

# Daljinsko nadziranje osjetnika glavnog brodskog pogonskog stroja

---

**Miletić, Matko**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:756360>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-03**



**Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**  
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET

MATKO MILETIĆ

**DALJINSKO NADZIRANJE OSJETNIKA GLAVNOG  
BRODSKOG POGONSKOG STROJA**

Završni rad

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
POMORSKI FAKULTET

**DALJINSKO NADZIRANJE OSJETNIKA GLAVNOG  
BRODSKOG POGONSKOG STROJA**

**REMOTE CONTROL OF SENSORS ON MAIN SHIP  
PROPULSION**

Završni rad

Kolegij: Automatizacija brodskih sustava

Mentor: Doc. dr. sc. Miroslav Bistrović

Student: Matko Miletić

JMBAG: 0112073371

Studentski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

Rijeka, kolovoz, 2022.

Student/studentica: Matko Miletić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112073371

## IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom „**DALJINSKO  
NADZIRANJE OSJETNIKA GLAVNOG BRODSKOG POGONSKOG  
STROJA**“

Izradio/la samostalno pod mentorstvom

Doc. dr. sc. Miroslav Bistović


Te komentorstvom \_\_\_\_\_

Stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke \_\_\_\_\_

(Naziv tvrtke)

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezo/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



(potpis)

Matko Miletić

Student/studentica: Matko Miletić

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112069725

**IZJAVA STUDENTA – AUTORA  
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA**

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica



(potpis)

Matko Miletić

## SAŽETAK:

U modernom dobu čovjek koristi nove tehnologije, kao i mjerne sustave kako bi mu olakšali rad s brodskim glavnim pogonskim strojem. Danas se koristi tehnologija za daljinsko nadziranje rada motora s udaljenih i različitih mjesta. Na tim se mjestima prikazuju sakupljeni podaci sa senzora, koji daju osoblju uvid u sam rad motora. Ako su parametri previsoki ili niski, pale se alarmi. Po potrebi osoblje optimizira rad, odnosno predviđa mogući zastoj broskog pogonskog stroja, te tako zaustavlja rad stroja. Ovaj rad prikazuje nove sustave za mjerenje senzora.

**Ključne riječi:** mjerni sustavi, daljinsko nadziranje, parametri, senzori

## SUMMARY:

In the modern age, man uses new technologies as well as measurement systems to facilitate his work with the ship's main propulsion engine. Today, technology is used for remote monitoring of engine operation from remote and different locations. In these places, the collected data from the sensors are displayed, which gives the staff an insight into the operation of the engine itself. If the parameters are too high or low, alarms are triggered. If necessary, the staff optimizes the work, i.e. predicts a possible stoppage of the ship's propulsion engine, thus stopping the operation of the machine. This paper presents new sensor measurement systems.

**Keywords:** measuring system, remote monitoring, parameters, sensors

# Sadržaj

<b>1. UVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>2. OPĆENITO O OSJETNICIMA.....</b>	<b>9</b>
<b>3. VRSTE OSJETNIKA.....</b>	<b>9</b>
3.1. OSJETNICI TEMPERATURE .....	10
3.2. TERMOPAROVI .....	10
3.3. OSJETNIK RAZINE.....	11
3.4. OSJETNICI TLAKA.....	12
3.5. OTPORNI TEMPERATURNI OSJETNICI .....	14
<b>4. OSJETNICI PROTOKA .....</b>	<b>15</b>
4.1. MJERENJE PROTOKA RASHLADNE VODE .....	15
4.2. ELEKTROMAGNETSKI OSJETNIK.....	15
4.3. MJERENJE KOLIČINE ZRAKA .....	15
4.4. OSJETNIK BRZINE VRTNJE .....	15
4.5. MJERENJE PROTOKA GORIVA .....	16
<b>5. KALIBRACIJA MJERNIH OSJETNIKA .....</b>	<b>16</b>
5.1. OTPORNIČKI TEMPERATURNI OSJETNICI .....	16
5.2. KALIBRACIJA TERMOPARA .....	17
5.3. KALIBRACIJA OSJETNIKA RAZINE.....	18
5.4. KALIBRACIJA OSJETNIKA TLAKA.....	19
<b>6. SUSTAVI ZA MJERENJE PARAMETARA BRODSKIH SUSTAVA.....</b>	<b>20</b>
6.1. SUSTAV ZA MJERENJE ULJNIH PARA U CILINDRU .....	20
6.2. KUTIJA ZA PRIJENOS PODATAKA.....	22
6.3. SUSTAV ZA MJERENJE ISTROŠENOSTI LEŽAJA .....	22
6.4. OSJETNIK VODE U ULJU.....	23
6.5. OSJETNIK TEMPERATURE GLAVNOG BRODSKOG LEŽAJA .....	24
6.6. OSJETNIK UDALJENOSTI.....	25
6.7. SUSTAV ZA MJERENJE VIBRACIJA.....	25
6.8. SUSTAV ZA MJERENJE SNAGE I OKRETNOG MOMENTA GLAVNOG BRODSKOG MOTORA.....	26
6.9. SUSTAV ZA MJERENJE TLAKA U CILINDRU GLAVNOG BRODSKOG MOTORA .....	27
<b>7. OPIS SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA I NADZORA.....</b>	<b>30</b>
7.1. TIPOVI KANALA ZA NADZOR .....	30
7.2. ANALOGNI KANALI.....	31
7.3. BINARNI KANALI .....	32

<b>8. PARAMETRI KOJI SE JAVLJAJU TIJEKOM RADA GLAVNOG BRODSKOM MOTORA .....</b>	<b>32</b>
<b>9. ZAŠTITA GLAVNOG BRODSKOG MOTORA .....</b>	<b>33</b>
9.1. SLOW DOWN FUNKCIJA .....	33
9.2. SHUT DOWN FUNKCIJA .....	33
<b>10. ZAHTJEVI ZA OSJETNIKE GLAVNOG BRODSKOG MOTORA.....</b>	<b>34</b>
<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>35</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>36</b>
<b>SLIKE.....</b>	<b>Pogreška! Knjižna oznaka nije definirana.</b>
<b>TABLICE.....</b>	<b>38</b>
<b>GRAF.....</b>	<b>38</b>



## 1. UVOD

Brodovi su se razvijali stoljećima, od jedrenjaka i parobroda, pa sve do modernih trgovačkih brodova čija dužina može biti i do 300 metara. U modernom svijetu s porastom stakleničkih plinova, rast cijena goriva, te raznih propisa koje brodar mora zadovoljiti, cilj je postao maksimalno smanjiti nepotrebne troškove na samom brodu, odnosno što je više moguće. Najbitnije je povećati kvalitetu upravljanja sustava na samom brodu. Kako tehnologija napreduje, tako se nove tehnologije implementiraju na brodove u cilju povećanja korisnosti i smanjenje troškova.

Čovjek od samog početka traži načine i uz pomoć tehnologije usavršava motor s unutarnjim izgaranjem kao glavnim pogonskim strojem broda. Svaki motor nakon duljeg perioda rada može i ne mora imati kvarove. Čovjek je godinama proučavao, zapisivao i istraživao načine kako smanjiti kvarove u svim spektrima opterećenja dok nije došao do cilja i počeo izrađivati motore koji u skladu s elektronikom dovode motor do odličnih performansi. Smanjila se potrošnja goriva, ubrizgavanje goriva se dovelo do precizne razine, kao i manipulacija ventila za ispuh, odnosno zatvaranje i otvaranje. Gledajući porivni sustav, odnosno pogonski stroj nove implementirane tehnologije su pospješile, ubrzale i olakšale upravljanje sustava, te tako smanjile troškove goriva i potrošnih dijelova. Kako je elektronika sve prisutnija u radu samog motora, tako je daljinsko nadziranje, kao i upravljanje sve prisutnije u strojaricama. elektroničko upravljanje nam dopušta da detaljno upravljamo i prilagođavamo sustav trenutnim opterećenjem, iz toga razloga današnji motori imaju naziv „inteligentni“ motori. Od velike važnosti su senzori koji su bitni u upravljanju i nadziranju sustava. Od velike je važnosti dijagnostika koja nas upućuje u trenutno stanje stroja ili senzora. Nastane li kvar na stroju, časnik stroja to s lakoćom može detektirati i odgovarajućim pristupom riješiti problem, to je sve zahvaljujući daljinskim upravljanjem i nadziranjem.

Pravovremenim reagiranjem i dijagnostikom, izbjegavamo nepotrebne zastoje i štete na porivnom stroju. Isto tako sam sustav ima mogućnost reagirati ako „uoči“ nepravilnosti u radu i određenim funkcijama zaštititi porivni stroj.

Cilj ovog završnog rada je objasniti i prikazati daljinsko upravljanje senzora na brodskom porivnom stroju, kao i nadzor samog stroja pomoću mjernih senzora.

## 2. OPĆENITO O OSJETNICIMA

Uloga osjetnika je pretvaranje fizikalnih veličina (tlak, temperatura, brzina, sila itd...) u odgovarajuće hidrauličke, električne, mehaničke i pneumatske veličine koje koristimo u sustavima upravljanja, automatske regulacije, zaštite i nadzora. Osjetnici imaju odgovarajuće ulazne i izlazne, kao i prijenosne karakteristike.

Mjerni opseg, veličina i područje opisuju ulazne karakteristike:

- Mjerni opseg pokazuje razliku vrijednosti mjernih veličine u mjernom području
- Mjerena veličina je fizikalna veličina koju senzor detektira, te ju pretvara u izlazni signal
- Mjerno područje je skup vrijednosti mjerene veličine u kojoj se koristi određeni osjetnik koristi

Izlazne karakteristike se sastoje od područja mjernog signala, mjernog signala, šuma, izlazne impedancije i vrste izmjenjenog signala.

Područje mjernog signala je vezano za univerzalne veličine izlaznog signala koje su pogodne za ulazne sklopove, mjerni signal je izlazna veličine mjernog pretvornika, koja je najčešće električna iako može biti i mehanička. Mjerni signali mogu biti analogni, kontinuirani, digitalni, binarni i impulsni. Kada se opisuje osjetnik pod opterećenjem to nazivamo izlaznom impedancijom. Također, strujni se signal mjeri u rasponu 0-4 [mA] do +/-20[mA], a naponski se signal mjeri od 0[V] do +/- 10[V].

Prijenosne karakteristike, koje mogu biti dinamičke ili statičke, opisuju ključne ovisnosti izlaznog signala o ulaznom signalu. Mjerni instrument se sastoji od davača signala, pojačala, prijenosnog sustava i pokazivača. Isti ti mjerni instrumenti moraju biti otporni na udarce, precizni i točni u radu, kao i pouzdani.

## 3. VRSTE OSJETNIKA

Podjelu radimo na četiri bitne karakteristike

Vrste mjerenja i prikazivanje:

1. Mjerenje tlaka,
2. Mjerenja temperature,
3. Mjerenja protoka,
4. Mjerenja razine.

Prema načinu rada:

1. Kontaktni – oni se nalaze u kontaktu s mjerenim objektom (barometar),
2. Bez kontakti – ne nalaze se u kontaktu sa mjerenim objektom (Glonass, GPS...).

Izvedbe:

1. Samostalne jedinice, očitavanja su moguća odmah npr. termometar, barometar...
2. Ne samostalne jedinice, izlazna veličina je prilagođena prije same upotrebe

Vrsta izlaznog signala – električni signal (analogni, binarni...).

### 3.1.OSJETNICI TEMPERATURE

Osjetnici temperature se dijele po načinu rada na kontaktne i bez kontaktne, odnosno je li osjetnik u kontaktu sa mjerenim medijem ili nije; a druga podjela je po fizikalnim svojstvima o kojima temperatura ovisi, a dijele se na četiri vrste

Fluid u kojem se nalazi osjetnik, promjenom temperature dolazi do promjene u volumen, tlaku. Kao primjer možemo uzeti termometar. S porastom temperature mijenja se električni otpor (otporni temperaturni senzori), ova vrsta osjetnika je kontaktna. Promjena u energiji zračenja, radijacijski i optički pirometri – bez kontakti. Promjene kontaktnog potencijala između dva različita metala (termoparovi) – kontakti.

### 3.2.TERMOPAROVI

Rad termoparova se temelji na principu termoelektriciteta (termoelektrični efekt). Ako bi dva različita metala spojili krajevima, te ako bi svaki metal grijali na drugačijoj temperaturi, u tom krugu bi potekla struja. Kako su različite temperature na metalima imamo drugačije vrijednosti napona, također i drugačije vrijednosti jačine struje.

Termoparovi imaju širok spektar rada zbog njihove mogućnosti rada na visokim temperaturama, odnosno rad na velikom rasponu temperatura, također robusni su i prihvatljive su cijene. Nazastupljeniji žičani termoparovi koji su najčešće korišteni su željezo-konstantan, bakar-konstantan i krom/nikal-nikal. Kada se navodi par, onaj prvi navedeni metal je pozitivniji. U praksi na brodu se koristi legura termoparova platina/rodij, čiji je temperaturni raspon od 0°C do 1500°C.

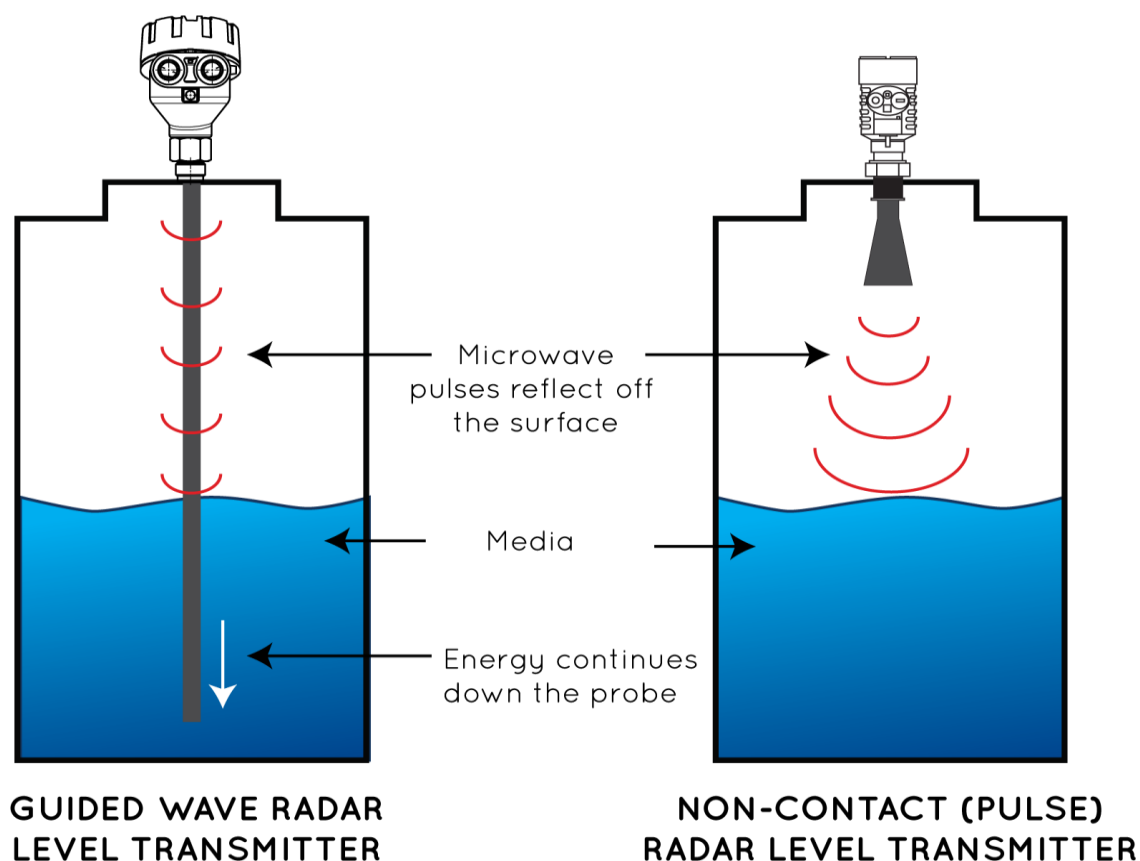


Slika 1. Termopar Platina – rodij

Izvor: <https://www.samaterials.com/content/platinum-rhodium-thermocouples.html>

### 3.3.OSJETNIK RAZINE

Uloga osjetnika razine je nadziranje fluida koji se nalaze u motoru, na primjer razina ulja, rashladne vode itd...koriste se kao indikatori niske i visoke razine. Princip rada osjetnika razine se svodi na kapacitivnost. Kapacitivnost raste ili pada ovisno o tome je li elektroda uronjena ili se nalazi izvan tekućine kojoj mjerni razinu, zbog toga imamo i oscilacije koje nastaju zbog kapacitivnosti, a mogu biti i do 600 kHz. Mjerimo li visoko viskozna goriva na brodu, koristimo dva mikrovalna osjetnika. Takvi se osjetnici sastoje od davača i primača signala. Princip rada je jednostavan, bazira se na vremenskom intervalu gdje se signal odbije od površine kojeg je poslao davač, a primač primio. U ovom slučaju osjetnici sa direktnim dodirrom medija nisu preporučljivi.



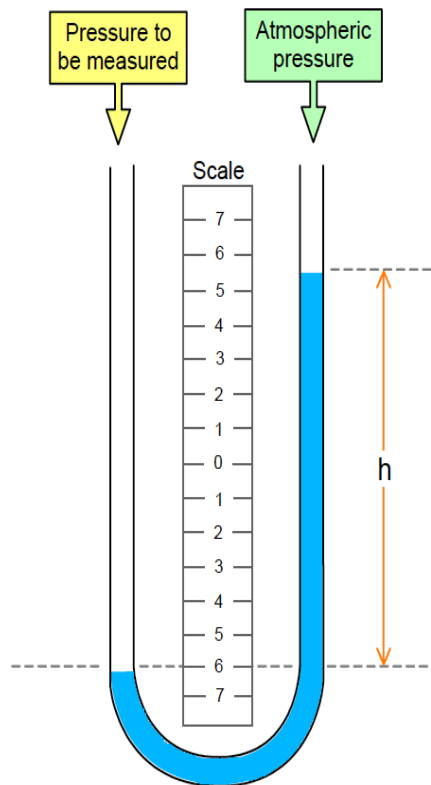
Slika 2. Princip rada mikrovalnog osjetnika razine

Izvor: <https://www.flo-corp.com/2017/12/06/guided-wave-radar-vs-pulse-radar/>

### 3.4.OSJETNICI TLAKA

Ova vrsta osjetnika otkriva anomalije tlaka putem mehaničkih osjetila, to za posljedicu ima određeni pomak. Fizikalna definicija tlaka je omjer sile [N] na jedinicu površine [m<sup>2</sup>]. Mjerenje tlaka je vezano za pomak osjetnog elementa koji je pomaknut zbog narinutog tlaka. Ovi se osjetnici koriste kao prekidači, čija je uloga ukopčati ili iskopčati dio strujnog kruga. To se događa kada se zadana vrijednost prijeđe. Postoji veliki broj inačica osjetnika tlaka. Pažnja će biti skrenuta na

U-manometar i preostat. U-manometar je jednostavan instrument za mjerenje podtlaka, odnosno predtlaka. U-manometar se puni fluidom koji je najčešće živa, a mogu isto tako biti alkohol ili voda. Područje mjerenja se izražava red veličine milimetar [mm], a iznosi od 0 do 100 [mm] stupca tekućine. Mjerenje izvršavamo opažavanjem razine tekućine u oba kraka U cijevi.



InstrumentationTools.com

Slika 3.U-manometar

Izvor: <https://instrumentationtools.com/u-tube-manometer-principle/>

Preostat je uređaj koji se koristi za zaštitu sustava od nad tlaka i pod tlaka kod centrifugalnih pumpi, kotlova i ostalih pumpi tereta.



Slika 4. Preostat

Izvor: <https://www.caleffi.com/croatia/hr/catalogue/presostat-s-rucnim-resetom-625100>

### 3.5. OTPORNI TEMPERATURNI OSJETNICI

Princip rada ovih osjetnika (otpornih temperaturnih osjetnika) temelji se na promjeni električnog otpora s padom ili porastom temperature (**R**esistance **T**emperature **D**etectors – RTD). Kod bakra [Cu] i aluminij [Al], otpor raste s porastom temperature. Porast otpora (gdje temperatura raste za 1°C) iznosi  $\alpha$  (temperaturni koeficijent električnog otpora) ohma [ $\Omega$ ], koji ovisi o tipu materijala od kojega je otpornik napravljen. Metodom Wheatstoneovog mosta koristimo prilikom mjerenja otpora. Izlazni signal osjetnika (RTD) prije same uporabe mora biti pretvoren u električni napon [U] ili u jakost električne struje [A]. Problematiku distorzije signala koja nastaje zbog malene udaljenosti RTD-a od mjerne elektronike, rješavamo kabliranjem.

U današnje doba koristimo osjetnike koji se baziraju na promjeni otpora su Pt-100 osjetnici koji su načinjeni od platine. Njihova kvaliteta se iskazuje u stabilnosti linearne karakteristike u velikom temperaturnom području. Koriste se za mjerenje visokih temperatura, imaju otpornost na razne kemijske tvari i oksidaciju.

Njihov opseg mjerenja je od 260 °C do 650 °C. Izvedba Pt-100 osjetnika čini tanak film platine na keramičko središte, što ga čini pristupačnim po pitanju cijene.



Slika 5. PT-100 senzor

Izvor: <https://www.indiamart.com/proddetail/pt100-temperature-sensor-23237549455.html>

## 4. OSJETNICI PROTOKA

Da bi brodski propulzijski sustav pravilno radio, svi mediji moraju biti dozirani i definirani. Mediji koji se najčešće mjere u sustavima brodske propulzije su more, rashladna voda, teško gorivo (HFO), ulje za podmazivanje, vodena magla (water mist), ispušni plinovi... Protok se mjeri pomoću osjetnika razine. U nastavku će pobliže biti objašnjene metode mjerenja fluida.

### 4.1.MJERENJE PROTOKA RASHLADNE VODE

Kako bi brodska propulzija pravilno radila potreban je sustav rashladne vode. Rashladnu vodu mjerimo pomoću osjetnika protoka s okrenutim klipovima, te prigušenim sredstvima. Pri samom mjerenju većinsku uporabu imaju blenda i sapunica, također korištena je i venturi cijev [6].

### 4.2.ELEKTROMAGNETSKI OSJETNIK

Ako je tekućina električki vodljiva, koristimo elektromagnetski pretvarač. Rad elektromagnetskog pretvarača se temelji na Farady-evog[6] zakona elektromagnetske indukcije. Elektrode koje se nalaze u kontaktu s fluidom koji teče kroz cijev i od jednog para elektromagneta koji se nalaze izvan cijevi.

### 4.3.MJERENJE KOLIČINE ZRAKA

Mjerenje brzine, kao i količine zraka izvršava se pomoću plinskih satova. Plinski satovi imaju okrenute klipove koje se rotiraju u samome kućištu. Broj okretaja tih klipova je proporcionalan protoku plina ili pare. Da odredimo satni protok pare ili plina, potrebno nam je odrediti ukupni, statički i dinamički tlak. Da bi se to postiglo moramo štopati 60 minuta, tek tada vidimo koliko je protok medija. Za to se koristi Prandtlovu [6] cijev, ona se postavlja unutar cijevi.

### 4.4.OSJETNIK BRZINE VRTNJE

Postoje dvije vrste osjetnika brzine, to su optički i induktivni osjetnik brzine. Optički osjetnik radi na principu odbijanja signala. Lako se sele s motora na motor. Induktivni osjetnici



se koriste na dulje vremenske periode, ulje i nečistoća ne djeluje na njihov rad, to jest otporni su. Princip rada se temelji na osjetu metala, a referenca je vijčana matica.

#### 4.5. MJERENJE PROTOKA GORIVA

Mjerenje se vrši u masi, što daje visoku točnost mjerenja. Danas se koriste osjetnici protoka s malim odstupanjem od stvarne potrošnje. Te informacije o protoku pomažu odrediti ekonomičnost motora.

### 5. KALIBRACIJA MJERNIH OSJETNIKA

Brodski sustavi su tijekom operativne uporabe stalno izloženi morskoj soli, vlazi, visokim temperaturama i vibraciji. Kako bi se izbjegle havarije, potrebno je učestalo testirati i kalibrirati mjerne vrijednosti koje su izmjerene i zadanih vrijednosti. Pogrešna mjerna vrijednost se kalibrira i dovodi unutar dozvoljenih granica. Za svaki osjetnik ide poseban pristup kalibracije.

#### 5.1. OTPORNIČKI TEMPERATURNI OSJETNICI

Otpornički temperaturni osjetnici su načinjeni od platine. Temperaturni koeficijent platine nam je poznat, te lako određujemo njegov otpor s porastom temperature. Za temperaturu od 0°C platina ima specifičan otpor od 100 ohma [6]. Uz pomoć tablice ili dijagrama koja nam prikazuje ovisnost temperature osjetnika i otpora, promjena otpora za promjenu temperature od 1°C nam mora biti poznata. Također bitno je imati i kalibracijsku opremu. Za primjer uzimamo PT-100, gdje za 1°C dolazi do porasta otpora za 0,385 ohma [2]. po pitanju kalibracijske opreme, najčešću uporabu imaju uređaji suhe ili mokre kupke, iz razloga što je temperatura tih uređaja lako podesiva. Granica točnosti tolerancije ovih uređaja iznosi 0.1%.

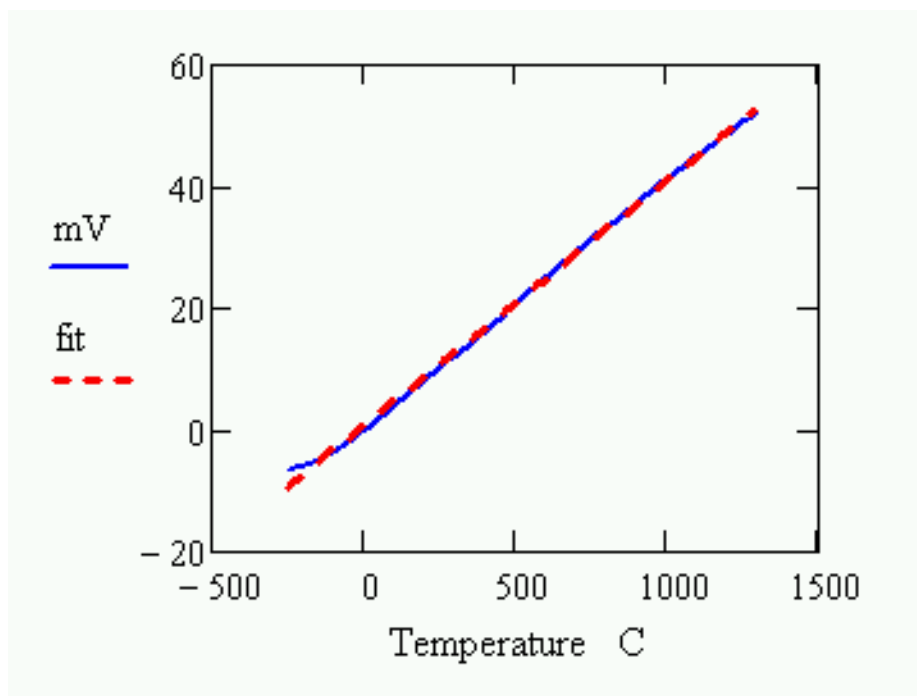
Kalibracija za RTD osjetnik se radi po sljedećim koracima. RTD osjetnik mora biti od spojen, zatim se uranja u kupku koja može biti suha ili slana pri temperaturi od 50°C. Nakon što je RTD uronjen u kupku 10 minuta, temperatura kupke i uređaja je približno jednaka. Na konektore osjetnika se spaja Ohm-metar. Korake ponavljamo isto i za temperature od 100°C i 150°C [Radica], ovisno za koje se temperature RTD koristi. Vrijednosti koje smo dobili uspoređujemo s vrijednostima iz kalibracijske tablice. U slučaju da se izmjerene vrijednosti ne slažu od zadanih za više od 1%, osjetnik se tretira kao da je neispravan i mora se zamijeniti.

RTD u praksi rijetko prelazi izvan zadanih gabarita, odnosno do 0,005°C godišnje[2]

## 5.2.KALIBRACIJA TERMOPARA

Termoparovi imaju sličan proces kalibracije kao i RTD osjetnici, sličnost je u slanoj ili suhoj kupci. Termopar uronimo u kupku i nakon nekog određenog vremena se inducira napon na izlazu uređaja. Napon koji se inducirao, se uspoređuje sa zadanim vrijednostima iz kalibracijske tablice. Razlika između RTD-a i termopara prilikom kalibracije je u pojačalu za adaptaciju signala koji posjeduje samo termopar. Pojačalo posjeduje dva potenciometra koji vrše kalibracije najveće i najmanje vrijednosti, odnosno SPAN i ZERO. Radi više komponenti kod termopara (dva potenciometra), mora se vršiti češća kontrola zbog većih mogućnosti pojave kvara.

Uz svaki termopar dolazi i njegova kalibracijska tablica, gdje osoba ispitivač može usporediti odstupanje izmjerene vrijednosti napona od zadanih vrijednosti.



Graf 1. Kalibracija termopara

Izvor: <https://www.mstarlabs.com/sensors/thermocouple-calibration.html>



°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10
<b>Thermoelectric Voltage in mV</b>											
<b>-270</b>	-6.458										
<b>-260</b>	-6.441	-6.444	-6.446	-6.448	-6.450	-6.452	-6.453	-6.455	-6.456	-6.457	-6.458
<b>-250</b>	-6.404	-6.408	-6.413	-6.417	-6.421	-6.425	-6.429	-6.432	-6.435	-6.438	-6.441
<b>-240</b>	-6.344	-6.351	-6.358	-6.364	-6.370	-6.377	-6.382	-6.388	-6.393	-6.399	-6.404
<b>-230</b>	-6.262	-6.271	-6.280	-6.289	-6.297	-6.306	-6.314	-6.322	-6.329	-6.337	-6.344
<b>-220</b>	-6.158	-6.170	-6.181	-6.192	-6.202	-6.213	-6.223	-6.233	-6.243	-6.252	-6.262
<b>-210</b>	-6.035	-6.048	-6.061	-6.074	-6.087	-6.099	-6.111	-6.123	-6.135	-6.147	-6.158
<b>-200</b>	-5.891	-5.907	-5.922	-5.936	-5.951	-5.965	-5.980	-5.994	-6.007	-6.021	-6.035
<b>-190</b>	-5.730	-5.747	-5.763	-5.780	-5.797	-5.813	-5.829	-5.845	-5.861	-5.876	-5.891
<b>-180</b>	-5.550	-5.569	-5.588	-5.606	-5.624	-5.642	-5.660	-5.678	-5.695	-5.713	-5.730
<b>-170</b>	-5.354	-5.374	-5.395	-5.415	-5.435	-5.454	-5.474	-5.493	-5.512	-5.531	-5.550
<b>-160</b>	-5.141	-5.163	-5.185	-5.207	-5.228	-5.250	-5.271	-5.292	-5.313	-5.333	-5.354
<b>-150</b>	-4.913	-4.936	-4.960	-4.983	-5.006	-5.029	-5.052	-5.074	-5.097	-5.119	-5.141
<b>-140</b>	-4.669	-4.694	-4.719	-4.744	-4.768	-4.793	-4.817	-4.841	-4.865	-4.889	-4.913
<b>-130</b>	-4.411	-4.437	-4.463	-4.490	-4.516	-4.542	-4.567	-4.593	-4.618	-4.644	-4.669
<b>-120</b>	-4.138	-4.166	-4.194	-4.221	-4.249	-4.276	-4.303	-4.330	-4.357	-4.384	-4.411
<b>-110</b>	-3.852	-3.882	-3.911	-3.939	-3.968	-3.997	-4.025	-4.054	-4.082	-4.110	-4.138
<b>-100</b>	-3.554	-3.584	-3.614	-3.645	-3.675	-3.705	-3.734	-3.764	-3.794	-3.823	-3.852
<b>-90</b>	-3.243	-3.274	-3.306	-3.337	-3.368	-3.400	-3.431	-3.462	-3.492	-3.523	-3.554
<b>-80</b>	-2.920	-2.953	-2.986	-3.018	-3.050	-3.083	-3.115	-3.147	-3.179	-3.211	-3.243
<b>-70</b>	-2.587	-2.620	-2.654	-2.688	-2.721	-2.755	-2.788	-2.821	-2.854	-2.887	-2.920
<b>-60</b>	-2.243	-2.278	-2.312	-2.347	-2.382	-2.416	-2.450	-2.485	-2.519	-2.553	-2.587
<b>-50</b>	-1.889	-1.925	-1.961	-1.996	-2.032	-2.067	-2.103	-2.138	-2.173	-2.208	-2.243
<b>-40</b>	-1.527	-1.564	-1.600	-1.637	-1.673	-1.709	-1.745	-1.782	-1.818	-1.854	-1.889
<b>-30</b>	-1.156	-1.194	-1.231	-1.268	-1.305	-1.343	-1.380	-1.417	-1.453	-1.490	-1.527
<b>-20</b>	-0.778	-0.816	-0.854	-0.892	-0.930	-0.968	-1.006	-1.043	-1.081	-1.119	-1.156
<b>-10</b>	-0.392	-0.431	-0.470	-0.508	-0.547	-0.586	-0.624	-0.663	-0.701	-0.739	-0.778
<b>0</b>	0.000	-0.039	-0.079	-0.118	-0.157	-0.197	-0.236	-0.275	-0.314	-0.353	-0.392
°C	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10

Tablica 1. Tablica kalibracije termopara

Izvor: [http://unitech-instruments.com/calibration\\_tables.html](http://unitech-instruments.com/calibration_tables.html)

### 5.3.KALIBRACIJA OSJETNIKA RAZINE

Prilikom kalibracije ovog tipa osjetnika, bitno je poznavati za koji tip fluida se ovaj osjetnik koristi. Svaki fluid ima drugačije dielektrične konstante, pa zbog toga može doći do greške u mjerenju. Zbog ove problematike, ovaj tip osjetnika se uvijek uranja u isti fluid koji on mjeri. Prilikom uranjanja u fluid, kapacitivni osjetnik razine će prikazati veličinu koja se uspoređuje s normativnom. Ako dolazi do odstupanja, odnosno vrijednosti su izvan zadanih, kalibracija se vrši pomoću potenciometra koji je integriran unutar samog kapacitivnog osjetnika razine. Osjetnik razine se koristi kao binarni osjetnik (0 ili 1), odnosno on mjeri, ima li ili nema fluida kojeg on mjeri unutar neke cijevi. Primjer upotrebe je kod dizelskih motora ili glavnog brodskog motora gdje osjetnik prikazuje ima li ili nema ulja za podmazivanje u cijevi.

## 5.4. KALIBRACIJA OSJETNIKA TLAKA

Za kalibraciju osjetnika tlaka potreban je set alata. Unutar samog seta alata se nalaze manometri koji mogu biti analogni ili digitalni, set cijevi s odgovarajućim prirubnicama, te zračna ručna pumpa. Kalibracija se vrši uz sljedeće korake. Prvi korak je da se odsiječe dotok na ventil i od spajanje osjetnika sa cijevi na kojoj on mjeri tlak. Na od spojeni kraj se spaja manometar i pumpa zraka, čija je uloga da se tlak na ulazu poveća. Ako se tlak koji je napravljen na ulazu prijeđe vrijednost, a osjetnik ne reagira, a trebao bi, moramo napraviti kalibraciju. Kalibracija se vrši tako da se unutar kućišta zategne ili opusti vijak koji je odgovoran za postavke tlaka kalibrira.



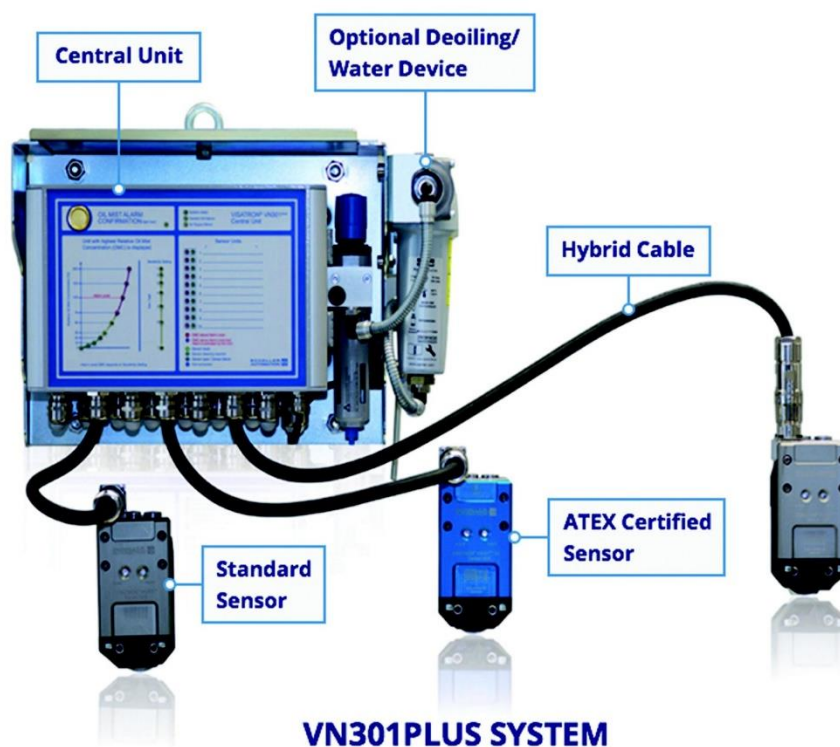
Slika 6. Preostat s ručnim resetom

Izvor: <https://www.caleffi.com/croatia/hr/catalogue/presostat-s-rucnim-resetom-625100>

## 6. SUSTAVI ZA MJERENJE PARAMETARA BRODSKIH SUSTAVA

### 6.1.SUSTAV ZA MJERENJE ULJNIH PARA U CILINDRU

Ovaj se sustav se naziva „Oil mist detector[6]“, a zadaća ovog sustava je nadziranje uljne pare u motoru, odnosno u karteru motor. Povećanjem koncentracije uljnih para u karteru dolazi do eksplozije. Princip rada ovog sustava se temelji na infracrvenom izvoru i prijemu svjetlosti. Unutar samog cijevnog sustava se nalazi vakuum crpka koja uzima zrak, taj se zrak dovodi na infracrveni detektor. Da bi detektor radio ispravno, bez smetnji i nečistoća, njegova je zaštita postignuta s izvorom čistog zraka.



Slika 7. Sustav za mjerenje uljnih para u brodskom cilindru  
(Oil mist detector)

Izvor: <https://www.smtssg.com/schaller-omd/>

Radi boljeg razumijevanja ove tematike, korišten je članak s službene stranice QMI-a[5], koja se bavi detekcijom uljnih para.

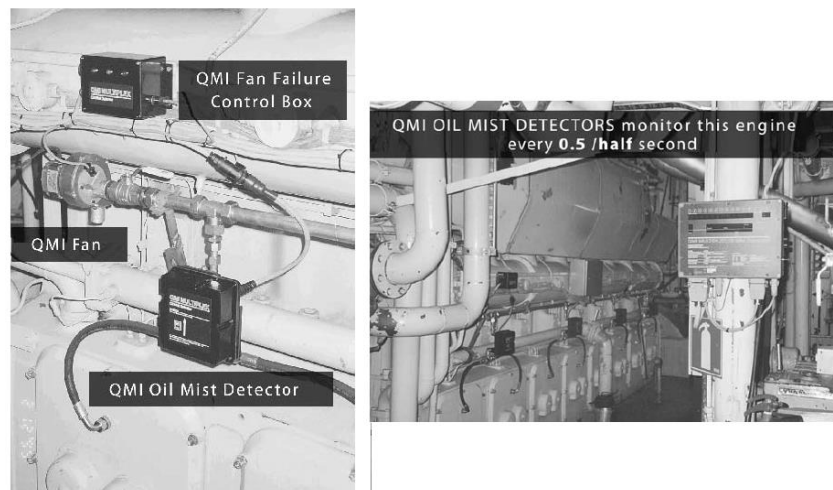
Uljene pare se mogu podijeliti na tri klase, prva klasa uljnih para nije opasnost za rad glavnog motora. Ova vrsta uljnih para nastaje isparavanjem maziva, a kondenzira se na hladnjaku. Bez ove klase uljnih para, mjerni uređaji ne bi pravilno radili. Druga vrsta uljnih para nastaje u

žarišnim točkama koje nastaju zbog trenja u ležajevima, taj se problem može riješiti sa podmazivanjem ležajeva.

Kako je temperatura zbog trenja u ležajevima visoka, možemo odmah zaključiti da se ležajevi troše. Mi sa detekcijom ove vrste uljne pare, zapravo i detektiramo i istrošenost ležaja. Treća vrsta uljnih para je daleko najopasnija od prve dvije vrste. Razlog tome je jer nastaju curenjem iz ubrizgivača goriva. Brzom detekcijom, sustav može spriječiti požar koji nastaje u strojarnici, gdje se nalaze ulja i gorivo koji mogu izazvati havariju.

Najbitnija obilježja koje sustav mora imati za efikasnost detekcije uljnih para su [5]:

1. Sustav mora imati točan i brz odziv. Da bi postigli ove performanse sustava, moramo ugraditi osjetnik na samom izvoru problema, a to je na karter motora kako bi izmjerili razinu uljnih para
2. Nema lažnog alarma. Sustav mora biti „inteligentan“ da razlikuje zaprljanost leća od visoke koncentracije uljnih para
3. Maksimalna razina je postavljena tako da se ne može mijenjati, odnosno razina je fiksna
4. Sustav mora pravilno raditi putem direktnih očitavanja razine sa zasebnog kartera
5. Kalibracija se ne smije raditi sa komprimiranim zrakom
6. Ventili za odvodnju uljnih para ne smiju onemogućiti pravilan rad mjernog sustava, odnosno ne smije biti blokiran dolazak uljnih para na osjetnik
7. Sustav se nalazi u kontrolnoj prostoriji, a ne na motoru.

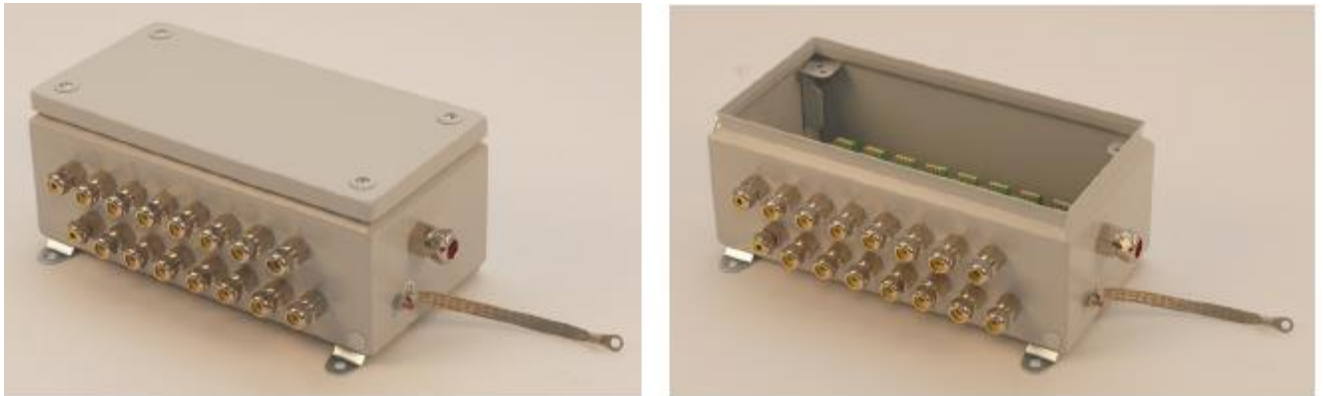


Slika 8. Sustav uljnih para na brodu

Izvor: Oil and mist detection as an aid to monitoring an engine's condition, QMI 2001

## 6.2.KUTIJA ZA PRIJENOS PODATAKA

Kutija za prijenos prima sve podatke sa svih osjetnika priključenih na sistem. Kutija se napaja sa 24 V istosmjernog napona. Kod nekih motora ovaj tip napajanja nije kompatibilan.



Slika 9. Zatvorena i otvorena kutija za prijenos podataka

*Izvor: Dr. E Horn BDMS/BTMS*

## 6.3.SUSTAV ZA MJERENJE ISTROŠENOSTI LEŽAJA

Sustav za mjerenje istrošenosti ležaja uvijek mjeri razmak između osjetnika i križne glave u donjoj mrtvoj točki križne glave. Osjetnik ima sposobnost mjeriti temperaturu prskajućeg ulja. Udaljenost se izražava u X.XX milimetara, te se pohranjuje u unutarnjoj memoriji. Prikupljene se informacije šalju preko sabirnica u kontrolnu prostoriju strojarne. Informacije koje su pristigle one se uspoređuju sa zadanim i analiziraju. Ako su podatci koji su pristigli izvan zadanih normi, pali se alarm koji nas upozorava na odstupanja. Sustav radi po principu da se svi pristigli podatci pohranjuju tijekom rada sustava, te se unutar 24 sata informacije najveće i najmanje vrijednosti pohranjuju u unutarnju memoriju. Životni vijek memorije je 10 godina [1].

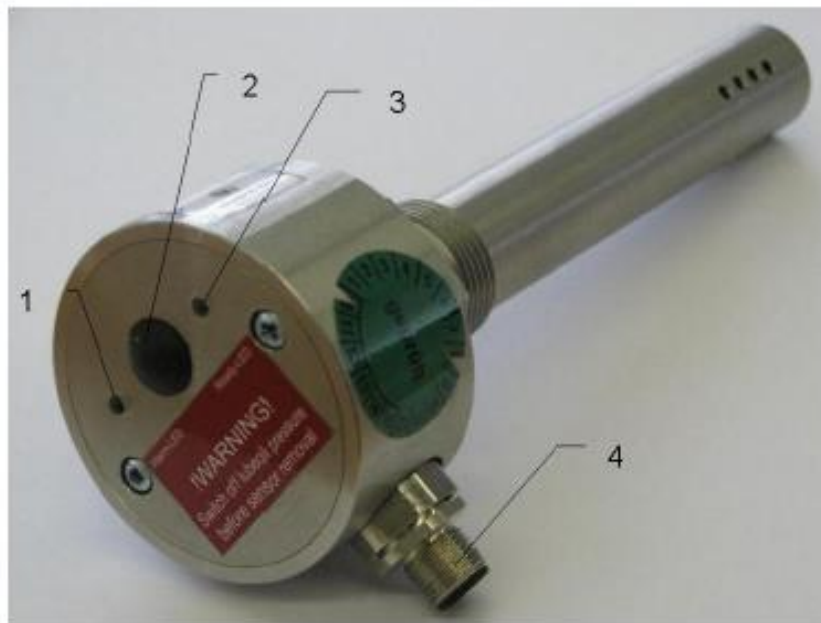
Osjetnici sustava za mjerenje istrošenosti ležaja[1]:

1. Osjetnik vode u ulju
2. Osjetnik temperature glavnog brodskog ležaja
3. Osjetnik udaljenosti

Ovi tipovi osjetnika biti će detaljnije opisani u nastavku ovog rada.

## 6.4.OSJETNIK VODE U ULJU

Uloga ovog osjetnika je da nadzire koncentraciju vode u ulju za podmazivanje brodskog motora. Ako se voda pomiješa sa uljem za podmazivanjem, dielektričnost ulja se mijenja i osjetnik to detektira. Mikroprocesor koji je integriran unutar osjetnika računa količinu vode i upozorava ili aktivira alarm. Osjetnik se postavlja u područje bez turbulencije, iza filtra ulja. Osjetnik na sebi ima dvije LE diode, zelenu i crvenu. Ako zelena LE dioda treperi, a crvena je ugašena, koncentracija vode u ulju je dopuštena. Ako se dogodi da oba dvije LE diode trepere, koncentracija je između dopuštene granice i prekomjerne granice. Ako je crvena LE dioda upaljena, a zelena treperi, koncentracija je prešla dopuštenu granicu.



Slika 10. Osjetnik vode u ulju

Izvor: Dr. E. Horn BDSM/BTMS

Značenje oznaka na osjetniku:

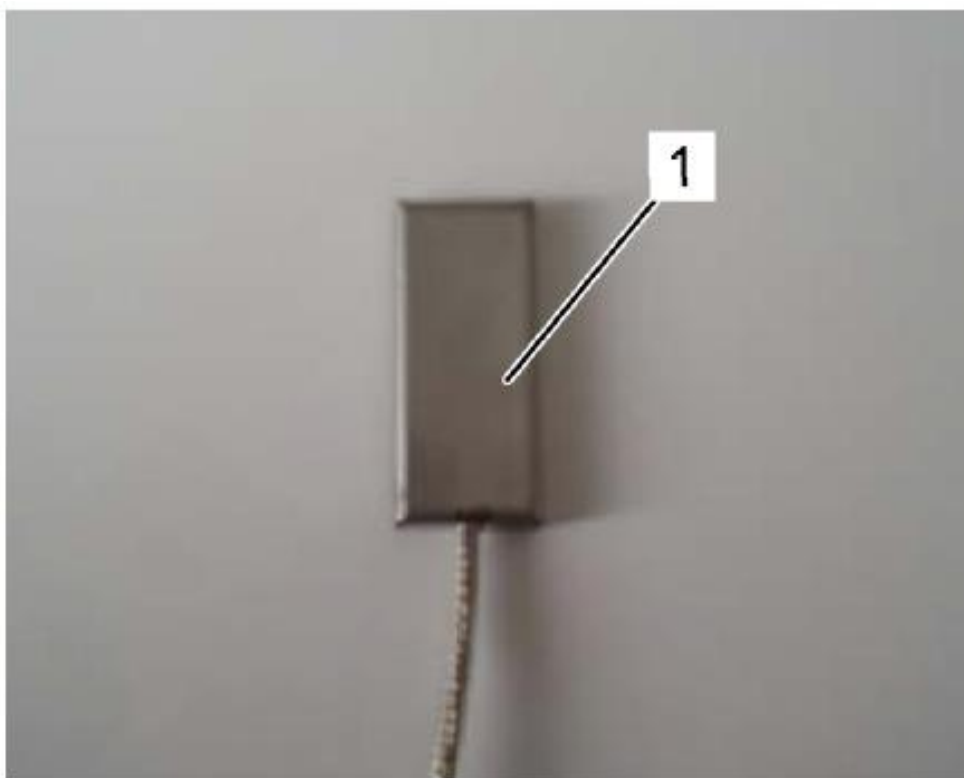
1. Crvena lampica
2. Gumb za provjeru ispravnosti
3. Zelena lampica
4. Napajanje



## 6.5.OSJETNIK TEMPERATURE GLAVNOG BRODSKOG LEŽAJA

Ovaj osjetnik mjeri temperaturu glavnog brodskog ležaja, montira se na nosač glavnog ležaja, zbog svojih malenih dimenzija i magnetskih svojstva montaža je jednostavna. Prag tolerancije ovog osjetnika je  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  [1], te se očitana vrijednost prenosi na indikacijsku jedinicu. Osvježavanje mjerenja se napravi svakih 1500 [ms] [1], maksimalna dopuštena radna temperatura je  $90^{\circ}\text{C}$ .

Ako bi se osjetnik duže izložio visokim temperaturama, on se mora zamijeniti.

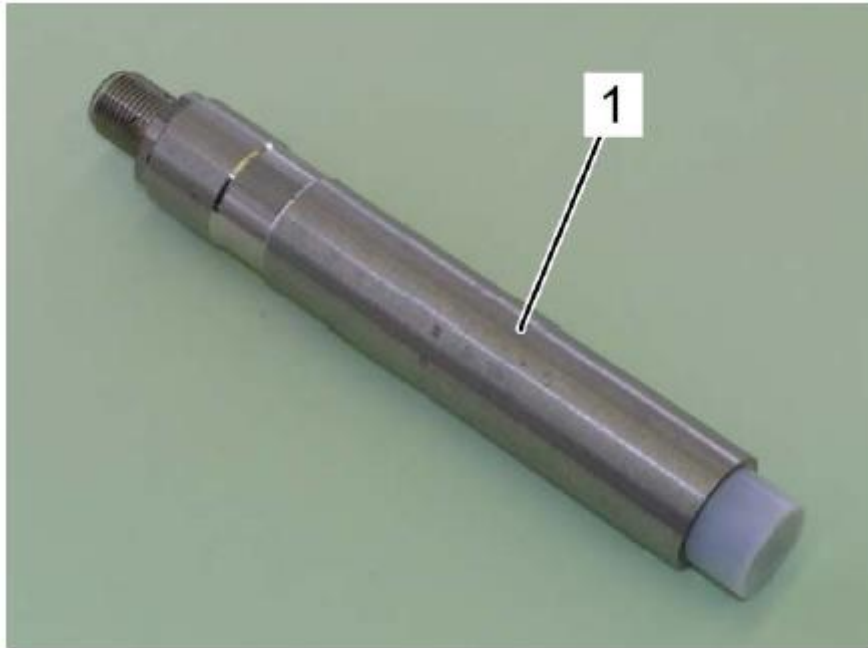


Slika 11. Osjetnik temperature TGL00921

*Izvor: Dr. E Horn BDMS/BTMS E01/2008*

## 6.6.OSJETNIK UDALJENOSTI

Osjetnik udaljenosti se odlikuje sa velikom brzinom mjerenja udaljenosti, domet mu je 5 milimetara, a točnost 0.01 milimetar [1]. Osjetnik montiramo na motor, tako da se nosač stegne. Kako bi instalacija bila uspješna, na osjetniku se nalaze LE diode koje omogućuju instalateru da utvrdi je li desni ili lijevi osjetnik ispravno spojen na mrežu. Osjetnik se može instalirati i s vanjske strane.



Slika 12. Osjetnik udaljenosti IW000184

*Izvor: Dr. E Horn BDMS/BTMS E01/2008*

## 6.7.SUSTAV ZA MJERENJE VIBRACIJA

Za vrijeme projektiranja broda, konstrukcija je osmišljena tako da je što manje podložna djelovanju glavnog brodskog motora, odnosno vibracijama koje on stvara. Nažalost vibracije je nemoguće ukloniti u potpunosti, ukoliko ih se ne sanira može doći do kvara opreme na brodu. Moderni sustavi za mjerenje vibracija automatski otkrivaju kvar kod motora. Ovi sustavi su inteligentni jer imaju sposobnost sami snimati signale vibracije, analizirati te iste signale, prikupljati podatke te ih balansirati.

Dijagnostika je sa ovim sustavima lakša, također, daju nam uvid u pravilan ili nepravilan rad motora. Dijagnostika je u realnom vremenu, a prikupljeni podatci se prenose preko USB

priključka. Na korisničkom sučelju se prikazuju neželjene promjene u vibracijama i daje obavijest.



Slika 13. Sustav za mjerenje vibracije motora, CMT

*Izvor: CMT vibration meter marine, DO-C10003-CT*

## 6.8.SUSTAV ZA MJERENJE SNAGE I OKRETNOG MOMENTA GLAVNOG BRODSKOG MOTORA

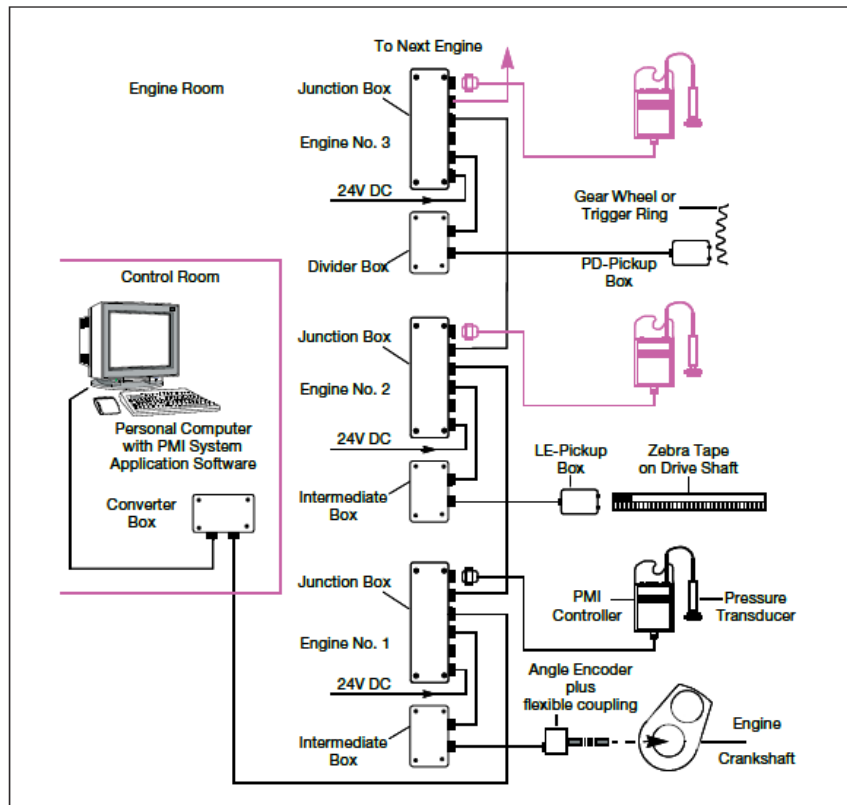
Opterećenja na brodskom motoru mogu biti impulsna i ravnomjerna. Na vratilima brodskog motora mjerimo okretni moment i snagu, te opterećenost. Za dijagnostiku su ovi podatci važni, kako bi smo anulirali nepotrebna opterećenja. Umnoškom okretnog momenta i kutne brzine dobivamo mehaničku snagu koju vratilo prenosi. Instrument za mjerenje snage se zove torziometar.

## 6.9.SUSTAV ZA MJERENJE TLAKA U CILINDRU GLAVNOG BRODSKOG MOTORA

Sustav za mjerenje tlaka uvelike olakšava rad i kontrolu tlaka u cilindrima kod dvotaktnih i četverotaktnih motora. Prednosti sustava su robusnog, preciznost, pouzdana i brza mjerenja, cijeli proces traje do 10 minuta.[3]. ovaj sustav je detaljnije opisan iz primjera „MAN Off-line PMI“[3], sve stavke koje su preuzete iz priručnika[3] su uzete iz razloga da se detaljno pojašni sustav.

Primjer koji je uzet iz priručnika se sastoji od peizo-električnog transduktora koji ima visoke performanse. Peizo-električni transduktor se montira na glavu cilindra, gdje mjeri tlak. Njegovo premještanje s glave cilindra na drugi cilindar se radi ručno. Za točnu promjenu tlaka u cilindru , tlak koji se mjeri s transduktorom mora biti sinkroniziran s gibanjem motora[3]. Sustav se posebno dizajnira, ako je potrebno tlak s gibanjem motora, kako bi mogli podizati koljenasto vratilo. Jedni od načina su putem kutnog kodera „LE“ podizanja i „PD“ podizanja[3].

1. „PD“ podizanje (proximity detector), ovo se izvodi putem para osjetnika blizine, čiji se rad bazira na induktivnom podizanju. Oni detektiraju rotaciju TDC[6] markera i zasebnih zubiju zupčanika koljenastog vratila.
2. „LE“ podizanje (light emitting), bazira se na paru svjetlosnih emitirajućih osjetnika. Oni detektiraju reflektirajuću svjetlost koja se odbija od zebra trake. Traka se nalazi na pogonskoj osovini motora.
3. Kutni koder je jedinica koja se montira na radilicu motora putem fleksibilnih spojki. Sastoji se PD vanjskog pokretanog optičkog diska, koji se nalazi između unutarnjeg izvora svjetlosti i detektora. Ovo je zatvoreni sustav.

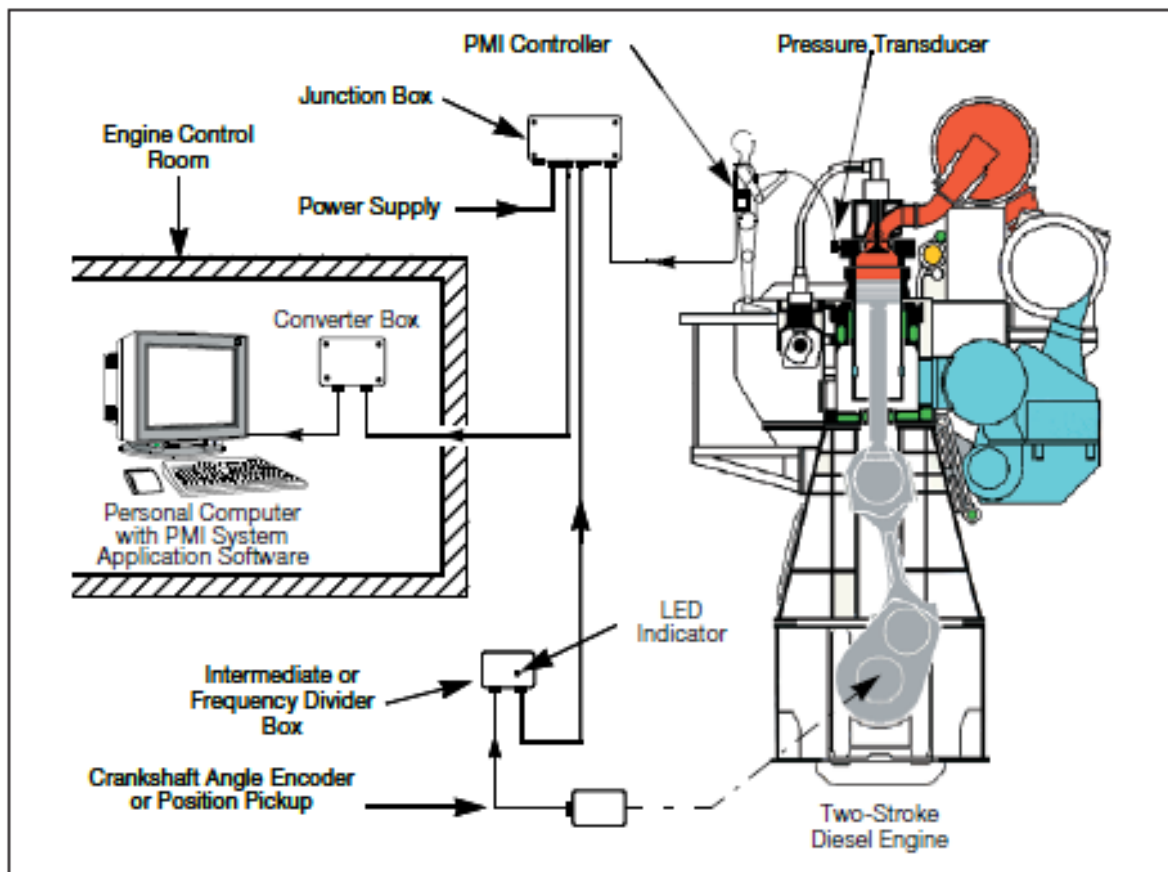


Slika 14. Povezanost PMI sustava s kutnim koderom, „LE“ i „PE“ podizanje

Izvor: User's Guide „Off line PMI System Pressure Analyser“ v2.3

Svaki tip podizanja proizvodi električni impuls s kojim određujemo poziciju koljenastog vratila. Kod kutnog koder se generira broj pulseva kuta, odnosno pozicije po jednom okretaju koljenastog vratila, a kod drugih osjetnika broj pulzacija ovisi će o promjeru pogonske osovine, odnosno broju zuba na zupčaniku.

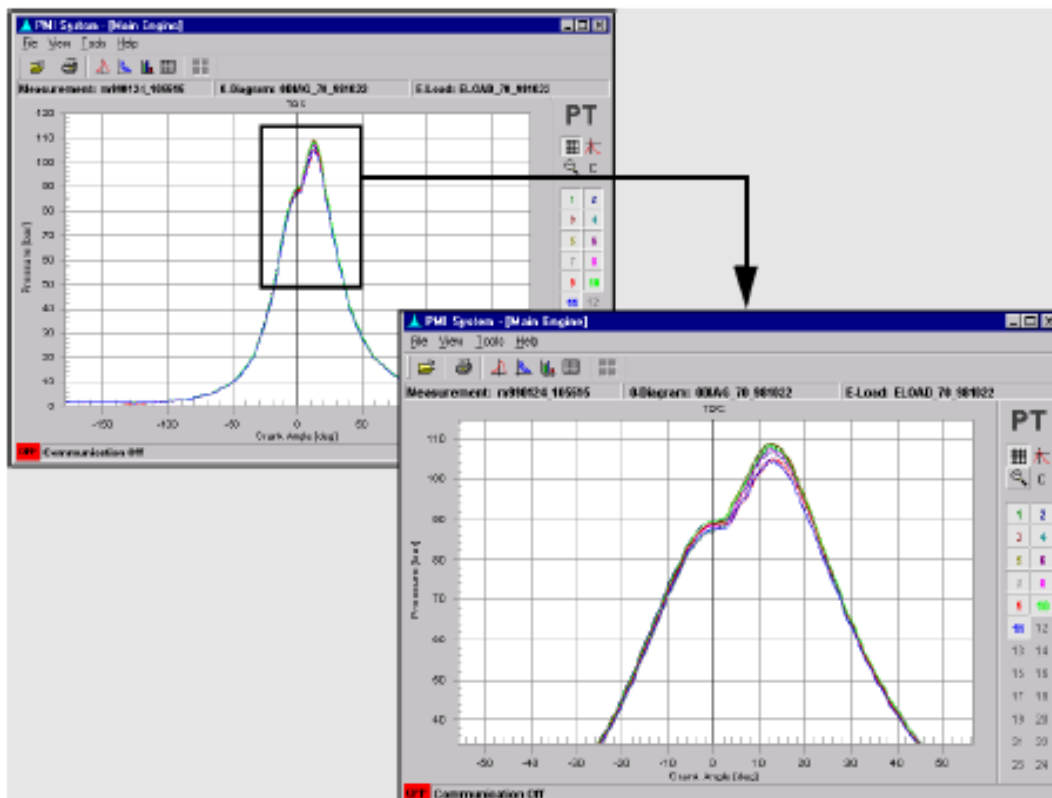
Pulsevi sa motora se dovode na razdjelnik frekvencije, nakon što su se doveli na razdjelnik frekvencije se dovode na razvodnu kutiju. Iz razvodne kutije se prenose preko prijenosnog sustava za mjerenje tlaka. On je pričvršćen na transduktor tlaka koji se može daljinski upravljati. Napajanje je 24 Volta istosmjerne struje, osim prijenosnog kontrolera i transduktora pritiska.



Slika 15. Sustav za mjerenje tlaka u cilindru brodskog motora

Izvor: *User's Guide „Off line PMI System Pressure Analyser“ v2.3*

Dobivena mjerenja se prikupljaju, a kasnije i pohranjuju u bazu podataka sustava za mjerenje tlaka. Pomoću različitih grafičkih prezentacijskih načina možemo pregledati pohranjene podatke. Krivulje ovog PT dijagrama je prikazana preko putnog radnog ciklusa glavnog motora. Isto tako stupanj nagiba koljenastog vratila i tlaka se s lakoćom može usporediti s ostalim krivuljama. Odlika ovog sustava za mjerenje tlaka u cilindrima glavnog brodskog motora je prepoznavanje i praćenje na kojem se cilindru odvija mjerenje tlaka. Dijagrami pomoću alatne trake mogu napraviti određene funkcije, kao što su odabir jedne krivulje povećanje ili smanjenje određenih dijelova grafa.



Slika 16. Povećanje PT dijagrama

Izvor: User's Guide „Off line PMI System Pressure Analyser“ v2.3

## 7. OPIS SUSTAVA DALJINSKOG UPRAVLJANJA I NADZORA

Na brodu mora postojati sustav koji nam omogućuje prebacivanje s automatskog upravljanja na ručni način. Taj proces prebacivanja mora biti popraćen signalizacijom, te lokacijom upravljanja koja može biti na zapovjednom mostu, krilu zapovjednog mosta ...

### NADZOR:

Nadzor se vrši sa upravljačkih mjesta, to može biti lokalno iz strojarnice, odnosno kontrolne prostorije strojarnice, također može se upravljati s krila mosta i s mosta.

### 7.1. TIPOVI KANALA ZA NADZOR

Ovi kanali se koriste za detekciju ili prepoznavanje događaja, odnosno okidanje alarma. Postoje dva tipa kanala za nadzor[2]:

1. Kanal događaja
2. Kanal alarma

Razlika između kanala događaja i kanala alarma je bitna. Ovi kanali imaju različite uloge. Isto tako kanali imaju različite ulazne signale i izlazne signale.

Prve dvije skupne se isto dijele na više podskupina[2]:

1. Tipovi kanala događaja:
  - a. Binarni kanali događaja
  - b. Analogni kanali događaja
  - c. Analogni kanali događaja s histerezom
  - d. Prosječni kanali
2. Tipovi kanala alarma:
  - a. Binarni kanali alarma
  - b. Analogni kanali alarma (indikacijski kanali)

Uloga kanala alarma je da „promatraju“ signale, te da rade provjeru je li stanje alarma ili je normalno stanje. Ako postoji stanje alarma, sve informacije vezane za taj alarm se zapisuju u kanalu alarma. Operater mora prihvatiti alarm, informacije su prikazane do tog trenutka.

Uloga kanala događaja je da se koriste za upisivanje događaja, odnosno statusa informacije rada uređaja. Svi ti događaji se upisuju u alarmne ispise.

## 7.2. ANALOGNI KANALI

Analogni kanali događaja opažaju jedan od dva stanja nekog uređaja. To se temelji na tome je li ulazni signal iznad ili ispod zadane vrijednosti.

Analogni kanali alarma se koriste za nadzor analognih signala. Na primjer signali iz određenih osjetnika (PT-100, termoparovi...). Ako parametar koji se kontrolira i nadzire prijeđe dopuštenu vrijednost ili padne ispod iste, kanal se nalazi u stanju alarma. Isto tako kanal se vraća u normalni status rada, kada se vrijednosti stabiliziraju, odnosno vrte u zadane vrijednosti.

Analogni kanali s histerezom otkrivaju ako se promijenio analogni signal više od zadane histereze.

Analogni kanali nadzora imaju tri analogna signala, a to su A, B i C. B i C su postavljeni na nulu, ako nisu korišteni[2].  $Vrijednost = A + B - C$



### 7.3. BINARNI KANALI

Uloga binarnih kanala je da promatraju senzore binarnog signala, kao i sklopki. Alarm može izazvati zatvorena ili otvorena sklopka, to sve ovisi o postavljenim parametrima. Kanal se nalazi u statusu alarma, ako sklopka ostane uključena dulje od njenog zadanog vremena prekapčanja ili obrnuto. Svi ovi parametri su zadani i kanal to mora prepoznati.

Binarni kanali događaja otkrivaju jednu od dvije zadane vrijednosti. S njima upravljamo putem sklopke ili nekog binarnog ulaznog signala. Binarni kanali koriste jedan ili dva ulazna signala. Ako kanal koristi dva ulazna signala, njihovi se međusobni odnosi opisuju putem logike stanja. Ako je signal visok onda je logičko stanje 1, a ako je signal nizak, logičko je stanje 0[2].

1. I – Izlaz se nalazi u stanju logičke jedinice, ako su kanali A i B u stanju logičke jedinice
2. ILI – Izlaz se nalazi u stanju logičke jedinice, onda ako su ili A ili B ili oba kanalu u stanju logičke jedinice
3. NE (Inverter) – invertira ulazni signal, ako je  $A=1$ , na izlazu imamo logičku nulu
4. Isključivo ILI – Izlaz je u stanju logičke jedinice, ako su kanali A i B različitih vrijednosti
5. Isključivo NILI – Izlaz je u stanju logičke jedinice, ako je izlaz A jednak izlazu B

#### **Primjer korištenja logike:**

I – alarm se oglasio ako je razina ulja u motoru niska i motor se nije pokrenuo

Logička funkcija NILI i logička funkcija I se koriste kao i brojači ciklusa za brojanje binarnog signala. Brojač radi na principu da broji koliko je signal bio u logičkoj jedinici. Konfiguriranjem načina rada, brojač može brojati svaki deseti, stoti impuls, što za uzrok ima veći broj impulsa koji može brojati.

## 8. PARAMETRI KOJI SE JAVLJAJU TIJEKOM RADA GLAVNOG BRODSKOG MOTORA

Da bi svi brodski sustavi radili, nadziranje parametara za vrijeme rada glavnog brodskeg motora je od velike važnosti. Ako se na vrijeme uoči nepravilan rad, odnosno neki parametar koji odskaače od zadanih vrijednosti, pravovremenim reagiranjem možemo smanjiti štetu na glavnom brodskeg motoru na minimum.

Neki od parametara su[2]:

1. Mjerenje protoka ulja za podmazivanje, izraženo je u litri po satu
2. Mjerenje dotoka goriva do glavnog broskog motora, izraženo je u litri po satu
3. Nadziranje prijeđene udaljenosti, svaku nautičku milju koja iznosi 1852 metra daje 200 impulsa
4. Za svaki okretaj motor daje 10 impulsa, a izražava se po broju okretaja glavnog broskog motora

## 9. ZAŠTITA GLAVNOG BRODSKOG MOTORA

Glavni broski motor je „srce“ broda, u slučaju nekakvih promjena u radu, devijacija ili odstupanja od zadanih vrijednosti, odnosno sveukupna performansa rada motora; broski se motor mora zaštititi sa SLOW DOWN i SHUT DOWN funkcijom. Razlika između ovih dviju funkcija jest da slow down funkcija daje alarm ako neki dio sustava izlazi iz zadanih parametara i tako upozorava posadu strojarnice da imaju odstupanje. Shut down funkcija isključuje cijeli blok glavnog broskog motora uz svjetlosnu i zvučnu signalizaciju.

### 9.1.SLOW DOWN FUNKCIJA

Ova funkcija smanjuje broj okretaja za 50%, uzroci mogu biti:

1. OVERSPEED
2. OIL MIST DETECTION
3. Nema ispušnog ventila
4. Pogreška kod podmazivača cilindara

### 9.2.SHUT DOWN FUNKCIJA

Ako se u sustavu sigurnosti glavnog broskog motora pojavi nepravilnost, pneumatskim se putem zatvara dotok goriva do glavnog broskog motora. Svi su motori opremljeni ovim pneumatskih uređajima za zaustavljanje dotoka goriva. Ovisno o težina kvara može se otkazati funkcija „SHUT DOWN“.

Nabrojani su primjeri gdje je moguće otkazati „SHUT DOWN“[4]:

1. Prilikom nepravilnog od spajanja osovinskog generatora tijekom „SLOW DOWN“ funkcije. Zadana vrijednost je 60 sekundi.
2. Ako alarm traje predugo npr. kod hidrauličke jedinice. Zadana vrijednost je 60 sekundi
3. Curenje iz hidrauličke jedinice (visoka razina). Zadana vrijednost 45 l/min

Kako postoji vrijeme unutar kojega možemo otkazati „SHUT DOWN“, isto tako postoji i ne otkazivo vrijeme.. U slučaju gdje ne možemo otkazati funkciju „SHUT DOWN“, članovi posade bi trebali u što kraćem vremenskom periodu otkloniti kvar[4].

1. Prenizak tlak hidraulike tijekom rada glavnog brodskog motora
2. Prenizak tlak ulja za podmazivanje
3. Osjetnici tlaka hidraulike su otkazali

## 10. ZAHTIJEVI ZA OSJETNIKE GLAVNOG BRODSKOG MOTORA

Vrsta broda, stupanj automatizacije strojarnice ovise o tome kakvi će biti osjetnici na brodu, jer to nalažu klasifikacijska društva. Dođe li do problema, odnosno do zastoja dane su najveće dopuštene vrijednosti tijekom „SLOW DOWN“ i „SHUT DOWN“. Ukoliko dođe da se sigurnosni osjetnici trebaju premjestiti ili alarm, brodovlasnik ili klasifikacijsko društvo u skladu s normama daju dopuštenje. Također, ako se neke vrijednosti žele izmjeniti, pismenim putem društvo odobrava ili odbija zahtjev.

## ZAKLJUČAK

Brodovi današnje trgovačke flote u sebi imaju implementirane sustave za daljinsko upravljanje i nadziranje. S time se povećava efektivnost svih sustava, smanjila su se davanja za održavanje, smanjio se broj kvarova zahvaljujući preciznoj dijagnostici, sustavi su postali „pametniji“ te već upozoravaju korisnika, odnosno osoblje da se radni vijek nekog dijela sustava približava kraju ili mu je potreba zamjena. Zbog ove tehnologije upravljanje i nadzor na glavnom brodskom motoru je pojednostavljen. Prednost sustava je jednostavna ugradnja i visoka isplativost.

## LITERATURA

[1] : Dr. E Horn BDMS/BTMS

[2] : LINGSØ MARINE A/S+, Monitoring channel types

[3] : MAN Off line PMI manual, „Item No. 1142959 – 4.7“

[4] : MAN B&W dokumentacija

[5] : QMI, Oil mist detection as an aid to monitoring an engine's condition, [www.oilmist.com](http://www.oilmist.com)

[6] : Wikipedia – [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## SLIKE

Slika 1. Termopar Platina – rodij .....	11
Slika 2. Princip rada mikrovalnog osjetnika razine .....	12
Slika 3. U-manometar.....	13
Slika 4. Preostat .....	13
Slika 5. PT-100 senzor .....	14
Slika 6. Preostat s ručnim resetom .....	19
Slika 7. Sustav za mjerenje uljnih para u brodskom cilindru.....	20
Slika 8. Sustav uljnih para na brodu.....	21
Slika 9. Zatvorena i otvorena kutija za prijenos podataka .....	22
Slika 10. Osjetnik vode u ulju .....	23
Slika 11. Osjetnik temperature TGL00921 .....	24
Slika 12. Osjetnik udaljenosti IW000184 .....	25
Slika 13. Sustav za mjerenje vibracije motora, CMT .....	26
Slika 14. Povezanost PMI sustava s kutnim koderom, „LE“ i „PE“ podizanje..	28
Slika 15. Sustav za mjerenje tlaka u cilindru brodskog motora.....	29
Slika 16. Povećanje PT dijagrama.....	30

## TABLICA

Tablica 1. Tablica kalibracije termopara.....18

## GRAF

Graf 1. Kalibracija termopara.....17