

# Nadzor i kalibracija osjetnika glavnoga brodskoga motora

---

**Radović, Marijan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

*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:187:460528>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-12**



**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**

**MARIJAN RADOVIĆ**  
**NADZOR I KALIBRACIJA OSJETNIKA GLAVNOGA**  
**BRODSKOGA MOTORA**  
**ZAVRŠNI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**  
**POMORSKI FAKULTET**

**NADZOR I KALIBRACIJA OSJETNIKA GLAVNOGA  
BRODSKOGA MOTORA**

**MONITORING AND CALIBRATION OF MAIN MARINE  
ENGINE SENSORS**

**ZAVRŠNI RAD**

Kolegij: Automatizacija brodskih sustava

Mentor: doc. dr. sc. Miroslav Bistrović

Student: Marijan Radović

Studijski smjer: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112081375

Rijeka, rujan 2023.

Student: Marijan Radović

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112081375

### IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom NADZOR I KALIBRACIJA OSJETNIKA GLAVNOGA BRODSKOGA MOTORA izradio samostalno pod mentorstvom Doc. dr. sc. Miroslav Bistović

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

Student



---

(potpis)

Student: Marijan Radović

Studijski program: Elektroničke i informatičke tehnologije u pomorstvu

JMBAG: 0112081375

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



---

(potpis)

## SAŽETAK

U završnom radu su obrađene osnovne karakteristike osjetnika, te njihov princip rada. Također objašnjena je njihova ključna uloga u sveobuhvatnom brodskom sustavu, na koji način poboljšavaju isti, te smanjuju postatak grešaka i samim time nezgoda. Prvo poglavlje čini uvod. Drugo poglavlje obuhvaća općenito o osjetnicima. Od trećeg do šestog poglavlja razrađuju se, te opisuju uloge i kalibraciju pojedinih senzora. U 7. poglavlju je pojašnjen sustav za praćenje udaljenosti i temperature. U 8. poglavlju obrađeno je mjerenje vibracija pogonskih motora. 9. poglavlje govori o Montaži i ugradnji električne opreme. U 10. poglavlju su obrađene zaštite glavnoga stroja, te 11. poglavlju zahtjevi registara za osjetnike glavnoga motora.

**Ključne riječi:** brodski sustav, osjetnici, kalibracija, mjerenje, montaža

## SUMMARY

In the final work, the basic characteristics of sensors and their working principle are discussed. Their crucial role in the comprehensive ship system is also explained, in which way they improve it, and reduce the occurrence of errors and thus accidents. The first chapter is an introduction. The second chapter covers sensors in general. Chapters three to six elaborate and describe the roles and calibration of individual sensors. Chapter 7 explains the distance and temperature tracking system. Chapter 8 deals with the vibration measurement of drive motors. Chapter 9 talks about the Assembly and installation of electrical equipment. In chapter 10, protections of the main machine are processed, and in chapter 11, the requirements of the registers for sensors of the main engine are discussed.

**Key words:** ship system, sensors, calibration, measurement, installation

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	OPĆENITO O OSJETNICIMA .....	2
3.	OSJETNICI TEMPERATURE.....	2
3.1	Senzori temperature na bazi poluvodiča.....	2
3.2	Otporni temperaturni detektor (RTD).....	3
3.2.1	Kalibracija otpornog temperaturnog detektora .....	3
3.3	Termoparovi.....	4
3.3.1	Kalibracija Termoparova .....	5
3.4	Termistor s negativnim temperaturnim koeficijentom (NTC).....	6
4.	OSJETNICI TLAKA.....	7
4.1	Mjerač naprezanja.....	7
4.2	Piezoelektrični senzori.....	8
4.3	Kapacitivni.....	8
4.4	U-manometar .....	9
4.5	Pirani senzor .....	9
4.6	Bourdonova cijev .....	10
4.7	Kalibracija osjetnika tlaka .....	11
5.	OSJETNICI PROTOKA .....	12
5.1	Osjetnik protoka goriva .....	12
5.2	Osjetnik protoka rashladne vode .....	13
5.3	Osjetnik protoka zraka.....	14
6.	OSJETNICI RAZINE .....	15
6.1	Senzor razine uz pomoć plovka.....	15
6.2	Kapacitivni senzor goriva.....	15
6.3	Ultrazvučni senzor goriva.....	15
7.	Sustav za praćenje udaljenosti i temperature .....	16
7.1	Senzor udaljenosti.....	16
7.2	Senzor vode u ulju .....	17
8.	Mjerenje vibracija pogonskih motora i agregata s generatorom.....	18
8.1	Mjerenje snage/momenta i torzijskih vibracija .....	18
9.	Montaža i ugradnja električne opreme .....	19

9.1	Opća specifikacija za standard izrade.....	19
9.2	Specifikacija montaže.....	19
9.3	Montaža kablskih nosača .....	20
9.4	Kablovi .....	21
9.5	Razvodne kutije .....	21
10.	ZAŠTITE GLAVNOGA STROJA .....	22
10.1	Alarm.....	22
10.2	SLOW DOWN funkcija .....	22
10.3	SHUT DOWN funkcija .....	23
10.4	Blokada kod pokretanja .....	24
11.	ZAHTJEVI REGISTARA ZA OSJETNIKE GLAVNOGA MOTORA.....	24
	ZAKLJUČAK .....	25
	LITERATURA .....	26
	POPIS SLIKA .....	28
	POPIS TABLICA .....	29



## 1. UVOD

Brod je jedna vrlo velika cijelina sačinjena od mnogo sustava i podsustava. Kroz povijest razvoj je dolazio, brodovi su postajali sve robusniji, većeg kapaciteta, brži, i uvijek je postojala potražnja za poboljšanom brzinom i stopama ažuriranja, jasniji, brži zasloni veće razlučivosti, povećana fleksibilnost za proširenje, i veću točnost kroz bolje senzore i kalibraciju. S početkom novog milenija pojavile su se inovacije u svim tim područjima. Novi sustavi visokih performansi koji su razvijeni 2000-ih uvelike su se oslanjali na napredak u općem računalstvu. Hardver je postao moćniji, komunikacijski protokoli poboljšani, a sustavi su postali mnogo fleksibilniji. Moglo bi se priključiti više različitih senzora, a korisnici bi mogli razviti prilagođene algoritme za očitavanje ili kalibraciju senzora i manipuliranje podacima. Time je omogućen izračun novih podatkovnih funkcija koje su u potpunosti integrirane u sustav. Senzori su jedna od najvažnijih komponenti, ne samo broda, već cijelog industrijskog procesa jer daju neprocjenjive podatke o cijeloukupnom sustavu. Praćenjem podataka u stvarnom vremenu moguće je brzo identificirati probleme i izvršiti potrebne prilagodbe kako bi proces tekao optimalno.

## **2. OPĆENITO O OSJETNICIMA**

Osjetnici su uređaji koji otkrivaju i reagiraju na neku vrstu unosa iz fizičkog okruženja. Ulaz može biti svjetlost, toplina, kretanje, vlaga, pritisak ili bilo koji drugi fenomen iz okoliša. Izlaz je općenito signal koji se pretvara u čitljiv zaslon na lokaciji senzora ili se elektronički prenosi preko mreže za očitavanje ili daljnju obradu.

## **3. OSJETNICI TEMPERATURE**

Temperaturne osjetnike dijelimo u više različitih skupina, s obzirom na primjenu i mjesto primjene. Koristiti ih možemo u unutrašnjosti, vani, u cijevima, za kontrolu temperature u različitim napravama za prozračivanje, hlađenje, grijane (HVAC) i drugdje. Neki od najzastupljenijih termoelemenata ugrađenih u osjetnike su: Pt100, Pt1000, Ni1000, NTC, LM235Z, DS18B20. Pomoću potenciometra moguće je kalibrirati te precizno postaviti jedno od 24 temperaturna područja.

Vrste senzora temperature:

1. Senzori temperature na bazi poluvodiča
2. Otporni temperaturni detektor (RTD)
3. Termoparovi
4. Termistor s negativnim temperaturnim koeficijentom (NTC).

### **3.1 Senzori temperature na bazi poluvodiča**

Senzor temperature baziran na poluvodiču obično je ugrađen u integrirane sklopove (IC). Ovi senzori koriste dvije identične diode s temperaturno osjetljivim karakteristikama napona i struje koje se koriste za praćenje promjena temperature. Oni nude linearni odziv, ali imaju najnižu točnost od osnovnih vrsta senzora. Ovi temperaturni senzori također imaju najsporiji odziv u najužem temperaturnom rasponu (-70 °C do 150 °C).

## 3.2 Otporni temperaturni detektor (RTD)

Otporni temperaturni detektor ili RTD mijenja otpor RTD elementa s temperaturom. RTD se sastoji od filma ili, za veću točnost, žice omotane oko keramičke ili staklene jezgre. Platina čini najpreciznije RTD-ove, dok nikal i bakar čine RTD-ove koji su jeftiniji; međutim, nikal i bakar nisu tako stabilni ili ponovljivi kao platina. Platinasti RTD-ovi nude vrlo precizan linearni izlaz na -200 do 600 °C, ali su puno skuplji od bakra ili nikla.



Slika 1. RTD temperaturni osjetnik

Izvor: <https://www.indiamart.com/proddetail/temperature-sensor-rtd-thermocouple-23489821555.html>[24]

### 3.2.1 Kalibracija otpornog temperaturnog detektora

Radi provjere ispravnosti otporničkog senzora potrebna je u prvom koraku tablica ovisnosti otpora o temperaturi senzora, vrijednost promjene otpora za promjenu temperature od 1 C, te odgovarajuća mjerna oprema kojom se mjeri trenutni otpor na vodiču senzora. Normalizirani faktor otpora kod Pt100 senzora iznosi oko 0,385 ohma za svaki stupanj celzijus, što se lako može očitati iz tablice. Da bi se moglo izvršiti ispravno kalibriranje potrebno je posjedovati uređaj „suhe ili mokre kupke“ čija se vrijednost temperature može vrlo precizno namještati. Točnost takvoga uređaja mora biti unutar granice od 0,1%. Jedan takav uređaj prikazan je Slikom 1.



Slika 2. Kalibrator otpornih osjetila

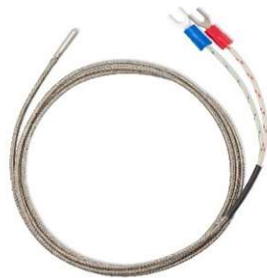
Izvor: <https://www.tequipment.net/Druck/LIQUIDTC165-0-2-K/Temperature-Baths/> [1]

Postupak kalibracije vrši se na način da se odspojeni RTD senzor uranja u kalibracijsku kupku prethodno zagrijanu na  $50^{\circ}\text{C}$  te sačeka vremenski interval od desetak minuta da se temperature senzora i kupke izjednače. Potom na terminale senzora priključuje multimetar (ohm metar). Postupak se ponavlja i za vrijednosti temperature od  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $150^{\circ}\text{C}$  ili neke druge registrom propisane vrijednosti ovisno o tome na kojim temperaturama se koristi senzor. Također, cijeli se ovaj postupak (za sve vrijednosti temperatura) ponavlja tri puta, a vrijednosti otpora zapisuju, te uspoređuju sa propisanim nominalnim vrijednostima. Ukoliko izmjerene vrijednosti odstupaju od nominalnih za  $\pm 1\%$  dati senzor zamjenjujemo novim RTD-om. Ovakav tip senzora sačinjen je od isključivo metalnih vodiča i spojeva s kablovima, zbog čega se ne može podešavati. Praksa, već pokazuje, da će u slučaju kvara imati obilježja kratkog spoja ili otvorenog strujnog kruga. Kalibracija ovog tipa osjetnika moguća je i bez njegovog odspajanja iz strujnog kruga na način da se spojen na sustav automatizacije uranja u kupku i putem korisničke indikacije (monitora kao djela izlazne jedinice automatizacije) provjerava njegova ispravnost. Zbog puno veće pogreške prilikom testiranja, ovakva metoda se ne propisuje, ali zbog mnogo lakšeg izvođenja, se izvodi.

### 3.3 Termoparovi

Termopar se sastoji od dviju žica različitih metala spojenih na dvije točke. Napon struje ovisi o vrstama metala i promjenama između temperatura  $T_1$  i  $T_2$ . Promjenjivi napon stvoren između ova dva različita metala odražava proporcionalne promjene temperature. Termoparovi su

nelinearni i zahtijevaju pretvorbu s tablicom kada se koriste za kontrolu temperature i kompenzaciju, što se obično postiže pomoću tablice za pretraživanje. Točnost je niska, od 0,5 °C do 5 °C, ali termoparovi rade u najširem rasponu temperatura, od -200 °C do 1750 °C.



Slika 3. Prikaz termopara

Izvor: <https://soldered.com/hr/proizvod/j-tip-termopar/>[2]

### 3.3.1 Kalibracija Termoparova

Za kalibraciju temperaturnih senzora na principu termoparova potrebna je kalibracijska kupka kao i kod kalibracije RTD – a. Senzor se uranja u kalibracijsku kupku, te nakon vremenskog intervala potrebnog za potpuno izjednačavanje temperature senzora i kalibracijskog uređaja na izlaznim terminalima senzora mjeri se inducirani napon i uspoređuje se sa propisanim nominalnim vrijednostima napona za određenu temperaturu u tablicama. Na ovaj način provjerava se odstupanje mjerenih vrijednosti od stvarnih. Glavna i osnovna razlika od RTD-a je pojačalo za pojačanje i prilagodbu signala na vrijednosti 4 – 20 mA, koji između ostalog unutar svojeg sklopa sadrži i dva potenciometra za kalibraciju. Na ovaj način moguće je kalibracija izlazne veličine osjetnika na točne vrijednosti ulaznih signala automatizacije iako sam osjetnik odstupa iznad praga tolerancije točnosti. Zbog malo složenijeg principa nakon kalibracije, trebali bi senzori biti češće testirani.



Slika 4. Pojačalo termopara sa dva potenciometra

Izvor: <https://iwarm-hr.techinfus.com/kotly/kakie-byvayut-termopary.html>[3]

Tablica 1. Prikaz temperaturnog područja za pojedini metal termopara

Tip	Pozitivni metal	Negativni metal	Temperaturno područje
<b>B</b>	Platina (6% rodijum)	Platina (30% rodijum)	0 °C - 1820 °C
<b>C</b>	Volfram (5% renijum)	Volfram (26% renijum)	0 °C - 2320 °C
<b>E</b>	Nikl (10% hrom)	Bakar (45% nikl)	-270 °C - 1000 °C
<b>J</b>	Željezo	Bakar (45% nikl)	-210 °C - 760 °C
<b>K</b>	Nikl (10%hrom)	Nikl (2% aluminijum)	-270 °C - 1372 °C
<b>N</b>	Nikl (14,2%hrom-1,4% silicij)	Nikl (4,4% silicijum-0,1% magnezijum)	-270 °C - 1300 °C
<b>R</b>	Platina (13% rodijum)	Platina	-50 °C - 1768 °C
<b>S</b>	Platina (10% rodijum)	Platina	-50 °C - 1768 °C

Izvor: [https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4683484/mod\\_resource/content/1/Termoparovi.pdf](https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4683484/mod_resource/content/1/Termoparovi.pdf)[5]

### 3.4 Termistor s negativnim temperaturnim koeficijentom (NTC).

Termistor je toplinski osjetljiv otpornik koji pokazuje kontinuiranu, malu, inkrementalnu promjenu otpora u korelaciji s varijacijama temperature. NTC termistor pruža veći otpor pri niskim temperaturama. Kako temperatura raste, otpor postupno opada, prema njegovoj R-T tablici. NTC termistori općenito su izrađeni od keramike ili polimera. Različiti materijali korišteni u proizvodnji NTC termistora rezultiraju različitim temperaturnim odzivima, kao i drugim različitim karakteristikama performansi. Male promjene odražavaju se točno zbog velikih promjena otpora po °C. Izlaz NTC termistora je nelinearan zbog njegove eksponencijalne prirode; međutim, može se linearizirati na temelju njegove primjene. Učinkoviti radni raspon je od -50 do 250 °C za staklene inkapsulirane termistore ili 150 °C za standardne termistore

U usporedbi s RTD-ovima, NTC termistori imaju manju veličinu, brži odziv, veću otpornost na udarce i vibracije po nižoj cijeni. Nešto su manje precizni od RTD-a. Preciznost NTC termistora slična je termoparovima. Međutim, termoparovi mogu izdržati vrlo visoke temperature (reda od 600 °C) i koriste se u ovim aplikacijama umjesto NTC termistora. Unatoč tome, NTC termistori pružaju veću osjetljivost, stabilnost i točnost od termoparova na nižim temperaturama i koriste se s manje dodatnih strujnih krugova i stoga uz nižu ukupnu cijenu. Trošak je dodatno smanjen nedostatkom potrebe za sklopovima za kondicioniranje signala (pojačala, translatori razine, itd.) koji su često potrebni kada se radi o RTD uređajima i uvijek su potrebni za termoparove.

## **4. OSJETNICI TLAKA**

Osjetnik tlaka je uređaj koji očitava i mjeri tlak. U ovom slučaju tlak se definira kao količina sile koja djeluje na neko područje. Senzori tlaka omogućuju specijaliziranije strategije održavanja, kao što je prediktivno održavanje. Ovi uređaji prikupljaju podatke u stvarnom vremenu o stanju opreme. Na temelju dostupnih informacija, senzori mogu predvidjeti i pripremiti se za obrasce kvarova. Osjetnici tlaka mogu se kategorizirati prema metodi kojom bilježe promjene tlaka. Senzori mogu promatrati i mjeriti različite fizičke reakcije. Neki od najčešćih tipova osjetnika tlaka navedeni su u nastavku:

1. Mjerač naprezanja
2. Piezoelektrični
3. Kapacitivni
4. Manometar (U-manometar)
5. Vakumski tlak (Pirani senzor)
6. Bourdonova cijev

### **4.1 Mjerač naprezanja**

Deformacija se definira kao proporcionalno širenje ili skupljanje materijala, jer objekt primjenjuje silu. Mjerači naprezanja, kao što naziv implicira, koriste te opipljive promjene u dimenzijama opruge za mjerenje tlaka.

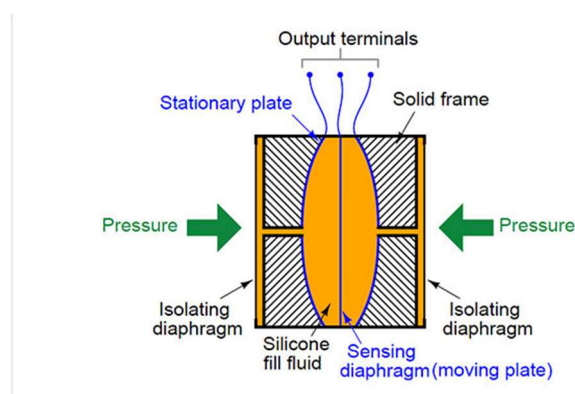
Osjetila mjerača napreznja imaju opružni element koji se deformira kada se primijeni sila. Materijal proporcionalno varira u svom električnom otporu kako se mijenja njegova struktura. S promjenama tlaka, fluktuacije otpora i očitavanja napona uzimaju se kao električni signali. Zatim se kalibriraju na ekvivalentno očitavanje tlaka i prikazuju ih na senzoru.

## 4.2 Piezoelektrični senzori

Rade koristeći piezoelektrični učinak, koji opisuje stvaranje električnog naboja kao odgovor na fizičke promjene materijala. Taj je učinak očitiji u određenim materijalima do stupnja koji se može izmjeriti. Stvoreni naboj proporcionalan je primijenjenoj sili. Senzor može mjeriti i kalibrirati promjene u napunjenosti i prikazati odgovarajuće mjerenje tlaka. Mogu se isporučiti u vrlo malim veličinama. Također općenito dopuštaju visoke frekvencije pri uzimanju podataka. Ovo je prednost za očitavanja koja zahtijevaju dinamička mjerenja između podatkovnih točaka u kratkim intervalima.

## 4.3 Kapacitivni

Kondenzatori su uređaji koji se koriste za pohranjivanje električnog naboja. Rade na način da imaju dva vodiča međusobno razdvojena malim razmakom. Senzor može mjeriti kapacitet između dvije ploče. Udaljenost između dviju ploča određuje vrijednosti kapacitivnosti, koje variraju s okolnim tlakom. Način i princip rada osjetila prikazan je slikom 2.



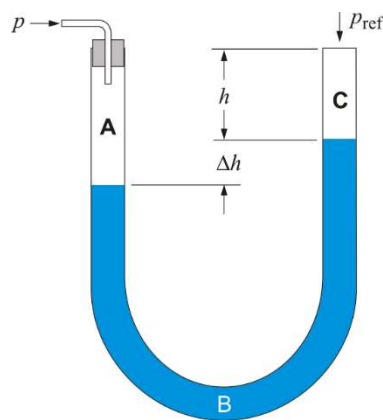
Slika 5. Kapacitivno osjetilo tlaka

Izvor: <https://www.eastsensor.com/blog/capacitance-differential-pressure-transmitter-working-principle/>[6]



## 4.4 U-manometar

U-manometar je staklena u cijev napunjena vodom ili živom i koristi se za mjerenje tlaka. Tlak se mjeri tako da se jedan njen kraj priključi na prostor u kojemu treba izmjeriti tlak ( $P$ ), a na drugom je kraju poznati tlak ( $P_{ref}$ ), obično atmosferski tlak (cijev je otvorena prema okolišu). Ako je tlak u promatranom prostoru veći od okolišnoga tlaka, u tom se dijelu U-cijevi stupac kapljevine spusti, a u suprotnom podigne. Ako je fluid C atmosferski zrak, fluid B tekućina u cijevi (npr. voda ili živa) a fluid A plin koji ispitujemo tada je  $\rho_B \gg \rho_A, \rho_C$ . Slika 2 prikazuje U-manometar.

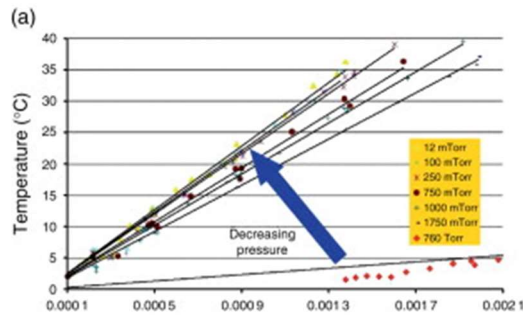


Slika 6. Prikaz U-manometra

Izvor: [https://www.periodni.com/gallery/u-tube\\_manometer.png](https://www.periodni.com/gallery/u-tube_manometer.png)[7]

## 4.5 Pirani senzor

Piranijev manometar mjeri tlak otkrivajući promjenu toplinskog toka od grijača do hladnjaka kao što će biti objašnjeno u nastavku. Sučelje za ovaj uređaj je jednostavno, ali nudi visoku rezoluciju i točnost. Izvor struje tjera konstantnu struju kroz mjerač, a pad napona na mjeraču mjeri se pomoću standardne konfiguracije sonde s četiri točke. Temperatura se zatim može odrediti iz izmjenjenog otpora mjerača s danim temperaturnim koeficijentom otpora, dok se snaga mjeri iz umnoška struje i napona. Struja se povećava sve dok mjerač ne dosegne unaprijed postavljenu temperaturu, obično  $30^\circ\text{C}$ , a zatim se prilagođavanje linearne krivulje primjenjuje na podatke o snazi u odnosu na temperaturu kako bi se izdvojila toplinska impedancija koja je nagib linearne krivulje. Kako se tlak smanjuje, nagib krivulje, koji odgovara toplinskoj impedanciji, tada se povećava kao što je prikazano grafom na Slici 4.

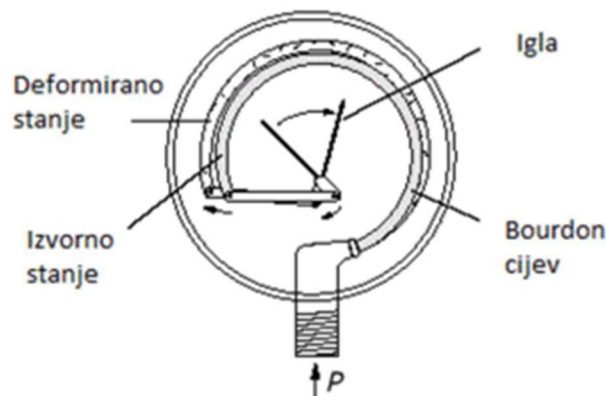


Slika 7. Karakterizacija Pirani mjerača koja prikazuje toplinsku impedanciju uređaja u odnosu na tlak okoline

Izvor: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pirani-gauge>[8]

#### 4.6 Bourdonova cijev

Tipična Bourdonova cijev sadrži zakrivljenu cijev koja je otvorena za vanjski pritisak na jednom kraju i mehanički je povezana s pokaznom iglom na drugom kraju, kao što je shematski prikazano na slici 5.



Slika 8. Bourdonova cijev

Izvor: *eFunda: Introduction to Bourdon Tubes*[9]

Tipični mjerači tlaka s Bourdonovom cijevi. Interne veze su pojednostavljene. Vanjski pritisak vodi se u cijev i uzrokuje njeno savijanje, što rezultira promjenom zakrivljenosti cijevi. Ove promjene zakrivljenosti povezane su s indikatorom brojčanika za očitavanje broja. Alternativno, na cijev se može pričvrstiti strujni krug mjerača za pretvaranje otklona izazvanih

tlakom u signale električnog napona. Ti se signali tada mogu emitirati elektronički, umjesto mehanički pomoću indikatora na brojčaniku.

#### 4.7 Kalibracija osjetnika tlaka

Najčešća greška u radu osjetnika tlaka je ne elastičnost opruge, te se također može se očitovati kao nepravilnost u radu jedne pumpe ili u najgorem scenariju, kada dolazi do kvara sustava kao cjeline. Da bi se nepravilnosti i kriva očitavanja pri mjerenju tlaka izbjegla potrebno je korak po korak vršiti testiranje (kalibraciju) osjetnika. Slikom je prikazan najučestaliji registrom propisani set za test i kalibraciju.



Slika 9. Damacos 2600 test (kalibracijski) kit

Izvor: [https://damcosmarineparts.com/index.php/product/8-m26g20-10-00p-mas2600-7mwig-with-10m-cable-mas2600-calibrator-kit-8-dpi802p-cal-kit/\[10\]](https://damcosmarineparts.com/index.php/product/8-m26g20-10-00p-mas2600-7mwig-with-10m-cable-mas2600-calibrator-kit-8-dpi802p-cal-kit/[10])

Specifikacije jednoga takvoga seta prethodno prikazanog su:

- Indikator pritiska koji mjeri na 24 V
- Test prekidača.
- Ispitivanje nepropusnosti.

- HART otpornik.
- Veliki dvostruki zaslon s pozadinskim osvjetljenjem.
- Raspon: -1 do 3,5 bara.
- Točnost: 0,01% FS.
- Napajanje: 3 x AA alkalne baterije.
- Trajanje: >50 sati (mjerenje) >10 sati (24V izvor na 12,5 mA).

Set sačinjavaju kalibrirani manometar, zračna ručna pumpa, set konekcijskih cijevi. Prvi korak testiranja je zatvaranje ventila tj. protoka cjevovoda odspajanje senzora traženog senzora. Na odspojeni kraj spaja se manometar, te ujedno i pumpa zraka koja ima ulogu povećanja tlaka do zadanog propisanog iznosa. Ako senzor nije reagirao prilikom povećanja tlaka iznad nominalne vrijednosti, vrši se kalibracija (vrlo jednostavno zatezanjem, odnosno otpustanjem opruge). Nakon izvršene kalibracije ponavlja se postupak testiranja i sve vraća u prvotni položaj i pušta u pogon.

## 5. OSJETNICI PROTOKA

Mjerenje protoka vrlo je važan dio brodskog pogonskog sustava, kako bi se odredile tj. održavale konstantne veličine protoka medija. Najčešći i najvažniji mediji koji se mjere su teško gorivo, ulje, rashladni medij (voda), udio CO<sub>2</sub> u području strojarnice, ispušni plinovi itd. Neki od najvažnijih osjetnika protoka koji će se u nastavku pobliže opisati su:

1. Osjetnik protoka goriva
2. Osjetnik protoka rashladne vode
3. Osjetnik protoka zraka

### 5.1 Osjetnik protoka goriva

Odvojeno mjeri protok goriva do i od motora, što omogućuje trenutno mjerenje potrošnje i sveobuhvatno praćenje načina rada motora. Ovi detaljni podaci mogu se zatim koristiti za prediktivno održavanje vodova za dovod goriva i filtara. Koristi se za mjerenje volumetrijske potrošnje goriva. Spaja se na cijev za gorivo između spremnika i motora. Mjerači protoka koji se koriste za mjerenje potrošnje goriva prvenstveno su diferencijalni mjerači protoka. Ima dvije

mjerne komore (jednu za dovod goriva, a drugu za povrat goriva). Mjeri volumetrijsku potrošnju goriva računajući razliku između potrošnje u dovodnom i povratnomvodu.



Slika 10. Osjetnik protoka goriva

Izvor: [https://www.youtube.com/watch?v=9lC4\\_RzfLik](https://www.youtube.com/watch?v=9lC4_RzfLik)[23]

Prednosti:

- Visoka preciznost
- Na njihovu točnost ne utječu vlaga i temperatura.
- Izravno prenosi potrošnju goriva za razliku od senzora razine goriva gdje se potrošnja mora izračunati na temelju razine goriva.

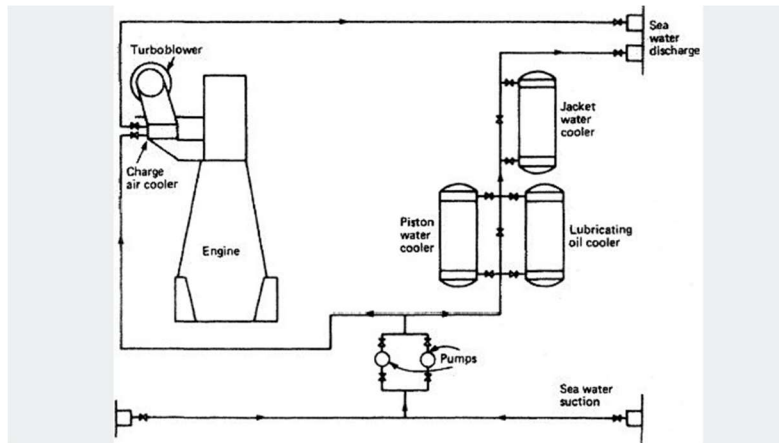
Nedostaci:

- Brojilo zahtijeva periodično održavanje jer pokretni dijelovi brojila dovode do trošenja i habanja dijelova.
- Instalacija ovih mjerača je teška jer su za iste potrebne izmjene u cijevi za gorivo.
- Filtar za prljavštinu treba povremeno provjeriti i promijeniti/očistiti.

## 5.2 Osjetnik protoka rashladne vode

Mjerenje protoka rashladne vode vrši se osjetnicima protoka sačinjenim od okretnih klipova, te prigušenih sredstava. Voda koja se prenosi u cijevima koristi se za hlađenje strojeva. Glavni

motor hlade dva odvojena, ali povezana sustava: otvoreni sustav (more-more) u kojem se voda uzima i vraća u more (hlađenje morskom vodom), i zatvoreni sustav u kojem slatka voda cirkulira oko kućišta motora (slatkovodno hlađenje). Različite rashladne tekućine koje kruže motorom same se hlade morskom vodom. Uobičajeni raspored koristi pojedinačne hladnjake za ulje za podmazivanje, vodu iz omotača i sustav za hlađenje klipa, pri čemu svaki hladnjak cirkulira morskom vodom. Slikom 6 prikazan je sustav hlađenja morskom vodom.

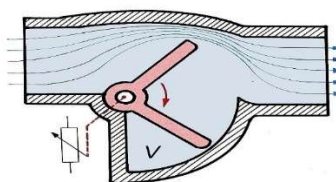


Slika 11. Sustav rashlada morskom vodom

Izvor: <http://www.machineryspaces.com/cooling.html>[11]

### 5.3 Osjetnik protoka zraka

Senzori protoka zraka mjere zračnu masu koja ulazi u usis motora. Ovo je važno za izračun količine goriva koju treba dodati kako bi se postigao odgovarajući omjer zraka i goriva. Mjerenje brzine i količine protoka medija (u ovom slučaju zraka ili plina), vrši se plinskim satovima sačinjenim od klipova, koji svojom vrtnjom daju navedenu informaciju. Uz pomoć vrtnje i štopanja zadoanog vremena, taj senzor se može testirati.



Slika 12. Plinski sat

Izvor: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_flow\\_sensor#/media/File:Pr%C5%AFtokom%C4%9Br\\_s\\_ot o%C4%8Dnou\\_klapkou.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_flow_sensor#/media/File:Pr%C5%AFtokom%C4%9Br_s_ot o%C4%8Dnou_klapkou.jpg)[12]

## 6. OSJETNICI RAZINE

Osjetnici razine se koriste za mjerenje nivoa pojedinog fluida u prostoru motora (ulje, gorivo, itd.). Montiraju se na tankove čija se konzumacija fluida prati. Postavljeni su tako da je os njegovog osjetnog elementa što bliže geometrijskom središtu spremnika. Senzor se zatim kalibrira prema veličini i namjeni tanka.

### 6.1 Senzor razine uz pomoć plovka

Osjetilo je povezano s plovkom koji se pomiče gore-dolje ovisno o razini fluida. Kako se plovak, otpor senzora se mijenja, što rezultira promjenom izlaznog otpora i položaja igle u mjeracu, a izlazni otpor i položaj igle mijenjaju se proporcionalno struji koja teče kro zavojnicu.



Slika 13. Plovak senzor

Izvor: <https://www.amazon.com/SucicagoSending24033200mmFloat/dp/B09XVHXCTH?th=1>[13]

### 6.2 Kapacitivni senzor goriva

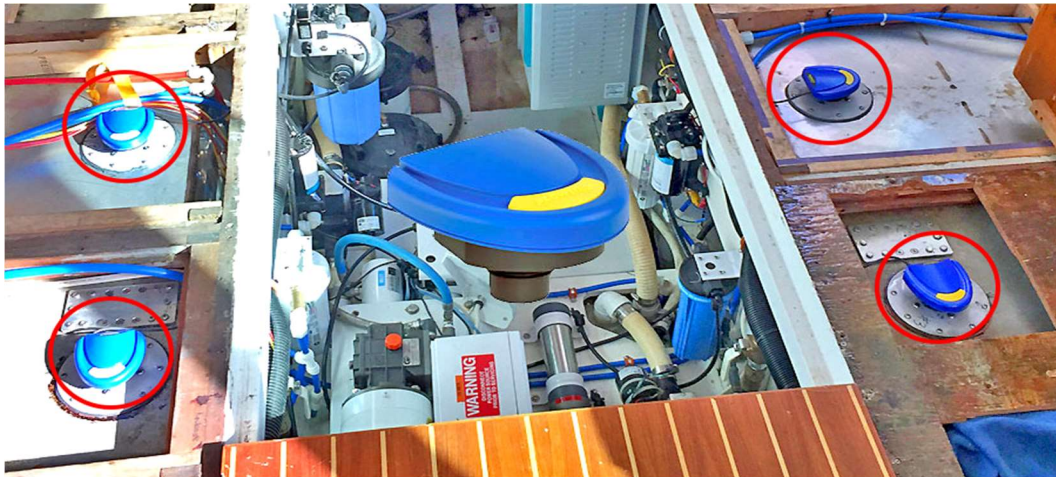
Koriste se za otkrivanje razine goriva i kontinuirano mjerenje razine. Kapacitivni senzor razine goriva odnosi se na kapacitivni senzor razine tekućine koji se koristi za mjerenje razine ulja. Budući da je visina elektrode fiksna. Razina ulja između elektroda se mijenja što rezultira promjenom dielektrika što zauzvrat rezultira promjenom kapaciteta. Promjena razine ulja pretvara se u promjenu vrijednosti kapacitivnosti.

### 6.3 Ultrazvučni senzor goriva

Mjeri razinu fluida na temelju principa ultrazvučnih valova. Koriste se za kontinuirana beskontaktna mjerenja razine. Ultrazvučni puls emitira senzor (pretvornik), zvučni val se



reflektira na površini tekućine i zatim prima isti senzor ili ultrazvučni prijammnik. Razina fluida određuje se izračunavanjem udaljenosti između senzora i površine tekućine. Udaljenost se izračunava na temelju vremena između prijena i prijema zvučnog vala.



Slika 14. Ultrazvučni senzor goriva

*Izvor: Autor*

## 7. Sustav za praćenje udaljenosti i temperature

Sustav koji omogućuje kontinuiranu kontrolu nad udaljenosti između površine senzora i križne glave u donjoj mrtvoj točki 2-taktnog dizel motora. Osim toga, senzor može mjeriti temperaturu ulja oko mjesta na kojem se nalazi. Izmjerene vrijednosti su izračunate u stvarne vrijednosti udaljenosti u mm i °C koje senzor pohranjuje u unutarnju memoriju senzora. Drugi dodatni senzor može mjeriti sadržaj vode u ulje za podmazivanje. Zove se senzor vode u ulju. Ovaj senzor je instaliran u tlačnom vodu blizu motora.

### 7.1 Senzor udaljenosti

IW000184 (Sl. 2/1) sa zaštitom IP67 je brzi inteligentni senzor koji mjeri udaljenost između površine samog senzora i donje mrtve točke položaja križne glave. Može mjeriti udaljenost u rasponu od najviše 4 mm s rezolucijom od 0,01 mm. Dodatno mjeri temperaturu prskanja ulja u području oko senzora s tolerancijom od +/- 2 °C. Senzor detektira križnu glavu unutar svog raspona udaljenosti i izračunava najniži zračni raspor u mm. Vrijednost je pohranjena u interni međuspremnik i stalno se ažurira pri svakom okretaju. Na zahtjev Indikacijske jedinice koja



djeluje kao glavni međuspremnik informacije se dostavljaju putem serijske veze (priključna kutija, linija Kutija pretvarača, Jedinica indikacije) i uspoređuje s ograničenjima prema softveru.



Slika 15. Senzor udaljenosti

*Izvor : Bearing Distance and Temperature Monitoring System BDMS/BTMS[15]*

## 7.2 Senzor vode u ulju

Dizajniran je za praćenje količine vode u ulju (ulje za podmazivanje motora). Princip mjerenja je promjena dielektrika vrijednosti ulja zbog sadržaja vode. Kapacitivni dizajn prepoznaje te promjene i ugrađeni mikroprocesor izračunava vrijednosti za prag predupozorenja i alarma. Zadane vrijednosti su 0,5 i 0,9. Ovaj senzor mora biti ugrađen u tlačni vod ili blizu motora (tlačni izlaz filtra ulja za podmazivanje) u području bez turbulencije (iza filtra jedinica) unutar toka goriva.



Slika 16. Senzor vode u ulju

*Izvor: Bearing Distance and Temperature Monitoring System BDMS/BTMS[16]*

## **8. Mjerenje vibracija pogonskih motora i agregata s generatorom**

Mjerenje i analiza vibracije pogonskog motora i diesel električnog agregata (pomoćni diesel motor s generatorom) provodi se u cilju utvrđivanja njihovih ukupnih nivoa vibracija i ocjene da li je stroj pogodan za dugotrajni rad. Mjerenje se provodi na nominalnom režimu okretaja pogonskog stroja, a za agregat na nominalnom režimu vrtnje i generatorom uključenom na brodsku električnu mrežu. Prema standardu i proizvođaču motora i agregata s generatorom određuju se čvrste točke za snimanje signala i postavljanje pretvarača ubrzanja u sve tri osi stroja. Ocjenjivanje se provodi nakon analize u efektivnim vibracijskim brzinama i ukoliko su vrijednosti povišene radi se i dodatna spektralna analiza kako bi se stanje strojeva moglo detaljnije opisati i izvršiti dijagnostika problema kao: rad cilindara, loše temeljenje, prevelike rotirajuće i oscilirajuće mase, sile od momenta inercije... Detaljnom analizom se ne potvrđuje samo da je stroj nov i ispravan ili još dovoljno dobar za dugotrajan rad, nego se na osnovi rezultata mogu planirati servis i remont dotrajalih dijelova prije kvara ili havarije samog stroja, kao i komponenata na istom osovinskom vođu.

### **8.1 Mjerenje snage/momenta i torzijskih vibracija**

Na brodskom vratilu može se mjeriti više mehaničkih veličina, kako statičkih tako i dinamičkih. Beskontaktno uz pomoć autonomnog bežičnog senzora i prijemnika za prijenos podataka do računala, tenzometarskom metodom istovremeno može se mjeriti snagu odnosno moment, kao i vibracije koje proizvode dodatni moment, odnosno dodatna torzijska naprezanja. Sve veličine prikazane su u ovisnosti o brzini vrtnje vratila odnosno brzini vrtnje pogonskog stroja i/ili propulzora. Na osnovi analize izmjerenih veličina vidi se stvarno opterećenje vratila na mjernom mjestu, odnosno izmjerena snaga i moment se mogu usporediti sa onima koju daje pogonski stroj u čitavom rasponu broja okretaja stroja. Također ima se uvid u vrijednosti vibracijskih (dodatnih torzijskih) naprezanja, kao i njihov uzrok kroz razne harmonike koje proizvode pogonski stroj ili propulzor. Analizom i proračunom utvrđuje se da li su ukupna naprezanja u vratilu iznad dopuštenog u nekom režimu rada, te da li su izazvana nepravilnim radom motora, debalansom propulzora ili nepravilnim centriranjem vratila.

## **9. Montaža i ugradnja električne opreme**

Svi električni radovi, kablovi i instrumenti na moraju biti u skladu s nacrtima i standardima MAN Diesel, ali u određenim slučajevima mogu se primijeniti i lokalni standardi. Sve elektroničke upravljačke sustave isporučuje ili prihvaća MAN Dizel .Rezultat ispitivanja mora biti zabilježen u izvješću o ispitivanju, koje mora točno prikazati rezultate i sve relevantne podatke o testovima, te jasno definirati testiranu opremu (mora definirati raspored kabela i vrste kabela te svu korištenu pomoćnu opremu).

### **9.1 Opća specifikacija za standard izrade**

Svaki elektromonter[20] je odgovoran za posao koji obavlja i mora biti osposobljen, odnosno obrazovan. Kontrolni sustav je računalni sustav, stoga se treba razmatrati o kablovima i ožičenjenju. Sve kutije za elektroničku opremu moraju biti zatvorene kada se unutar kutija ne radi. Elektrostatičko pražnjenje može oštetiti opremu i električni krug. To nastaje kada se elektroničkim komponentama nepravilno rukuje i može dovesti do potpunog ili povremenog kvarova. Kabeli se mogu grupirati u različite klase smetnji za elektromagnetske smetnje (EMI) i osjetljivost. Kabeli u različitim klasama moraju se polagati odvojeno i udaljenost između različitih klasa mora biti maksimizirana (energetski kablovi posebno odvojeni). Redundantni kabelski sustavi moraju se montirati na takav način da su dva sustava odvojena. Kabeli često djeluju kao velike učinkovite antene, prenoseći zajedničke struje na uređaj. Ove struje mogu uzrokovati smetnje ne samo na ulaznim i izlaznim krugovima već i na elementima unutar njih.

### **9.2 Specifikacija montaže**

Elektronički hardver, kao što su MPC-ispisi (ispisi višenamjenskog kontrolera), moraju se montirati u odgovarajuće kutije na MAN B&W ME i ME-C vrste motora.Instrumentacija prema nacrtima za konkretno postrojenje. Kabelske police, štitnici, čelične trake, nosači i kabelske vezice moraju biti izrađene prema nacrtima. Mora postojati što je više moguće unutarnjeg kabliranja i ožičenja upravljačke ploče prije montaže na motor. Pozicije razvodnih kutija moraju biti raspoređene prema shemama i dijagramima. Električna oprema mora biti postavljena na takav način da, koliko je to izvedivo, nije izložena mehaničkim oštećenjima. Na

aparatus ne smiju utjecati vibracije i udarci koji bi se mogli dogoditi tijekom normalnog rada. Vijci i matice koji pričvršćuju dijelove pod naponom moraju biti vrlo pričvršćeni tako da ne mogu olabaviti zbog vibracija. Električna oprema mora biti postavljena dalje od mjesta gdje se nalaze zapaljivi plinovi ili pare. Električna oprema mora biti odabrana i postavljena tako da na nju ne utječe voda, para, ulje i uljne pare kojima će vjerojatno biti izložen. Nosači kabela moraju se pričvrstiti na motor ili strukturu broda.

### 9.3 Montaža kabelskih nosača

Nosači se montiraju u skladu sa shemama i dijagramima za konkretno postrojenje. Nosači kabela moraju biti prikladni za korištenje s obje strane, tj. bez oštih rubova s obje strane. Dimenzije nosača kabela moraju biti unutar propisanih normi i na propisanim mjestima. Nosači kabela moraju se montirati na motor ili strukturu broda na zavarenim nosačima. Nosači moraju biti potpuno zavareni na komponente motora prije toplinske obrade. Ako nedostaju zavareni nosači, rupe s navojem mogu se izbušiti na dijelovima motora za pričvršćivanje. Žičane košare mogu se koristiti gdje je to prikladno, montiraju se na nosače koji se učvršćuju za motor ili brodsku konstrukciju na već zavarene nosače. Ovo treba biti u potpunosti zavareno na komponente motora prije toplinske obrade. Žičane košare mogu se produžiti kako bi se postigla dovoljna duljina, no treba pripaziti da su približno jednakih dimenzija. Kada se montira u blizini vrućih/toplih površina, moraju se dodati zaštite između nosača kabela, kako bi se izbjeglo zagrijavanje i oštećenje kabela.



Slika 17. Kabelski nosač na rasklopnoj ploči

Izvor: *Two-stroke | MAN Energy Solutions (man-es.com)*[17]



Slika 18. Kabelski nosač na glavnom motoru

Izvor: *Two-stroke | MAN Energy Solutions (man-es.com)*[18]

## 9.4 Kablovi

Svi redundantni kabelski sustavi (mrežni) moraju se montirati odvojeno s minimalnom udaljenosti od 1,5 metara. Za upravljačku ploču trebaju biti kabeli i žice provučeni najkraćim i što ravnijim putem, te ih treba uvlačiti s različitih položaja. Jedan od redundantnih sustava mora biti uvučen u upravljačku ploču s gornje pozicije, a drugi mora biti uvučen u upravljačku ploču s donje pozicije. Svi kablovi moraju biti zaštićeni, prema specifikacijama MAN Diesel, kako bi se izbjegle elektromagnetske smetnje. Signalni i napajajući kabeli (do 24V DC) za ME-ECS sustav mogu se položiti u istu trasu. Ostali kabeli za prijenos struje (slabo napajanje 220V) NE smiju se polagati u isti kabelski snop ili kabelske police s ME-ECS kabelima. Mora biti najmanje 0,5 m udaljenosti od svih signalnih kabela. Različite snopove također treba elektromagnetski odvojiti jedan od drugog (kao paralelni uzemljivač), ili postavljanjem kabelskih polica s velikom udaljenosti.

## 9.5 Razvodne kutije

Položaj razvodnih kutija mora biti uređen prema odgovarajućim shemama i dijagramima. Moraju se osigurati odgovarajući uvjeti za održavanje i pregled razvodnih kutija. Kabeli bi trebali biti obavijeni zaštitom tipa EMC. Od vitalne je važnosti da je zaslon kabela ispravno postavljen u uvodnicu. Također, razvodne kutije trebaju biti na dostupnom mjestu, te zaštićene od požara i eksplozije.



Slika 19. Razvodna kutija

*Izvor: Man B&W Mounting and installation of electrical equipment.[19]*

## 10. ZAŠTITE GLAVNOGA STROJA

Brodski pogonski motor je ono što održava brod na moru. Smatran srcem svakog plovila, brodski motor broda preuzima cjelokupno opterećenje kako bi „upogonio brod naprijed. Naravno, bez motora brod je gotovo "mrtav brod". Tijekom svog životnog vijeka, porivni stroj broda prolazi kroz različita opterećenja i naprezanja od vremenskih nepogoda do teških manevriranja i kvarova. Kako bi se izbjegao veći gubitak ili oštećenje broskog motora, ugrađeno je nekoliko zaštitnih uređaja koji štite motor od većih oštećenja i kvarova. U osnovi postoje četiri glavne vrste zaštitnih sustava koji se koriste za zaštitu pogonskog motora, te će biti navedeni u nastavku.

### 10.1 Alarm

U slučaju odstupanja parametara motora od zadane vrijednosti oglasit će se zvučni i vizualni alarm koji će rano upozoriti na problem.[20]

### 10.2 SLOW DOWN funkcija

To je sljedeći stupanj zaštite kada poduzete radnje nisu dovoljne za kontrolu tekućeg problema, stoga se usporava motor kako bi se suprotstavio poremećenom parametru. U ovoj situaciji

glavni motor će spustiti nazivnu brzinu vrtnje na 50% kada se aktivira zaštita od usporavanja.

Neki od razloga za aktivaciju SLOW DOWN funkcije su:

- Tlak ulja za podmazivanje pada na 1,5 bara
- Tlak bregaste osovine pada ispod 2 bara
- Nema protoka medija za hlađenje klipa (voda ili ulje)
- Aktiviran je detektor uljne magle ili senzori glavnog ležaja
- Temperatura ulja za podmazivanje na ulazu u motor je visoka > 60 stupnjeva C
- Temperatura hlađenja klipa je visoka > 75 stupnjeva C
- Temperatura vode u omotaču je visoka > 88 stupnjeva c
- Temperatura ispušnih plinova iz cilindra motora je visoka > 450 stupnjeva C
- Temperatura zraka za čišćenje je visoka > 65 stupnjeva C
- Temperatura potisnog bloka je visoka > 75 stupnjeva C

### **10.3 SHUT DOWN funkcija**

Kada postoji veća fluktuacija u parametrima motora koja može oštetiti druge sustave motora, zaštitni uređaji za isključivanje prekidaju dovod goriva i motor se zaustavlja. Neki od razloga za aktivaciju SHUT DOWN funkcije su:

- Ulazni tlak maziva u motor je vrlo nizak <1 bar
- Tlak ulja za podmazivanje bregaste osovine je vrlo nizak < 1,5 bara
- Vrlo visoka temperatura vode za hlađenje plašta >95 stupnjeva C
- Niski tlak vode za hlađenje plašta < 0,1 bar
- Nema protoka ulja za podmazivanje cilindra
- Temperatura potisnog bloka vrlo visoka > 90 stupnjeva C
- Ulazni tlak maziva za turbopunjač je nizak < 0,8 bara
- Prekomjerna brzina motora koja aktivira gašenje na 107 % (maks. kontinuirana ocjena MCR)[20]

## 10.4 Blokada kod pokretanja

Ovo neće dopustiti motoru da se pokrene iz stanja mirovanja ako nekim važnim sustavom unutar motora nije upravljano ili pravilno raspoređeno. Neki od razloga za aktiviranje blokade su:

- Okretni zupčanik uključi blokadu
- Blokiranje pomoćnog ventilatora
- Ulje za podmazivanje i druge važne pumpe su blokirane
- Senzori za dovod goriva ili rashladnog medija javljaju da je premali ili preveliki pritisak

## 11. ZAHTJEVI REGISTARA ZA OSJETNIKE GLAVNOGA MOTORA

Radi same sigurnosti, ali i pomorskih nezgoda kroz povijest, klasifikacijska društva postavljaju vrlo stroge mjere i principe postavljanja osjetnika na brodu. Za svaku klasu i vrstu broda propisane su točne vrijednosti, te su za svaku vrijednost napravljene sheme i tablice. U nastavku je prikazan primjer tablice kamo su zadane vrijednosti od strane klasifikacijskog društva.

Tablica 2. Zahtjevi i metode ispitivanja senzora gori

Property	Unit	Limit	Test method reference
Viscosity, min - max.	mm <sup>2</sup> /s @ 40 °C	2.000 - 4.620	EN ISO 3104
Injection viscosity, min.	mm <sup>2</sup> /s	2.0	EN ISO 3104
Density, min - max.	kg/m <sup>3</sup> @ 15 °C	820 - 860	EN ISO 3675
Cetane number, min.	-	51.0	EN ISO 5165, EN 15195 / 16144 / 16715 / 16906
Sulphur content, max.	mg/kg	10.0	EN ISO 20846 / 20884 / 13032
Ash content, max.	% m/m	0.01	EN ISO 6245
Total contamination, max.	mg/kg	24	EN 12662
Water content, max.	% m/m	0.026	EN ISO 12937
Manganese content, max.	mg/l	2.0	EN 16576
Cold filter plugging point, max. (climate dependent requirement)	°C	-20 -> +5 1)	EN 116 / 16329
Flash point, min.	°C	55 2)	EN ISO 2719
Oxidation stability, min.	h	20.0	EN 15751
Polycyclic aromatic hydrocarbons, max.	% m/m	8.0	EN 12916
FAME content, min.	% v/v	14.0 - 20.0	EN 14078
Distillation			EN ISO 3405 / 3924
- % v/v recovered at 250 °C, max.	% v/v	< 65	
- % v/v recovered at 350 °C, min	% v/v	85	

Izvor: [https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/df-engine/w34df-product-guide.pdf?sfvrsn=5116cb45\\_23](https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/df-engine/w34df-product-guide.pdf?sfvrsn=5116cb45_23)



## 12. ZAKLJUČAK

Uvođenje senzora i senzorske tehnologije ima višestruke prednosti, uključujući prediktivno i preventivno održavanje. Oni ne samo da osiguravaju brži prijenos mjernih podataka, već i povećavaju točnost, čime poboljšavaju kontrolu procesa i poboljšavaju zdravlje imovine. Nova vrsta senzora sposobna je za žičani i bežični prijenos, pružajući kontinuirani unos podataka iz sredstava i procesa u stvarnom vremenu. Ovo rukovoditeljima daje cjelovitiji pogled na procesno postrojenje. Ključne prednosti senzora uključuju poboljšanu osjetljivost tijekom snimanja podataka, prijenos gotovo bez gubitaka i kontinuiranu analizu u stvarnom vremenu. Povratne informacije u stvarnom vremenu i usluge analize podataka osiguravaju da su procesi aktivni i da se izvode optimalno. Konstantna evolucija senzorske tehnologije rezultirala je današnjim pametnim i inteligentnim sensorima. Za razliku od konvencionalnih analognih senzora bez aktivnih komponenti, pametni senzori sadrže električne krugove, što im omogućuje mjerenja i izlazne vrijednosti kao digitalne podatke, te nadzor pa čak i popravke na daljinu. Ovi senzori imaju ugrađene mikroprocesorske jedinice i brojne senzorske uređaje montirane na pretvarač signala. Inteligentni senzori mogu izvršiti brojne intrinzično inteligentne funkcije, kao što je sposobnost samotestiranja, samopotvrđivanja, samoprilagođavanja i samoidentifikacije. Oni razumiju zahtjeve procesa, upravljaju širokim rasponom uvjeta i mogu otkriti uvjete kako bi podržali donošenje odluka u stvarnom vremenu. Ovi inteligentni senzori programirani su za niz uvjeta procesa, omogućujući rukovoditeljima da izvuku najveću korist. Također, bitno je napomenuti da takav susuav treba imati visoki sloj software – skih zaštita radi mogućih upada u sutav.

## LITERATURA

[1] Kongsberg Maritime, 2014. K-Sim ERS L11 5L90MC – VLCC, Ver. MC90-V, Operator's Manual - Parts 1-3: Machinery & Operation, Doc.no.: SO-1342-G1 / 20-Nov-14. Kongsberg Maritime, Høvik, Norway.

### Internet

[2] <https://www.tequipment.net/Druck/LIQUIDTC165-0-2-K/Temperature-Baths/>

[3] <https://soldered.com/hr/proizvod/j-tip-termopar/>

[4] <https://iwarm-hr.techinfus.com/kotly/kakie-byvayut-termopary.html>

[5] <https://www.eastsensor.com/blog/capacitance-differential-pressure-transmitter-working-principle/>

[5] [https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4683484/mod\\_resource/content/1/Termoparovi.pdf](https://arhiva2021.loomen.carnet.hr/pluginfile.php/4683484/mod_resource/content/1/Termoparovi.pdf)

[6] <https://www.eastsensor.com/blog/capacitance-differential-pressure-transmitter-working-principle/>

[7] [https://www.periodni.com/gallery/u-tube\\_manometer.png](https://www.periodni.com/gallery/u-tube_manometer.png)

[8] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/pirani-gauge>

[9] eFunda: Introduction to Bourdon Tubes

[10] <https://damcosmarineparts.com/index.php/product/8-m26g20-10-00p-mas2600-7mwg-with-10m-cable-mas2600-calibrator-kit-8-dpi802p-cal-kit>

[11] <http://www.machineryspaces.com/cooling.html>

[12] [https://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_flow\\_sensor#/media/File:Pr%C5%AFtokom%C4%9Br\\_s\\_oto%C4%8Dnou\\_klapkou.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Mass_flow_sensor#/media/File:Pr%C5%AFtokom%C4%9Br_s_oto%C4%8Dnou_klapkou.jpg)

[13] <https://www.amazon.com/SucicagoSending24033200mmFloat/dp/B09XVHXCTH?th=1>

[14] Bearing Distance and Temperature Monitoring System BDMS/BTMS

[17] Two-stroke | MAN Energy Solutions (man-es.com)[

[18] Man B&W Mounting and installation of electrical equipment

[19] B&W manual

[20] <https://www.marineinsight.com/main-engine/how-marine-propulsion-engine-of-the-ship-is-protected/>

[21] [https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/df-engine/w34df-product-guide.pdf?sfvrsn=5116cb45\\_23](https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/engines/df-engine/w34df-product-guide.pdf?sfvrsn=5116cb45_23)

[22] [https://www.youtube.com/watch?v=9lC4\\_RzfLik](https://www.youtube.com/watch?v=9lC4_RzfLik)

[23] <https://www.indiamart.com/proddetail/temperature-sensor-rtd-thermocouple-23489821555.html>

## POPIS SLIKA

str.

Slika 1. RTD temperaturni osjetnik.....	3
Slika 2. Kalibrator otpornih osjetila .....	4
Slika 3. Prikaz termopara .....	5
Slika 4. Pojačalo termopara sa dva potencijometra.....	5
Slika 5. Kapacitivno osjetilo tlaka.....	8
Slika 6. Prikaz U-manometra .....	9
Slika 7. Karakterizacija Pirani mjerača koja prikazuje toplinsku impedanciju uređaja u odnosu na tlak okoline .....	10
Slika 8. Buordonova cijev .....	10
Slika 9. Damacos 2600 test (kalibracijski) kit.....	11
Slika 10. Osjetnik protoka goriva.....	13
Slika 11. Susav rashlada morskom vodom.....	14
Slika 12. Plinski sat .....	14
Slika 13. Plovak senzor .....	15
Slika 14. Ultrazvučni senzor goriva .....	16
Slika 15. Senzor udaljenosti .....	17
Slika 16. Senzor vode u ulju.....	17
Slika 17. Kabelski nosač na rasklopnoj ploči.....	20
Slika 18. Kabelski nosač na glavnom motoru .....	21
Slika 19. Razvodna kutija.....	22

## POPIS TABLICA

str.

Tablica 1. Prikaz temperaturnog područja za pojedini metal termopara .....	6
Tablica 2. Zahtjevi i metode ispitivanja senzora goriva .....	24