된 공간에 온도가 다른 유체가 흐르고 이를 통한 열전도 및 벽 표면에서의 유체 대류에 의해 전열 시키는 형식의 열교환기로서 다관식 열교환기, 이중관식 열교환기 및 여러구조의 열교환기가 있다.
    - 액체 연결 간접식 열교환기(Liquid-coupled indirect-type exchanger): 두 개의 표면식 열교환기에 열 매체를 순환시키는 방식의 열교환기
    - 직접 접촉식 열교환기(Direct-contact heat exchanger): 2가지 유체를 직접 접촉시켜 열교환 시키는 열교환기

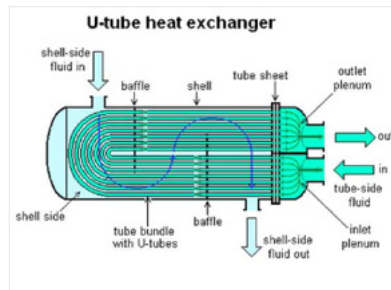


## 나) 사용상의 분류

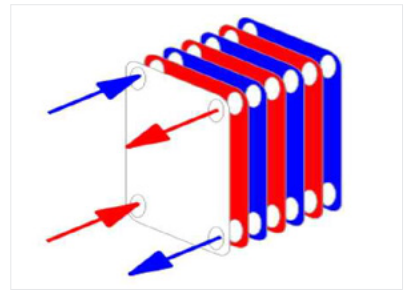
- 가열기: 유체를 필요한 온도까지 가열하는 목적으로 사용되는 열교환기
- 예열기: 유체를 사전 가열해서 다음 조작(공정)에서의 효율을 좋게 하기 위해 사용되는 열교환기
- 과열기: 유체(일반적으로 기체)를 과열 상태가 되기까지 가열하기 위해 사용되는 열교환기
- 냉각기: 유체를 필요 온도까지 냉각시키기 위해 사용되는 열교환기
- 응축기: 응축성 기체를 냉각하고 응축 액화시키기 위해 사용되는 열교환기. 증기를 응축시켜 물로 만드는 열교환기를 복수기 (Condensor)라고 함

## 다) 구조상의 분류

- Submerged pipe coil exchanger: 탱크 내부에 가열 또는 냉각형 submerged pipe coil을 설치한 열교환기로서 구조가 간단하고 가격이 싸서 오래전부터 사용
- Open type exchanger: 냉각기로서 쓰이는 열교환기, 상부 수평 간에서 냉각수를 분사시켜 관내 유체를 냉각시킴, 특히 고압 부식성 액체 냉각에 적당
- Double pipe heat exchanger: 직경이 큰 외부관에 직경이 작은 내부관을 삽입해서 내부관을 흐르는 유체와 외부관과 내부관을 흐르는 유체 사이에 열 교환을 시키는 열교환기
- shell and tube exchanger: 가장 보편적으로 사용되고 경제적인 열교환기
- Aircooling heat exchanger: 냉각수 대신 공기를 냉각 매체로 하는 열교환기



〈U-TUBE HEAT EXCHANGER〉



〈PLATE TYPE HEAT EXCHANGER〉



**장비제원**

장비명 수상오토바이  
 제작사 SEADOO (캐나다)  
 형식 4행정(1494cc)  
 모델 SEADOO RXT  
 출력 215HP



## 수상오토바이 엔진 충분해 수리

속초서  
 속초-05

**고장개요**

- 가. 속초항 남방파제 인근 장비 시운전 중 해상부유물(로프) 감김으로 냉각수 유입 차단으로 인한 3차 배기관(소음기) 한계온도 초과되어 파공발생
- 나. 해수유입으로 인한 기관실 엔진 내부 해수에 침습되어 제어 계통 시스템 및 메인 베어링 등 내부부품 손상되어 운항불가 엔진 충분해 탈염 수리 작업이 필요한 것으로 판단

**고장원인**

- 일차적 원인으로 항내에 부유물(줄)이 샤프트에 감겨 엔진으로 냉각수 유입이 차단 배기관 한계온도 상승으로 파공이 발생



알루미늄 배기관



배기관 파공



## 자체점검 및 조치사항

- 가. 줄 감김에 의한 온도 과다에 따른 배기관 파공을 예방하기 위해서는 시동 후 임펠러가 물을 일직선으로 잘 차고 나가는지 여부 확인
- 나. 스로트밸브 개방 시 엔진의 거친 소음이 발생하지 않아야 하며 rpm의 변화가 없어야 함
- 다. ㉔, ㉕의 이상 현상이 발생하면 엔진 시동을 끄고 하부 스트레이너에 이물질 여부를 철저히 확인하고 이상 없음을 확인 후 운항 지향



전후진 시스템 침습



엔진 탈염작업



줄감김

## 재발방지대책

- 시동 시 이상 소음이나 진동 추진력 저하 등이 발생하면 해수의 유입이 안되 배기관 온도 상승으로 이어지고 이로 인한 엔진 룸 침수 등의 상황까지 갈 수 있으므로 반드시 엔진을 정지 시키고 스트레이너 하부를 점검

## 기대효과

- 줄 감김에 의한 침습을 사전 예방을 위해서는 평시 시동 시 rpm 안정화 상태 정상 출력 데이터를 수치화해 각 장비에 부착하여 이상 여부를 확인

## 일반 이론

- 가. 줄 감김 ▶ 냉각 불량 ▶ 지속운항 시 ▶ 고열에 의한 2.3차 머플러 손상발생 ▶ 웨어링 손상 ▶ 엔진 내부 수분 침투
- 나. seedoo shop Manual(메이커 정비매뉴얼) 유지정비 분야 물에 잠긴 엔진 참고
  - 물에 잠긴 엔진의 경우 1~2시간 이내 예인, 그렇지 않으면 엔진 충분해 수리 필요



- 수중 견인의 권장 견인 속도는 24km/h(15mph)이며 이상의 견인 시 엔진에 손상을 줄 가능성 농후
- 육상 양륙 후 엔진 시동 시 5분 이상 구동 금지

#### ◆ 수심 60cm 이상의 장소에서 엔진을 시동

얕은 물에서 엔진을 시동하면 인덱크게이트(홀수구)에서 자갈이나 모래등을 흡입하여 트러블이나 고장의 원인 되어 버립니다. 시동은 수심 60cm 이상의 해초와 자갈등이 없는 장소를 선택하세요. 또한 엔진을 시동하기 전에는 선체를 상하 좌우로 흔들고 흡수구에 들어가 있는 모래와 진흙, 자갈등을 떨어뜨립니다.



해상에서 승선은 후방에서

PWC를 탈 때는 후방에서 승선하는 것이 가장 균형을 잡기가 쉽고 간단합니다.

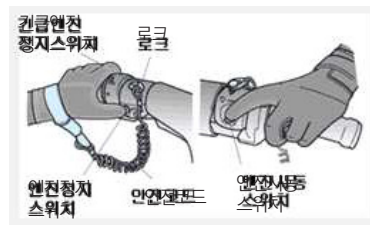
잔교(마리나)등의 옆에서 승선하는 PWC도 수상에서는 탑승자를 비롯하여 모두가 후방에서 올라가는 것이 가장 좋습니다.

#### ◆ 엔진 시동 정지(아래 그림은 야마하 기종의 경우입니다)

엔진 시동

1. 2-C의 경우는 연료차단 콕크가 ON 위치에 되어 있지 확인합니다.
  2. 안전코드 밴드를 손목에 장착하여 고정 플레이트를 긴급 정지 스위치에 연결합니다.
  3. 초크를 열면 스로틀바디가 조금 열린 상태가 됩니다. (카브모델 전용)
  4. 스타터 스위치를 눌러 엔진을 시작합니다. 시동 후 즉시 스타터 스위치에서 손을 놓습니다.
  5. 엔진이 예열후 초크 손잡이를 복원합니다. (카브모델 전용)
- (최근의 제트스키는 4사이클 엔진구조로 보급이 되고 있습니다.)

엔진시동전과 시동후 계기판의 알림과 경고 등 이상유무를 확인하시기 바랍니다.)



엔진 정지

1. 엔진 정지 스위치를 눌러 엔진을 정지시킵니다.
2. 승선하지 않는다면, 긴급 정지 스위치에서 고정 플레이트를 제거합니다.



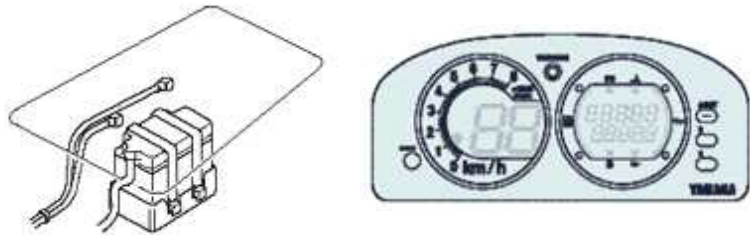
배터리 케이블은 분리하여 둔다.

PWC에서는 배터리 충전을 주행중에 합니다. 그러나 언제나 충전을 하였다고 해서 타고난후 잠시 간 배터리를 연결한 상태에서 방치하면 배터리의 전력이 부족해서 시동이 되지않을수도 있습니다. 또 멀티인포메이션 미터(계기판)이 있는 PWC등은 배터리가 연결되어 있으면 내부에서 내부에서 전력을 소모합니다.

타고난후에는 전력의 소모를 예방하기 위하여 배터리 단자의 마이너스 부분을 분리하여 둘 필요가 있습니다.

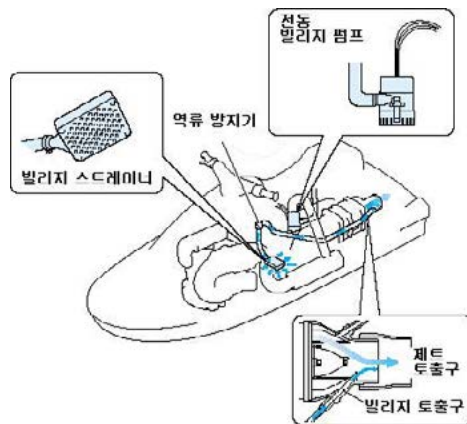
배터리는 충전은 엔진의 회전수가 3000RPM이상일 경우에 이루어 집니다.

저속운전의 경우에는 충전기능을 발휘하지 못할수도 있습니다.



\* 멀티인포메이션 미터는 시계등의 기억하고 있으므로 전력을 소비하고 있습니다.

\* 배터리는 소모품이므로 판매점의 체크를 받은 후 필요하면 교환하세요.



주의 : 릴리지 스트레이너는 완전히 물을 흡입하지 않으므로 출항전에 필히 드레인플러그로 선내의 물을 배출합니다.



**장비제원**

장비명 HUMPHREE INTERCEPTOR

제작사 HUMPHREE

형식 횡동요감쇠장치

모델 RCU541(Ride Control Unit)

(전자동 분석 제어장치)



## 횡요감쇠장치(인터셉터 시스템) 개선 수리

여수서

S-76정

**고장개요**

가. 신형 순찰정에는 선체트림, 선체롤링 등을 종합적으로 컨트롤 하기 위하여 횡요감쇠장치(인터셉터 시스템)가 설치됨

나. S-76정은 건조 당시 횡동요감쇠 장치의 4가지 컨트롤 기능 중 하나의 기능(횡동요 트림조정)만 작동하는 HCU unit 설치됨

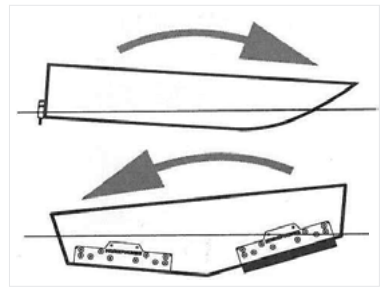
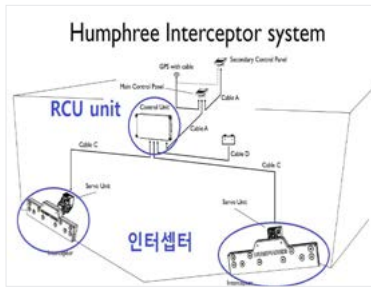
다. 최근 신형 순찰정에는 HCU unit → RCU 541(Ride Control Unit)을 탑재하여 보다 더 효율적인 제어시스템 구축

- RCU 541 주요기능

- Automatic Trim Control: 최적의 트림(피칭) 계산 자동보정※기존제품
- Automatic List Control: 선체 기울기(롤링) 보정, 목표침로 조향성 높임
- Coordinated Turn Control: 선외 시 선체 선회각 / 선회속도 보정
- Active Ride Control: 선체 함요동(피칭, 롤링)을 종합적으로 전자동 센서가 측정(선체균형 자동조정)

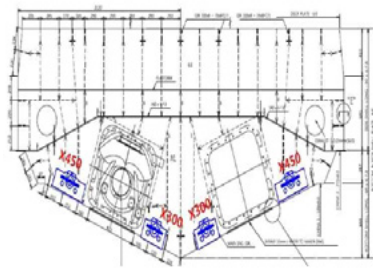
※ Active Ride Control 기능은 선체 롤링(Rolling)과 피칭(Pitching)을 감지하여 인터셉터가 순간 작동해 전자동으로 조정하는 All in one 시스템으로 0.7초 내에 반응하는 인터셉터가 빠르게 움직여 선체가 기울어지는 방향에 부양력을 발생시켜주는 원리로 함요동 평균 40%, 연료소모량 평균 30% 감소 효과





## 시스템 개선현황

순찰정 선미측에 4개의 인터셉터가 설치되어 있으며 마운팅 플레이트 돌출 여부를 이용해 횡경사 및 종경사를 조정



개선장비(RCU 541)장착, 시스템 셋팅 후 해상시운전 및 성능테스트 결과 작동상태 양호하며, 악조건 속에서 장비 성능이 더 효율적으로 나타남

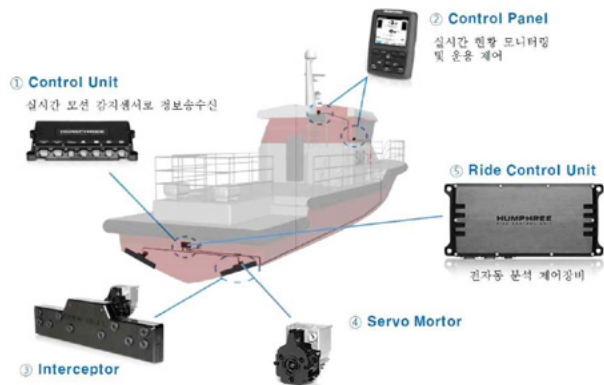
## 기대효과

HCU 시스템에 비해 RCU 시스템은 롤링, 피칭, 선회각 및 선회속도 보정 등 종합적 선체균형 자동제어 효과가 뛰어나며, 연료 소모량도 줄일 수 있는 시스템으로 극한상황에서도 보다 안전하고 효율적인 연안구조정 운용이 가능함

기능 종류 및 개념도	주요 기능 및 개인효과
① Automatic Trim Control 	최적의 트림계산 자동조정 ①연비 및 조항자 시야구간 개선 ②최대선속으로 신속한 급가속(저항감소)
② Automatic List Control 	선체 기울기 보정, 목표치로 조항성 높임 조항성 개선 및 안정된 승선감(함요동감소)
③ Coordinated Turn Control 	선회 시 선체 선회각 / 선회속도보정 ①선회 시 안정성△ 선회각▼ ②선회 시 고속선속 유지 개선
④ Active Ride Control 	선체 함요동을 전자동센서가 측정 / 선체균형 자동 조정 최적의 트림계산 자동조정



## 작동원리



1. 선체 함요동(피칭, 롤링)을 전자동 센서가 측정
2. RCU(전자동 분석 제어장비) 및 CONTROL UNIT에서 정보분석 후 서보 모터 신호전달
3. 인터셉터의 움직임으로 롤링 및 피칭 자동 보정







# 부록

## 함 정 장 비 고 장 사 례 집 장 비 관 리 실 무 따 라 잡 기



MCS SYSTEM(기관제어시스템) 운용법	332
HM 651 JET 운용법	359
신형 연안구조정 운용법	374
고속단정 운용법	392
배수펌프 작동 및 특수공구 사용법	415
분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) 운용법	426
대표함정 및 함정 탑재 장비	448
QR 코드 관리 (함정 탑재 장비 작동 및 운용법)	476

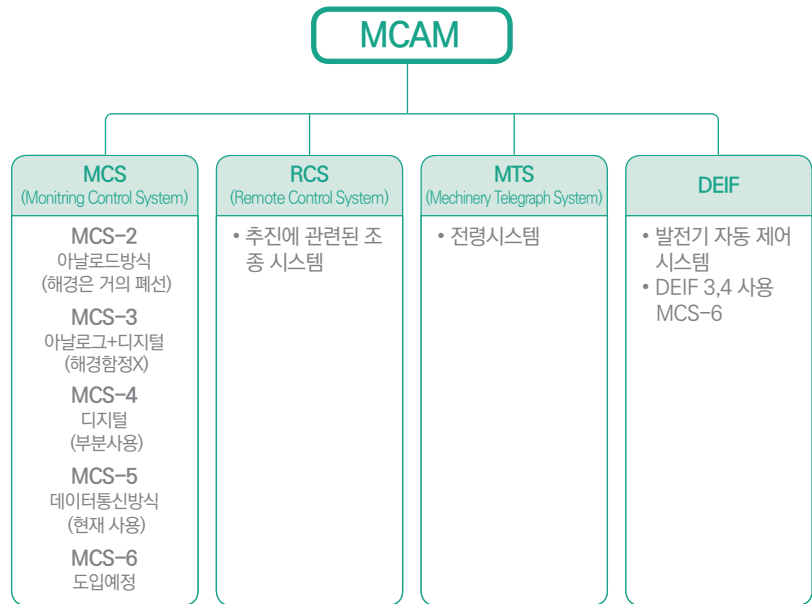


# MCS SYSTEM(기관제어시스템) 운용법

## MCAM

(Mechinery Control & Monitoring)

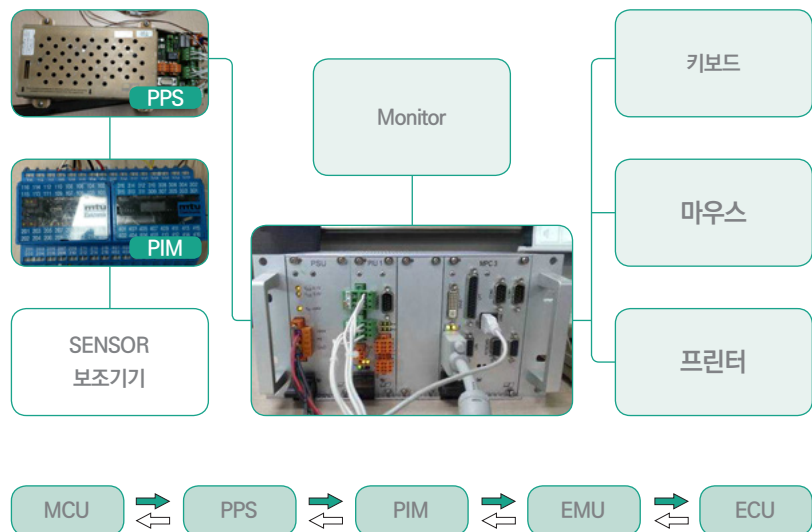
### 구성요소



## MCS

(Monitoring & Control System)

### 구성요소



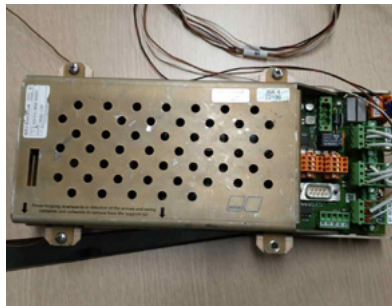


### MCU (Management Computer Unit)



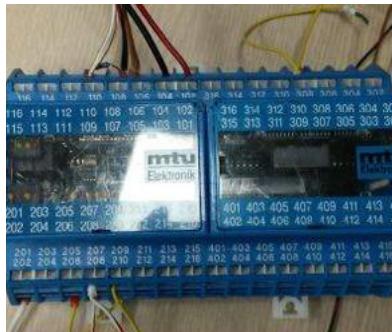
- 통제 컴퓨터로 PPS에서 받은 정보를 시각화 및 처리, 제어하는 장치
- PSU(Power Supply Unit) / 전원 공급
- PIU(Process Interface Unit) / PPS와 통신
- MPC3(Multimedia PC) / Hard 설치 및 보조기기 연결

### PPS (Programmable Process Station)



- PIM에서 받은 신호를 MCU에서 처리할 수 있도록 프로그래밍화 후 전달하는 장치
- MCU에서 구분을 위해 NODE Number 지정(모니터 확인 가능)

### PIM (Peripheral Interface Module)



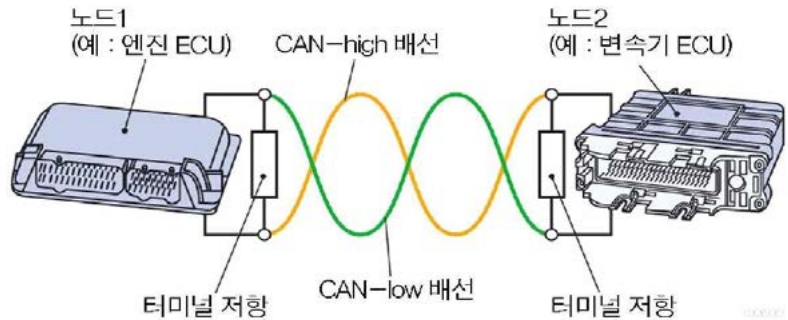
- 센서 및 각종 보조기기에서 신호를 받아 PPS로 전달하는 장치
- PPS와 마찬가지로 NODE Number 지정
- PIM1(Slot 2개) / PIM2(Slot 4개)
- Slot1 : PIM번호 100단위 / MPU카드 장착
- Slot2 : PIM번호 200단위
- Slot3 : PIM번호 300단위
- Slot4 : PIM번호 400단위



## MCAM 통신 방식

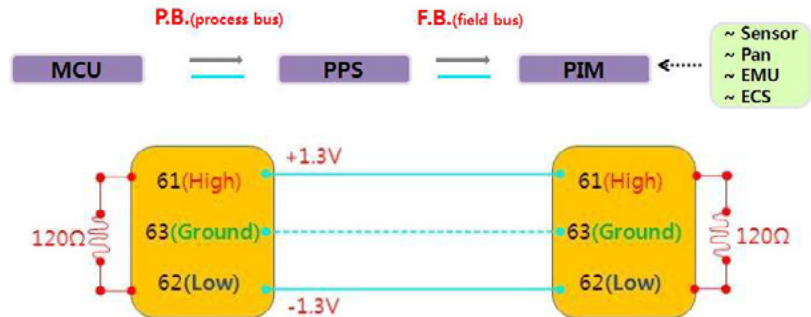
### ○ CAN BUS(Controller Area Network)

- 차량(선박) 내에서 호스트 컴퓨터 없이 마이크로 컨트롤러나 장치들이 서로 통신하기 위해 설계된 표준 통신 규격
- LAN(Local Area Network)의 일종으로 비교적 가까운 거리에 위치한 소수의 장치들을 서로 연결한 네트워크



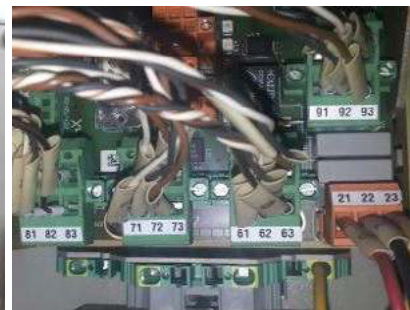
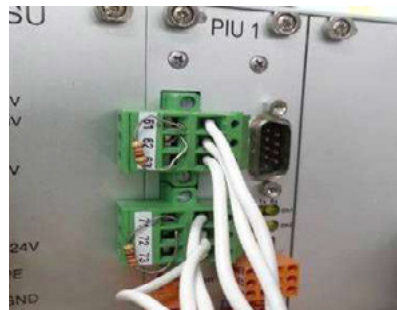
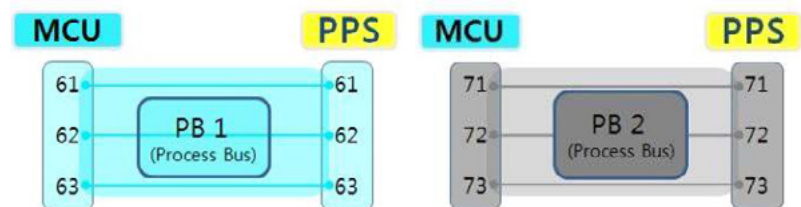
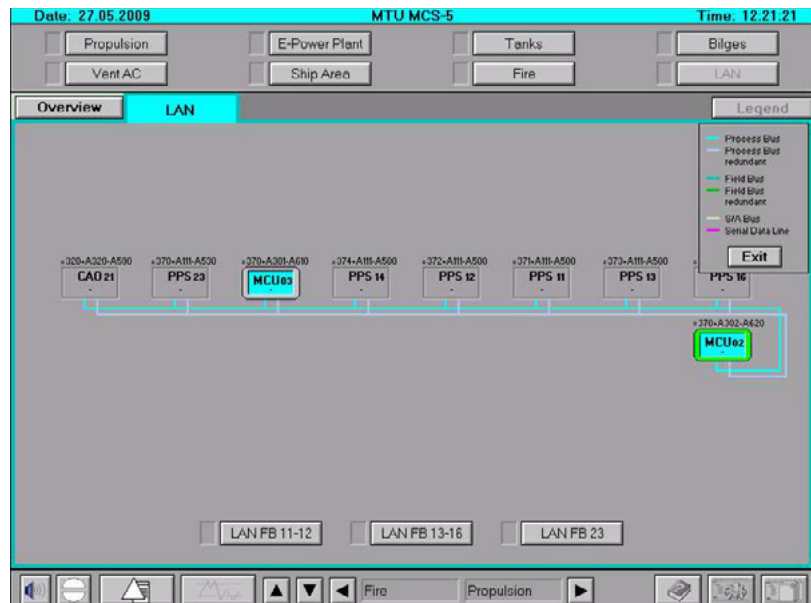
▶상기 그림은 차량 기준이며 MCAM도 동일함

- MCAM(Mechinery Control & Monitoring) 구성





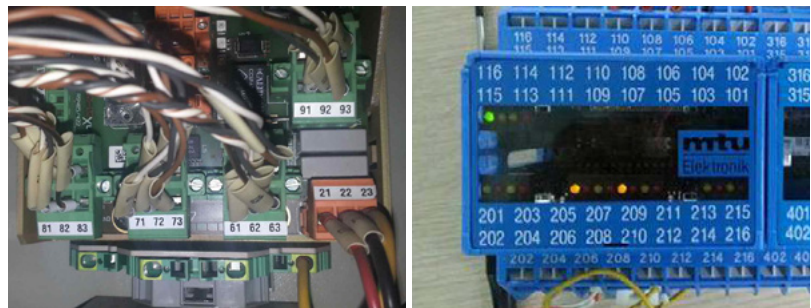
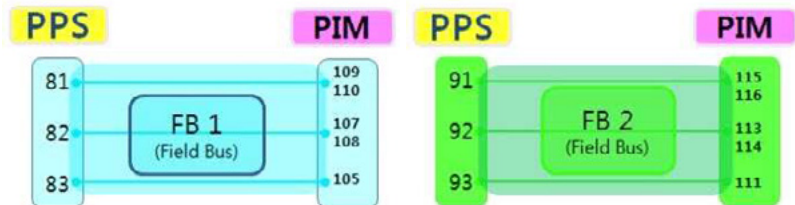
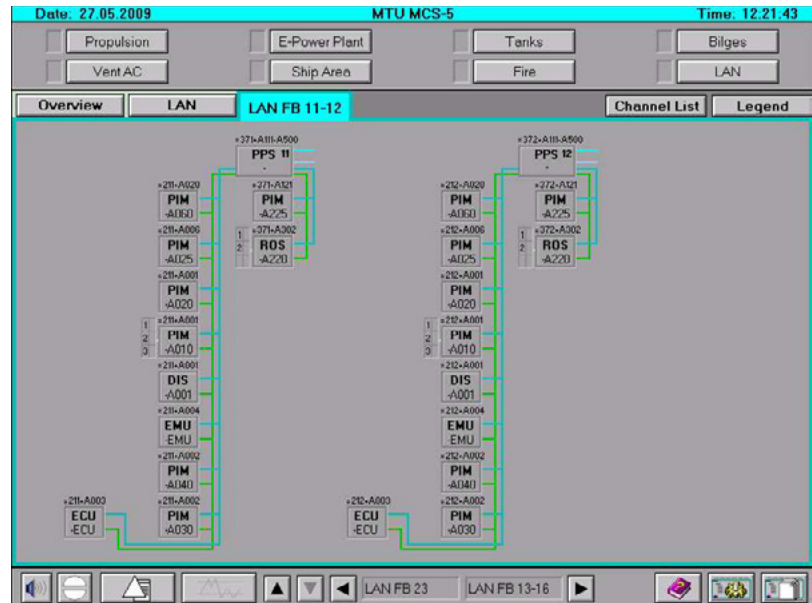
## ○ Process Bus(PB)



▶ PB1, 2 모두 통신 상태이며 PB1 또는 PB2가 단선되어도 통신 가능 (예비개념)



## ○ Field Bus(FB)



▶ FB1, 2 모두 통신 상태이며 FB1 또는 FB2가 단선되어도 통신 가능 (예비개념)

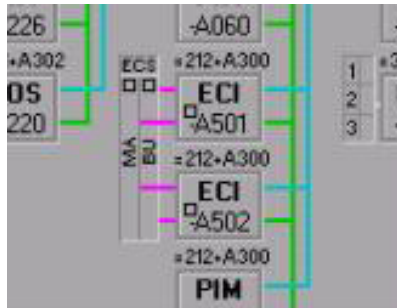


## ○ 기타통신방식

- S/A Bus(Sensor Actuator Bus) : PIM과 PAN(Panel)간 통신 송수신



- S/A Bus(Sensor Actuator Bus) : PIM과 PAN(Panel)간 통신 송수신



## 센서 종류

## ○ 온도센서

- PT100 or 1000(백금,  $0^{\circ}\text{C} = 100, 1000\Omega$ ) : 저항 값에 따라 온도 산출
  - 별첨 03 “온도 테이블” 참조
  - PT100 : MTU엔진 과급기 배기 온도 센서에 사용
  - PT1000 : MTU엔진 청수, 해수, 연료, 윤활유, 흡입공기 등의 온도 센서에 사용
- NI100(니켈,  $0^{\circ}\text{C} = 100\Omega$ ) : PT-100과 작동 원리 같음
- NI-CR-NI(크롬, mV) : 폐기온도센서 등 고열에 주로 사용
  - 멀티테스터기로 센서 측정 가능
  - 센서 설치 시 극성이 바뀌면 온도 측정 불가(자체 정비 시 주의)
  - MTU엔진 각 기통 배기온도 센서에 사용



### ○ 압력센서

- 4mA(0bar) ~ 20mA(Max Press') 신호 출력
- 전압을 공급해줘야 작동함
- 3mA이하, 23mA이상에서 SD(Sensor Defect) 알람 발생
- 탱크 레벨 게이지도 압력 센서 사용
- 센서 이상 여부 측정 시 테스터기 직렬 연결
  - 별첨 02 “멀티미터 사용법” 참조

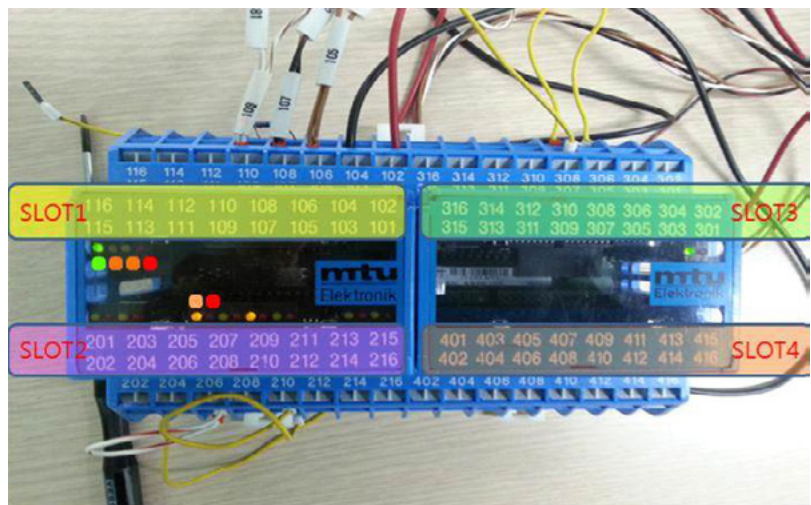
### ○ RPM센서

- 주파수 신호를 감지하여 RPM으로 산출
- 엔진 플라이휠 등 설치
  - 전자식 엔진의 경우 통상적으로 ENG' RPM 제어용 1개(CrankShaft), 연료분사타이밍 제어용 1개(CamShaft), T/C RPM 모니터용 센서 사용

### ○ Binary센서

- 2진수 신호(0,1) 사용
- A접점 = Normal Open = NO
- B접점 = Normal Close = NC
- 국부제어반 Ready for operation S/W, Start or Stop S/W 등

## PIM 세부 사항





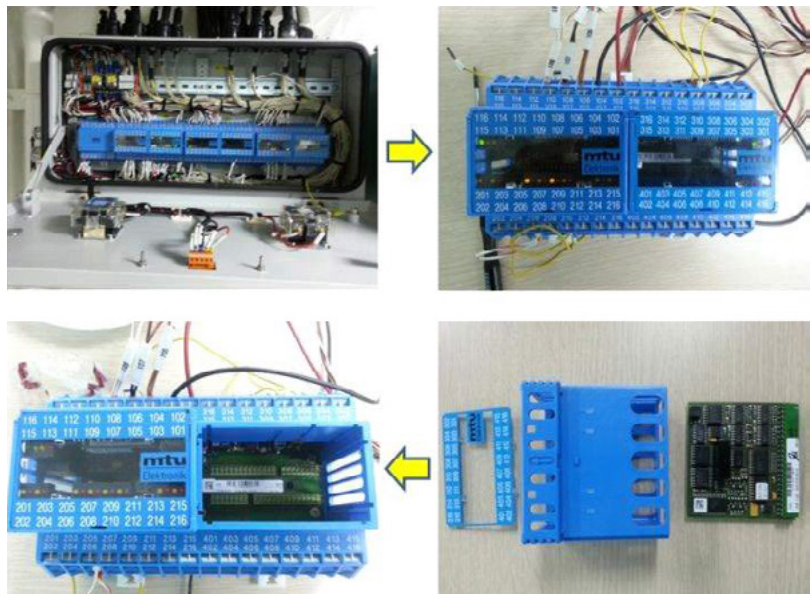
### ○ SLOT 1

- MPU23 or MPU27(Micro Processor Unit) 카드
- SLOT 2, 3, 4에 연결된 각 종 센서신호 송·수신 역할
- ● 전원 공급 표시 램프
- ● 신호 송·수신 표시 램프 / FB1, FB2 신호
- ● 고장 표시 램프 / 프로그램 또는 MPU카드 고장 시

### ○ SLOT 2, 3, 4

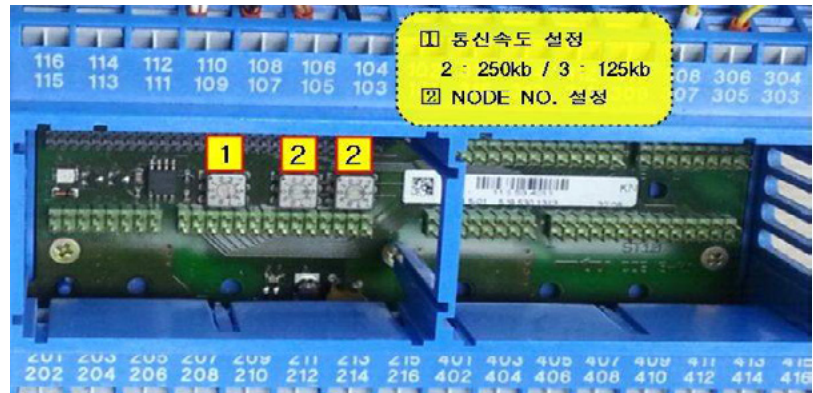
- BIB(BINARY INPUT BOARD), BOB(BINARY OUPUT BOARD) 카드
  - 2진수 신호 / 2채널 사용 / 예 : 발전기 운전 시 MCS에 운전 중 표시
- AIB(ANALOGUE INPUT BOARD), AOB(ANALOGUE OUTPUT BOARD) 카드
  - 아날로그 신호 / 4채널 사용 / 예 : 온도, 압력
- ● 신호 송·수신 표시 램프
- ● 고장 표시 램프

### ○ PIM 내부 1



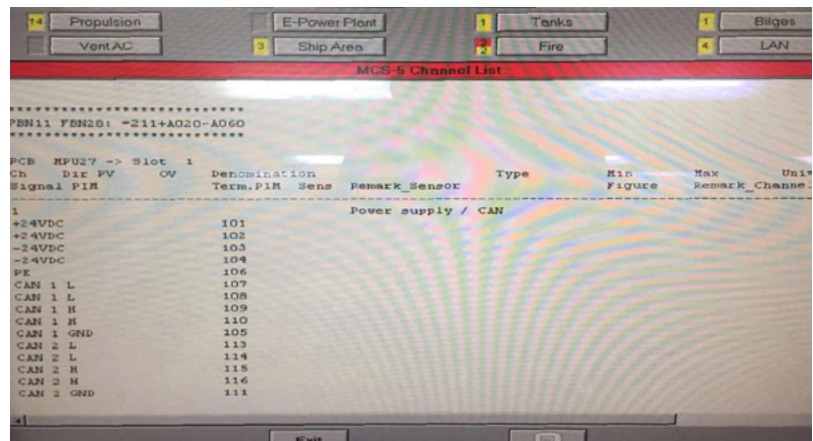


## ○ PIM 내부 2



## 채널리스트 (CHANNEL LIST)

## ○ MPU 채널리스트



- PBN11 : PROCESS BUS NODE 11 / PB 노드 번호
- FBN28 : FIELD BUS NODE 28 / FB 노드 번호
- =211+A020-060 : = 211(Plant) + A020(Location) - 060(Device)
- PCB MPU27 → SLOT 1 : MPU27카드 SLOT1 슬롯에 설치
- CH : CHANNEL 1
- DENOMINATION(이름) : POWER SUPPLY
- TYPE : CAN
- CAN 1 H 109, 110 : FB 81(H) 연결
- CAN 1 L 107, 108 : FB 82(L) 연결
- CAN 1 GND 105 : FB 83(G) 연결



## ○ 기타(AIB, AOB, BIB, BOB 등) 채널리스트

Channel List

PCB BOB 1-02 -> Slot 2

CA	Dir	PV	OV	Denomination	Term.PIN	Sens	Remark	Sensor	Type	Min Figure	Max Remark	Unit
1	O	220123	5583	Cmd Clutch In	202	2			BinNO	0	1	
		relay contact 1			202	1				17		
2	O	220122	5582	Cmd Clutch Out	204	1			BinNO	0	1	
		relay contact 2			205	2				17		
3		free										
4	O	526020	7741	Cmd Safety System Override	212	2			BinNO	0	1	
		relay contact 4.1			213	1				17		
		relay contact 4.2			214	1						
		relay contact 4.2			215	2				17		
5		free										
6		free										
7		free										

- PCB BOB → SLOT 2 = BOB카드 SLOT2 슬롯에 설치
- CH = CHANNEL 1
- DIR PV = PRECESS VARIABLE 220123 / 식별을 위한 측정번호
- DENOMINATION(이름) = CMD CLUTCH IN
- TYPE = BinNO / BINARY NORMAL OPEN
- MIN = 0 / MAX = 1
- SIGNAL PIM = RELAY CONTACT 1
- Term. PIM = 202, 203 / 채널 202, 203 연결
- FIGURE = 17 / 해당 센서 결선도 모양

## ○ 알람 화면

Alarm Page

Time	Alarm State	Prio	Measuring Point	Tagname	Alarm Group
07:06:15	UNACK	Yel	AL 60Hz Converter Overload	PV401098	EPower
07:17:41	ACK	Yel	AL 60Hz Converter Overload	PV401098	EPower
07:17:45	UNACK	Yel	AL DGI not Ready for Synchron.	PV401004	GenEH_Al
07:17:59	ACK	Yel	AL DGI not Ready for Synchron.	PV401004	GenEH_Al
07:22:04	ACK RTN	Yel	AL 60Hz Converter Overload	PV401098	EPower
07:22:05	ACK RTN	Yel	AL DGI not Ready for Synchron.	PV401004	GenEH_Al
10:22:15	UNACK	Red	HI Current DGI	PV401011	GenEH
10:22:23	UNACK RTN	Red	HI Current DGI	PV401011	GenEH
10:22:26	ACK RTN	Red	HI Current DGI	PV401011	GenEH
10:55:39	UNACK	Yel	HI T-Exhaust A	PV411068	GenDE1
10:55:44	ACK	Yel	HI T-Exhaust A	PV411068	GenDE1
11:05:50	ACK RTN	Yel	HI T-Exhaust A	PV411068	GenDE1
11:05:50	UNACK	Yel	LO Coolant Level	PV421041	GenDE2_Al
11:06:07	ACK	Yel	LO Coolant Level	PV421041	GenDE2_Al
16:06:17	UNACK	Red	SS Emergency Stop	PV421047	GenDE2_Al
16:06:37	ACK	Red	SS Emergency Stop	PV421047	GenDE2_Al
16:06:39	ACK RTN	Yel	LO Coolant Level	PV421041	GenDE2_Al
16:06:41	ACK RTN	Red	SS Emergency Stop	PV421047	GenDE2_Al
17:04:57	UNACK	Yel	AL Start Failure	PV421072	GenDE2_Al
17:10:00	ACK	Yel	AL Start Failure	PV421072	GenDE2_Al

Alarm Control

Number of Alarms: 20

State: ☒ Actual ☐ Historical

☒ All ☐ Ack ☐ UnAck ☐ Red ☐ Yel ☐ Message

Group: EPower

Show Help

Create Help

Delete Help

Exit



## 경보의 종류

### ○ ALARM STATE / 경고, 경보 값

- UNACK(Unacknowledged Alarm) 경고, 경보 또는 외부 시스템으로부터의 메시지가 활성화되고 아직 미확인 됨 / 알람이 활성화되고 미확인인 경우
- UNACK\_RTN(Unacknowledged Return) 경고 또는 경보(미확인)가 더 이상 해당되지 않지만 메시지가 저장 됨 / 미확인 되었으나 알람이 사라진 경우
- ACK(Acknowledged Alarm) 경고, 경보 또는 외부 시스템으로부터의 메시지가 활성화되고 확인 됨 / 알람이 활성화되고 확인 했을 경우
- ACK\_RTN(Acknowledged Return) 경고 또는 경보(확인) 더 이상 해당되지 않지만 메시지가 저장 됨 / 알람이 활성화되고 확인 후 사라진 경우

### ○ PRIO(PRIOR) / 경고, 경보 우선 순위

- Evt(Event) 사건 / 경고, 경보가 아닌 단순 메시지
- Yel(YELLOW) 황색 경보 / 사건 경고 또는 1차 제한값을 벗어났을 때
- Red(RED) 적색 경보 / 경보 또는 SHUTDOWN, 2차 제한값을 벗어났을 때

### ○ MEASURING POINT / 측정점

- AL(Alarm) 2진 신호로부터 발생하는 경고, 경보 / 예 : 발전기 시동 실패
- LO(Low) 하위 제한 값을 벗어날 경우 발생하는 경고, 경보 / 예 : 냉각수 레벨
- HI(High) 상위 제한 값을 벗어날 경우 발생하는 경고, 경보 / 예 : 배기가스 온도
- TD(Transmitter Deviation) 두 예비 센서 아날로그 값들 사이의 편차 초과 시 발생하는 경고, 경보 / 예 : 1163S Fuel Rack Position (MA / BU ECS 편차)
- SD(Sensor Defective) 센서 고장 시 발생하는 경고, 경보 / 예 : 압력센서 값(mA)
- WF(Wrong Feedback) 부 정확한 스위치 설정, 시간초과
- SS(Security Shutdown) 비상정지 시키는 경보 / 예 : 주기관 윤활유 압력
- MG(Message) 외부 시스템으로부터 전달된 메시지 / 예 : 1163S ECS를 MA→BU 전환
- MD(Missing Data) 통신이 끊어져 데이터가 전달되지 않는 경우 발생하는 경고



## 별첨 1 [약어]

약어	풀네임	해석
A(M)DEC	Advanced(MTU) Diesel Engine Controller	엔진 관리 시스템
CPP	Controllable Pitch Propeller	가변피치프로펠러
CR	Common Rail	공통 라인
CAN	Controller Area Network	제어거리통신망
DL	Default Lost	CAN Bus missing
DD	Days	일자
DIS	Display	표시기
ECI	Engine Control Interface	주기관 제어 연동장치
ECU	Engine Control Unit	주기관 제어 장치
ECS	Engine Control System	주기관 제어 체계
EMU	Engine Monitoring Unit	주기관 감시 장치
ETC	Exhaust TurboCharger	배기 과급기
GCU	Gear Control Unit	기어 제어 장치
GMU	Gear Monitoring Unit	기어 감시 장치
HI	High	1차 최대값 초과
HIHI	High High	2차 최대값 초과
HT	High Temperature	
LO	Low	1차 최소값 초과
LOLO	Low Low	2차 최소값 초과
LAN	Local Area Network	근거리 통신망
LCD	Liquid Crystal Display	액정 표시기
LCU	Local Control Unit	국부 제어 장치
LMU	Local Monitoring Unit	국부 감시 장치
MCS	Monitoring and Control System	감시 및 제어 시스템
MCU	Management Computer Unit	통제 컴퓨터 장치
PAN	Control Panel	제어 판
PC	Personal Computer	개인용 컴퓨터
PIM	Peripheral Interface Module	주변 연동 장치
PPS	Programmable Process Station	프로그램 가능한 처리 장치
PV	Precess visualization or Precess Variable	처리 시각화 또는 변수
RAM	Random Access Memory	읽고 쓰기 가능한 기억장치
RCS	Remote Control System	원격 제어 시스템
ROS	Remote Operation System	원격 작동 시스템
SS	Safety System or Security Shut down	
TFT	Thin Film Transistor	박막 트랜지스터
VGA	Video Graphics Adapter	영상그래픽 아답터



별첨 2 [온도 테이블]



# PT 100

## Resistance

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.40
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.73	110.12	110.51	110.90	111.28
30	111.67	112.06	112.45	112.83	113.22	113.61	113.99	114.38	114.77	115.15
40	115.54	115.93	116.31	116.70	117.08	117.47	117.85	118.24	118.62	119.01
50	119.40	119.78	120.16	120.55	120.93	121.32	121.70	122.09	122.47	122.88
60	123.24	123.62	124.01	124.39	124.77	125.16	125.54	125.92	126.31	126.69
70	127.07	127.45	127.84	128.22	128.60	128.98	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.27	131.66	132.04	132.42	132.8	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.39	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.66	143.04	143.42	143.80	144.17	144.55	144.93	145.31	145.68
120	146.06	146.44	146.81	147.19	147.57	147.94	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.82	150.20	150.57	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.32	154.70	155.07	155.45	155.82	156.19	156.57	156.94
150	157.31	157.69	158.06	158.43	158.81	159.18	159.55	159.93	160.30	160.67
160	161.04	161.42	161.79	162.16	162.53	162.90	163.27	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.87	166.24	166.61	166.98	167.35	167.72	168.09
180	168.46	168.83	169.20	169.57	169.94	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.57	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.97	181.34	181.71	182.07	182.44	182.80
220	183.17	183.53	183.90	184.26	184.63	184.99	185.36	185.72	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.54	187.91	188.27	188.63	189.00	189.36	189.72	190.09
240	190.45	190.81	191.18	191.54	191.90	192.26	192.63	192.99	193.35	193.71
250	194.07	194.44	194.80	195.16	195.52	195.88	196.24	196.60	196.98	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.13	199.49	199.85	200.21	200.57	200.93
270	201.29	201.65	202.01	202.36	202.72	203.08	203.44	203.80	204.16	204.52
280	204.88	205.23	205.59	205.95	206.31	206.67	207.02	207.38	207.74	208.10
290	208.45	208.81	209.17	209.52	209.88	210.24	210.59	210.95	211.31	211.65



## PT 1000

Resistance

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1000.0	1003.9	1007.8	1011.7	1015.6	1019.5	1023.4	1027.3	1031.2	1035.1
10	1039.0	1042.9	1046.8	1050.7	1054.6	1058.5	1062.4	1066.3	1070.2	1074.0
20	1077.9	1081.8	1085.7	1089.6	1093.5	1097.3	1101.2	1105.1	1109.0	1112.8
30	1116.7	1120.6	1124.5	1128.3	1132.2	1136.1	1139.9	1143.8	1147.7	1151.5
40	1155.4	1159.3	1163.1	1167.0	1170.8	1174.7	1178.5	1182.4	1186.2	1190.1
50	1194.0	1197.8	1201.6	1205.5	1209.3	1213.2	1217.0	1220.9	1224.7	1228.6
60	1232.4	1236.2	1240.1	1243.9	1247.7	1251.6	1255.4	1259.2	1263.1	1268.9
70	1270.7	1274.6	1278.4	1282.2	1286.0	1289.8	1293.7	1297.6	1301.3	1305.1
80	1308.9	1312.7	1316.6	1320.4	1324.2	1328.0	1331.8	1335.6	1339.4	1343.2
90	1347.0	1350.8	1354.6	1358.4	1362.2	1366.0	1369.8	1373.6	1377.4	1381.2
100	1385.0	1388.8	1392.6	1396.4	1400.2	1403.9	1407.7	1411.5	1415.3	1419.1
110	1422.9	1426.6	1430.4	1434.2	1438.0	1441.7	1445.5	1449.3	1453.1	1456.8
120	1460.6	1464.4	1468.1	1471.9	1475.7	1479.4	1483.2	1487.0	1490.7	1494.5
130	1498.2	1502.0	1505.7	1509.5	1513.3	1517.0	1520.8	1524.5	1528.3	1532.0
140	1535.8	1539.5	1543.2	1547.0	1550.7	1554.5	1558.2	1561.9	1565.7	1569.4

## Ni-Cr-Ni

Thermocouple

°C	mV	°C	mV	°C	mV
0	0	350	14.29	700	29.12
10	0.40	360	14.71	710	29.54
20	0.80	370	15.13	720	29.95
30	1.20	380	15.55	730	30.37
40	1.61	390	15.98	740	30.79
50	2.02	400	16.40	750	31.21
60	2.43	410	16.82	760	31.63
70	2.85	420	17.24	770	32.04
80	3.26	430	17.67	780	32.46
90	3.68	440	18.09	790	32.88
100	4.10	450	18.51	800	33.29
110	4.51	460	18.94	810	33.68
120	4.92	470	19.36	820	34.09
130	5.33	480	19.79	830	34.50
140	5.73	490	20.22	840	34.90
150	6.13	500	20.65	850	35.31
160	6.53	510	21.07	860	35.72
170	6.93	520	21.50	870	36.12
180	7.33	530	21.92	880	36.51
190	7.73	540	22.35	890	36.92
200	8.13	550	22.78	900	37.32
210	8.54	560	23.20	910	37.72
220	8.94	570	23.63	920	38.12
230	9.34	580	24.05	930	38.52
240	9.75	590	24.48	940	38.91
250	10.16	600	24.90	950	39.31
260	10.57	610	25.33	960	39.71
270	10.98	620	25.75	970	40.10
280	11.39	630	26.18	980	40.48
290	11.80	640	26.60	990	40.87
300	12.21	650	27.02	1000	41.26
310	12.63	660	27.44	1010	41.65
320	13.04	670	27.86	1020	42.04
330	13.46	680	28.28	1030	42.43
340	13.88	690	28.71	1040	42.82

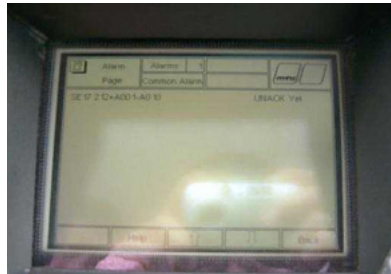


## System Error NO.17 알람 발생 시 조치방법 SE17 212+A001-A010

### 개요

- SE17... 알람은 LOP판넬 안의 컨넥터와 통신카드와 관련된 알람임
- 50톤 함정 주기판 운영 중 가장 많이 발생하는 알람중의 하나이며 본 알람 발생 시에는 ① 접속불량의 경우 ② 카드불량의 경우가 대부분을 차지함

### 발생증상 1 (1개의 알람만 발생 시)



#### ① 알람 발생 SE17 212+A001-A010

- 상기의 알람은 SE17...알람의 한 예시이며 알람분석을 통해 뒤에 나오는 번호의 의미를 알 수 있음

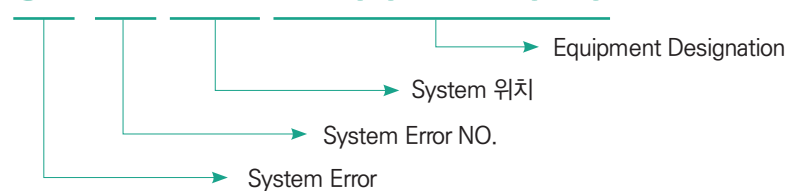


#### ② 램프 점멸

- 기관실내 LOP판넬의 버튼 4개 열중 고장원인과 관련있는 열의 램프가 점멸
- ※ 예시의 경우는 2번째 열의 램프가 점멸

### 알람분석

## SE 17 212 +A001- A010





## ▶ System Error NO.

SE	16	S/A Bus Faulty	S/A Bus 도면표시
SE	17	S/A Bus Faulty Node 1	
SE	18	S/A Bus Faulty Node 2	
SE	19	S/A Bus Faulty Node 3	
SE	20	S/A Bus Faulty Node 4	
SE	21	S/A Bus Faulty Node 5	
SE	22	S/A Bus Faulty Node 6	

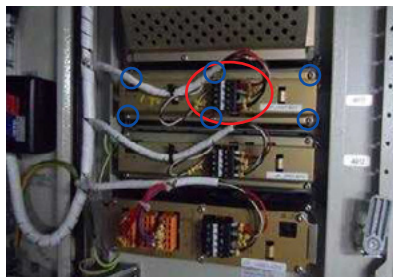
## ▶ System 위치

371	조타실 우현	311	우현 주전원 시스템
372	조타실 좌현	312	좌현 주전원 시스템
211	기관실 우현	381	우현 비상전원 시스템
212	기관실 좌현	382	좌현 비상전원 시스템

## 조치방법



- ① 주기판 전원을 OFF 한다
- ② SE17 S/A Bus Faulty Node 1을 관장하는 컨넥터의 접촉상태를 확인한다  
(램프점멸 증상을 보인 열의 컨넥터)
  - ○ 안의 컨넥터는 SE18 알람
  - ○ 안의 컨넥터는 SE19 알람 발생 시 동일방법으로 점검



- 컨넥터를 잡고 상하좌우 흔들어 유격여부 확인
- 각 전선의 접촉상태 확인
- 컨넥터의 유격 확인 시 ○ 의 볼트를 풀어 유격원인 부분 납땜조치  
(납땜작업 어려움 예상 및 상기방법으로 해결 불가 시 ⇒ 전문가 정비요청)
- 시계드라이버를 사용 각 전선의 접속상태 확인



## 발생증상 2

(SE 17.. 알람 외 RL...,  
DL...알람 동시 발생)



### ① 알람발생

RL.....  
DL.....  
SE17....

총 3개의 알람 발생

## 조치방법 2

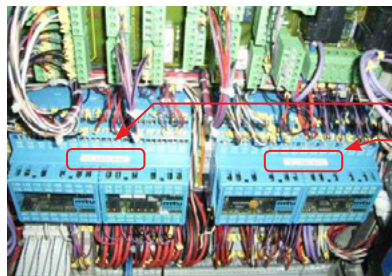
① 조치방법 1과 동일한 방법으로 조치

② RL..., DL... 로 시작하는 알람은 MPU 23 CCB 카드와 관련있는 알람으로 다음의 방식에 따라 MPU카드를 교체한다



### ※ MPU 23 CCB 카드 찾기

LOP 판넬 안   의 PIM카드 박스를 찾는다



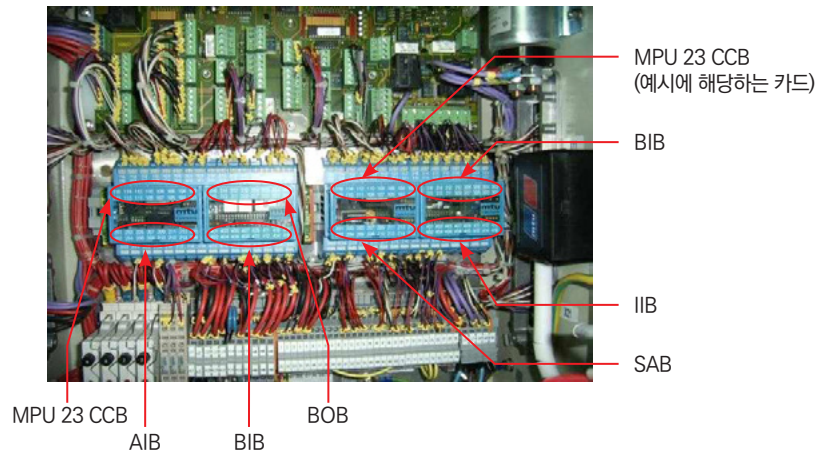
### ※ 2개의 PIM카드 박스 중 함정에서 발생한 알람과 관련 있는 박스를 찾는다

21 +A001. A020

21 +A001. A010

예시는 알람 SE17 212+A001.A010 이므로 오른쪽 PIM카드 박스에서 찾는다.



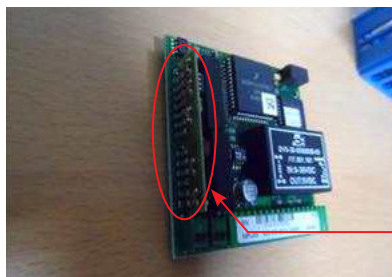


#### ※ PIM카드 분리 방법

- ① 주기판 전원을 OFF 한다
- ② 그림과 같이 해당 카세트를 잡고 당긴다



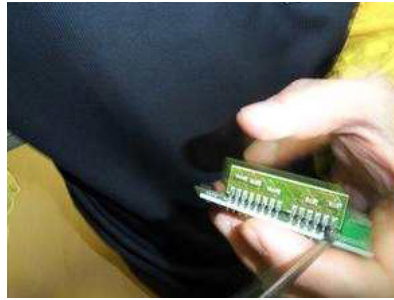
- ③ 카세트의 뚜껑을 열고 PIM 카드 밑단을 손가락으로 밀어 올려 뺀다



#### ※ 분리된 MPU 23 카드

- MPU 23카드에서 CCB 분리하기
- MPU 23카드만 교체 하므로 CCB는 재 사용





④ CCB 분리 : 그림과 같이 (-) 시계드라이버를 양옆 틈새에 넣어 공간을 만들어 가며 분리한다.



※ MPU 23 카드와 CCB가 분리된 모습



⑤ 새 카드(MPU 23)에 CCB 장착

- CCB의 핀이 부러지지 않게 조금씩 눌러 가며 장착



⑥ 카세트에 카드 장착

- 카세트 양쪽 홈에 맞춰 카드를 넣고 손가락으로 밀어 넣는다

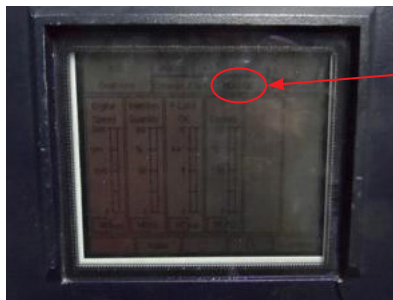




⑦ 분해의 역순으로 카세트를 LOP판넬에 삽입한다

※ 새 카드(MPU23) 장착 시 프로그램을 새로 다운로드 받아야 함

- 새 카드 장착 시 대부분 자동 다운로드 실행



⑧ 전원 ON

⑨ “BDM OK” 확인

- BDM OK 가 뜨지 않으면 프로그램 자동 다운로드가 되지 않음  
⇒ 8페이지의 방법을 따름 or 전문가 정비용청

- 대부분의 함정은 자동다운로드 되며 위의 시그널이 뜨지 않는다고 장비에 문제가 발생한 것은 아님



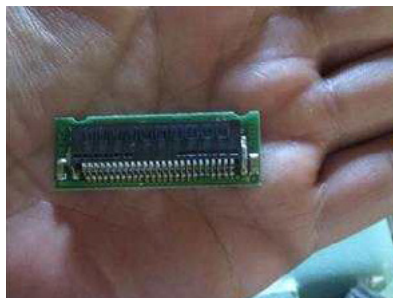
⑩ 자동 다운로드 시작

- 다운로드가 시작되면 램프의 불이 점멸하며 알람경보음 발생  
- 경보음은 ○ 안의 버튼을 눌러 해제

⑪ 다운로드 완료 후 알람 재 발생 여부 확인

※ 알람 미 발생 시 조치 완료

### 자동 다운로드 불가 시 (“BDM OK” 시그널이 없을 시)



※ BDM ⇒ Back Date Module

BDM OK 시그널이 없다는 것은 문제가 발생한 기관 LOP판넬 내에 BDM이 없다는 뜻





#### ■ 조치방법 (2가지의 방법이 있음)

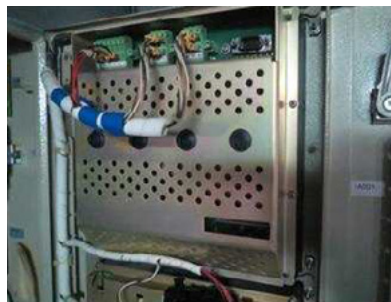
##### 조치방법 1.

BDM이 있는 같은 기종 장착 함정에서 다운로드 받는 방법

(가능한 문제발생한 기관과 같은 방향의 기관에서 다운로드 받을 것)

⇒ 좌현(NO.1)기관 문제시 타 함정 좌현(NO.1)기관에서 다운

BDM이 장착 되는 위치 (구형)



##### 조치방법 2.

알람발생한 기관(NO.1)의 반대쪽(NO.2)에 BDM이 있을 시는 신품 MPU카드를 NO.2에 장착, 다운로드 후 다시 NO.1에 장착 하는 방법

⇒ 2번째 방법으로 조치 한 경우 운용상 지장은 없으나 차 후 알람 재 발생 시 NO.2의 알람코드로 알람이 발생



※ 타 함정 및 반대쪽 BDM을 빼서 알람발생한 쪽에 넣어 다운로드 하는 방법도 있지만 BDM 탈·부착 시 손상의 위험이 있어 주의를 요함

## 참고사항

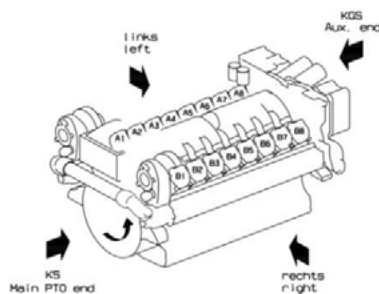
발생증상 2에 따라 알람이 3개가 동시에 발생하더라도 MPU 카드를 먼저 교체하지 말고 조치방법 1에 따라 컨넥터와 전선연결 상태를 확인하고 난 후 계속 알람이 발생하면 매뉴얼에 따라 MPU카드를 교체할 것



## MTU 16V 2000엔진 밸브간극 조절 방법

### 개요

- 함정 엔진의 고유성능을 발휘하는데 간단하면서도 효과적인 방법으로 MTU 2000 엔진의 경우 A열 1번 기통의 점화TDC와 OVER LAP TDC 2번의 타이밍만 맞추면 전 기통의 밸브간극을 조절 할 수 있어 함정에서 작업하기에 크게 어려움이 없음
- ※ TDC(상사점, Top Dead Center) : 피스톤이 실린더 속에서 최상단에 왔을때의 위치
- OVER LAP : 흡기밸브가 닫힐 때 배기밸브를 열어주고 배기가 닫힐 때 다시 흡기를 열어주는 기간
- 준비물 : 각극(Feeler)게이지 0.4mm, 0.6mm, 대(大)박스 소켓 32mm, 6mm육각렌치, 토크게이지, 기타 함정공구



#### ※ mtu 2000엔진 기본 알기

- 그림과 같이 엔진의 출력단(뒤)에서 봤을 때 좌측을 A열이라 하고 우측을 B열이라 함
- 각 열의 뒤에서부터 각 기통별 숫자로 나열 A1,A2,A3....A8, B1,B2,B3...B8 까지
- 엔진 회전방향을 출력단(뒤)에서 봤을 때 시계 반대방향 임(좌,우현 엔진 동일)

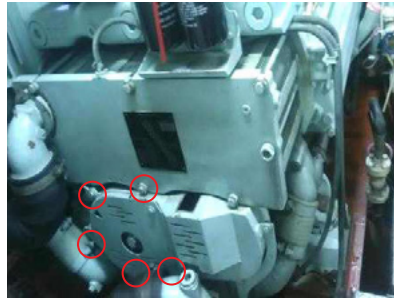


#### ※ 밸브 간극 조절 방법

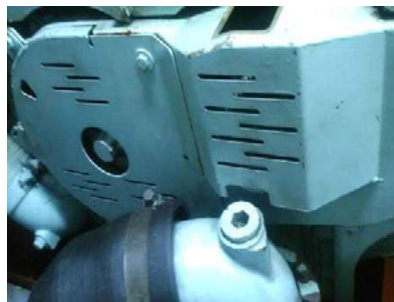
##### ① 엔진 터닝 준비 작업

- 엔진 전면 하부를 보면 그림과 같이 엔진을 터닝 할 수 있는 부위가 있음
- 그림은 구멍이 뚫려있는걸 확인 할 수 있지만 막혀있는 엔진도 있음
- ※ 정비창에 입창함정은 터닝작업 시 편의성을 위해 구멍을 뚫어 놓은 함정이 많음





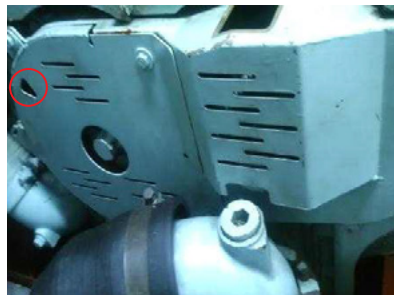
- 만약 구멍이 안 뚫여 있을 시 원 안의 볼트를 풀고 전면 커버를 제거 한다



- ② 원 안의 32mm 육각에 대(大)박스 소켓과 연결대를 결합한다



- ③ 엔진 회전방향으로 터닝을 한다
- 선미에서 봤을 시 반시계 방향, 선수에서 봤을 시 시계방향



- 터닝을 하면서 원 안의 지시계를 관찰하여 아래 그림과 같이 지시계가 일치할 때 까지 터닝을 한다





#### ※ 지시계가 일치 된 모습

- 지시계가 일치 가 됐으면 엔진 크랭크 축의 위치는 점화TDC 이거나 OVER LAP TDC 둘 중 하나의 위치 임

현재 엔진 크랭크 위치가 점화TDC 인지 OVER LAP TDC 인지 알아보는 법은 아래에서 설명



#### ④ 전(A열,B열) 기통의 헤드커버를 연다

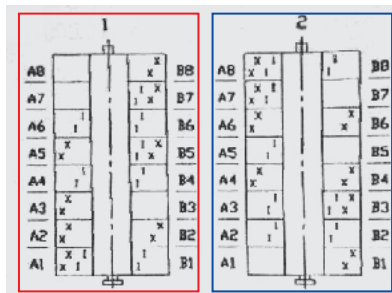


#### ※ 엔진헤드

로커 암(흡·배기 밸브의 개폐를 담당)

배기밸브 간극조절 부위

흡기밸브 간극조절 부위



#### ※ 밸브간극 타이밍 표

1 = 실린더 A1에서 점화 TDC

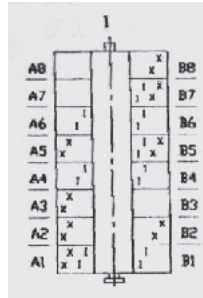
2 = 실린더 A1에서 오버랩 TDC

X = 배기밸브.....0.6 mm

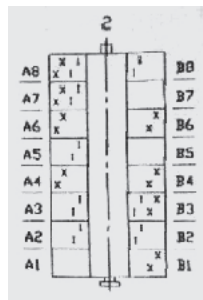
I = 흡기밸브.....0.4 mm

현재 엔진크랭크 축의 위치가 1번의 위치 인지 2번의 위치인지 확인을 해야 함





- 옆의 그림은 크랭크 축이 1번(점화 TDC) 위치 일 경우 측정 할 수 있는 밸브를 표시 한 것이다  
X = 배기밸브, I = 흡기밸브 이며  
A1번 기통은 X, I(흡·배기 밸브) 모두 조절 가능하고  
A2번 기통은 X(배기밸브)만 조절가능 함  
같은 방법으로 나머지 기통도 조절  
그림을 보면 A7번과 A8번은 조절할 수 있는 밸브가 없음에 주의  
같은 방법으로 B열 기통도 B1 ~ B8번까지 조절한다



- 2번의 위치(오버랩 TDC)일 경우도 마찬가지로 방법으로 흡·배기 밸브를 조절한다

※ 밸브를 조절 할 수 있는 밸브는 현재 밸브가 닫혀있는 것이므로 로커암을 손으로 좌·우로 흔들어보면 흔들리는 것을 느낄 수 있음



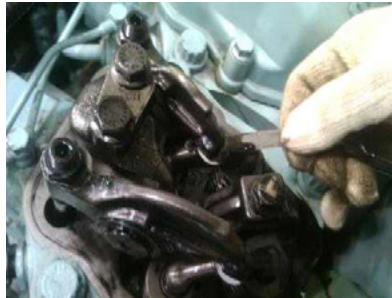
#### ※ 크랭크 축의 위치 확인하는 법

- 먼저 엔진의 지시계를 일치시켜 봐야 함
- ⑤ A1번 기통부터 흡·배기밸브의 로커 암을 손으로 흔들어 본다
- 만약 A1 흡·배기밸브 로커 암이 다 흔들린다면 현재 크랭크 축의 위치는 점화TDC이다



- ⑥ 같은 방법으로 모든 기통의 흡·배기밸브를 흔들어 흔들리는 밸브가 1번, 2번 중 어느 그림과 일치하는지 파악한다
- ⑦ 크랭크 축의 위치(1번 or 2번)가 파악이 되면 위치에 맞는 표에 표시된 밸브의 각극을 조절한다





※ 밸브간극 조절하는 법

⑧ 먼저 조절해야 하는 밸브의 각극을 확인한다

필러게이지를 사용하여 현재 밸브 간극을 확인한다

흡기.....0.4mm

배기.....0.6mm

※ 필러게이지 삽입 시 팍 끼는 느낌이 들면 OK!

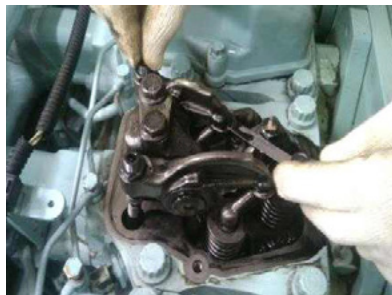


※ 밸브간극 조절이 필요할 시

⑨ 로커 암 상단 부분의 육각너트를 17MM 소켓 또는 스패너를 사용하여 3~4 바퀴 툰다



⑩ 육각렌치를 사용하여 그림과 같이 육각 볼트를 2~3바퀴 툰다



⑪ 필러 게이지를 삽입한 상태에서 손으로 육각볼트를 돌려 필러게이지가 빠지지 않을 만큼 조여준다





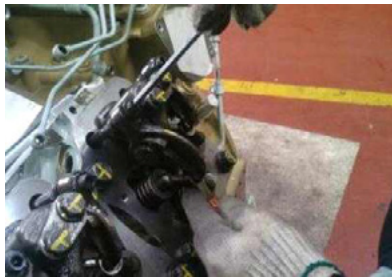
- ⑫ 육각렌치를 사용하여 육각볼트가 움직이지 않게 잡아준 다음 처음 풀었던 17mm 너트를 다시 조여준다(가운데 육각볼트가 고정될 정도로만 조여준다)



- ⑬ 토크렌치를 사용하여 17mm 너트를 다시 조여준다.

※ 토크값 : 50 N/M

- ⑭ 필러게이지 사용하여 조절한 양이 적당한지 확인한다



- ⑮ 같은 방법으로 현재 크랭크 축 위치에 맞는 타이밍표를 보고 표시된 흡·배기 밸브 모두 조절해 준다

※ 만약 크랭크 축의 위치가 정확 TDC라면 1번 표에 표시된 흡·배기밸브의 간극을 조절하면 됨



- ⑯ 엔진을 다시 한 바퀴 터닝 하여 지시계 눈금을 맞춘다

- ⑰ 나머지 표에 표시된 흡·배기밸브를 동일한 방법으로 조절한다.



- ⑱ 헤드커버를 닫고 볼트를 조여준다



# HM 651 JET 운용법

## 함정 워터제트 작동 및 안전수칙

〈모델 : HAMILTON 651 / 콘트롤 타입 : MECS〉

### 전원



- 1) 조타실 분전반 패널에서 "제1추진기 및 제2추진기 전원" 스위치를 올려 추진기 전원을 공급한다.(DC 24V)
- 2) 또한, 분전반 패널 상부의 "타각지시기" 전원 스위치를 올려 타각지시기 전원을 공급한다.

#### \* 참고 \*

- 타각지시기의 작동은 우현 Jet의 기어를 연결했을 때 가능하다. 다시 말해, 타각지시기의 작동이 가능하게 하는 Steering Sender가 우현 Jet에만 설치되어 있어, 우현 Jet기어 연결 후 작동되는 타각의 저항값을 타각지시기로 보내주는 것이다. 따라서, 좌현 Jet만의 기어 연결시에는 타각지시기는 작동하지 않는다.

### 기어(Gear) 연결



CPM(Control Panel Module)

- 1) 제트에 전원이 공급되면 "중립" 버튼 스위치에 램프가 점등되며, 기어 연결시에는 "IN GEAR" 버튼 스위치를 누른다.(약 2~3초 후, 기어가 연결되면서 "IN GEAR" 버튼의 램프가 점등될 것이다. (주의 : 엔진은 IDLE RUNNING으로 운전 중임을 확인바람))
- 2) TLC(TWIN LEVER CONTROL)의 위치는 중립위치에 있어야 하며, TLC가 중립 위치에 있지 않으면 기어는 연결되어지지 않는다.
- 3) 이물질 제거를 위한 BACK FLUSH시에는, "BACK FLUSH" 버튼을 누른다(약2~3초 후, 기어가 연결되면서 "BACK FLUSH" 버튼의 램프가 점등될 것이다.
  - BACK FLUSH 사용시, 기어 연결 후 TLC를 이용하여ENGINE RPM을 약 700~1000 RPM 상승시켜 약 30초간 시행한다.
  - 주의 : "IN GEAR" 상태에서 곧바로 "BACK FLUSH"로의 전환은 불가하며, 반드시 "중립"을 거쳐야만 전환이 가능하다.



## 엔진 RPM 상승과 조타방법



조타핸들 및 레버 TLC(Twin Lever Control)

- 추진기의 기어가 연결되었다면, 레버를 이용하여 엔진 RPM을 상승시킨다.
  - 레버를 올리면 추진기의 리버스 덕트가 상승하여 선박은 전진하게 된다.
  - 레버를 내리면 제트의 리버스 덕트는 하강하여 선박은 후진하게 된다.
  - 엔진 제어 모니터를 통해 엔진 회전수를 보면서 원하는 속도 만큼 레버를 작동시킨다.
- 기어가 들어간 상태에서 조타 핸들을 사용하여 조타를 수행할 수 있다.
  - 핸들을 좌측으로 돌리면 배는 좌측으로 선회하고, 우측으로 돌리면 배는 우측으로 선회한다.
  - 고속에서는 타의 반응이 민감하므로 급격한 타의 사용은 개인의 안전을 위협할 수 있고 선속 저하의 원인이 되므로 주의하여야 한다.

## 각 부 명칭



PIM(Power Interlock Module)

ECM(엔진 제어모듈)-기관실 위치

- PIM
  - 선박 전원 시스템에 연결되어 JET의 전원을 공급하는 장치이다.
  - 기관실 엔진 옆에 위치한다.
- ECM
  - 주기판과 인터페이스되어 엔진 제어 및 제트의 기어를 연결, 분리를 가능토록 통제하는 장치이다.
  - 조타실의 CPM 상에서 작동이 불가능할 때 ECM의 SELECT SWITCH를 "LOCAL"로 전환하여 기어를 연결할 수 있고 엔진 RPM의 상승 및 하강이 가능하다.
  - 기관실 엔진 옆에 위치한다.

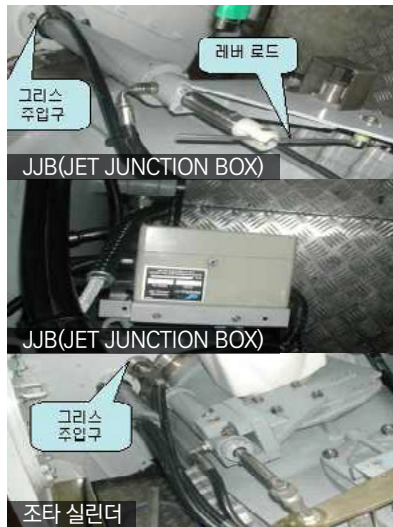


JCM(JET CONTROL MODULE)

베어링 하우징 오일펌프 STARTER

- JCM
  - 입력된 SETTING VALUE에 의해 JET의 운전을 총 지휘하는 장치로 일종의 뇌에 해당한다.
  - (설치 후, SETTING 값을 입력해야 하며 무작위로 SETTING 값을 조정하지 말 것)
  - 비상 전후진 및 비상 조타를 실행할 수 있다.
- 베어링 하우징 오일 펌프 STARTER
  - 베어링 하우징 오일 냉각용 펌프를 작동하는 장치이다. 항상 스위치는 ON 상태로 둔다.
  - 기어를 연결시에만 운전되고, 기어를 분리하면 운전되지 않는다. 조타실 오일펌프 지시등을 통해 운전 여부 확인이 가능하다.





- 1) JCM에 전달된 작동 SIGNAL은 JJB로 보내지고 JJB는 각 실린더(REV. CYL. & STEER. CYL.)를 작동시키며 작동범위를 JCM에 다시 피드백한다.
- 2) 운전시에 전/후진 실린더 및 조타실린더의 누유 여부를 확인하고 누유 발생시 수리 조치하여야 한다.
- 3) 레버 로드는 절대로 휘거나 구부러지지 않게 주의하여야 한다. (오작동의 원인이 됨)
- 4) 각 그리스 주입구에 한 달에 한 번 적당량의 GREASE를 주입한다. (미주입시 누수의 원인이 됨)



- 1) 베어링 하우스 오일 보충구로 오일을 보충한다. - 게이지에 눈금이 표시되어 있다.
- 2) 오일 교환주기는 1,000 HRS이다.
- 3) 사용 오일은 유압유 46번이다.
- 4) 운전 전에 반드시 OIL LEVEL를 확인한다.

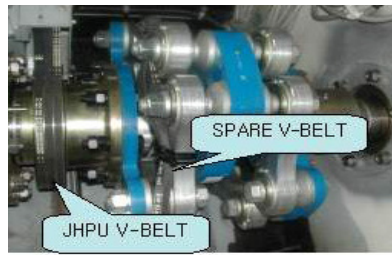


- 1) 베어링 하우스 오일 필터의 교환 주기는 1,000 HRS이나, 그 전 파란색의 표시가 빨간색으로 바뀔때는 교환해 주어야 한다.



- 1) JHPU(JET HYDRAURIC PUMP UNIT)는 JET SHAFT와 BELT로 연결되어 구동되며 전,후진 및 조타 실린더의 유압을 형성시켜 준다.
- 2) JHPU OIL FILLING CAP을 이용하여 JHPU OIL을 LEVEL GAUGE를 통해 확인하여 보충한다.
- 3) JHPU OIL 교환 주기는 1,000 HRS이다.
- 4) 사용 오일은 유압유 46번으로 BEARING HOUSING OIL과 동일함.
- 5) 운전 전에 반드시 OIL LEVEL를 확인한다.





JAURE COUPLING 및 JHPU V-BELT

- 1) ENGINE와의 연결 축계는 중간축과 COUPLING으로 연결되어 있으며, 1 SET(3개)의 V-BELT를 추가공급하며 이는 각 COUPLING에 부착되어 있다.
- 2) 매달 JHPU用 V-BELT 장력을 확인하고 필요시 조정 및 교환한다.

## 기타 유지 및 보수 사항

- 1) JET 총 분해 수리는 2,000 시간 또는 3년마다 행한다.
- 2) JET 하부, 또는 베어링 하우징측으로부터 누수가 발견되면, WATER SEAL의 손상에 의한 누수 여부를 확인하고 WATER SEAL에 의한 누수시에는 즉시 교체하여야 한다.
- 3) 아연판(ANODE)의 교환은 상태를 확인하여 시행하며 최대 1년 이내, 1/2이상 마모시 교체하여야 한다. (아연판은 제트의 부식을 억제시켜주므로 불량 시 즉각적으로 교체가 가능토록 한다. 미교환 시 제트 부식의 원인이 됨)
- 4) 테일파이프 내부 아연판은 2년마다 교체 가능토록 한다.

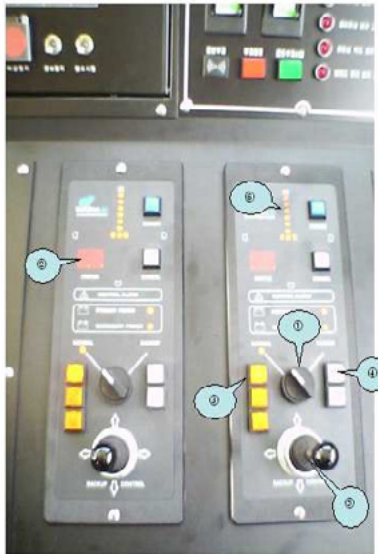
## 알람



- 1) 발생된 모든 JET ALARM은 "STATUS INDICATOR"에 약자로 표시되며 경보음이 발생한다.
  - 예) "PL"은 POWER LOW의 약자임.
  - STATUS INDICATOR에 지시된 ALARM은 배포한 ALARM CODE BOOK을 통해 확인하여 발생원인과 조치방법을 강구한다.
  - 조치 불가 ALARM이 발생할 경우, 즉시 동 강엠텍(주)에 문의할 것.
- 2) 발생된 ALARM은 최대 25개까지 JCM에 메모리되며, JCM LCD MONITOR를 통해 확인할 수 있다.



## HM 651 Jet 비상조타 방법



CPM

### 비상조타 방법(1st)-조타실에서

1. Select Switch ①을 "NORMAL"에서 "BACKUP"으로 전환한다.
2. Digital LCD ②에 "bc" 표기가 나타나며 약 2초간 Alarm 경보음이 발생된다.
3. 만일, Gear가 Engage 되어 있지 않으면 Gear Button ③을 통해 Gear를 Engage한다.  
(Gear가 Engage되어 있는 Normal 상태에서 backup으로 전환하여도 Gear는 Engage 상태로 유지한다)
4. RPM(+) Button ④를 눌러 Engine rpm을 상승시킨다.  
(Engine Idle RPM에서는 타력이 적으므로 Engine rpm을 약 1000~1500 rpm 정도 올린다)
5. 조이스틱 ⑤를 상측으로 조종하면 ⑥ LED 창에 Lamp가 위쪽으로 점등되며 이는 Rev. Duct가 올라가 선박은 전진하게 된다.(반대로 조이스틱 ⑤를 하측으로 조종하면 ⑥ LED 창에 Lamp는 아래쪽으로 점등되며 선박은 후진한다)
6. 조이스틱 ⑤를 좌우로 조종하면, LED 창에 Lamp는 조종 정도에 따라 점등되고 선박의 조타가 이루어진다.
7. 정상 조타로의 복귀는 전후진과 좌우 타 방향을 중립으로 맞추고 Engine rpm을 Idle rpm으로 낮춘 후, Select Switch ①을 다시 "NORMAL"로 전환하여 복귀 시킨다



JCM



ECM

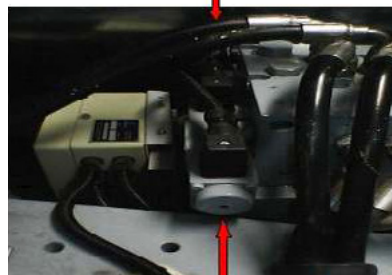
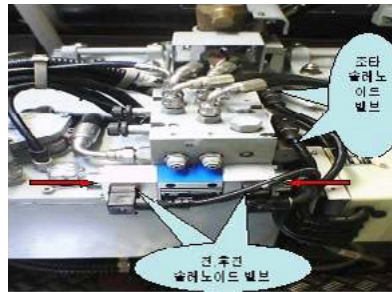
### 비상조타 방법(2nd) 제트실에서

1. JCM의 Select Switch ①을 "NORMAL"에서 "BACKUP"으로 전환한다.
2. ECM의 Select Switch ②를 "NORMAL"에서 "LOCAL"로 전환한다.
3. 만일, Gear가 Engage 되어 있지 않으면 ECM의 Gear Button ③을 통해 Gear를 Engage한다.  
(Gear가 Engage되어 있는 Normal 상태에서 Local로 전환하여도 Gear는 Engage 상태로 유지한다)
4. ECM 상의 RPM(+) Button ④를 눌러 Engine rpm을 상승 시킨다.(조타실에서의 비상조타와는 달리 추진기실에서의 비상조타는 선외 견시가 불가하므로 선박 자체적으로 적정 rpm으로 상승시킨다)
5. JCM 상의 Button ⑤를 통해 선박의 전후진 및 좌우 조타를 조종할 수 있다.



6. 정상 조타로의 복귀는 전후진과 좌우 타 방향을 중립으로 맞추고 Engine rpm을 Idle rpm으로 낮춘 후, Select Switch ①을 다시 "NORMAL"로 전환하여 복귀시킨다.

(ECM의 Select Switch ② 또한 Remote로 전환한다)



#### 비상조타 방법(3rd) - 제트실에서

1. 전기 Control 계통의 이상으로 인해 작동 불능시 유압 실린더의 솔레노이드 밸브를 강제로 작동시켜 조작하는 비상 조타 방법.

2. 시계드라이버와 같은 작은 막대 바를 이용하여 솔레노이드 밸브의 구멍 속으로 밀어 누른다. (빨간 화살표 참고)

누르고 있는 동안 실린더는 작동되고, 떼면 작동이 멈춘다.

3. 조타 솔레노이드 밸브의 좌측, 우측을 눌러 줌으로써 강제적인 타의 사용이 가능하고, 전,후진 솔레노이드의 전측, 후측을 눌러 줌으로써 전,후진이 가능하다.

4. CPM이나 JCM에서 "BACK UP"으로의 전환은 불필요하며 어느 모드에서나 사용이 가능한 강제적인 방법이다.

- 빨간 화살표를 참조하여 솔레노이드 밸브를 강제로 작동시킬 수 있는 홀을 미리 확인할 것 -



JHPU

#### 비상조타 방법(4th) - 제트실에서

1. 유압 라인의 고장으로 인해 유압이 형성되지 않아 조타 불능시에는 수동으로 비상조타가 가능하다.

2. ② 바이패스 밸브(조타 실린더)를 연다

3. ③ 또는 ④ 측으로 비상조타봉을 연결하여 ⑤의 타각지시기를 이용, 원하는 타각으로 비상조타봉을 움직여 시행한다.

- ① 바이패스 밸브는 전,후진 실린더용 바이패스 밸브이다 -

- 참고 -

비상조타봉에 의해 비상 조타 후 정상 조타로의 복귀 후 간헐적으로 조타실 CPM Digital LCD창에 "JP" 또는 "JS" Alarm이 발생될 수 있으며 Cancel 버튼을 눌러도 Reset 되지 않는다면 Gear를 분리하고 다시 연결하면 Alarm은 Reset된다.





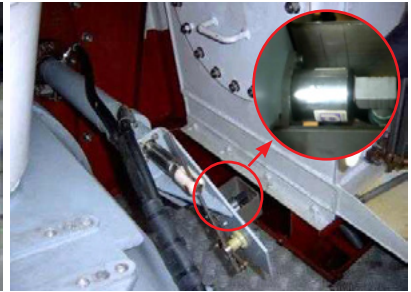
## 50톤 함정 추진기(HM651) 실린더 zero셋팅 방법 (Jet Set-up)

### 개요

- 50톤 함정의 조타 또는 리버스 포지텍 센서 교체 및 추진기 실린더 수리 작업 후 필수로 해야 할 작업임
- 일반적으로 매뉴얼-6의 제트 셋업과 매뉴얼-7의 판넬 셋업은 같이 실시



조타 포지텍 센서



리버스 포지텍 센서

### 경보종류

- 워터젯 관련 알람코드는 100여 가지가 있음
- 다음의 알람코드는 가장 빈번히 발생하는 코드를 나열한 것임
- 셋업이 필요한 알람 코드

판넬 셋업		제트 셋업	
H1	헬름 관련 오류	JP	좌현 조타위치 오류
R1	리버스 레버 관련 오류	JS	우현 조타위치 오류
T1	트로틀 레버 관련 오류	Jt	조타 피드백 오류
		Ju	리버스 덕트 올린위치 오류
		JL	리버스 덕트 하강위치 오류
		Jr	리버스 덕트 피드백 오류

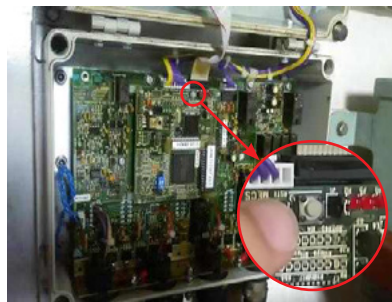


## 젯트 셋업방법

※ 젯트 셋업을 시작할 때는 주기관 시동 후 축연결 상태에서 작업  
(셋업이 완료되면 자동으로 축 분리가 됨)



- ① 추진기실에서 JCM박스를 찾는다
- ② 모퉁이의 볼트(4개)를 푼다
- ③ 뚜껑을 연다



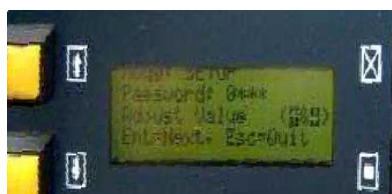
- JCM뚜껑을 열고 리셋버튼을 누른다
- ☞ 리셋 버튼 누른 후 2분 이내 다음 작동 버튼을 눌러야 함



- ① 뚜껑을 닫는다
- ② 제트 데이터 화면에서 ☒ (Escape) 버튼을 누른다



- ① 메인 메뉴에서 화살표 ↑, ↓를 사용하여 제트셋업 선택
- ② ☐ (Enter)버튼을 길게(2초) 누른다

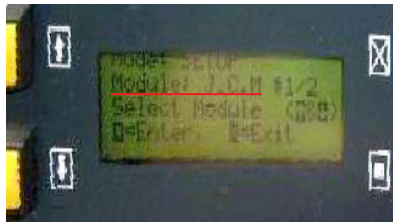


- ① PASS WORD를 입력한다
- ※ 패스워드는 0000
- ☞ ☐ (Enter) 버튼을 4번 누르면 0000 이 입력됨

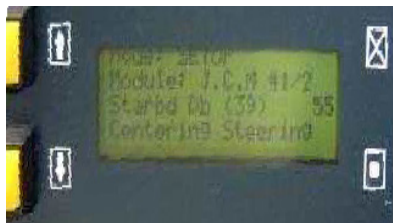




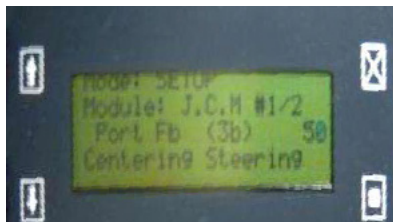
▶ 제트모듈 찾는중



- ① Module : J.C.M이 맞는지 확인한다
- ② J.C.M이 아니면 JCM박스의 화살표↑,↓ 버튼을 이용 J.C.M을 찾는다
- ③ ☐ (Enter) 버튼을 3번 누른다



▶ 조타 셋팅 중



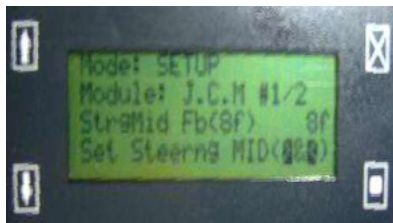
▶ 조타 셋팅 중



▶ 조타 셋팅 완료

▶ 리버스 셋팅 중

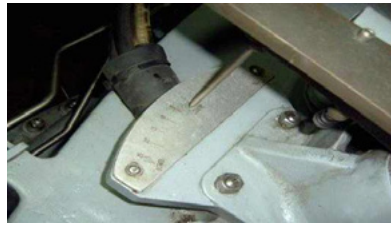
~ 중간 과정 생략



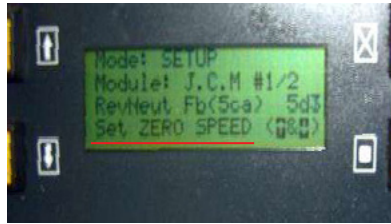
~ 중간 과정 생략

- ① Steering MID 문구 확인
- ☞ Steering이 중간 위치인지 확인





- ① 추진기 상단의 지침바늘이 중간(0)에 위치하는지 확인
- ② 중간에 위치 하지 않으면 JCM박스의 ↑, ↓ 버튼을 사용하여 바늘을 중간에 위치시킨다.
- ③ □ (Enter)버튼을 누른다



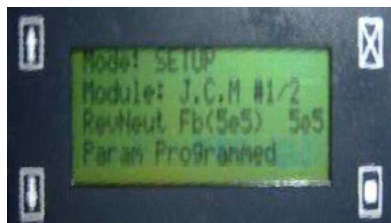
- ① ZERO SPEED 문구 확인



- ① 그림에 위치한 실린더 길이를 100 ~ 105mm 범위내로 조정



- ① 화살표 위치까지의 길이가 100 ~ 105mm 범위내로 조정  
 JCM박스의 ↑, ↓ 버튼을 이용하여 조정  
 ※ 일반적으로 105mm로 조정



- ① 조정 후 □ (Enter)버튼을 누른다
- ② ☒ (Escape)버튼을 누른다
- ③ 셋팅완료



## 50톤 함정 조타휠, 스로틀레버 셋팅 방법 (Panel Set-up)

### 개요

- 판넬셋업은 조타 휠 수리 또는 교체하였을 경우, 스로틀레버 수리 또는 교체 하였을 경우 꼭 필요한 셋업임
- 일반적으로 매뉴얼-6의 제트 셋업과 매뉴얼-7의 판넬 셋업은 같이 실시



헬름



스로틀레버

### 경보종류

- 워터젯 관련 알람코드는 100여 가지가 있음
- 다음의 알람코드는 가장 빈번히 발생하는 코드를 나열한 것임
- 셋업이 필요한 알람 코드

판넬 셋업		제트 셋업	
H1	헬름 관련 오류	JP	좌현 조타위치 오류
R1	리버스 레버 관련 오류	JS	우현 조타위치 오류
T1	트로틀 레버 관련 오류	Jt	조타 피드백 오류
		Ju	리버스 덕트 올린위치 오류
		JL	리버스 덕트 하강위치 오류
		Jr	리버스 덕트 피드백 오류

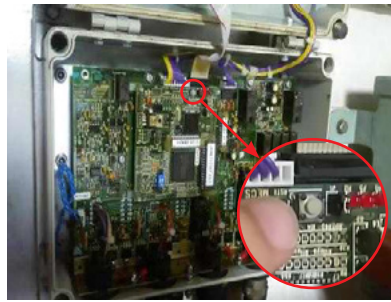


## 판넬 셋업방법

※ 판넬셋업은 주기관 전원과 상관 없이 워터제트 전원을 켜 상태에서 실시  
(좌·우현 동시 진행 해야함)



- ① 추진기실에서 JCM박스를 찾는다
- ② 모퉁이의 볼트(4개)를 푼다
- ③ 뚜껑을 연다



- JCM뚜껑을 열고 리셋버튼을 누른다
- ☞ 리셋 버튼 누른 후 2분 이내 다음 작동 버튼을 눌러야 함



- ① 뚜껑을 닫는다
- ② 제트 데이터 화면에서 X (Escape) 버튼을 누른다

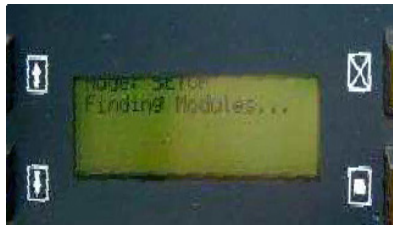


- ① 메인 메뉴에서 JCM박스의 화살표 ↑, ↓를 사용하여 제트셋업 선택
- ② □ (Enter)버튼을 길게(2초) 누른다

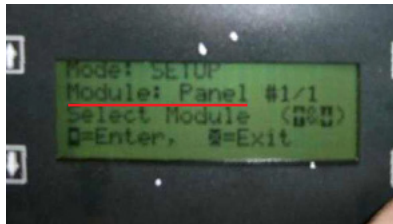


- ① PASS WORD를 입력한다
- ※ 패스워드는 0000
- ☞ □ (Enter) 버튼을 4번 누르면 0000 이 입력됨

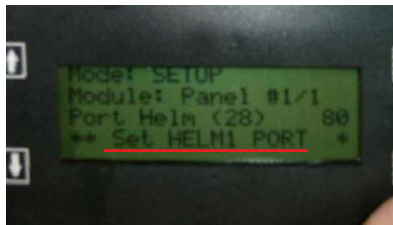




▶ 제트모듈 찾는중



- ① Module : Panel이 맞는지 확인한다
- ② Panel이 아니면 JCM박스의 화살표 ↑, ↓ 버튼을 이용 Panel을 찾는다.



- ① Set HELM1 PORT가 나올 때 까지 (Enter) 버튼을 누른 후(6번) 조타실로 이동



- ① 조타 지시기 좌현 표시 확인
- HP 확인



- ① 조타핸들을 좌현 전타로 회전



- ① Cancel 버튼을 누른다
- ② 조타 지시기 우현 표시 확인
- HS 확인





① 조타 핸들을 우현 전타로 회전



- ① **Cancel** 버튼을 누른다
- ② 조타 지시기 중앙 표시 확인
- ↳ **H-** 확인



① 조타 핸들을 중앙에 위치



- ① Cancel 버튼을 누른다
- ▶ 지금부터 스톱레버 셋업입니다.
- ② 조타지시기 전진방향 표시 확인
- ↳ **r-** 확인(r의 상단에 - 표시)



① 레버를 전진방향으로 이동



- ① **Cancel** 버튼을 누른다
- ② 조타 지시기 후진방향 표시 확인
- ↳ **r\_** 확인(r의 하단에 - 표시)





① 레버를 후진방향으로 이동



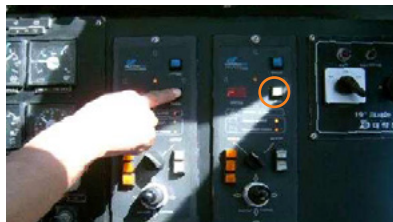
① Cancel 버튼을 누른다

② 조타지시기 중앙 표시 확인

③ r- 확인(r의 중간에 - 표시)



① 레버를 중앙으로 이동



① Cancel 버튼을 누른다

② 추진기실(JCM이 있는 곳)로 이동



① ⓧ (Escape) 버튼을 누른다



◆ 패널 셋업 완료



# 신형 연안구조정 운용법

## 신형 연안구조정 주요 제원



구 분	성 능	비 고
형 식	RFB (Rigid Hull Foam Fender Boat)	
전 장	14.3M	
전 폭	4.3M	
승조인원	승조원 8명	
적재능력	약 18톤	
최대속력	35Kts 이상	
항속거리	200NM 이상	15kts로 항해 시
연료용량	2,000리터	
배수톤수	약 18톤	
선체재질	Aluminum	
내 파 성	파고 2m이상에서 운항가능	
추진기관	MTU 750마력 ×2	
항해장비	RADAR, DGPS, AIS, VMS	
통신장비	VHF	
신호/탐색장비	탐조등, 항해등, 경광등, 앰프	탐조등 광도 2000만 cd

## 신형 연안구조정 안전수칙

1. 선체가 정상적으로 물에 잠기지 않은 상태로는 절대 시동을 걸지 말아야 한다.
2. 엔진 시동 전 확인 사항
  - 가. 본정이 확실히 계류되어 있는지, 또 다른 장애물이 있는가를 확인한다.



- 나. STEERING HANDLE는 중앙에 위치하고, 주 추진기관 및 추진기 조정 레버가 중립위치에 있는지 확인해야 한다.
  - 다. 각 윤활유와 냉각수 등이 정상 레벨인지 확인해야 한다.
  - 라. 연료유, 해수 밸브가 개방되어 있고, 기관실 빌지가 없는 것을 확인해야 한다.
  - 마. 조타실 및 기관실 시동 배전반 KEY를 ON 상태로 한다.
  - 바. 기관실 DAMPER PANEL상 스위치 AUTO(자동) 상태 확인
3. 주 추진기관 시동 요령 및 시동 후 확인 사항
- 가. 주 추진기관 시동 전 각 부 이상(누유, 누수, 진동, 빌지 등)이 없는 것을 확인 후 운항한다.
  - 나. 주 추진기관 시동 후 선체진동 및 엔진, 기관실, 각 계기에 작동 이상 및 누유가 없는지 확인해야 한다,
4. 최대 토크가 발생 하는 주 추진기관 회전수 및 최대 회전수 에서 장시간 운전하지 말아야 한다,
5. 최대 부하로 운전한 경우 또는 주 추진기관이 과열되었을 경우 주 추진기관을 정지 시키지 전에 5분 동안 주 추진기관을 아이들 상태로 운전한 후 정지한다.
6. 수시로 오일 압력과 냉각수 온도를 주시해야 한다. 만일 압력이나 온도가 사양과 일치 하지 않을 경우 주 추진기관을 즉시 정지 시키고 원인을 분석한다.
7. 전진 항해 중 후진으로 변환시 전진 위치에서 중립 위치를 거친 후, 후진으로 변속하여 운항한다. (주의 : 급격한 변환은 추진기가 손상된다.)
8. 엔진의 정지
- 가. 정지 후 엔진, 클러치의 과열 여부, 누유 및 풀림 등이 없는가를 확인해야 한다.
  - 나. 연료유, 해수, 냉각수 관련 관제 밸브를 확인하고 다음 운전자를 위해 인수, 인계를 철저히 한다. (주의 : 윤활유, 냉각수의 온도가 높음으로 주의해야 한다)



## 신형 연안구조정 운용 설명

### 승선 전 안전확인



전, 후 계류상태 확인



선체파손 여부



주변 이물질 확인

### 시동 전 사전점검

- 점검사항 (8개소)

구 분		점검 내용	조 치 사 항	비 고
기관실	윤활유	유량 확인	부족 시 보충	PMS 의거 정비실시
	워터제트	이물질 확인	존재 시 제거	
	해수스트레이너	이물질 확인	막힘 시 소제	
	냉각수	수위 확인	부족 시 보충	
	배터리	전압 확인	부족 시 충전	
	유압유	유량 확인	부족 시 보충	
	빌 지	고임 확인	빌지 제거, 점검보완	
	댐 퍼	작동 확인	AUTO · OPEN 상태 유지	
조타실	연료유	유량 확인	부족 시 보충	
	레 버	제어 확인	중립 및 작동상태	



## 윤활유 점검



우현 주기관 윤활유



좌현 주기관 윤활유



발전기 윤활유1



발전기 윤활유2

- 엔진의 온도가 올라가 있다면 15분 정도 이후 오일 양 점검
- 측정 바를 한번 빼내어 마른걸레로 닦고,
- 다시 한번 측정 바를 엔진에 완전히 넣었다 빼어 찍힌 엔진 오일 양 확인
- MAX 와 MIN 사이에 엔진오일이 항상 있어야 함
- 양이 많거나(MAX이상) 적다면(MIN이하) 엔진에 손상을 줄 수 있음
- 양이 부족 시 엔진 상단에 있는 오일 캡을 열고 규정 된 윤활유를 보충
- 윤활유가 현저히 줄었거나 색이 변질 되었을 시 내부 오일 계통 확인
- PMS, 정비시간표에 따라 윤활유 교체 (운전 시간 : 200시간)
- 기타 사항은 정비점검표(PMS) 및 회사 매뉴얼을 참고

## 워터제트 점검 (이물질 유무 점검)



선미커버 개방



워터제트실 커버개방





선미 이물질 육안 확인1



선미 이물질 육안 확인2

- 운항 중 소음 및 진동이 발생하며 출력저하가 의심되면 위와 같이 점검  
※ 운항 중이라면 반드시 엔진을 정지한 상태에서 실시 할 것
- 해조류 및 어패류 등이 많은 곳에서 운항한다면 해수라인 자주 점검 할 것
- 워터제트를 소제하지 않으면 엔진컨디션의 무리가 갈 수 있다
- 기타 사항은 정비점검표(PMS) 및 회사 매뉴얼을 참고

### 해수 스트레이너 점검



주기관 해수밸브 스트레이너



발전기 해수 입구



발전기 해수 스트레이너

- 해수필터를 청소하지 않으면 엔진냉각 순환이 불량해져 과열의 원인이 됨  
※ 운항 중이라면 반드시 엔진을 정지한 상태에서 실시 할 것
- 해조류 및 어패류 등이 많은 곳에서 운항한다면 해수라인 자주 점검 할 것
- 해수필터를 개방하여 이물질 여부를 확인하고 소제하여야 한다
- 해수필터를 소제 후 다시 역 방향으로 재조립 한다
- 시동 후 점검
  - 해수 배출 상태, 청수 온도(계이지) 확인, 해수필터 내 이물질 부착 상태 확인
- 기타 사항은 정비점검표(PMS) 및 회사 매뉴얼을 참고



## 냉각수 점검



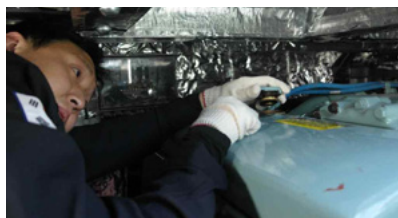
발전기 커버개방



발전기 냉각수 캡



냉각수량 확인



주기관 냉각수 캡

- 냉각수 수위가 보이지 않으므로 냉각수가 손가락에 묻는지로 확인
- 손가락으로 냉각수가 묻지 않을 시 캡을 열고 보충
  - ※ (시동주의) 엔진을 정지하고 엔진이 완전히 식은 이후에 확인 할 것
  - ※ (화상주의) 냉각수 온도가 60℃ 이상인 경우 캡을 열지 않는다
- 냉각수는 규정된 부동액 40%와 물 60% 혼합 되어진 냉각수를 사용
  - ※ 부동액 농도가 60% 이상 시 과열 및 과냉각효과 가져올 수 있으니 주의
- 냉각수가 현저히 줄었을 경우 내부 냉각수계통을 확인 한다

## 유압유(감속기·워터제트) 점검



좌, 우 감속기 유압유 확인



좌, 우 워터제트 유압유 확인

- 작업을 하기 전 반드시 주변이 청결한지 확인 후 점검
- 오일 캡을 개방하고 오일 캡 안쪽 바를 통하여 유량을 확인
- 유압유 부족 시 규정된 유압유를 보충
- 유압유가 현저히 줄어들었다면 반드시 누유 위치를 확인하여 수리
- 기타 사항은 정비점검표(PMS) 및 회사 매뉴얼을 참고



## 배터리 점검



배터리 충전상태 확인



멀티테스터기 (DC 모드) 이용 확인

- 배터리는 엔진 시동과 직결되어 있으므로 관심을 가지고 점검해야 함
- 배터리 상단에 표기 된 글라스 색상을 통하여 배터리 충전상태를 확인  
 ※ 배터리 충전상태 (녹 : 정상, 흑 : 보통, 흰 : 방전)
- 방전 된 배터리는 충·방전반으로 충전(DC 24V)한다.
- 멀티테스터기(DC 모드)를 이용하여 배터리 전압+(적색), -(흑색)을 확인 할 수 있음  
 ※ 정상 전압 수치 : DC 24V
- 함정 고유의 진동으로 인해 단자가 풀릴 수 있으므로 조임 상태를 수시로 확인
- 기타 사항은 정비점검표(PMS) 및 회사 매뉴얼을 참고

## 빌지(선저폐수) 점검



기관실 바닥 빌지 확인



조타실 빌지 알람 및 자동배출 스위치

- 기관실 바닥의 빌지(선저폐수) 고임상태를 확인 한다
- 빌지(선저폐수)가 평소보다 늘었다면 선체 파공, 파열부위가 있는지 점검
- 파이프라인 등 장비계통 내 누수, 누유가 있는지 검사하고 이상 시 조치



## 연료유 확인



우현 연료유 수급라인 주입구



조타실 연료유 게이지 (%)

- 연료유게이지를 확인하고 부족 시 보충

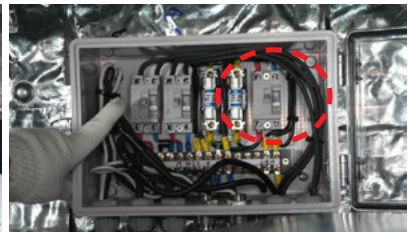
※ 연료유 수급 전 정확한 양을 측정한 후 수급 할 것, 오버플로우 되지 않도록 주의

- 조타실 연료유 게이지는 %로 표시된다. (총 탱크량(2,000 l))
- 연료유 게이지가 80%이상, 20% 미만일 경우 알람이 울린다.

## 양현 워터제트 스위치 ON



좌현 스위치 ON



우현 스위치 ON

- 양현 스위치 박스에서 3번째 스위치(○ 부분)를 올린다.

## 댐퍼(Damper) 작동 확인

- 비상상황시를 제외하고 DAMPER PANEL상의 ROTARY SWITCH는 항상 AUTO(자동) 상태임을 확인 할 것

※ '17년 건조 신형 연안구조정의 경우, 조타실 인디케이터 상으로 확인이 가능함



① 댐퍼 (중갑판 좌우 2개)



② 자동모드





③ 수동(열림)모드



④ 수동(닫힘)모드

- ① 기관실 자연통풍기 역할
- ② AUTO : 함정 전복 시 해수가 유입되는 것을 차단 (자동 닫힘)
- ③ MANUAL OPEN : 수동 열림 모드로 항상 열림 상태 유지
- ④ MANUAL CLOSE : 수동 닫힘 모드로 항상 닫힘 상태 유지

#### 관련 사고 사례

'17. 9. 30. 09:53경 여수 녹동항 앞에서 완도파출소 연안구조정('16년 배치) 이 상가수리 후 복귀 중 원인미상으로 댐퍼가 닫힘. 조타실 밀폐에 따른 승조원 호흡 곤란으로 정내 배치 된 손망치 이용 유리창을 깨다가 유리파편에 경찰관 부상

\* 사고경위, 사고원인 등에 대해 본청 사고조사위원회 조사중

## 신형 연안구조정 시동단계 점검

### 발전기 시동



①기관실 발전기 스위치



②조타실 발전기 시동 스위치



③함전 전환 스위치

- ①② 기관실 또는 조타실에서 발전기 스위치를 약 3~5초간 눌러 시동을 켜다.

※ 기관실 또는 조타실에서 시동/정지 가능 (선택)

- ③ 조타실 내 발전기/육전 전환스위치를 좌→우로 전환한다.



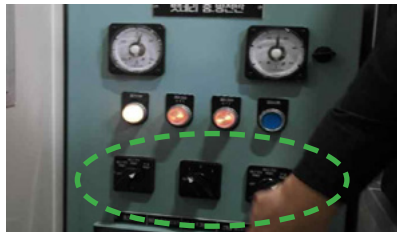
## 선내 배전반



① 선내 배전반



② AC 220V



③ 배터리 충·방전반



④ 선내 DC라인

- ① 선내 배전반 좌측 1열은 AC 220V라인(적색램프), 2,3열은 DC라인(녹색램프)이다.
- ② AC 220V 라인에 있는 배터리 충전기 부분을 올려 충·방전반 전원을 공급한다.
- ③ 충·방전반 최 하단에서 충전할 부분을 선택 후 스위치를 올린다.  
※ 상단 표시부분은 녹색원에서 선택된 부분의 전압 및 전류량을 표시
- ④ 선내 항해·통신장비 선택하여 스위치 ON시킨다.

## 배터리 스위치 ON



스위치 위치



왼쪽부터 좌현,우현 주기관,선내배터리

- 조타실 우측 하단에 배터리 스위치를 돌려 전원을 켜다
- 배터리 스위치는 왼쪽부터 좌현·우현주기·선내전원으로 구성되어 있다
- 스위치 방향은 1(DC 12V), 2(DC 24V), 1&2(직·병렬사용)로 되어있다  
※ 1번 스위치(DC 12V)는 사용하지 않는다.



## 엔진 시동



① 배터리 스위치 ON



② 디스플레이 스위치 ON



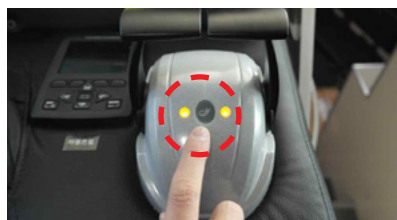
③ 녹색 버튼 시동  
적색 버튼 정지



④ 시동 후 RPM 확인

- ① 엔진을 시동하기 위하여 배터리 스위치를 올린다.
- ② 주기관 정보를 알려주는 디스플레이 스위치를 ON위치에 놓는다.
- ③ 녹색버튼을 약 2~3초간 눌러 시동을 건다.
- ④ 디스플레이 창을 통해 RPM을 비롯한 주기관 정보를 확인 한다.

## 중립



① 속도조절레버 모드



② 중립 표시



③ 중립이 아닌 경우



④ NOTZE 표시



- ① 속도조절레버 모드임을 점등으로 표시해 준다.
- ②③ 컨트롤러(마우스) 비상조타 모드로 전환하기 위해서는 레버를 중립으로 조정해야 한다.  
\* 레버를 중립위치에 놓으면 액정에 +표시가 나오고 중립위치에 놓이지 않은 경우 +표시가 나오지 않음
- ④ 중립이 아닐 때 컨트롤러를 전환하려고 할 경우 액정화면에 NOTZE 메시지가 표시된다.

### 축 연결



①기관실 발전기 스위치

②조타실 발전기 시동 스위치

③함전 전환 스위치

- ① 축 연결 버튼을 약 1초간 눌러 축을 연결시킨다.  
※ 축 연결 전 워터제트 내 이물질을 제거하기 위하여 양쪽버튼을 동시에 약 10~15초간 눌러 백 플러싱을 시도할 수 있다. (30초이상 절대 작동금지)
- ② 축 연결 후 액정을 통해 연결 상태를 확인할 수 있다. (원안에 물결무늬)
- ③ 축 연결 해제 시 양쪽 버튼을 약 1초간 다시 누르면 연결이 해제된다. (액정확인)

### 마우스 컨트롤러 기능 및 사용법



컨트롤러(마우스) 작동사진

컨트롤러(마우스) 작동사진



- 컨트롤러 우측에 있는 액정 중앙에 +모양이 나올 때 컨트롤러(마우스) 하단에 있는 버튼을 누르면(그림과 같이 버튼 양쪽 램프가 점등됨) 컨트롤러로 전환된다.

※ +모양이 나오려면 속도조절레버와 컨트롤러 모두 중립에 있어야 함

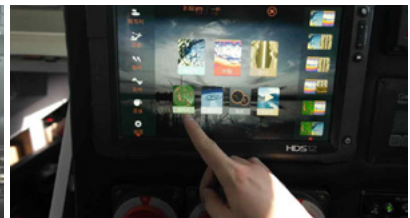
- 마우스 컨트롤러를 이용하여 전후좌우 조정이 가능하며, 구조정 접이안 시 유용하게 사용할 수 있다.

※ 컨트롤러 이용 조정 시 최대출력이 전체의 15%로 유속이 빠르거나 기상이 좋지 않을 경우 이용 효과가 적음

### 레이더 작동법 (정지법 : 전원버튼 길게 누름)



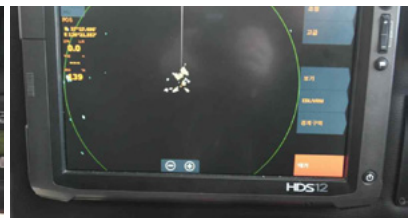
① 전원 버튼을 누른다



② 레이더 모드 선택



③ 대기 → 송신



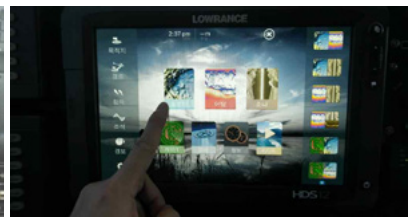
④ 작동완료

\* 전원버튼을 짧게 한번 누르면 밝기조정 및 야간모드 선택가능

### 플로터 작동법(정지법 : 전원버튼 길게 누름)



① 속도조절레버 모드



② 중립 표시





③ 대기 → 송신



④ 작동완료

\* 전원버튼을 짧게 한번 누르면 밝기조정 및 야간모드 선택가능

## 험프리 인터셉터 시스템



시스템 전원 ON, OFF



시스템 수동 모드

### 〈주요 기능〉

- ① **AUTO TRIM** : 자동트림 제어모드로 최적의 트림환경(선박의 종경사(피칭) 감소)으로 자동조절 한다.
- ② **AUTO LIST** : 함정이 10kts 이상으로 운항 시 자동으로 횡경사(롤링)를 감소시켜 준다.
- ③ **코디네이트 턴** : 함정 급선회 시 선체 동요를 자동으로 감소시킨다.
- ④ **액티브라이드 컨트롤** : 선체의 트림(종경사)과 리스트(횡경사) 각도를 주행에 최적화 시켜 주행성능을 향상시킨다.

## AIS 작동법(정지법 : 전원버튼 길게 누름)



① 전원을 길게 누른다.



② 전원을 켜후 ESC버튼 누른다.



③ 위치 확대, 축소 다이얼



## 비상조타



① 중립상태 표시



② 비상타 전환버튼



③ 레버조작(전진)



④ 레버조작(후진)

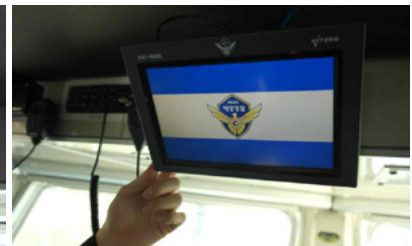
- ① 비상타로 전환하기 전 중립상태 (+표시 확인)를 유지한다.
- ② 우측 상단 빨간색 버튼을 누르면 빨간램프가 점등되고 액정에 BACK UP 표시가 되며 비상타로 전환된다. (알람이 울린다. 버튼 → 알람제거기능)
- ③④ 조이스틱 이용, 전·후 좌·우 조정, 전·후진은 속도고정이 가능하다.  
(화살표 눈금으로 속도가 표시된다.)

## 선내 각종 장비

### CCTV, V-PASS 시스템, VHF, 경광등/엠프

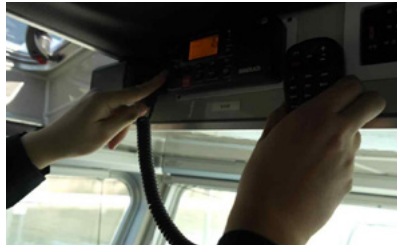


CCTV (선내 4대 설치)



V-PASS 시스템





VHF통신장비



경광등/엠프

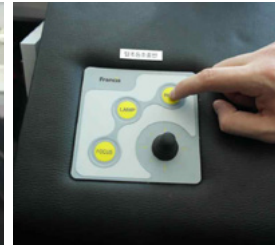
### 열선, 와이퍼, 탐조등 조종반



① 조타실 유리 열선 조종반



② 전면유리 와이퍼 조종반



③ 탐조등 조종반 작동순서

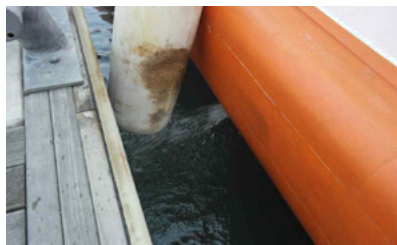
① 적색버튼으로 열선조종반 전원공급, 녹색버튼으로 열선 온도를 조절

② 와이퍼 작동버튼(좌측 : SLOW / 우측 : FAST), 하단 녹색버튼으로 워셔액을 뿌린다. ※ 워셔액 보충 → 선내 냉장고 옆 보관통

③ 번호순으로 탐조등을 작동

### 시동 후 점검사항

#### 냉각수 배출여부(주기관, 발전기)



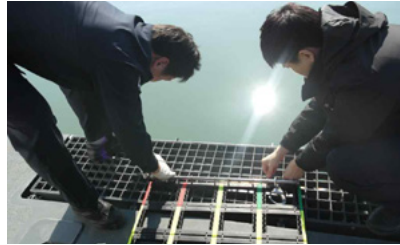
① 발전기 시동 후 좌현선미 냉각수 배출확인



② 주기관 시동 후 냉각수 및 배기 배출확인



## 인명구조 장비(제이슨 크래들)



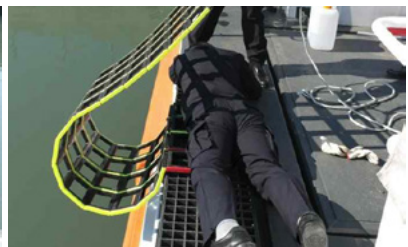
① 제이슨 크래들 설치모습



② 제이슨 크래들 설치완성



③ 장비이용 현측 인명구조



④ 장비이용 현측 인명구조

① 인명구조장비(제이슨크래들)를 선미쪽 양현측에 설치한다.

※ 플레이트를 설치한 상태에서 안쪽으로 설치하면 요구조자를 안전하게  
갑판상으로 올릴 수 있다.

② 장비의 끝단에 안전 인양줄을 연결하여 사진과 같이 내린다.

③④ 익수자를 제이슨 크래들 정중앙에 위치하도록 하여 끌어 올린다.

※ (설치 시 주의사항) 완전히 접하지 않는 부분이 위를 향하도록 설치

☆ '17년 건조 신형 연안구조정의 경우, 제이슨 크래들 타입(그물) 및 설치 위치 상  
이하니, 장비 작동 방법 및 작동상 유의점 위주 교육 실시



## 불 입

## 신형 연안구조정 안전점검 체크리스트

### □ 출항 전 점검

○ 점검 일시 : 20 . . . : ~ :

○ 점검 사항

점 검 사 항		점검 결과		
		양 호	불 량	비 고
기관실	• 윤활유 유량 및 변색 여부 확인			
	• 워터제트, 해수스트레이너 이물질 확인			
	• 냉각수 수위 확인			
	• 배터리 전압 확인 (정상: ~ )			
	• 유압유 유량확인			
	• 윤활유 적정 유준 유지 및 변색 여부 확인			
	• 빌지량 확인			
	• 댐퍼 작동패널 확인			
조타실	• 연료유 유량 확인			
	• 조종 레버 작동상태 확인			
	• 항해 통신 장비 작동상태 확인			

### □ 입항 후 점검

○ 점검 일시 : 20 . . . : ~ :

○ 점검 사항

점 검 사 항		점검 결과		
		양 호	불 량	비 고
조타실	• 항해·통신 장비 등 작동 종료			
DECK	• 연안구조정 계류색 고박 확인			
기관실	• 육전 연결 적정 여부 확인			

점검자 : (계급)

(성명)

확인자 : (계급)

(성명)



# 고속단정 운용법

## 버라도엔진 사양표



VERADO 200



VERADO 250



VERADO 300

## 버라도엔진 사양표

Specification

모 델	버라도 200마력	버라도 250마력	버라도 300마력
마력 / 출력	200마력 (147Kw)	250마력 (186Kw)	300마력 (221Kw)
최고회전수	5800 - 6400	5800 - 6400	5800 - 6400
기통 / 엔진형태	직렬4기통 16밸브 DOHC	직렬6기통 24밸브 DOHC	직렬6기통 24밸브 DOHC
배기량	1732 cc	2598 cc	2598 cc
실린더내경 / 행정거리	82mm x 82mm	82mm x 82mm	82mm x 82mm
흡입시스템	인터쿨러 수퍼차저 전자조절식 부스터압력		
연료시스템	MEFI (전자제어 멀티포트 연료분사 장치)		
권장연료	옥탄가 87이상의 무연 기술린		
점화시스템	PCM 제어 전자유도 방식		
충전시스템	벨트구동 70 암페어		
시동방식	전동식		
배기시스템	프로펠러 배출방식		
냉각시스템	수냉식 / 써머스탯 & 수압조절밸브		
유회시스템	오일순환		
권장오일	FCW SAE 25W-40		
오일량	6 리터	8 리터	8 리터
엔진제어시스템	스마트크라프트 PCM 07		
엔진조종시스템	DTS (전자식 리모트콘트롤)		
엔진보호시스템	스마트크라프트 엔진보호 시스템		
기어장치	DTS (전자식 리모트콘트롤)		
기어비	2.08 : 1	1.85 : 1	1.85 : 1 (5.44" New Gear)
드라이버샤프트길이	L(508mm), XL(635mm)	L(508mm) XL(635mm) XXL(762mm)	
틸트/트림시스템	디지털 제어 트림 조정		
최대 틸트각	73도	73도	73도
최대 트림각	20도	20도	20도



## 엔진의 구성도 (VERADO 250)



① 파워 헤드 Powerhead  
(엔진동력발생)

② 미드 섹션 Mid section  
(엔진동력전달)

③ 하부 드라이브 Lower Drive  
(엔진출력)

Powerhead Front View—200-300 HP Models



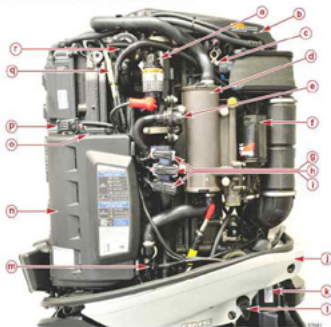
엔진 전면부

Powerhead Aft View—200-300 HP Models



엔진 후면부

Powerhead Starboard View—200-300 HP Models



엔진 우측면

Powerhead Port View—200-300 HP Models



엔진 좌측면

Powerhead Top View—200-300 HP Models



엔진 상단부



## 엔진의 올바른 사용방법

### 1. 엔진 사용 전 점검 사항

- 연료량 점검(KEY ON시 유량 게이지로 확인)
- 연료 벤트 확인(포터블 탱크일 경우)
- 유수 분리기 수분 배출
- 연료 프라이밍
- 엔진 오일량 점검
- 배터리 단자 쥘 상태 점검
- 리모트 컨트롤 레버 중립 상태 확인
- 안전 스위치 ON상태 및 안전 고리끈 확인
- 프로펠러 쥘 상태 점검
- 냉각수 흡입구 막힘 상태 확인
- 엔진 주위 이물질 상태 확인
- 배터리 스위치를 ON 한다
- 파워 트림 작동 상태 및 위치 점검 (완전히 내림)
- 엔진 고정 상태 및 움직임 부분 쥘 상태 점검
- 엔진 톱 카울 닫힘 상태 확인
- 선체 내(부력탱크) 해수 또는 빌지 배출

### 2. 엔진 시동 후 점검사항

- 냉각수 검수구의 냉각수 배출 확인
- 엔진 소음 상태 확인
- 각종 게이지 작동 상태 확인
- 엔진 주위의 누유 및 누수 부위 확인
- 조타 시스템 작동 상태 확인
- 리모트 컨트롤 작동 상태 확인
- 엔진 워밍은 3~7분 정도로 날씨에 따라 적절히 조절 한다.
- 탑승자 착석 확인
- 선체 로프(정박끈) 정위치 확인

### 3. 엔진 사용시 주의 사항

- 운전하기 전 안전 고리끈을 운전자의 몸에 연결한다
- 전·후진 기어 투입시 정확한 위치까지 신속하게 한다
- 전·후진 기어 투입은 최저 RPM으로 떨어진 상태에서 한다
- 엔진 RPM은 단계적으로 상승 시킨다. (약 500~1,000정도)
- 단정 부상시점을 가급적 빨리 벗어나도록 한다 (엔진 과부하를 줄인다)



- 높은 RPM에서 선회시 반드시 RPM을 약간 줄인다 (엔진 공회전, 과부하 등 방지)
- 높은 RPM에서 점핑시 반드시 RPM을 줄인다
- 각종 게이지 작동 상태 및 정상 상태를 주시 한다.
- 운전중 부저음 발생시 RPM을 줄이고, 무리한 사용을 금하며 가능한 빨리 이상 확인(필요에 따라 전문 수리업체 연락)
- 엔진 RPM을 단계적으로 내린다. (약500~1,000정도)
- 과적재(과부하)시 최고 RPM을 줄여서 사용한다.
- 다른 선박을 견인하지 않도록 한다. (부득이한 경우 최저 RPM으로 사용)

#### 4. 엔진 사용 후 점검 사항

- 해수 및 오수에 사용 후 청수로 플러싱 한다. (약 5분~10분)
- 엔진 외부의 해수 접촉 부위를 청수로 씻는다. (엔진 정지 상태)
- 프로펠러의 손상 상태 및 줌 상태를 확인한다.
- 파워 트림을 필요한 위치로 하다.
- 배터리 스위치를 OFF한다.
- 연료 및 오일 상태는 사용 전 미리 점검 및 보충한다.

## 엔진 작동 원리

- 엔진 시동키를 RUN 위치에 두면, 배터리 전압은 퍼플(보라색)전선을 통하여 PCM에 전원을 공급하고 레드/퍼플(빨강/보라) 전선을 통해 메인파워 릴레이에 전원을 공급한다.
- PCM이 RUN신호를 받음으로서 PCM내부의 메인파워 릴레이회로 전체가 그라운드된다.
- 아주 짧은 시간동안 시동을 위해 연료펌프에 전기가 공급된다.
- 스타트 모타로 엔진을 크랭크하면, PCM은 크랭크 포지션 센서(CPS)로부터 작동신호를 받고 엔진작동을 위해 PCM에 있는 메인 릴레이회로가 그라운드 된다.
- 메인 릴레이가 닫히면 배터리/충전시스템으로부터 나오는 DC전류는 20A 메인퓨즈를 통해 +전기가 모든 점화코일의 1차 접점에 전달된다.
- 점화코일의 1차 -접점들은 코일내부 드라이브를 통해 엔진 그라운드에 연결된다.



- 이것들은 PCM에 의해 트리그(조정)된다.
- 코일드라이브가 닫히면 전자석이 점화코일 내에서 전류가 형성되는 것을 허용한다.
- 프라이 휠이 회전함에 따라, CPS센서는 프라이 휠에 있는 54개 톱니의 위치와 트리그의 신호 정보를 PCM에 공급한다.
- PCM은 CPS의 정보를 이용하여 언제 각각의 점화코일의 드라이브로부터 트리거 신호를 제거해야 할지를 결정한다.
- 코일드라이브가 코일의 1차 그라운드회로를 열었을 때 코일내의 전자석이 빨리 약해져 2차 코일접점에 전달하도록 허용한다.
- 이로서 고전압(40,000 VOLTS)이 유도되어 스파크 플러그에서 점화되도록 한다.

## 엔진 손상을 초래하는 중요 요인

### 1. 잘못된 엔진 길들이기

- 새 엔진 길들이기 방법에 따라 정해진 시간 동안 적절한 길들이기를 시행하지 않고 엔진을 사용 하였을때 발생하는 기계 작동부의 불규칙적인 마모에 의한 손상.

### 2. 엔진 진동에 의한 손상

- 엔진 오버 로드(과 부하)에 의한 엔진 출력 저하 및 RPM이 떨어져 단정의 부상력이 떨어지고 진동이 발생 됨.
- 1,2기통 연소 상태 불량으로 인한 부적합한 RPM에 의한 진동.
- 부적절한 연료 공급에 의한 RPM 헌팅이 발생됨으로서 불안정한 상태.
- 추진기 측의 손상(프로펠러 및 기어 구동장치)에 의한 엔진에 전달되는 진동.
- 과격한 운전 습관(높은 RPM에서 회전,점핑 및 OVER RPM).
- 기계적인 내 마모성에 의한 진동.

### 3. 냉각수 부족으로 OVER HEATING에 의한 손상

- 냉각수 부족으로 OVER HEATING이 되면 윤활유의 점도가 떨어져 윤활 부족 현상이 생김으로 피스톤 작동부 및 각 베어링 부의 소손 및 마모에 영향을 준다.



#### 4. 부 적절한 연료 사용

- 사용되는 연료에 과다한 수분 함유 및 불순물에 의한 필터의 오손으로 연료 공급이 원활하지 못할 경우 엔진 출력 저하 및 불완전한 연소 상태가 계속 진행됨으로서 카본 축적 및 피스톤을 손상케 하는 원인이 되고 기계 작동부에는 윤활 부족 현상을 초래하게 한다.

#### 5. 부적합한 오일 사용

- 나쁜 오일의 사용은 기계 작동부의 부 적합한 윤활로 마멸 또는 소손을 빨리 초래하게 한다.

#### 6. 나쁜 스파크 플러그 상태

- 카본이 많이 축적된 스파크 플러그는 프리 이그니션 현상을 발생 시키고, 많이 닳은 스파크 플러그는 불완전한 연소로 출력이 저하되고, 연소실에 카본 축적이 많이 되면 압축비가 상승되는 요인이 된다.

#### 7. OVER LOAD(과부하)에 의한 손상

- 피스톤 및 기계 작동부의 치명적인 사고를 유발 시키는 원인이 된다.
  - 선체 무게 증가에 의한 출력 저하 및 RPM 저하.
  - 부 적합한 프로펠러 피치 선정.
  - 선저에 해양 생성물 및 이물질 부착 상태.
  - 과도한 화물 및 승선으로 엔진 RPM 저하.
  - 다른 배를 견인하는 경우.
  - TWIN 단정에서 ONE 엔진 사용시 (중속 이상 사용시 OVER LOAD 됨.) (ONE 엔진 사용시 저속에서 운항토록 하여야 한다.)

#### 8. 기타

- 엔진 각종 센서 불량.
- 엔진 설치시 기본 셋팅이 잘못 되었을때.
- 순정품 이외의 엔진 부속 및 오일을 사용 하였을때.



## 20시간 엔진 길들이기

새 엔진 길들이기는 기본 4시간은 반드시 지켜야하며 가능한 한 최대 20시간까지 할수록 좋습니다.

### 엔진 길들이기 절차

#### ① 첫번째 1 시간

엔진을 30 ~ 60초 동안 따뜻하게 워밍한다.

- 10분 이상 아이들 상태에서 운전하는 것을 피하세요.
- 스로틀의 3/4 범위(부상시점 후), 즉 4,000~5,500 RPM 이상을 넘지 않도록 하고 대부분의 운전을 이 범위 내에서 하도록 하세요.
- 엔진 속력(스피드) 변화는 대략 2분마다 변경하도록 하세요.
- 운전하는 동안에 트림 위치를 수직 이상으로 조절하지 마세요.
- 1시간 길들이기 후 10초 동안의 풀 스로틀에서 잠깐 운전하는 것은 가능합니다.
- 오일은 퀵 실버 VERADO용 아웃보드 오일을 반드시 사용하세요.

#### ② 다음 3 시간

- 상기와 같은 방법으로 하고 단, 엔진 속력 변화를 매 10분마다 변경하세요.

#### ※ 주의 사항

- 부적절한 트림각으로 엔진을 조절하여 운전하는 것은 속력에 지장을 초래함
- 상기와 같이 엔진 길들이기 방법 및 절차를 반드시 준수하여 주시길 바라며 엔진 길들이기 기간 및 그 이후에도 항상 Quicksilver VERADO용 outboard 오일을 꼭 사용하여 주시기 바랍니다.

위와 같은 방법으로 엔진 길들이기 및 순정품 오일을 사용하지 않아 발생하는 불미스러운 사고에 대하여는 MAKER로부터 하자 보증을 받을 수 없으며 또한 본사로서도 특별한 해결책이 없음을 알려 드리오니 필히 상기 내역을 충분히 양지 하시어 안전한 엔진 운전이 될 수 있도록 당부 말씀 드립니다.

## 엔진 보호시스템

- 가디안보호시스템은 위험한 상태로 엔진이 작동될 때 운전자에게 경고하고 엔진작동을 유지하기 위해 엔진파워를 정도에 따라 감소시킨다.
- 가디안시스템은 파워헤드가 손상을 입었을 때 그것에 상응하는 작동이 되지 않았다고 해서 하자보증을 받을 수 없다.



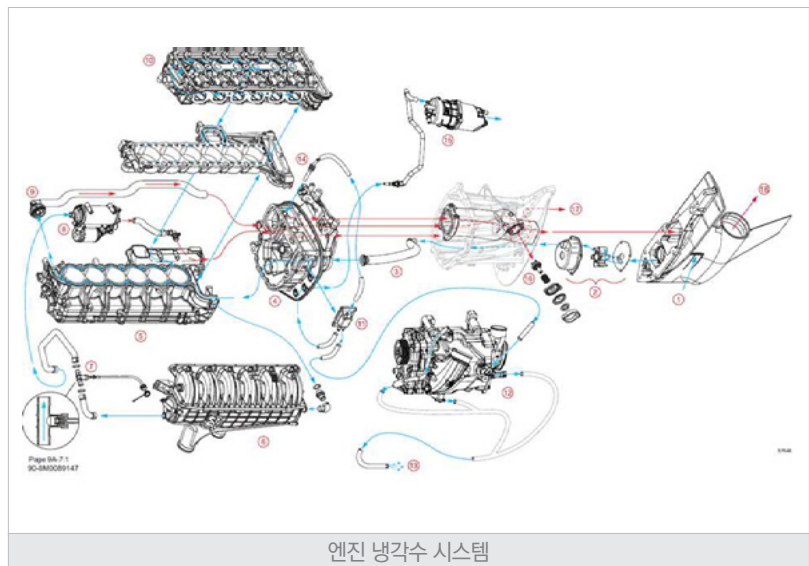
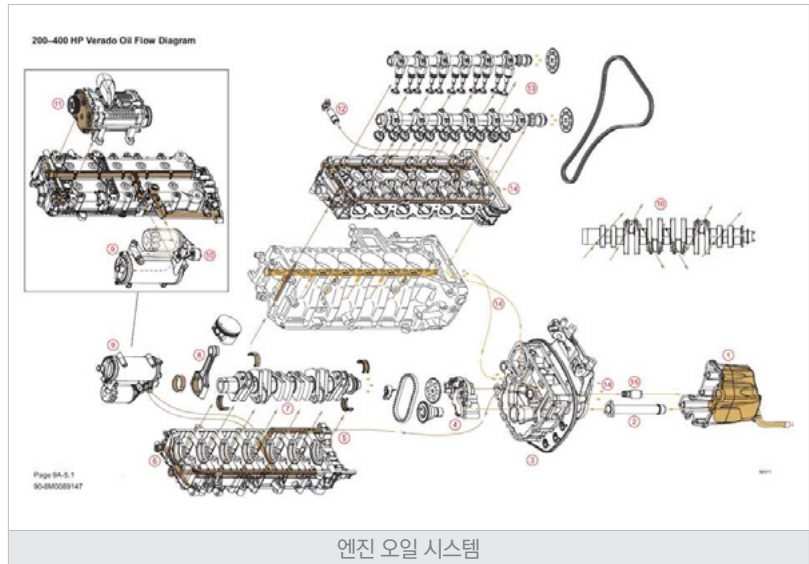
- 가디언시스템은 보트 운전자에게 엔진이 악 조건하에서 운항되고 있다는 것을 경고하고 최고 RPM을 제한함으로써 엔진파워를 줄여 엔진이 파손될 가능성을 피하거나 줄이도록 설계되어 있다.

### 가디언시스템 작동

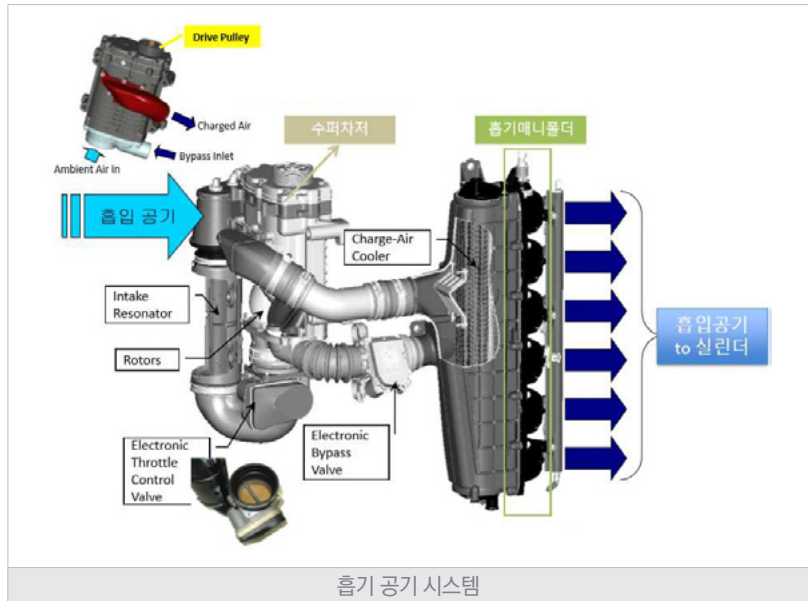
기능	경고음	작 동
냉각시스템 보호	연속음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가디언시스템이 작동한다.</li> <li>- 엔진파워는 과열정도에 따라서 제한한다.</li> <li>- 기어를 중립으로 변속하고 냉각수 점검구에서 계속적으로 냉각수가 나오는지 확인한다.</li> <li>- 만약 검수구에서 물이 나오지 않거나 약하게 나오면, 엔진을 끄고 냉각수 흡입측이 막혔는지 확인하십시오.</li> <li>- 엔진의 고속주행을 위해서는 반드시 RESET 시켜야한다.</li> <li>- 스로틀 레버를 아이들로 두면 시스템이 RESET된다</li> </ul>
엔진오일이 아주 적을 때 (CRITICALLY)	연속음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가디언시스템이 작동한다.</li> <li>- 엔진파워를 제한함으로써 엔진 스피드를 제한한다.</li> <li>- 엔진오일 챔버의 오일양 부족시 부저음 발생과 엔진 출력을 제한한다</li> <li>- 엔진오일을 장기간 교환하지 않으면 오일이 소모된다</li> </ul>
오일펌프 고장시	연속음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가디언시스템이 작동한다.</li> <li>- 엔진파워를 제한함으로써 엔진 스피드를 제한한다.</li> <li>- 오일펌프의 파손이나 기타 사유로 고장시 오일 압력이 낮아지면서 오일 압력 저하로 부저음이 발생된다.</li> <li>- 엔진은 엔진오일 부족으로 윤활이 안 된다.</li> </ul>
엔진과속 (OVER RPM)	연속음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 허용된 최대RPM을 초과 할 때 마다 경고음이 운다.</li> <li>- 이 시스템은 허용된 범위내로 엔진 스피드를 제한한다.</li> <li>- 만약 계속적으로 OVERSPEED 상태이면 엔진 가디언 시스템이 엔진파워를 줄일 것이다.</li> <li>- 엔진에서 부저음이 발생되면서 동시에 출력을 제어시키게 되며 이때는 R/C 레버를 아이들 상태로 위치한 후 OVER RPM이 되지 않도록 사용한다.</li> <li>- 부적절한 프로펠러 피치, 엔진거치 높이, 잘못된 트림각 사용 및 파고가 높을 때 엔진의 고속주행, 또는 프로펠러나 부싱의 파손으로 인해 OVER RPM이 발생한다.</li> </ul>
센서고장	연속음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가디언시스템이 작동한다.</li> <li>- 파워를 제한함으로써 일정 출력이하로 제어시킨다.</li> </ul>
	간헐적 경고음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가디언시스템이 작동한다.</li> <li>- 파워를 제한함으로써 일정 출력이하로 제어시킨다.</li> </ul>



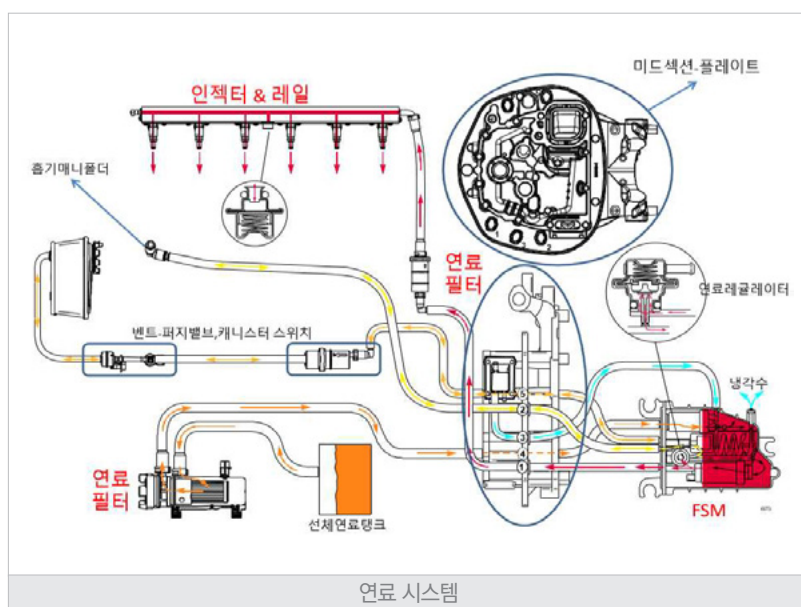
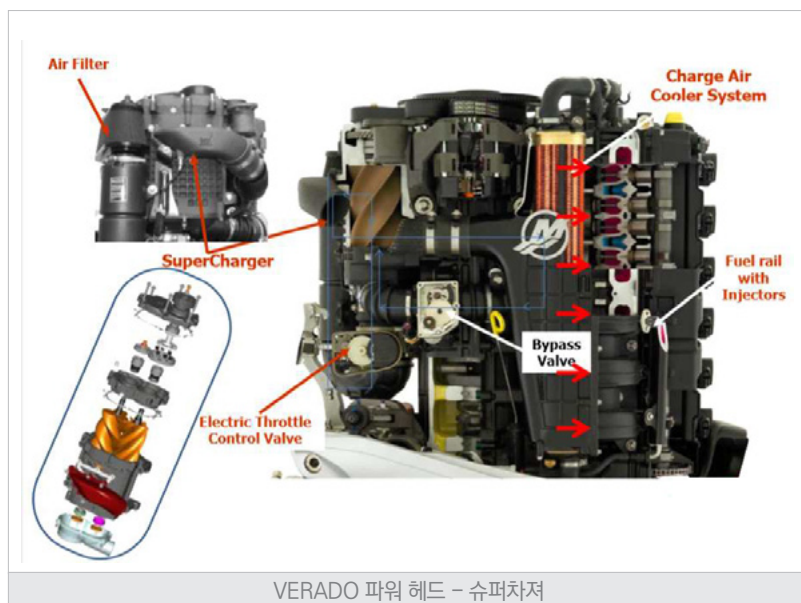
## 엔진(오일, 냉각수) 시스템, 흡입 공기 시스템





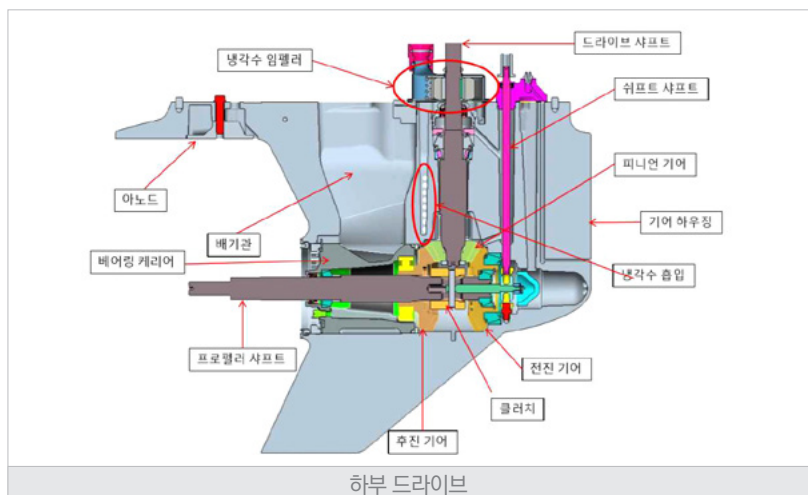
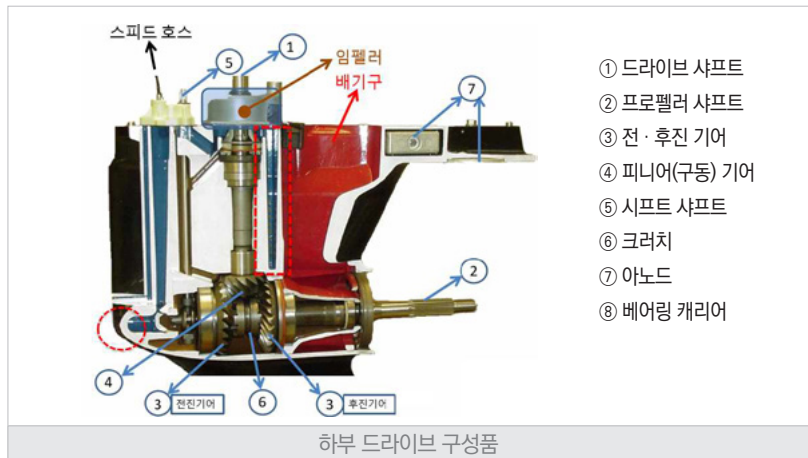
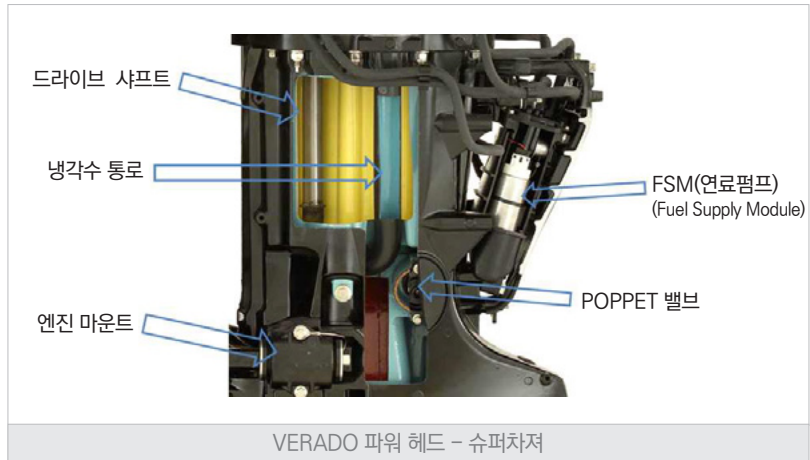








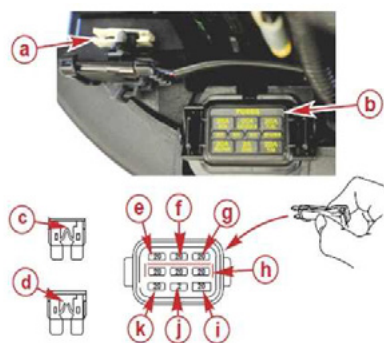
## Mid section (미드섹션) 단면도







## Powerhead Electrical System



### 퓨즈 (20암페어 퓨즈)

- ㉑ 퓨즈 집게( 퓨즈 뽑을 때 사용)
- ㉒ 퓨즈 홀더 (퓨즈 덮개)
- ㉓ 상태 양호 퓨즈
- ㉔ 끊어진 퓨즈
- ㉕ 전기 콘트롤 모듈과 퍼지 밸브 퓨즈
- ㉖ 점화 코일 퓨즈 / ㉗ 연료 공급 퓨즈
- ㉘ 예비 퓨즈 / ㉙ 추력 벡터 모듈 퓨즈
- ㉚ 진단 단말기 퓨즈 (2 Amp)
- ㉛ 인젝터 파워와 부스트 밸브 퓨즈

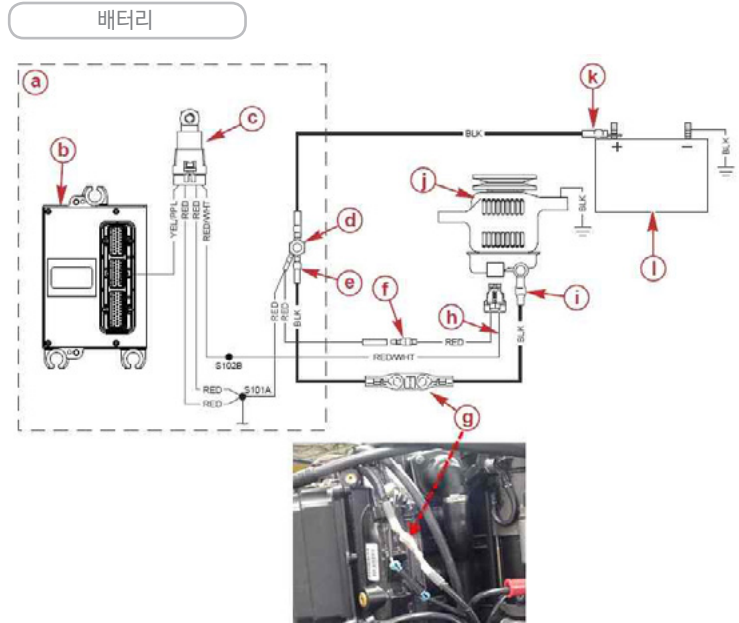
### 【퓨즈】

머큐리 베라도의 회로는 퓨즈가 장착되어 있어서 전기적 과부하로부터 보호됩니다.

퓨즈가 녹을 경우 그 원인을 찾아 해결해야하며 원인 해결하지 않으면 또 다시 나갈 것입니다.

- ① 퓨즈박스 카버를 제거하십시오. 퓨즈홀드는 엔진의 오른쪽에 있습니다.
- ② 퓨즈홀드의 플라스틱 커버를 벗기십시오
- ③ 퓨즈 홀드에서 퓨즈를 꺼내십시오
- ④ 의심되는 퓨즈를 뽑아내서 만약 은색으로 표시된 밴드가 끊겨있다면 그 퓨즈를 제거 하십시오
- ⑤ 같은 암페어의 새로운 퓨즈로 교체





### 【배터리 점검】

엔진의 시동이 잘 작동되게 하려면 배터리를 정기적으로 점검해야 합니다.

**주의 :** 배터리와 함께 제공되는 배터리의 제조사의 안전 및 유지보수에 관한 설명서를 읽어보십시오.

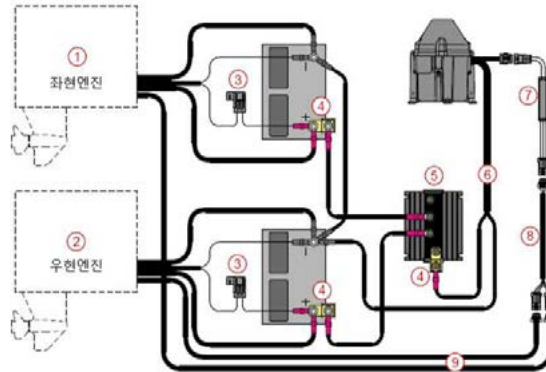
- ① 배터리를 점검하기 전에 엔진 off
- ② 필요하면 배터리 액을 보충
- ③ 배터리를 움직여도 되는지 확인
- ④ 배터리 케이블 터미널은 깨끗하고 단단하며 플러스는 플러스에 마이너스는 마이너스 정확하게 장착
- ⑤ 배터리터미널에 쇼트를 방지하기 위해 배터리는 절연체의 차폐물과 함께 창작

※ 멀티 테스트 사용법 숙지

- 시동 전 12V ~ 13V
- 시동 후 12V이상, RPM 2000 상승 후 (13V ~ 15V)

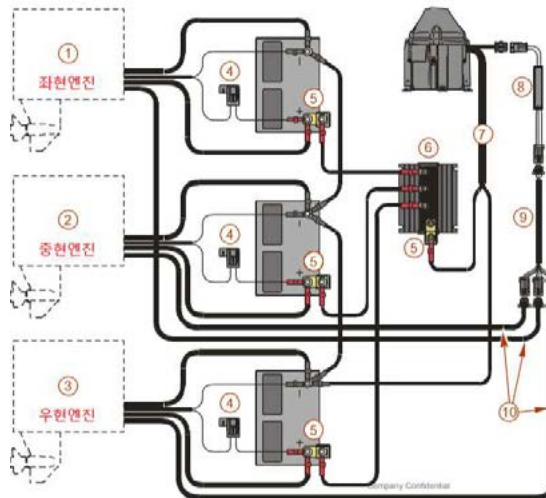


## 엔진파워 스티어링 펌프



### DUAL ENGINE

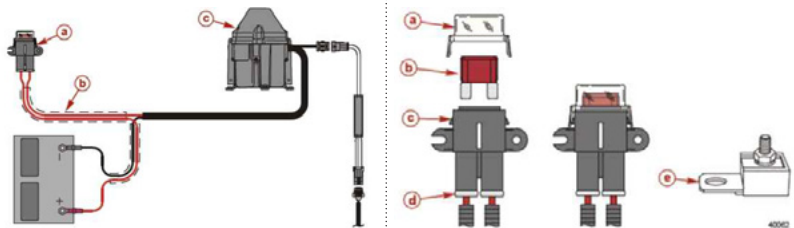
- ③ 클린 파워하네스  
-퓨즈(20amp)
- ④ 배터리(+) 퓨즈
- ⑤ APS(오토파워스위치)
- ⑥ P/S펌프 전원
- ⑦ 드라이브 모듈
- ⑧ P/S 신호선  
-Y하네스
- ⑨ P/S 신호선



### TRIPLE ENGINE

- ④ 클린 파워하네스  
-퓨즈(20amp)
- ⑤ 배터리(+) 퓨즈
- ⑥ APS(오토파워스위치)
- ⑦ P/S펌프 전원
- ⑧ 드라이브 모듈
- ⑨ P/S 신호선  
-Y하네스
- ⑩ P/S 신호선

## 엔진파워 스티어링 펌프 - 퓨즈



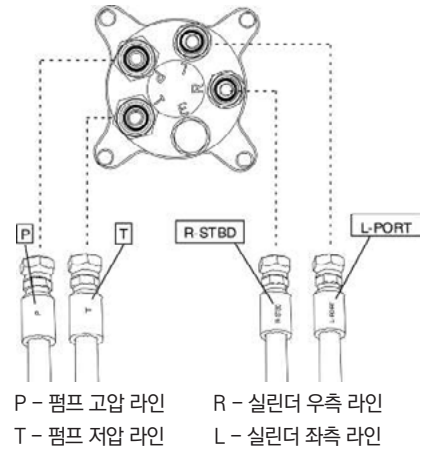
① 퓨즈 ② (+)케이블 ③ P/S Pump

① 덮개 ② 퓨즈(50Amp) ③ 본체 ④ 케이블

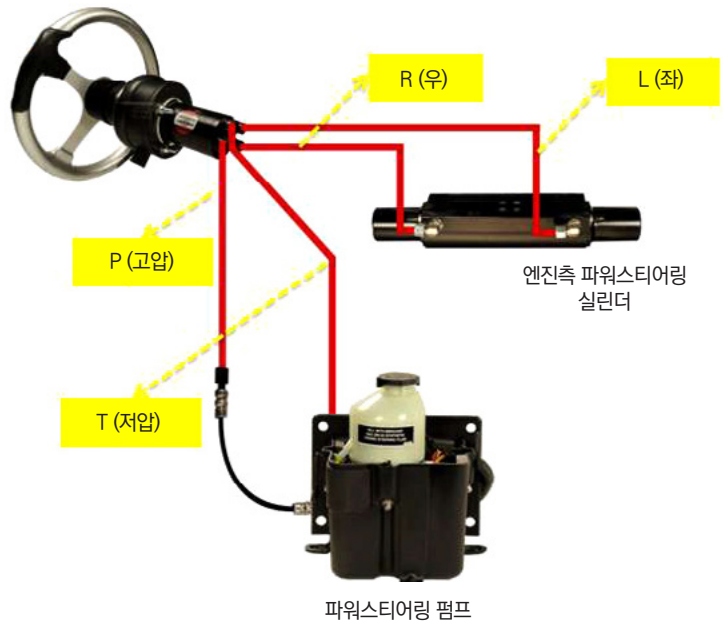


## 파워 스티어링 시스템 (Power Steering System)

파워 스티어링 펌프



WHEEL(HELM)





## 스마트 게이지 SC1000 운용법 (L6, L4 VERADO 엔진)



1. MODE 버튼의 사용만으로 디지털 표시창의 여러 데이터를 확인할 수 있음.
2. 아날로그 창은 엔진 회전수(숫자X1000rpm 단위)이며, 디지털 화면에는 엔진 기본적인 데이터 값이 나타남.

### 3. 엔진 데이터

#### 가. TRIM (엔진의 높이를 숫자화 함)

- 0.0	엔진의 트림 위치(높이)가 최저 상태임
- 0.0 ~ 10.0	엔진의 프로펠러가 물 속에 잠겨져 있는 상태로 운행이 가능한 트림 위치
- 10.0 ~ 25.0	엔진의 프로펠러가 물 밖으로 나온 상태로 운행이 불가능한 트림 위치

#### 나. RPM(엔진의 회전수)

Idle RPM	Max RPM
L4 : 650 +/- 25RPM	L4 : 5800 ~ 6400RPM
L6 : 550 +/- 25RPM	L6 : 5800 ~ 6400RPM

#### 다. 엔진온도(기준-F)

- 엔진 블록 내부의 냉각수 온도를 표시함.
- 서머스탯 개폐 온도가 144도 이므로 워밍 후 150도 정도 유지함.
- 최고 180F 이상시 오버 히팅 부저음 발생되고 가디언(엔진보호시스템) 작동됨.

#### 라. 엔진 냉각수 압력(psi 단위 기준)

- 엔진으로 공급되는 냉각수의 압력을 나타냄.
- 아이들 상태에서 1.0psi 이상일 때 정상 상태, 이하일때 냉각계통 점검 필요



요함.

- 최고 rpm 시에는 약 20 psi 이상이어야 최적의 상태임.

#### 마. 엔진오일 압력 (psi 단의 기준)

- 엔진 블록 내부의 오일 압력을 나타냄
- 엔진 오일 압력은 Idle시 최저 10psi 이상이 되어야 하며, RPM상승시 비례적으로 상승됨.
- 100시간 기준으로 엔진 오일 및 필터 교체가 필요함.

#### 바. 엔진 오일 온도 (기준-F)

- 엔진 오일의 온도 나타냄.
- 엔진오일 써머스텝 개폐온도가 221도F 이며, 온도적인 문제 발생시 부저음이 발생되고, 가디언(엔진보호시스템)이 작동됨.

#### 사. 배터리 Volts

- 배터리는 DC 12Volts 를 사용함.
- 시동전 12~13Volts, 시동후 13~15Volts를 정상 상태로 보며, 엔진 충전 시스템은 일반적으로 2000rpm 이상에서 정상적인 충전이 일어난다.
- 2000rpm 이상에서 배터리 전압이 13v 이하일 경우 충전장치에 문제가 있다 할 수 있음

#### 아. 엔진 사용 시간 (Hour)

- 키 ON 및 시동후 계속적인 카운터가 되며, 소수점 아래는 6분, 소수점 위는 시간 단위로 읽어짐.
- 엔진의 소모품 교체 및 점검 주기를 확인하기 위해 설정되어 있음.

#### 자. 연료 사용량 (GPH,LPH-시간당 사용량이 갤런, 리터 기준임)

- 게이지상 좌, 우의 두 개의 창이 나타남.
- 좌측 표시 : 현재 rpm 으로 1시간 사용시 소모되는 연료량.
- 우측 표시 : 총 누적된 사용량

- ※ 연료 사용 확인창에서 버튼 중 MODE 와 TROLL(-)동시에 1초간 누르면 총 사용량 0 재 셋팅됨.
- ※ 연료 사용량은 엔진 PCM의 계산상의 수치이므로 엔진에 발생하는 부하 조건 또는 인원수의 증가 및 선체 저항에 따라 달라지므로 정확한 것은 운용자가 사용시 꼭 확인바람



### 【주의사항】

스마트 게이지는 엔진의 형식에 따라 약간의 변동사항이 발생되며, 초기화 및 재 셋팅의 경우에는 메이커 측의 문의가 꼭 필요합니다. 또한 상기 내용은 스마트 게이지의 간략한 기능을 설명하였으며, 자세한 사항은 메이커 측에 언제든지 연락을 한다.

### 스마트 게이지 간단한 에러코드 확인

에 러 코 드	에 러 설 명	조 치 방 법
<b>BATT VOLT LO</b> (LOW BATTERY)	배터리 전압이 낮음	배터리 및 충전시스템을 점검하십시오. 알테네이더 충전불량, 충전선단 단선, 배터리 방전(날씨 및 노후화)
<b>WATER PRESS LO</b> (BLOCK PSI LO)	냉각수압력이 낮음	냉각 계통을 점검하십시오. 임펠러 손상, 냉각수흡입구 막힘, 릴리 프 밸브 상태 불량(이물질 막힘)
<b>RSVR OIL LO</b> (OIL LEVEL ENG. LOW)	엔진 오일양이 적음	엔진 리저버 오일 탱크 및 리모트 오일 탱크의 오일양 적용으로 보충 필요함, 오일 체크 밸브 상태 불량, 오일 호스의 상태 불량
<b>OVERSPEED</b>	엔진 회전수가 높음	엔진 풀 스톱을 범위를 벗어나. 프로펠러및 슐리브의 파손, 선체 점핑으로 인한 공회전, 파도및 바람으로 인한 공회전
<b>BLOCK OVERHEAT</b>	엔진 과열	냉각 계통의 이상으로 인한 엔진 과열 현상, 서모스탯 손상, 임펠러 손상, 냉각수 흡입구 막힘, 트림 გადა 사용, 잦은 점핑으로 냉각수 흡입 불량
<b>WATER IN FUEL</b>	연료 장치에 수분 함유	연료 장치 계통을 점검하십시오. 사용 연료의 불량, 오랜 기간 저장된 연료의 수분 함유, 연료 탱크 내부의 손상, 연료필터 및 유수분리기의 필터 교체 필요
<b>NEUTRAL OVERSPEED</b>	중립에서 과다 RPM 사용	기어 투입하지 않고 2500RPM이상시 사용하면 부저 발생, 중립 원위치로 하면 정상작동
<b>EMERGENCY STOP</b>	안전 스위치 작동	운행중 안전스위치를 OFF 시킬 경우 발생함. ON위치시 정상 작동
<b>BREAKIN STRATEGY ACTIVE</b>	엔진 길들이기 작동	새 엔진 설치시 120분간 길들이기 신호가 입력되어 있음, 정상 오일량보다 2배를 소모 하고 있으며, 120분뒤 자동으로 삭제됨.
<b>THERMOSTAT</b>	서모스탯 손상	엔진 서모스탯 이상으로 과열되거나 과냉되어짐. 서모스탯 교체및 이물질 제거 필요.



## DTS R/C 레버 작동법 설명서



※ DTS 전자 시스템의 부가기능의 작동 및 해제는 항상 중립일 경우에만 사용가능 함.

### ㉠ Trim 스위치

- 양현 엔진을 동시에 트립 업, 다운 작동

### ㉢ NEUTRAL(점등 및 점멸 기능)

- 키 ON 및 시동시 기어 위치가 중립시(녹색등)
- 단, 전·후진 기어 투입시 적색등이 점멸됨.

### ㉣ TRANSFER(미사용시 항상 적색등 점등)

- 두 개 이상의 조타 시스템이 설치시 작동 가능
- 중립시에 버튼을 눌러야 하며 적색등이 깜박일 때 다른 버튼을 다시 누르면 기능이 작동 됨.

### ㉤ DOCK

- 접안 및 이안시 양현 레버의 스로틀 작동을 50%이내로 제한하는 기능.
- 접안 및 이안시 급작스런 rpm 조작으로 인한 사고를 예방
- 작동 버튼을 누르면 경고음 1회와 함께 작동 시작, 중립후 버튼 다시 누르면 해제됨.

### ㉥ DIMMER

- 게이지 및 R/C 의 밝기 조정시 사용한다.
- (+) 버튼을 밝게 (-)버튼은 어둡게

### ㉦ THROTTLE

- 기어 투입을 하지 않고 스로틀만을 작동시키는 기능
- 작동 버튼 누르면 적색등이 깜박이며 필요한 좌·우 레버를 전/후진 이동하면 경고음 1회 발생되며 작동 시작. 단 2500rpm 이하로만 작동

### ㉧ 1 LEVER

- 양현 엔진의 기어 투입 및 스로틀 시스템을 좌현 레버 하나로만 작동시켜주는 기능
- 양현 레버 위치가 중립일 경우에만 버튼을 작동시켜 적색등 점등되어 기능을 수행함.
- 단, 1 LEVER 작동시 우현 레버 위치는 후진 풀스로틀이어야 함.

### ㉨ SYNC

- 양현 엔진의 rpm을 서로 동기화 시켜 주는 기능.
- 동기화 시스템은 항상 중립시 버튼으로 작동, 작동시 노란등이 점등.
- 양현 엔진의 RPM오차기 10% 범위 이내일 때 우현 엔진 기준으로 RPM이 동기화 됨.
- 단, 현재 동기화가 작동된다 하더라도 최고 출력의 95% 범위 이상시에는 동기화 되지 않음.



## PMS 계획 및 이행실적표 (L6 VERADO)

장비명	점검사항	점검주기	비 고
-----	------	------	-----

### 주간 PMS 목록

주기관	아연판 - 부식상태 점검	주간	
주기관	엔진 - 각부 구리스 주입	주간	
주기관	전기 - 전선 연결부 점검	주간	
주기관	냉각계통 - 호스클램프 누수 점검	주간	
주기관	조종레버 - 케이블 및 링크 손상여부	주간	
주기관	연료계통 - 유수분리기 수분 드레인	주간	
전기계통	전선외관, 결선부위 부식	주간	
전기계통	배터리 - 액수위 및 충전상태 확인	주간	

### 월간, 연간 PMS 목록

주기관	조향 핸들 계통 녹제거, 그리징	월간	
주기관	프로펠러 너트 잠 상태 점검	월간	
전기계통	배터리 - 연1회 상태 파악 후 교체	연간	

### 주기관 운전 시간 별 PMS 목록

☆ 엔진 100시간 사용시			
주기관	기어박스 - 드라이버 오일 점검 및 교환 (해수침투 점검)	100시간 또는 1년	
주기관	제너레이터 충전 상태 확인	100시간	
주기관	엔진 오일 교환 및 오일필터 교환	100시간	
주기관	연료계통 - 엔진 연료필터 교환	100시간	
주기관	연료계통 - 유수분리기 필터 교환 (최대사용기간 6개월)	100시간	
주기관	아연판 - 하부 아연판 50% 부식시 교체	100시간	
주기관	아연판 - 파워트림 아연판 50% 부식시 교체	100시간	
주기관	엔진 각 볼트 죄임 상태 점검	100시간	
☆ 엔진 300시간 사용시			
주기관	에어 필터 점검 및 교환	300시간	
주기관	스파크 플러그 점검 및 교환	300시간	
주기관	구동벨트 점검 및 교환	300시간	



장비명	점검사항	점검주기	비 고
주기관	냉각계통 - 서모스탯, 임펠러 및 하우징, 릴리프 밸브 교체	300시간 또는 냉각수 부족시	
주기관	드라이브 - 누유 및 압력검사	300시간	
주기관	게이지 작동상태, 정상치 확인	300시간	
주기관	엔진 - 경고장치 작동검사	300시간	
주기관	엔진 - 연료 압력시험	300시간	
주기관	연료계통 - 인젝터 분사테스트, 압력 검사 후 필요시 교환	300시간	
주기관	연료계통 - 연료펌프 압력 및 작동상태 점검 후 필요시 교환	300시간	
주기관	엔진 - 아이들 RPM점검, 조정 및 타코메타 정확도 점검	300시간	
주기관	엔진 - 온도센서 취외검사 및 필요시 교환	300시간	
주기관	엔진 - 시동모터 취외검사 (카본 브러쉬, 기어점검) 및 필요시 교환	300시간	
주기관	전기 - DDT테스트, 각 센서의 이상 유무 점검	300시간	
주기관	연료 장치 - 전체검사 및 FSM소제, 필터교환	300시간	
주기관	오디오 시스템 - 발송기 / 센서 점검 및 필요시 교환	300시간	
☆ 엔진 500시간 사용시			
주기관	연료탱크 - 커버 개방 후 슬러지 및 이물질 소제	500시간	
주기관	냉각계통 - 임펠러 하우징, 냉각수 튜브 교환	500시간	
주기관	드라이브 - 드라이브 취외 후 쉬밍 및 기어 간극조정, 샤프트 휨상태 점검, 기어상태, 각종 씰 교체	500시간	
주기관	전기 - 배선, 전기장치, 게이지 전체 검사 및 필요시 교환	500시간	
주기관	원격제어 - 작동상태 검사, 작동유 및 호스점검	500시간	
주기관	연료인젝트 - 점검 및 필요시 교체	500시간	
주기관	파워트림 - 파워트림 모터, 작동유 점검	500시간	
☆ 엔진 오바홀 권장시간			
주기관	엔진 - 총 분해수리 시행	1000시간	



## 고속단정 안전점검 체크리스트

### □ 출항 전 점검

○ 점검 일시 : 20 . . . : ~ :

○ 점검 사항

점 검 사 항		점검 결과		
		양 호	불 량	비 고
연료 주입구	• 연료 주입구 잠금 상태 확인			
게이지	• 연료 게이지 유량 상태 확인			
파이프	• 연료파이프 누유 여부 확인 (연료탱크, 유수분리기, 엔진 입·출구측)			
유수분리기	• 유수분리기 파손 상태 확인			
점화플러그	• 점화플러그 상태 점검			
항해장비	• 항해장비 단자(터미널) 조임상태 및 배선 상태 확인			
빌지펌프	• 빌지펌프 배선상태 확인			
배터리	• 배터리 단자 조임상태 및 배선상태 확인			
스위치	• 배터리 스위치 상태 확인			
소화기	• 소화기 비치 여부 확인			
빌 지	• 바닥 점검창 확인 (빌지누적상태, 유증기 발생여부)			
갑판	• 갑판상 연료유 누적상태 확인			
기타	• 기타 점검사항 확인 (고속단정 실정에 맞는 화재예방 점검)			

점검자 : (계급) (성명)

확인자 : (계급) (성명)



## 배수펌프 작동 및 특수공구 사용법

### 배수펌프 작동법

#### 장비제원



NO.1 배수펌프(2인치)

규격(모델)  
DAISHIN(SCR-50HXC)

기타제원  
전양정 32M,  
최대양수량 520L/min,  
4.1kW/4000rpm



NO.2 배수펌프(3인치)

규격(모델)  
HONDA(WB-30XT)

기타제원  
전양정 23M, 최대  
양수량 1100L/min,  
3.6kW/3600rpm



## 운전 및 정지방법

### 운전방법



1. 청수공급 콕을 개방하여 펌프에 물을 채운다.



2. 삭손호스를 연결한다.  
→ 삭손호스를 배수펌프에 연결전 미리 삭손호스에 해수를 채우고 배수펌프에 연결해야 해수가 잘 올라옴



3. 연료 공급밸브를 개방한다.



4. 정지스위치를 "ON" 상태로 돌린다.



5. 가바너(속도조절기)를 조금 위로 올린다





6. 시동줄을 힘껏 당긴다.



7. 배수펌프가 작동하면 가바너를 이용 회전수를 조절한다.

### 정지방법

1. 정지전 가바너를 이용 엔진 회전수를조금 내린다.
2. 정지스위치를 "OFF" 상태로 돌려 엔진을 정지 시킨다.

### 운전 및 정지방법

- 매 월 4회 시운전 실시
- 연료 계통을 검사 후 소제(Q)
- 점화플러그 검사 후 소제(S)

### 유의사항

- 시동이 되지 않을시 초우크를 닫고 시동줄을 당겨 시동이 되면 초우크 벨브를 천천히 연다.
- 장기간 사용하지 않을때는 기화기 내의 연료를 완전히 연소시킨 후 정지시켜야 한다.



## 가스탐지기 사용법

### 장비제원



모델 :  
MinMax-X4 (주) 진산물산

측정 가스(4가지) :  
O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, 폭발성 가스

### 작동법



#### 기기 켜기

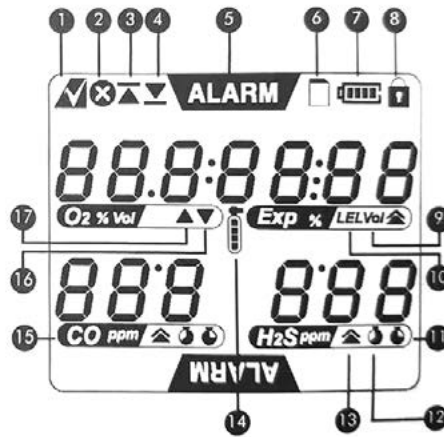
1. ON/OFF 버튼을 2초 동안 눌러 주면 기기가 켜진다.
2. 약 30초간 자기진단 후 측정모드 상태를 표시한다.
3. 흡입덮개 체결 후 호스를 측정 장소에 넣어 5~10회 정도 Pumping하여 작업 환경 사전 점검 후 이상이 없을 시 기기를 휴대하여 작업 시행 한다.

#### 기기 끄기

- ON/OFF 버튼을 누르면 5초 카운터 후 기기가 꺼진다.



## LED 표시창



- ① 테스트 통과
- ② 테스트 실패
- ③ 최고 측정값
- ④ 최저 측정값(산소)
- ⑤ 경보 표시
- ⑥ Data logging
- ⑦ 배터리 잔량 표시
- ⑧ 비밀번호 잠금
- ⑨ %vol 단위
- ⑩ %LEL 단위
- ⑪ STEL
- ⑫ TWA
- ⑬ 1차 경보/ 2차 경보
- ⑭ 교정
- ⑮ 측정 가스
- ⑯ 산소부족 경보
- ⑰ 산소과잉 경보

## 영점교정

1. ON/OFF 버튼을 2회 누르면 “CAL no”라고 표시된다.
2. UP 또는 DOWN 버튼을 눌러 “YES” 선택하고, ON/OFF 버튼을 누르면 교정이 시작된다.
3. 영점 교정 아이콘이 깜박이고 “020”부터 “0”까지 카운트를 하다
4. 영점 교정이 성공하면, 테스트 성공 아이콘이 5초 동안 깜박인 후 측정 모드를 유지한다.
5. 영점 교정이 실패하면 경보음과 경보램프가 1회 작동 후 테스트 실패 아이콘이 5초 동안 깜박인다.

## 배터리 교체방법

- 기기의 아랫부분에 있는 잠금탭을 들어 올려 왼쪽으로 90° 돌린 후 홀더를 빼고 배터리 교체 후 잠금탭을 오른쪽으로 90° 돌려서 잠근다.
- ※ 장기간 기기를 사용하지 않을 시 배터리를 분리하여 보관해야 함



## 멀티테스트기 사용법

### 장비제원



모델 :  
TK-3204  
(주)태광전자정밀산업사

기능 :  
DC/AC 전압측정,  
DC/AC 전류 측정(mA),  
20A 전류측정,  
저항측정( $\Omega$ ),  
도통시험,  
다이오드 테스트,  
배터리 테스트

### 각부명칭 및 사양



#### ※ 화면표시용 심볼

$\sim$	직류(DC) 전압(V) 및 전류(A) 측정시 표시
$\sim$	교류(AC) 전압(V) 및 전류(A) 측정시 표시
$\rightarrow$	DC 측정시 음전압 극성
$\rightarrow$	다이오드 측정시
$\rightarrow$	도통 표시(부저)
mV, V	전압측정
$\Omega$ , k $\Omega$ , M $\Omega$	저항측정
OH	테이타홀드 기능
RH	레이지홀드 기능
$\rightarrow$	작동전압 이하일때 표시

- 측정방법 : 이중집적방식(Dual Integration Mode)
- 표시화면 : 31/2 계수 LCD(최대 3200)
- 바그래프 표시 : 32바그래프(1바그래프당 100카운터, 12회/초)
- 레인지 : 자동레인지
- 극 성 : 양극일 때는 표시없음. 음극일때는 (-)로 자동 표시.
- 레인지홀드기능(Range H) : 수동레인지로 전환시
- 데이터홀드기능(DATA H) : 화면 정지시
- 자동전원잠금(Auto Power off)  
: 마지막 사용 후 10분 뒤 전원차단
- 샘플링 : 2회/초
- 초과범위 표시 : "OL" 표시
- All segments 표시  
: 전원을 켜를 때 모든 화면 표시가 다 나타남



### DC/AC 전압 측정

1. 기능선택 S/W를 ACV 또는 DCV로 선택한다.
  2. 흑색테스트리드는 “COM” 단자에, 적색테스트리드는 “ $V \cdot \Omega \cdot \mu A$ ”에 연결한다.
  3. 리드를 측정할 회로에 연결한다.
  4. 화면에 수치가 자동으로 표시된다.
- ※ 화면의 수치값이 “OL”로 나올 때에는 AC750V 또는 DC1000V 이상의 고압이 흐르니 주의하여야 한다.

### DC/AC 전류 측정(mA)








1. 기능선택 S/W를 mA 레인지로 선택한다.
  2. 흑색테스트리드는 “COM” 단자에, 적색테스트리드는 “ $V \cdot \Omega \cdot \mu A$ ”에 연결한다.
  3. 모드 S/W ( $\Omega \cdot \mu A \cdot \sim$ )를 눌러 ACA~ 또는 DCA 로 선택한다.
  4. 리드를 측정할 회로나 부하에 직렬로 연결한다.
  5. 측정된 화면의 수치를 읽는다.
- ※ 직류전류를 측정할 때에는 흑색 테스트리드를 측정할 회로의 음극(-)에 연결하고, 적색테스트리드는 부하와 직렬로 양극(+)에 연결한다. 교류전류를 측정할 때에는 흑색테스트리드와 적색테스트리드를 부하와 직렬로 측정할 회로에 연결한다.

### 20A 전류측정






1. 기능선택 S/W를 20A로 선택한다.
2. 흑색테스트리드는 “COM” 단자에, 적색테스트리드는 “20A”에 연결한다.
3. 모드 S/W ( $\Omega \cdot \mu A \cdot \sim$ )를 눌러 ACA~ 또는 DCA 로 선택한다.
4. 리드를 측정할 회로나 부하에 직렬로 연결한다.
5. 측정된 화면의 수치를 읽는다.



### 저항측정( $\Omega$ )

1. 기능선택 S/W를 “ $\Omega$   ” 레인지로 선택한다.
2. 흑색테스트리드는 “COM” 단자에, 적색테스트리드는 “ $V \cdot \Omega$    mA”에 연결한다.
3. 모드 S/W ( $\Omega$    )를 눌러 화면에 “OL M $\Omega$ ”이 표시되어 있는지 확인한다.
4. 리드를 측정하고자하는 회로나 부품에 연결한다.
5. 화면에 수치가 자동으로 표시 된다.

### 도통시험

1. 기능선택 S/W를 “ $\Omega$   ” 레인지로 놓고, 모드 S/W ( $\Omega$    )를 눌러 화면에 “ ”가 표시되도록 한다.
  2. 저항이 대략 32 $\Omega$  이하일 때 부저음이 울린다.
- ※ 도통시험 및 저항을 측정할 때는 반드시 측정할 회로의 전원을 차단하고 측정해야 올바른 측정치를 구할 수 있다.

### батери 테스트

1. 기능선택 S/W를 “1.5V/9V BAT”레인지에 놓는다.
2. 적색리드를 батери의 “+”에, 흑색리드를 батери의 “-”측에 연결한다.
3. 화면의 지시치를 읽는다.



## 버니어캘리퍼스 사용법

### 장비제원

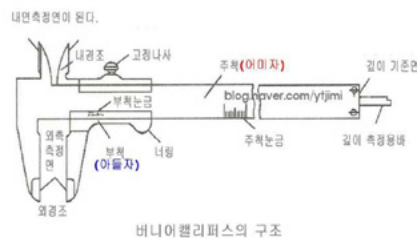


모델 : HANCO / 300×0.05mm

측정 종류 : 내경, 외경, 깊이

측정 최소 치수 : 1/20mm, 즉 정밀도가 0.05mm

### 구조 및 읽는법



1. 아들자의 0의 눈금이 어미자의 4와 5 사이에 있음을 알 수 있다.  
이 경우 어미자의 눈금을 4.00mm로 읽는다.
2. 아들자의 눈금이 어미자의 눈금과 정확히 일치하는 값을 찾는다.  
아들자의 눈금이 7과 8 사이에서 일치함을 알 수 있다.  
이 경우 아들자의 눈금을 0.75mm로 읽는다.
3. 두 값을 더하면 버니어캘리퍼스 측정값이 나온다.  
즉,  $4.00\text{mm} + 0.75\text{mm} = 4.75\text{mm}$



## 마이크로미터 사용법



### 장비제원



모델 :

Mitutoyo / No.104-135  
(outside micrometer)

측정 종류 :

외경

측정 범위 :

0~150mm

측정 최소 치수 :

1/100mm,

즉 정밀도가 0.01mm 앤빌교환형

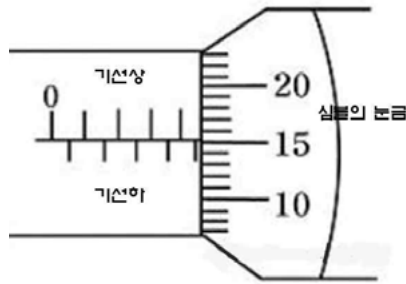
### 구조 및 사용법



1. 측정물을 앤빌과 스피들 사이에 축 직각으로 정확히 맞춤
2. 래칫스톱을 클릭 소리가 딱딱 두 번정도 날때까지 정확히 돌려 스피들이 측정물에 닿도록 함
3. 클램프로 고정
4. 슬리브의 어미자의 눈금을 먼저 읽고 심블의 아들자의 눈금을 추가로 읽어서 더함



## 읽는 법



1. 슬리브의 0 기선상(上)의 1mm단위의 눈금을 기록
2. 슬리브의 0 기선하(下)의 0.5mm단위의 눈금을 기록  
※ 기선상 읽는 눈금부터 우측 아래 기선하 눈금이 있다면 +0.5mm, 눈금이 없다면 0mm
3. 심볼의 눈금을 읽음  
※ 심볼의 1회전은 0.5mm, 한 눈금은 0.01mm
4. 슬리브와 심볼의 눈금을 더함

### ※ 위 측정값 읽기

1. 슬리브의 0 기선상 4칸, 한 눈금에 1mm이니 4mm
2. 슬리브의 0 기선상 읽는 눈금부터 우측 아래 기선하 눈금이 보이니, +0.5mm  
→ 즉, 슬리브의 눈금은 4mm + 0.5mm = 4.5mm
3. 심볼의 눈금이 0 기선에 15를 가리키니, 한 눈금에 0.01mm이니 0.15mm
4. 슬리브와 심볼의 눈금을 더하면, 측정값은 4.5mm + 0.15mm = 4.65mm

## Conversion Table :

Measuring range and marking of anvil

Code No.	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	Without marking
104-135	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150

※ 우리함 보유중인 외경마이크로미터는 앤빌 교환형으로 호환 가능한 앤빌로 다양한 측정범위에 대응이 가능함

즉, 위 테이블표를 참고하여 측정하고자 하는 측정물의 길이에 따라 앤빌을 교환하여 사용함

→ 예를 들면 측정하고자 하는 측정물이 길이가 50-75mm 범위에 속한다면 M3 앤빌을 결합하여 측정한 후 그 측정값에 50mm를 더해주면 됨



# 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) 운용법

## 설명 및 제원

### 1. 일 반

#### 가. IMO 및 USCG TYPE II 규정에 따른 오수처리기

전 세계의 제조업자로부터 구입할 수 있는 오수 처리장치는 다양한 설계기준이 있다. 이들 오수처리장치는 크게 다음 3가지 기본형으로 나눌 수 있다.

##### (1) 소독용 오수처리기

IMO 및 USCG 규정 및 규칙에 근거하여 최초로 개발된 처리장치는 소독형이었다.

근본적으로 이 장비의 작동원리는 다음과 같다.

BLACK WATER 즉 화장실 및 변기로부터 나오는 분뇨는 장치내로 이송되어 염소에 의해 오수는 완전히 소독된다.

##### (2) 생물학적 처리 방식에 의한 오수처리기

분뇨는 미생물(박테리아 등)에 의하여 생물학적으로 부패되고 유기물은 산소에 의한 생물학적 처리로 물과 이산화탄소로 전환되며 처리수에 남아있는 부유물질은 중력 청정법으로 제거된다.

청정된 물은 격리된 소독조로 이송되어 소독 후 방류된다.

##### (3) 전기분해 처리 방식에 의한 오수처리기

전해질(해수, NaCl)을 포함한 오/폐수에 전극판을 통해 전기에너지를 공급/산화반응으로 오/폐수를 정화를 한다.



## 나. 대장균수 (FC: FAECAL COLIFORM)

관 련 규 정	B.O.D	S.S	F.C
I M O	25mg이하/ℓ	35mg이하/ℓ	100개이하/100mℓ

[ 표-1 ] 배출수 관련규정

(배출기준) 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 제8조(선박에서 발생하는 폐기물의 배출방법 등)에 따라 배출하여야 한다'라고 규정

가. 영해기선으로부터 3해리를 넘는 거리에서 지방해양항만청장이 형식승인한 분뇨마쇄소독장치를 사용하여 마쇄하고 소독한 분뇨를 선박이 4노트 이상의 속력으로 항해하면서 서서히 배출하는 경우. 다만, 국내항해에 종사하는 총톤수 400톤 미만의 선박의 경우에는 영해기선으로부터 3해리 이내의 해역에 배출할 수 있다.

(분뇨마쇄소독장치 배출기준)

나. 영해기선으로부터 12해리를 넘는 거리에서 마쇄하지 아니하거나 소독하지 아니한 분뇨를 선박이 4노트 이상의 속력으로 항해하면서 서서히 배출하는 경우

(16인 이하 군함 또는 해경 경비함 또는 총톤수 400톤 이하 선박)

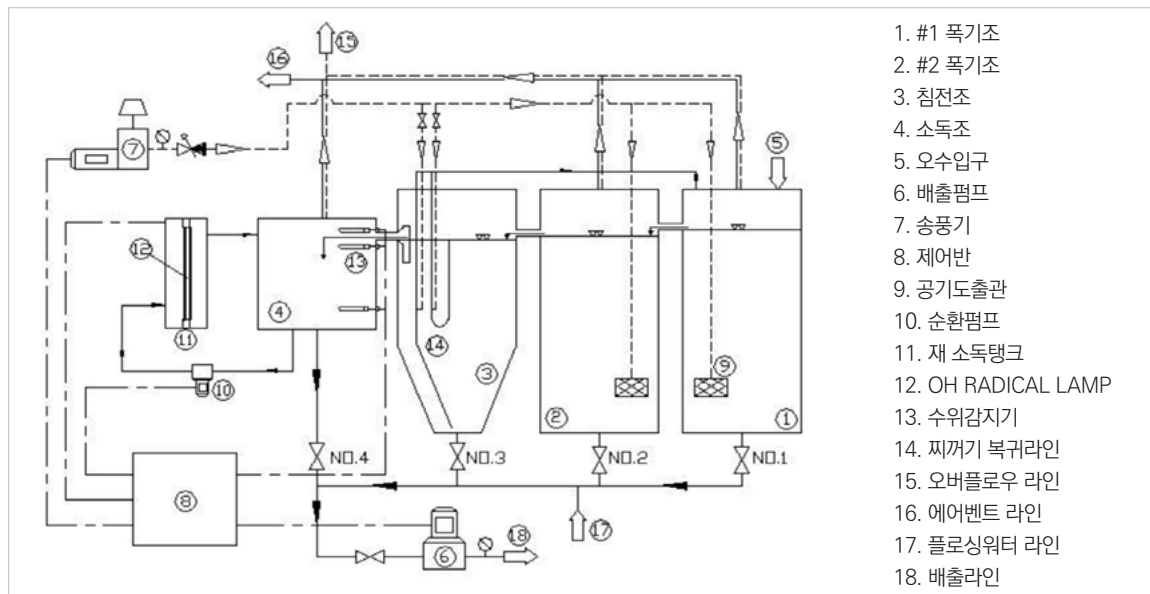
다. 지방해양수산청장이 형식승인한 분뇨처리장치를 설치·운전 중인 선박의 경우

(분뇨처리장치 배출기준)



## 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) | AEROB 일반형

### 장비의 주요 구성도



### 밸브의 개폐상태(최초운전시의 방법)

⑥ 배출펌프 토출밸브	연 다
④ 소독조 밸브	연 다
① #1 폭기조 밸브	닫는다
② #2 폭기조 밸브	닫는다
③ 침전조 밸브	닫는다

### 오수처리장치

- 가. 본 장비의 작동은 완전히 자동으로 조절된다.
- (1) 송풍기 - 타이머의 조정시간에 의해 자동운전.
  - (2) 소독조 내의 수위조절 - 수위지시기(HIGH & LOW LEVEL FLOAT S/W).
  - (3) 배출펌프 - FLOAT S/W.
  - (4) 모든 처리조의 공기 토출관은 통합 연결되어 한 개의 관으로 배출하도록 되어 있다.



## 유지 및 운전

### 1. 일 반

- 가. 본 장비의 유지 및 운전에 책임을 질 수 있는 담당자를 지정 할 것
- 나. 변기의 스케일제거를 위해서는 염산류 및 살균성 물질의 사용을 절대 금한다
- 다. 몇 가지 이유로 인하여 미생물이 죽게 되면 장비내의 모든 오수를 배출시키고 다시 청수 및 해수로 채워 주는 것이 최선의 방법이다.

### 2. 장비 운전시 주의 사항

- 가. 장비내의 모든 과정이 자동으로 운전되나 장비운전 책임자는 변기의 고장에 의해 과도한 양의 오수가 장비 내에 유입되어 장비의 처리능력을 초과함으로써 발생될지도 모르는 사고에 대비하여 유입오수의 양이 적절한 상태로 유지되도록 노력해야 한다.

본 장비로 유입되는 오수의 양은 다음 도표를 참조로 한다.(GRAVITY TYPE 기준)

장비 TYPE	AEROB-12N	AEROB-18N	AEROB-25N	AEROB-30N	AEROB-35N	AEROB-45N	AEROB-55N
오수투입량 (L/H)	평균 87.5 (60 ~ 115)	평균 131.25 (90 ~ 170)	평균 182.3 (128 ~ 240)	평균 218.75 (155 ~ 285)	평균 255.2 (180 ~ 330)	평균 328.13 (230 ~ 425)	평균 401 (280 ~ 520)

※ 상기 도표는 일일 처리량을 기준으로 작성되었으며, 부하기준으로 작성됨

### 3. 찌꺼기 조정

- 가. 일정기간 작동 후에 장비내의 찌꺼기의 양이 증가한다.
- 정상적인 운전을 하기 위해서는 이 찌꺼기를 배출시켜야 한다.
- 최초 운전 때는 #1, #2 폭기조의 찌꺼기 배출은 2개월에 1회 정도 실시한다.
- 그 다음 운전부터는 4개월에 1회 정도 찌꺼기를 수동으로 배출시켜야한다.

## 계획 정비

### 1. 일일 정비 사항

- 가. 제어반 내의 모든 스위치가 켜져 있는지 확인한다.
- 나. 송풍기의 기능 확인-송풍기의 스위치를 켜면 작동이 되어야 하고 만약 그렇지 않으면 전원을 확인한다.



## 2. 주간 정비

- 가. 펌프가 작동하는 동안에 배출수의 시료를 채취한다.  
250㎖의 눈금이 표시된 비이커에 시료를 채우고 30분가량 기다린다.  
찌꺼기 량의 눈금을 읽는다.(찌꺼기는 12.5㎖를 넘지 말아야 한다.)

## 3. 월간 정비

- 가. 송풍기(AIR BLOWER) 공기 주입구의 SUCTION FILTER를 월 1회 이상의 청소  
나. 최초 운전 : 2개월에 1회 내부찌꺼기 배출, 통상 운전시 : 4개월에 1회 내부찌꺼기 배출

## 고장 및 수리

고 장	원 인	수 리
1. 배출펌프가 작동 하지 않을 때	1. 휴즈 소손 2. 전원 결함 3. 고수위 경보 결함 4. 임펠러 결함 5. 모터 결함	1. 원인조사 후 교환 2. 전원 확인 3. FLOAT 스위치 및 결손 확인 4. 임펠러 간격 조정 5. 모터 수리
2. 배출 펌프가 멈추지 않을 때	1. 장치 내 많은 양의 물 유입 2. 저수위FLOAT스위치 결함	1. 변기세척수량 조절 2. 교환 및 수리
3. 배출펌프 작동중 배출이 안될때	1. 임펠러 회전방향이 틀림 2. 배출 밸브가 닫혀 있거나 기타 밸브 결함 3. 임펠러 결함	1. 제어반 결선 수정 2. 배출계통의 모든 부분 검사(밸브 및 기타) 3. 배출펌프 교환
4. 장치내부로부터 OVERFLOW될 경우	1. #1 폭기조내 그물망의 막힘 2. 장치내에 많은 양의 물 유입 3. 배출 펌프 결함	1. 나사를 풀어 망을 위아래로 흔들어 이물질 제거 2. 변기세척수량 조절 3. 상기 3번 조치



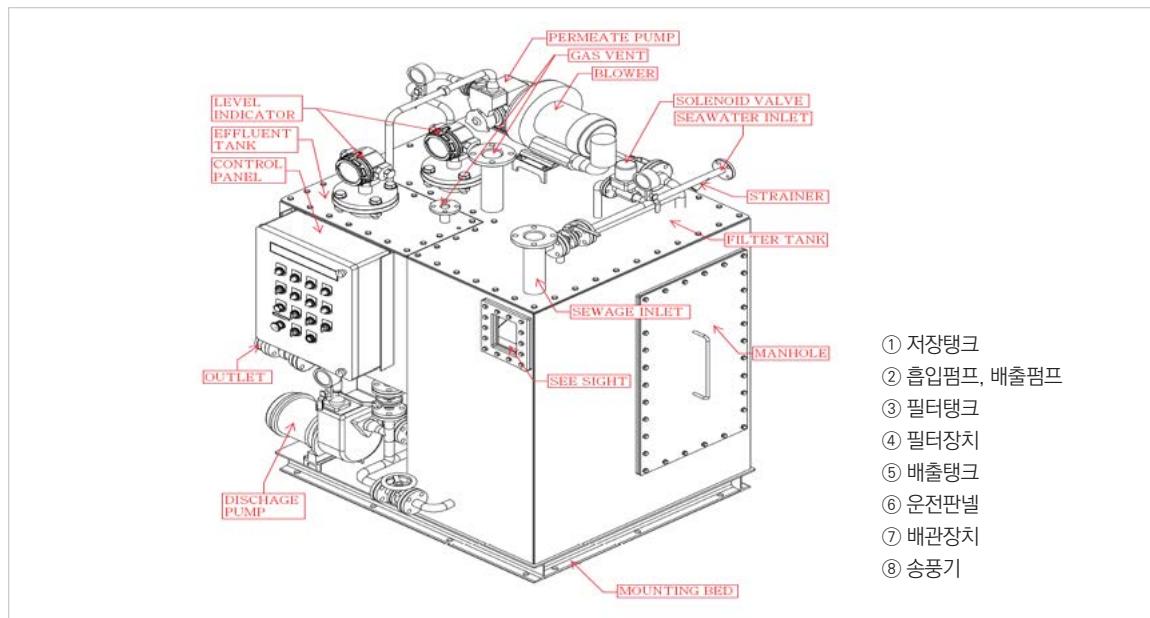
고 장	원 인	수 리
5. 송풍기가 동작하지 않을 때	1. 휴즈 소손 2. 전원 결함 3. 타이머 조정 결함 4. 임펠러 결함 5. 모터 결함 6. 과부하 계전기 동작	1. 휴즈 교환 2. 전원 확인 3. 각 형식별로 타이머 조정 4. 송풍기 교환 5. 모터 수리 6. 과부하 계전기 복귀
6. 송풍기 운전 중 압력이 충분치 못할 때	1. 역지 벨브 결함 2. 회전방향이 틀림	1. 수리 및 교환 2. 제어반 결선 수정
※ 비상시 장비내의 압축공기의 공급은 1.5BAR이하로 공급한다.		
7. 송풍기가 작동 중에 기포가 생기지 않을 때	1. 폭기조 저변의 산기용 스폰지의 막힘이나 결함.	1. 산기용 스폰지 분해 후 청소
8. 송풍기는 작동 중이나 1개 탱크에만 공기가 흐를 때	1. 공기호스나 관 결함. 2. 공기 산기용 스폰지의 막힘이나 결함	1. 검사 후 수리 2. 탱크 내 찌꺼기 배출 후 청소나 산기용 스폰지 수리
9. 넘 새/색 깔	1. 폭기조내 찌꺼기과다 2. 박테리아 번식 중단 색깔 갈색 : 정상 판단 흑색 : 번식중지	1. 찌꺼기량 확인, 필요시 배출 2. 공기압축기 기능 확인 폭기조 내부 검사 후 기포 상태 확인
10. 배출 수질 저하	1. 과다한 오수의 유입으로 탱크내의 압력 높음. 2. 신조장비 : 박테리아의 미생성 3. 박테리아가 죽은 상태	1. 변기 세척수량 조절 2. 운전 개시일 확인 - 박테리아 생성기간(4~10일) 3. 내부 오수 배출 후 해수로 채운다.
11. 침전조 표면 상태가 아주 더러울 때	1. 찌꺼기 복귀 밸브 작동결함	1. 찌꺼기 복귀 밸브 검사 후 조정
12. #3 탱크 표면에 검은 찌꺼기 과다 할 때	1. 찌꺼기 복귀 밸브의 작동 결함	1. 찌꺼기 복귀 밸브 검사 후 조정 2. 찌꺼기 복귀 관 확인 3. 침전조로부터 찌꺼기 배출

※ 본 장비의 전기적인 고장원인을 수리할 때는 절연성 발판을 설치하고 수리에 임해야 한다.



## 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) | BF(생물화학)형

### 장비의 주요 구성도



### 작동 및 사용방법

본 장치의 정상적인 운전은 각 스위치를 AUTO 상태로 놓고 가동시켜야 한다.

- ① 전원을 켜고 전기판넬 내부의 주전원 및 배선 스위치를 켜다.
- ② 흡입펌프, 배출펌프, 송풍기 스위치를 자동으로 놓는다.
  - 흡입펌프는 필터탱크로 유입된 오수를 필터장치로 여과후 배출탱크로 이송하는 펌프, 필터탱크의 4접점으로 구성된 수위감지기에 의해 컨트롤 된다.
  - 배출펌프 : 배출탱크의 처리수를 선외로 배출시키는 펌프 , 배출탱크의 3접점 수위감 지기에 의해 컨트롤 된다.



## 유지 및 운전

### 1. 일 반

- 가. 탱크 내에는 감지기를 설치, 고위액면을 경보할 수 있는 방폭 감지기구조이다
- 나. 수위 측정장치에 의해서 자동적으로 감지 배출펌프가 작동되어 배출
- 다. 고위 액면 경보장치를 비치하고 탱크내에 설치된 감지기는 방폭구조의 것이어야 한다

### 2. 필터 세정시 주의 사항

- 가. 침적식 약품세정시 근본적인 막 오염의 제어 및 완전한 여과기능 회복을 위해서는 년 2회 주기로 약품탱크에 필터모듈 UNIT를 직접 침적하여 약품세정을 하여야 한다.
  - 사용 화학약품은 차염산소다와 가성소다를 혼합(차염1000-1500PPM + 가성소다 0.5%)
- 나. 약품역세는 필터장치를 장기간 안정하게 운전하기 위해 필요하다.
 

약품역세는 필터장치의 흡입여과의 역방향으로 처리수(막투과수)를 원수 방향으로 지나가게 하는 IN-LINE세정방식을 말한다.
- 다. 공기세정은 막 모듈의 하부로부터 공기를 분사하여 오염물질 및 슬러지의 막면 부착을 최소화 시킨다.

### 3. 오니 배출방법

- 가. 저장탱크와 필터탱크에 쌓인 오니는 먼저 배출탱크로 연결된 밸브는 닫고 배출펌프에 연결된 별도라인의 밸브를 열어, 수동으로 배출펌프를 작동시켜 배출한다. (2주-3주)



## 계획 정비

정비 및 검사항목		점 검 기 간	점 검 내 용
저장탱크, 필터탱크 및 배출탱크	본 체 배관연결부분 수위측정감지기	매 6개월 매 6개월 필 요 시	청소 및 점검 누수시 볼트 조임 및 패킹 교환 점검 및 수리
흡입펌프 및 배출펌프	본 체 모 터 배관연결부분	최초1개월 및 매6개월 최초1개월 및 매6개월 매 3개월	주유 및 점검 주유 및 점검 누수시 볼트 조임
송풍기	본 체 모 터 배관연결부분	최초1개월 및 매3개월 최초1개월 및 매3개월 매 1개월	주유 및 점검 주유 및 점검 누수시 볼트 조임
필터	압력게이지	매 6개월	점검 및 화학약품 세정
밸브류	본 체 패 킹	필 요 시 최초1개월 및 매6개월	점검 및 누수시 교환 점검 및 누수시 교환
운전판넬 및 직류전원 교환장치	램 프 휴 즈 전 선 연결부분	수 시 비작동시 필 요 시 필 요 시	교환 및 점검 과부하 원인조사 및 교환 단락원인 조사 및 연결 점검 및 부식시 교환

## 장치 사양

모 델 항 목	BF20CE	BF30CE	BF40CE	BF60CE	BF100CE	BF150CE	BF200CE	BF300CE	BF400CE
사용인원(명) (Black Water 기준)	20	30	40	60	100	150	200	300	400
액체 처리용량 (kl/day)	1.4	2.1	2.8	4.2	7	10.5	14	21	28
유기물 처리용량 (Kg/day, BOD)	0.7	1.05	1.40	2.1	3.5	5.25	7.0	10.5	14.0
처리수 BOD5 Volume	25 mg/l, day × Qi/Qe 이하								



모델		BF20CE	BF30CE	BF40CE	BF60CE	BF100CE	BF150CE	BF200CE	BF300CE	BF400CE
항 목	청 수 온 도	온도 : 0 ~ 35℃								
	염 분 농 도	농도 0 ~ 0.01 %								
Dimension (mm)	L	1000	1000	1000	1200	1200	1400	2100	2300	2600
	W	850	900	950	950	1150	1250	1600	1600	1600
	H	1200	1250	1300	1300	1400	1500	1600	2000	2100
저장탱크용량(L)		167	175	182	219	237	340	911	1151	1453
필터탱크용량(L)		615	701	792	950	1345	1887	2916	4145	4845
배출탱크용량(L)		92	100	107	129	147	165	454	727	921
무 게 (Kg)		510	530	560	620	700	800	1150	1750	1900
사용전원		AC220V, AC440V (50Hz/60Hz)								
모델별 소비전력 (kW)		2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	3	3	3.5	3.5

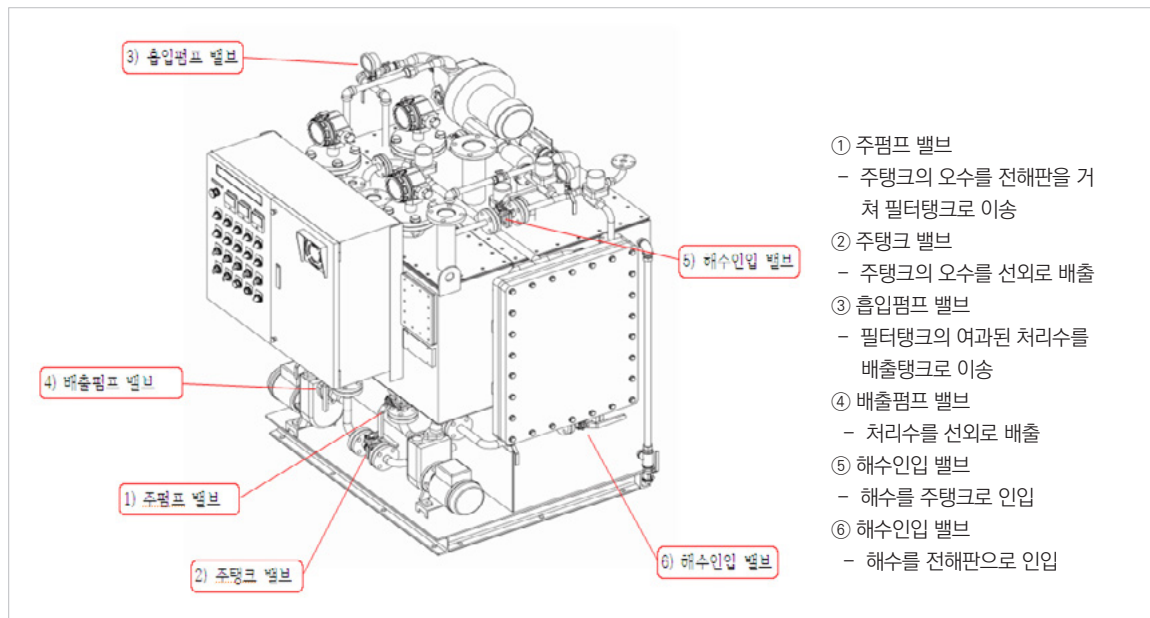
## 고장 및 수리 ※ 비상시 의 장비운전 (규제해역 밖에서만 실시)

고 장	원 인	수 리
흡입,배출펌프가 작동되지 않을 때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 휴즈단락 3. 전동모터 고장 4. 펌프 내 이물질 고착 5. 오일씰 고착 6. 각탱크 수위감지장치 고장	전원공급 과부하 원인 조사 후 휴즈 교환 수리 또는 교환 이물질 제거 또는 교환 오일씰 교환 수리 또는 교환
흡입펌프가 작동되나 처리수가 적게 흡입될때	1. 필터막 오염 2. 송풍기 고장	화학약품 세정 (차아염소산나트륨+가성소다) 수리 또는 교환
운전판넬의 표시램프가 점등되지 않을때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 휴즈단락 3. 램프단락 4. 기타 전장품 고장	전원공급 과부하원인조사후 휴즈교환 램프교환 수리 또는 교환



## 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) | EF(전기분해)형

### 장비의 주요 구성도



### 작동 및 사용방법

본 장치의 정상적인 운전은 각 스위치를 AUTO 상태로 놓고 가동시켜야 한다.

- ① 전원을 ON 한다. (전기판넬 내부 차단 스위치를 켜다)
- ② 주펌프, 흡입펌프, 배출펌프 스위치를 자동으로 놓는다.
  - 저장탱크의 수위감지기는 3점점으로 구성되어 있다. (L1, L2, L3)
  - 필터탱크에는 수위감지기가 4점점으로 구성되어 있다. (L4, L5, L6, L7)
  - 배출탱크의 처리수를 선외로 배출시키는 펌프 배출탱크에는 수위감지기가 3점점으로 구성되어 있다. (L8, L9, L10)



## 유지 및 운전

### 1. 일 반

- 가. 탱크 내에는 감지기를 설치, 고위액면을 경보할 수 있는 방폭 감지기 구조이다
- 나. 수위 측정 장치에 의해서 자동적으로 감지 배출펌프가 작동되어 배출

### 2. 전해판 FLUSHING 방법

- 전해장치내에 부착된 전극판에 고착된 이물질 또는 SCALE 제거로 전해장치의 효율을 높이기 위해 정기적으로 작동시켜 전극을 세척해 주어야 한다.
  - 통상 2~3주마다 1회 실시에, 2~5차례 정도 연속해서 행해야 한다.

### 3. 필터 세정시 주의 사항

- 가. 침적식 약품세정 (2~3시간 경과 후 여과 기능 회복) 근본적인 막 오염의 제어 및 완전한 여과기능 회복을 위해서는 년 2회 주기로 필터 탱크 또는 약품탱크에 필터모듈 UNIT를 직접 침적하여 약품세정을 하여야 한다.
  - 사용 화학약품은 차염산소다와 가성소다를 혼합(차염1000-1500 PPM + 가성소다 0.5%)
- 나. 약품역세는 필터장치를 장기간 안정하게 운전하기 위해 필요하다.
  - 약품역세는 필터장치의 흡입여과의 역방향으로 처리수(막투과수)를 원수 방향으로 지나가게 하는 IN-LINE세정방식을 말한다.
- 다. 공기세정은 막 모듈의 하부로부터 공기를 분사하여 오염물질 및 슬러지의 막면 부착을 최소화 시킨다.

### 4. 오니 배출방법

- 가. 저장탱크와 필터탱크에 쌓인 오니는 먼저 배출탱크로 연결된 밸브는 닫고 배출펌프에 연결된 별도라인의 밸브를 열어, 수동으로 배출펌프를 작동시켜 배출한다. (2주-3주)
- 배출되는 오니는 액면표시장치에 쌓인 양의 1/2정도 선에서(게이지 빨간 선) 배출



## 계획 정비

정비 및 검사항목		점 검 기 간	점 검 내 용
저장,필터, 배출탱크	배관연결부분 수위측정감지기	매 6개월 필 요 시	누수시 볼트조임 및 패킹교환 점검 및 수리
주펌프,흡입펌프 및 배출펌프	모 터 배관연결부분	최초1개월 및 매6개월 매 3개월	주유 및 점검 누수시 볼트조임
송풍기	모 터 배관연결부분	최초1개월 및 매3개월 매 1개월	주유 및 점검 누수시 볼트조임
전해장치	본 체 전선연결부분 SEALING 부분	매 2개월	BACK FLUSHING 및 점검 부식시 수리교체 및 점검 누수시 볼트조임
필터	압력게이지	매 6개월	점검 및 화학약품 세정
밸브류	패 킹	최초1개월 및 매6개월	점검 및 누수시 교환
운전판넬 장치	휴 즈 연결부분	비작동시 필 요 시	과부하 원인조사 및 교환 단락원인 조사 및 연결
흡입펌프	필터상태	수 시	진공압력게이지 지침 움직임 필요시 공기세정 또는 화학약품 세정

## 장치 사양

모델		EF20CE	EF30CE	EF40CE	EF60CE	EF100CE	EF150CE	EF200CE	EF300CE	EF400CE
항 목										
사용인원(명) (Black Water 기준)		20	30	40	60	100	150	200	300	400
액체 처리용량 (kℓ/day)		1.4	2.1	2.8	4.2	7	10.5	14	21	28
유기물 처리용량 (Kg/day, BOD)		0.7	1.05	1.40	2.1	3.5	5.25	7.0	10.5	14.0
처리수 BOD5 Volume		25 mg/l, day x Qi/Qe 이하								
염분농도/온도		농도 27 ~ 32‰/ 온도 : 0 ~ 35℃								
Dimension (mm)	L	1000	1000	1000	1200	1200	1400	2100	2300	2600
	W	850	900	950	950	1150	1250	1600	1600	1600
	H	1200	1250	1300	1300	1400	1500	1600	2000	2100
저장탱크용량(L)		111	120	129	150	171	248	911	1151	1453



모델 항 목	EF20CE	EF30CE	EF40CE	EF60CE	EF100CE	EF150CE	EF200CE	EF300CE	EF400CE
필터탱크용량(L)	615	701	792	950	1345	1688	2916	4145	4845
배출탱크용량(L)	74	80	86	107	122	160	454	727	921
사용전원	AC220V, AC440V (50Hz/60Hz)								
모델별 소비전력 (kW)	3.5	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5

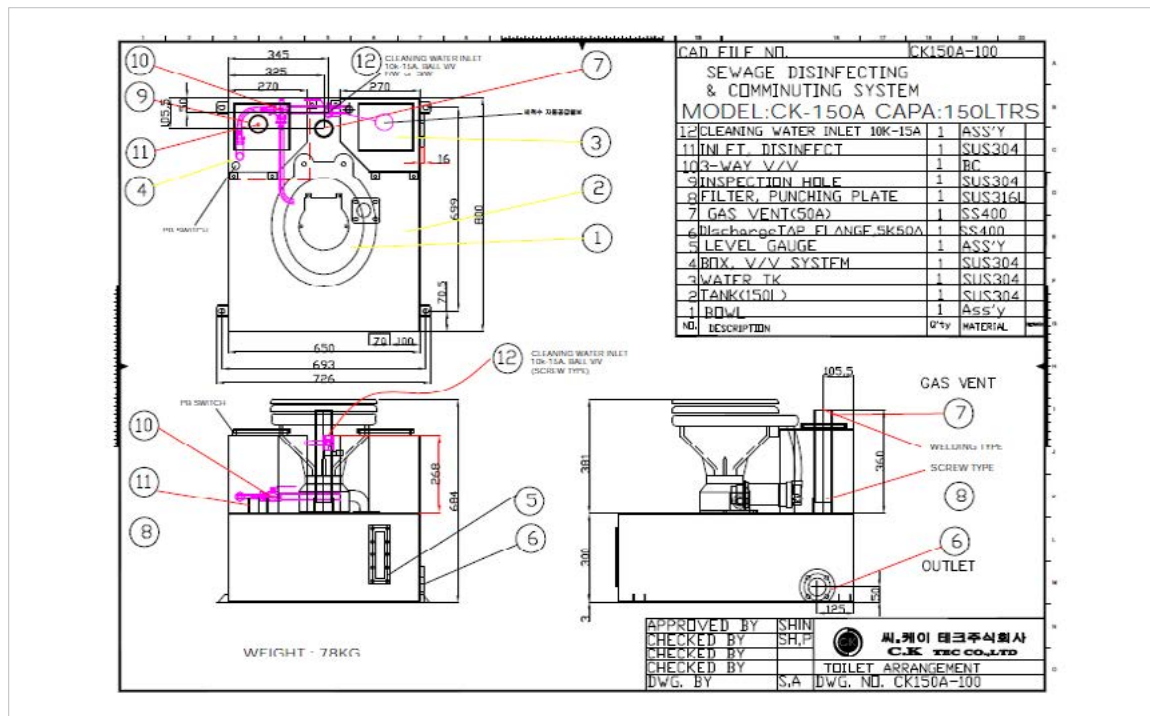
## 고장 및 수리 ※ 비상시 의 장비운전 (규제해역 밖에서만 실시)

고 장 내 용	고 장 원 인	조 치 내 용
해수가 공급되지 않을때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 해수공급 모터 고장 3. 배관내부 이물질 고착	전원공급 수리 또는 교환 분해하여 이물질 제거
주, 흡입,배출펌프가 작동되지 않을때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 휴즈단락 3. 전동모터 고장 4. 펌프내 이물질 고착 5. 오일씰 고착 6. 각탱크 수위감지장치 고장	전원공급 과부하원인조사후 휴즈교환 수리 또는 교환 이물질 제거 또는 교환 오일씰 교환 수리 또는 교환
전해장치가 작동 되지 않을때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 휴즈단락 3. 직류전원 교환장치 고장 4. 제어판넬내 부품손상 5. 전극판사이 이물질 고착 6. 전해판 고온경보 작동	전원공급 과부하 원인조사후 휴즈교환 수리 또는 교환 손상된 부품교환 및 점검 역세로 이물질제거
주펌프가 작동되나 처리수가 적게 분출될 때	1. 마쇄장치내 이물질 고착 2. 배관연결부 누수 3. 배관내 이물질 고착	분해하여 이물질 제거 볼트를 조이거나 패킹교환 분해하여 이물질 제거
흡입펌프가 작동되나 처리수가 적게 흡입될때	1. 필터막 오염 2. 송풍기 고장	(공기세정 또는 화학약품세정) (차아염소산나트륨+가성소다) 수리 또는 교환
운전판넬의 표시램프가 점등되지 않을때	1. 전원이 공급되지 않음 2. 휴즈단락 3. 램프단락 4. 기타 전장품 고장	전원공급 과부하원인조사후 휴즈교환 램프교환 수리 또는 교환



## 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) | 분뇨마쇄소독장치

### 장비의 주요 구성도



### 작동 및 사용방법

탱크로부터 직접 선외로 배출하고 배출 밸브는 개방 상태를 유지하여야 한다.

- ① 급수밸브를 항상 열어두고 물 탱크에 세척수의 양을 확인. (물 없이 운전할 시 순환펌프 고장의 원인이 된다)
- ② 사용 후 펌프 작동 스위치를 누르면 마쇄배출펌프가 작동하고 세척수가 분출된다.
  - 세척수가 가득차면 자동으로 밸브가 차단된다.
  - 세척수는 약3~10초 후에 자동으로 정지된다.
- ③ 배출 밸브가 열린 상태이므로, 오물은 분쇄 소독되어 세척수와 같이 탱크 밖으로 배출된다.



## 유지 및 운전

### 1. 일 반

- 가. 변기와 분뇨집합탱크로 구성되는 일체식으로서 분뇨를 선체 외 배출시 본 장치 내에 마쇄, 소독, 저장케 하는 특징을 갖고 있다
- 나. 저장탱크에 약품을 넣고 매 사용 시 마다 세척 스위치를 눌러야 한다

### 2. 약품 투입(약품명 : Calcium hypochlorite(LC-Clean c70))

약품 1/3~1개를 약품통에서 꺼내어 약품투입구를 통해 탱크 내에 넣는다. 약품을 투입하지 않을시 배출되는 오수 속에 세균(대장균)이 죽지 않아 환경오염 및 2차 감염의 원인이 된다

### 3. 오물 배출방법

- 가. 오물 배출은 규제수역 밖, 혹은 저장시설에 하여야 한다.
- 나. 투시창을 통하여 탱크에 오물이 채워졌는지 확인하고, 가득 채워졌을 시 선외 밸브를 열어 선외로 배출시킨다.
- 다. 규제수역 밖에서는 항상 배출밸브를 열고 운전 한다
- 라. 육상시설로 배출 시는 오수배출펌프(육상배출펌프)를 사용 한다

### 4. 청소 및 동절기 사용 방법

- 가. 변기와 탱크 내부의 청소를 위해서는 약품투입구로 세척호스를 연결하여 밸브를 열고, 기계 본체에 물을 채워 소제를 반복하거나 가압호스를 이용하여 탱크내부를 청소한다.
- (규제 수역 내에서는 청소를 위한 배출도 금지하여야 한다)
- 배출측 밸브를 잠그고 본체 탱크에 물을 제 공급하여, 세척 스위치를 3~5회 누른 후 배출 밸브를 열어 오수를 배출시켜 청소한다. 재사용을 위하여 초기수를 채우고 약품을 투입하여야 한다. 동절기 운전 중지 시에는 본 장치를 잘 청소하고, 액체 및 고형물의 제거, 상태를 필히 확인하여야 한다.

## 계획 정비

정비 및 검사항목	점 검 기 간	점 검 내 용
마쇄배출 펌프	필 요 시	누수 여부 점검, 고착 점검
전기장치	수시	진동에 이나 풀림여부
임펠러	6개월	고착, 이물질부착, 마모상태
모터	1개월	고착, 부식예방, 절연상태



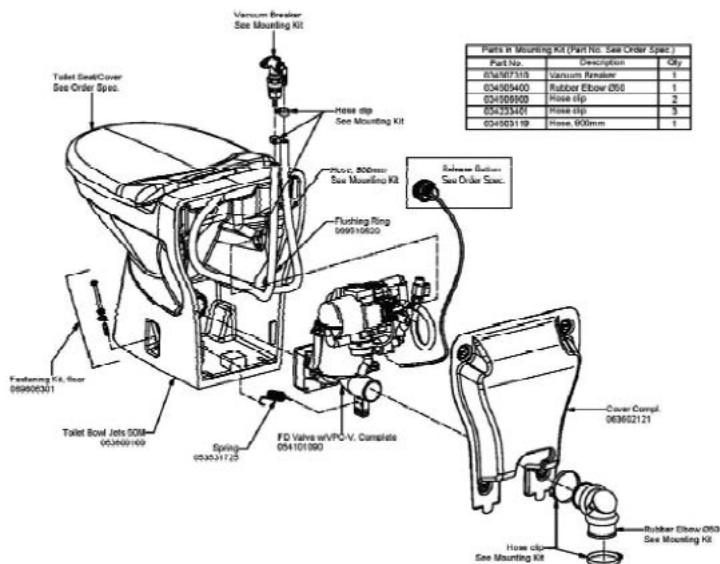
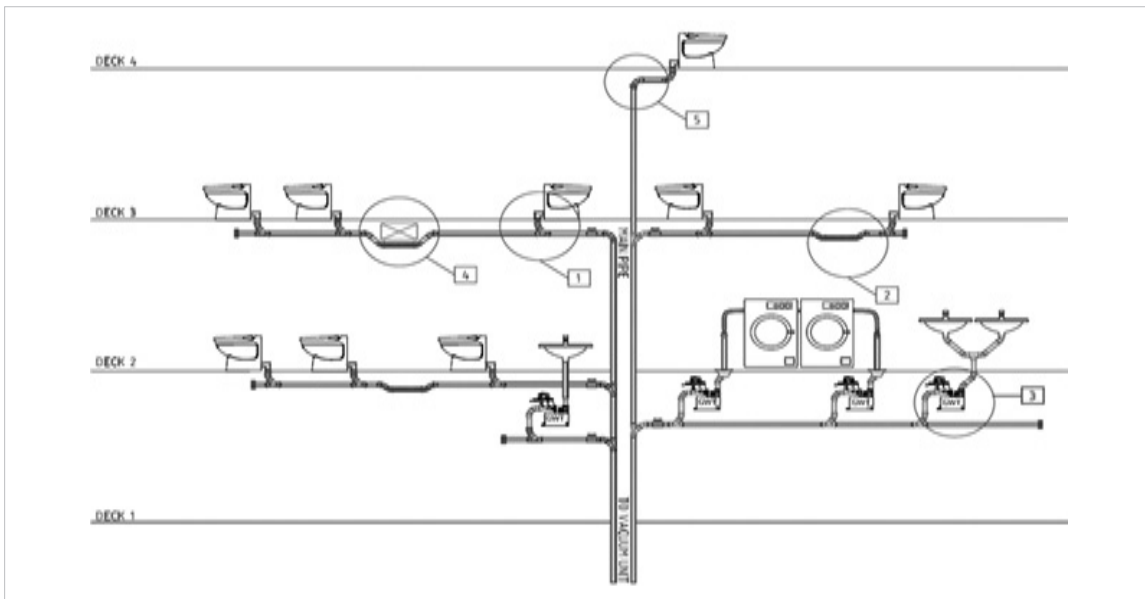
## 고장 및 수리 ※ 비상시 의 장비운전 (규제해역 밖에서만 실시)

고 장 내 용	고 장 원 인	조 치 내 용
전원램프에 불이 안 들어온다	<ul style="list-style-type: none"> <li>전원이 차단됨</li> <li>퓨즈 단선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전원 결선 상태 및 전압 확인</li> <li>교류 전원인 경우 트랜스, 정유기 및 콘덴서 극성등 파손 유무를 확인 후 퓨즈 교환 (퓨즈용량 : 10A)</li> </ul>
펌프/모터가 회전 하지 않는다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>퓨즈 단선</li> <li>시동 S/W 및 타이머 소손</li> <li>모터불량(소손)</li> <li>펌프입구 이물질 걸림</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원인 점검 후 퓨즈 교환 (용량확인)</li> <li>시동 S/W 및 타이머 동작 점검 후 교환</li> <li>결선 상태(쇼트나 단선, 접점 미결선 소손 등) 점검 후 원인제거</li> <li>정유기 콘덴서 파손유무 확인, 교환</li> <li>마쇄배출펌프를 빼내어 입구 쪽에 이물질을 제거하고 수동으로 천천히 돌려 확인 한다</li> </ul>
펌프가 너무 세게 회전하거나 컨트롤박스 타는 냄새가 난다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>입력 전압이 높다</li> <li>컨트롤박스 내의 트랜스출력 전압 오결선 (AC 경우)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>입력전압이 규정내의 전압인지 확인 한다.</li> <li>입력전압에 맞춰 트랜스 입력전압을 맞춘다.</li> </ul>
펌프는 회전하나 세척수의 공급이 원활하지 못하다	<ul style="list-style-type: none"> <li>세척수의 부족으로 펌프 내로 공 기흡입</li> <li>세척수 부족</li> <li>누수</li> <li>펌프흡입 배관 부위의 공기흡입</li> <li>피스톤손상, 이물질이 낀</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>세척수 보충</li> <li>각 부위별 누수상태 및 교환, 배출 밸브 잠김 상태 확인, 배출밸브헤드에 이물질 유무 상태, 확인 및 제거</li> <li>흡입배관 부위점검 및 각 클램프 재조정.</li> <li>펌프측 청소 또는 교환</li> </ul>
세척수가 멈추지 않는다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>시동 S/W, 릴레이, 타이머 불량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원인 점검 후 교환</li> </ul>
펌프는 회전하나 오물이 배출이 안된다	<ul style="list-style-type: none"> <li>배출밸브가 잠겨 탱크가 가득참</li> <li>임펠러손상 (플라스틱)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>배출밸브를 연다</li> <li>임펠러 교환</li> <li>배관이 막혔는지 확인</li> <li>펌프가 역회전하는지 확인</li> </ul>



## 분뇨처리장치(SEWAGE TREATMENT PLANT) | 대변기 및 소변기

### 장비의 주요 구성도



**변기 내부에 이물질을 투입하지 말것**

- 1) 배관 막힘의 원인이 됨
- 2) 진공펌프 고장의 원인이 됨
- 3) 변기 고장의 원인이 됨

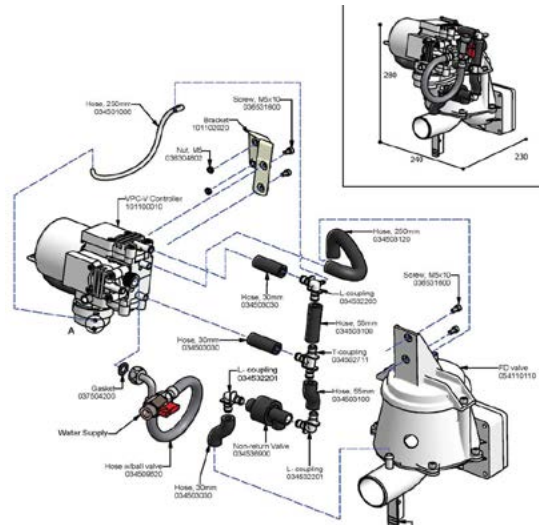




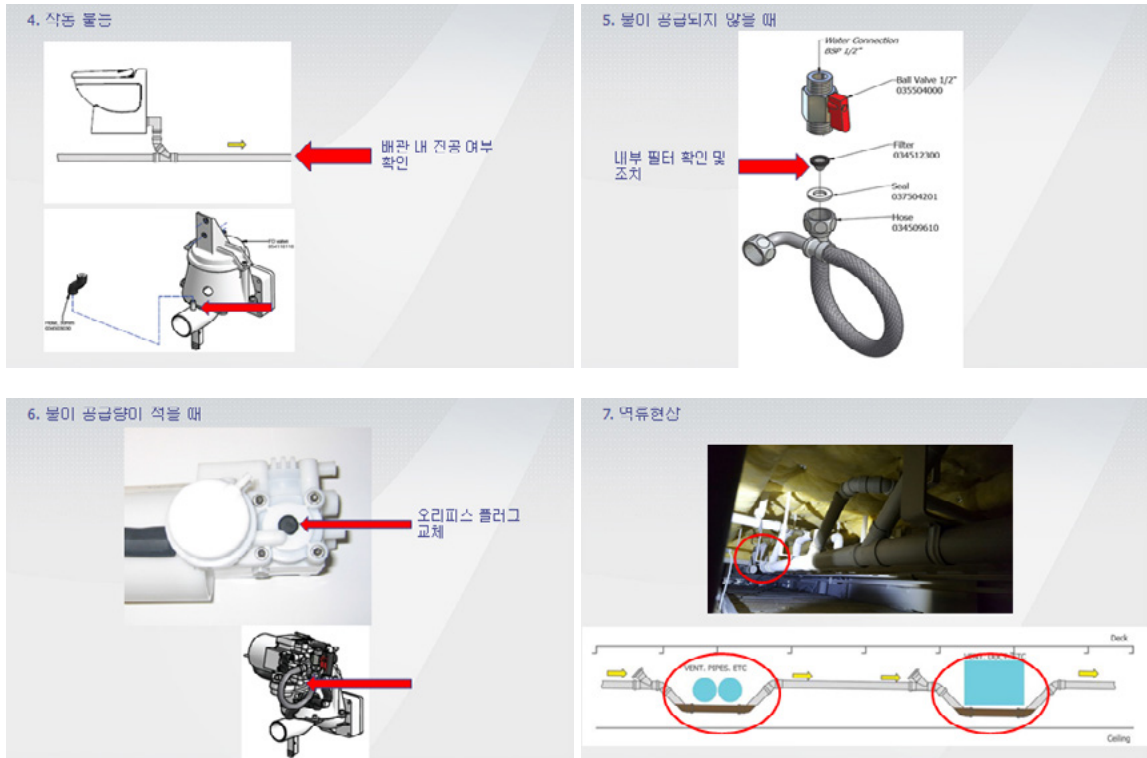
## 유지 및 고장수리

## 현상 및 조치사항-대변기

현 상	조치 사항
1. 물은 공급되나, 배출이 되지 않을 때	Lifting membrane 확인 및 교체
2. 대변기 내부 진공 누진	Shut off membrane 확인 및 교체
3. 작동 불량 및 반복적인 작동	버튼 불량 확인 및 교체
4. 작동 불능	배관 내 진공 여부 확인
5. 물이 공급되지 않을 때	급수 호스측 내부 필터 확인 및 조치
6. 물의 공급량이 적을 때	오리피스 플러그 교체
7. 역류 현상	배관 수정







### 현상 및 조치사항-GWT

현 상	조치 사항
1. 계속적으로 작동	레벨센서 불량 확인 및 조치
2. GWT 작동 불능	ED Valve 이상 유무 확인 전원 유무 확인
3. 오수 배출 불량	GWT 내부 이물질 제거 및 세척





2. GWT 작동 불량

ED Valve 이상 유무  
확인



3. 오수 배출 불량

GWT 내부 이물질  
제거 및 세척



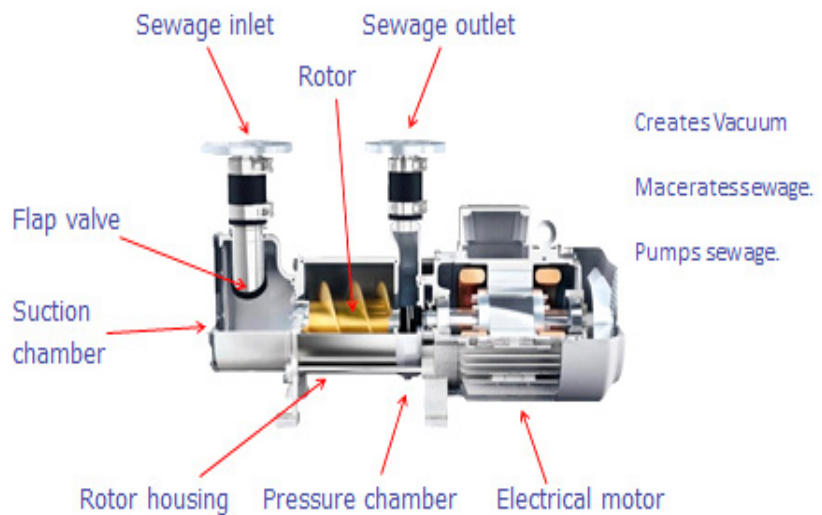
### 현상 및 조치사항-Vacuum unit

현 상	조치 사항
1. 진공형성 불량	펌프 내부 청수 확인 및 보충 오수 배출측 배관 막힘 확인 및 조치 펌프 내부 이물질 확인 및 조치
2. 진공펌프 외 오수 누수	샤프트 씰 교체
3. 과부하 및 경보 발생	내부 이물질 확인 누진 여부 확인 및 조치

### Vacuum unit 30MB-D

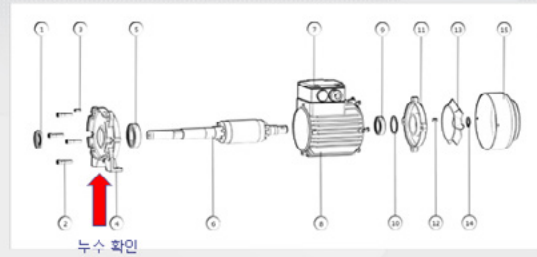


### Vacuamarator 주요 부의 명칭

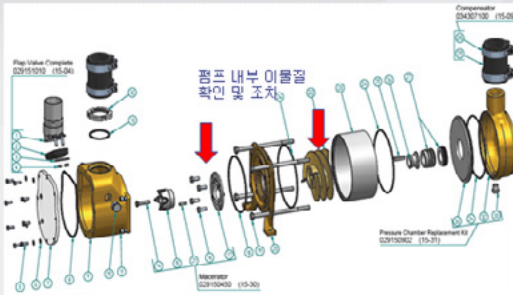




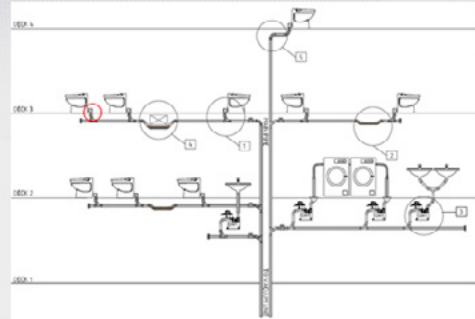
1. 진공펌프 점검 : 펌프 내부 결수 확인 후 보충



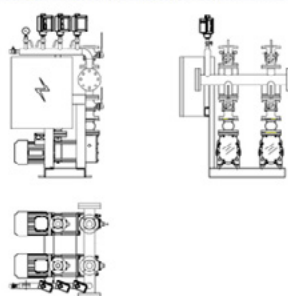
3. 과부하 및 경고 발생 : 내부 이물질 확인 및 조치



3. 과부하 및 경고 발생 : 누진 여부 확인 및 조치



3. 과부하 및 경고 발생 : 누진 여부 확인 및 조치





## 대표 함정 & 주요 장비

### 대표 함정

#### 대표함정



#### 1. 5000톤급 함정 5001함(삼봉호)

- 주요제원 : 145.5×16.5×5.5m
- 최대속도 : 23노트
- 주기관 : MAN B&W 18V32/40  
x 2대
- 헬기 탑재형



#### 2. 3000톤급 함정 3001함(태평양1호)

- ※ 3009, 3010, 3012함 : 하이브리드함 / 3011함 : 훈련함
- 주요제원 : 104.7×15.0×5.4m
- 최대속도 : 21노트
- 주기관 : MAN B&W 16V28/32  
x 4대
- 헬기 탑재형



#### 3. 1500톤급 함정 1501함(제민1호)

- 주요제원 : 77.6×13.5×4.3m
- 최대속도 : 18노트
- 주기관 : MTU 16V1163 x 2대



## 중형함정



### 4. 1000톤급 함정 1001함 (한강1호)

- 주요제원 : 91.0×11.9×3.3m
- 최대속도 : 30노트
- 주기관 : MTU 20V1163 x 3대



### 1. 500톤급 함정 523함

- 주요제원 : 62.2×9.1×2.6m
- 최대속도 : 35노트
- 주기관 : MTU 12V1163,  
16V4000 x 4대



### 2. 300톤급 함정 316함

- 주요제원 : 57×8.5×2.3m
- 최대속도 : 35노트
- 주기관 : MTU 16V4000 x 4대



### 3. 250톤급 함정 279함

- 주요제원 : 53.1×7.3×2.15m
- 최대속도 : 28노트
- 주기관 : MTU 20V538 x 2대



---

## 소형함정



### 1. 200톤급 함정 202함

- 주요제원 : 42×6.8m
- 최대속도 : 27노트
- 주기관 : MTU 16V4000 x 2대



### 2. 100톤급 함정 131정

- 주요제원 : 35×6×2.0m
- 최대속도 : 28노트
- 주기관 : MTU 12V396 x 2대



### 3. 50톤급 이상 P-01정

- 주요제원 : 28.7×5.4×1.2m
- 최대속도 : 28노트
- 주기관 : MTU 16V4000 x 2대



### 4. 30톤급 P-105정

- 주요제원 : 18.7×4.4×1.2m
- 최대속도 : 28노트
- 주기관 : MTU 16V2000 x 2대
- 선체재질 : FRP



## 특수정



### 1. 형사기동정 P-135정

- 주요제원 : 30.3×6.1×1.3m
- 최대속도 : 35노트
- 주기관 : MTU 12V183 x 2대



### 2. 공기부양정 H-09정(87톤)

- 주요제원 : 31.97×15.6m
- 최대속도 : 53노트
- 주기관 : MTU 16V2000, 12V2000 x 4대
- 등판능력 : 6°
- 선체재질 : 알루미늄



### 3. 화학방제함 1함(960톤)

- 주요제원 : 44×10.7m
- 최대속도 : 13노트
- 주기관 : 3512C x 2대
- 기 타 : 유해감지센서, 화학물질분석기



### 4. 방제정 방제22호(300톤)

- 주요제원 : 50.3×10.7×4.3m
- 최대속도 : 12노트
- 주기관 : 3512B x 2대





#### 5. 소형방제정

##### 소형방제S18호(12톤)

- 주요제원 : 13.7×3.9×0.65m
- 최대속도 : 20노트
- 주기관 : 250DGI×2



#### 6. 예인정 예인8호(T-08, 50톤)

- 주요제원 : 21.7×6.1×1.9m
- 최대속도 : 13노트
- 주기관 : 8L23/30AK×2



#### 7. 잠수지원함 (1220톤)

- 주요제원 : 51×12m
- 최대속도 : 14노트
- 주기관 : 3512C×2
- 기 타 : 감압챔버,  
무인원격조종로봇



#### 8. 소방정 소방1호(300톤)

- 주요제원 : 40.8×8.5×1.8m
- 최대속도 : 19노트
- 주기관 : 3516B DITA×2
- 기 타 : 소화펌프(20000ℓ/분) 2대,  
소화포 각 2대



**9. 신형 연안구조정 S-73정(18톤)**

- 주요제원 : 14.3×4.3m
- 최대속도 : 35노트
- 주기관 : 디젤엔진 2대  
(700마력×2)
- 기 타 : 마우스형 조종설비,  
전복시 자가복원

**10. 순찰정 S-03정**

- 주요제원 : 12.2×3.72×0.55m
- 최대속도 : 35노트
- 주기관 : D6 370×2

## 기타 함정

**1. 122구조보트(7.5톤)**

- 주요제원 : 12.2×3.72×0.9m
- 정원 : 10명
- 최대속도 : 40노트
- 주기관 : L6 VERADO×3

**2. 방탄고속보트(7톤)**

- 주요제원 : 11.8×3.48×0.7m
- 정원 : 10명
- 최대속도 : 40노트
- 주기관 : VERADO 250×3
- 선체재질 : 알루미늄,  
조타구역 방탄





### 3. 고속 제트보트

#### 태안-05정(8.4톤)

- 주요제원 : 9.5×3.2m
- 정원 : 8명
- 최대속도 : 35노트
- 선체재질 : 알루미늄



### 4. 모터보트 M-08정(1.2톤)

- 주요제원 : 5.6×2.2m
- 정원 : 5명
- 선체재질 : FRP



### 5. 수상오토바이

#### 부산-08정(1.2톤)

- 주요제원 : 3.67×1.42m
- 정원 : 3명
- 최대속도 : 40노트
- 선체재질 : FRP



## 함정 탑재 주요 장비

### 기관장비



#### 디젤엔진(주기관)

- 형식 : 20V1163M94 등 44종
- 보유대수 : 775대



#### 디젤엔진(보기관)

- 형식 : CUMMINS KTA 50 등 45종
- 보유대수 : 558대



#### 디젤엔진(기타)

- 형식 : CUMMINS NTA 등 4종
- 보유대수 : 5대



#### 구조정 비상발전기

- 형식 : PPN20HM 등 2종
- 보유대수 : 6대





#### 발전기(GENERATOR)

- 형식 : PNJL 등 36종
- 보유대수 : 358대



#### 보일러

- 형식 : BO-200D 등 27종
- 보유대수 : 73대



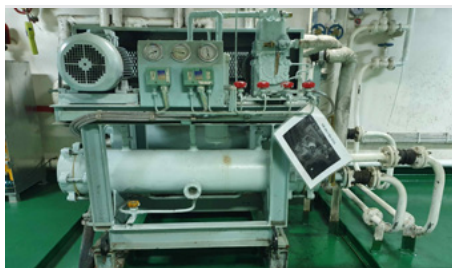
#### 온수 가열기 (HOT WATER CALORIFIER)

- 형식 : BS-300S 등 45종
- 보유대수 : 168대



#### 공기압축기

- 형식 : 2VA-100 등 38종
- 보유대수 : 266대



#### 냉동기 (REFRIGERATING PLANT)

- 형식 : 1000TC 등 55종
- 보유대수 : 207대





#### 청정기(PURIFIER)

- 형식 : FQS-20 등 28종
- 보유대수 : 115대



#### 크레인, 기관실

- 형식 : DEA 1.0 등 9종
- 보유대수 : 15대



#### 감속기(REDUCTION GEAR)

- 형식 : 1EG435R 등 45종
- 보유대수 : 511대



#### 추진축

- 형식 : MTX-205 등 5종
- 보유대수 : 107대



#### 오수 및 분뇨처리 장치

- 형식 : BIO-AEROB-55 등 39종
- 보유대수 : 236대





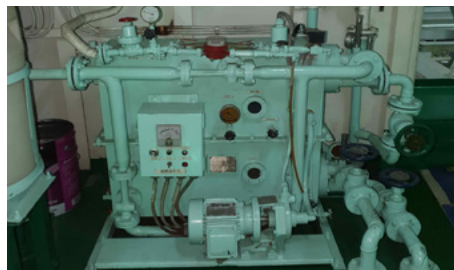
**유수분기기  
(OIL WATER SEPARATOR)**

- 형식 : GRS-02 등 49종
- 보유대수 : 260대



**진공변기 시스템  
(VACUUM TOILET)**

- 형식 : 25MBA 등 20종
- 보유대수 : 147대



**조수기( F.W GENERATOR)**

- 형식 : KRO-100-H 등 13종
- 보유대수 : 33대



**발지추출기(EDUCTOR)**

- 형식 : 14M3/H 등 21종
- 보유대수 : 203대



**자외선 살균기(STERILIZER)**

- 형식 : JS-2000 등 13종
- 보유대수 : 91대





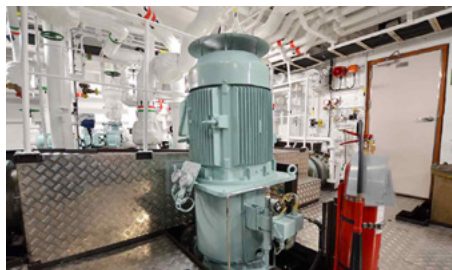
#### 공기 제습기(건조기)

- 형식 : KAD 101 등 7종
- 보유대수 : 21대



#### 펌프, 기어

- 형식 : 101HC FFCG 등 62종
- 보유대수 : 836대



#### 펌프, 원심

- 형식 : 0280-3 EMC 등 223종
- 보유대수 : 2194대



#### 고정식 소화장치

- 형식 : CH-09-003 등 21종
- 보유대수 : 240대



#### 타함 소화장치

#### (EXT. FIRE FIGHTING SYSTEM)

- 형식 : 65FT-ENS 등 18종
- 보유대수 : 105대





**할론 소화기  
(HALON 1301 SYSTEM)**

- 형식 : 1301 등 2종
- 보유대수 : 7대



**헬기 갑판 폼 시스템**

- 형식 : B11300138 등 3종
- 보유대수 : 7대



**유압식 수밀문  
(WATER TIGHT DOOR)**

- 형식 : 1270E008 등 8종
- 보유대수 : 202대



**주배전반  
(MAIN SWITCH BOARD)**

- 형식 : E1304006 등 5종
- 보유대수 : 41대



**변압기(TRANSFORMER)**

- 형식 : DRY/IP-22 등 11종
- 보유대수 : 108대





**육전수전함  
(SHORE POWER CON.BOX)**

- 형식 : JSPCB-001 등 7종
- 보유대수 : 192대



**전원변환기반  
(STATIC INVERTER)**

- 형식 : ACP24100 등 39종
- 보유대수 : 1016대



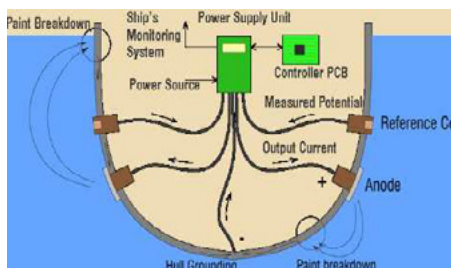
**충방전기반  
(CHARGE AND DISCH. BOARD)**

- 형식 : ESCORT-BC 등 7종
- 보유대수 : 340대



**기관제어 및 경보계통**

- 형식 : STX 엔진 1종
- 보유대수 : 294대



**강제전류 방식장치(ICCP)**

- 형식 : AQ-K20 등 30종
- 보유대수 : 228대



## 갑판 구난 장비



### 해양생성물방지장치(MGPS)

- 형식 : CST-12W 등 5종
- 보유대수 : 57대



### 계선계류장치 (WINDLASS&MOORING WINCH)

- 형식 : AC-14 등 77종
- 보유대수 : 414대



### 예선기(TOWING WINCH)

- 형식 : ARTW-1012 등 22종
- 보유대수 : 35대



### 데비트(DAVIT)

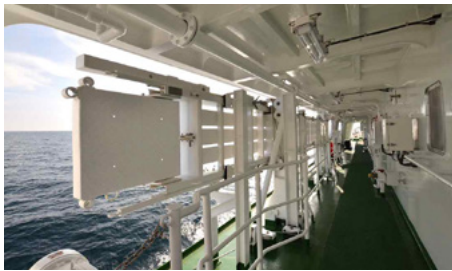
- 형식 : 3.0 TE 등 23종
- 보유대수 : 121대



### 크레인, 갑판(CRANE, DECK)

- 형식 : 12000-3S 등 52종
- 보유대수 : 132대





**현측사다리  
(ACCOMMODATION LADDER)**

- 형식 : A-AC-104 등 20종
- 보유대수 : 64대



**다목적조리기(스팀)**

- 형식 : BM-33 12종
- 보유대수 : 40대



**음식물 분쇄기  
(WASTE DISPOSER)**

- 형식 : DS-C1 등 11종
- 보유대수 : 159대



**음식물 운반기(DUMB WAITER)**

- 형식 : DW-325 등 12종
- 보유대수 : 25대



**헬기 격납고**

- 형식 : ON-HH0-01 등 6종
- 보유대수 : 14대





#### 헬기 급유장치

- 형식 : HRS 2/350 등 5종
- 보유대수 : 24대



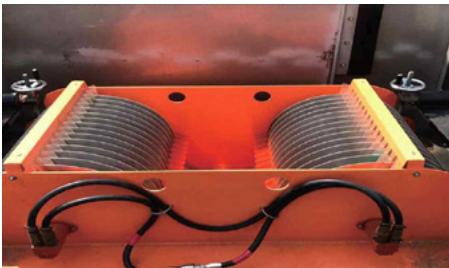
#### 헬기 고박장치 (HELI. LANDING GRID)

- 형식 : KHL-3 등 2종
- 보유대수 : 9대



#### 헬기 안전망(HELI. SAFETY NET)

- 형식 : WJHSN-3 6종
- 보유대수 : 14대



#### BELT SKIMMER

- 형식 : TOBS-50 등 2종
- 보유대수 : 2대



#### 유회수기

- 형식 : 자항식 등 2종
- 보유대수 : 2대





#### 유회수기

- 형식 : VOSS형 등 2종
- 보유대수 : 2대



#### 유처리제 살포기(O.L.D SYSTEM)

- 형식 : CR2-40 등 14종
- 보유대수 : 59대



#### 통풍팬

- 형식 : ACM040-002 등 185종
- 보유대수 : 1452대



#### 선수추진기(BOW TRUSTER)

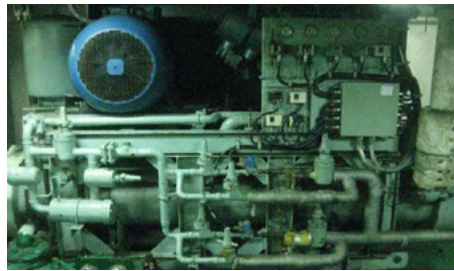
- 형식 : TT1100-CP 등 7종
- 보유대수 : 35대



#### 공기조화기(에어컨)

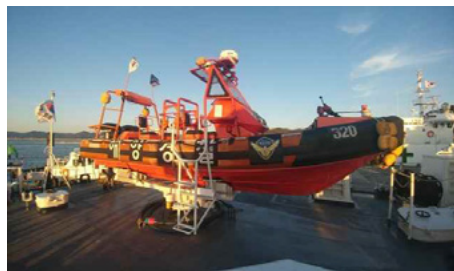
- 형식 : AH-H-77-M1 등 120종
- 보유대수 : 706대





**냉방기  
(WATER CHILLING PLANT)**

- 형식 : PLCA106S 등 11종
- 보유대수 : 62대



**고속단정(5,6,7,10M급)**

- 형식 : 고무튜브형 등 4종
- 보유대수 : 13대



**고속단정(5,6,7,10M급)**

- 형식 : 충전폼형 등 6종
- 보유대수 : 77대



**구조정(RESCUE BOAT)**

- 형식 : DVVMS3 등 8종
- 보유대수 : 12대



**단정(BOAT)**

- 형식 : VOGO 등 29종
- 보유대수 : 68





**선외기  
(OUTBOARD ENGINE)**

- 형식 : 200HP DFI 등 46종
- 보유대수 : 322대



**고속단정 고압분사기**

- 형식 : 소화포 1종
- 보유대수 : 5대



**구명벌(LIFE RAFT)**

- 형식 : FRN-PB-19 등 20종
- 보유대수 : 167대



**감압챔버 시스템**

- 형식 : DCP 100 등 1종
- 보유대수 : 1대



**R.O.V(무인잠수정)**

- 형식 : SEAEYE FALCON 등 1종
- 보유대수 : 1대

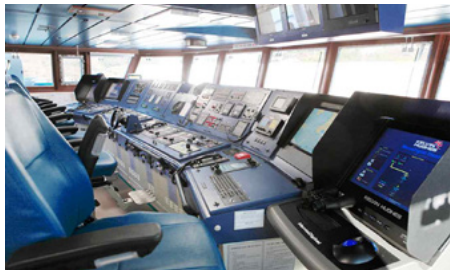


## 항해 통신 장비



### 수중 스쿠터

- 형식 : 레퍼런스 RS 등 1종
- 보유대수 : 1대



### 자동조타 및 자이로 콤파스 (AUTO PILOT&GYRO)

- 형식 : ES-110 등 39종
- 보유대수 : 274대



### 자동조타장치 (AUTO PILOT)

- 형식 : PR-6000 등 4종
- 보유대수 : 6대



### 타기(STEERING GEAR)

- 형식 : DSG25 등 31종
- 보유대수 : 76대



### 기적장치

- 형식 : 130DB 등 31종
- 보유대수 : 252대





#### 레이더(RADAR SYSTEM)

- 형식 : 5000A 등 104종
- 보유대수 : 550



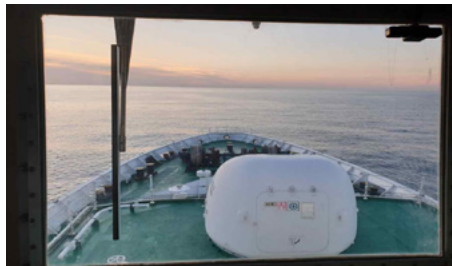
#### 기름감시레이더

- 형식 : SIGMA 6 등 1종
- 보유대수 : 4대



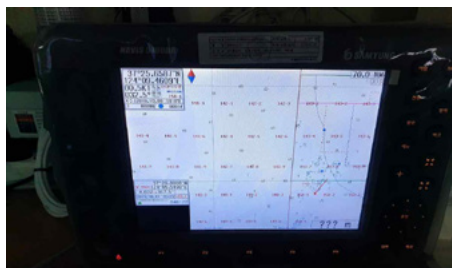
#### 레이더 트랜스 폰더

- 형식 : RT-10 등 3종
- 보유대수 : 46대



#### 선화창(CLEAR VIEW SCREEN)

- 형식 : A-30 등 17종
- 보유대수 : 585대



#### 위성항법장치(G P S 플로터)

- 형식 : DGPS-600 등 76종
- 보유대수 : 602대





### 자기 나침의 (MAGNETIC COMPASS)

- 형식 : 200 등 35종
- 보유대수 : 301대



### 전자해도(ECDIS)

- 형식 : EM-X26C 등 17종
- 보유대수 : 71대



### 측심기(ECHO SOUNDER)

- 형식 : DCF-1016 등 31종
- 보유대수 : 116대



### 풍향풍속 지시기 (WIND INDICATOR SYSTEM)

- 형식 : AI-F1 등 36종
- 보유대수 : 215대



### 함속 측정기(EM LOG)

- 형식 : MK4 등 8종
- 보유대수 : 76대





### 등화관제장치 (LIGHTING SYSTEM)

- 형식 : A2-SR 등 23종
- 보유대수 : 454대



### 비상 차단 밸브 & 조종 박스

- 형식 : PJ739000 등 23종
- 보유대수 : 454대



### 탐조등(SEARCH LIGHT)

- 형식 : KS-1000 등 91종
- 보유대수 : 340대



### 신호용 탐조등

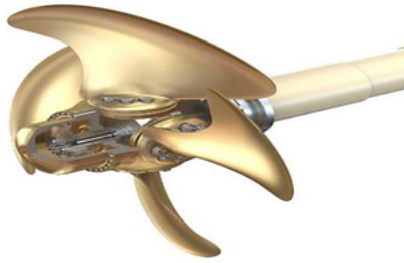
- 형식 : KD-SL-1000N 등 1종
- 보유대수 : 14대



### 야간감시카메라 (NIGHT NAVIGATOR)

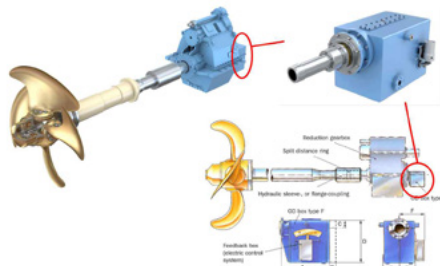
- 형식 : MC-324 등 12종
- 보유대수 : 75대





#### 가변피치 추진기

- 형식 : 55K S/4-310A 등 4종
- 보유대수 : 8대



#### 스러스터(THRUST)

- 형식 : 1100CP 등 28종
- 보유대수 : 108대



#### 워터제트 추진기

- 형식 : HJ364 등 17종
- 보유대수 : 530대



#### 프로펠러(PROPELLER)

- 형식 : MTV-27-1 등 4종
- 보유대수 : 8대



#### 횡요감쇄기(FIN STABILIZER)

- 형식 : ART-08-DSME01 등 14종
- 보유대수 : 61대





#### 폐쇄회로 장치(C.C.T.V SYSTEM)

- 형식 : CCM-343 등 55종
- 보유대수 : 148대



#### 창문소제기(WINDOW WIPER)

- 형식 : JISF-2413 등 26종
- 보유대수 : 616대



#### 경보장치(ALARM RECEIVER)

- 형식 : 31종
- 보유대수 : 353대



#### 사격중지 경보반 (C/F WARING SYSTEM)

- 형식 : JCFWS 등 11종
- 보유대수 : 128대



#### 탱크레벨시스템 (TANK LEVEL SYSTEM)

- 형식 : FM-2H-WS 등 13종
- 보유대수 : 174대





#### 광역위성통신망(KOSNET)

- 형식 : CSAT-300AK 등 3종
- 보유대수 : 73대



#### NAVTEX 수신기

- 형식 : NR-30 등 7종
- 보유대수 : 176대



#### 위성TV장치(SAT-TV RECEIVER)

- 형식 : TAC-92 등 6종
- 보유대수 : 45대



#### SSB 송수신기

- 형식 : HSD-1230 등 16종
- 보유대수 : 143대



#### VHF 송수신기 (VHF TRANSCEIVER)

- 형식 : AM-95K 등 43종
- 보유대수 : 909대





#### UHF 송수신기

- 형식 : GRC-171 등 2종
- 보유대수 : 5대



#### 함내 방송장치 (PUBLIC ADDRESS SYSTEM)

- 형식 : AVR-4308 등 73종
- 보유대수 : 246대



#### 선내 네트워크 시스템

- 형식 : 네트워크 1종
- 보유대수 : 7대



#### 자동기상 관측장비

- 형식 : 602-6B 등 1종
- 보유대수 : 3대



## QR 코드 관리(함정 탑재 장비 작동 및 운용법)

				
항해장비 작동법	자이로컴퍼스 수정방법	레이더 작동법	VHF통신기 사용법	항공유급유장치 작동법
				
갑판크레인 작동법	갑판디젤엔진 병렬 운전법	구멍뚫목 투하시연	오일펜스 (고형식) 설치법	유회수기 (강체형) 설치법
				
고속단정 작동법	단정 운용법	단정 기어오일 교체방법	단정 엔진오일 교체 방법	단정 연료필터 교체 방법
				
단정 오일필터 교체 방법	단정 스파크 플러그 교환법	단정 허브 및 프로펠러 교체	연안구조정 운용법	연안구조정 워터제트 운용법



				
주기 시동법	발전기 자동 병렬 운전법	주기관 밸브간극 조절법	주기관 윤활유 교환법	역삼투압식 조수기 작동법
				
주기관데이터 송수신불량 1탄	주기관데이터 송수신불량 2탄	추진기 제트 셋업 방법	50톤 함정 추진기 판넬셋업	crm엔진 시동 방법
				
mtu 16v2000 구동벨트 교환	mtu 16v2000 밸브간극 조절	mtu 16v2000 인젝터 교환방법	mtu16v2000 엔진 시동 방법	청수쿨러 소제 방법
				
유수분리기 이용 빌지 이송 방법	공기호흡기 (ABA)착용법	소방장비 사용법	배수펌프 사용법	화로 추적 및 해석
				
로프 매듭법	버니어캘리퍼스 사용법	전기회로 보는 방법	멀티테스터기 사용법	후크미터 교류전압 측정법



# 해양경찰청

## 함정장비 고장 사례집

발행 | 2019년 12월

발행처 | 해양경찰청

주소 | 21995 인천광역시 연수구 해돋이로 130

전화 | 032-835-2000

홈페이지 | [www.kcg.go.kr](http://www.kcg.go.kr)

디자인·인쇄 | 드림기획

인천광역시 연수구 인천타워대로 323 센트로드 C동110호

032-875-0061

### 함정장비 고장 사례집 편찬위원회

---

편찬위원장 | 장비관리과장 총경 박상욱

편찬총괄 | 경정 장윤석, 경사 박인수



**해양경찰청**  
KOREA COAST GUARD

Copyright©2019, By Korea Coast Guard. All Right Reserved.  
국가기록물 발간등록번호 : 11-1532000-000025-14

이 책은 해양경찰청의 허락 없이 이 책에 수록된 내용을 어떠한 형태나 수단으로 이용할 수 없습니다.  
또한 내용의 일부 혹은 전체를 변경하거나 복제할 수 없습니다.