

# Održavanje temeljnih ležaja i mjerenje otklona koljenastog vratila pomoću sustava AMOT i DI-5C sustava

---

**Mičić, Damir**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Dubrovnik / Sveučilište u Dubrovniku**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:155:635875>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
UNIVERSITY OF DUBROVNIK

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Dubrovnik](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU  
POMORSKI ODJEL**

**DAMIR MIČIĆ**

**ODRŽAVANJE TEMELJNIH LEŽAJA I MJERENJE  
OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA POMOĆU  
AMOT I DI – 5C SUSTAVA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Mentor: izv. prof. dr. sc Mate Jurjević**

**Komentor: doc. dr. sc. Nives Vidak**

**Dubrovnik, 2021.**

Republika Hrvatska  
**SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU**  
**POMORSKI ODJEL**  
**Diplomski sveučilišni studij pomorstva**

Ur.broj:

Dubrovnik, veljača 2021.

Kolegij: SUSTAVI ODRŽAVANJA

Mentor: izv.prof.dr.sc Mate Jurjević

Komentor: doc.dr.sc. Nives Vidak

**ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Pristupnik: **DAMIR MIČIĆ**

Zadatak: ODRŽAVANJE TEMELJNIH LEŽAJA I MJERENJE OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA POMOĆU AMOT I DI – C5 SUSTAVA

Zadatak treba sadržavati:

1. UVOD
2. KOMPONENTE SUSTAVA
3. SOFTVER
4. ODRŽAVANJE SUSTAVA
5. OTKLON KOLJENASTOG VRATILA
6. MJERENJA I TABLICE
7. ZAKLJUČKE

Osnovna literatura:

1. AMOT software manual
2. DI – 5C software manual PC

Zadatak uručen pristupniku: 8. veljače 2021.

Rok za predaju diplomskog rada: 17. svibnja 2021.

Mentor:

Komentor:

Pročelnik Pomorskog odjela:

izv.prof.dr.sc. Mate Jurjević

doc.dr.sc. Nives Vidak

doc.dr.sc. Žarko Koboević

## **POSVETA**

Ovaj diplomski rad posvećujem svom ocu prof. Zlatku Mičiću dipl. ing., dugogodišnjem profesoru u Pomorsko – tehničkoj školi Dubrovnik, mentoru i autoru mnogih izdanih i neizdanih tehničkih knjiga koje je prema svom iskustvu i znanju nesebično izrađivao za buduće naraštaje kako navedene tako i drugih pomorskih i tehničkih škola i sveučilišta, a koji je oduvijek poticao moje znanje i vještine na višu razinu, strpljivo čekajući ovaj trenutak koji mu sad posvećujem, a kojeg zbog igre sudbine nije uspio dočekati.

Damir Mičić

## ZAHVALA

Želio bih osobno zahvaliti svom mentoru izv. prof. dr. sc. Mati Jurjeviću i komentoru doc.dr.sc. Nives Vidak, na podršci, strpljenju i svojoj pruženoj pomoći tijekom izrade diplomskog rada.

Posebno želim zahvaliti trećem časniku stroja Dominiku Vidošu, kao i cijeloj posadi M/B Ocean Shearer koji su mi nesebično pomagali u izradi, literaturi i izračunu prilikom izrade diplomskog rada te kolegici i magistri hrvatskoga i talijanskoga jezika Nikolini Njavro koja je lektorirala ovaj rad.

U Dubrovniku, lipanj 2021.

Damir Mičić

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. OPIS SUSTAVA AMOT .....                              | 1  |
| 1.2. SENZORI.....   | 1  |
| 1.3. JEDINICA ZA OBRADU SIGNALA.....                      | 1  |
| 1.4. SUČELJE.....   | 2  |
| 1.5. RAČUNALO .....                                       | 2  |
| 1.6. SENZORI VODE U ULJU .....                            | 2  |
| 1.7. ZASLONI SOFTVERA AMOT .....                          | 4  |
| 1.7.1. ZASLON SIMULACIJE MOTORA .....                     | 5  |
| 1.7.2. ZASLON S GRAFIKONIMA .....                         | 7  |
| 1.7.3. GRAFIKON TRENDOVA .....                            | 8  |
| 1.7.4. ALARMI.....  | 9  |
| 2. KOMPONENTE SUSTAVA AMOT .....                          | 9  |
| 2.1. SENZORI ZRAČNOSTI .....                              | 10 |
| 2.2. JEDINICA ZA OBRADU SIGNALA.....                      | 11 |
| 2.3. JEDINICA SUČELJA .....                               | 13 |
| 2.4. RAČUNALO .....                                       | 15 |
| 2.5. UGRADNJA I INSTALACIJA SUSTAVA.....                  | 16 |
| 2.5.1. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA UNUTAR MOTORA .....   | 16 |
| 2.5.2. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA IZVAN MOTORA .....    | 16 |
| 2.5.3. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA U KONTROLNU SOBU..... | 16 |
| 2.6. ELEKTRIČNE INSTALACIJE.....                          | 16 |
| 2.6.1 POTREBNI DIJELOVI .....                             | 17 |
| 2.6.2. DODATNI SENZOR VODE U ULJU .....                   | 18 |
| 2.7. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE .....                         | 19 |
| 2.7.1. SENZOR ZRAČNOSTI.....                              | 19 |
| 2.7.2. JEDINICA ZA OBRADU PODATAKA .....                  | 20 |
| 2.7.3. JEDINICA SUČELJA .....                             | 21 |
| 2.7.4. RAČUNALO .....                                     | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 3. SOFTVER.....                                 | 22 |
| 3.1. OPIS SOFTVERA .....                        | 22 |
| 3.2. ZASLONI SOFTVERA.....                      | 23 |
| 3.3. KOMUNIKACIJA SOFTVERA I HARDVERA.....      | 25 |
| 3.4. DIJAGRAMI.....                             | 28 |
| 3.4.1. DIJAGRAMI TRENDOVA.....                  | 31 |
| 3.4.2. GRAFIČKI PODACI.....                     | 32 |
| 3.4.3. ODABIR PRETHODNIH MJERENJA.....          | 34 |
| 3.5. POSTAVKE SUSTAVA .....                     | 35 |
| 3.6. IZVJEŠTAJI .....                           | 36 |
| 3.6.1. ODABIR IZVJEŠTAJA I PARAMETARA.....      | 36 |
| 3.7. NAPREDNI RAD.....                          | 36 |
| 3.7.1. DIJAGNOSTIKA .....                       | 37 |
| 3.7.2. POSTAVKE SENZORA .....                   | 39 |
| 3.7.3. IZMJENA SENZORA .....                    | 44 |
| 3.7.4. PREGLED SENZORA .....                    | 46 |
| 4. ODRŽAVANJE SUSTAVA AMOT .....                | 48 |
| 4.1. SIGURNOST I MJERE SIGURNOSTI .....         | 48 |
| 4.1.1. RUTINSKO ODRŽAVANJE .....                | 49 |
| 4.1.2. DNEVNO ODRŽAVANJE .....                  | 49 |
| 4.1.3. TJEDNO ODRŽAVANJE .....                  | 49 |
| 4.1.4. GODIŠNJE ODRŽAVANJE.....                 | 50 |
| 4.2. IZMJENA KOMPONENTI.....                    | 51 |
| 4.2.1. IZMJENA SENZORA ZRAČNOSTI.....           | 52 |
| 4.2.2. KALIBRACIJA SENZORA ZRAČNOSTI.....       | 53 |
| 4.3. MOGUĆI PROBLEMI I KVAROVI .....            | 54 |
| 4.3.1. OSIGURAČI.....                           | 55 |
| 4.3.2. LED DIODE .....                          | 56 |
| 4.3.3. RELEJI SUČELJA.....                      | 57 |
| 5. OTKLON KOLJENASTOG VRATILA .....             | 58 |
| 5.1. MJERENJE OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA.....  | 59 |
| 5.2. KRIVULJA OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA ..... | 62 |
| 5.3. SOFTVER.....                               | 64 |

|   |    |
|---|----|
| 5.3.1. OPIS SOFTVERA .....  | 64 |
| 5.3.2. INSTALACIJA SOFTVERA .....   | 65 |
| 5.3.3. POSTAVKE SOFTVERA .....  | 65 |
| 5.3.4. PRIJENOS PODATAKA .....  | 65 |
| 5.3.5. GLAVNI ZASLON SOFTVERA.....  | 66 |
| 5.3.6. SVE NA JEDNOJ STRANICI.....  | 67 |
| 5.3.7. ZASLON USPOREDBE PODATAKA.....                                     | 68 |
| 5.3.8. ZASLON KRIVULJE.....   | 69 |
| 5.3.9. ZASLON ZA GRAFIČKU USPOREDBU PODATAKA .....                        | 70 |
| 6. MJERENJA I TABLICE .....   | 71 |
| 6.1. TABLICE UNOSA PODATAKA .....   | 71 |
| 6.2. MJERE I USPOREDBA PODATAKA U PERIODU OD 2017. DO 2021. ....          | 72 |
| 6.3. MJERENJA I IZRAČUN.....  | 73 |
| 6.3.1. PRVO MJERENJE (M1) .....   | 74 |
| 6.3.2 DRUGO MJERENJE (M2).....  | 76 |
| 6.3.3. TREĆE MJERENJE (M3) .....  | 78 |
| 6.3.4. ČETVRTO MJERENJE (M4) .....  | 80 |
| 6.3.5. PETO MJERENJE (M5).....  | 82 |
| 6.3.6. ŠESTO MJERENJE (M6).....   | 84 |
| 6.4. USPOREDBA PODATAKA MJERENJA I IZRAČUNA .....                         | 86 |
| 6.4.1. TABLICA I GRAF VERTIKALNIH OTKLONA OD 2017. DO 2021. GODINE .....  | 86 |
| 6.4.2. TABLICA I GRAF HORIZONTALNIH OTKLONA OD 2017. DO 2021. GODINE..... | 88 |
| 6.5. USPOREDBA PODATAKA.....  | 90 |
| ZAKLJUČAK.....  | 93 |
| LITERATURA I WEB IZVORI.....  | 95 |
| POPIS TABLICA .....   | 96 |
| POPIS SLIKA.....  | 96 |



# SUSTAV ODRŽAVANJA TEMELJNIH LEŽAJEVA “AMOT” I SUSTAV ZA MJERENJE OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA DI – 5C, USPOREDBA MJERENJA I IZRAČUNA

## SAŽETAK

Ovim radom obrađen je sustav održavanja i mjerenja istrošenosti ležajeva. Kao što je poznato, kroz godine rada inženjera, ovaj sustav napredovao je od ručnog mjerenja i korištenja starih alata i sprava za mjerenje do softvera za precizno mjerenje i alarmiranje. Kako se razvijala tehnologija, tako su i u svrhu poboljšanja i prevencije kvara i štete, usavršavani sustavi nadzora i mjerenja ovog iznimno važnog dijela brodskih motora. Kako se javila potreba za sigurnijim i kvalitetnijim te svakako i pouzdanijim izmjerama istrošenosti ležajeva, tako su se na tržištu počeli pojavljivati računalni softveri koji su nudili ove usluge strojarima diljem svijeta. Ovi sustavi su se također unaprjeđivali i nadograđivali ovisno o zahtjevima brodarka, ovisno o namjeni broda te potreba ljudi koji se koriste istima. Sustav AMOT jedan je od takvih softvera koji omogućuje potpuni nadzor nad stanjem ležajeva, istrošenosti istih, kao i praćenje svih parametara izravno na zaslonima. Također, jedna je od prednosti upravo fleksibilnost ugradnje, smještaja jedinica za praćenje te ugradnje senzora. Isto tako, posebna pozornost posvećena je praćenju istrošenosti ležajeva, kao i mjerenjima istih, kako ručno, tako i pomoću sustava AMOT kroz određeni vremenski period. Pažnja je posvećena i samom sustavu AMOT, ugradnji, radom s istim, opcijama i uvjetima ugradnje, sensorima tj. njihovoj ugradnji i smještaju. Također je usmjerena na koljenasto vratilo, otklonu koljenastog vratila te mjerenju pojave iste, kao i povezanosti iste s istrošenosti ležajeva. Kako se u pomorskoj praksi zna za povezanost otklona koljenastog vratila i istrošenosti ležajeva, tako je pažnja posvećena mjerenju i zapisima mjerenja te njihovom izračunu, a sve u svrhu smanjenja ili prevencije ovih dvaju veličina koje se međusobno javljaju otkad se plovi na motore SUI. Pošto se radi o sofisticiranom sustavu praćenja, obrađeni su i dijelovi sustava AMOT, sučelje sustava, jedinica za obradu signala, dimenzije, te tehničke karakteristike sustava.

**Ključne riječi: održavanje, koljenasto vratilo i ležaji, Diesel motor, softver za održavanje**

# **“AMOT” MAIN BEARING MAINTENANCE SYSTEM AND CRANKSHAFT DEFLECTION SYSTEM DI - 5C, COMPARISON OF MEASUREMENTS AND CALCULATIONS**

## **ABSTRACT**

In the thesis the bearings maintenance system and wear measurements are analysed. Continuous and dedicated efforts of engineers have led to improvements of this system as it has evolved from manual measurements and use of old tools and measurement instruments to a sophisticated software for precise measurement and alerting. Along with technological advances, in an effort to make improvements and prevent failures and/or damages, the monitoring and measurement systems of this fundamental part of marine engines have been developed. The need for safer, higher quality and more reliable measurements of bearing wear has led to development of software providing such services on the market for engineers all over the world. These systems have also been improved and upgraded in accordance with the ship owners' requirements, depending on the type of ship and requirements of the crew involved. AMOT system is the type of software enabling complete control over the bearing condition, wear and monitoring of all parameters directly on the screen. Furthermore, one of the advantages of the system is flexible installation, arrangement of monitoring units and installation of sensors. Moreover, special attention has been paid to monitoring bearing wear as well as measurements, both manually and by application of AMOT system within a period of time. Due attention has been given to the very AMOT system as well, installation, operation, handling, options and requirements for instalment, sensors, i.e. their installation and arrangement. Attention has also been given to the crankshaft, crankshaft deflection and deflection measurements, as well as correlation between deflection and bearing wear. Since in maritime industry the correlation between crankshaft deflection and bearing wear is well known, due attention has been given to taking and recording measurements as well as their calculations in order to reduce or prevent these two occurrences that have been happening ever since the invention of internal combustion engines. Nevertheless, as the sophisticated monitoring system is analysed, parts of AMOT system have been included in the analysis as well as system interface, signal processing unit, dimensions and technical characteristics.

**Key words: maintenance, crankshaft, bearings, diesel engine, maintenance software**

# **1. UVOD**

## **1.1. OPIS SUSTAVA AMOT**

AMOT XTS-W2 sofisticirani je sustav praćenja stanja i istrošenosti ležajeva brodskih motora SUI. Sustav se sastoji od senzora postavljenih u unutrašnjost motora, jedinice za obradu signala, sučelja koje je moguće ugraditi bilo gdje na brod po želji, računala, senzora vode u ulju s pripadajućom kontrolnom jedinicom te sustava praćenja osovine s pripadajućom kontrolnom jedinicom.

Sustav je napravljen tako da u svakom trenutku može prikazati vrijednosti i parametre koje želimo očitati te se odlikuje jednostavnošću korištenja te pohrane podataka.

## **1.2. SENZORI**

Senzori istrošenosti postavljaju se na nosače senzora koji su napravljeni prema tipu i modelu motora na koji se ugrađuju unutar kućišta koljenastog vratila. Iz kućišta izlaze pripadajući kabeli koji su spojeni na kontrolnu jedinicu izvan motora.

## **1.3. JEDINICA ZA OBRADU SIGNALA**

Jedinica za obradu signala smješta se na bilo koje zgodno mjesto na vanjskoj strani motora. Jedinica za obradu signala spojena je sa sučeljem gdje se svi signali obrađuju, bilježe i pohranjuju. Računalo komunicira s jedinicom za obradu signala kako bi primilo signale. Svaka jedinica za obradu signala ima mogućnost obrade 7 cilindara (sastoji se od 14 senzora; dva po cilindru). Za motore s više od 7 cilindara potrebno je ugraditi dodatnu jedinicu za obradu signala. Ugrađuju se po principu „MASTER” (glavna jedinica) i „SLAVE” (pomoćna jedinica) i to tako da je glavna jedinica spojena na sučelje, dok su glavna i pomoćna jedinica spojeni međusobno.

## **1.4. SUČELJE**

Sučelje je ugrađeno u kontrolnu sobu. Ono ujedno povezuje računalo s jedinicom za obradu signala i napaja istu električnom energijom. Međutim, ti se kabeli moraju jako dobro izolirati zbog temperature na kojoj radi motor, kao i zbog vlage. Na sučelju se nalaze i izlazi (outputs) prema brodskoj automatizaciji, što znači da se može preko releja povezati s brodskim alarmnim sustavom te tako može koristiti brodske alarme u slučaju očitavanja nekih vrijednosti koje su u zoni alarma.

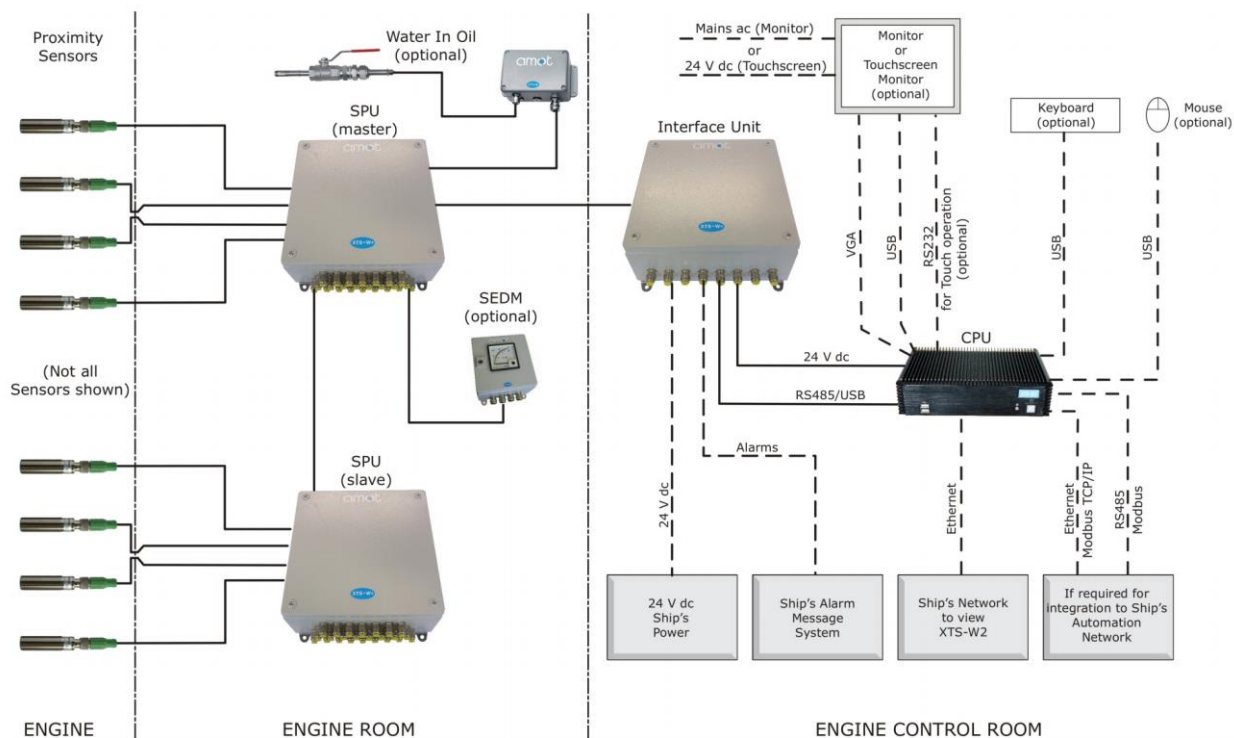
## **1.5. RAČUNALO**

Računalo prima i čita podatke iz jedinice za obradu signala i pohranjuje ih u bazu podataka. Brodska internetska mreža i interna brodska mreža omogućuju pristup bazi podataka na bilo kojem računalu bilo gdje na brodu pa tako olakšava korištenje, pohranu, obradu i dijeljenje podataka. Također ima mogućnost spajanja sustava automatizacije broda na računalo, očitavanje podataka i statusa, kao i ispis podataka u drugim kompatibilnim sustavima.

## **1.6. SENZORI VODE U ULJU**

Ukoliko postoji potreba za to, u ovaj sustav se mogu ugraditi senzori za vodu u ulju. Oni se ugrađuju s pripadajućom kontrolnom kutijom senzora te su i senzori i kontrolna kutija spojeni izravno na jedinicu za obradu signala. Ukoliko postoje molekule vode u ulju, na sučelju će se prikazati upozorenje te će se aktivirati alarm sukladno s postavkama alarmnog uređaja.

Ovi senzori nisu dio standardnog paketa sustava AMOT već su dodatna oprema. Uz ove senzore mogu se ugraditi još neki od dodatnih senzora ukoliko postoji potreba za time.

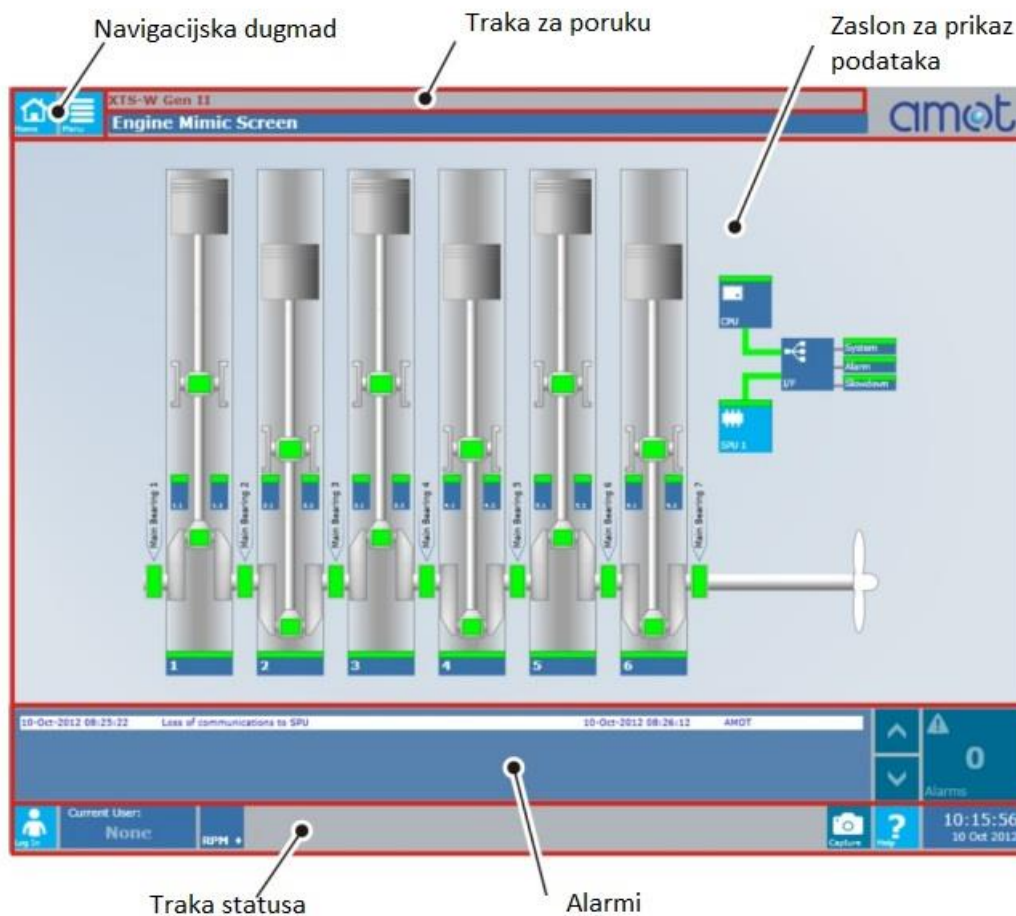


Slika 1. Shematski prikaz sustava za mjerenje istrošenosti ležaja AMOT (Izvor AMOT system overview)

Na slici (1) prikazan je potpuni shematski prikaz sustava AMOT sa svim pripadajućim dijelovima i načinom povezivanja pojedinih dijelova istog. Također se na slici vidi i način priključivanja drugih dodatnih dijelova sustava ukoliko se brodar odluči za iste.

## 1.7. ZASLONI SOFTVERA AMOT

Na različitim zaslonima programa, sustav AMOT omogućuje pristup informacijama o stanju dijelova koji se prate i bilježe te direktno ispisuju na zaslon. Zaslon se sastoji od određenih područja te je vrlo sličan ostalim softverima.



Slika 2. Glavni zaslon sustava AMOT (Izvor: AMOT system overview)

Na slici (2) vidi se glavni i početni zaslon softvera sustava AMOT sa smještajem senzora, brojevima cilindra, svim ležajevima i jedinicama spojenim na senzore kao i u boji obilježenom trenutnom stanju povezanosti istih sa jedinicama i računalom.

- **Zaslon prikaza podataka**

Ovaj dio zaslona omogućuje izbor jednoga od tri zaslona za praćenje stanja. Tako imamo sljedeće opcije:

- zaslon sa simulacijom motora
- zaslon stupčastog dijagrama
- zaslon dijagrama krivulja

- **Navigacijske tipke**

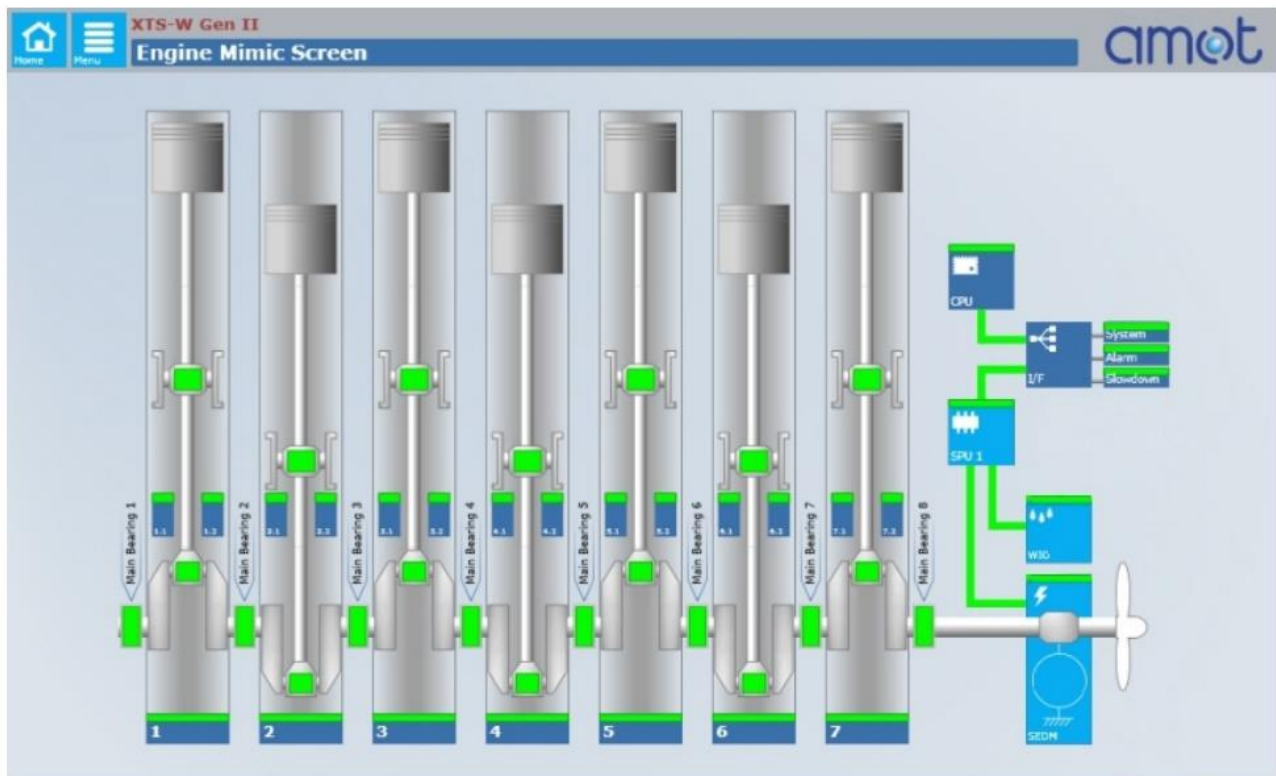
- **Ispis statusa**

Na dnu ekrana program ispisuje status, odnosno trenutno stanje mjerenja.

### **1.7.1. ZASLON SIMULACIJE MOTORA**

Ovaj zaslon glavni je zaslon sustava na kojemu se vide cilindri motora s pripadajućim ležajevima. Na desnoj strani zaslona prikazuje i trenutno stanje svih jedinica za obradu podataka, stanje očitavanja senzora vode u ulju te izlaza za mrežno povezivanje s drugim računalima, kao i stanje alarma. Trenutno stanje svake komponente prikazano je bojama, gdje je zelena boja prikaz normalnog stanja ili stanja unutar tolerancije.

Ovaj zaslon omogućuje praćenje rada senzora te prikazuje trenutno stanje svake od komponenti sustava.



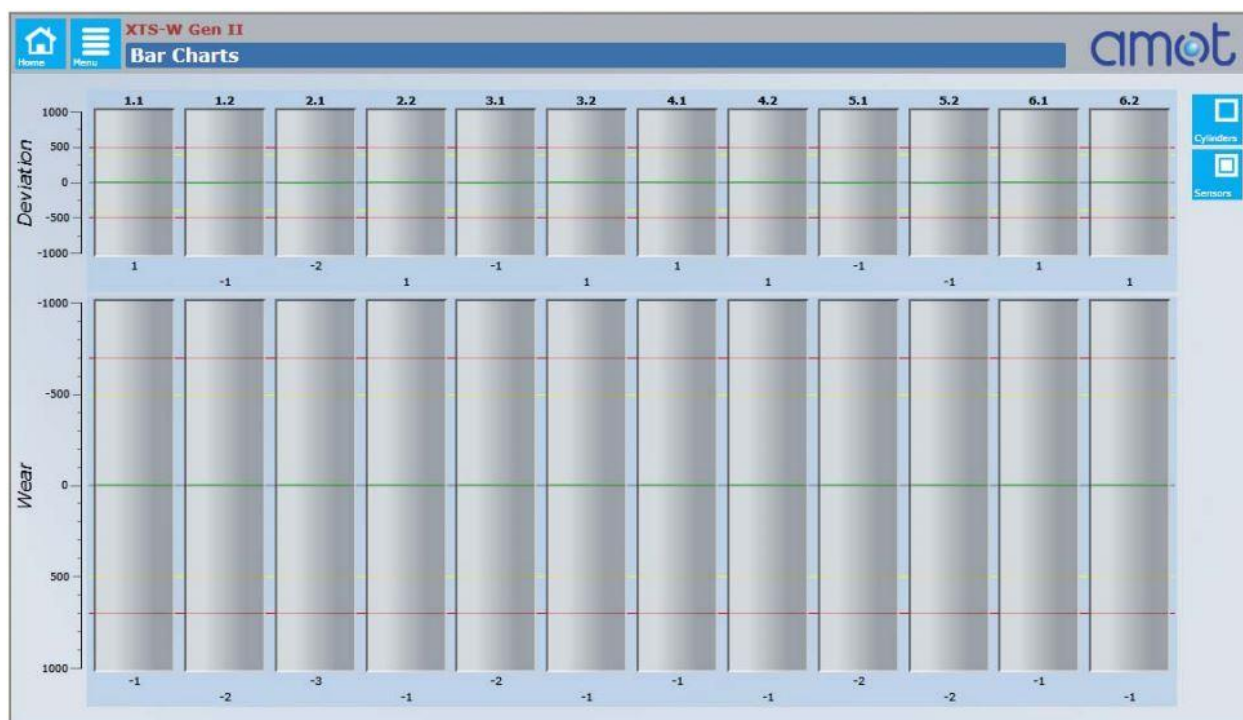
Slika 3. Zaslon simulacije rada motora (Izvor: AMOT system overview)

Na slici (3) vidi se da su sve povezane komponente sustava u zelenoj boji što znači da su svi dijelovi sustava spojeni kako treba i da odrađuju svaka svoju funkciju nesmetano, bez kvarova i smetnji.



## 1.7.2. ZASLON S GRAFIKONIMA

Grafikon prikazuje stvarne istrošenosti i devijacije očitane sensorima. Zaslone je podijeljen na dva dijela. Prvi dio prikazuje devijacije, dok drugi dio zaslona prikazuje istrošenost. Svaki stupac ima na sebi crte u bojama koje predstavljaju određene razine istrošenosti. Tako imamo tri crte: zelenu, žutu i crvenu. Područje od zelene do žute smatra se normalnom istrošenosti u granicama tolerancije. Žuto područje predstavlja područje upozorenja i nagovještava izmjenu ležajeva, dok crveno područje predstavlja kritičnu istrošenost te upozorava na hitnu izmjenu ležaja. Na desnoj strani nalaze se dva kvadratića s obilježjima cilindri i senzori. Klikom na kvadratić „senzori” dobijemo grafikon očitavanja sa senzora, dok klikom na kvadratić „cilindri” dobijemo očitavanje cilindra.



Slika 4. Zaslone s očitanjima senzora (Izvor: AMOT system overview)

Slika (4) prikazuje očitavanja senzora u svrhu određivanja zona istrošenosti ležaja kao i devijacije senzora, a koje označava bojama da bi se znalo u kojoj fazi istrošenosti i devijacije su dijelovi.

### 1.7.3. GRAFIKON TRENDOVA

Prikazuje trenutne podatke ili podatke pohranjene od prošlih mjerenja u obliku krivulja na grafikonu. Vrsta podataka, vrijeme i datum mjerenja, vrijeme od mjerenja do mjerenja. Također pruža izbor boje krivulja određenih mjerenja tijekom vremena te omogućuje usporedbu podataka između odabranih krivulja na grafikonu.



Slika 5. Prikaz zaslona s krivuljama mjerenja (Izvor: AMOT system overview)

Krivulje mjerenja prikazane su na slici (5). Prikazuje tri krivulje od kojih je jedna broj okretaja kroz vremensko razdoblje rada motora, dok su druge dvije stvarni prikaz rada i mjerenja dvaju odabranih senzora ( u ovom slučaju oba senzora cilindra broj 3).

## 1.7.4. ALARMI

Aktivni alarmi ispisuju se na dnu svake stranice programa. Prikazani su u žutoj boji za upozorenje te u crvenoj boji za „slowdown”. U slučaju da se pojavi bilo koji od spomenutih alarma, na zaslonu će titrati sve do potvrde časnika o zaprimljenom alarmu. Međutim, ostaje na zaslonu sve dok se ne ukloni razlog zbog kojeg se alarm aktivirao, nakon čega nestaje sa zaslona.



|                      |  |                      |       |
|----------------------|--|----------------------|-------|
| 13-Nov-2012 10:48:30 | Sensor failure Low Ch 1.2                              | 13-Nov-2012 10:48:36 | Setup |
| 13-Nov-2012 10:48:25 | Sensor failure Low Ch 1.1                              | 13-Nov-2012 10:48:32 | Setup |
| 13-Nov-2012 10:11:51 | Sensor Slow Down Level Reached 700 um Ch 2.1           | 13-Nov-2012 10:11:58 | Setup |
| 13-Nov-2012 10:11:51 | Sensor Slow Down Level Reached 700 um Ch 2.2           | 13-Nov-2012 10:11:57 | Setup |
| 13-Nov-2012 10:06:14 | Sensor Slow Down Deviation Level Reached 500 um Ch 2.2 | 13-Nov-2012 10:06:21 | Setup |

Slika 6. Prikaz aktivnih alarma (Izvor AMOT system overview)

Na slici (6) vide se aktivni trenutni alarmi sustava za senzore koji su prikazani u bojama. Žuta boja alarma prikazuje nepravilnosti u radu dvaju senzora cilindra broj 1, dok crvena prikazuje kako su senzori cilindra broj 2 dosegili kritičnu vrijednost te moraju biti pregledani odnosno izmijenjeni novima ukoliko za to postoji potreba.

## 2. KOMPONENTE SUSTAVA AMOT

Kao i svaki sofisticirani sustav, sustav AMOT sastoji se od niza komponenti koje upotpunjuju sustav i omogućuju montažu i ugradnju sustava ovisno o vrsti, tipu broda, kao i o raspoloživim prostorima na brodu. Za svaki pojedini brod planira se posebno ugradnja, mjesto smještaja komponenti, kao i mjesto ugradnje zaslona za očitavanje podataka ovisno o želji brodarara. Sustav se sastoji od komponenti koje se ugrađuju unutar i izvan motora.

## 2.1. SENZORI ZRAČNOSTI

Senzori zračnosti postavljaju se na posebno izrađene nosače senzora koji se izrađuju posebno za svaki tip motora. Sastoji se tijela cjevastog oblika s navojem za učvršćivanje na nosač koji na jednoj strani cijevi ima ravnu površinu na kojoj se nalazi senzor, dok na drugoj strani cijevi ima priključak za kabel koji izlazi kroz motor i ide na jedinicu za obradu podataka. Instaliraju se dva senzora po cilindru, odnosno za svaki od ležajeva koljena po jedan.



Slika 7. Senzor zračnosti (Izvor: AMOT system overview)

Izgled senzora zračnosti sa spojenim kablom za jedinicu za obradu podataka prikazan je na slici (7). Vidi se i navoj za podešavanje senzora na udaljenost te podešavanje razmaka od dijela koji se mjeri senzorom.

Samo na krajnjim cilindrima gdje nema susjednog ležaja postavlja se po jedan senzor istrošenosti. Prilikom montaže potrebno je osigurati razmak od 3 mm gledajući od donje mrtve točke cilindra. Kabeli iz svakog senzora izvode se iz motora najkraćim mogućim putem kroz blok motora i spajaju na jedinicu za obradu podataka izvan motora. Na slici (8) prikazana je ugradnja senzora i nosača.

Vidi se da je senzor ugrađen na nosač koji je učvršćen vijcima na motor. Na nosaču se vide dva senzora s izlaznim kablovima koji šalju signal iz senzora u jedinicu za obradu podataka. Također se vidi kako su kroz nosač namješteni na određenu željenu visinu u odnosu na dio koji



Slika 8. Prikaz ugradnje senzora (Izvor: AMOT system overview)

će biti mjeren ovim senzorima. Svi ovi dijelovi senzora moraju biti dobro učvršćeni i vijci stegnuti kako bi se izbjegle vibracije i kako ne bi došlo do aktivacije alarma ili prikaza greške na jednom od zaslona sustava koji prati rad pojedinih senzora.

## **2.2. JEDINICA ZA OBRADU SIGNALA**

Jedinica za obradu podataka napaja se električnom energijom izravno iz sučelja, što otklanja ugradnju posebnog napajanja od 24 V. Ova jedinica obrađuje i pohranjuje podatke iz senzora u neizbrisivu memoriju i na SD karticu. Podaci iz memorije mogu se očitavati na jedinici za obradu podataka kao i putem mreže na svakom računalu na brodu. Jedinica za obradu podataka

ima ulaze za 14 senzora istrošenosti, kao i po jedan od ulaza za senzor vode u ulju. Za motore s više od 7 cilindara, druga pomoćna („SLAVE”) jedinica koja se izravno spaja sa prvom („MASTER”) jedinicom, mora biti ugrađena. Dalje se jedinica za obradu podataka spaja izravno na sučelje (MULTI-CORE) kabelom.



Slika 9. Jedinica za obradu podataka (Izvor: AMOT system overview)

Stvarni prikaz jedinice za obradu podataka s pripadajućim ulazima za kablove senzora vidi se na slici (9). Vide se i dva od četiri provrta za montažu jedinice za obradu podataka na predviđeno mjesto. Ulazi imaju pripadajuće navoje na sebi kako bi se osigurao siguran i čvrst spoj između senzora i jedinice za obradu podataka.

### 2.3. JEDINICA SUČELJA

Jedinica sučelja jedinica je koja sadrži neovisno napajanje od 24 V s izoliranim izlazom u svrhu napajanja jedinice za obradu podataka. Sučelje se također napaja iz jedinice sučelja, preko osigurača, ali napajanje nije odvojeno i izolirano od drugih napajanja kao jedinica za obradu podataka. U ovoj jedinici smještena su i tri releja koja omogućuju izlaze za priključivanje na brodski sustav alarmiranja. Ova tri releja imaju sljedeće izlaze:



Slika 10. Jedinica sučelja (Izvor: AMOT system overview)

Jedinica sučelja i njezin izgled prikazana je na slici (10). Vide se izlazi iz jedinice sučelja prema sučelju i dva od četiri provrta za ugradnju na predviđeno mjesto. Na gornjoj strani jedinice sučelja nalaze još dva provrta za ugradnju te ulazi za kablove izoliranog napajanja kao i ulazi za prijenos podataka s jedinice za obradu podataka prema jedinici sučelja.

- **Normalni (Healthy) izlaz:** Ovaj izlaz je pod naponom sve dok se ne dogodi nekakva greška, odnosno dok je vrijednost istrošenosti unutar zelenog područja na grafikonu.
- **Izlaz alarma (Alarm):** Izlaz nije pod naponom sve do ulaska u žuto područje istrošenosti na grafikonu ili neke druge pogreške na ležajevima registrirane sensorima.
- **Izlaz kritične vrijednosti (Slowdown):** U normalnom radu i očitavanju senzora ovaj izlaz nije pod naponom, no ulaskom u crveno područje grafikona ovaj izlaz se napaja naponom. Ovaj relej, odnosno njegov izlaz, šalje informacije o kritičnom stanju ležajeva, što znači da mora biti jako pouzdan u svrhu sprječavanja aktivacije istog uslijed lažnih

očitanja senzora, kako bi se bilo sigurno da je očitavanje točno odnosno kritično te kako bi se ovaj relej aktivirao samo kad treba, tj. kad je stanje ležajeva stvarno kritično. Zbog toga ovaj relej nije pod naponom u „normalnom” modu, a sve u svrhu sprječavanja aktivacije istog u slučaju kvara na napajanju električnom energijom. Tako su predviđene neke od situacija koje su uobičajene za sva tri releja:

**Normalni izlaz:** napajanje se prekida u slučaju:

- prekida kabela napajanja
- prekida komunikacije između jedinice za obradu podataka i sučelja
- kratkoga spoja
- ako računalo ne može detektirati zavojnicu releja

**Izlaz alarma:**

- prekid kabela napajanja
- prekoračenje žute zone (zone alarma)
- prekoračenje zadane devijacije
- prekoračenje vrijednosti na cilindrima
- prekoračenje vrijednosti devijacije na cilindrima
- zatajenje senzora
- ukoliko vrijednost vode u ulju pređe zadanu vrijednost

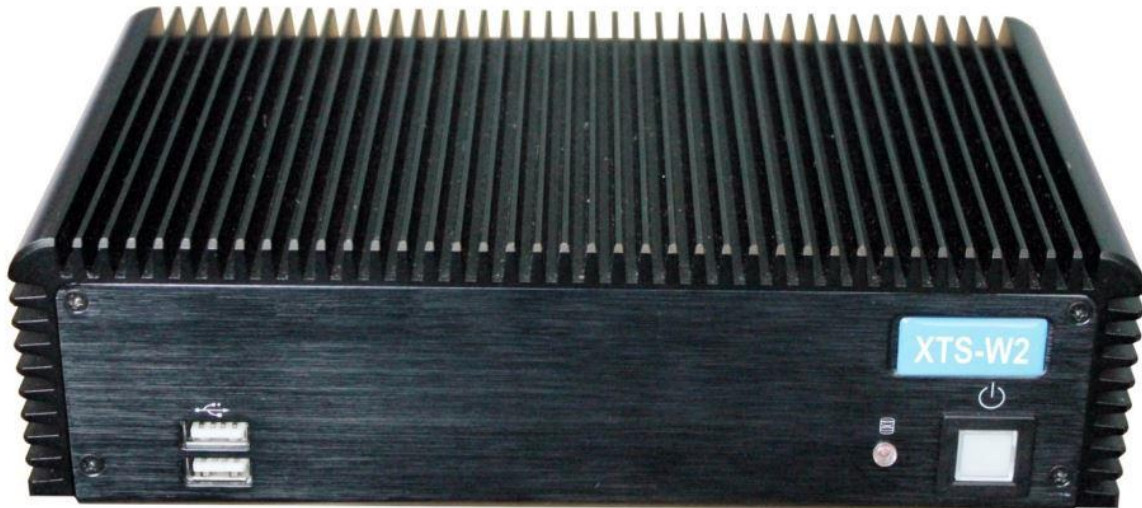
**Izlaz kritične vrijednosti:**

- prekoračenje crvene zone (slowdown zone)
- prekoračenje vrijednosti devijacije kako na sensorima tako i na cilindrima



## 2.4. RAČUNALO

Na računalo je instaliran AMOT XTS-W2 softver koji omogućuje pristup podacima i očitavanje istih putem mreže koristeći standardne internet preglednike poput Internet explorer-a ili Google chrome-a. Senzori se nadziru putem jedinice za obradu podataka te su spojeni s lokalnom bazom podataka.



Slika 11. Računalo (Izvor: AMOT system overview)

Na slici (11) vidi se računalo sustava AMOT odnosno kućište s površinama za hlađenje računala jer isto mora raditi duže periode ovisno o periodu rada motora koji sustav nadzire. Također na kućištu se nalaze USB ulazi i dugme za uključivanje i isključivanje računala.

## **2.5. UGRADNJA I INSTALACIJA SUSTAVA**

Prije instalacije potrebno je provjeriti zadovoljavaju li računala i mreža na brodu uvjete instalacije i ugradnje sustava AMOT na taj tip broda. Također se svi mehanički dijelovi sustava moraju ugraditi prema uputama i pravilima, kao i uz odobrenje proizvođača za određeni tip motora.

### **2.5.1. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA UNUTAR MOTORA**

Potrebno je izbušiti rupe na mjestu ugradnje senzora u skladu s uputama proizvođača, kao i bloku motora za izlaze kablova senzora. Zatim se montiraju i učvrste nosači senzora te se ugrade senzori. Nadalje, potrebno je osigurati spoj između jedinice za obradu podataka i sučelja.

### **2.5.2. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA IZVAN MOTORA**

Potrebno je osigurati i organizirati raspored kablova izvan motora te povezati senzore s jedinicom za obradu podataka. Zatim se, u skladu s propisima i uz odobrenje proizvođača motora, postavlja na motor jedinica za obradu podataka. Nakon toga, potrebno je provesti kablove od jedinice za obradu podataka do sučelja, u skladu s mogućnostima i prostorom strojarnice i kontrolne sobe.

### **2.5.3. UGRADNJA MEHANIČKIH DIJELOVA U KONTROLNU SOBU**

U kontrolnu sobu ugrađuju se sučelje i računalo. Oba uređaja povezani su kablovima iz jedinice za obradu podataka.

## **2.6. ELEKTRIČNE INSTALACIJE**

Ugradnja svih električnih instalacija mora biti obavljena prateći smjernice XTS-W2 uputstva za instalaciju. Električne instalacije ugrađuju se izvan motora u strojarnicu i u kontrolnu sobu.

**Izvan motora:** senzori se spajaju na jedinicu za obradu podataka. Zatim se spaja jedinica za obradu podataka s jedinicom sučelja. U slučaju da motor ima više od 7 cilindara, potrebno je povezati glavnu (MASTER) jedinicu s pomoćnom (SLAVE) jedinicom.

**U kontrolnoj sobi:** spaja se jedinica sučelja s računalom. Zatim se spoji jedinica sučelja na izvor električne energije od 24 V te se spajaju kablovi prema brodskom alarmnom sustavu.

### 2.6.1 POTREBNI DIJELOVI

Svi dijelovi potrebni za ugradnju i instalaciju standardnog sustava AMOT su uključeni. Postoje i dodatni dijelovi koje je potrebno posebno naručiti naknadno ili prilikom prve ugradnje ovog sustava.

- **Standardni dijelovi**

- nosači senzora i dijelovi za učvršćivanje istih
- senzori istrošenosti s pripadajućim kablovima u dužini od 20 m
- sprava za mjerenje razmaka između senzora i ležaja
- jedinica za obradu podataka
- jedinica sučelja
- računalo
- svi potrebni kablovi za povezivanje jedinice sučelja i računala
- svi konektori i oznake za pojedine kablove
- softver (već ugrađen na računalo)
- uputstva za ugradnju mehaničkih i električnih dijelova u e-formatu, kao i knjige

- **Dodatni dijelovi**

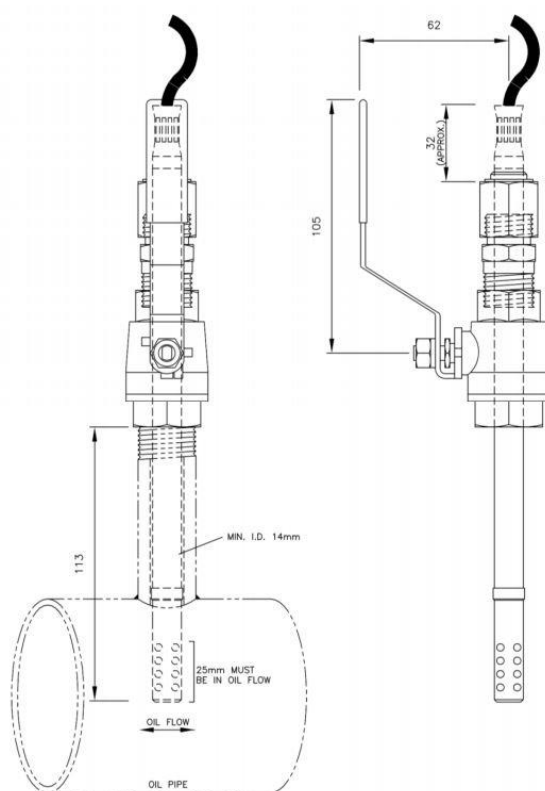
Ovi dijelovi potrebni su za ugradnju sustava, međutim, naručuju se posebno jer ovise o tipu broda i motora, prostoru i zahtjevima strojarnice i kontrolne sobe, kao i priključcima brodske električne mreže i broskog alarmnog sustava, a to su:

- hardver za montažu jedinice za obradu podataka
- hardver za montažu sučelja

- kablovi za povezivanje jedinice sučelja s brodskim alarmnim sustavom
- kablovi za povezivanje jedinice sučelja na brodsku električnu mrežu od 24V

## 2.6.2. DODATNI SENZOR VODE U ULJU

Po želji broдача može se ugraditi i dodatni senzor vode u ulju, prikazan na slici (12) koji detektira i alarmira prisutnost molekula vode u ulju. Isti je potrebno posebno naručiti, smjestiti unutar motora po uputama i propisima proizvođača motora, kao i uz konzultaciju s proizvođačem sustava AMOT.



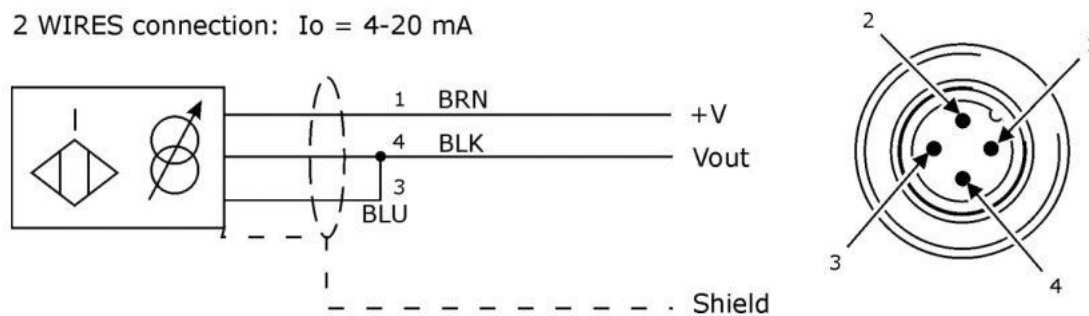
Slika 12. Dodatni senzor vode u ulju (Izvor: AMOT system overview)

Isti je potrebno naručiti, smjestiti unutar motora po uputama i propisima proizvođača motora, kao i uz pomoć djelatnika ili konzultaciju sa proizvođačem sustava AMOT. Ukoliko nije sigurno gdje se senzor ugrađuje, proizvođač će poslati inženjere na brod kako bi se ugradnja istog obavila profesionalno i kako treba.

## 2.7. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE

### 2.7.1. SENZOR ZRAČNOSTI

Senzor zračnosti sastoji se od cjevastog tijela u koji su ugrađeni senzori. Na njemu su dva kabela 4-20 mA. Jedan je napajanje senzora, dok je drugi taj koji prenosi signal izmjere u jedinicu za obradu podataka. Napaja se električnom energijom od 12V do 36V. Osjetljivost mu je 3.1 mA/mm, dok mu je rezolucija 10  $\mu\text{m}$ .

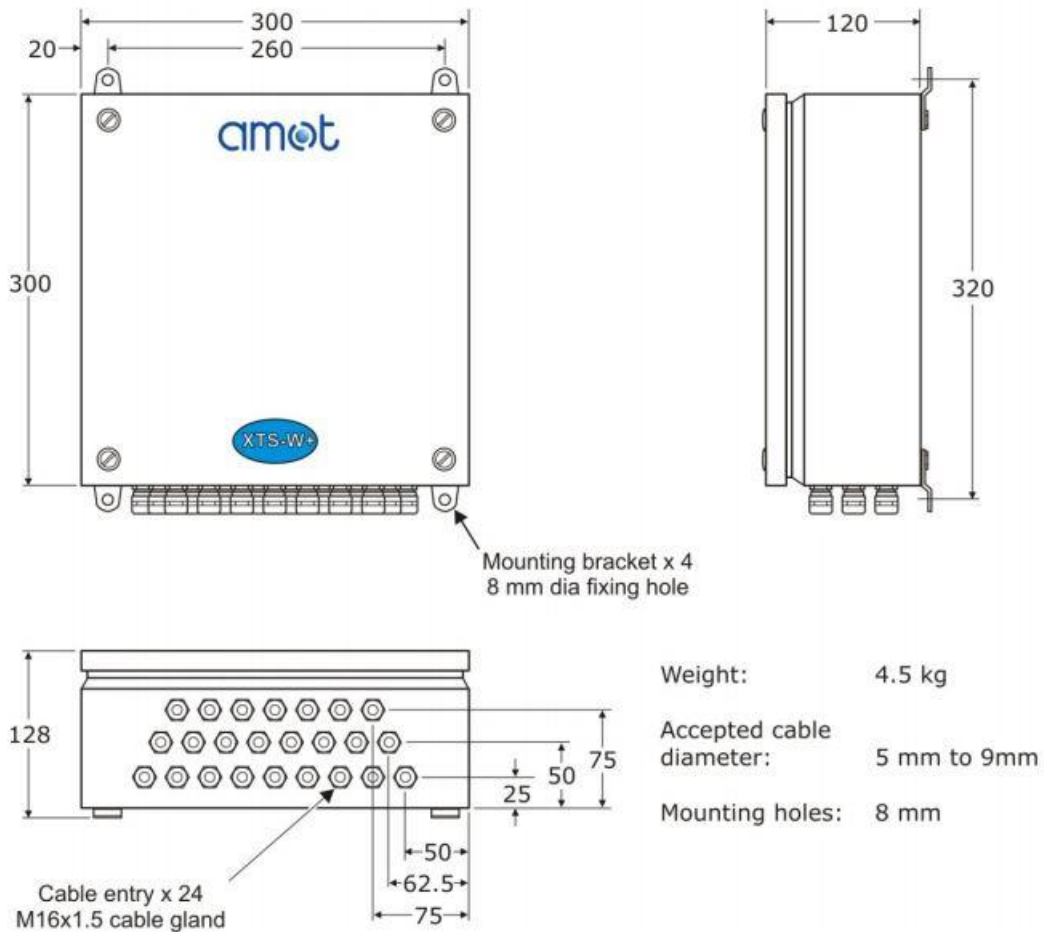


Slika 13. Shematski prikaz senzora zračnosti (Izvor: AMOT system overview)

Na shematskom prikazu senzora zračnosti prikazanom na slici (13) vidi se konstrukcija senzora zračnosti i način spajanja na izvor električne energije. Tako broj 1 obilježava spoj sa izvorom električne energije koja napaja senzor, a broj 2 je zaštita senzora koja obuhvaća sve četiri komponente senzora. Broj 3 i 4 su izlazni signali senzora prema jedinici za obradu podataka.

## 2.7.2. JEDINICA ZA OBRADU PODATAKA

Jedinica za obradu podataka napaja se električnom energijom napona 15V do 24V dc. Izrađena je s posebnim utičnicama DCE. Na njoj se nalazi i ulaz za memorijsku karticu koji je kompatibilan sa svim standardnim SD karticama. Dimenzije su prikazane na slici (14).

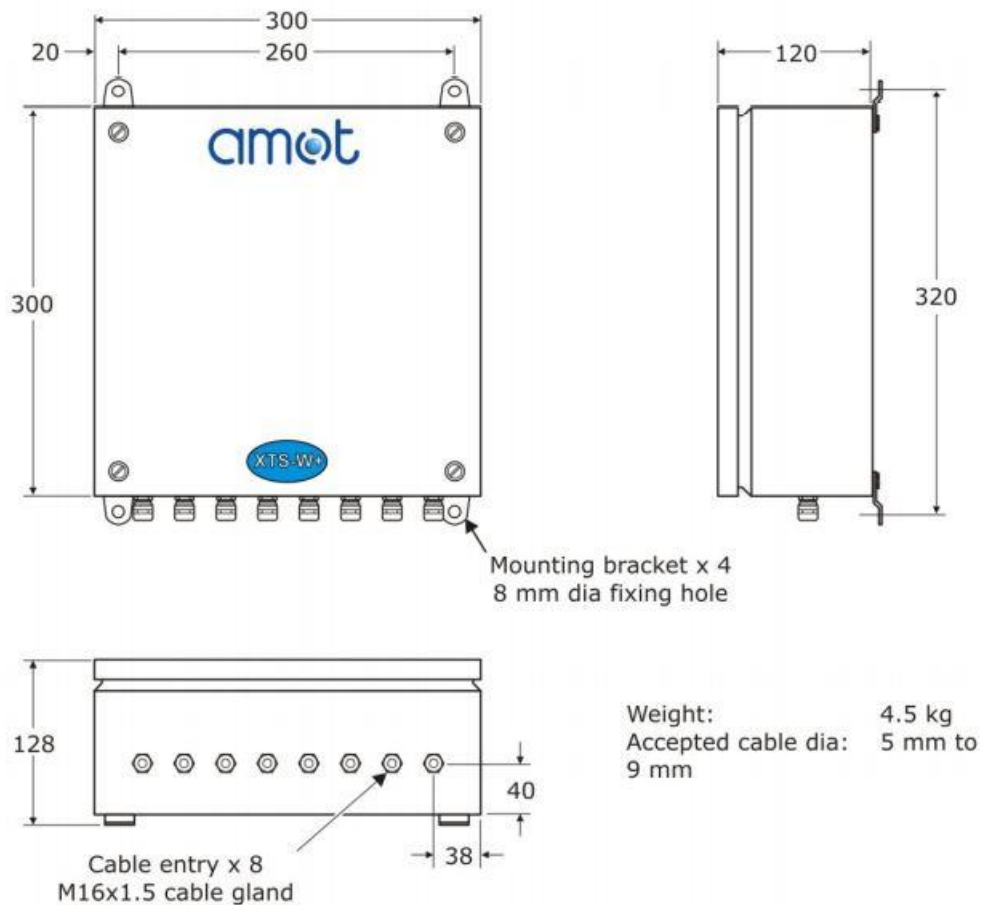


Slika 14. Nacrt jedinice za obradu podataka s pripadajućim dimenzijama (Izvor: AMOT system overview)

Prikazane su čak i dimenzije ulaza i izlaza te specifikacije, dimenzije i oznake pojedinih kablova koji se trebaju koristiti prilikom spajanja na jedinicu za obradu podataka.

### 2.7.3. JEDINICA SUČELJA

Napaja se iz brodske mreže od 24V te tolerira porast ili pad napona od +30% i -25%. Na sebi ima izlaze za priključak na brodski alarmni sustav. Za priključenje na brodski alarmni sustav ima tri spoja prema alarmnom sustavu broda, a to su: normalni izlaz, izlaz alarma i izlaz kritične vrijednosti. Svaki od izlaza osiguran je osiguračima. Tako su za Normalni izlaz i izlaz alarma ugrađeni T – osigurači po 2A, dok je za izlaz kritične vrijednosti T – osigurač od 5A.



Slika 15. Nacrt jedinice sučelja s pripadajućim dimenzijama (Izvor: AMOT system overview)

Na slici (15) mogu se vidjeti dimenzije jedinice sučelja s dimenzijama pripadajućih kablova i njihovih ulaza i izlaza.

#### **2.7.4. RAČUNALO**

Računalo na brodskoj električnoj mreži voltaže 9 – 36V. Procesor je Intel Atom D525 s tri jezgre od 1.8 GHz. U računalo je već ugrađen softver, kao i baza podataka te memorija s bazom podataka koja ima zaštitu od brisanja odnosno gubljenja podataka. Također, računalo je napravljeno od materijala otpornih na ulje i vodu te ima sposobnost obavljanja funkcije na temperaturi od -40°C do +125°C.

### **3. SOFTVER**

#### **3.1. OPIS SOFTVERA**

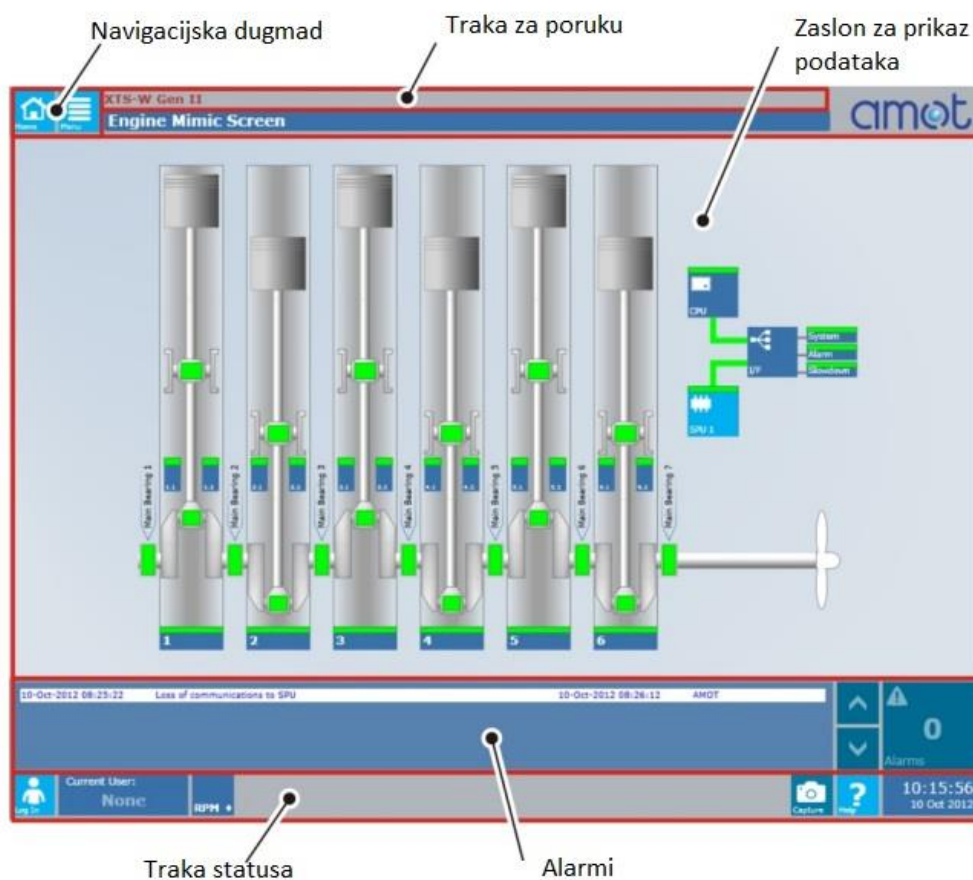
Softver je dizajniran za konstantno praćenje stanja ležajeva koljenastog vratila, kao i za konstantno praćenje stanja križne glave (ako postoji). Grafički prikazuje sve podatke za svaki posebni senzor ili cilindar na grafikonu, krivuljama ili na zaslonu simulacije rada motora. Grafikoni krivulja mogu se prikazati po izboru za senzore, cilindre ili za motor. Softver je prilagodljiv za različite tipove motora. Uz to postoji još opcija prikazivanja prošlih mjerenja i podataka na zaslonu kao i mogućnost slanja izvještaja za klasifikacijska društva u HTML formatu te se može vidjeti i u internet preglednicima. Softver je izgrađen da funkcionira s Windows operativnim sustavom koji se pokreće automatski kad se sustav uputi.



### 3.2. ZASLONI SOFTVERA

- **Zaslon simulacije motora:**

Ujedno je i glavni zaslon softvera prikazan na slici (16). Pokazuje smještaj senzora u motoru i njihovo stanje registrira bojama (zeleno znači normalan rad). Također prikazuje stanje jedinice za obradu podataka, jedinice sučelja i računala.

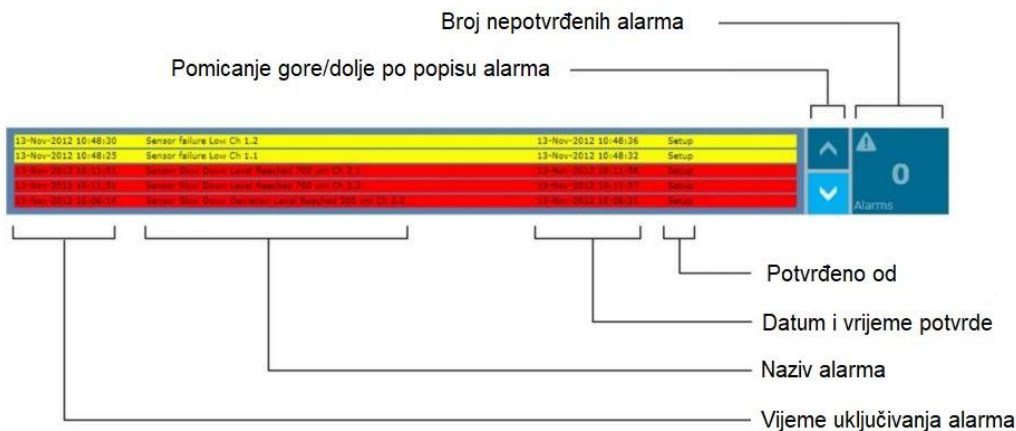


Slika 16. Prikaz zaslona za simulaciju rada motora (Izvor: AMOT software manual)

Budući da se na svaki cilindar ugrađuju po dva senzora (osim na krajnje: prvi i sedmi), senzori su na ekranu numerirani i to: 1., 2.1,2.2,3.1,3.2,4.1,4.2,5.1,5.2,6.1,6.2,7.; pa se iz ovoga vidi da su na svim cilindrima osim prvom i zadnjem postavljena po dva senzora.

- **Zaslon alarma:**

Pojavljuje se na svim zaslonima softvera ukoliko dođe do kvara, nedostatka ili prekoračenja zadanih vrijednosti mjerenih dijelova motora. Zaslon s alarmima prikazan na slici (17) će se uvijek pojaviti na gornjem dijelu svih zaslona, odnosno trenutnog zaslona te će manje greške i istrošenosti ispisati u redovima žute boje, dok će veće kvarove i kritične istrošenosti dijelova ispisati u redovima crvene boje.



slika 17. Objašnjenje zaslona alarma (Izvor: AMOT software manual)

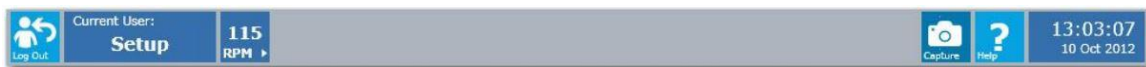
Vidi se i objašnjenje cijele trake zaslona alarma, kako pretraživati alarme, kako vidjeti tko je od časnika potvrdio da je vidio alarm i o kojoj se vrsti alarma radi.

- **Traka ispisa trenutnog stanja**

Ova traka nalazi se na dnu zaslona. Na njoj se ispisuje trenutni korisnik softvera koji je priključen na sustav. Također je ispisan broj okretaja motora , vrijeme i datum. Uz to sadrži još dugmad za prijavu/ odjavu korisnika, za pomoć korisniku ukoliko mu je

potrebna, te dugme za fotografiranje zaslona s mogućnošću spremanja na lokaciju na računalo ili SD karticu po želji korisnika.

Ova traka prikazana na slici (18), jednostavne je konstrukcije s prikazom vremena i datuma, dugmetom za pomoć korisniku softvera, dugmetom za fotografiranje zaslona ukoliko je potrebno fotografirati trenutno stanje rada, prikazom broja okretaja



Slika 18. Traka ispisa trenutnog stanja (Izvor: AMOT software manual)

motora i prikazom imena korisnika koji se trenutno koristi softverom. Također ima sivo područje u kojemu će softver crvenim slovima ispisivati sve trenutne radnje koje obavlja za vrijeme rada motora.

### 3.3. KOMUNIKACIJA SOFTVERA I HARDVERA

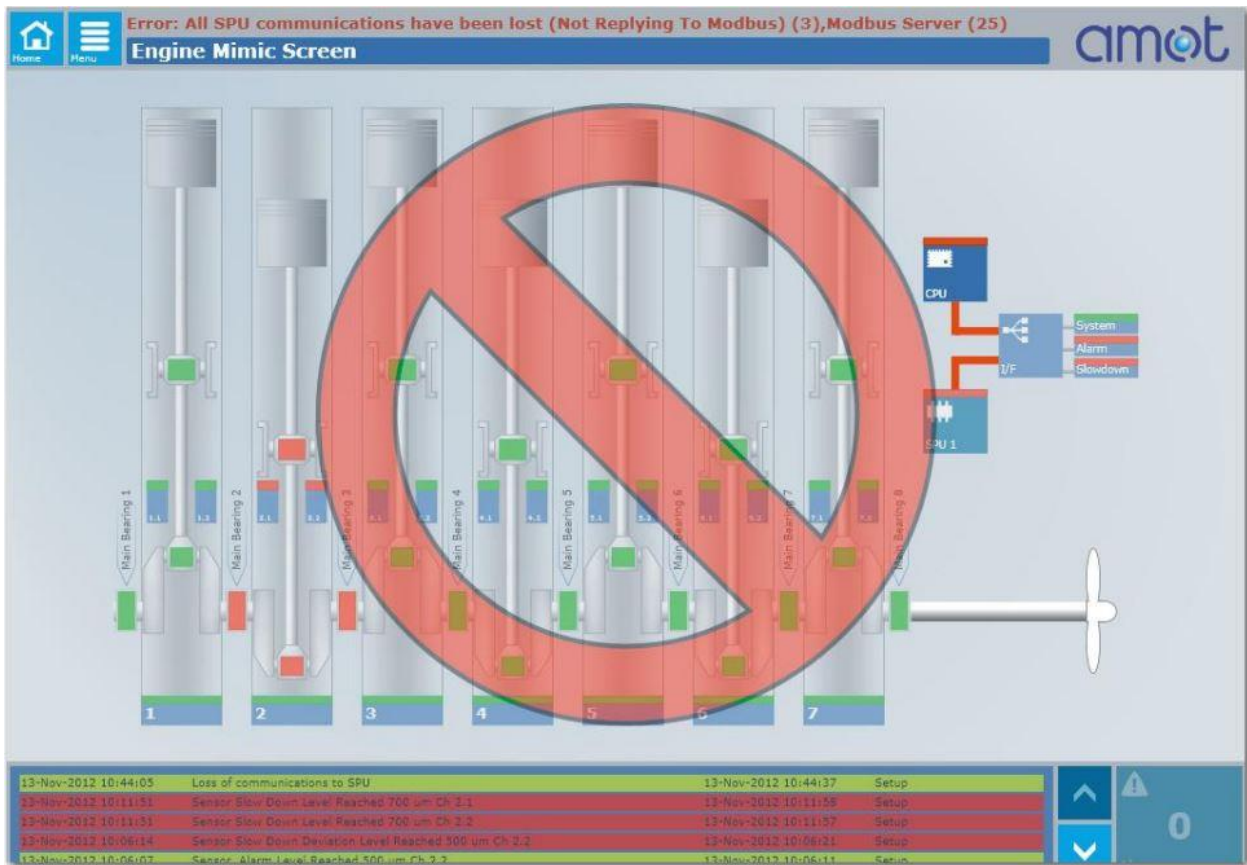
Na zaslonu simulacije rada motora, nalazi se dugme SPU. Pritiskom na ovo dugme na zaslonu će nam se pokazati detaljan opis komunikacije sa svim elementima sustava kao na slici (19).



Slika 19. Prikaz zaslona komunikacije softvera i hardvera (Izvor: AMOT software manual)

Također se može vidjeti i broj pogrešaka u komunikaciji softvera i hardvera, što je u našem slučaju 1.

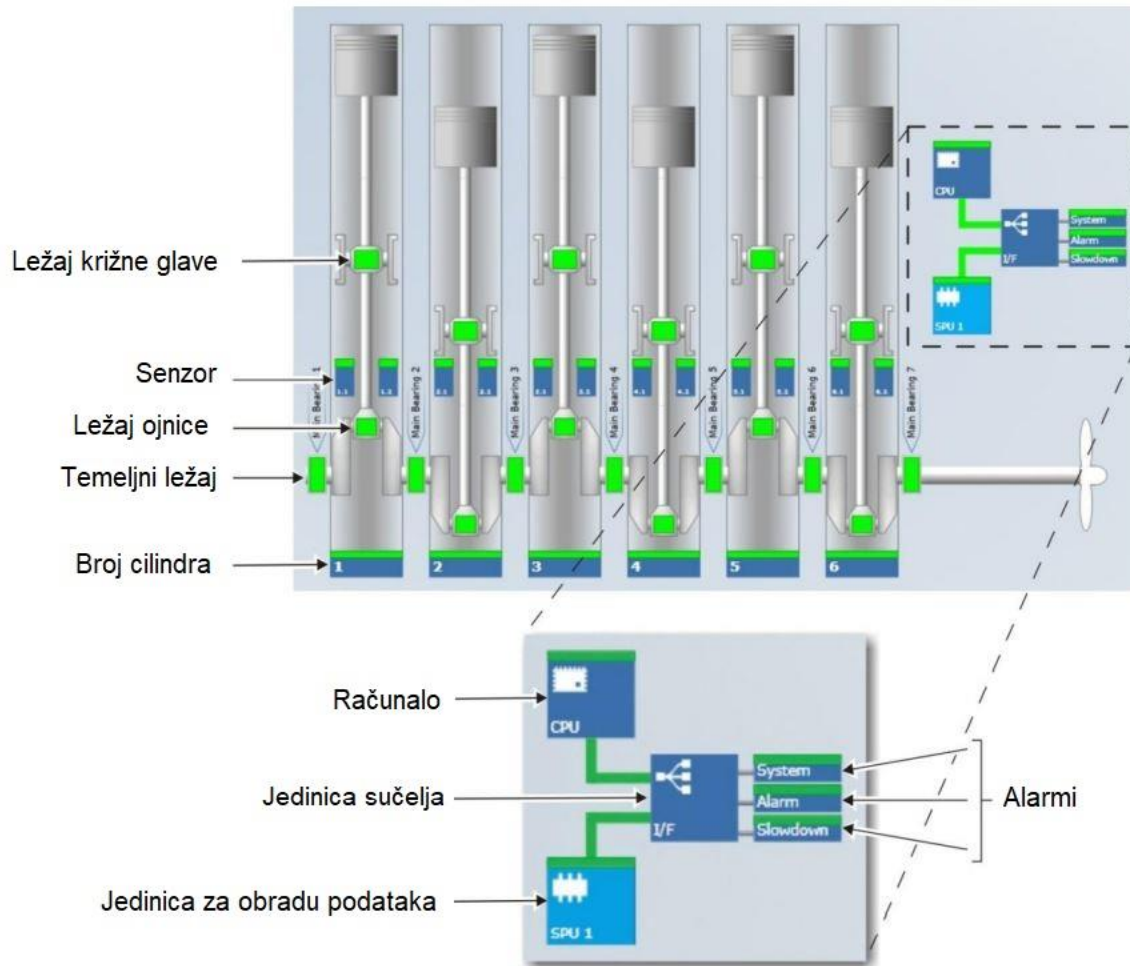
U slučaju da dođe do prekida komunikacije između softvera i bilo koje komponente sustava na zaslonu simulacije rada motora prikazat će se pogreška kao na slici (20).



Slika 20. Prikaz zaslona greške u komunikaciji softvera i hardvera (Izvor: AMOT software manual)

Na slici se vidi veliki krug zabrane što pokazuje prekid komunikacije softvera s određenim dijelovima sustava. Ti dijelovi sustava promijenili su boju iz zelene (kad sve radi kako treba) u crvenu. Dakle, primjera radi, na slici se vidi prekid komunikacije sa sensorima 2.1. i 2.2., što znači da oba senzora na drugom cilindru nemaju komunikaciju sa softverom. Također je sa slike

vidljivo da su računalo i jedinica za obradu podataka također iz zelene boje sada crveni što govori da je softver izgubio komunikaciju i s tim dijelovima sustava. Isto tako, kako je obojao dijelove koji ne komuniciraju sa softverom, tako je u zaslon alarma softvera ispisao koji dijelovi nemaju komunikaciju s istim. Kada je komunikacija svih elemenata sustava uspostavljena, softver će na zaslonu prikazati sve dijelove sustava u zelenoj boji kao na slici (21).

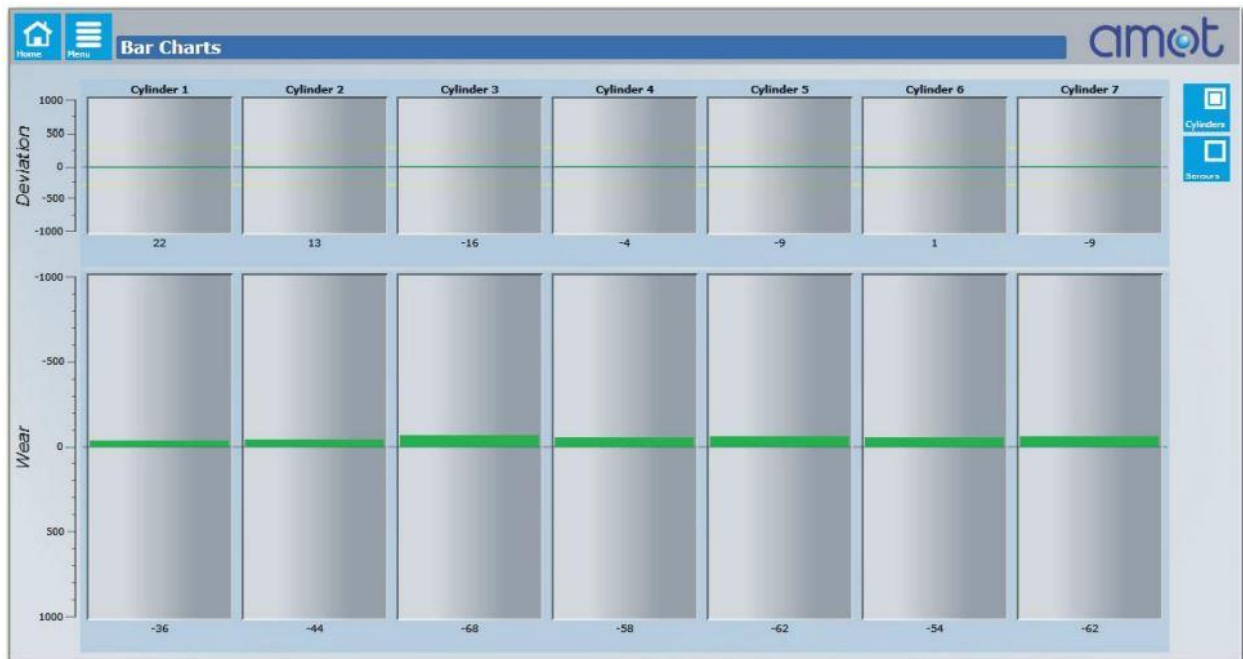


Slika21. Prikaz zaslona komunikacije kad je sve normalno (Izvor: AMOT software manual)

Vidi se iz slike da su svi spojeni dijelovi zelene boje što znači da su svi dijelovi propisno spojeni i da između njih postoji komunikacija te da je sve u redu sa svakim pojedinim dijelom sustava.

### 3.4. DIJAGRAMI

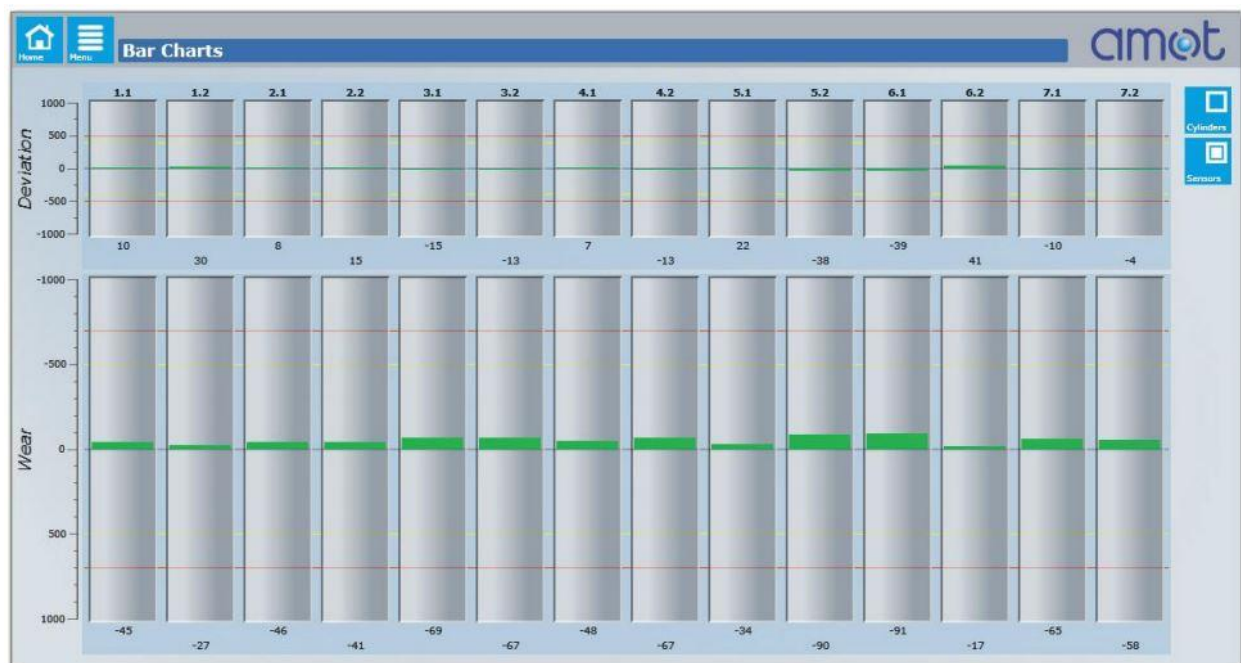
Na zaslonu dijagrama, slika (22), prikazane su vrijednosti istrošenosti ležajeva i stanje senzora. Svaki cilindar ima svoj stupac na zaslonu. Vrijednosti istrošenosti ležajeva i stanja senzora su izražene bojama. Gornji, manji dijagram je devijacija, dok je donji veći dijagram istrošenost ležajeva.



Slika 22. Prikaz trenutnog stanja istrošenosti ležaja i devijacije senzora (Izvor: AMOT software manual)

Isto tako kao što svi cilindri imaju svoje dijagrame devijacije i istrošenosti, tako postoji i dijagram senzora za svaki cilindar. Prelazak s jednog na drugog se obavlja klikom na dugmad „Cylinders” ili „Sensors”.

Klikom na dugme „Sensors”, dolazi se na zaslon prikaza stupca istrošenosti ležajeva prikazano na slici (23), gdje se vidi svaki pojedini ležaj, njegovo stanje i visina stupca istrošenosti prikazana

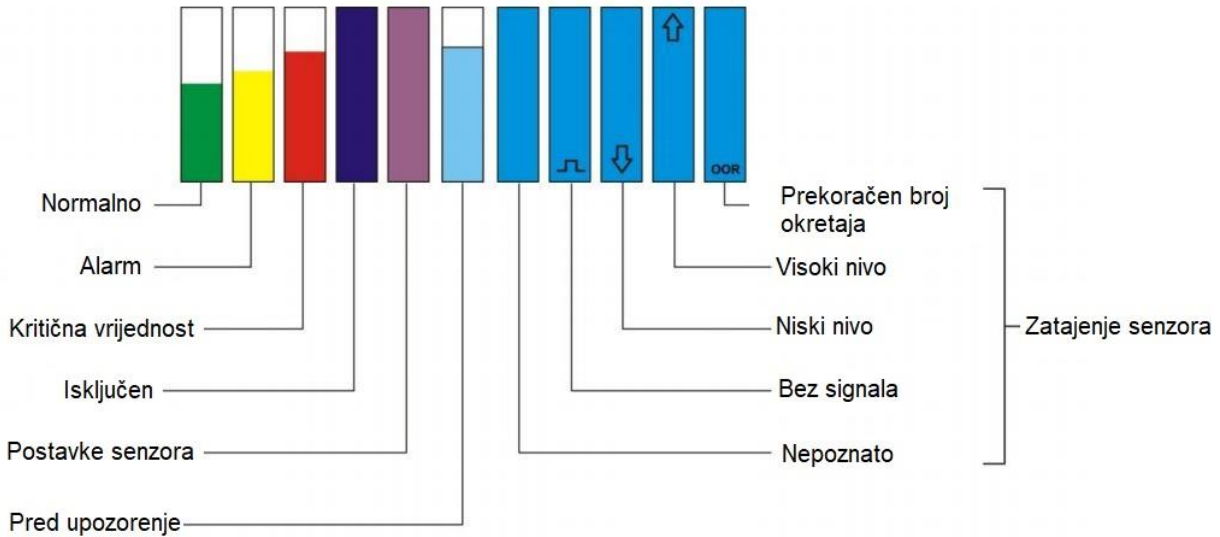


Slika 23. Dijagrami stupca istrošenosti ležaja i devijacije senzora (Izvor: AMOT software manual)

u zelenoj boji što znači da su ležajevi u području normalnog. Također je za svaki pojedini ležaj stupcem prikazana devijacija senzora.

- **Boje i njihovo značenje:**

Bojama i simbolima prikazan je rad senzora kod raznih stanja istrošenosti, područja različitih alarma i upozorenja prikazano na slici (24).



Slika 24. Prikaz statusa senzora po bojama (Izvor: AMOT software manual)

Vidi se također i prikaz simbolima za prekoračenje broja okretaja, prekid signala od senzora prema softveru, visoki i niski nivo kao i plava boja bez simbola za upozorenje na nepoznati izvor prekida normalnoga rada senzora.



### 3.4.1. DIJAGRAMI TRENDOVA

Dijagrami trendova ispisuju sadašnje ili podatke iz pohrane u svrhu usporedbe podataka tijekom nekog određenog perioda.



Slika 25. Prikaz krivulja dvaju mjerenja senzora i krivulje broja okretaja (Izvor: AMOT software manual)

Na slici (25) prikazan je zaslon s krivuljama mjerenja dvaju senzora kroz vremenski period rada motora s krivuljom broja okretaja motora za isti taj period. Krivulja broja okretaja prikazana je žutom bojom dok su krivulje mjerenja senzora prikazane u različitim bojama prema odabiru.

### 3.4.2. GRAFIČKI PODACI

Na zaslonu koji je prikazan na slici (26) ispisuju se grafički podaci, odabrane vrijednosti te kontrole. X os predstavlja datum i vrijeme. Lijeva Y os predstavlja stvarnu istrošenost u mikronima, dok desna Y os predstavlja broj okretaja motora. Krivulje mogu biti u bojama po želji korisnika.

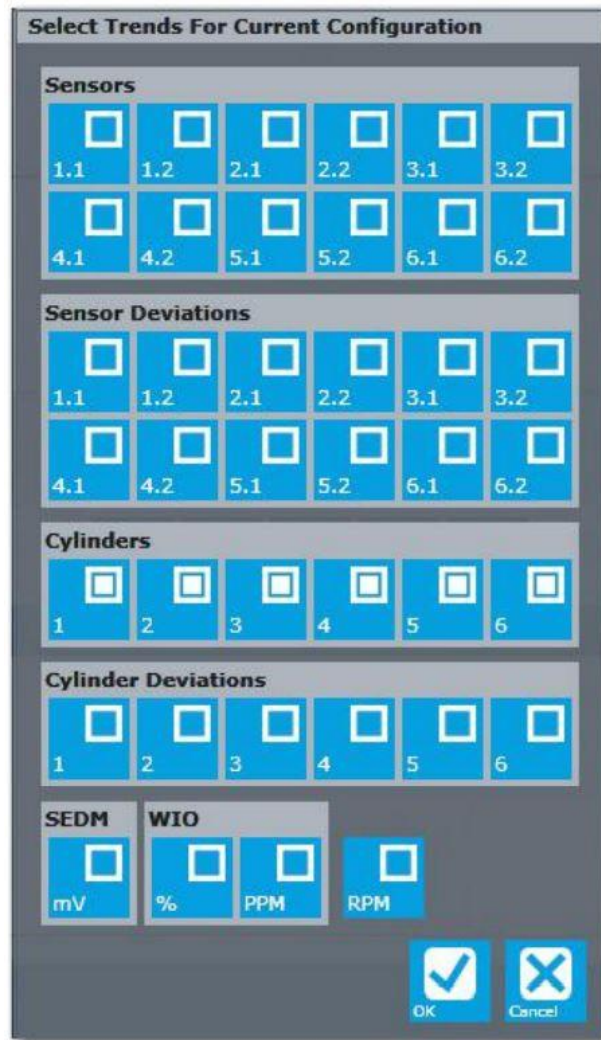
Na ovom dijagramu postoji mogućnost uklanjanja osi s brojem okretaja, kao i mogućnost očitavanja bilo kojeg podatka klikom na bilo koji dio krivulje. Ukoliko se klikne na krivulju dobit će se podatci očitavanja u točno tom vremenu.



Slika 26. Prikaz grafičkih podataka kroz vrijeme i broj okretaja (Izvor: AMOT software manual)

Ovaj softver nudi nam izbor odabira parametara koji će biti prikazani na zaslonu. Tako imamo mogućnost izbora koje cilindre treba prikazati, hoće li prikazati devijaciju ili istrošenost istih, kao i izbor senzora koje će prikazati te njihovu devijaciju ili stanje. Također nudi opciju odabira jedinica izražavanja devijacije ili istrošenosti u postocima (%) ili u dijelovima po milijunu (PPM). Maksimalni broj parametara je ograničen na 28.

Odabir parametara vrši se klikom na broj senzora za koji se žele dobiti podaci. Zatim se odabere za koje se senzore želi ispis devijacija, koji cilindri, za koje cilindre se vide

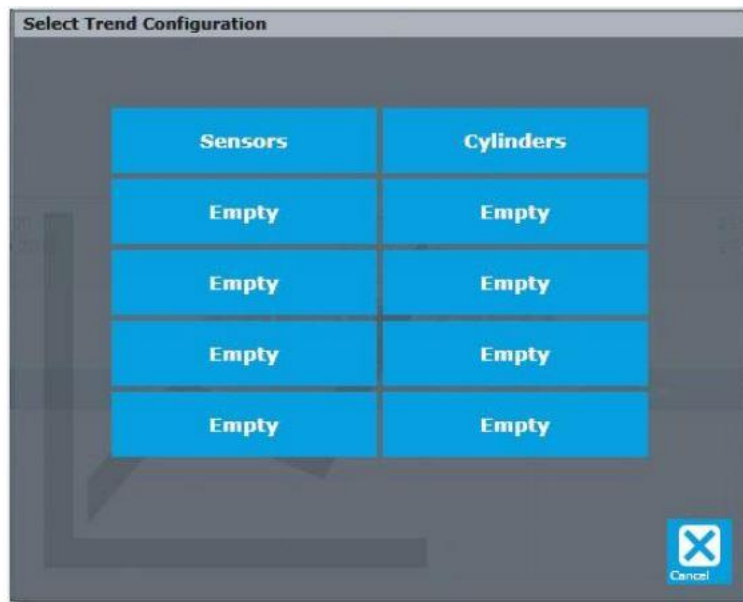


Slika 27. Odabir podataka za ispis na zaslon (Izvor: AMOT software manual)

devijacije, želi li se da se vidi broj okretaja motora kao što je prikazano na slici (27). Također je moguć odabir ispisa podataka u postotcima ili u PPM.

### 3.4.3. ODABIR PRETHODNIH MJERENJA

Prethodna mjerenja i parametri, odnosno povijest mjerenja, moguće je dovesti na zaslon. Baza podataka omogućuje pregled 10 prošlih očitavanja parametara kao na slici (28). Svako očitavanje moguće je spremiti pod imenom po želji. Ova mogućnost daje potpunu kontrolu i praćenje stanja dijelova koji se nadziru.

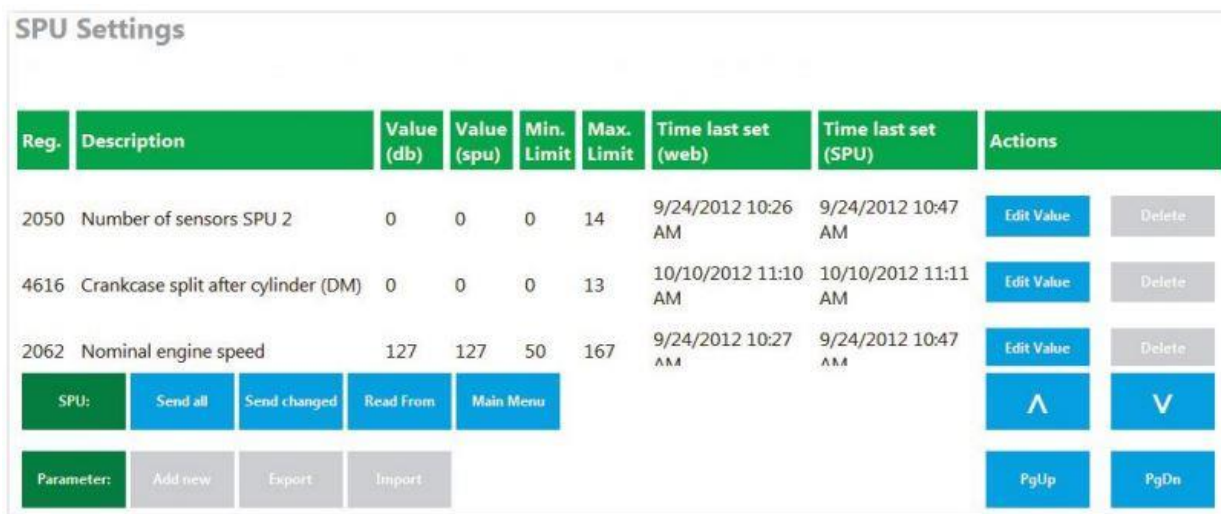


Slika 28. Odabir nekih od pohranjenih podataka (Izvor: AMOT software manual)

Svaki pohranjeni podatak moguće je izvesti prema brodaru ili prema klasifikacijskom društvu ako za to postoji potreba.

### 3.5. POSTAVKE SUSTAVA

Kako bi sustav bio spreman za izvršenje zadaće za koju se ugrađuje, potrebno je postaviti sve dijelove sustava posebno za brod na koji se ugrađuje, tip motora u koji se ugrađuje te je potrebno unijeti informacije o brodu i podesiti serijske ulaze. Zatim slijede softverske postavke jedinice za obradu, postavke uvoza/ izvoza, postavke korisnika, postavke senzora. Nakon toga, potrebno je unijeti postavke alarma, postaviti mrežni pristup te se po želji u naprednim postavkama poslužiti nekim od postavki poput zaštite od virusa, postavki grafikona te po potrebi u istim naprednim postavkama, vratiti na tvorničke postavke.



The screenshot shows the 'SPU Settings' interface. It features a table with columns for 'Reg.', 'Description', 'Value (db)', 'Value (spu)', 'Min. Limit', 'Max. Limit', 'Time last set (web)', 'Time last set (SPU)', and 'Actions'. Below the table are several control buttons: 'SPU:' with 'Send all', 'Send changed', 'Read From', and 'Main Menu'; 'Parameter:' with 'Add new', 'Export', and 'Import'; and navigation buttons for up/down arrows and PgUp/PgDn.

| Reg. | Description                         | Value (db) | Value (spu) | Min. Limit | Max. Limit | Time last set (web) | Time last set (SPU) | Actions           |
|------|-------------------------------------|------------|-------------|------------|------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| 2050 | Number of sensors SPU 2             | 0          | 0           | 0          | 14         | 9/24/2012 10:26 AM  | 9/24/2012 10:47 AM  | Edit Value Delete |
| 4616 | Crankcase split after cylinder (DM) | 0          | 0           | 0          | 13         | 10/10/2012 11:10 AM | 10/10/2012 11:11 AM | Edit Value Delete |
| 2062 | Nominal engine speed                | 127        | 127         | 50         | 167        | 9/24/2012 10:27 AM  | 9/24/2012 10:47 AM  | Edit Value Delete |

SPU: Send all Send changed Read From Main Menu

Parameter: Add new Export Import

^ v PgUp PgDn

Slika 29. Unos podataka o sustavu u softver (Izvor: AMOT software manual)

Ovaj unos vrši se na zaslonu na slici (29) gdje se upisuju podaci o broju senzora, broju okretaja motora, namjeni motora i ostalim važnim podacima o motoru i njegovim dijelovima.

### **3.6. IZVJEŠTAJI**

AMOT je napredan sustav pa postoji mogućnost izrade izvještaja o mjerenju i stanju te parametrima sustava. Isto tako, može se odabrati koje komponente sustava i njihove parametre će sadržavati izvještaj kao i koji od cilindara ili senzora će biti u istom.

#### **3.6.1. ODABIR IZVJEŠTAJA I PARAMETARA**

Ovisno o tome kakav izvještaj nam je potreban, kao i koji će parametri, dijelovi, senzori ili grafovi biti u izvještaju, možemo odabrati u izborniku „izvještaji”. Odaberu se cilindri, senzori, grafovi i vremenski period u kojem su očitavani parametri i napravi se izvještaj. Izvještaj ostaje u bazi podataka te je pristup istome moguć u bilo kojem trenutku.

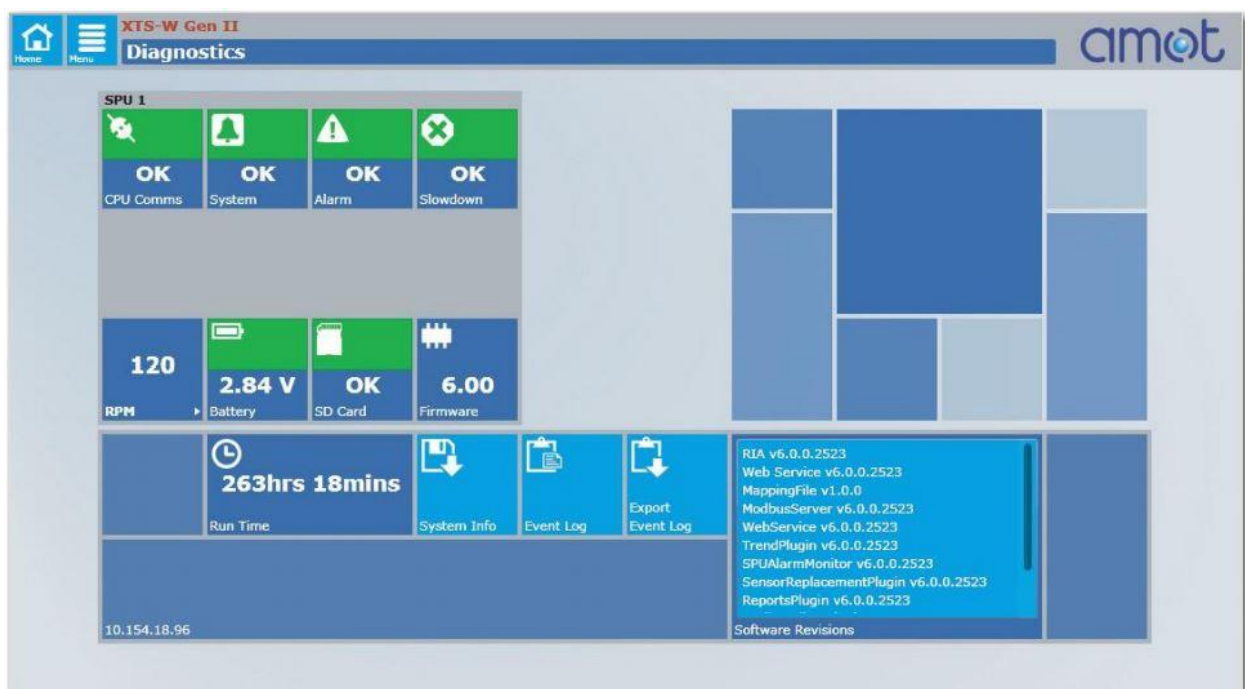
### **3.7. NAPREDNI RAD**

Unutar svojih mnogobrojnih izbornika, ovaj softver ima mogućnost naprednoga rada, odnosno opcije koje omogućuju neke operacije koje nisu standardne. Tako postoji mogućnost mnogih naprednih mogućnosti kao što su:

- dijagnostika
- postavke senzora
- izmjena senzora
- nadzor senzora
- postavke pragova i raspona parametara za alarme

### 3.7.1. DIJAGNOSTIKA

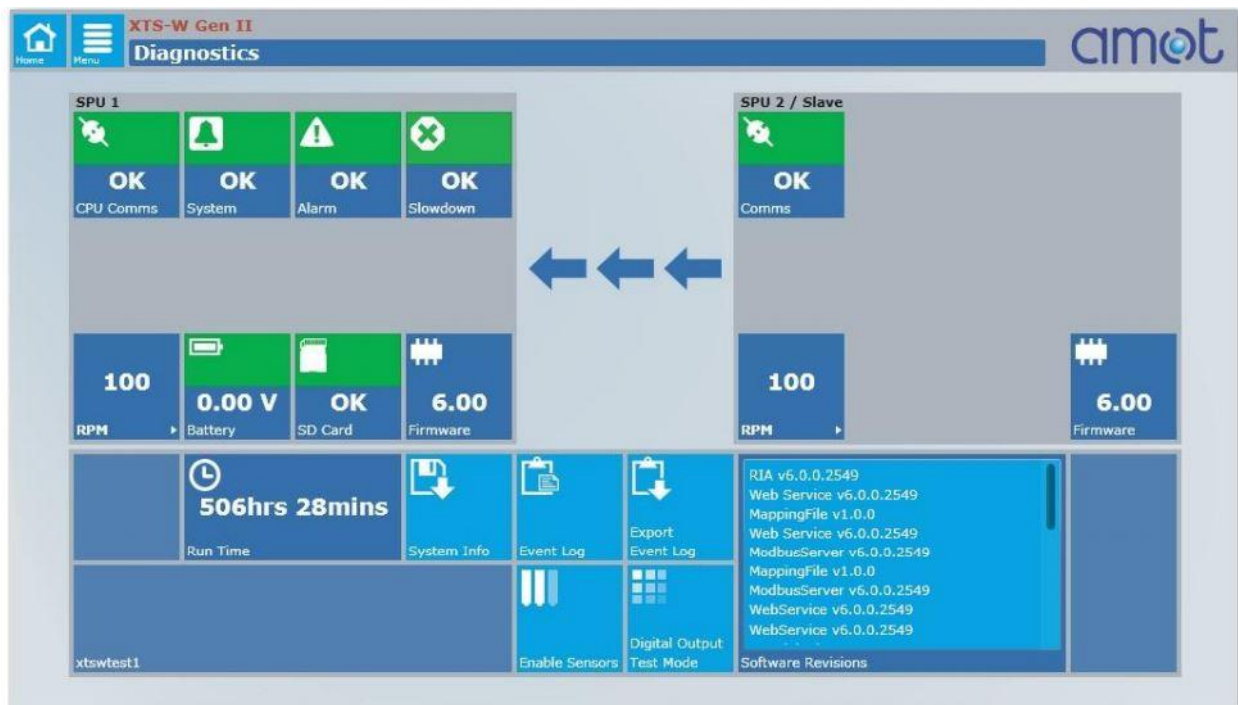
Dijagnostika se sastoji od jednostavnog zaslona koji se pojavi nakon klika na „meni”, zatim na „napredne postavke” te „napredne postavke”. Pojavi se izbornik i izaberemo „napredne postavke”. Zaslone sadržava izbor u obliku ikonica pa je moguće izabrati sljedeće dijelove sustava: jedinicu za obradu podataka, sustav, alarm, broj okretaja motora, stanje baterije, stanje memorijske kartice, vrijeme rada motora, kao i pregled svih operacija koje su obavljene tijekom korištenja ovim sustavom. To se najbolje vidi na slici (30).



Slika 30. Zaslone dijagnostike (Izvor: AMOT software manual)

Ovaj zaslon dijagnostike odnosi se na motore i sustav AMOT kod kojih se ugrađuje samo jedna jedinica za obradu podataka. Na zaslonu će se pojaviti svi podaci o svim dijelovima sustava.

Ukoliko se sustav ugradio s dodatnom „slave” jedinicom za obradu podataka, ovaj zaslon će biti prikazan u obliku podijeljenog zaslona, gdje će na lijevoj strani biti dijagnostika sa glavne („master”) jedinice za obradu podataka, a na desnoj dijagnostika pomoćne („slave”) jedinice za obradu podataka. Takav prikaz zaslona vidi se na slici (31).



Slika 31. Zaslon dijagnostike ukoliko postoji dodatna jedinica za obradu podataka (Izvor: AMOT software manual)

Područje zaslona koje je bilo sivo kod zaslona sa samo jednom jedinicom za obradu podataka sad je aktivno i na njemu se vide podaci za dodatnu jedinicu za obradu podataka.



### 3.7.2. POSTAVKE SENZORA

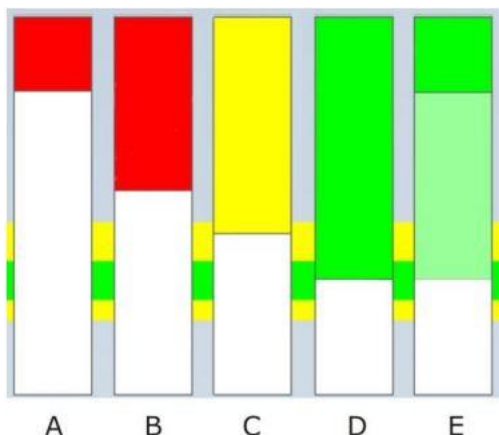
Ovaj dio naprednih postavki koristi se prilikom instalacije sustava u svrhu postavljanja parametara, granica ili pragova tolerancije istrošenosti te režima rada senzora kako se vidi na slici (32). Ove postavke senzora obavljaju se uz upute za uporabu gdje se nalaze detaljne informacije za postavljanje i prilagodbu senzora motoru na koji se ugrađuje.



Slika 32. Zaslون postavki senzora (Izvor: AMOT software manual)

Dalje, na zaslonu se pojavi slikoviti prikaz svih ugrađenih senzora, poredanih po brojevima, odnosno po rasporedu cilindara. Kako bi postavili i prilagodili senzore, motor mora biti zakrenut za jedan puni krug. Kako se pojedini klip ili stap pomiče prema dolje, tako se pomiču i žuto – zeleni stupci koji signaliziraju da postoji izlazni signal senzora.

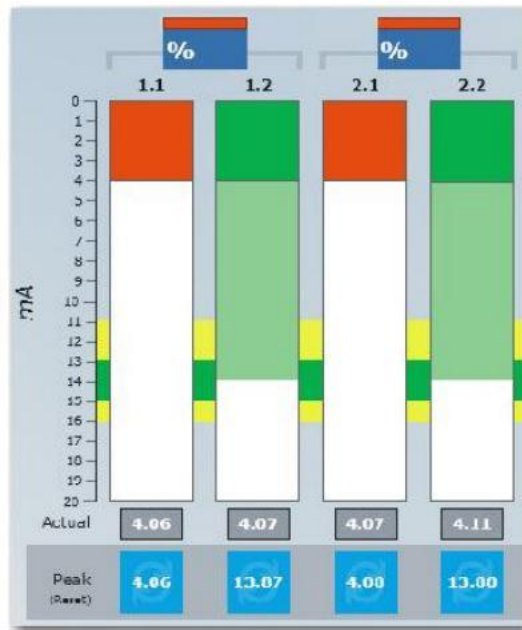
Ukoliko su senzori postavljeni prema uputama i propisno, ovi stupci će pokazati zeleno područje, što je normalno područje djelovanja senzora, dok će, kako ide prema donjoj krajnjoj točki, pokazati vrh ili prag normalnog područja u svijetlozelenoj boji.



Slika33. Prikaz postavki senzora po bojama (Izvor: AMOT software manual)

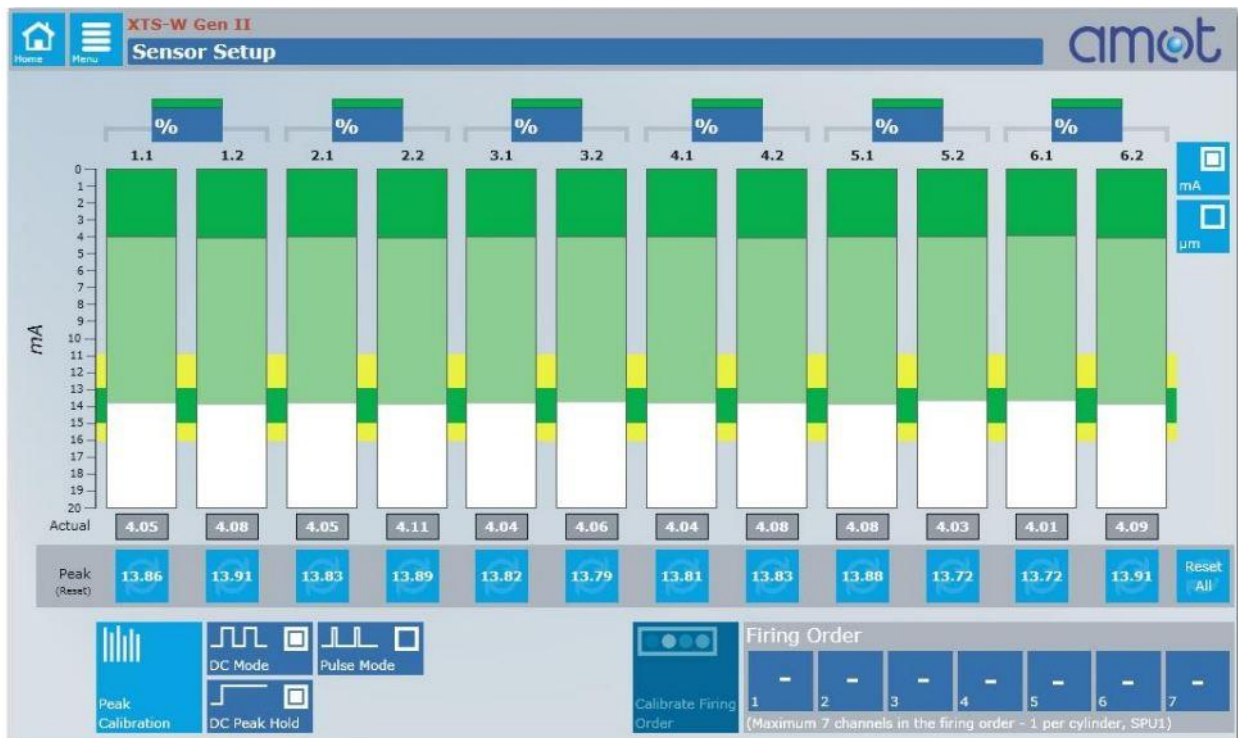
Dakle, na slici (33) su prikazane pozicije klipa ili stapa tijekom instalacije i postavki senzora. Tako pozicija A označava da se klip ili stap još nije pomaknuo. Pozicija B indicira da se klip ili stap pomiče prema dolje, ali nije još dosegao točno određenu poziciju. Pozicija C nam prikazuje da klip ili stap ide i dalje dolje te da se približava točnoj poziciji. Pozicija D označava da je klip ili stap dosegao točnu poziciju u svojoj kretnji prema dolje, dok pozicija E označava da ide prema gore uz predočenje krajnje pozicije što se očituje svijetlozelenom bojom. Prilikom ove operacije potrebno se uvjeriti da se dva senzora ugrađena na pojedini cilindar kreću zajedno u parovima, što dokazuje da su senzori spojeni kako treba. Ukoliko senzori nisu spojeni kako treba, indikator (na slici %) iznad cilindra je u crvenoj boji te izbacuje pogrešku.

Na slici (34) za primjer ovakve greške prikazano je da se senzori 1.2 i 2.2 pomiču zajedno s klipom ili stapom broj 1, što znači da je greškom senzor 2.2 spojen na cilindar broj 1.



Slika34. Prikaz zaslona kod pogrešno spojenih senzora (Izvor: AMOT software manual)

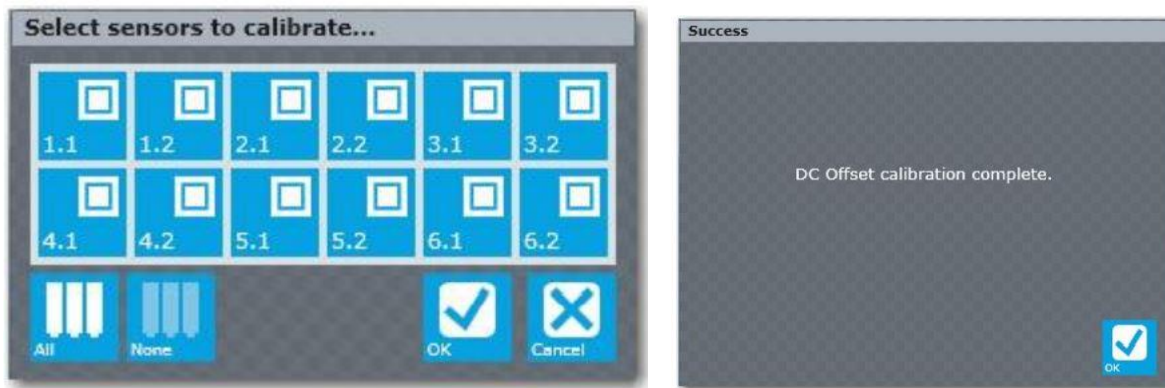
Nakon što se otkloni bilo koja pogreška koja je ispisana na zaslonu te kad se pozicije klipova ili stapova, kao i % indikator, prikažu u zelenoj boji, tek je onda sigurno da su senzori postavljeni i spojeni kako treba te da se dobivaju prava i stvarna očitavanja podataka iz istih.



Slika 35. Prikaz zaslona nakon pravilnog spajanja senzora (Izvor: AMOT software manual)

Tek sada je sve spremno za kalibraciju senzora. Ova kalibracija se može vršiti za sve senzore, pojedine senzore te za više senzora odjednom. Jednostavnim klikom na senzore koji se trebaju kalibrirati odabere se željeni senzor ili se pritisne ikona „all” za sve senzore te se klikne „ok”. Automatski će se kalibrirati odabrani senzori te će se pojaviti obavijest o uspjehu zadane kalibracije.

Kada se vrši kalibracija potrebno je odabrati koji se senzori žele kalibrirati. Na slici (36), budući da se kalibriraju svi senzori jer je sustav tek ugrađen, odabrani su svi senzori pritiskom na dugme „all”. Potvrdom odabira dobije se zaslon s desne strane slike koji donosi obavijest da je kalibracija završena.



Slika 36. Odabir i potvrda kalibracije senzora (Izvor: AMOT software manual)

Uz kalibraciju senzora potrebno je još odraditi automatske postavke o motoru, što znači da će program sam dijagnosticirati redoslijed paljenja cilindara kao na slici (37), postaviti praćenje izlaznih signala senzora za određene vremenske periode, kao i ispisati na zaslon sve navedeno.

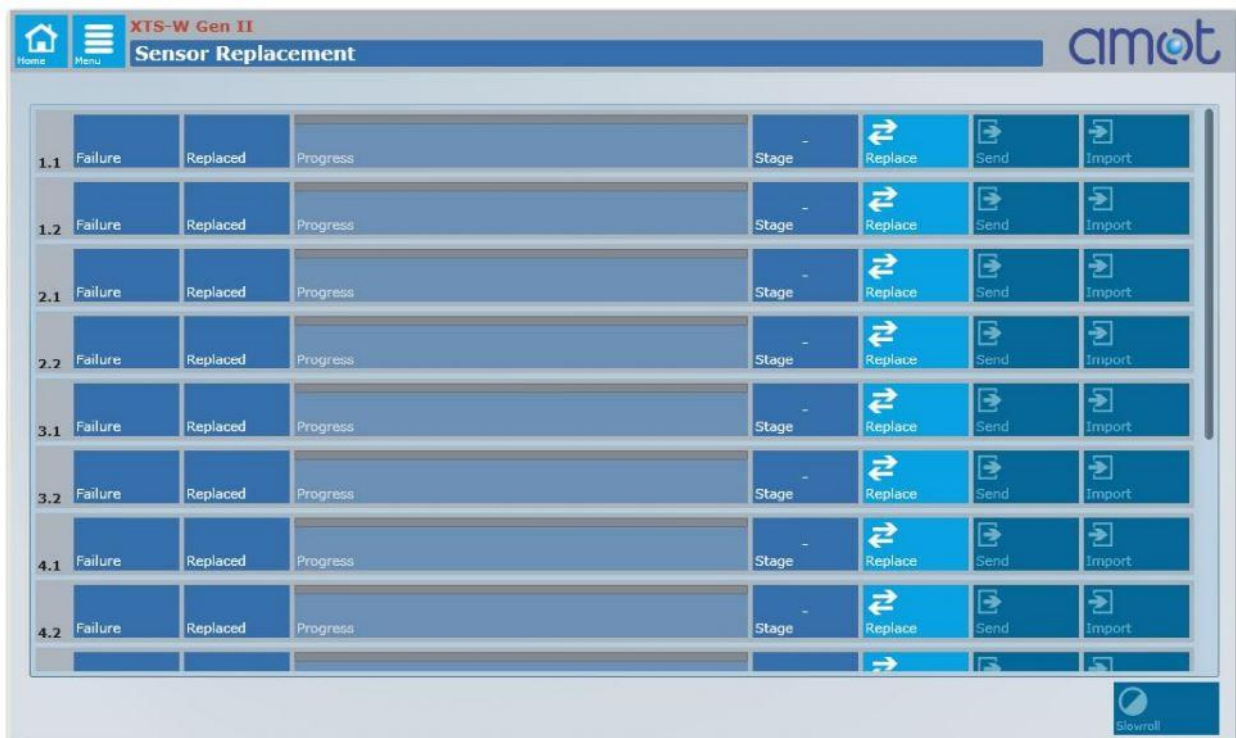


Slika 37. Prikaz redoslijeda paljenja cilindara (Izvor: AMOT software manual)

Redoslijed paljenja cilindara obavlja automatski softver putem samih senzora te ih ispisuje u kvadratiće u donjem desnom kutu zaslona.

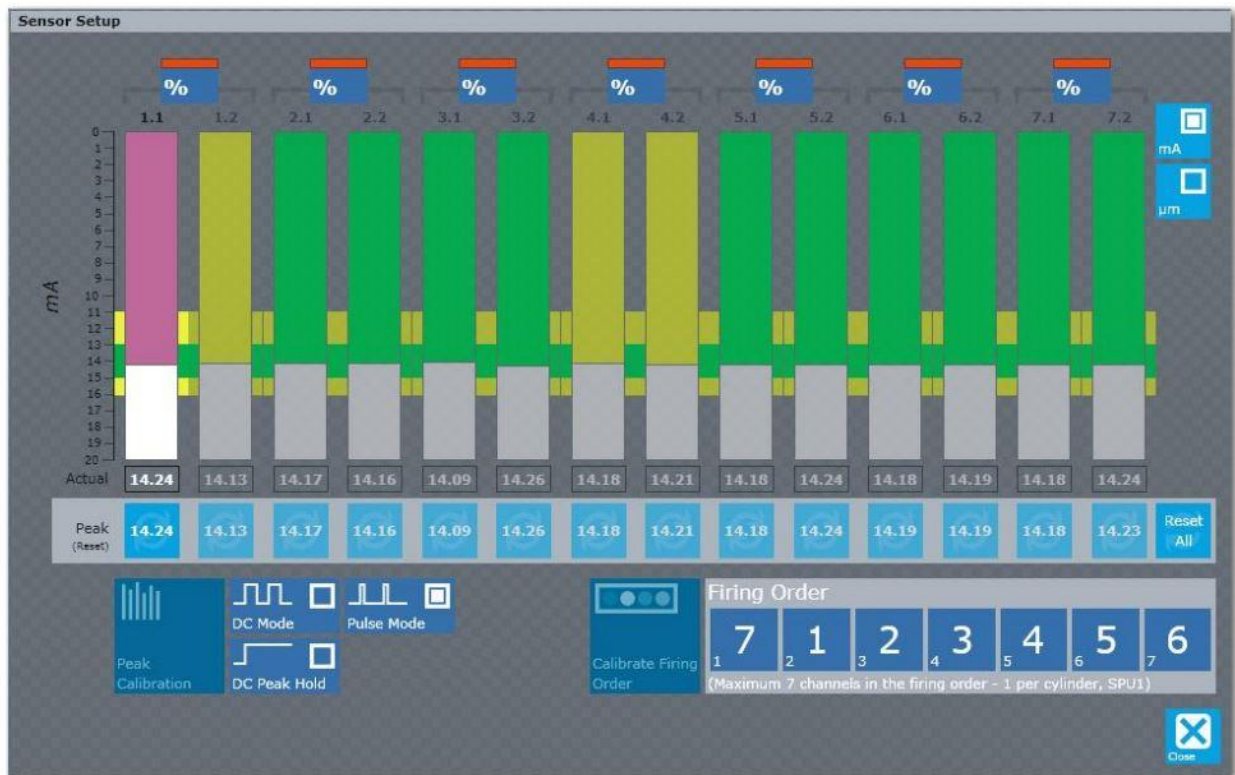
### 3.7.3. IZMJENA SENZORA

Ova radnja obavlja se u slučaju kvara ili izmjene određenog ili svih senzora, točnije nakon otklanjanja kvara ili nakon instalacije jednog, više ili svih senzora. U ovom slučaju na zaslonu će se pojaviti svi senzori po rednom broju s mogućnošću odabira izmjene za svaki od njih kao na slici.



Slika 38. Zaslona za odabir senzora za izmjenu (Izvor: AMOT software manual)

Nakon klika na tipku „zamjeni” zaslon se vraća na pregled senzora kao na slici (38). Na ovom zaslonu vidjet će se svi senzori i cilindri u zelenoj boji, osim onih koji su obilježeni za izmjenu, a koji će biti prikazani ljubičastom bojom. Na slici je prikazan senzor broj 1.1 koji je obilježen za promjenu te je vidljivo da je ljubičaste boje.



Slika 39. Prikaz senzora koji se mijenja u ljubičastoj boji (Izvor: AMOT software manual)

Tek kada taj prvi klip ili stap odradi puni krug, na ekranu, slika (39), će se pojaviti u svijetloplavoj boji ikonica za kalibraciju ljubičastih senzora odnosno senzora koji se mijenja, a u ovom slučaju senzora broj 1.1. Nakon što se to klikne, zaslon se vraća na odabir senzora za kalibraciju. Odabere se senzor za kalibraciju i automatski će taj senzor biti kalibriran. Nakon kalibracije senzora koji je zamijenjen, ponovno se zaslon vrati na popis senzora, ali ovaj put prikazuje da se senzor koji je zamijenjen nadzire. Period nadzora traje 50 sati te se prati linijom statusa, a pokazuje i preostalo vrijeme nadzora istog. Pedesetosatni nadzor započinje pokretanjem motora nakon izmjene senzora. Vidi se na slici (40).

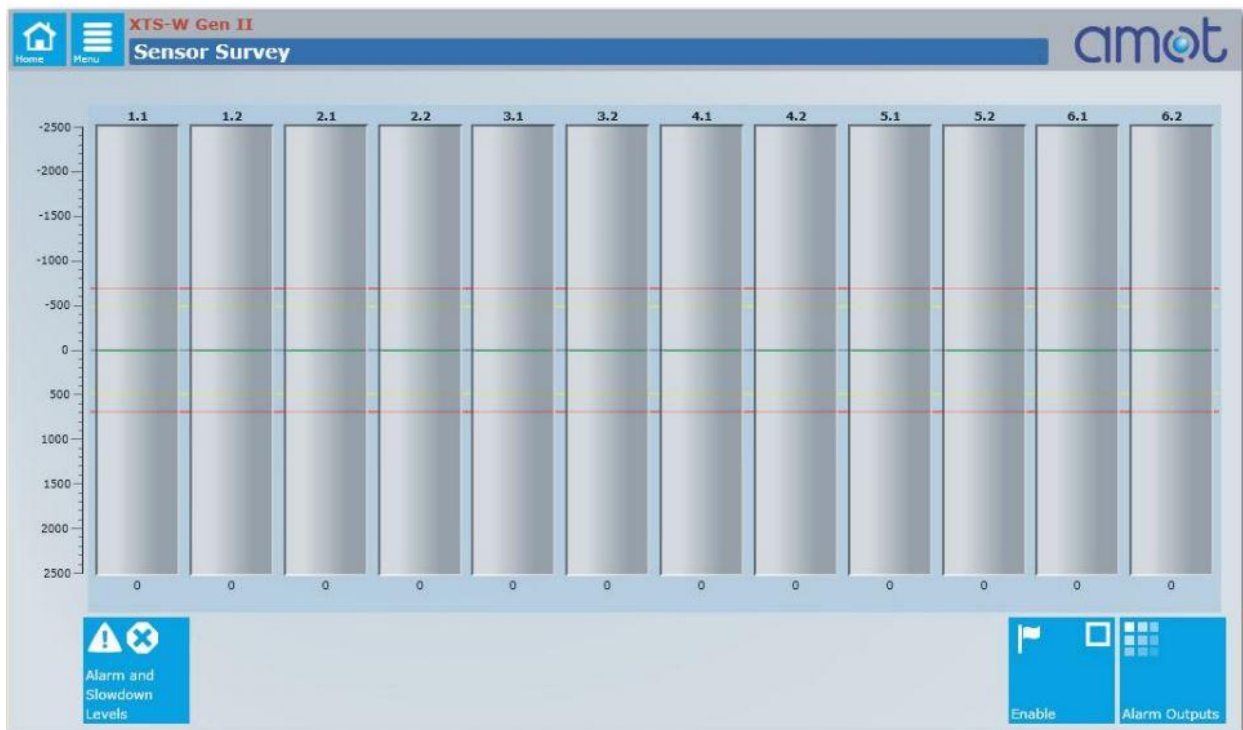
| Channel | Date        | Status   | Progress | Time Remaining        | Collection Stage | Cancel  | Send | Import |
|---------|-------------|----------|----------|-----------------------|------------------|---------|------|--------|
| 1.1     | 02 Dec 2012 | Failure  | Replaced | 50hrs 0mins Remaining | Collection Stage | Cancel  | Send | Import |
| 1.2     | Failure     | Replaced | Progress |                       | Stage            | Replace | Send | Import |

Slika 40. Prikaz i status 50 – satnog nadzora senzora (Izvor: AMOT software manual)

Nakon što završi period nadzora od 50 sati, započinje novi 450 – satni nadzor izlaznog signala senzora koji je zamijenjen, ali pri različitim brojevima okretaja te se uspoređuju izlazni signali sa signalima tijekom normalnog rada motora.

### 3.7.4. PREGLED SENZORA

Pregled senzora obavlja se tako što se pregledaju izlazni signali senzora i postavke za aktivaciju alarma. Tijekom pregleda senzora moguće je da se aktivira alarm senzora, kao i da taj alarm aktivira neke druge alarme u cijelom sustavu. Pregled na slici (41).

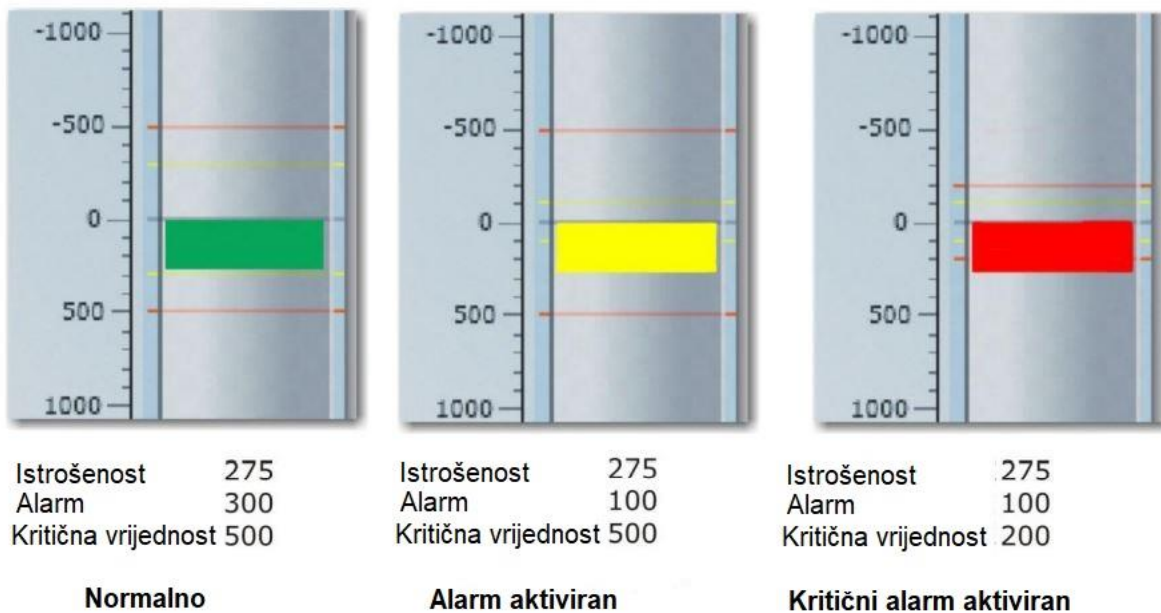


Slika 41. Zaslona nadzora senzora (Izvor: AMOT software manual)

- Pregled izlaznih signala senzora obavlja se umetanjem metalnih pločica ispred senzora kako bi se simulirala istrošenost.
- Pregled alarma obavlja se izazivanjem alarma da bi se vidjelo hoće li ti alarmi potaknuti druge alarme sustava koji bi se ovim kvarom ili istrošenošću trebali aktivirati.



Kako bi pregled alarma bio potpuno siguran i prikazivao točne podatke i razlog aktivacije alarma, po bojama će biti prikazani prioriteti alarma i za svaki od alarma će se moći očitati vrijednosti



Slika 42. Zaslona vrijednosti aktivacije alarma (Izvor: AMOT software manual)

istrošenosti, razina istrošenosti na kojoj će se aktivirati alarm kao i kritična vrijednost proširenja stupca prikazanog u boji. Za alarm normalno predviđena je zelena boja pa će se alarm uključiti ukoliko zelena boja prekorači vrijednost od 300, dok će, ako prekorači kritičnu vrijednost od 500 preći u Alarm aktiviran. Isto je s ostalim alarmima.

## **4. ODRŽAVANJE SUSTAVA AMOT**

Kao i svaki sustav ugrađen na brod, sustav AMOT zahtjeva redovno ili periodično održavanje i preglede. Da bi sustav bio održavan i radio u skladu sa zadanim parametrima, mora se obratiti pažnja i obaviti niz radnji kako je zadao proizvođač.

### **4.1. SIGURNOST I MJERE SIGURNOSTI**

Neke operacije i zahvati održavanja zahtijevaju rad na dijelovima sustava koji mogu biti opasni ili izazvati ozljede osoba koje rade na održavanju sustava, kao i dovesti do oštećenja dijelova koji se održavaju ili dijelova sustava kao i uređaja vezanih za njih. Zato je potrebno izvesti zahvate održavanja slijedeći točno korak po korak upute od proizvođača koje su opisane u priručniku za održavanje sustava. Ukoliko postoji radnja koja bi mogla predstavljati opasnost ili uzrokovati ozljede te oštetiti opremu, prije tog koraka nalazit će se upozorenje i to u dva oblika. Prvi oblik upozorenja je „upozorenje” (WARNING!). Ovaj znak znači da postoji opasnost od ozljeda osoblja koje radi na održavanju, a u tekstu ispod upozorenja nalazi se detaljan opis opasnosti koje bi se mogle dogoditi u slučaju nepravilnog obavljanja zahvata održavanja, kao i mjere koje se trebaju provesti prije tog koraka održavanja. Drugi oblik upozorenja je „oprez” (CAUTION). Ovaj znak upozorava na moguće oštećenja brodske opreme i uređaja kao i samih dijelova sustava. Također sadržava tekst s radnjama koje trebaju biti obavljene prije nego se nastavi sa daljnjim održavanjem. Uz ova dva upozorenja, postoji još i „bilješka” (NOTE), koja sadrži još korisnih informacija o radnjama koje se trebaju obaviti prije ili poslije određenih koraka održavanja sustava. Također, u svrhu sigurnosti se treba voditi još i odobrenjima proizvođača motora, a koji sadrže upute i nacрте za ugradnju i održavanje ugrađenog sustava.

#### **4.1.1. RUTINSKO ODRŽAVANJE**

Sustav AMOT preporučuje provjere i održavanja u određenim vremenskim razmacima, a sve to da bi bili sigurni da se sustav instalirao i da bi sustav bio održavan te radio kako je zadano. U tu svrhu moraju se obavljati sljedeća održavanja:

- Dnevno održavanje
- Tjedno održavanje
- Godišnje održavanje

#### **4.1.2. DNEVNO ODRŽAVANJE**

U dnevnom održavanju određene su radnje koje treba obavljati svaki dan. To su sljedeće provjere i radnje:

1. Provjeriti sve displeje i zaslone
2. Provjeravati traku za poruke ima li ikakvih poruka
3. Provjeriti status svih senzora i očitavanja njihovih signala na svim displejima i zaslonima
4. Provjeriti je li datum i vrijeme u skladu s aktualnim
5. Provjeriti da nema prekida komunikacije između računala i jedinice za obradu podataka

#### **4.1.3 TJEDNO ODRŽAVANJE**

Sadrži radnje i provjere koje se moraju obaviti svaki tjedan. Te radnje su ispisane redom:

1. Napraviti tjedno izvješće
2. Testirati izlaze alarma (normalni, izlaz alarma)
3. Provjeriti grafove senzora i grafove istrošenosti da nema slučajno kakvih odstupanja ili prekoračenja zadanih vrijednosti unutar tjedan dana (168 h)

#### **4.1.4. GODIŠNJE ODRŽAVANJE**

Svake godine potrebno je u svrhu održavanja i provjere sustava odraditi sljedeće radnje propisane od proizvođača:

- **UNUTAR MOTORA**

1. Provjeriti sve kabele, stoje li kako treba, jesu li složeni kako treba, izolirani i osigurani
2. Pregledati sve ulaze kabela, utičnice istih, stezaljke i uvjeriti se da su spojevi čvrsti i osigurani
3. Provjeriti sve spojeve senzora da su sigurni, čvrsti i neoštećeni
4. Pregledati sve kabele da nisu slučajno oštećeni
5. Pregledati vijke nosača senzora da nisu opušteni, kao i čvrstoću senzora u nosačima
6. Provjeriti sve izlazne kabele iz motora da nisu oštećeni te da su čvrsti i osigurani

- **NA MOTORU**

1. Provjeriti da je jedinica za obradu podataka sigurno i čvrsto ugrađena na motor
2. Provjeriti da su sve konekcije na ulazima u jedinicu čvrste i spojene kako treba
3. Provjeriti sve kabele da nisu oštećeni
4. Provjeriti da su svi provučeni kabeli osigurani

- **U KONTROLNOJ SOBI**

1. Provjeriti jesu li jedinica sučelja i računalo postavljeni čvrsto i kako je zadano uputama
2. Provjeriti kabele da nisu oštećeni
3. Provjeriti da su svi razvučeni kabeli propisno pričvršćeni
4. Provjeriti da su svi ulazi i utičnice osigurani i učvršćeni
5. Očistiti sve displeje i zaslone sa krpom za čišćenje zaslona

## 4.2. IZMJENA KOMPONENTI

Izmjenu komponenti potrebno odrađivati po strogim uputama proizvođača za svaku komponentu sustava posebno. Tako postoje tablice, tablica (1), koje sadrže stupac za određenu komponentu i stupac radnje koju je potrebno izvršiti da bi se komponenta pravilno i propisno zamijenila novom.

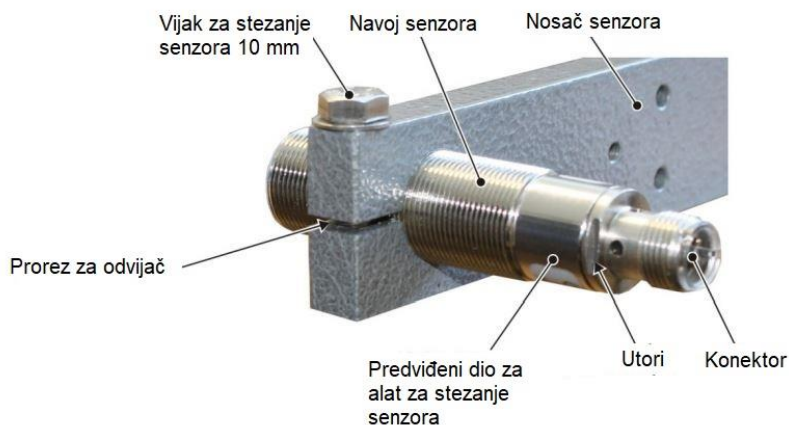
Tablica 1. Prikaz obaveznih postupaka prilikom izmjene i/ili održavanja komponenti sustava (Izvor: AMOT maintenance manual)

| <b>KOMPONENTA</b>           | <b>POSTUPAK</b>                                      |
|-----------------------------|--|
| JEDINICA SUČELJA            | Instalirati prema uputama priručnika                 |
| SENZOR ZRAČNOSTI            | Ugraditi nosač, namjestiti zračnost, stegnuti senzor |
| JEDINICA ZA OBRADU PODATAKA | Preporuka je obratiti se proizvođaču                 |
| RAČUNALO                    | Preporuka je obratiti se proizvođaču                 |

U tablici se nalaze preporuke i upute za ugradnju i montažu pojedinih dijelova sustava. Neki dijelovi se mogu ugraditi prema uputama iz priručnika, dok je za neke dijelove potrebno kontaktirati proizvođača u svrhu konzultacije ili savjeta za ugradnju. Ponekad je potrebno da proizvođač pošalje svoje servisere kako bi se pojedini dijelovi ugradili kako treba.

### 4.2.1. IZMJENA SENZORA ZRAČNOSTI

Kako bi se senzor zračnosti mogao promijeniti, potrebno je zaustaviti motor i onemogućiti njegovo upućivanje tijekom izmjene senzora. Zatim se isključi kabel za prijenos signala iz senzora, odvije se sigurnosni vijak na nosaču senzora te se odvije senzor i izvuče iz nosača. Pri tome se mora koristiti adekvatan alat za odvijanje senzora i vijaka da ne dođe do oštećenja na senzoru, vijcima i nosaču senzora. Ukoliko se senzor ne da odviti, potrebno je umetnuti odvijač u prorez na nosaču senzora. Zatim se zavije novi senzor u nosač te se započne s kalibracijom istog.

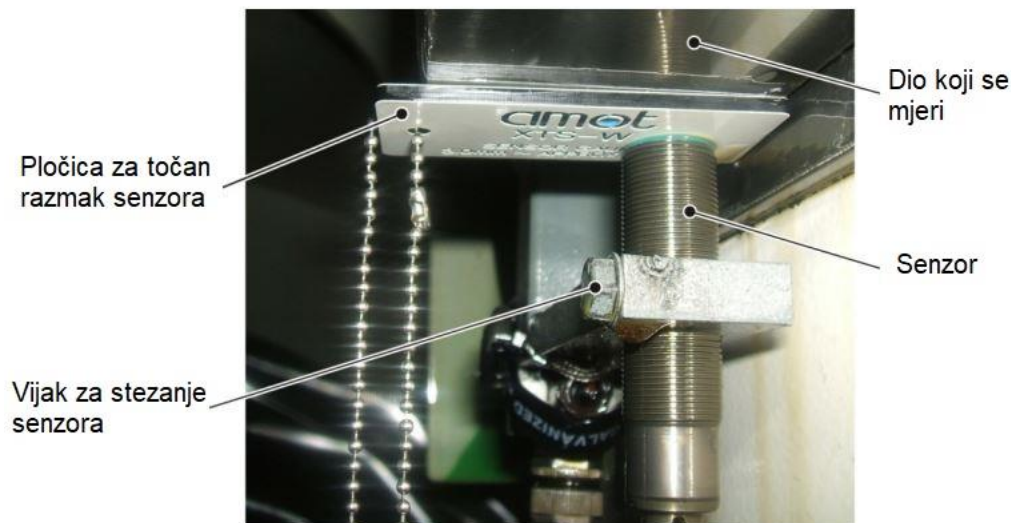


Slika 43. Dijelovi senzora zračnosti za izmjenu ili održavanje (Izvor: AMOT maintenance manual)

Na slici (43) vide se svi dijelovi senzora i nosača senzora. Detaljno su označeni u svrhu pravilnog rukovanja sa sensorima i nosačem senzora prilikom montaže, izmjene ili pregleda senzora. Kada se senzor ugrađuje, svi ovi dijelovi se čvrsto stegnu osim vijka za stezanje senzora 10 mm koji služi za daljnji proces kalibracije senzora zračnosti.

#### 4.2.2. KALIBRACIJA SENZORA ZRAČNOSTI

Kako bi kalibracija senzora bila obavljena kako treba, potrebno je prvo senzor mehanički namjestiti i odrediti udaljenost senzora od dijela koji će senzor pratiti i vršiti mjerenje istog. Potrebno je okrenuti motor tako da klip ili stap tog senzora dođe u donju mrtvu točku. To se može odrediti pomoću oznaka na zamašnjaku ukoliko postoje. Dalje se odvija vijak za osiguranje senzora, zatim se senzor zavija ili odvija do udaljenosti od 3 mm. Kad je postignut razmak od 3 mm, zategne se vijak za osiguranje senzora. Kalibracija se dalje obavlja softverski kako je opisano u poglavlju 3.7.3.



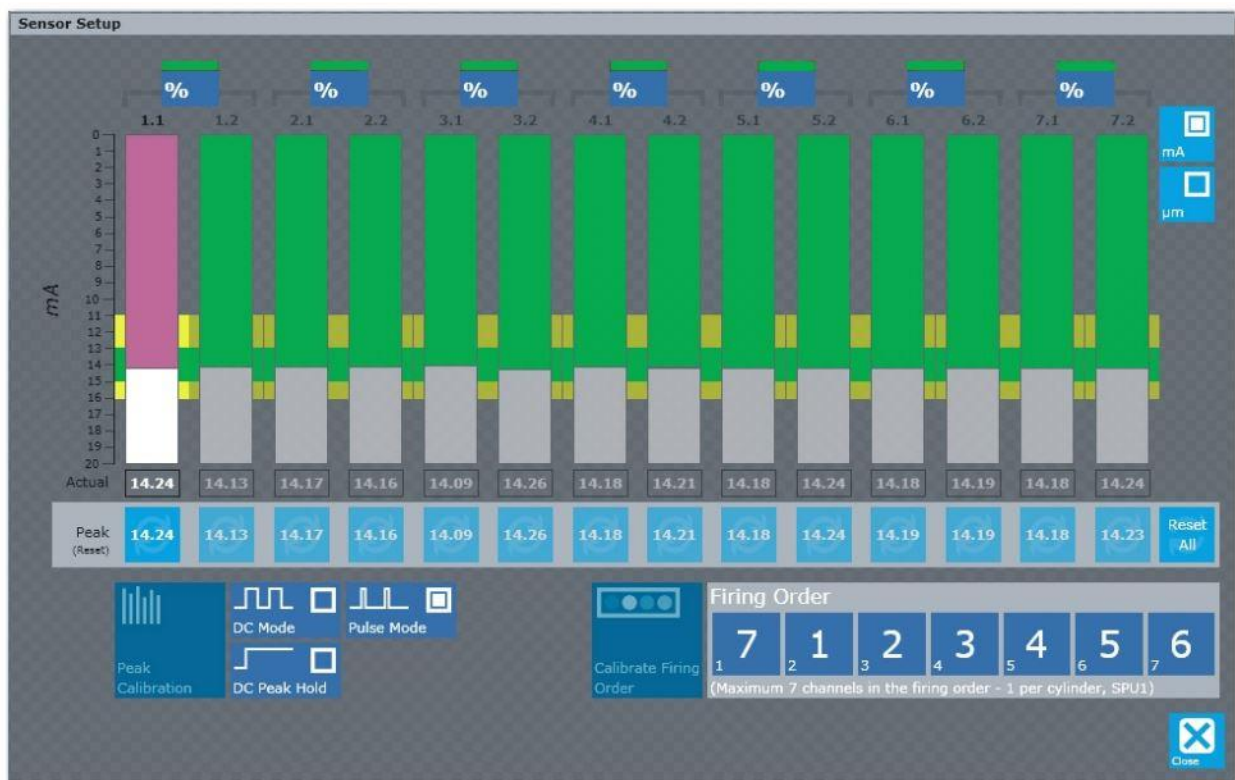
Slika

44. Prikaz ispravnog postupka kalibracije senzora zračnosti (Izvor: AMOT Maintenance manual)

Na slici (44) vidi se senzor s obilježenim pripadajućim dijelovima prilikom kalibracije. Također se vidi pločica za točan razmak senzora prema kojoj se senzor navija dok je ne dodirne. Nakon toga se stegne vijak za stezanje senzora, izvuče se pločica za razmak i proces kalibracije senzora zračnosti je završen.

### 4.3. MOGUĆI PROBLEMI I KVAROVI

Kao i kod svakog sustava, mogući su neki od problema u radu ili održavanju, kao i kvarovi komponenti ili dijelova sustava. Kako bi se ti nedostaci spriječili ili otklonili u najkraćem mogućem roku i uz najmanju štetu na sustavu, njegovim komponentama i dijelovima, a ujedno i spriječile ozljede osoblja koje vrši pregled i održavanje ili izmjenu dijelova, razrađen je popis najčešćih kvarova i nedostataka koji bi se mogli pojaviti tijekom rada ili prilikom održavanja sustava. Ovaj popis kvarova i operacija, koje treba poduzeti u slučaju da se pojave, znatno olakšava dijagnostiku i uklanjanje istih.



Slika 45. Prikaz kalibracije senzora nakon izmjene ili održavanja (Izvor: AMOT Maintenance manual)

Slika (45) prikazuje problem prilikom kalibracije senzora. Jasno se vidi da je senzor broj 1.1 prikazan ljubičastom bojom što ukazuje da kalibracija istog nije uspjela ili da postoji problem prilikom kalibracije istog senzora.



### 4.3.1. OSIGURAČI

Osigurači služe kao i u svakom strujnom krugu, za zaštitu dijelova električnih sustava od preopterećenja strujnog kruga i prekoračenja napona na kojemu isti obavljaju svoju funkciju. Tako je poznato da svaki osigurač ima napon i amperažu na kojoj će prekinuti strujni krug. Sustav AMOT također koristi osigurače kao zaštitu. Ti osigurači su stakleni ili keramički, dimenzija 5mm x 20 mm tipa T (što znači da su protuudarni). Zamjena je jednostavna te samo treba pripaziti na to da se prilikom izmjene odabere pravi tip osigurača sa specifikacijama koje odgovaraju osiguraču koji se mijenja.

| Fuse number | Fuse type |
|-------------|-----------|
| F1, F3, F4  | T2A       |
| F2          | T5A       |

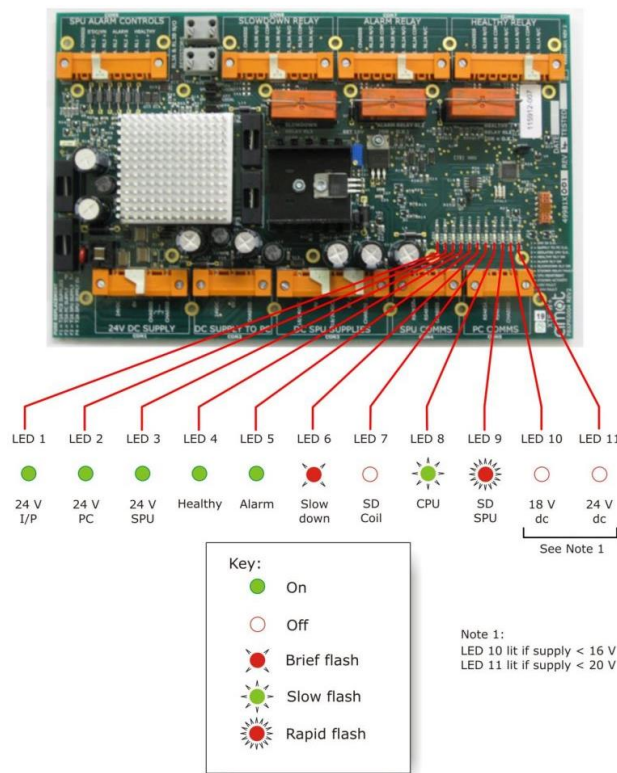
"T" in the fuse type indicates anti-surge/time delay.

Slika 46. Tablica po rednim brojevima, tipu i izvedbi osigurača (Izvor: AMOT Maintenance manual)

Slika (46) prikazuje tablicu osigurača po broju, tipu i vrsti osigurača. Ova tablica nalazi se u priručniku za održavanje sustava zbog lakšeg odabira i nabave određenog osigurača ukoliko je potrebna izmjena istog. Preporučuje se korištenje originalnih osigurača, kao i odabir propisane vrste i tipa osigurača.

### 4.3.2. LED DIODE

Na jedinici sučelja, nalaze se diode kojima se može pratiti stanje dijelova sustava bez da je potrebno ići na neko udaljeno računalo ili na neki od zaslona. Boje u kojima ove LED diode svijetle indiciraju stanje. Poredane su po brojevima od 1 do 11, s lijeva nadesno. Svaka od dioda, ukoliko promijeni boju svog normalnog stanja (npr. normalno stanje je zeleno, a pređe u crveno), signalizira pogrešku u sustavu. Normalna stanja, boje i promjene boja objašnjena su na slici.



Slika 47. Prikaz, opis i objašnjenje rada LED dioda sučelja (AMOT Maintenance manual)

Objašnjenje i opis rada LED dioda sučelja prikazano je na slici (47). Prema rednom broju i boji diode može se vidjeti što ista signalizira, za koji dio prikazuje trenutno stanje i kako signalizira pojedina dioda. Signalizacija je okarakterizirana treperenjem određene diode, stalnim neprekidnim svjetlom ili povremenim treperenjem svjetlosti diode.

### 4.3.3. RELEJI SUČELJA

Releji su sastavni dio sustava i obavljaju važnu funkciju u radu sustava. Tako je normalno da mogu postojati problemi i kvarovi na relejima tijekom rada sustava. Postoji nekoliko raznih situacija kada će doći do promjene rada releja iz normalnog stanja. Budući da postoje tri vrste releja za alarme koje su navedene u poglavlju prije (normalni, izlaz alarma i izlaz kritične vrijednosti), tako za svakog od njih postoje i problemi koji se javljaju.

- **Normalni izlazni**

- prekid u kabelima
- prekid u spoju između jedinice za obradu podataka i sučelja
- kratki spoj u kabelima između jedinice za obradu podataka i sučelja
- računalo i softver nemaju komunikaciju sa relejom

- **Izlaz alarma**

O prekid u kabelima

- prekid u spoju između jedinice za obradu podataka i sučelja
- senzor očitava vrijednost iznad vrijednosti izlaznog alarma
- devijacija cilindra prelazi vrijednost izlaznog alarma
- zatajenje senzora
- upalio se alarm vode u ulju (ako je ugrađen senzor vode u ulju)

- **Izlaz kritične vrijednosti**

- senzor pokazuje vrijednost iznad izlaza kritične vrijednosti
- devijacija senzora prelazi vrijednost izlaza kritične vrijednosti
- oštećenje senzora iznad tolerancije

## 5. OTKLON KOLJENASTOG VRATILA

Koljenasto vratilo dug je i težak element brodskih motora te podnosi nekoliko velikih opterećenja prilikom eksplozije smjese u cilindru, pomicanja klipa ili stapa i ovojnice prilikom eksplozije smjese goriva i zraka. Postoje četiri izvedbe koljenastog vratila:

1. Potpuno saliveno koljenasto vratilo (saliveno iz jednog dijela) motora MAN slika (48)



Slika 48. Potpuno saliveno koljenasto vratilo (Izvor:<https://www.indiamart.com/proddetail/man-b-w-marine-engine-crankshaft-21126234988.html>)

2. Sastavljeno koljenasto vratilo (protuutezi i osovine su sastavljeni iz dijelova)
3. Polu-sastavljeno koljenasto vratilo (dva protuutega su saliveni s osovinom između njih, dok su osovine ležajeva sastavljene na njih naknadno)
4. Potpuno zavareno koljenasto vratilo (vratilo je sastavljeno zavarivanjem)

Koljenasto vratilo se najčešće lijeva od čistog čelika.

Otklon koljenastog vratila najčešće se javlja kod velikih brodskih motora. Ovaj otklon nastaje kroz određeni period rada motora, a manifestira se povećanom udaljenosti između protuutega koljenastog vratila u gornjoj mrtvoj točki (GMT) ili smanjenjem te udaljenosti u donjoj mrtvoj točki (DMT). Ovaj otklon javlja se vremenom kod svih koljenastih vratila, ali je za manje motore zanemariv. Otklon se otkriva mjerenjem svakog koljena za svaki klip ili stap posebno. Otklonu koljenastog vratila pogoduju povećano opterećenje rada motora (savijanje i uvijanje trupa broda prilikom plovidbe po valovima), porast temperature u motoru, istrošenost ili loša montaža

ležajeva, zamor materijala (najčešće kod koljenastih vratila s provrtom za dobavu ulja), nedostatak ulja za podmazivanje, hidraulički udar u cilindru, vibracije uslijed popuštanja vijaka te pukotine u materijalu. Kako je ovaj problem dobro poznat inženjerima, tako se vrše mjerenja.

## **5.1. MJERENJE OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA**

Kako bi se mogao izmjeriti otklon koljenastog vratila, potrebno je prije i tijekom mjerenja poduzeti niz radnji kako bi bili sigurni da su mjerene vrijednosti točne i pouzdane.

### **5.1.1. Prije mjerenja otklona**

Prije nego se krene s mjerenjem otklona koljenastog vratila trebaju se poduzeti sljedeće radnje i osigurati sljedeći uvjeti:

- budući da se uspoređuju podatci mjerenja s tvorničkim mjerenjima ili prethodnim mjerenjima otklona, moraju se osigurati isti uvjeti kao i u prethodnim mjerenjima
- glavna pumpa podmazivanja motora mora biti isključena
- ne smije se započinjati mjerenje ako je brod u suhom doku
- ukoliko je skinut bilo koji od pokretnih dijelova motora, potrebno ih je vratiti prije pristupanja mjerenju
- mjerenje se vrši samo po mirnom moru bez vjetra
- brod ne smije biti u trimu
- ne smije se započeti mjerenje ako se vrši iskrcaj ili ukrcaj tereta
- prije nego se zakrene motor u poziciju za mjerenje otklona koljenastog vratila, potrebno je otvoriti indikatorske pipke
- provjeriti jesu li svi vijci na koljenastom vratilu pravilno stegnuti
- ne smije se vršiti mjerenje u tropskim područjima (jer je sunce na jednoj strani broda, što uzrokuje deformacije trupa i konstrukcije broda, a to utječe na dobivene mjere)
- potrebno je prozračiti karter motora prije ulaska

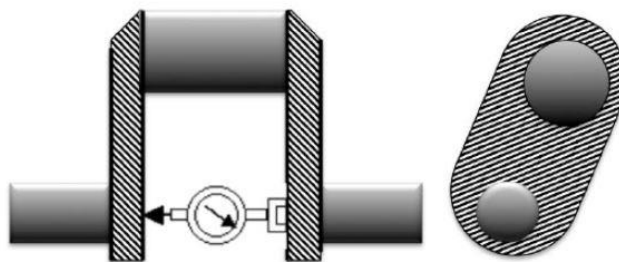
### 5.1.2. Postupak mjerenja

- mjerač otklona potrebno je neko vrijeme ostaviti u motoru da se prilagodi temperaturi i okolini motora
- na svakom protuutegu nalaze se obilježja gdje je potrebno smjestiti mjerač otklona kako bi mjerenje bilo točno (obično obilježeno od proizvođača)
- potrebno je očistiti protuutege od ulja prije postavljanja mjerača otklona
- po potrebi poželjno je privezati mjerač otklona tankim konopcem da bi se spriječio pad mjerača otklona u karter
- zakrenuti motor do donje mrtve točke i postaviti mjerač otklona na „0”. Upisati mjere pod „malo prije donje mrtve točke” (BDC1)
- zakrenuti motor za 90° prije gornje mrtve točke i očitati mjeru te je upisati pod „STARBOARD” (desna strana broda) kao što je prikazano na slici (49).



Slika 49. Mjerenje otklona u poziciji desno 90° (Izvor: <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>)

- zatim zakrenuti u gornju mrtvu točku i očitati mjerenje te upisati pod „TDC” (GMT) kao na slici (50).



Slika 50. Mjerenje otklona u poziciji gornje mrtve točke (Izvor: <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>)

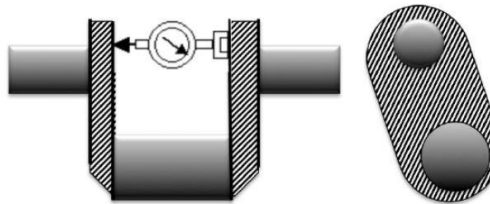
- zatim zakrenuti motor još  $90^\circ$  nakon gornje mrtve točke i očitati mjere. Upisati mjeru pod „PORT” (lijeva strana broda), slika (51).



Slika 51.

Mjerenje otklona u poziciji lijevo  $90^\circ$  (Izvor: <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>)

- malo prije gornje mrtve točke očitati mjere i upisati pod „malo prije gornje mrtve točke” (BDC2) kao na slici (52).



Slika 52. Mjerenje otklona u poziciji donje mrtve točke (Izvor: <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>)

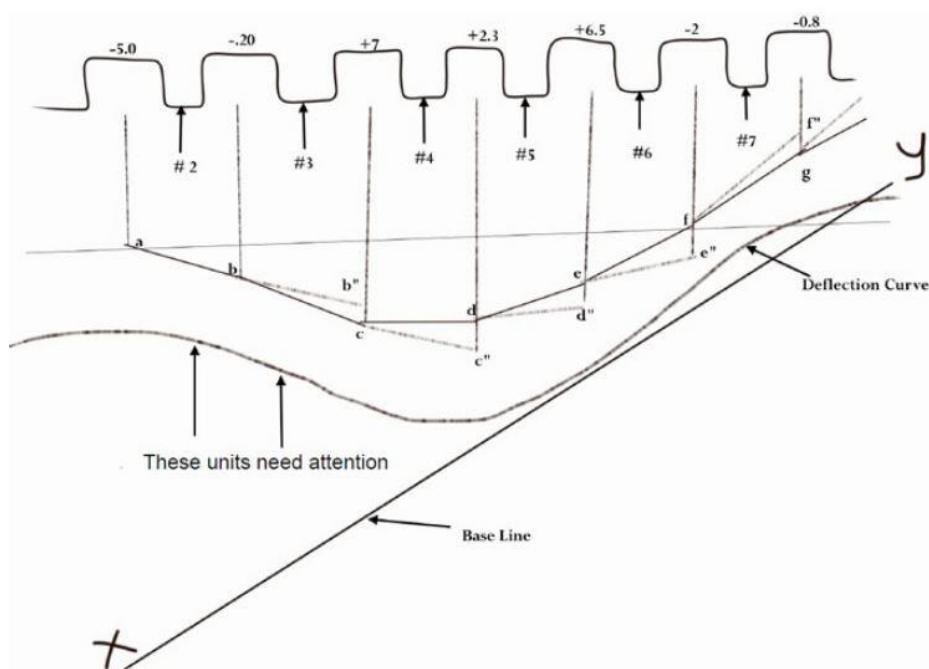
Ove izmjerene podatke potrebno je upisati u Listu mjerenja. Mjere „BDC1” i „BDC2” daju mjere vertikalnog otklona, dok „PORT” i „STARBOARD” mjere pokazuju horizontalni otklon koljenastog vratila. Nakon što upišemo podatke u računalo, odnosno u listu mjerenja, softver će prikazati graf otklona, zajedno s grafovima od prijašnjih ili tvorničkih mjerenja, što nam omogućuje usporedbu podataka (prošla mjerenja mogu sadržavati više vrijednosti otklona zbog rada zamašnjaka).

## 5.2. KRIVULJA OTKLONA KOLJENASTOG VRATILA

Kako bi pravilno nacrtali krivulju otklona, potrebno je povući liniju paralelnu s koljenastim vratilom. Zatim se crtaju okomite linije na tu liniju za svaki ležaj posebno. Dobivena mjerenja za svaki ležaj upišu se iznad svakog ležaja. Zatim se crtaju linije otklona, također za svaki ležaj posebno, krenuvši od prvog ležaja prema zadnjem. Budući da je u ovom primjeru prva vrijednost -5.0 mm, linija će se nacrtati prema dolje (vrijednosti u minusu se crtaju linijama prema dolje, a vrijednosti u plusu prema gore) od paralelne linije tako da se dobije liniju „ab” koja je pod kutom proporcionalnim otklonu točke a. Ova linija produži se dalje do okomite linije sljedećeg ležaja. Zatim, crta se sljedeća linija prema mjeri u drugome ležaju (u ovom slučaju -2.0 mm), koja se nastavlja do trećeg. Ponavlja se postupak za svaki od ležajeva uz odgovarajuće mjere. Nakon toga, uz ove povezane pravce, crta se krivulja bez kutova „krivulju otklona”. Ova krivulja uspoređuje se s „osnovnom linijom” xy. Tako se na slici (53) vidi da nacrtana krivulja između ležaja 1 i 2 odstupa od osnovne linije te se zaključuje da se na taj dio treba obratiti pozornost. Ova metoda mjerenja učinkovita je te zahtjeva, osim mjerenja i crtanja, jako puno vremena. Zato danas postoji softver koji obavlja crtanje grafova i krivulja odmah nakon unošenja izmjerenih podataka.



Krivulja otklona dobivena je prijenosom dobivenih podataka od jednog do drugog cilindra. Tako se pozitivne vrijednosti ocrtavaju rastom krivulje od cilindra do cilindra prema gore, dok se negativne vrijednosti ocrtavaju prema dolje od cilindra do cilindra.



Slika 53. Krivulja otklona koljenastog vratila dobivena prijenosom podataka  
(Izvor: <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>)

Slika prikazuje liniju otklona dobivenu prijenosom u odnosu na osnovnu liniju xy. Usporedbom s osnovnom linijom može se utvrditi koji cilindri moraju biti pregledani ili na njih treba obratiti veću pozornost.

### 5.3. SOFTVER

Ovaj softver napravljen je u svrhu boljeg izračuna otklona, kao i prikaza i uspoređivanja krivulja otklona. Također softver omogućuje izradu dijagrama, pohranu, izvoz/ uvoz mjerenja i izračuna koji su pohranjeni, kao i praćenje promjene otklona kroz vrijeme i sate rada motora.

#### 5.3.1. OPIS SOFTVERA

DEFLECTION DETECTOR DI-5C je spoj softvera i hardvera za mjerenje, otkrivanje, ispis i crtanje grafova i krivulja otklona za brodske glavne, pomoćne i motore generatora električne energije. Sastoji se od mjerne igle unutar kućišta koja ima izlaz za kabel koji je priključen na jedinicu za obradu podataka mjerenja prikazanih na slici (54). Također ima dodatne produžetke igala koji služe za mjerenje različitih tipova koljenastih vratila s obzirom na razmak između protuutega vratila. Drugi dio ovog sustava je softver u koji možemo unijeti i pohraniti podatke o svim motorima na brodu te u svakom trenutku izabrati motor na kojemu želimo izvršiti mjerenje. Softver je moguće instalirati na bilo koje računalo na brodu jer ne ovisi o položaju i smještaju računala, niti je spojeno s mjernom iglom i jedinicom za obradu podataka.



Slika 54. Mjerač otklona s produžecima i jedinicom za spajanje na računalo (Izvor: Deflection indicator manual PC)

### **5.3.2. INSTALACIJA SOFTVERA**

Prilikom instalacije softvera potrebno je jedinicu za obradu podataka spojiti na računalo te pokrenuti instalaciju. Kroz korake instalacije računalo zapamti jedinicu za obradu podataka s kojom će ubuduće komunicirati i primiti podatke mjerenja s iste. Nakon što je softver instaliran, potrebno ga je pokrenuti te unijeti niz podataka koji su potrebni da bi softver mogao vršiti funkciju za koju je instaliran.

### **5.3.3. POSTAVKE SOFTVERA**

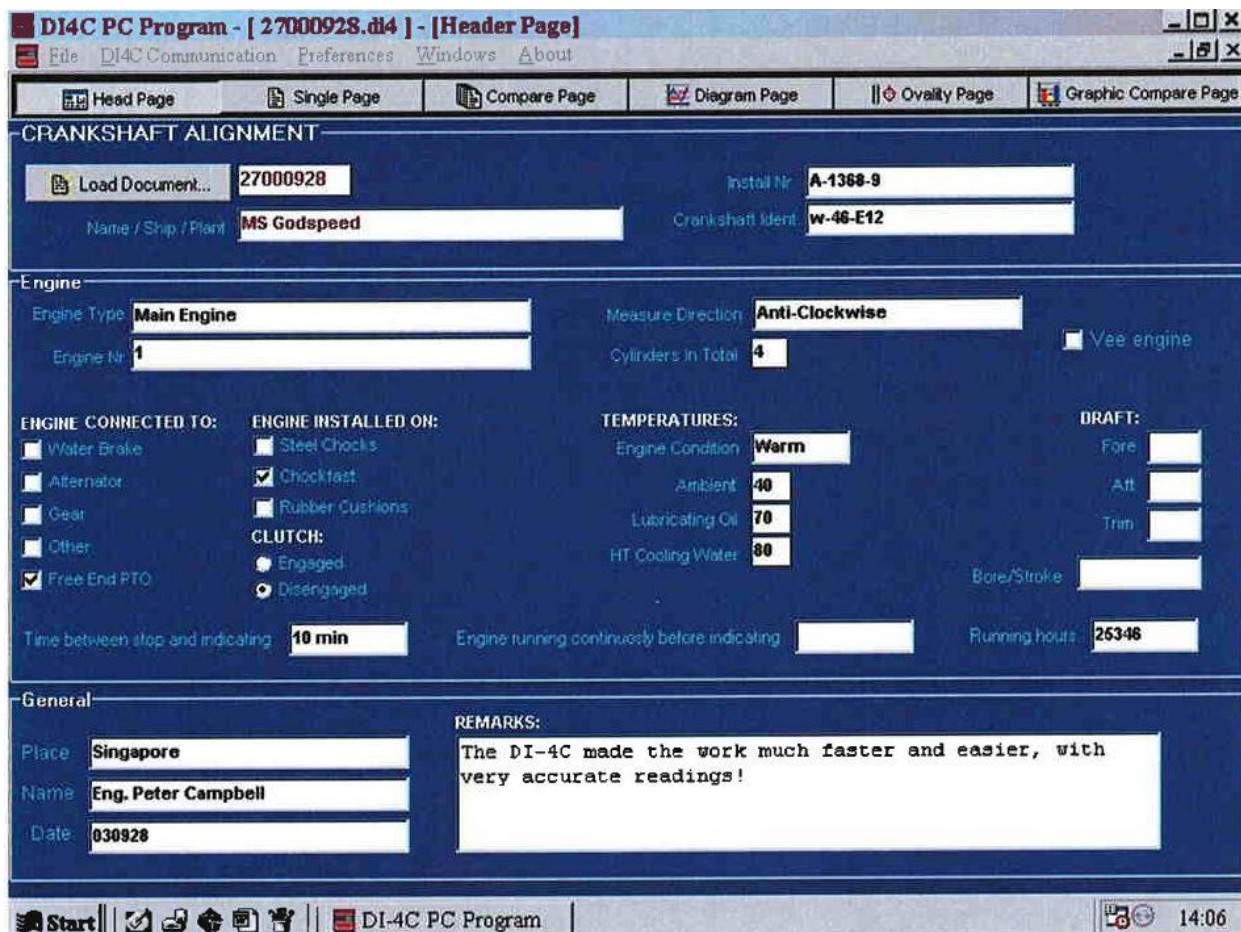
Kako bi se postavio softver za mjerenje otklona koljenastog vratila, potrebno je prvo unijeti podatke o brodu, što se obavlja klikom na „CREATE” u padajućem izborniku „FILE”. U zaslonu koji se pojavi unese se ime broda, namjena, tonaža i podaci o svim motorima na brodu. Za svaki motor posebno potrebno je unijeti broj cilindara, mjere koljenastog vratila, kao i podatke prethodnih mjerenja ukoliko softver nije ugrađen tvornički već naknadno. Nakon što se unesu podaci o motorima, softver će kreirati padajući izbornik koji će sadržavati sve motore broda koji su uneseni. Klikom na bilo koji od tih, odabire se motor za koji će se vršiti mjerenje otklona koljenastog vratila. Također se mogu, po vlastitom izboru, namjestiti boje u kojima će pojedini graf ili krivulja biti iscrtani na ekranu u svrhu lakše usporedbe s prethodnim mjerenjima odnosno prethodno ispisanim grafovima ili krivuljama.

### **5.3.4. PRIJENOS PODATAKA**

Svi podaci pohranjeni nakon mjerenja u jedinicu za obradu podataka spajanjem na računalo pohranjuju se na tvrdi disk računala u mapu po želji. Svako spremljeno mjerenje sprema se po rednom broju, datumu i godini. Na glavnom zaslonu softvera „Head page” klikne se na „load document” nakon čega se pojavi manji zaslon „Transfer screen”. U njemu se odabere dokument s jedinice za obradu podataka prema datumu mjerenja, ovisno o podacima mjerenja koji se žele dobiti na zaslonu softvera. Klikne se na „Transfer” i podaci će se prenijeti s jedinice za obradu podataka na računalo, odnosno zaslon softvera.

Ovi podaci neće biti pohranjeni sami na računalo, već je potrebno to obaviti ručno putem softvera.

### 5.3.5. GLAVNI ZASLON SOFTVERA

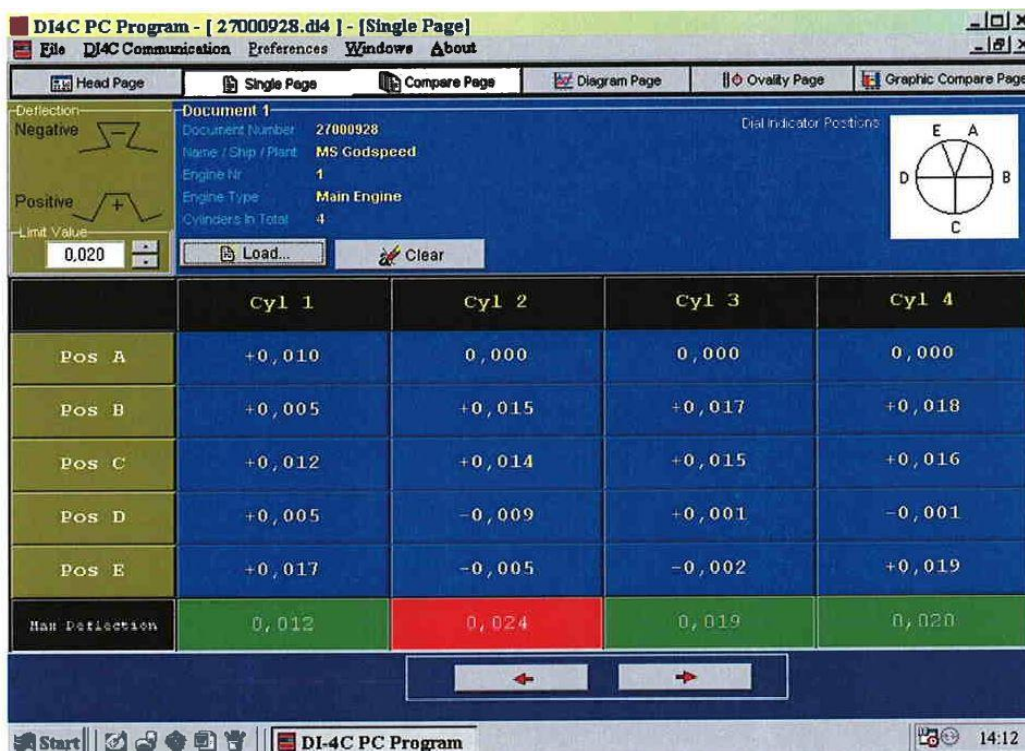


Slika 55. Glavni zaslon softvera (Izvor: Deflection indicator manual PC)

Sadrži ime broda i ime motora koji pratimo. Prikazan je na slici (55). Može se odabrati hoće li biti prikazano na zaslonu mjerenje prema cilindrima ili prema protuutezima. Također postoji mogućnost upisa raznih bilješki ukoliko je to potrebno ili ako trenutni korisnik smatra kako bi te informacije mogle biti od koristi budućim korisnicima, a upisuje se u „REMARKS” na dnu zaslona. Isto tako postoji mogućnost ispisa ovih podataka na pisač, u slučaju da je potreban fizički dokument s podacima i očitanjima mjerenja otklona koljenastog vratila.

### 5.3.6. SVE NA JEDNOJ STRANICI

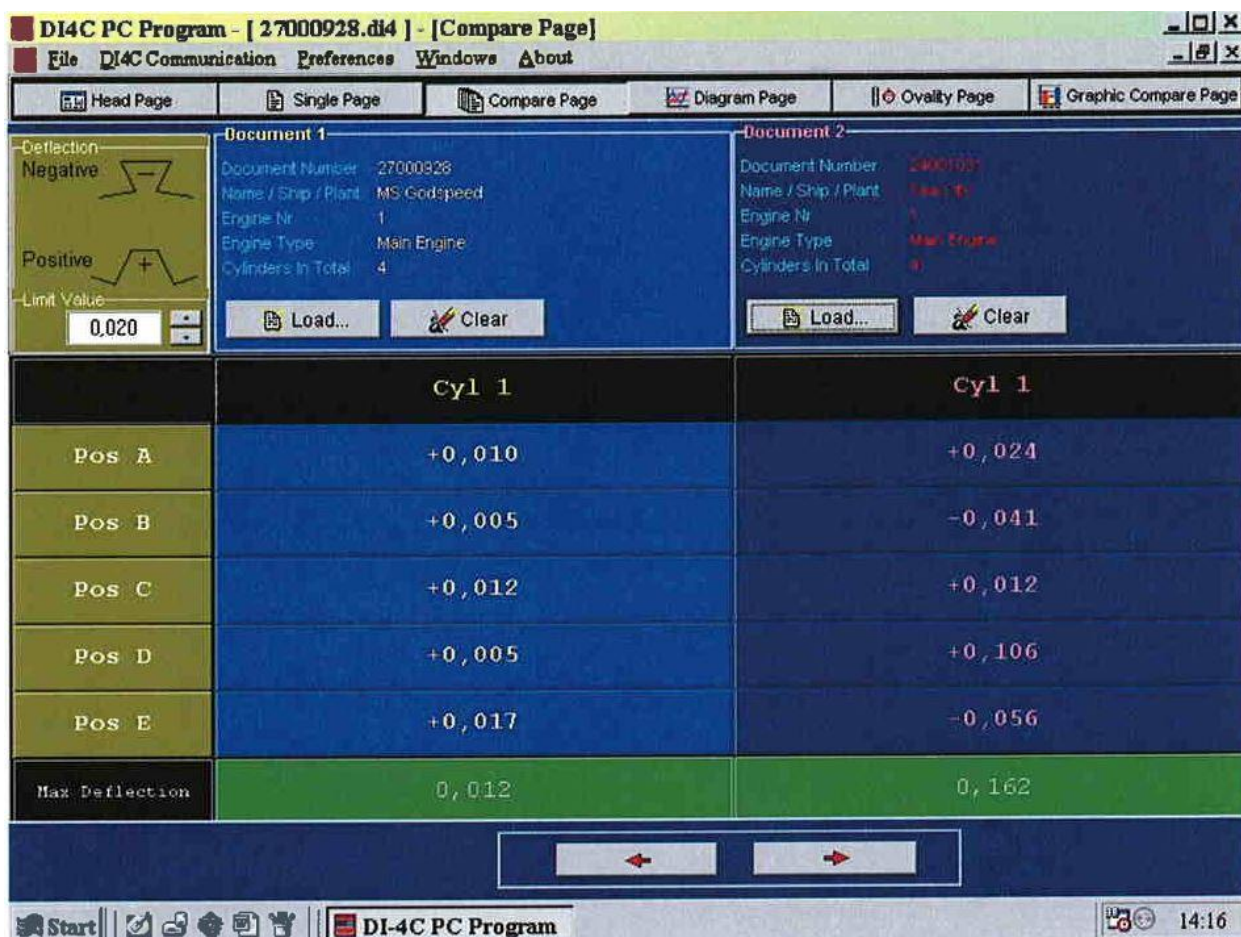
Sljedeći zaslon koji nam omogućuje softver je zaslon prikaza svih mjerenja na jednoj stranici odnosno zaslonu, a to je „SINGLE PAGE” zaslon na slici (56). Na ovom zaslonu će se pojaviti podaci za svaki cilindar (u ovom slučaju podaci glavnog pomoćnog motora s četiri cilindra), s podacima mjerenja za svaki cilindar te za svaku poziciju mjerenja pojedinog cilindra. Također iznad tih podataka pruža objašnjenje pozitivnog i negativnog otklona, kao i prikaz točaka pozicija protuutega u kojima je obavljeno mjerenje. Uz prikaz cilindara može se dobiti i prikaz za protuutege. Ispod prikaza podataka mjerenja za svaki cilindar ili protuuteg, softver će ispisati maksimalni otklon za svaki cilindar ili protuuteg. Također granicu tolerancije otklona može se namjestiti ručno. Ukoliko su mjere unutar granica tolerancije, bit će prikazane u zelenoj, ukoliko prelaze granicu tolerancije, bit će prikazane u crvenoj boji. Svi se podaci mogu izvesti, ispisati na pisaču ili pohraniti na računalo.



Slika 56. Prikaz sve na jednoj stranici (Izvor: Deflection indicator manual PC)

### 5.3.7. ZASLON USPOREDBE PODATAKA

Na ovom zaslonu mogu se uspoređivati nove mjere koje su upravo izmjerene s nekim od po želji izabranih pohranjenih podataka mjerenja. Zaslون se u ovom slučaju dijeli na dva dijela, gdje lijevi dio predstavlja nove (posljednje) podatke mjerenja, a desni dio predstavlja podatke koje su učitani iz pohrane. Ovaj zaslon također može biti pohranjen, ispisan putem pisača ili izvezen prema nekom drugom računalu.

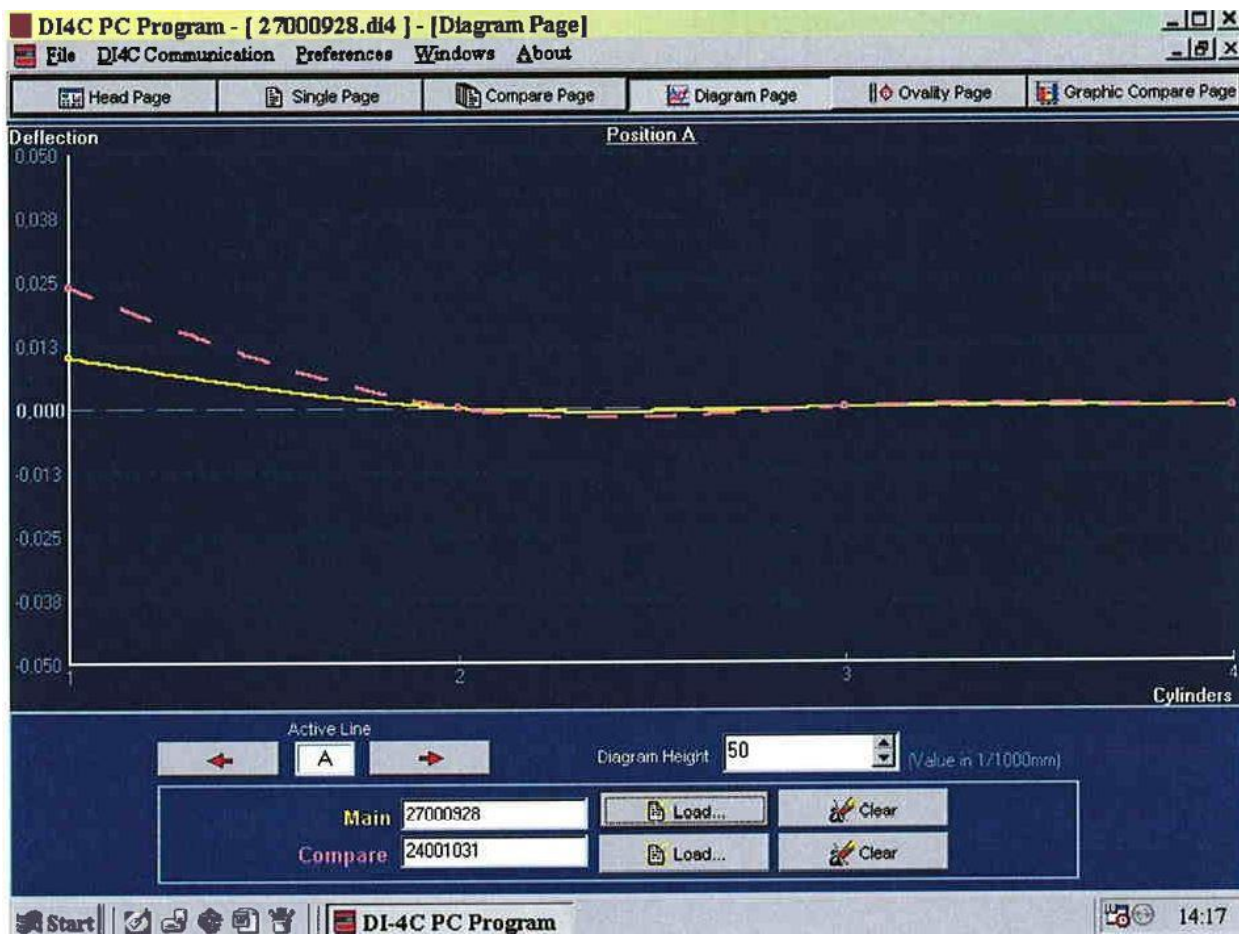


Slika 57. Zaslون usporedbe podataka (Izvor: Deflection indicator manual PC)

Slika (57) prikazuje zaslon usporedbe podataka izmjerenih prema pozicijama na koljenastom vratilu. Služi za usporedbu podataka s maksimalnim vrijednostima dozvoljenog otklona. Na slici se vide podaci dvaju mjerenja te maksimalne vrijednosti prilikom mjerenja u zelenoj boji.

### 5.3.8. ZASLON KRIVULJE

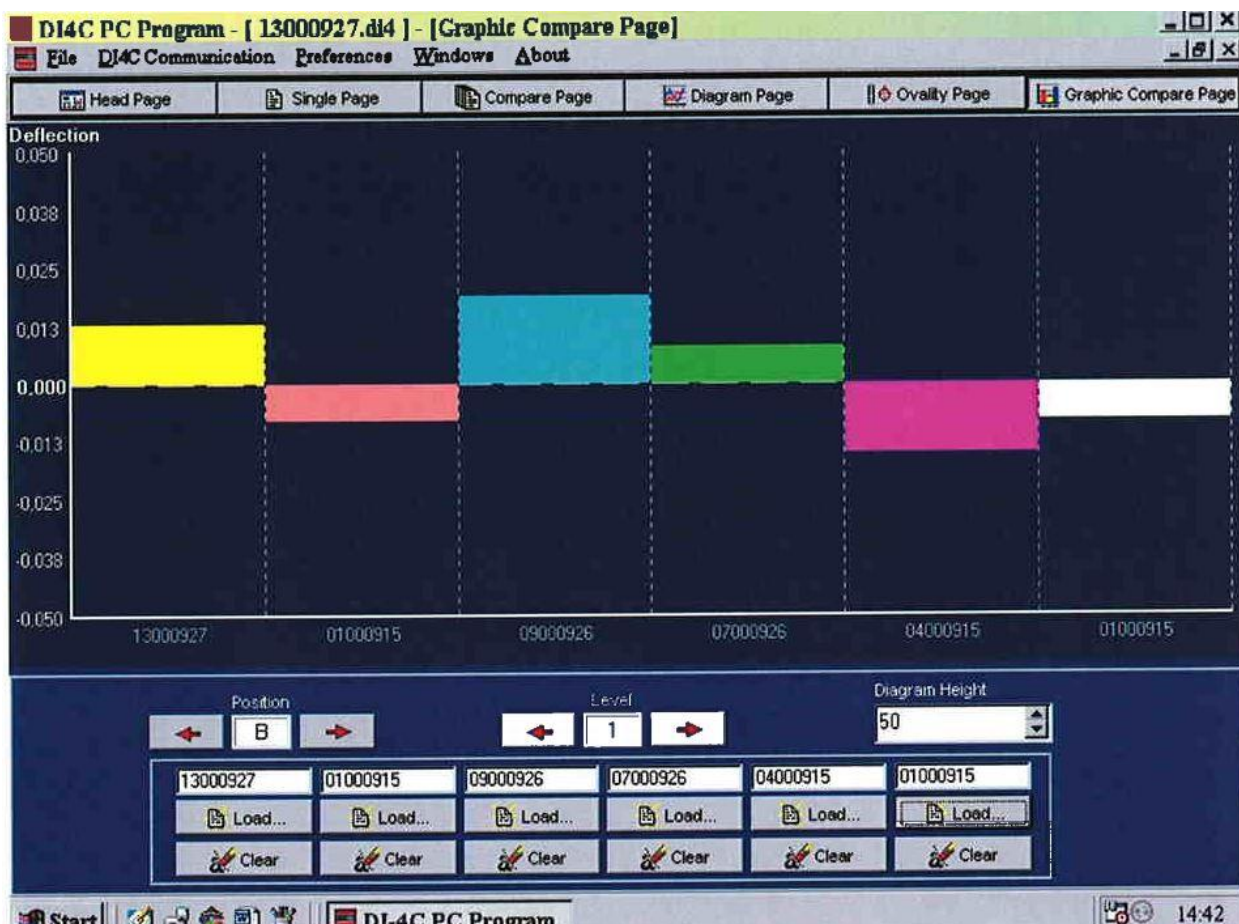
Zaslon krivulje, slika (58), prikazuje +/- krivulju otklona koljenastog vratila za svaku poziciju koljenastog vratila. Pozicije se biraju strelicama koje po slovima prikazuju koljenasto vratilo. Na slici je prikaz krivulje otklona koljenastog vratila u poziciji A. Dalje, na zaslonu se može izabrati, uz sadašnje mjere i prikaz krivulje, mjere i krivulju pohranjene otprije. Time se na zaslonu dobiju dvije krivulje, jednu krivulju sadašnjih mjerenja, a drugu krivulju koja je izabrana u različitim bojama. Ovo omogućuje usporedbu otklona kroz određeni odnosno odabrani vremenski period. Isto tako može se povećati ili smanjiti ljestvica dijagrama krivulje kako bi se podaci mogli usporediti preciznije.



Slika 58. Zaslon krivulje (Izvor: Deflection indicator manual PC)

### 5.3.9. ZASLON ZA GRAFIČKU USPOREDBU PODATAKA

Ovaj zaslon sa slike (59), prikazuje grafove do šest pohranjenih mjerenja koja će se iscrtati na zaslonu u različitim bojama u obliku dijagrama stupca. Bira se za svaki stupac od svih šest mjerenja poziciju (na slici pozicija A), nivo grafa i visina dijagrama stupca. Ovo ujedno olakšava usporedbu kao i planiranje postupaka kod približavanja mjera kritičnom području ili granici tolerancije. Također se može ispisati na pisac, pohraniti na računalo ili izvesti.



Slika 59. Zaslon grafičke usporedbe podataka (Izvor: Deflection indicator manual PC)

Također postoji mogućnost kombinacije učitavanja podataka iz raznih razdoblja mjerenja u svrhu usporedbe sa sadašnjim mjerenjima ili potrebe ispisa izvješća o mjerenju brodaru ili klasifikacijskom društvu.



## 6. MJERENJA I TABLICE

### 6.1. TABLICE UNOSA PODATAKA

Tablice za unos podataka mjerenja, slika (60), služe da bi se upisale mjerene vrijednosti i podaci o mjerenju koje upisuje upravitelj stroja. Ove tablice nekad, a kod mnogih još i sad su fizički dokument koji mora biti ovjeren pečatom broda, pečatom upravitelja stroja, kao i njegovim potpisom. Danas, neki brodovi imaju softvere pa ovi dokumenti bivaju pohranjeni na računala na brodu ili ih se šalje brodaru i klasifikacijskom društvu. Ti digitalni dokumenti potpisani su digitalno pošto svaki član posade koji ima pristup računalu na kojem se kreira i pohranjuje ovakav dokument, mora unijeti svoje korisničko ime i lozinku. Jednako tako prilikom pohrane ili slanja ovog dokumenta računalo bilježi datum i točno vrijeme pohrane dokumenta.

MAN Diesel

|                            |   |                         |
|----------------------------|---|-------------------------|
| Working Card<br>Page 7 (7) | Checking of Main Bearings Alignment (Autolog) | 510-01.00<br>Edition 13 |
|----------------------------|---|-------------------------|

L21/31

|                     |  |  |  |  |  |  |  |  |      |          |  |                 |
|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|----------|--|-----------------|
| Component/Komponent | AUX. ENG. N°4  |  |  |  |  |  |  |  | Type | SL 21/31 |  | I.D. no.        |
| Process/Proces      | MEASUREMENT OF CRANK THROW DEFLECTIONS OF DIAL INDICATOR (AUTOLOG) |  |  |  |  |  |  |  |      |          |  | Page of/Side of |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Test place/<br>Condition                   | <input type="checkbox"/> Test bed/provehat           | <input checked="" type="checkbox"/> Cold/Kold |
| Teststed/<br>Tilstand                      | <input checked="" type="checkbox"/> On board/Om bord | <input type="checkbox"/> Warm/Varm            |
| <input type="checkbox"/> Plant/Maskinhal   |  |   |
| Engine no.: <i>SF SL 21-043E</i><br>Motor: |  |   |

|              |      |      |    |     |     |     |     |      |   |
|--------------|------|------|----|-----|-----|-----|-----|------|---|
| Cyl. no.     | 1    | 2    | 3  | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 9 |
| Bottom X     | 0    | 0    | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0 |
| Left side P  | -2   | -0,5 | 0  | 1   | 0,5 | 0,5 | -1  | -5,5 |   |
| Top T        | -5   | -2,5 | -1 | -1  | 0   | 1,5 | -2  | -10  |   |
| Right side S | -2,5 | -1   | 0  | 0   | 1   | 1   | 0,5 | -5,5 |   |
| Bottom Y     | -0,5 | 0,5  | 1  | 0,5 | 0   | 0,5 | 0   | -0,5 |   |



|                  |       |      |     |      |   |      |   |       |  |
|------------------|-------|------|-----|------|---|------|---|-------|--|
| Bottom (B.5xY)-B | -0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0 | 0,25 | 0 | -0,25 |  |
|------------------|-------|------|-----|------|---|------|---|-------|--|

|  |       |       |      |       |   |      |    |       |  |
|--|-------|-------|------|-------|---|------|----|-------|--|
| Deflection from vertical misalignment. Top - bottom or T - B = V | -4,75 | -2,75 | -1,5 | -1,25 | 0 | 1,25 | -2 | -9,75 |  |
|--|-------|-------|------|-------|---|------|----|-------|--|

|  |     |     |   |   |      |      |      |   |  |
|--|-----|-----|---|---|------|------|------|---|--|
| Deflection from horizontal misalignment. Left side - Right side or P - S = H | 0,5 | 0,5 | 0 | 1 | -0,5 | -0,5 | -1,5 | 0 |  |
|--|-----|-----|---|---|------|------|------|---|--|

|                                    |       |       |      |       |     |      |      |        |  |
|------------------------------------|-------|-------|------|-------|-----|------|------|--------|--|
| Check on gauge readings. T + B = C | -5,25 | -2,25 | -0,5 | -0,75 | 0   | 1,75 | -2   | -10,25 |  |
| P + S = D                          | -4,5  | -1,5  | 0    | 1     | 1,5 | 1,5  | -0,5 | -11    |  |

06.02 - E50

Slika 60. Tablica ručnog unosa podataka mjerenja otklona (Izvor: M/B „Ocean Shearer”)

## 6.2. MJERE I USPOREDBA PODATAKA U PERIODU OD 2017. DO 2021.

Tablica 2. Podaci prilikom vršenja mjerenja otklona u različitim periodima (Izvor: M/B „Ocean shearer”)

|           | DATUM       | TEMPERAT<br>UA<br>KARTERA | RADNI SATI | MJESTO<br>MJERENJA      | TRIM                       |
|-----------|-------------|---------------------------|------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>M1</b> | 30.05.2017. | 48°C                      | 698        | Put za<br>Shanghai      | Fwd:-7,7 m<br>Aft: -9.3 m  |
| <b>M2</b> | 02.09.2018. | 40°C                      | 16071      | Yokohama                | Fwd: 9.0 m<br>Aft: 10.0 m  |
| <b>M3</b> | 02.04.2019. | 39°C                      | 20191      | Hong Kong<br>(na sidru) | Fwd: 9.05 m<br>Aft: 9.5 m  |
| <b>M4</b> | 23.02.2020. | 45°C                      | 26250      | Manzanillo              | Fwd: 8.6 m<br>Aft: 10.55 m |
| <b>M5</b> | 25.01.2021. | 45°C                      | 31225      | Hong Kong<br>(na sidru) | Fwd: 5.2 m<br>Aft: 5.8 m   |
| <b>M6</b> | 01.02.2021. | 45°C                      | 31356      | Hong Kong<br>(na sidru) | Fwd: 5.2 m<br>Aft: 5.8 m   |

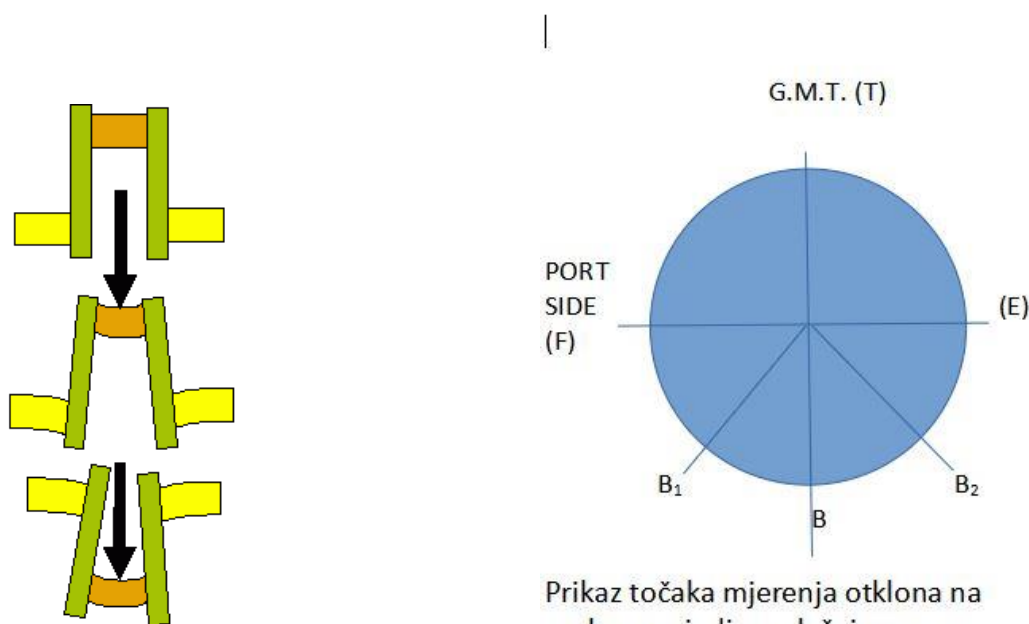
Ovaj rad uključuje šest mjerenja u različitim vremenskim razmacima od 2017. do 2021. g. Kao što je vidljivo u tablici (2), korišteni su podaci prema satima rada motora, temperaturi kartera, trimu broda, datumu i poziciji broda dok se vršilo mjerenje. Ovi podaci uneseni u softver ispisali su šest različitih dijagrama otklona za šest različitih mjerenja navedenih u tablici. Ovi dijagrami pokazuju evoluciju vertikalnih i horizontalnih vrijednosti između 30.05.2017. i 01.02.2021. Na vrhu svakog od ovih grafova ispisan je shematski prikaz koljenastog vratila, ali samo radi lakšeg slikovitog objašnjenja mjera na grafu i pozicije ležaja koji su mjereni.

### 6.3. MJERENJA I IZRAČUN

Mjerenja i izračun napravljeni su u Excell-u, podaci su zaprimljeni s broda M/B „Ocean Shearer”. Za svih 6 mjerenja, a radi njihove usporedbe i dobivanja grafova, napravljen je u ovom poglavlju izračun. Na slici (61) je objašnjenje proračuna i kako su korištene oznake i mjere.

Kako bi se očitao otklon, mikrometar mora biti postavljen u utore obilježene na protuutezima.

Ukoliko su se protuutezi približili, to će se smatrati negativnim otklonom.



Slika 61. Objašnjenje proračuna i točaka mjerenja svakog pojedinog ležaja (Izvor: Osobna izrada slike)

Dakle, mjerenje otklona se odvijalo za svaki od 8 cilindara motora tipa MAN diesel i to u svakoj od gore navedenih točaka (T, E, B<sub>2</sub>, B, B<sub>1</sub> i F). U svakom od sljedećih potpoglavlja iznosi se izračun za iste te svaki od dobivenih rezultata za svih osam cilindara prema tablici 3., iznosi se pod oznakama kao i u tablici (M1, M2, M3, M4, M5, M6).

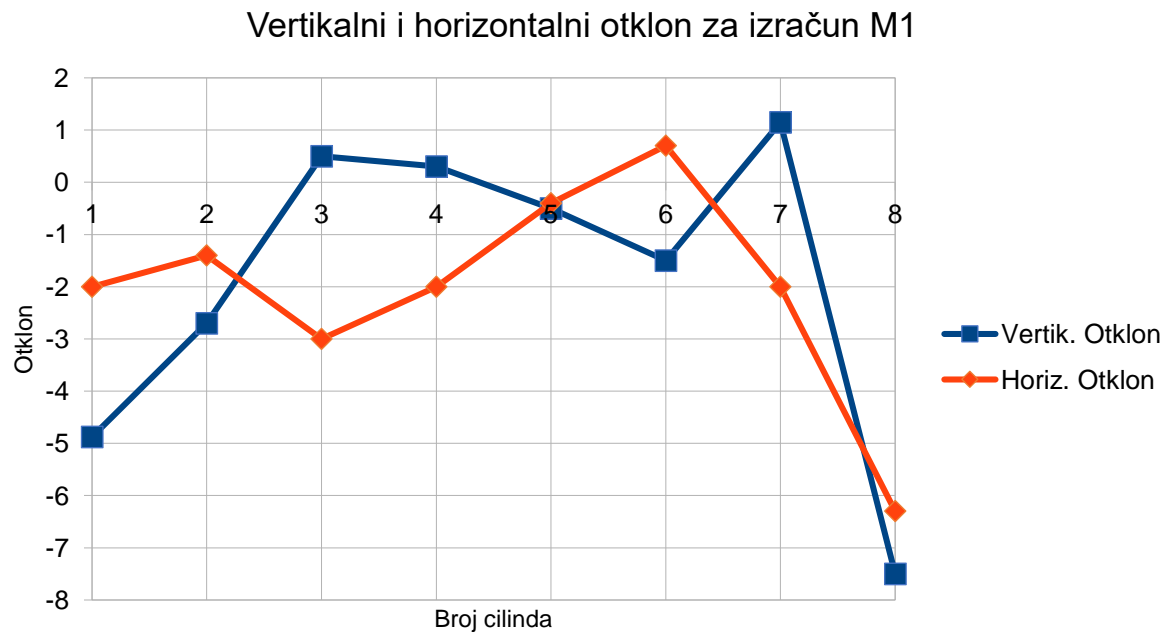
### 6.3.1. PRVO MJERENJE (M1)

Kod prvog mjerenja, po pet već navedenih točaka unesenih podataka u tablici (3) koriste se za izračun točke B te vertikalnog i horizontalnog otklona. Točka B računa se po formuli  $B=1/2*(B_1+B_2)$ , vertikalni otklon po formuli  $VO=T-B$ , a horizontalni otklon po formuli  $HO=F-E$ . Upravo ta dva podatka (HO i VO) će poslužiti u kasnijem izračunu i ispisu grafova koji sadrže svih 6 otklona u svrhu usporedbe podataka i odlučivanju o daljnjim radnjama poput izmjene ležaja za koje izračun i graf pokazu da je istrošen ili oštećen. Podaci su iz tablice (2) za mjerenje M1 iz 2017. godine.

Tablica 3. Izračun otklona za podatke mjerenja M1 (Izvor: osobni izračun)

| Br. Cilindra          | 1      | 2    | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    |
|-----------------------|--------|------|-----|-----|------|------|------|------|
| <b>T</b>              | -5     | -2.5 | 1   | 0.5 | 0    | -1   | 1.5  | -10  |
| <b>E</b>              | -2     | -0.7 | 1   | 0   | 0.4  | 0.5  | -1   | -4.7 |
| <b>F</b>              | -4     | -2.1 | -2  | -2  | 0    | 1.2  | -3   | -11  |
| <b>B1</b>             | 0      | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    |
| <b>B2</b>             | -0.25  | 0.4  | 1   | 0.4 | 1    | 1    | 0.7  | -5   |
| <b>B=1/2(B1+B2)</b>   | -0.125 | 0.2  | 0.5 | 0.2 | 0.5  | 0.5  | 0.35 | -2.5 |
| <b>Vertik. Otklon</b> | -4.875 | -2.7 | 0.5 | 0.3 | -0.5 | -1.5 | 1.15 | -7.5 |
| <b>Horiz. Otklon</b>  | -2     | -1.4 | -3  | -2  | -0.4 | 0.7  | -2   | -6.3 |

U svrhu bolje predodžbe prema podacima mjerenja dobivenih izračuna izrađen je graf prikazan na slici (62) s krivuljom horizontalnog otklona u crvenoj boji i krivuljom vertikalnog otklona u plavoj boji. Prema ovim krivuljama vide se otkloni dobiveni za svaki pojedini cilindar i njihove podatke izmjerene 2017. godine.



Slika 62. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M1 (Izvor: Osobni ispis grafa)

### 6.3.2 DRUGO MJERENJE (M2)

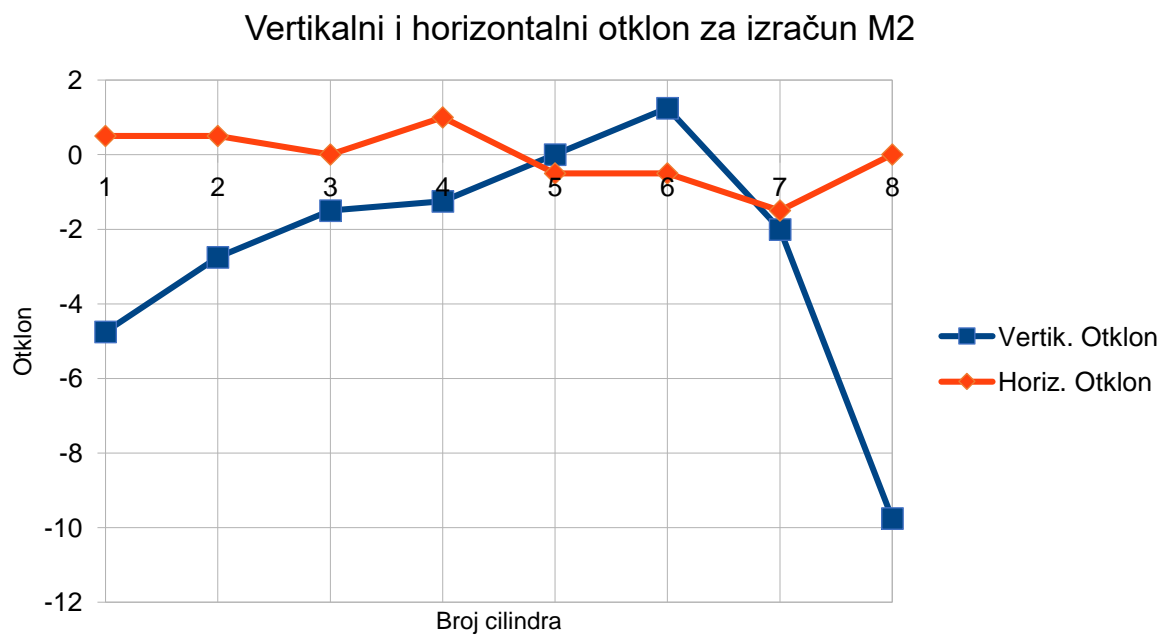
Podaci za sljedeće mjerenje M2 izračunati su i prikazani tablicom (4), kao i graf horizontalnog i vertikalnog otklona. Mjerenja su preuzeta iz tablice (2) pod retkom M2 za 2018. godinu.

Tablica 4. Izračun otklona za podatke mjerenja M2 (Izvor: Osobni izračun)

|                           | 1     | 2     | 3    | 4     | 5    | 6    | 7    | 8     |
|---------------------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|-------|
| <b>T</b>                  | -5    | -2.5  | -1   | -1    | 0    | 1.5  | -2   | -10   |
| <b>S</b>                  | -2.5  | -1    | 0    | 0     | 1    | 1    | 0.5  | -5.5  |
| <b>P</b>                  | -2    | -0.5  | 0    | 1     | 0.5  | 0.5  | -1   | -5.5  |
| <b>B1</b>                 | 0     | 0     | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0     |
| <b>B2</b>                 | -0.5  | 0.5   | 1    | 0.5   | 0    | 0.5  | 0    | -0.5  |
| <b>B=1/2(B1+B<br/>2)</b>  | -0.25 | 0.25  | 0.5  | 0.25  | 0    | 0.25 | 0    | -0.25 |
| <b>Vertik.<br/>Otklon</b> | -4.75 | -2.75 | -1.5 | -1.25 | 0    | 1.25 | -2   | -9.75 |
| <b>Horiz.<br/>Otklon</b>  | 0.5   | 0.5   | 0    | 1     | -0.5 | -0.5 | -1.5 | 0     |

Izračunom su dobiveni horizontalni i vertikalni otklon za mjerenje M2 izvršeno 2018. godine.

Izračun podataka M2 prikazan je grafom na slici (63). Krivulje pokazuju horizontalni i vertikalni otklon prema podacima M2 izmjerenim 2018. godine



Slika 63. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M2 (Izvor: Osobni izračun)

### 6.3.3. TREĆE MJERENJE (M3)

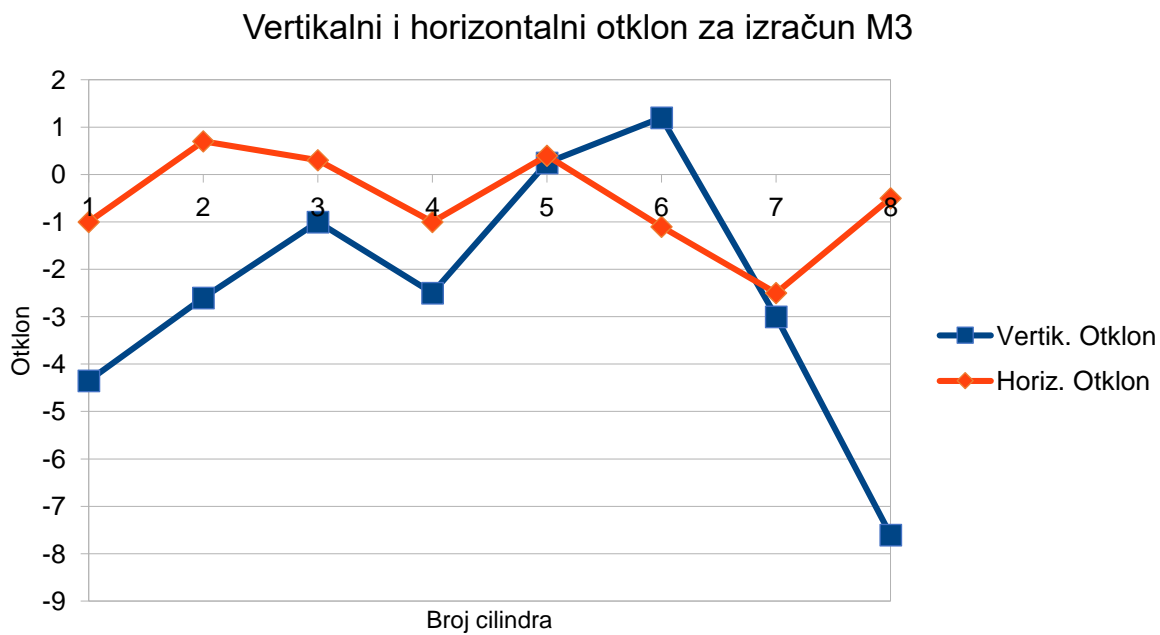
Sljedeće mjerenje izvršeno je 2019. godine, tablica (2) mjerenje M3 i prema podacima unesenim u tablicu (5) dobiveni su vertikalni i horizontalni otklon.

Tablica 5. Izračun otklona za podatke M3 (Izvor: Osobni izračun)

|                           | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>T</b>                  | -4.7     | -2.2     | -1       | -2       | 0.5      | 1.2      | -2.5     | -8       |
| <b>S</b>                  | -3       | -1.5     | 0.7      | 1        | 0        | 2        | 0.5      | -6       |
| <b>P</b>                  | -4       | -0.8     | 1        | 0        | 0.4      | 0.9      | -2       | -6.5     |
| <b>B1</b>                 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>B2</b>                 | -0.7     | 0.8      | 0        | 1        | 0.5      | 0        | 1        | -0.8     |
| <b>B=1/2(B1+B<br/>2)</b>  | -0.35    | 0.4      | 0        | 0.5      | 0.25     | 0        | 0.5      | -0.4     |
| <b>Vertik.<br/>Otklon</b> | -4.35    | -2.6     | -1       | -2.5     | 0.25     | 1.2      | -3       | -7.6     |
| <b>Horiz.<br/>Otklon</b>  | -1       | 0.7      | 0.3      | -1       | 0.4      | -1.1     | -2.5     | -0.5     |



Kao i za prethodna mjerenja, za mjerenje M3 napravljen je graf s krivuljama otklona prikazan na slici (64).



Slika 64. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M3 (Izvor: Osobni izračun)

Već nakon trećeg mjerenja uočeno je da prvi i posljednji ležaj kroz određene periode daju veće vrijednosti otklona. Ovi ležajevi od ovog mjerenja stavljaju se pod poseban nadzor.

### 6.3.4. ČETVRTO MJERENJE (M4)

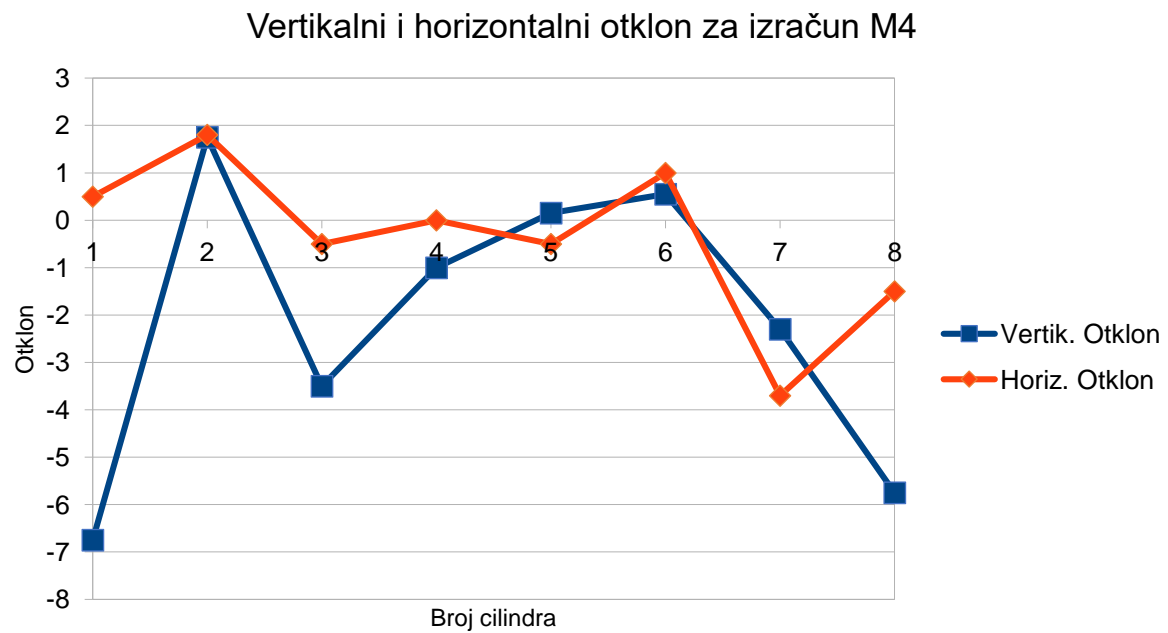
Za četvrto mjerenje u tablicu su upisani podaci M4 iz tablice (2) i upisani u tablicu (6). Ovo su podaci za 2020. godinu te su otkloni dobiveni izračunom za tu godinu uzeti da bi se napravio graf s krivuljama otklona za 2020. godinu.

Tablica 6. Izračun otklona za podatke M4 (Izvor: Osobni izračun)

|                       | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>T</b>              | -7       | 2        | -3       | -1       | 0.5      | 1.1      | -2.3     | -6       |
| <b>S</b>              | -2.5     | -1       | 0.5      | 1        | 1        | 0        | 0.7      | -3       |
| <b>P</b>              | -2       | 0.8      | 0        | 1        | 0.5      | 1        | -3       | -4.5     |
| <b>B1</b>             | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>B2</b>             | -0.5     | 0.5      | 1        | 0        | 0.7      | 1.1      | 0        | -0.5     |
| <b>B=1/2(B1+B2)</b>   | -0.25    | 0.25     | 0.5      | 0        | 0.35     | 0.55     | 0        | -0.25    |
| <b>Vertik. Otklon</b> | -6.75    | 1.75     | -3.5     | -1       | 0.15     | 0.55     | -2.3     | -5.75    |
| <b>Horiz. Otklon</b>  | 0.5      | 1.8      | -0.5     | 0        | -0.5     | 1        | -3.7     | -1.5     |

Graf s krivuljama otklona za 2020. godinu prikazan je na slici (65). Budući da se već u tablici uočava promjena otklona prvog i posljednjeg ležaja, kako se vidi iz izračuna horizontalnog otklona, može se zaključiti kako je horizontalni otklon znatno manji u odnosu na prethodna mjerenja.

To smanjenje otklona vidljivo je i na krivulji horizontalnog otklona na grafu. Bez obzira na ovo i dalje se prate i drže pod nadzorom ova dva ležaja pošto vertikalni otklon nije pokazao smanjenje.



Slika 65. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M4 (Izvor: Osobni izračun)

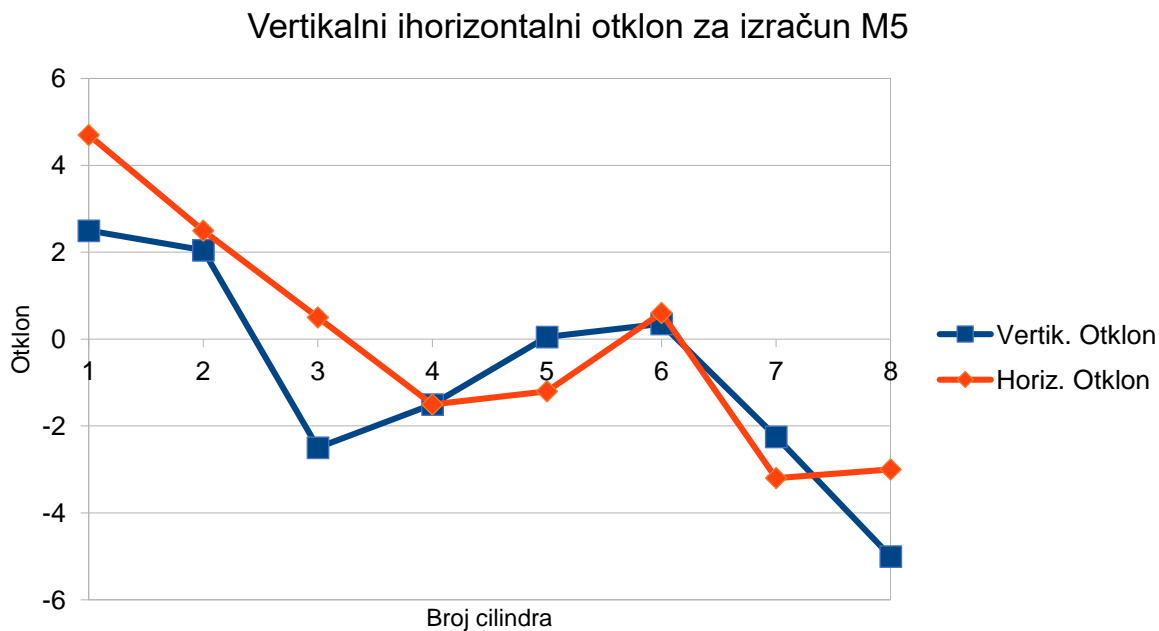
### 6.3.5. PETO MJERENJE (M5)

Sljedeće, peto mjerenje izvršeno je 2021. u siječnju. Ovi podaci uneseni su u tablicu (7) te se od njih dobio vertikalni i horizontalni otklon za taj datum. Mjerenja korištena u tablici su mjerenja M5 u tablici (2).

Tablica 7. Izračun otklona za podatke M5 (Izvor: Osobni izračun)

|                       | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>T</b>              | 2        | 2.3      | -2       | -1.5     | 0.3      | 1        | -2       | -5.5     |
| <b>S</b>              | -3       | -2       | 1        | 0.5      | 2        | 0.4      | 0.5      | -2.5     |
| <b>P</b>              | 1.7      | 0.5      | 1.5      | -1       | 0.8      | 1        | -2.7     | -5.5     |
| <b>B1</b>             | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>B2</b>             | -1       | 0.5      | 1        | 0        | 0.5      | 1.3      | 0.5      | -1       |
| <b>B=1/2(B1+B2)</b>   | -0.5     | 0.25     | 0.5      | 0        | 0.25     | 0.65     | 0.25     | -0.5     |
| <b>Vertik. Otklon</b> | 2.5      | 2.05     | -2.5     | -1.5     | 0.05     | 0.35     | -2.25    | -5       |
| <b>Horiz. Otklon</b>  | 4.7      | 2.5      | 0.5      | -1.5     | -1.2     | 0.6      | -3.2     | -3       |

Graf na slici (66) predstavlja vertikalni i horizontalni otklon u obliku krivulja za podatke izračuna M5 iz tablice (2) za siječanj 2021. godine. Po krivulji se vidi da se i horizontalni otklon prvog i posljednjeg ležaja vratio prema vrijednostima prethodnih mjerenja te da je povećana pažnja i



Slika 66. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M5 (Izvor: Osobni izračun)

nadzor nad ova ležaja bila opravdana. Horizontalni otklon u crvenoj boji vratio se na vrijednost približnu vrijednostima mjerenja M1, M2 i M3, dok je jedino mjerenje M4 pokazalo pad horizontalnog otklona ovih dvaju ležajeva. I dalje su ovi otkloni ispod maksimalnih dozvoljenih vrijednosti otklona, ali su i dalje pod nadzorom.

### 6.3.6. ŠESTO MJERENJE (M6)

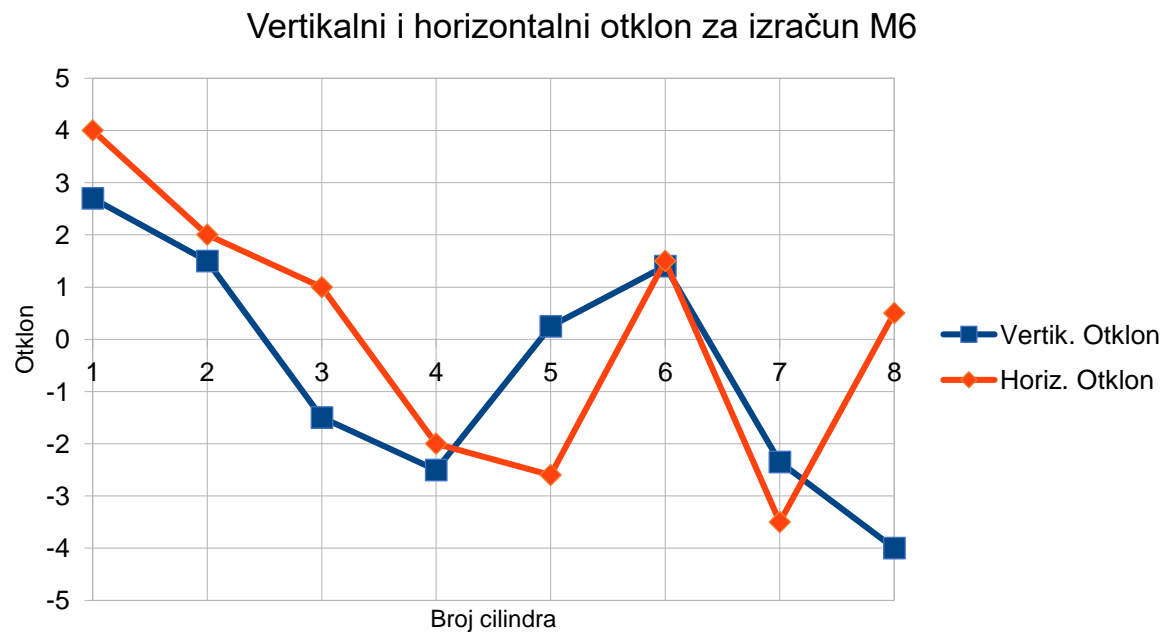
Posljednje, šesto mjerenje, u tablici (2) redak M6 izvršeno je u veljači 2021. godine na sidru u Hong Kongu. Ovi podaci uneseni su u tablicu (8) i izračunati su horizontalni i vertikalni otklon za ove podatke.

Tablica 8. Izračun otklona za podatke M6 (Izvor: Osobni izračun)

|                       | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>T</b>              | 2.2      | 2        | -1.5     | -2       | 0.5      | 2        | -2       | -5.5     |
| <b>S</b>              | -2.5     | -1       | 1        | 0.5      | 3        | 0.5      | 1        | -4.5     |
| <b>P</b>              | 1.5      | 1        | 2        | -1.5     | 0.4      | 2        | -2.5     | -4       |
| <b>B1</b>             | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| <b>B2</b>             | -1       | 1        | 0        | 1        | 0.5      | 1.2      | 0.7      | -3       |
| <b>B=1/2(B1+B2)</b>   | -0.5     | 0.5      | 0        | 0.5      | 0.25     | 0.6      | 0.35     | -1.5     |
| <b>Vertik. Otklon</b> | 2.7      | 1.5      | -1.5     | -2.5     | 0.25     | 1.4      | -2.35    | -4       |
| <b>Horiz. Otklon</b>  | 4        | 2        | 1        | -2       | -2.6     | 1.5      | -3.5     | 0.5      |

Prema posljednjem izračunu vidi se da su svi ležajevi u dozvoljenoj zoni ispod maksimalnih vrijednosti otklona, dok još uvijek prvi i posljednji ležaj pokazuju malo veće, ali još uvijek prihvatljive vrijednosti ovih otklona. Usto je u ovom izračunu dobiven manji vertikalni i horizontalni otklon u odnosu na prethodna mjerenja.

Prema dobivenim izračunima napravljen je graf otklona za izračun M6 prikazan na slici (67). Iz grafa se vidi da su i horizontalni i vertikalni otklon svih ležajeva u dopuštenim granicama, ali zbog prethodnih izračuna i dalje se prati pažljivo prvi i posljednji ležaj.



Slika 67. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za izračun M6 (Izvor: Osobni izračun)

## 6.4. USPOREDBA PODATAKA MJERENJA I IZRAČUNA

Da bi se usporedili podaci svih šest mjerenja i izračuna, potrebno je sabrati sve podatke izračuna M1, M2, M3, M4, M5 i M6 te ih potom unijeti u tablicu. Podatke je potrebno odvojiti na tablice za horizontalne izračune i tablice za vertikalne izračune. Nakon generiranja ovih dviju tablica, potrebno je ispisati grafove za horizontalne tablice i grafove za vertikalne tablice.

### 6.4.1. TABLICA I GRAF VERTIKALNIH OTKLONA OD 2017. DO 2021. GODINE

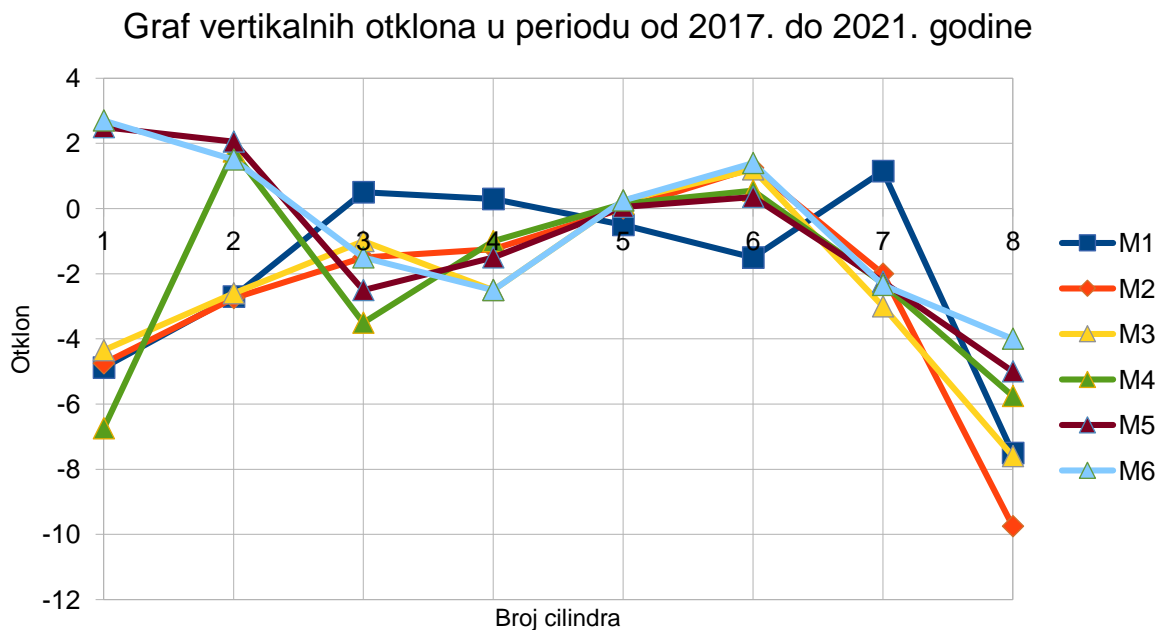
Tablica (9) je tablica dobivena unosom svih vertikalnih otklona dobivenih izračunom za svaki cilindar i za svaki izračun vertikalnog otklona istih. Ova tablica služi za usporedbu podataka vertikalnog otklona kroz period od 2017. do 2021. godine.

Tablica 9. Tablica vertikalnih otklona u periodu od 2017. do 2021.godine (Izvor: Osobni izračun)

| Br.<br>Cilindra | 1      | 2     | 3    | 4     | 5    | 6    | 7     | 8     |
|-----------------|--------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| <b>M1</b>       | -4.875 | -2.7  | 0.5  | 0.3   | -0.5 | -1.5 | 1.15  | -7.5  |
| <b>M2</b>       | -4.75  | -2.75 | -1.5 | -1.25 | 0    | 1.25 | -2    | -9.75 |
| <b>M3</b>       | -4.35  | -2.6  | -1   | -2.5  | 0.25 | 1.2  | -3    | -7.6  |
| <b>M4</b>       | -6.75  | 1.75  | -3.5 | -1    | 0.15 | 0.55 | -2.3  | -5.75 |
| <b>M5</b>       | 2.5    | 2.05  | -2.5 | -1.5  | 0.05 | 0.35 | -2.25 | -5    |
| <b>M6</b>       | 2.7    | 1.5   | -1.5 | -2.5  | 0.25 | 1.4  | -2.35 | -4    |



Iz tablice (9) i njezinih podataka pravimo graf svih vertikalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine. Ovaj graf služi za vizualnu usporedbu otklona mjerenih kroz ovaj period. Na grafu se vidi da krivulje M4, M5 i M6 pokazuju blagi pad u odnosu na prethodna mjerenja.



Slika 68. Graf vertikalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine (Izvor: Osobni izračun)

Međutim, primjećuje se također da trendovi otklona ležajeva drugog, trećeg, četvrtog, petog, šestog i sedmog cilindra ne mijenjaju puno vrijednosti s obzirom na svih šest krivulja, dok prvi i posljednji ležaj, kao što same krivulje prikazuju, mijenjaju.

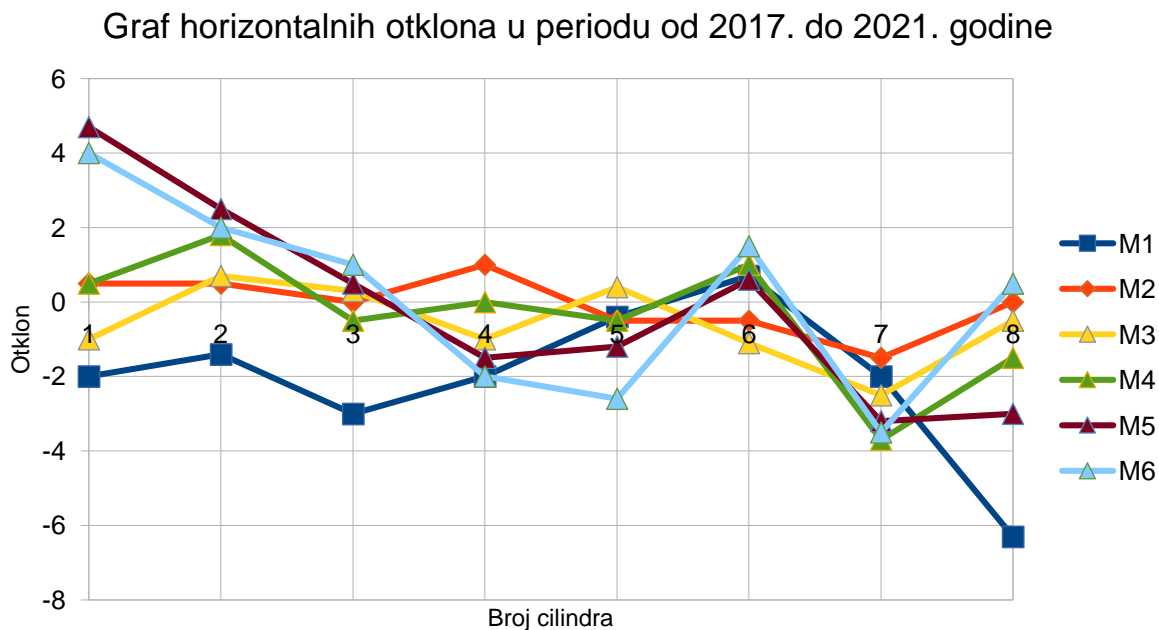
#### 6.4.2. TABLICA I GRAF HORIZONTALNIH OTKLONA OD 2017. DO 2021. GODINE

Kao što je prikazano za vertikalne otklone, isto se radi i s horizontalnim otklonima. Podaci dobiveni za svaki pojedini cilindar i svako pojedino mjerenje unose se u tablicu (10), koja pokazuje da su i horizontalni otkloni u granicama dopuštenih vrijednosti, ali i dalje se primjećuju promjene kod prvog i posljednjeg ležaja.

Tablica 10. Tablica horizontalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine (Izvor: Osobni izračun)

| <b>Br. Cilindra</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> | <b>5</b> | <b>6</b> | <b>7</b> | <b>8</b> |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>M1</b>           | -2       | -1.4     | -3       | -2       | -0.4     | 0.7      | -2       | -6.3     |
| <b>M2</b>           | 0.5      | 0.5      | 0        | 1        | -0.5     | -0.5     | -1.5     | 0        |
| <b>M3</b>           | -1       | 0.7      | 0.3      | -1       | 0.4      | -1.1     | -2.5     | -0.5     |
| <b>M4</b>           | 0.5      | 1.8      | -0.5     | 0        | -0.5     | 1        | -3.7     | -1.5     |
| <b>M5</b>           | 4.7      | 2.5      | 0.5      | -1.5     | -1.2     | 0.6      | -3.2     | -3       |
| <b>M6</b>           | 4        | 2        | 1        | -2       | -2.6     | 1.5      | -3.5     | 0.5      |

Ovi podaci koriste se kako bi se dobio graf horizontalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine u svrhu vizualne usporedbe horizontalnih otklona tijekom ovog perioda.



Slika 69. Graf horizontalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine (Izvor: Osobni izračun)

Iz grafa se vidi da kao i kod grafa vertikalnih otklona, podaci izračuna za drugi, treći, četvrti, peti, šesti i sedmi cilindar ne odstupaju puno od mjerenja do mjerenja te da se ponegdje preklapaju. Ponovno se javljaju odstupanja prvog i posljednjeg ležaja što upućuje na to da je povećani nadzor ovih dvaju ležaja bio opravdan i da se u skorij budućnosti može očekivati intervencija kod ova dva ležaja ili izmjena istih ukoliko pređu granice istrošenosti ili se ustanovi da su jako oštećeni.

## 6.5. USPOREDBA PODATAKA

### HORIZONTALNI OTKLON

Da bi se napravila pravilna usporedba dobivenih podataka izračuna s maksimalnim vrijednostima dozvoljenih otklona, potrebno je u priručniku motora potražiti tablicu u kojoj se nalaze vrijednosti maksimalnih horizontalnih otklona za ovaj tip MAN motora , slika (70).

MAN Diesel

|                                |  |                            |
|--------------------------------|--|----------------------------|
| <b>510-01.00</b><br>Edition 13 | <b>Checking of Main Bearings Alignment (Autolog)</b> | Working Card<br>Page 4 (7) |
|--------------------------------|--|----------------------------|

L21/31

| Measurement of crank throw deflections by means of dial indicator (Autolog) |   |   |
|---|---|---|
| Crank throw deflection  | - | Difference in dial indicator readings in two diametrically opposite crank throw positions, i.e. two positions displaced 180°. |
| Vertical deflection   | - | Difference in top-bottom readings.  |
| Horizontal deflection   | - | Difference in side-side readings.   |

| Horizontal deflections of crank throws                                    |            |                 |
|---|------------|-----------------|
| Unless otherwise stated the values refer to cold engine.                  |            |                 |
| For new or realigned aggregate  | Aim for    | + or - 3/100 mm |
|   | Acceptable | + or - 5/100 mm |
| For aggregate in service realignment is recommended if deflections exceed |            | + or - 8/100 mm |

Slika 70. Maksimalne vrijednosti horizontalnog otklona prema tipu MAN motora (Izvor: MAN user manual)

Nakon odabira vrijednosti koje odgovaraju tipu motora za koji je odrađen izračun, usporedba tih maksimalnih vrijednosti uspoređuje se sa svih šest mjerenja koje smo radili. Da bi se lakše usporedili podaci, izrađena je tablica 11. u koju su upisani podaci svih šest mjerenja i uspoređeni s podacima apsolutnih maksimuma. Kao što se vidi iz podataka, stanje je dobro na svim ležajevima, osim prvog i posljednjeg ležaja, jer su prvi i posljednji ležaj obično spojeni na zamašnjak, generator i sl. pa je moguće da je to uzrok malo većih, još uvijek manje

zabrinjavajućih vrijednosti otklona. Zbog ove činjenice, prvi i posljednji ležaj su stavljeni pod povećan nadzor.

Pregledom podataka u tablici 11. koja je sačinjena od maksimalnih izmjerenih otklona za svaki od ležajeva u mjerenjima (M1,M2,M3,M4,M5 i M6), vidi se da niti jedan od mjerenih podataka ne prelazi maksimalnu dozvoljenu vrijednost horizontalnog otklona. To nam govori da je koljenasto vratilo mjenenog motora kod svakog mjerenja pokazalo da otklon istog nije prešao dozvoljenu vrijednost, kao i da nije potrebna intervencija ili izmjena ijednog od ležajeva motora koji je izmjeren i za koji je urađen izračun. Jedino su se krajnji ležajevi približili maksimalnoj vrijednosti otklona pa se njih sada prati s posebnom pozornošću. Ukoliko se vrijednosti u daljnjim mjerenjima i izračunima budu ponavljale, ta dva ležaja će se izmijeniti novima kako ne bi utjecali na trošenje ostalih (pogotovo susjednih) ležaja u motoru, kao i na otklon protuutega koljenastog vratila.

# VERTIKALNI OTKLON

MAN Diesel

|                            |  |                                |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| Working Card<br>Page 5 (7) | <b>Checking of Main Bearings Alignment (Autolog)</b> | <b>510-01.00</b><br>Edition 13 |
|----------------------------|--|--------------------------------|

L21/31

| <b>Vertical deflection of crank throw nearest flywheel</b> |                      |
|--|----------------------|
| Unless otherwise stated the values refer to cold engine.   |                      |
| Flexible coupling between diesel engine and driven machine |                      |
| - New or recently overhauled engine, nominal               | + 8/100 – 24/100 mm  |
| - New or recently overhauled engine, max.                  | + 15/100 – 27/100 mm |
| - Operating engine, check alignment immediately            | + 22/100 – 30/100 mm |
| Flexdisc between diesel engine and driven machine          |                      |
| - New or recently overhauled engine, nominal               | + 8/100 – 28/100 mm  |
| - New or recently overhauled engine, max.                  | + 15/100 – 35/100 mm |

| <b>Vertical deflection of crank throws remaining</b>                 |                  |
|--|------------------|
| Unless otherwise stated the values refer to cold engine.             |                  |
| Rigid and flexible coupling between diesel engine and driven machine |                  |
| - New or recently overhauled engine, nominal                         | + or – 8/100 mm  |
| - New or recently overhauled engine, max.                            | + or – 15/100 mm |
| - Operating engine, check alignment immediately                      | + or – 22/100 mm |
| Flexdisc between diesel engine and driven machine                    |                  |
| - New or recently overhauled engine, nominal                         | + or – 8/100 mm  |
| - New or recently overhauled engine, max.                            | + or – 15/100 mm |
| - Operating engine, check alignment immediately                      | + or – 22/100 mm |

010028-001/145/2004\_08.12

05.02 - E50

Slika 71. Maksimalne vrijednosti vertikalnog otklona prema tipu MAN motora (Izvor: MAN user manual)

Prilikom usporedbe podataka dobivenih mjerenjima i izračunima (M1, M2, M3, M4, M5 i M6) s maksimalnim vrijednostima otklona prikazanih na slici (71) za motor tipa MAN, nije uočeno veće odstupanje od normalnih vrijednosti otklona kao ni približavanje maksimalnim vrijednostima vertikalnog otklona nijedne izmjerene odnosno izračunate vrijednosti. Kao i kod horizontalnog otklona, malo veće vrijednosti pokazali su prvi i posljednji ležaj, što ukazuje na to da je moguće malo oštećenje na istim ležajevima. Oba ležaja su stavljena pod povećani nadzor.

## ZAKLJUČAK

Sustav AMOT jedan je od mnogih sustava koji se u današnjoj navigaciji koristi za praćenje, mjerenje, nadzor i alarmiranje u slučaju nepravilnosti. Kroz ovaj rad, dokazano je kako spoj sustava za nadzor i održavanje i iskustva strojaru donosi željene rezultate u svrhu otkrivanja, prevencije, otklanjanja i održavanja ležajeva i koljenastog vratila. Sustav AMOT precizno i u bilo kojem trenutku pokazuje rezultate mjerenja, stanje senzora i po bojama istrošenost ležajeva. Kako je ovaj sustav krajnje jednostavan za ugradnju, održavanje i rad sa softverom sustava, tako je sve zastupljeniji u praksi i ugrađuje se na sve više brodova diljem svijeta. Kako bi se unaprijedilo i proširilo mogućnosti praćenja drugih dijelova, omogućena je ugradnja i nekih dodatnih senzora i dijelova za praćenje.

Programski sustav za mjerenje otklona koljenastog vratila DEFLECTION INDICATOR DI – 5C koristan je i funkcionalan sustav za mjerenje otklona koljenastog vratila te rukovanje i obradu podataka dobivenih mjerenjem. Njegov rad, u kombinaciji s AMOT sustavom, sačinjava cjelinu koja je i više nego dovoljna svakom inženjeru i strojaru te olakšava posao i štedi vrijeme te povećava preciznost mjerenja i izračuna.

Kako je opisano u ovom radu, sinergijski rad ova dva sustava provjeren je prikupljanjem podataka mjerenih AMOT sustavom. Dalje je izvršeno mjerenje otklona koljenastog vratila sustavom DI – 5C. Prikupljeni podaci ubačeni su u tablični sustav Excell u kojemu su napravljeni izračuni i ispisani grafovi za sva mjerenja. Daljnjom analizom i usporedbom dobivenih podataka vidi se kako su oba sustava jako kvalitetno i bez greške odradili, odnosno rade, funkciju za koju su ugrađeni.

Ovaj rad je još jednom pokazao kako napredak tehnologije u suradnji s klasičnim metodama mjerenja i izračuna daje rezultate i kako se uz pomoć tehnologije mogu brže otkriti nepravilnosti u radu, kvar ili zatajenje nekog od dijelova motora, kao i izmjeriti otklon koljenastog vratila te pristupiti problemu koji se pojavio u radu motora u, za današnje prilike, rekordnom vremenu. Isto tako, putem izvještaja i pohrane podataka koju imaju oba sustava, olakšana je komunikacija i uvid podataka proizvođaču, servisu, klasifikacijskom društvu i samom brodaru. Ova komunikacija uvelike poboljšava i omogućuje strojarima suradnju s proizvođačem i kopnenim servisom u izboru poduzimanja radnji, odabiru i nabavci rezervnih

dijelova, odobravanju broдача za nabavku dijelova s obzirom na to da svi mogu u najkraćem roku doći do informacija o stanju pojedinog dijela motora za koji su ovi sustavi pokazali da postoje nepravilnosti u radu ili kvar. Također, ubrzan je proces otklanjanja kvarova što smanjuje vrijeme zastoja u plovidbi broда te znatno smanjuje troškove istog procesa.



## LITERATURA I WEB IZVORI

- [1] AMOT system overview
- [2] AMOT maintenance manual
- [3] AMOT software manual
- [4] <https://mirmarine.net/stati-na-anglijskom/marine-engine/372-crankshaft>
- [5] Deflection indicator manual PC DI – 5C
- [6] M/B Ocean Shearerž
- [7] MAN diesel manual (M/B Ocean Shearer)
- [8] Osobni izračun i izrada tablica u Microsoft Excell programu (priloženo uz diplomski rad)

## POPIS TABLICA

|   |    |
|---|----|
| Tablica 1. Prikaz obveznih postupaka prilikom izmjene i/ili održavanja komponentisustava .... | 51 |
| Tablica 2. Podaci prilikom vršenja mjerenja otklona u različitim periodima .....              | 72 |
| Tablica 3. Izračun otklona za podatke mjerenja M1 .....                                       | 74 |
| Tablica 4. Izračun otklona za podatke mjerenja M2 .....                                       | 76 |
| Tablica 5. Izračun otklona za podatke mjerenja M3 .....                                       | 78 |
| Tablica 6. Izračun otklona za podatke mjerenja M4 .....                                       | 80 |
| Tablica 7. Izračun otklona za podatke mjerenja M5 .....                                       | 82 |
| Tablica 8. Izračun otklona za podatke mjerenja M6 .....                                       | 84 |
| Tablica 9. Tablica vertikalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine .....               | 86 |
| Tablica 10. Tablica horizontalnih otklon u periodu od 2017. do 2021. godine .....             | 88 |

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Shematski prikaz sustava za mjerenje istrošenosti ležaja .....       | 3  |
| Slika 2. Glavni zaslon sustava AMOT .....                                     | 4  |
| Slika 3. Zaslon simulacije rada motora .....                                  | 6  |
| Slika 4. Zaslon sa očitanjima senzora .....                                   | 7  |
| Slika 5. Prikaz zaslona sa krivuljama mjerenja .....                          | 8  |
| Slika 6. Prikaz aktivnih alarma .....   | 9  |
| Slika 7. Senzor zračnosti .....   | 10 |
| Slika 8. Prikaz ugradnje senzora .....  | 11 |
| Slika 9. Jedinica za obradu podataka .....                                    | 12 |
| Slika 10. Jedinica sučelja .....  | 13 |
| Slika 11. Računalo .....  | 15 |
| Slika 12. Dodatni senzor vode u ulju .....                                    | 18 |
| Slika 13. Shematski prikaz senzora zračnosti .....                            | 19 |
| Slika 14. Nacrt jedinice za obradu podataka sa pripadajućim dimenzijama ..... | 20 |
| Slika 15. Nacrt jedinice sučelja sa pripadajućim dimenzijama .....            | 21 |
| Slika 16. Prikaz zaslona za simulaciju rada motora .....                      | 23 |
| Slika 17. Objašnjenje zaslona alarma .....                                    | 24 |

|   |    |
|---|----|
| Slika 18. Traka ispisa trenutnog stanja .....   | 25 |
| Slika 19. Prikaz komunikacije softvera i hardvera .....                                 | 25 |
| Slika 20. Prikaz zaslona greške u komunikaciji između softvera i hardvera .....         | 26 |
| Slika 21. Prikaz zaslona komunikacije kad je sve normalno .....                         | 27 |
| Slika 22. Prikaz trenutnog stanja istrošenosti ležaja i devijacije ležaja .....         | 28 |
| Slika 23. Dijagrami stupca istrošenosti ležaja i devijacije senzora .....               | 29 |
| Slika 24. Prikaz statusa senzora po bojama .....  | 30 |
| Slika 25. Prikaz krivulje dvaju mjerenja senzora i krivulje broja okretaja .....        | 31 |
| Slika 26. Prikaz grafičkih podataka kroz vrijeme i broj okretaja .....                  | 32 |
| Slika 27. Odabir podataka za ispis na zaslon .....                                      | 33 |
| Slika 28. Odabir nekih od pohranjenih podataka .....                                    | 34 |
| Slika 29. Unos podataka o sustavu u softver .....                                       | 35 |
| Slika 30. Zaslon dijagnostike .....   | 37 |
| Slika 31. Zaslon dijagnostike ukoliko postoji dodatna jedinica za obradu podataka ..... | 38 |
| Slika 32. Zaslon postavki senzora .....   | 39 |
| Slika 33. Prikaz postavki senzora po bojama .....                                       | 40 |
| Slika 34. Prikaz zaslona kod pogrešno spojenih senzora .....                            | 41 |
| Slika 35. Prikaz zaslona nakon pravilnog spajanja senzora .....                         | 42 |
| Slika 36. Odabir i potvrda kalibracije senzora .....                                    | 43 |
| Slika 37. Prikaz redoslijeda paljenja cilindara .....                                   | 43 |
| Slika 38. Zaslon za odabir senzora za izmjenu .....                                     | 44 |
| Slika 39. Prikaz senzora kojeg mijenjamo u ljubičastoj boji .....                       | 45 |
| Slika 40. Prikaz i status 50 – satnog nadzora senzora .....                             | 45 |
| Slika 41. Zaslon nadzora senzora .....  | 46 |
| Slika 42. Zaslon vrijednosti aktivacije alarma .....                                    | 47 |
| Slika 43. Dijelovi senzora zračnosti za izmjenu ili održavanje .....                    | 52 |
| Slika 44. Prikaz ispravnog postupka kalibracije senzora zračnosti .....                 | 53 |
| Slika 45. Prikaz kalibracije senzora nakon izmjene ili održavanja .....                 | 54 |
| Slika 46. Tablica po rednim brojevima, tipu i izvedbi osigurača .....                   | 55 |
| Slika 47. Prikaz, opis i objašnjenje rada LED dioda sučelja .....                       | 56 |
| Slika 48. Potpuno saliveno koljenasto vratilo .....                                     | 58 |

|  |    |
|--|----|
| Slika 49. Mjerenje otklona u poziciji desno 90° .....                              | 60 |
| Slika 50. Mjerenje otklona u poziciji gornje mrtve točke .....                     | 61 |
| Slika 51. Mjerenje otklona u poziciji lijevo 90° .....                             | 61 |
| Slika 52. Mjerenje otklona u poziciji donje mrtve točke .....                      | 61 |
| Slika 53. Krivulja otklona koljenastog vratila dobivena prijenosom podataka .....  | 63 |
| Slika 54. Mjerač otklona sa produžecima i jedinicom za spajanje na računalo .....  | 64 |
| Slika 55. Glavni zaslon softvera .....   | 66 |
| Slika 56. Prikaz sve na jednoj stranici .....                                      | 67 |
| Slika 57. Zaslon usporedbe podataka .....  | 68 |
| Slika 58. Zaslon krivulje .....  | 69 |
| Slika 59. Zaslon grafičke usporedbe podataka .....                                 | 70 |
| Slika 60. Tablica ručnog unos podataka mjerenja otklona .....                      | 71 |
| Slika 61. Objašnjenje proračuna i točaka mjerenja svakog pojedinog ležaja .....    | 73 |
| Slika 62. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M1 .....             | 75 |
| Slika 63. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M2 .....             | 77 |
| Slika 64. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M3 .....             | 79 |
| Slika 65. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M4 .....             | 81 |
| Slika 66. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M5 .....             | 83 |
| Slika 67. Graf vertikalnog i horizontalnog otklona za podatke M6 .....             | 85 |
| Slika 68. Graf vertikalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine .....        | 87 |
| Slika 69. Graf horizontalnih otklona u periodu od 2017. do 2021. godine .....      | 89 |
| Slika 70. Maksimalne vrijednosti horizontalnog otklona prema tipu MAN motora ..... | 90 |
| Slika 71. Maksimalne vrijednosti vertikalnog otklona prema tipu MAN motora .....   | 91 |

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem pod punom odgovornošću da sam diplomski rad pod naslovom *Sustav održavanja temeljnih ležaja AMOT i sustav za mjerenje otklona koljenastog vratila DI – 5C, usporedba mjerenja i izračuna* izradio samostalno, da je isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima, služeći se znanjem stečenim tijekom studija, navedenim izvorima podataka i uz stručno vodstvo mentora *izv.prof.dr.sc. Mate Jurjevića*.

Dubrovnik, lipanj 2021.

Damir Mičić