

Nove tehnologije za nadzor i analizu brodskih motora

Vukelić, Juraj

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:706813>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

JURAJ VUKELIĆ

NOVE TEHNOLOGIJE ZA NADZOR I
ANALIZU BRODSKIH MOTORA

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO

NOVE TEHNOLOGIJE ZA NADZOR I
ANALIZU BRODSKIH MOTORA

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:
Prof. dr. sc. Gojmir Radica

STUDENT:
Juraj Vukelić
(MB:0023106413)

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

Danas se kod brodova sve više javlja potreba za implementacijom elektroničkog upravljanja brodskih motora. Takvi motori zahtijevaju brojne senzore koji su zaduženi za nadzor motora. Elektronički upravljani brodski motori omogućavaju kvalitetnije održavanje i bolju dijagnostiku. U tome se sve više koristi daljinsko upravljanje koje omogućuje bolji nadzor, brže uočavanje i otklanjanje kvarova na brodskim motorima. Na taj način se postiže sigurnost rada motora te se smanjuju troškovi i štete koje mogu nastati zbog nepravovremenog uočavanja kvara na motoru. Ekspertni sustavi nadziru i analiziraju rad motora te u slučaju uočavanja nepravilnosti brzo reagiraju. Cilj rada je prikazati suvremene mogućnosti implementacije nove tehnologije za nadzor i analizu brodskih motora.

Ključne riječi: *Brodski motor, kontrola i nadzor broskog motora, upravljanje brodskim motorom*

ABSTRACT

Today, ships are increasingly demanding intelligent marine engines. Such engines require high quality control through a number of sensors that are in charge of individual engine systems. Electronically controlled marine engines seek and manage their failures. It is used by remote control, which enables better control, faster detection and removal of damage on marine engines. This ensures engine safety and reduces the costs and damages that can occur due to an unexpected engine failure. Expert systems monitor and analyze engine operation and in case of irregularities they react quickly. The aim of the paper is to present the modern possibilities of implementing new technologies for marine engine monitoring and analysis.

Keywords: *Marine engine, marine engine control and supervision, ship engine management*

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DALJINSKO UPRAVLJANJE I DIJAGNOSTIKA BRODSKOG MOTORA.....	2
2.1. UPRAVLJANJE MOTOROM.....	2
2.1.1. Daljinsko upravljanje glavnim motorom	2
2.1.2. Automatsko daljinsko upravljanje porivnim motorom	3
2.1.3. Upravljanje motora s propelerom sa zakretnim krilima	4
2.2. DIJAGNOSTIKA KVARA.....	6
2.3. DIJAGNOSTIČKE TEHNOLOGIJE	7
3. PODRUČJA MJERENJA KOD BRODSKOG MOTORA.....	10
3.1. MJERENJE TEMPERATURE.....	10
3.2. MJERENJE TLAKA.....	11
3.3. MJERENJE PROTOKA FLUIDA	13
3.3.1. Mjerenje potrošnje goriva.....	14
3.3.2. Mjerenje protoka rashladne vode	15
3.3.3. Mjerenje količine i brzine zraka.....	16
3.3.4. Mjerenje razine	16
3.4. MJERENJE VREMENA I BRZINE VRTNJE	17
3.5. MJERENJE VIBRACIJA.....	19
3.6. MJERENJE BUKE.....	20
4. EKSPERTNI SUSTAV U DIJAGNOSTICI ELEKTRONIČKI UPRAVLJANIH MOTORA	21
4.1. RAD U SUSTAVU	22
4.2. ONLINE SUSTAV UGAĐANJA PARAMETARA MOTORA	24
5. AVL EPOS ZA ODRŽAVANJE BRODSKIH MOTORA.....	26
5.1. PRINCIP RADA	26
5.2. AVL EPOS LANAC	29
5.3. AVL EPOS NO _x MODUL.....	31
6. ZAKLJUČAK	33
LITERATURA	34

POPIS SLIKA.....36
POPIS TABLICA.....37

1. UVOD

U suvremenom prijevozu, a što se posebno odnosi na prijevoz robe, brodovi su još uvijek najoptimalnija prijevozna mogućnost. Međutim, tijekom posljednjih nekoliko desetljeća pred brodare su stavljeni brojni zahtjevi, među njima je i kvalitetno upravljanje brodom s ciljem smanjivanja troškova. Naime, troškovi su bitan segment poslovanja u prijevozu putnika i robe brodovima te se nastoji kvalitetnim upravljanjem utjecati na njihovu optimizaciju.

U upravljanju troškovima iznimno važnu ulogu odigrale su nove tehnologije jer su olakšale, ubrzale i pospješile upravljanje cijelim sustavom rada broda. Tehnologija je uvelike pospješila upravljanje radom pojedinih funkcionalnosti na brodu te je time doprinijela smanjenju troškova uslijed kvarova.

Temeljni sustav rada svakog broda je motor. Danas se sve više nameće potreba za korištenjem elektronički upravljanih dizelskih motora koji imaju ugrađene sustave za nadzor i upravljanje iz daljine. Daljinsko upravljanje te kontrola rada motora broda uvelike poboljšava kvalitetu njegovog rada, omogućava brže uočavanje pojedinih nepravilnosti u radu te utječe na sprječavanje velikih kvarova koji mogu nastati zbog neuočavanja nepravilnosti na vrijeme. Na taj se način smanjuju i troškovi cjelokupnog rada te se povećava učinkovitost u upravljanju brodom.

U ovom radu će se obraditi područje daljinskog nadzora i upravljanja brodskim motorima kao i kvarovi na brodskim motorima. Također će se govoriti o upravljanju brodskim motorima korištenjem suvremenih tehnologija za upravljanje i nadzor rada motora. Posebno će se obraditi daljinsko upravljanje i nadzor broda korištenjem sustava AVL EPOS.

Za potrebe pisanja rada koristit će se literatura koja se bavi ovom tematikom, odnosno koja se bavi brodskim motorima, elektronički upravljanim brodskim motorima, otkrivanju kvarova na brodskim motorima, te koja analizira rad AVL EPOS sustava.

Cilj rada je prikazati mogućnosti implementacije nove tehnologije za nadzor i analizu brodskih motora. Istraživanje će se provesti korištenjem metoda: analiza i sinteza, dedukcija i indukcija, komparativna i deskriptivna metoda.

2. DALJINSKO UPRAVLJANJE I DIJAGNOSTIKA BRODSKOG MOTORA

Suvremeni su brodovi sve više složeni, na njima je gotovo svaki uređaj automatiziran, a daljinsko upravljanje porivnim strojem i pojedinim sustavima sve se više usavršava te se nadopunjava novim uređajima. Sve ove okolnosti dovode do iznimno velike koncentracije složene tehnike na jednom relativno malom prostoru. S druge strane, broj članova posade, koji upravlja tako složenim brodom sve je manji i manji.

Tehnički sve više složeni brodovi i sve manji broj članova posade neminovno uvjetuju drugačiju podjelu rada na brodu. Naime, nema više strogih podjela na poslove palube i stroja, a veliki dijelovi poslova i dužnosti se preklapaju. Časnici palube upravljaju daljinski glavnim motorom, rukuju balastom, manipuliraju složenim sustavom ukrcaja tereta na tankerima i sl. dok časnici elektrostruke moraju poznavati rad motora, kompresora, pumpi i dr. da bi razumjeli smisao njihove automatizacije [1].

2.1. UPRAVLJANJE MOTOROM

2.1.1. Daljinsko upravljanje glavnim motorom

Glavnim motorom može se upravljati s tri različita mjesta: daljinski s mosta, daljinski iz kontrolne kabine strojarnice i lokalno na samom motoru. Kod motorne propulzije upotrebljava se sustav daljinskog upravljanja glavnim motorom, daljinskog automatskog upravljanja glavnim motorom i sustav daljinskog automatskog upravljanja propelerom sa zakretnim krilima. Razlika između daljinskog i daljinskog automatskog sustava upravljanja je u tome što se kod sustava koji nije automatski svi parametri kod kojih se zahtijeva promjena zadane veličine postižu u što kraćem vremenskom razmaku, a ne prema unaprijed utvrđenom programu. Za razliku od navedenog, kod automatskih sustava promjena parametra se postiže prema unaprijed zadanom programu koji se razlikuje od situacije do situacije te ovisi o karakteristikama glavnog motora i broda. Navedeni sustav je bitno bolji iz perspektive zaštite glavnog motora od prebrzih promjena opterećenja, tj. tehničkih stresova.

Poradi jednostavnosti koristi se automatika koja časnicima palube dozvoljava da daju komande kao na uobičajen klasičan način. Svi način upravljanja trebaju zadovoljiti

zahtjeve u smislu sigurnosti broda i porivnog sustava, a te zahtjeve određuju klasifikacijski zavodi.

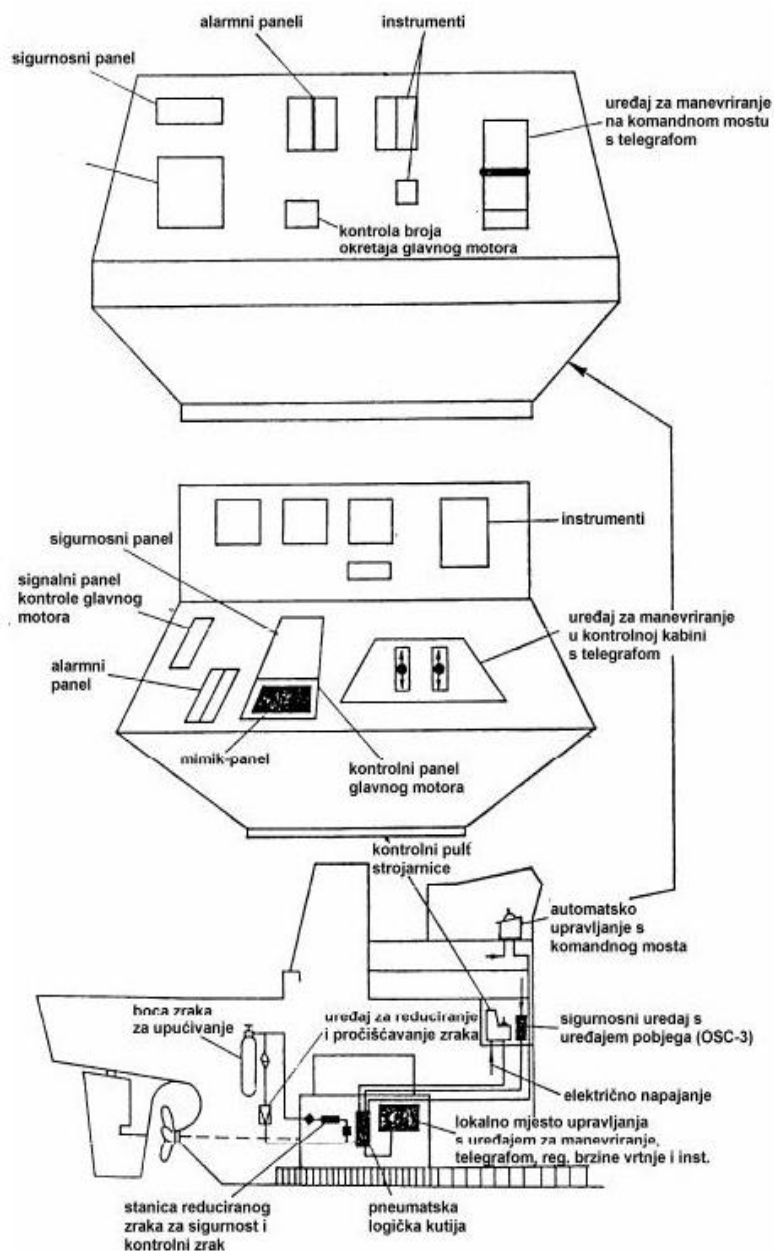
2.1.2. Automatsko daljinsko upravljanje porivnim motorom

Sustav automatskog daljinskog upravljanja porivnim dizel motorima daje mogućnosti izvršavanja automatske promjene broja okretaja vrtnje prema unaprijed određenom programu. Prebacivanje mjesta upravljanja na most dopušta se samo iz kontrolne kabine strojnice dok se s glavnim motorom upravlja s mosta, iz kontrolne kabine strojnice i u strojnici na lokalnom mjestu upravljanja. Prebacivanje mjesta upravljanja može se napraviti i tijekom vožnje, primjerice, ukoliko zbog nekog kvara treba prebaciti upravljanje s mosta u kontrolnu kabinu.

Pravilo je da je promjena broja okretaja prilikom manevara poprilično brza te ovisi samo o tromosti sustava, ali kada se jednom pređu manevarski okretaji, daljnje povećanje broja okretaja izvodi se prema unaprijed postavljenom programu. To dovodi do toga da glavni motor dobro podnosi promjenu opterećenja.

Pojedini sustavi imaju mogućnost podizanja broja okretaja od 0,62 okretaja u minuti što znači da se do putne brzine dolazi za otprilike 30 minuta. Međutim, to se ne može smatrati pravilom jer program ovisi o proizvođaču, vrsti motora, namjeni broda i sl. Kod automatskog daljinskog upravljanja motorom s fiksnim propelerom pri prelasku s manevarske brzine na putnu, program omogućava da se ručica telegrafa pomakne odmah na maksimum (do graničnika) bez straha da će se motor preopteretiti. Okretaji se podižu prema programu sve do okretaja ograničenih preko posebnog graničnika koji se nalazi u kontrolnoj kabini strojnice.

Slična radnja se događa i kod prelaska iz pune vožnje na manevarsku, a to znači da do manevarskih okretaja okretaji se spuštaju prema predviđenom programu. Navedeno ne znači da se okretaji motora ne mogu smanjiti. Da bi se smanjili, treba ručicu telegrafa povući nešto ispod područja manevarskih okretaja i smanjivanje broja okretaja ne će teći prema programu. Položaj graničnika može se mijenjati i on određuje maksimalni broj okretaja motora za neku određenu vožnju [1].



Slika 1. Automatsko daljinsko upravljanje s motorom s fiksnim propelerom [1]

2.1.3. Upravljanje motora s propelerom sa zakretnim krilima

Danas se na pojedinim tipovima brodova sve češće upotrebljavaju porivni sustavi s propelerom sa zakretnim krilima. Upravljanje s komandnog mosta može biti izvedeno tako da se promjenom položaja ručice telegrafa mijenja samo zaokret propelera, a broj okretaja glavnog motora je konstantan. Također, može se izvesti tako da se ručicom telegrafa preko kombinatora mijenja broj okretaja glavnog motora i zaokret krila propelera. Najčešće se izvode oba sustava zajedno. Konstantan broj okretaja glavnog motora koristi se kod rada osovinskog generatora, odnosno ovaj način omogućuje da se cijeli manevar izvede s

osovinskim generatorom uključenim za potrebe pramčanog propelera koji je inače jako veliki potrošač električne energije [1].

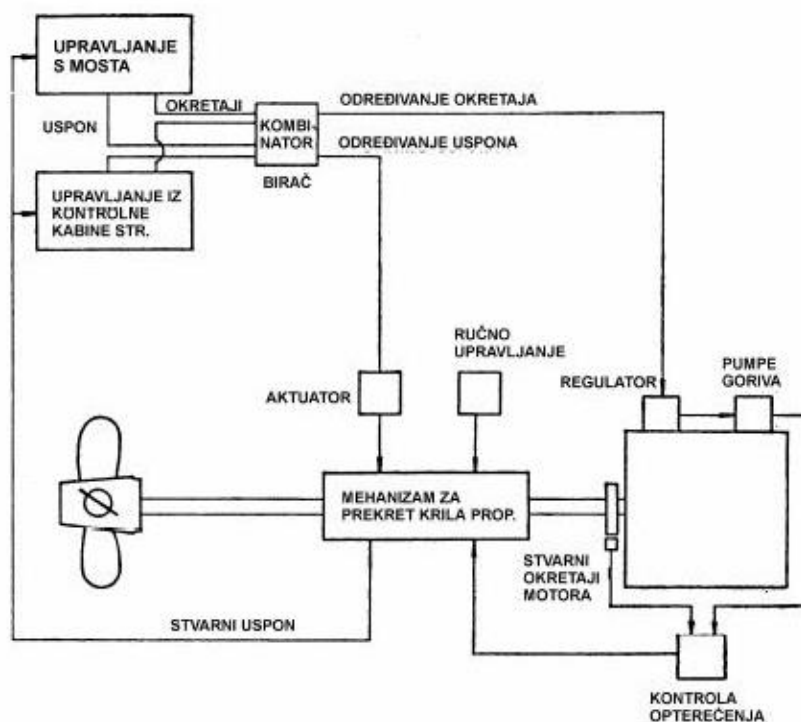
Upravljanje motorom s propelerom sa zakretnim krilima može se, također, kao i s fiksnim, izvoditi s tri mjesta. Kod lokalnog upravljanja iz strojnice upravljačko mjesto se nalazi pokraj hidrauličkog mehanizma za pokret krila propelera gdje je i ugrađen strojarski telegraf.

Brzina sustava automatskog daljinskog upravljanja propelerom sa zakretnim krilima veća je od brzine servo-uređaja propelera sa zakretnim krilima. Ukoliko se pokretač daljinskog upravljanja pomiče brže nego što ga glavni servo-uređaj može slijediti, može doći do nepotrebnog mehaničkog naprezanja. Iz navedenog razloga ugrađuje se „vremensko kašnjenje“ ili „jedinica kašnjenja“ koja treba izjednačiti brzinu automatskog daljinskog upravljanja s brzinom mehanizma servo-uređaja za pokret krila propelera [1].

Sustav upravljanja opterećenjem ima svrhu zaštite glavnog stroja kod grubog manevriranja ili drugim promjenama opterećenja zbog vanjskih uzroka. Upravljanje opterećenjem, koje je jedan od nadzora unutar automatskog daljinskog upravljanja propelerom sa zakretnim krilima, neprestano uspoređuje i prati rad stroja i automatski podešava zakretanje krila propelera prema promjenama opterećenja.

Drugi važan nadzor sustava je nadzor snage glavnog motora čija je svrha da se podesi zakret krila propelera u vožnji na onaj koji odgovara predodređenoj snazi glavnog motora. Neprekidno se mjeri brzina glavnog motora i položaj pumpi goriva te se uspoređuje s krivuljom opterećenja glavnog motora, a na temelju navedenog opterećenja vidi se da li je motor podopterećen ili nadopterećen [1].

Na Slici 2 prikazana je jednostavna shema jednog od sustava automatskog daljinskog upravljanja motorom s propelerom sa zakretnim krilima. Signal s kombinatora ide preko selektora signala na regulator motora i aktuator zakreta krila propelera. Indikacija broja okretaja i uspon krila propelera vraća se kao povratna informacija na mjesto upravljanja. Ulazni signal za kontrolu opterećenja dobiva se od indikatora položaja pumpi goriva i indikatora broja okretaja [1].



Slika 2. Automatsko daljinsko upravljanje motora s propelerom sa zakretnim krilima
[1]

Kao i sustav s fiksnim propelerom i ovaj je opremljen vremenskim programom sporog „ubrzanja“ glavnog motora i zakreta propelera nakon manevarske brzine kada se prelazi na „morsku“ brzinu. Ako je sustav prebačen na konstantni broj okretaja, vremenski program će lagano zakretati propeler sve do maksimalnog opterećenja glavnog motora koje se određuje iz kontrolne kabine.

Obrnuto, prelaskom na manevarsku brzinu, pomicanjem ručice telegrafa na manevarsku brzinu, pomicanjem ručice telegrafa na manevarsku brzinu smanjenje zakreta propelera opet teče prema dosta sporom programu. Ako je potrebno brže smanjivanje zakreta krila propelera, dovoljno je ručicu telegrafa povući nešto ispod manevarske brzine i zakret propelera će se brzo smanjivati ograničen jedino „jedinicom kašnjenja“ koja štiti servo-uređaj propelerom sa zakretnim krilima od prevelikih naprezanja [1].

2.2. DIJAGNOSTIKA KVARA

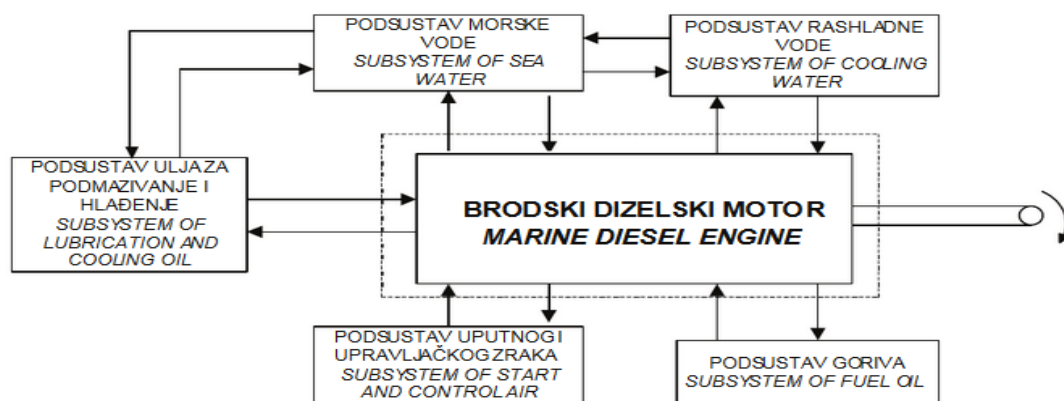
Kvar brodskog motora je jedan od glavnih uzroka pomorske nesreće. Brodski motori su dio kompleksnog pogonskog sustava brodova. Kvar takvih sustava dovodi do ozbiljnih posljedica, koja su promatrana tijekom nesreća. Kvarovi motora nisu rijetki

i pripreme se uvijek poduzimaju unaprijed kako bi se spriječio kvar motora i katastrofalne posljedice [2].

Kao što je već rečeno, brodski strojni sustavi su iznimno složeni, a to znači da ih čini veliki broj podsustava i elemenata čija je funkcionalnost i kvalitetna interakcija od elementarne važnosti za visoku učinkovitost pozitivne eksploatacijske značajke broda. Do kvara može doći na bilo kojoj komponenti procesa dizelskog motora te na svim dijelovima postrojenja brodskog dizelskog motora kao objekta upravljanja.

Na Slici 3 prikazana je osnovna struktura brodskog dizelskog motora s podsustavima koji osiguravaju neophodne uvjete za rad stroja. Ispravan rad brodskih strojnih sustava izravno je ugrožen mogućnošću razvijanja kvara na bilo kojoj komponenti sustava. Poradi kvarova i pogrešaka koji mogu imati različite uzroke javlja se devijacija normalnog ponašanja.

Dijagnozom kvara sustava analizira se utjecaj pojedinačnih parametara na neželjeno stanje sustava. Pomoću takvih analiza može se napraviti adekvatna optimizacija parametara. Time se mogu uspostaviti bolji radni uvjeti pojedinih sustava [3].



Slika 3. Brodski dizelski motor s podsustavima [3]

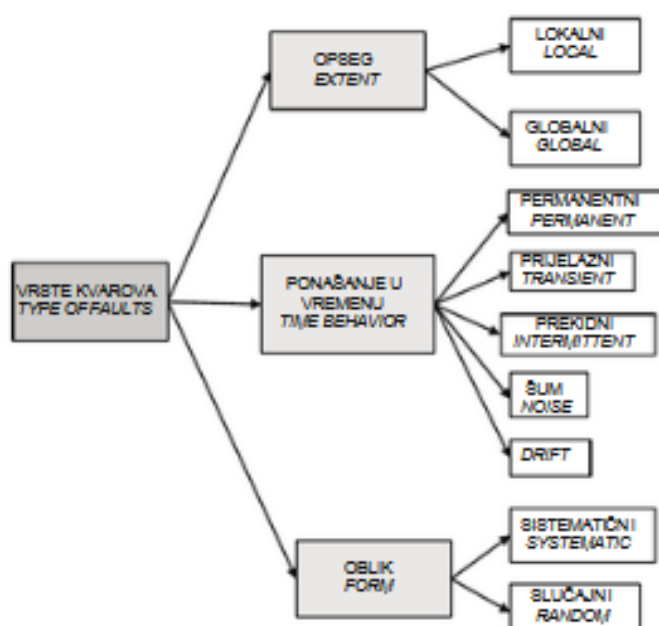
2.3. DIJAGNOSTIČKE TEHNOLOGIJE

Radna pouzdanost i raspoloživost ubrajaju se u osnovne zahtjeve koji su stavljeni pred brodske strojne sustave. Navedeni se zahtjevi danas mogu postići pomoću dijagnostičke tehnologije. Glavni ciljevi dijagnostike kvarova brodarskog strojnog sustava su detekcija, izolacija i analiza kvara, a sigurnost i pouzdanost mogu se postići djelovanjem:

- Izbjegavanje kvara

- Uklanjanjem kvara
- Tolerancijom kvara
- Detekcijom i dijagnozom kvara
- Automatskim nadzorom i zaštitom.

Zadaća dijagnostike kvarova je determiniranje tipa, veličine te lokacije kvara. Na Slici 4 je prikazana klasifikacija kvara s obzirom na njegov oblik, opseg i ponašanje u vremenu.

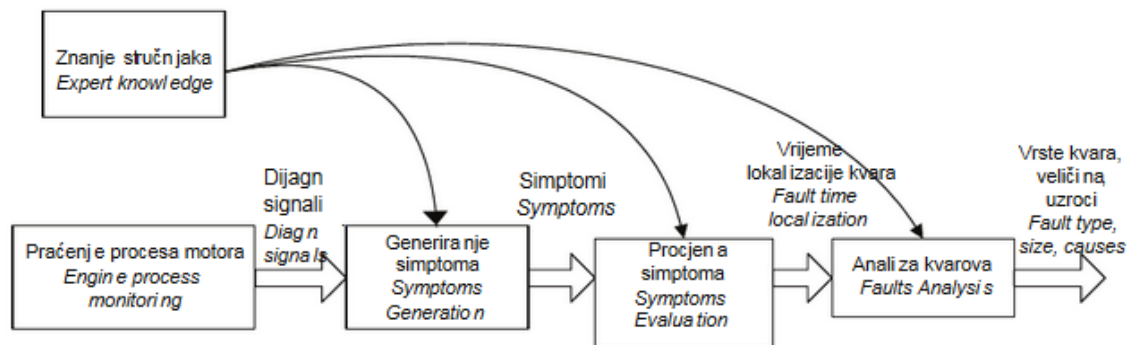


Slika 4. Vrste kvarova [3]

Da bi se ostvarili ciljevi procesa dijagnostike kvarova, postoje tri uzastopna koraka koja predstavljaju redoslijed zadataka koje treba obaviti u sustavu automatske dijagnoze (Slika 3). Procedura se temelji na promatranju simptoma, a simptomi prezentiraju promjene parametara u odnosu na normalno stanje sustava i indiciraju mogući kvar sustava. Simptomi se mogu klasificirati kao [3]:

- Analitički – promjena u rezidualu koji prelazi prag za detekciju kvara
- Heuristički – promatranje i stručno mjerenje te heurističke činjenice utemeljene na iskustvu eksperta

- Statistički simptomi – učestalost kvarova, vrijeme bez kvara i vrijeme trajanje kvara.



Slika 5. Procedura dijagnostike kvara [3]

3. PODRUČJA MJERENJA KOD BRODSKOG MOTORA

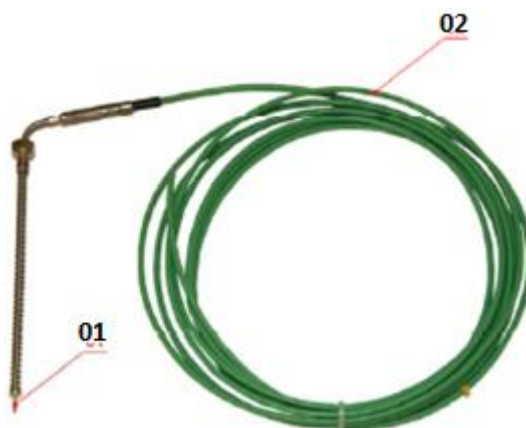
Dijagnosticiranje stanja temelj je optimalnog vođenja pogona. Budući da dijagnosticiranje nije moguće bez mjerenja, poznavanje metoda mjerenja, mjernih osjetnika i tehnika dijagnosticiranja iznimno je važno za projektiranje i optimalno vođenje pogona termotehničkih postrojenja. U sustavima radnih medija brodskih dizel motora od bitne važnosti za regulaciju su sljedeće fizikalne veličine: temperatura, tlak, protok i razina [4].

3.1. MJERENJE TEMPERATURE

Za mjerenje temperature upotrebljavaju se termometri, a njihov rad se temelji na promjeni pojedinih svojstava krutih, tekućih i plinovitih tvari pri promjeni temperature. Pritom se koriste promjene sljedećih svojstava tvari s promjenom temperature:

- Rastezanje krutih, tekućih i plinovitih tvari
- Promjena električnog otpora
- Promjena termonapona
- Jakost svjetla
- Toplinsko zračenje.

Najzastupljeniji termometri su termoparovi koji djeluju na osnovi termoelektriciteta tj. termoelektričnog efekta. Kada su dva različita metala spojena na krajevima s dva spoja te kada se jedan kraj grije na temperaturu T_1 , a drugi se drži na nižoj temperaturi T_2 , struja će poteći tim krugom. Napon struje ovisi o vrstama metala i temperaturama T_1 i T_2 . Efekt se događa zbog porasta električnog potencijala na spojevima dvaju različitih metala. Prije očitavanja mjerenja obavezno se moramo uvjeriti da ne postoji tok topline između termopara i objekta čiju temperaturu mjerimo. Termoparovi mogu griješiti pri očitavanju svoje temperature prilikom: dugoročne upotrebe, slabljenje izolacije zbog vlage ili termičkih uvjeta, te mogućnosti postojanja mehaničkih efekata u okolini koji utječu na mjerenje [11].



Slika 6. Termopar [11]

Na slici 11 . su prikazani elementi termopara:

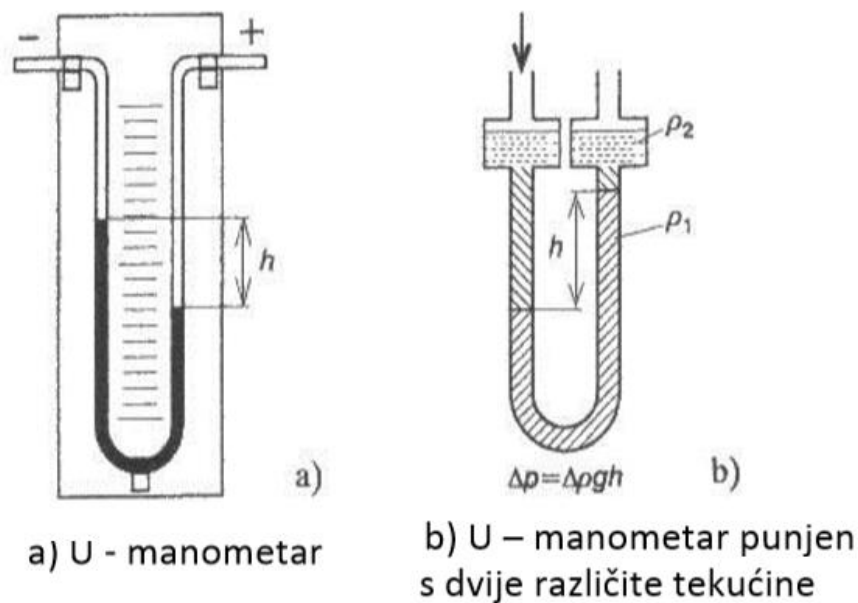
01 - Senzorski element,

02 – Zaštita.

Beskontaktni ručni mjerač danas se upotrebljava za provjeru promjene temperature određenih teško pristupačnih strojnih elemenata pogona te za hitno očitovanje. Posebno je praktičan kod kontrole zagrijanosti temeljnih i letećih ležaja, svih vrsta prijenosa, visokotlačnih pumpi, elektromotora, sustava rashlade i hlađenja i dr. Odziv je brz, a za točnost očitavanja postoji i IC zraka koja pomaže pri mjerenju odabrane pozicije. Podešavanjem se može izabrati prikaz maksimalne ili minimalne temperature, prosječne temperature i zadržati prikaz skokova temperature. Preciznost mjerenja ovisi o udaljenosti [4].

3.2. MJERENJE TLAKA

U tehnici je mjerenje tlaka razlike tlaka važnije od mjerenja apsolutnog tlaka te se u navedenu svrhu koriste različiti tipovi instrumenata. U-manometar je najjednostavniji instrument za mjerenje podtlaka ili pretlaka. Puni se živom, alkoholom ili vodom, a mjerno područje je između 0 i 100 mm stupca tekućine. Kod U-manometra mjeri se visina stupca između razina tekućine u oba kraka U-cijevi. Tlak se dobiva tako da se očitana duljina pomnoži s gustoćom tekućine i konstantom gravitacije (Slika 7).



Slika 7. U-manometar [4]

Svi opružni manometri funkcioniraju na bazi sile u oprezi različite izvedbe. Dvije vrste opružnih manometara su:

- Cijevni opružni manometar ima oprugu u obliku cijevi. Na jednom kraju cijevi nalazi se kazaljka dok se drugi kraj spaja na mjerno mjesto tlaka. Projekcija površina unutarnje polovice cijevi je manja od projekcija površine vanjske polovice cijevi te se uslijed toga javlja sila koja nastoji ispraviti cijevi.
- Opružni manometar s mijehom ima znatno veću osjetljivost pomaka pa je stoga prikladan za mjerenje manjih tlakova.

Za mjerenje tlaka u cilindru motora koristi se senzor tlaka koji radi na principu piezo-električnog efekta. Takav efekt se odvija u kristalima kvarca, kada se na kristal kvarca nanese sila, električni naboj suprotnog polariteta se pojavljuje na površini kristala. Kako bi senzor bio iskoristiv, električni naboj koji se pojavljuje na površini kvarca mora se pretvoriti u upotrebljivi električni napon. Zbog jako brzog odziva piezo-električni pretvornici su pogodni za mjerenje promjena dinamičkog tlaka, te se zato primjenjuju kod mjerenja cilindarskog tlaka. Kako bi se senzor priključio na cilindar, mora biti opremljen Thompson-ovim priključkom koji je prikazan na slici 8 [11].



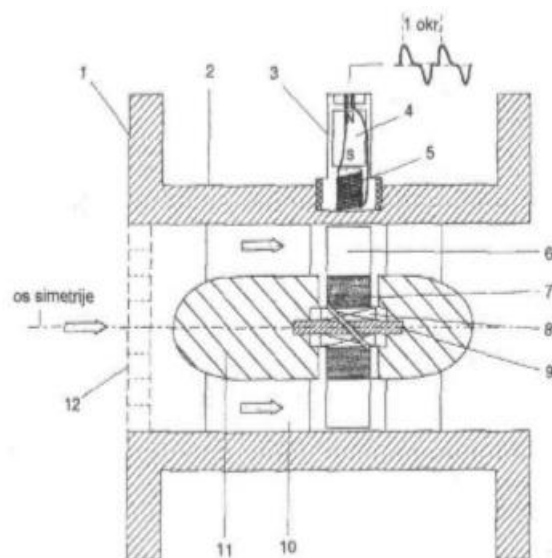
Slika 8. Mjerni senzor tlaka u cilindru s Thompson-ovim (W27x1/10") priključkom [11]

3.3. MJERENJE PROTOKA FLUIDA

Fluidi koji se koriste u propulzijskom sustavu broda su:

- Voda
- More
- Gorivo (dizel i teško)
- Ulja za hlađenje i podmazivanje
- Zrak
- Ispušni plinovi
- Vodena para.

Za pravilan rad propulzijskog sustava potrebno je točno definirati i dozirati količinu određenog medija. U skladu s time potrebno je napraviti mjerenja protoka, a što se najčešće radi težinskom ili zapreminskom metodom, ali i protokomjerima i različitim prigušenim sredstvima. Turbinski davač protoka se koristi u vrlo širokom mjernom području protoka (Slika 9).



- | | | | |
|----|--------------------|-----|-----------------------------|
| 1. | Prirubnica | 7. | Glavčina rotora |
| 2. | Tijelo mjerača | 8. | Ležaj osovine rotora |
| 3. | Pick-up s magnetom | 9. | Rotorska osovina |
| 4. | Permanentni magnet | 10. | Nosač difuzora |
| 5. | Zavojnica | 11. | Difuzor i usmjerivač fluida |
| 6. | Rotorska lopatica | 12. | Usmjerivačka ploča fluida |

Slika 9. Turbinski davač protoka [4]

Elektromagnetski pretvarač se koristi za mjerenje protoka tekućine koje su električki vodljive. Sastoji se od para elektromagneta smještenih izvan cijevi iz nemagnetskog materijala i para elektroda koje su u dodiru s tekućinom koja protječe kroz cijev. Navedeni pretvarač djeluje na principu Faraday-ovog zakona elektromagnetske indukcije.

3.3.1. Mjerenje potrošnje goriva

Potrošnja goriva je bitan pokazatelj ekonomičnosti motora. Svakom opterećenju odgovara točno određena potrošnja goriva dok su svi sustavi motora u ispravnom stanju. Navedeno znači da se na osnovu potrošnje goriva može doći do nekih kontrolnih parametara. Dok su se prije koristile težinske metode određivanja potrošnje goriva, danas su u upotrebi protokomjeri s malim odstupanjem od stvarne potrošnje. Jedan od takvih je protokomjer tvrtke Insatech (Slika 10) koji funkcionira po Coriolisovom protokomjeru. Mjerenje se vrši odmah u masi, a ne u volumenu što daje visoku točnost. Protokomjer se postavlja prije i poslije motora, a izmjereni rezultat protoka će biti poslan preko Modbus

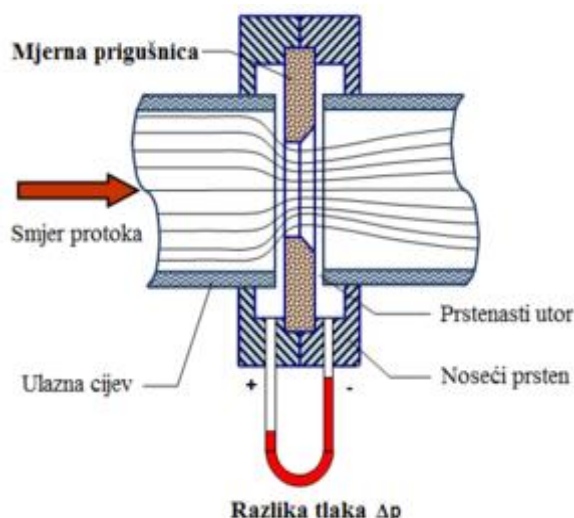
signala do uređaja za prikupljanje i obradu podataka s ugrađenim ekranom putem kojeg operater nadgleda stanje. Usporedbom protoka s stvarnom brzinom i pozicijom broda putem GPS-a, izravno se mjeri efikasnost goriva [13].



Slika 10. Protokomjer i ekran za očitavanje potrošnje [13]

3.3.2. Mjerenje protoka rashladne vode

Kod velikih brodskih motora protok vode se ne određuje težinskom ili zapreminskom metodom, već prigušenim sredstvima te protokomjerima s okretnim klipovima. Najčešće se primjenjuje blenda i sapunica, a venturi cijev se rjeđe primjenjuje. Dimenzionirani odnosi ovih uređaja su normirani. Kod strujanja fluida dolazi do pada tlaka i povećanja brzine. Teoretski pad tlaka je prikazan na Slici 11.



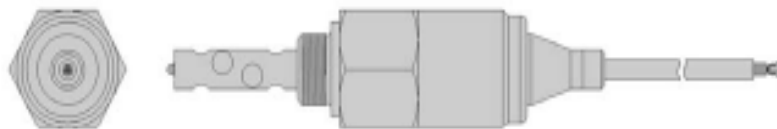
Slika 11. Mjerna prigušnica prema standardu ISO 5167 za mjerenje protoka [12]

3.3.3. Mjerenje količine i brzine zraka

Plinski satovi s okrenutim klipovima koriste se za veće protoke, ali i za srednje protoke. Specijalno profilirani klipovi okreću se u kućištu. Sinkronizacija njihovog okretanja postiže se vanjskim zupčanicima. Broj okretaja klipova razmjern je protoku plina ili pare. Mjerenjem vremena može se odrediti satni protok. Kod navedenih plinskih satova mjeri se tlak i temperatura plina da bi se rezultati mogli svesti na normalne uvjete okoline [4]. Obično se za ova mjerenja koristi Prandtlova cijev pomoću koje se može odrediti statički, ukupni i dinamički tlak. Postavljanjem navedenog instrumenta na raznim mjestima u cijevi može se utvrditi raspored brzina i odrediti srednja brzina strujanja.

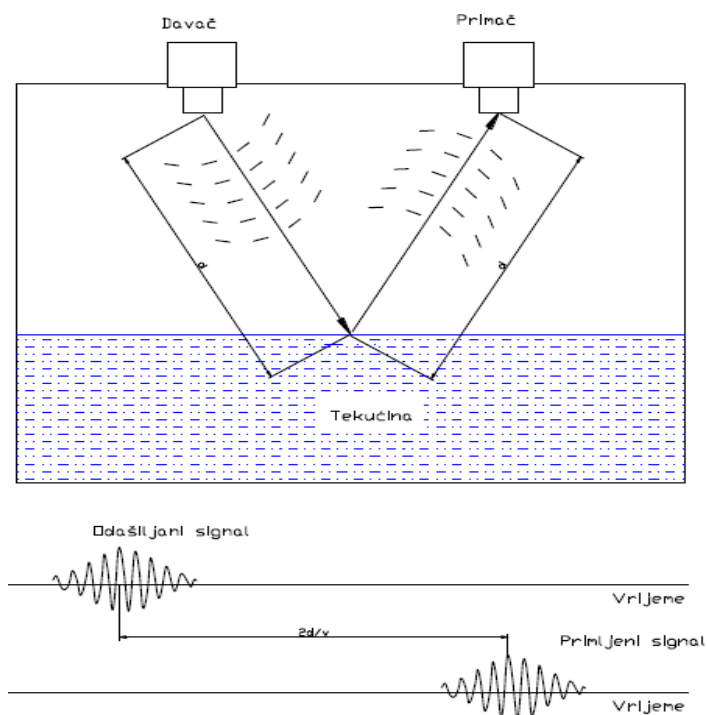
3.3.4. Mjerenje razine

Za praćenje razine ulja, vode, te sličnih tekućina u motoru ili za dojavu određene razine koriste se senzori razine kojeg možemo vidjeti na Slici 12. Radi na principu kapacitivnosti tako da kapacitivnost raste kada se elektroda koja je okružena zrakom uroni u tekući medij. Promjenom kapacitivnosti u mjernom krugu dolazi do oscilacija koje mogu doseći 600 kHz. Taj se signal procesira kako bi dobili digitalni signal koji ćemo dalje koristiti. Signal se mora na tranzistoru usporiti kako se ne bi javio lažni signal kada dođe do zapljuskivanja.



Slika 12. Senzor razine [11]

Za mjerenje razine visoko viskoznih goriva na brodu je pogodnija upotreba pretvarača koji ne dolaze u direktni kontakt s gorivom, već razinu mjere posredno. Princip mjerenja razine pomoću mikrovalnih pretvarača prikazan je. Kao što se iz Slike 13 vidi, potrebno je raspolagati s predajnikom i prijemnikom mikrovalnog signala, a razina se određuje na način da se mjeri vrijeme trajanja mikrovalnog vala od davača do primača.



Slika 13. Radarski mjerači razine [4]

3.4. MJERENJE VREMENA I BRZINE VRTNJE

Za ispravan rad motora potreban je signal sa zamašnjaka u svrhu određivanja brzine vrtnje. Signal se, također, koristi i za određivanje trenutne pozicije kuta okreta.

Pick-up davači brzine vrtnje koljeničastog vratila su u dvije izvedbe:

- Induktivni davač brzine

- Optički davač brzine

Induktivni pick – up davači brzine vrtnje su otporni na ulje i nečistoću te se koriste za mjerenja kroz duže vremensko razdoblje. Oni osjećaju prisutnost metala te se standardno koristi vijčana matica kao referentna točka u način rada za mjerenjem položaja gornje mrtve točke dok se kod načina rada sa mjerenjem položaja gornje mrtve točke i mjerenje položaja zubaca zamašnjaka (Slika 14) koristi vijčana matica za mjerenje položaja gornje mrtve točke, a zupci zamašnjaka se koriste kao dodatne referentne točke. Trajno fiksiranje ovakvih davača osigurava nepromijenjivu referentnu točku za pozicioniranje zamašnjaka. [4]



Slika 14. Induktivni davač brzine vrtnje [4]

Optički pick – up davači brzine vrtnje se koriste u svrhu mobilnosti te su lako prenosivi s motora na motor. Oni rade na principu odbijanja signala od dijela trake sa refleksijskim svojstvom koja je spojena na zamašnjak. Kod ovakvih davača se referentni kut mora podešavati nakon svakog niza mjerenja ako je davač pozicioniran drukčije ili ako je reflektivna traka premješтана.

3.5. MJERENJE VIBRACIJA

U sklopu dijagnosticiranja i kontrole ispravnosti motora koriste se uređaji za detekciju vibracija. Danas su to inovativni analizatori vibracija koji automatski otkrivaju kvar putem promjene oscilacija motora ili određenog uređaja. Tvrtka Adash razvila je prijenosni ekspertni analizator vibracija VA4PRO (Slika 15) koji uključuje module za analizu, prikupljanje podataka i snimanje vibracijskih signala. Također, sadrži module za dinamičko balansiranje, kontrolu podmazivanja rotirajućih dijelova, mod mjerenja zvuka, te mjerenje oscilacija principom stetoskopa. Za kontrolu motora nisu potrebni ulazni priključci, dok se prijenos podataka vrši preko USB priključka. Za vrijeme prikupljanja podataka iz analizatora ekspertni sustav samog analizatora automatski detektira neželjene vibracijske promjene i upozorava operatera putem zaslona [14].



Slika 15. Analizator vibracija VA4PRO [14]

3.6. MJERENJE BUKE

Kod mjerenja vibracija poseban problem predstavlja mjerenje akustičnih vibracija, odnosno buke. Do danas su se općenito iskristalizirale dvije osnovne metode za ocjenjivanje i normiranje buke. Kao baza prihvaćena je veličina koja karakterizira razinu ukupne buke. Baza druge metode je familija tzv. N-krivulja za ocjenjivanje buke standardizirana od 150 dB. Za ocjenjivanje i normiranje buke postoji nekoliko kriterija od koji su za primjenu na brodovima važni slijedeći:

- Oštećenje sluha
- Nelagodnost i smetnje izazvane bukom
- Ometanje razumljivosti govora i čujnosti.

Dopuštena granica za zaštitu oštećenja sluha jednoznačno je određena vrijednošću ukupne razine 90 dB, odnosno N85 za 8-satno dnevno izlaganje buci. Vrijednost ukupnih razina i SIL-a pokazane su u Tablici 1.

Tablica 1: Propisi nekih zemalja za dopuštene razine buke LA u dBA na brodovima [4]

PROSTORIJA		SR Nje - mačka (SBG) (1968)	DR Nje - mačka (DSRK) (1970)	Švedska NSASN (1973)	SSSR (Sanitar - na prav.) (1964)	SEV (Sekc. 4) (1970)
STROJARN.	Sa kontrolnom kabinom	110	105	100	95	-
STROJARN.	Bez kontrolne kabine	90	90	85	85	90
STROJARN.	Radionice i dr. stal. rad. mj.	90	90	75	-	-
STROJARN.	Kontrolna kabina	75	80	70	70	-
NASTAMBA	Kabine	60	60	55	50-60	-
NASTAMBA	Zajedničke prostorije	65	60	65	50-60	60
SLUŽ.PROST	Kormilarnica	60	60	65	50	60
SLUŽ.PROST	Radio - kabina	60	60	65	50	60
SLUŽ.PROST	Krila mosta	65	-	70	-	-

4. EKSPERTNI SUSTAV U DIJAGNOSTICI ELEKTRONIČKI UPRAVLJANIH MOTORA

Jedno od temeljnih obilježja ekspertnog sustava je brzo i točno djelovanje, objašnjavanje i davanje odgovora na temelju teorije ili prema heurističkim pravilima, odnosno pozivanjem na zapamćene slučajeve iz prošlosti. Ovaj sustav za dijagnostiku stanja brodskog dizelskog motora utemeljen je na eksperimentalnim podacima dobivenima mjerenjem relevantnih značajki brodskog motora i kontinuiranim praćenjem njegova rada. Baza znanja kod izrade dijagnostičkog ekspertnog sustava je datoteka kvarova u koju su unesena teorijska i praktična znanja stručnjaka. Osnovni zahtjevi koji se očekuju u radu brodskog dizelskog motora su maksimalni radni učinci s minimalnim troškovima održavanja. Danas se navedenim zahtjevima može udovoljiti uvođenjem novog tehnološkog pristupa u praćenju i mjerenju radnih karakteristika motora, uz korištenje računalnom tehnikom i znanošću u dijagnosticiranju i otklanjanju kvarova [5].

Na Slici 16 prikazan je ekspertni sustav elektronički upravljano dizelskog motora u kojem su prikazuje i polje poboljšanja. Da bi se ostvarila poboljšanja, potrebno je koristiti jedinice za kontrolu cilindra ili jedinice za kontrolu motora postupnim otklanjanjem pojedinih vrijednosti od trenutnih. Otvaranje i zatvaranje ispušnih ventila te ubrizgavanje goriva više se ne obavlja pomoću bregaste osovine, već se navedeno područje elektronički upravlja. Iz navedenog razloga vremena nisu strogo definirana, a to znači da se mogu koristiti različita vremena za otvaranje i zatvaranje ispušnih ventila te vrijeme i način ubrizgavanja goriva u cilindar. Izravnim istraživanjem tijekom rada brodskog motora, promjenom određenim parametara u njihovim dopuštenim granicama može se doći do optimalne potrošnje goriva i maziva bez posljedica na rad motora [5].



Slika 16. Ekspertni računalni sustav [5]

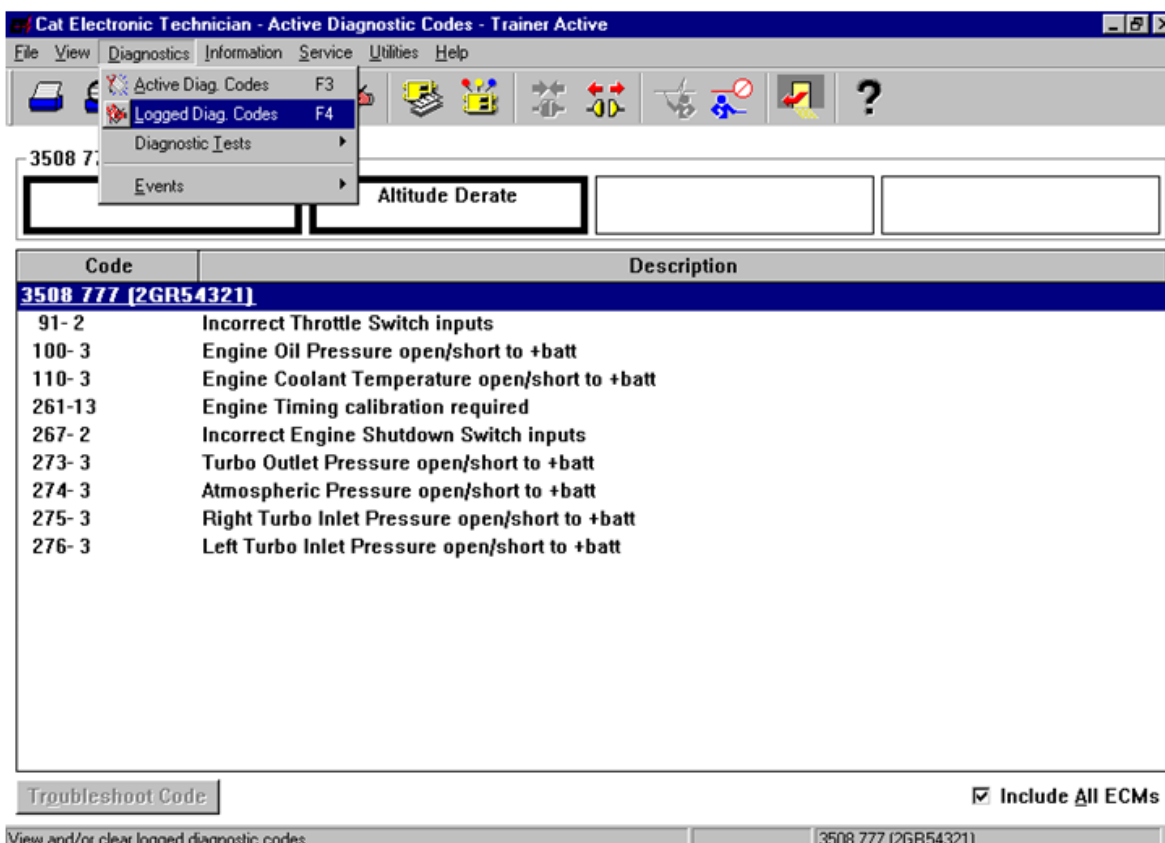
4.1. RAD U SUSTAVU

Podaci koji su dobiveni eksperimentalno pohranjuju se u radnu memoriju, a rezultati koji su najbliži ili su jednaki rezultatima dobivenima na pokusnom stolu pohranjuju se u bazu znanja. Uz navedeni podatak povezuju se i radni režim motora (broj okretaja, područje plovidbe, kakvoća i vrsta goriva i dr.). Treba istaknuti da stanje motora te njegovi optimalni uvjeti rada nisu konstanta, a to se posebno odnosi na stanje i rad prilikom kvara nekog sustava ili komponente. Budući da se radi o nekoliko veličina na koje se utječe (vrijeme zatvaranja i otvaranja ispušnih ventila, vrijeme i količina ubrizganoga goriva, a to dalje utječe na tlak i temperaturu ispirog zraka, stupanj kompresije, temperaturu ispušnih plinova, tlak, izgaranja i dr.), postupnim mijenjanjem vremena i oblika ubrizgavanja goriva te otvaranjem i zatvaranjem ispušnih ventila dolazi se do željenog rezultata: rezultati koji najmanje odstupaju od temeljnih vrijednosti za zadani radni režim bilježe se u bazu znanja [5].

Sastav dijagnostike razvijen je za rad na osobnom računalu te je temelj za izgradnju ekspertnog sustava te se koristi za dijagnostiku u on-line režimu gdje se pomoću mjerno-

računalne tehnike izravno s osjetnika podaci prenose u računalo i tamo se obrađuju. Modul za aktivaciju-zahvaćanje znanja omogućuje ekspertu da kreira dinamičku bazu znanja. Temeljni se podaci unose ručno na tastaturi osobnog računala, a refleksna baza znanja se dobiva od samog ekspertnog sustava.

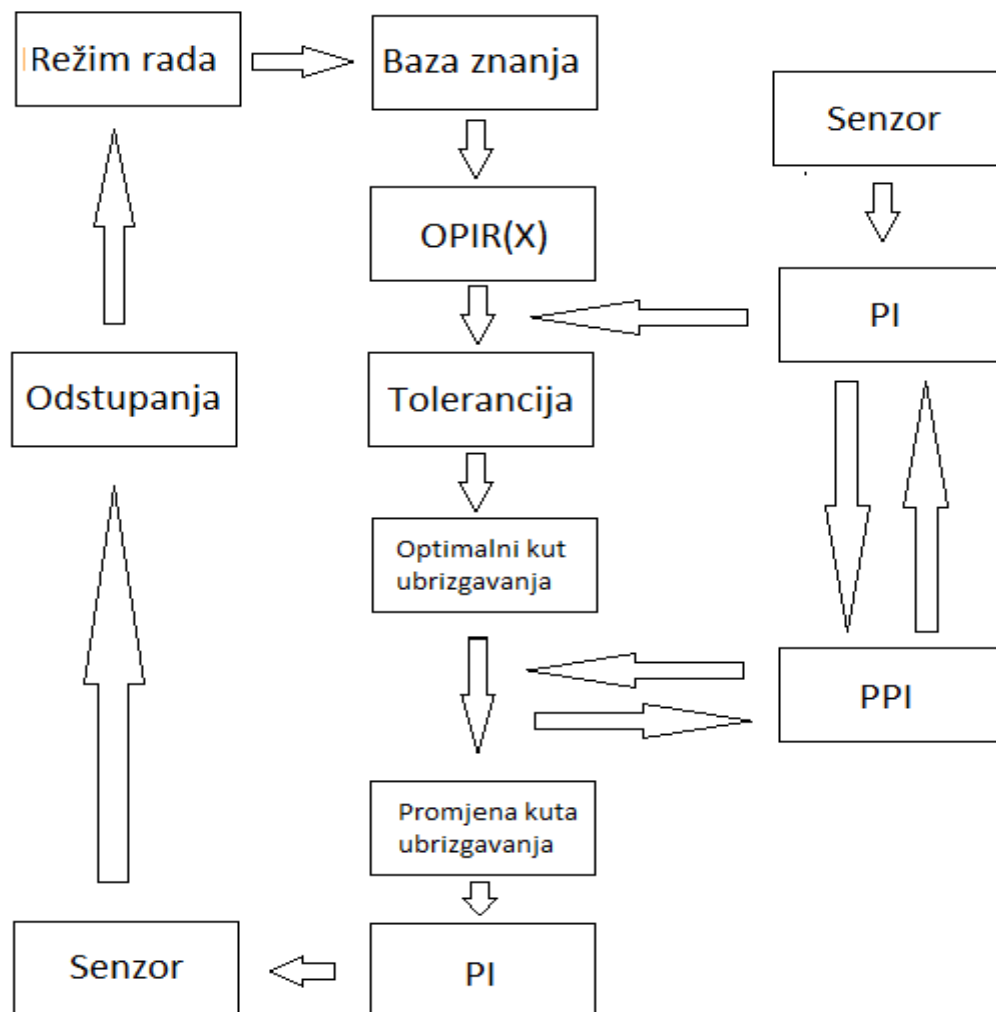
Baza znanja je jedan od najvitalnijih segmenata u ekspertnom sustavu. Znanje se predstavlja u obliku činjenica, produkcijskih pravila tipa: AKO dođe do određene situacije TEST je pozitivan ONDA je potrebna određena akcija. Treba naglasiti da baza znanja nije konačna, a to znači da se ona može proširivati i dopunjavati. Izgradnja kvalitetne i konzistentne baze znanja jedna je od najsloženijih faza u izgradnji ekspertnog sustava [5]. Na Slici 17 vidi se prikaz znanja u ekspertnoj ljusci marke Caterpillar gdje se pod stupcem Code nalaze logirani dijagnostički kodovi koji omogućavaju jednostavniju dijagnostičku identifikaciju kvarova senzora u sustavu, te opis stanja svakog koda zbog jednostavnijeg korištenja operateru.



Slika 17. Prikaz znanja u ekspertnoj ljsuci marke CAT [11]

4.2. ONLINE SUSTAV UGAĐANJA PARAMETARA MOTORA

Sustav eksperimentiranja motorom temelji se na promjeni vremena otvaranja i zatvaranja ispušnih ventila te vremena i količine ubrizganoga goriva u cilindar. Primjerice, za određeni režim rada motora očitava se iz baze znanja optimalni tlak izgaranja (OPIR(X)) dok se preko senzora (spin-up senzora tlaka) očitava tlak u cilindru (PI). Također se može uzeti i odstupanje od optimalnog tlaka (TOLERANCIJA). Programom je određen korak koji se uzima kod traženja optimalnog kuta ubrizgavanja. Nakon toga slijedi sljedeća petlja: za prethodni tlak izgaranja uzima se trenutni tlak izgaranja u cilindru. Nakon toga se kut ubrizgavanja goriva u cilindar mijenja za definirani korak kuta ubrizgavanja. Slijedi očitavanje tlaka izgaranja (PI) i provjera je li apsolutno odstupanje tlaka izgaranja prije promjene kuta ubrizgavanja i optimalnog tlaka za određeni režim rada manje, jednako ili veće od apsolutnog odstupanja trenutnog tlaka izgaranja i optimalnog tlaka izgaranja za određeni režim rada [5].



Slika 18. Dijagram toka promjene kuta ubrizgavanja [5]

5. AVL EPOS ZA ODRŽAVANJE BRODSKIH MOTORA

Na temelju AVL-ovog dugogodišnjeg iskustva u razvoju, testiranju i podršci velikim motorima AVL je u mogućnosti prilagoditi proizvode i usluge prilagođene posebnim potrebama pojedinog broskog sustava. AVL EPOS™ (sustav optimizacije performansi motora) je AVL sustav praćenja platformi za velike motore. Kombinira vodeću klasu tehnologije mjerenja i razvoja s velikim inženjeringom motora i ekspertizama izgaranja najvećih svjetskih, nezavisnih inženjerskih i mjernih tvrtki za pogonske motore.

AVL EPOS™ i srodne usluge uključuju podršku u [6]:

- povećanju učinkovitosti motora i smanjenju potrošnje
- smanjenju troškova održavanja i servisa
- sprječavanju kvarenja i zaustavljanja motora promatrajući stanje motora.

AVL-ovi senzori prvo su razvijeni u sklopu performansi motora i optimizacijskog sustava AVL EPOS. Temelje se na galijskim ortofosfatnim kristalima koji mogu raditi na temperaturama do 600°C, za razliku od tradicionalnih senzora kvarcnog kristala koji mogu raditi samo na temperaturama do oko 275°C. Navedenim sensorima se mogu kontinuirano nadgledati performanse motora kroz integrirane sustave, kao što su K-Chief automatizacijski sustav, MBB VDR i elektronički dnevnik FleetMaster [7].

Za razliku od prethodnih sustava ovi senzori su ugrađeni na točke u motorima i ostaju ugrađeni tijekom njihovog trajanja, što znači da su u stanju kontinuirano pratiti performanse motora i kontinuirano pružiti detaljnu analizu situacije kad god je to potrebno. Sustav koristi princip 'semafora' kako bi obavijestio posadu, te poslao informacije o svim problemima s performansama.

5.1. PRINCIP RADA

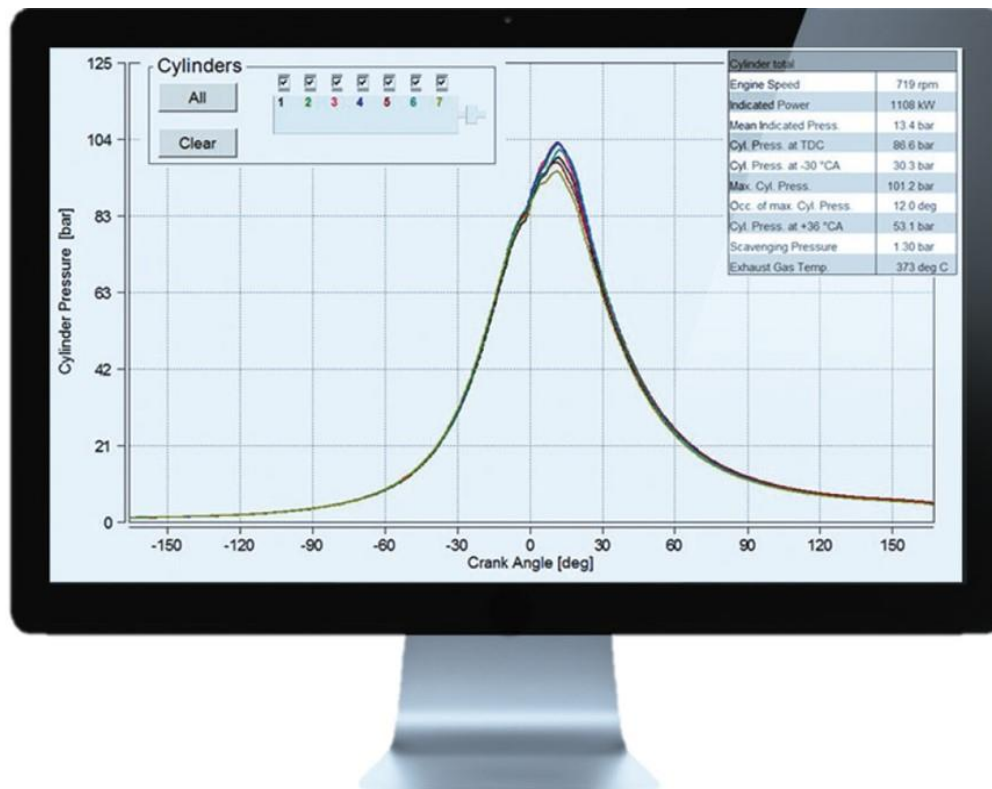
Tijekom rada svaki senzor prikuplja podatke, te se informacije interpretiraju i prikazuju putem jedinstvenog prometnog sustava „TRAFFIC LIGHTS“. Ako sve funkcionira unutar definiranih parametara, semafor je zelen. Ako se signal premjesti izvan tih parametara, semafor se mijenja u žuto. To znači da postoji potencijal za kvar, a

određeni dio motora zahtijeva bližu pozornost, a ako signal prikazuje crveno svjetlo, to je kritična situacija koju treba odmah riješiti.

Nadzor motora koji koristi ovaj sustav je dovoljno jednostavan da ga može koristiti bilo koji član posade na brodu nakon kratkog treninga. Time posada broda postaje fleksibilnija budući da se uloga nadzora - iako uvijek pod nadzorom glavnog inženjera - može podijeliti među članovima posade, no prednost sustava je u tome što može obavljati daljinski nadzor. Informacije se šalju na obalu gdje se mogu još detaljnije analizirati i pratiti te, ako je potrebno, poduzimaju se korektivne mjere [8].

Na primjer, podaci se mogu podesiti za mjerenje jednom dnevno, ali se mogu, također, podesiti različiti vremenski parametri ovisno o dotičnom dijelu ili postoji li potreba za bližim praćenjem određene okolnosti. Snaga AVL-a je potpuno razumijevanje onoga što je potrebno za izgradnju i održavanje vrlo robusnog sustava performansi i optimizacije motora.

Daljnji ekrani prikazuju mjerne podatke i dijagnozu s različitim detaljima i objašnjenima. U slučaju da se dijagnosticira jedan od unaprijed definiranih uzoraka kvara, sustav osigurava unaprijed zadanu reakciju. Svi rezultati mjerenja, kao i dijagnoze pohranjeni su u internu bazu podataka. Tako se kasnije može podsjetiti na sve podatke radi usporedbe ili analize trendova, opsega i dubine dijagnoze. Kao najvažniji parametar stanja motora su indicirani tlakovi izgaranja u cilindrima koji se jasno prikazuju operateru na zaslonu monitora, Slika 19 [6].

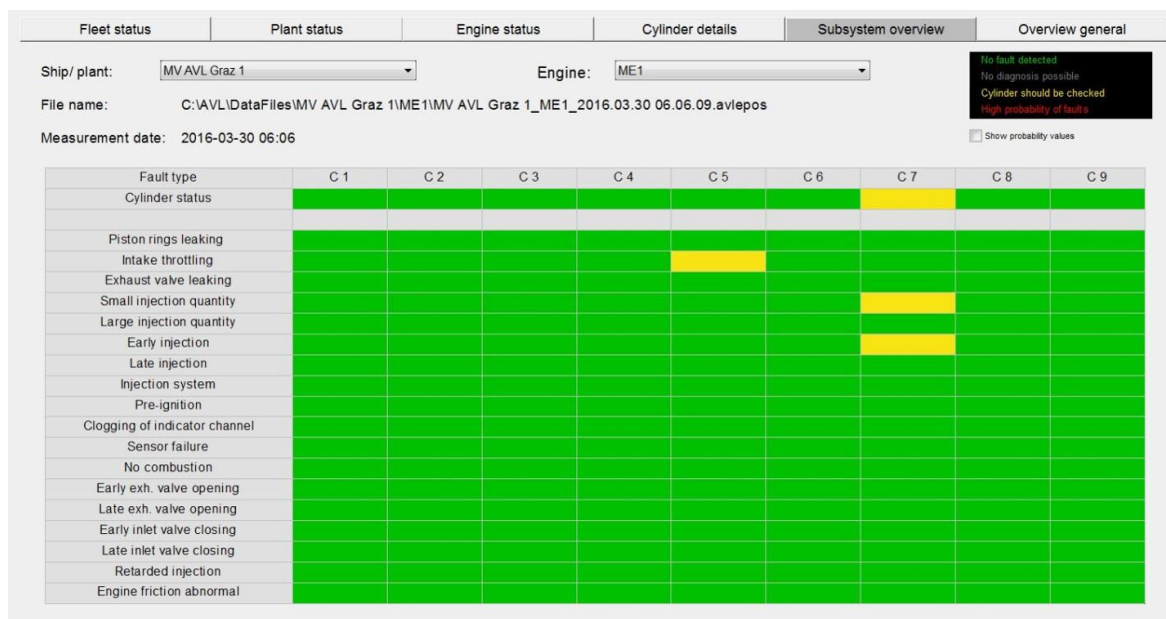


Slika 19. Dijagram kontrole tlakova izgaranja u cilindrima motora [6]

Ključni indeksi AVL EPOSA su:

- Ključni indeks stanja (KCI) – za praćenje – stanje motora preko jednog parametra – koliko je „zdrav“ motor?
- Ključni indeks uspješnosti (KPI) – praćenje performansi motora putem jednog parametra – koliko je „učinkovit“ motor?
- Matrica kvara (slika 20) – provedba stručnih algoritama vrednovanja mjerenih podataka vezano uz unaprijed definiranim kvarovima motora ilustrira se putem matrice kvarova te pokriva kvarove koji se odnose na područje rada motora.

Na Slici 19 u prvome stupcu prikazuju se glavni mjerni parametri motora, dok stupci C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 i C9 predstavljaju stanja pojedinačnog cilindra. Žutom bojom sustav upozorava i zahtjeva provjeru cilindra br. 7, zbog male količine ubrizganog goriva, te uranjenog ubrizgavanja, dok je u cilindru br. 5 problematično usisavanje.



Slika. 20. Matrica kvarova [9]

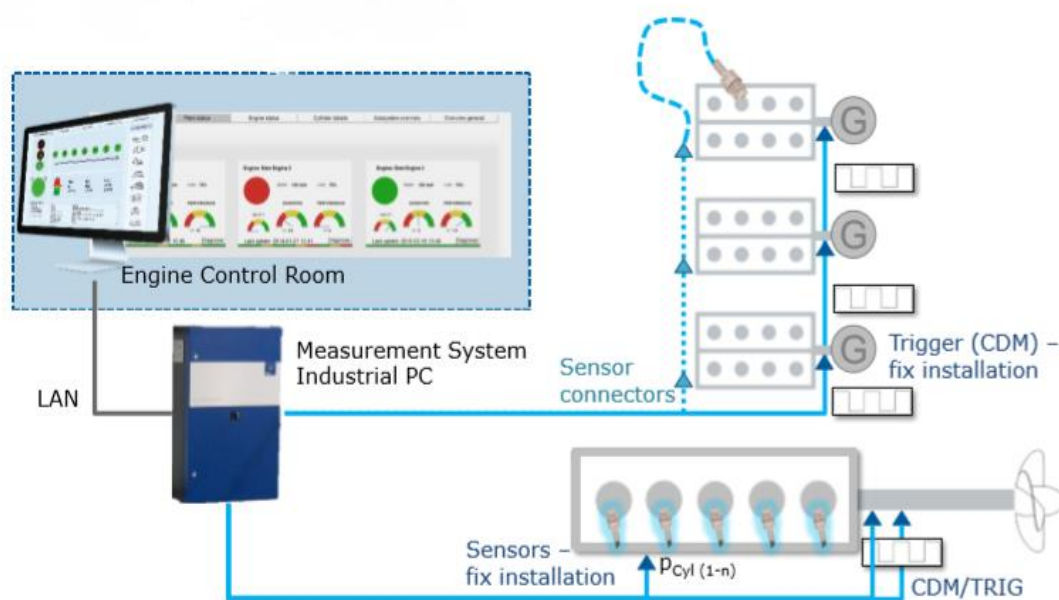
5.2. AVL EPOS LANAC

AVL EPOS™ može ponuditi cijeli lanac mjerenja s vrlo pouzdanim i izdržljivim komponentama. Lanac počinje od piezo-električnog senzora tlaka u cilindru motora koji pritisak tlaka pretvara u proporcionalni električni signal. Signal se prenosi putem mjernog kabela visoke mjerne impedancije kako bi rezultat mjerenja bio što točniji, zbog vrlo slabog signala kojeg primi od senzora. Kako bi signal postao iskoristiv, kabel se spaja s pojačivačem signala te ga pretvara u naponski signal kojeg šalje u bazu obrade podataka. Zbog svoje jednostavne strukturne platforme, kompatibilan je za druge softverske i hardverske sisteme. Otvoren je za specifične Matlab algoritme ako korisnik želi mijenjati u softverskoj osnovi. [10]



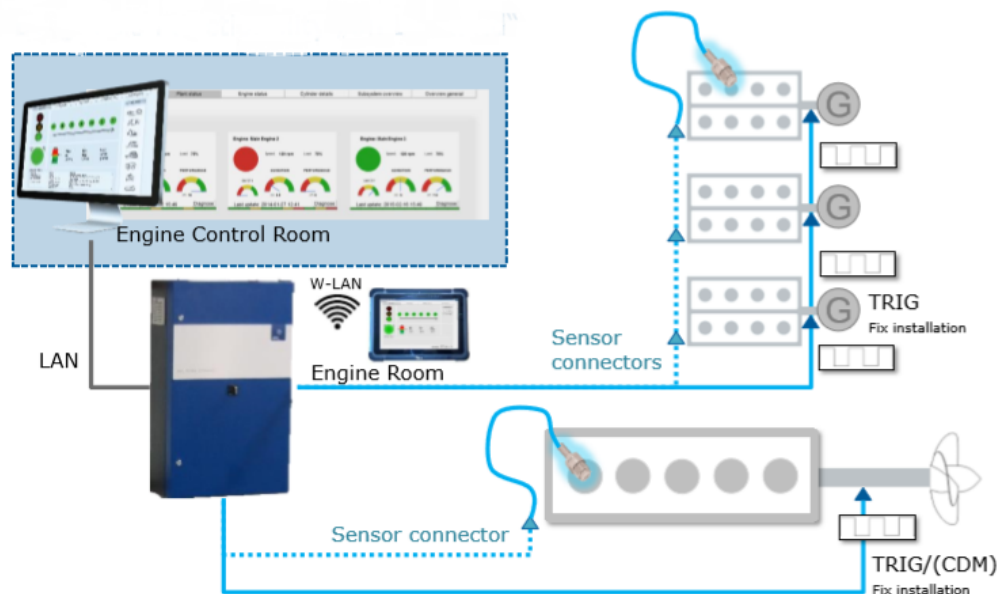
Slika 21. AVL EPOS lanac mjerenja [9]

AVL EPOS je sustav koji može vršiti nadzor rada brodskog motora online ili offline. Slika 22 prikazuje funkcioniranje cijelog AVL EPOS dijagnostičkog sustava u online okruženju. Prilikom rada u online okruženju, podaci koji su prikupljeni tijekom rada motora trenutno se obrađuju, te šalju na daljnju analizu uredu na obali.



Slika 22. Online AVL EPOS [9]

Za vrijeme nadzora motora u offline okruženju, zahvaljujući velikoj bazi podataka, te memoriranja prijašnjih mjerenja i dijagnoza kvarova, sustav će pravovremeno reagirati na svako odstupanje zadanog parametra. Postupanje prema problemu vrši će se na temelju prijašnjih iskustava. Kao što Slika 23 prikazuje, to je moguće zbog povezanosti senzora glavnog motora i pomoćnih motora s bazom podataka. Baza podataka u kojoj su pohranjene sve informacije direktno je spojena preko LAN veze s kontrolnom sobom u strojarnici.



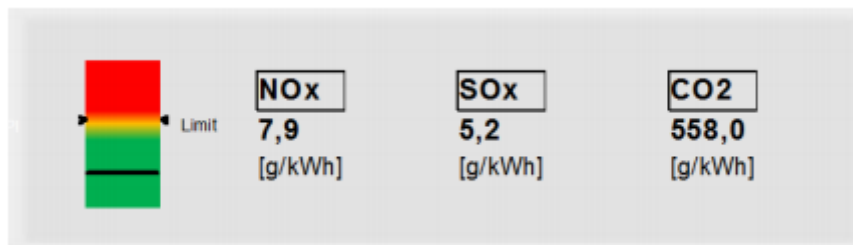
Slika 23. Offline sustav [9]

5.3. AVL EPOS NO_x MODUL

Moduli AVL-a su dio svakog AVL EPOS instaliranog sustava ili mogu biti integrirani u već druge postojeće ekspertne sustave.

NO_x MODUL- prvi modul u svijetu baziran na ekspertnom sustavu za nadzor ispušnih plinova. U realnom vremenu na zaslonu ekrana prikazuje vrijednosti emisije NO_x-a, SO_x-a, i emisiju CO₂ (Slika 24). Što je najvažnije sustav je u skladu s IMO protokolom za emisiju štetnih plinova. Kao temeljem izračuna koristi se termodinamičkim modelom izgaranja svojstava, odnosno temperaturom i oslobođenom toplinom koje je moguće iščitati preko krivulja tlaka izgaranja. Izmjerene termodinamičke vrijednosti pojedinačnog cilindra, te poznavajući potrošnju goriva i podatke režima rada motora

kinetički logaritam izračunava emisiju NO_x -a i osigurava akumuliranu emisiju. Količinu SO_x -a i CO_2 -a u ispušnom plinu izračunava izravno iz balansa mase, tj. analizom izgaranja, te utrošenim gorivom i protokom zraka [15].



Slika 24. Prikaz emisije štetnih plinova [15]

6. ZAKLJUČAK

Upravljanje suvremenim brodovima uključuje poznavanje novih tehnologija koje su sve više implementirane u rad pojedinih dijelova brodova kao i broda u cjelini. Razvoj sve više podrazumijeva i implementaciju električno upravljanih motora koji omogućuju daljinsko upravljanje.

Nova tehnološka rješenja vezana uz upravljanje i nadzor brodskih motora pospješuju rad samih motora te utječu na brže i jednostavnije otkrivanje kvarova. Riječ je o visoko sofisticiranim sustavima koji prate rad pojedinih dijelova te na vrijeme uočavaju nepravilnosti. Također, ovi sustavi su jednostavni za primjenu što omogućuje fleksibilnost članovima posade broda.

U ovom radu je prikazan i obrađen sustav AVL EPOS koji ima mogućnost daljinskog upravljanja sustavom te umrežavanje pojedinih dijelova procesa. Na taj se način povećava sigurnost i smanjuje mogućnost pojave kvara motora.

LITERATURA

- [1] [https://zoranpericsplit.weebly.com/.../daljinsko upravljanje na brodu hidraulicni s...](https://zoranpericsplit.weebly.com/.../daljinsko_upravljanje_na_brodu_hidraulicni_s...) (20. 8. 2018.)
- [2] [https://www.researchgate.net/publication/311545640 Analysis of Ship Accidents due to Marine Engine Failure - Application of Logic Programming Technique LPT](https://www.researchgate.net/publication/311545640_Analysis_of_Ship_Accidents_due_to_Marine_Engine_Failure_-_Application_of_Logic_Programming_Technique_LPT) (25. 8. 2018.)
- [3] [https://www.researchgate.net/publication/277824026 OPTIMIZACIJA RADA SU STAVA BRODSKOG SEPARATORA TESKOG GORIVA PRIMJENOM DIJAGNOSTICKIH METODA ZAKLJUCIVANJA](https://www.researchgate.net/publication/277824026_OPTIMIZACIJA_RADA_SU_STAVA_BRODSKOG_SEPARATORA_TESKOG_GORIVA_PRIMJENOM_DIJAGNOSTICKIH_METODA_ZAKLJUCIVANJA) (25. 8. 2018.)
- [4] Radica, G., Dijagnostika kvarova, skripta s predavanja, Pomorski fakultet Split, Split, 2016.
- [5] Jurić, Z., Račić, G., Radica, N., Ekspertni sustav inteligentnoga dizelskog motora, "Naše more" 52(1-2)/2005., 81-87.
- [6] <https://www.avl.com/documents/10138/3786177/Product+Folder+AVL+EPOS> (1. 9. 2018.)
- [7] <https://thedigitalship.com/martimecioforum/item/385-kongsberg-and-avl-team-up-on-engine-monitoring> (1. 9. 2018.)
- [8] <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0238.nsf/AllWeb/6E9D4E5355D892F7FC12574C60043576F?OpenDocument> (3. 9. 2018.)
- [9] AVL EPOS™ - PREDICTABLY POWERFUL, [file:///C:/Users/Pc/AppData/Local/Temp/Day1%20-%2021%20-%20AVL%20EPOS_LamarisV%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/AppData/Local/Temp/Day1%20-%2021%20-%20AVL%20EPOS_LamarisV%20(1).pdf) (4. 9. 2018.)
- [10] <https://www.avl.com/documents/10138/885965/AVL+Pressure+Sensors+for+Combustion+Analysis/6c844a54-7a84-429d-8e57-4f34e948f95d> (7. 9. 2018.)
- [11] Borovac, T.: Sustav daljinskog nadzora inteligentnih motora, Diplomski rad, Split, 2017
- [12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Venturijeva_cijev#/media/File:Mjerna_prigusnica_1.png (8. 9. 2018.)
- [13] [http://www.insatechmarine.com/sites/default/files/Insatech Marine Fuel Consumption System WEB SP 0.pdf](http://www.insatechmarine.com/sites/default/files/Insatech_Marine_Fuel_Consumption_System_WEB_SP_0.pdf) (8. 9. 2018.)
- [14] file:///C:/Users/tinav_000/Downloads/A4400_VA4pro.pdf (9. 9. 2018.)

- [15] <https://www.avl.com/documents/10138/1246816/Product+Sheet+Nox+Module.pdf>
(9. 9. 2018)

POPIS SLIKA

Slika 1. Automatsko daljinsko upravljanje s motorom s fiksnim propelerom [1].....	4
Slika 2. Automatsko daljinsko upravljanje s motorom s propelerom sa zakretnim krilima [1]	6
Slika 3. Brodski dizelski motor s podsustavima [3]	7
Slika 4. Vrste kvarova [3].....	8
Slika 5. Procedura dijagnostike kvara [3].....	9
Slika 6. Termopar [11]	11
Slika 7. U-manometar [4]	12
Slika 8. Mjerni senzor tlaka u cilindru s Thompson-ovim priključkom [11]	13
Slika 9. Turbinski davač protoka [4]	14
Slika 10. Protokomjer i ekran za očitavanje potrošnje [13]	15
Slika 11. Mjerna prigušnica prema standardu ISO 5167 za mjerenje protoka [12]	16
Slika 12. Senzor razine [11]	17
Slika 13. Radarski mjerači razine [4]	17
Slika 14. Induktivni davač brzine vrtnje [4]	18
Slika 15. Analizator vibracija VA4PRO [14]	19
Slika 16. Ekspertni računalni sustav [5]	22
Slika 17. Prikaz znanja u ekspertnoj ljusci marke CAT [11]	24
Slika 18. Dijagram toka promjene kuta ubrizgavanja [5].....	25
Slika 19. Dijagram kontrole tlakova izgaranja u cilindrima motora [6].....	28
Slika. 20. Matrica kvarova [9]	29
Slika 21. AVL EPOS lanac mjerenja [9].....	30
Slika 22. Online AVL EPOS [9]	30
Slika 23. Offline sustav [9].....	31
Slika 24. Prikaz emisije štetnih plinova [15]	32

POPIS TABLICA

Tablica 1: Propisi nekih zemalja za dopuštene razine buke LA u dBA na brodovima [4] 20