

Dr. sc. Vjekoslav Koljatić  
Pomorski fakultet u Rijeci  
Studentska 2, Rijeka

Pregledni članak  
UDK: 629.5026.3  
62-83  
629.5.03

## AUTOMATSKO UPRAVLJANJE BRODSKIM POSTROJENJEM BEZ NAZOČNOSTI ČASNIKA U STROJARNICI

*Zaštita ljudskih života na moru, sigurnost broda i putnika, zaštita morskog okoliša i olakšan rad posadi, glavne su značajke suvremenog brodarstva. Tim uvjetima najlakše može udovoljiti sustav električne propulzije. Stoga se nastoji dokazati sorsishodnost i primjenjivost ovog sustava vezano uz upravljanje i nadzor postrojenja, kada se ne zahtijeva stalna nazočnost časnika stroja u strojarnici. U radu se obrađuje i perspektivnost primjene električne propulzije, posebno kod brodova na kojima se zahtijeva visoka razina upravljivosti i prilagodbe tehničko-tehnološkim specifičnostima, kao što je putnički brod za krstarenje.*

*Ključne riječi: sigurnost broda, električna propulzija, automatsko upravljanje*

### 1. UVOD

Najvažniji sustav broda je propulzijski sustav koji je u sve nepovoljnijem okruženju, označen kao sustav najvišeg stupnja rizika. Zbog toga se pred brodovlasnike postavljaju sve veći, a pred proizvođače strojeva, uređaja i opreme sve teži zahtjevi u pogledu sigurnosti broda i zaštite morskog okoliša, poglavito što se tiče sigurnog upravljanja postrojenjem.

Postojanje zalihosti u sustavu propulzije osigurava veću raspoloživost, ali da bi se povećala pouzdanost sustava prijeko je potrebno ugraditi automatsko upravljanje koje će osigurati automatsku izmjenu strojeva u plovidbi u nevremenu, u manevriranju brodom ili u slučaju većeg kvara postrojenja.

### 2. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE

Suvremena brodska postrojenja napravljena su za visokoautomatizirani pogon bez nazočnosti posade u strojarnici, ali s centralnom kontrolnom prostorijom s ugrađenim mikroprocesorima za upravljanje i nadzor, s pripadajućim jedinicama za vizualni prikaz. Upravljanje i nadzor provodi se iz kontrolne prostorije koja je

smještena na najpogodnijemu mjestu u strojarnici, zbog smještaja glavne razvodne ploče koja mora biti u odvojenoj susjednoj prostoriji. Centralni pult za nadzor strojeva, ured časnika stroja, prostorija za presvlačenje posade, kupaonica i praonica rublja isto su tako raspoređene u neposrednoj blizini. Svi su ti prostori klimatizirani, a posebno se pazi na kontrolnu prostoriju kako temperatura prostorije ne bi prešla 50°C i kako bi se ublažio utjecaj morske vode u zraku zbog elektronskih i električnih uređaja.

### Sustavi upravljanja i nadzora

S obzirom na veličinu i složenost postrojenja, koriste se tri odvojena, ali međusobno povezana sustava:

*Sustav 1 (S1)* nadzire postrojenje i alarmni sustav, uključujući alarme koji se odnose na strojarnicu bez nazočnosti posade, obavlja nadzor nad stanjem strojeva koji pogone generator, ispisuje izvještaje za dnevnik stroja i manevriranje te prikazuje grafove važnih parametara postrojenja.

*Sustav 2 (S2)* upravlja postrojenjem snage i sustavom upravljanja, uključujući automatsku kontrolu pogonskih strojeva generatora, glavnom razvodnom pločom, upućivanjem pomoćnih pumpi prema redoslijedu ili strojeva i pumpi u pripremi te regulacijom temperature ili viskoziteta u sustavu goriva.

*Sustav 3 (S3)* upravlja i nadzire sustave: balasta, kaljuže, ravnanja broda, razine u tankovima, ventilacije, klimatizacije, hladnjaka za čuvanje namirnica, pitke vode, fekalija i zajedničkih alarmnih signala.

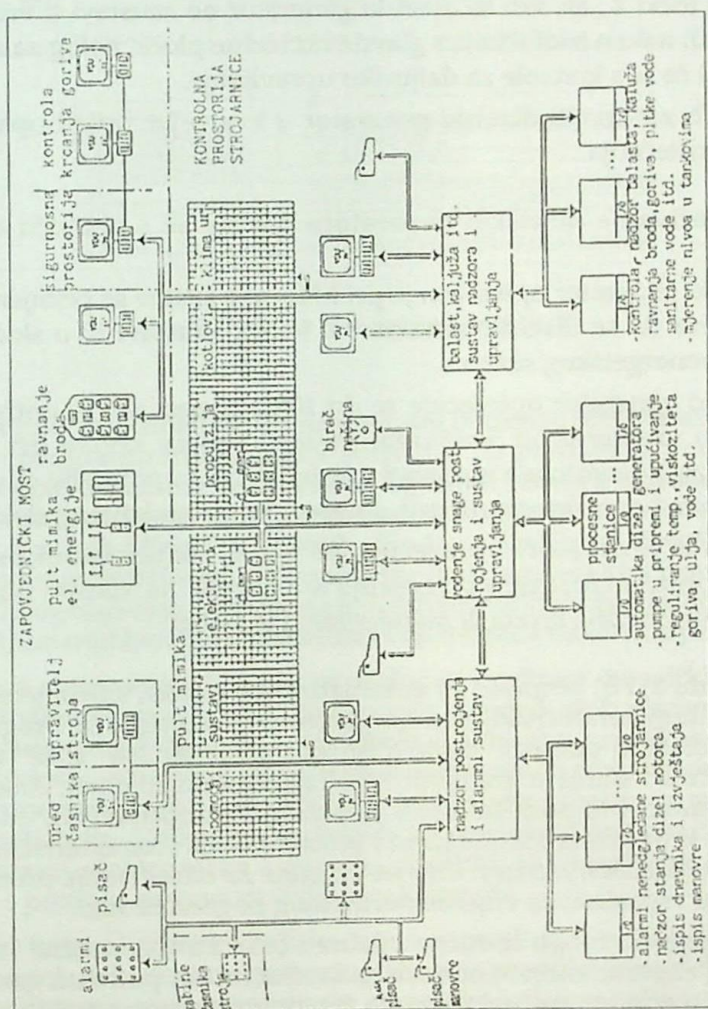
Navedeni sustavi shematski su prikazani na slici 1. Svaki od ta tri sustava napaja se preko uređaja za stalnu opskrbu energijom i sastoji se od niza procesnih stanica, uključujući jedinice općih naloga i uređaja za ulaz/izlaz električne energije, koje su ugrađene u centralno smještenim ormarićima za snagu koji su uglavnom smješteni u kontrolnoj prostoriji strojarnice. Procesna stanica sustava S3 smještena je u kontrolnoj prostoriji ventila zbog sigurnosnih i praktičnih razloga. Sva tri sustava rade neovisno jedan o drugome, s mogućnošću dvostrukog spajanja na sabirnice elektromreže.

Svaki sustav ima dva monitora koji su ugrađeni u glavni kontrolni pult. S2 ima dvije nezavisne standardne tastature, a S1 i S3 imaju po jednu. S3 ima još i monitor s tastaturom u kontrolnoj prostoriji ventila. Uz to, na raznim dijelovima broda raspoređeni su dodatni monitori sa skraćenom tastaturom i alarmni uređaji zbog sigurnosnih i radnih potreba. Cjelokupan sustav sadrži oko 3800 osjetnika i informacijskih kanala. Uređaj za testiranje analognih i binarnih polja instrumenata, testiranje i simulaciju analognih i binarnih međusklopovskih kartica, zajedno sa sustavom alarma u slučaju spoja s masom, nalazi se u svakom sustavu.

Sustav S2 vođenja snage omogućava upućivanje/zaustavljanje dizelskog generatora u ovisnosti o potrebnoj snazi. Poželjno je da donja granica uključivanja generatora bude na oko 60% MTS (maksimalne trajne snage), što nije ostvarivo u svim mogućim kombinacijama.

Brodskim pogonom može se upravljati na tri automatizirana načina u različitim uvjetima: u luci, u manevriranju i u plovidbi. Prva dva načina znače potpuno automatiziranu raspodjelu opterećenja koja ovisi o sustavima

upućivanja/zaustavljanja strojeva koji pogone generatore. U luci broj strojeva u pogonu može se smanjiti na samo jedan, dok u plovidbi najmanji broj strojeva u pogonu ne smije biti manji od dva, na što mora paziti dežurni časnik stroja. Međutim, na glavnu razvodnu ploču mogu se uključiti i dodatni generatori, u ovisnosti o zahtijevanim uvjetima pogona, kada treba uputiti elektromotor velike snage. Sustav automatski nadzire postojeće opterećenje, i ako nema dovoljno raspoložive snage, automatski se upućuje još jedan dizelski generator. Isto tako, u slučaju kada ima više raspoložive snage nego što se zahtijeva u danom trenutku, generator će se automatski isključiti.



Slika 1. Prikaz distribuirane i integrirane automatizacije broda [1]

## Automatska zaštita i opterećenje motora

Uredaji za automatsku zaštitu dizelskih motora raspoređeni su prema važnosti alarmnog signala u četiri grupe:

1. Uputiti dizelski generator u pripremi, sinkronizirati, uključiti na glavnu razvodnu ploču, isključiti neispravan dizelski generator i pogoniti ga u praznom hodu 5 minuta prije zaustavljanja. Ovaj se način koristi i za zaustavljanje dizelskog generatora koji ovisi o automatskoj raspodjeli opterećenja.
2. Uputiti dizelski generator u pripremi, uključiti ga na glavnu razvodnu ploču, isključiti dizelski generator u kvaru i odmah ga zaustaviti zbog težine kvara.
3. Kao u točki 2., ali ako se dizelski generator ne zaustavi u vremenu od 60 sekundi nakon isključenja s glavne razvodne ploče, nalog za zaustavljanje inicirat će se s konzole za daljinsko upravljanje.
4. Odmah zaustaviti dizelski generator u kvaru jer prijeti opasnost od još većeg oštećenja.

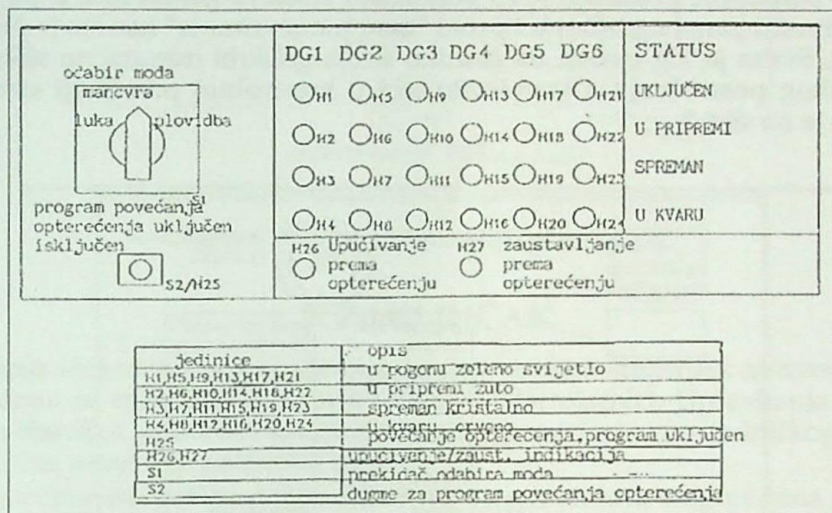
Opterećivanje dizelskih generatora postiže se s pomoću tri odvojena programa:

- a) Dizelski generator opterećen je pri MTS-u, a sustav se primjenjuje kada se zahtijeva da se dizelski generator u kvaru zaustavi ili u slučaju raspada elektroenergetskog sustava.
- b) Dizelski generator opterećuje se do 100% snage, ako je potrebno i iznad toga, u vremenu od 5 minuta. Ovaj se sustav koristi pri upućivanju dizelskog generatora u ovisnosti o opterećenju i upotrijebit će se zajedno sa sustavom kontrole ograničenja opterećenja propulzivnog elektromotora.
- c) Dizelski generatori opterećuju se prema odabranom programu za povećanje/smanjenje opterećenja s obzirom na stanja: manevriranje, povećanje brzine broda ili manevriranja u nuždi.

Programi a) i b) potpuno su automatizirani u radu, a primjenjuju se samo kada su dizelski generatori uključeni na glavnu razvodnu ploču. Program b) može se ručno poništiti. S pomoću sustava S1, dostupne su 384 "slike" analiza toka različitih procesa i stanja u vremenu od 35 minuta do 35 dana. Analiza toka od velike je pomoći pri podešavanju pojačanja i dopuštenog odstupanja u regulacijskim krugovima temperature i tlaka, reakcija i karakteristika regulatora broja okretaja dizelskih motora. Vrlo su vrijedne za određivanje promjena tlaka i temperature u vremenu, za vrijeme normalnog pogona broda.

I u sustavu S1 mogu se ručno odabrati četiri karakteristične "slike": snaga propulzivnog elektromotora u odnosu na brzinu broda; potrošak goriva (kg/Nm) za propulziju u odnosu na brzinu broda (x); potrošak goriva (g/kWh) pogonskih strojeva generatora u odnosu na proizvedenu snagu; snaga propulzivnog elektromotora u odnosu na broj okretaja osovine propelera.

Svi ti izračuni predstavljeni su kao točka na prikazanom grafu koji je u relaciji s grafom snimljenim za vrijeme probnih vožnji broda. Uočava se stvarna karakteristika grafa u odnosu na idealnu krivulju službenih testiranja. Parametri krivulje (x) prikazani su s četiri različite krivulje srednjih veličina gaza broda.



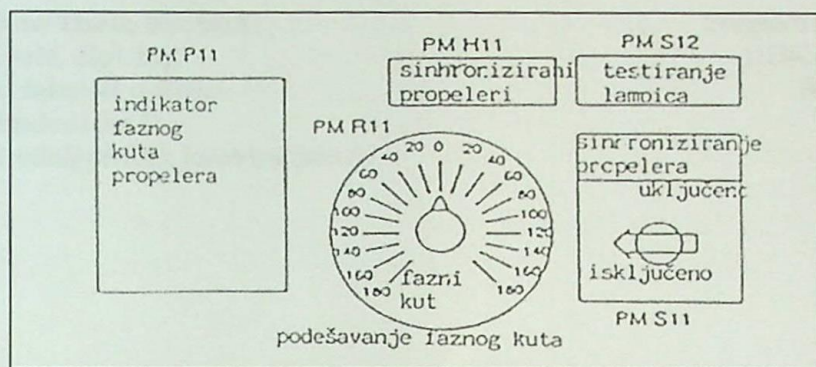
Slika 2. Panel za manevriranje brodom [2]

Zahvaljujući fleksibilnosti tih sustava, sve potrebne izmjene mogu se izvesti s pomoću reprogramiranja sustava softvera. To pomaže u prvom redu za određivanje granica alarma temperatura ispušnih plinova dizelskih motora. S obzirom na izvedbu ugrađenih sustava ispušnih plinova, javljaju se razlike u temperaturi ispušnih plinova pojedinih cilindara. Razlike su dovoljno velike da učine gotovo neupotrebljivim odstupanje srednjih temperatura ispušnih plinova od + 50°C. Zbog toga svaki cilindar na pojedinom motoru ima vlastito odstupanje koje se temelji na snimljenim veličinama za vrijeme rada motora na probnom stolu.

Sustavu automatizacije može se pridodati prošireni mozaički panel koji u normalnim uvjetima pogona daje dijagramski pregled: svih pogonskih strojeva generatora; glavne razvodne ploče; pomoćnih elektromotora velike snage; sustava pomoćnih strojeva; sustava propulzivnog elektromotora; evaporatora pitke vode, kotlova; kompresora zraka; krila stabilizatora broda; sustava ravnjanja broda i sustava klimatizacije. Uglavnom se koriste za dobivanje informacija. U slučaju kvara u sustavu elektroničke kontrole, dizelski se generatori mogu ručno kontrolirati s pomoću sustava za daljinsku kontrolu.

Glavni kontrolni panel koji je zapravo prednja strana prije opisanoga mozaičkog panela, također omogućava upućivanje propulzivnog elektromotora, a sadrži sustav kontrole, sustav upravljanja zakretnim krilcima propelera, telegraf za slučaj nužde na zapovjedničkom mostu i u kontrolnoj prostoriji strojarnice, pokazivač veličine snage propulzivnog motora i brzine broda, pokazivač potroška





Slika 4. Panel za sinkronizaciju propelera [3]

### 3. ZAKLJUČAK

Postrojenja električne propulzije izvode se s visokim stupnjem automatizacije i prilagođena su radu bez prisutnosti časnika u strojarnici. Upravljanje i nadzor mogu se obavljati i iz kontrolne prostorije u strojarnici, sa zapovjedničkog mosta ili iz kontrolne prostorije časnika u straži.

Automatska zaštita pogonskih strojeva generatora raspoređena je prema važnosti s obzirom na potrebu u danom trenutku, tj. integrirana je na funkcijama upravljanja. Kada se dogodi kvar na nekom od strojeva, automatski se pokreće generator u pripremi, sinkronizira i uključuje na mrežu, dok se jedinica u kvaru isključuje i zaustavlja u ovisnosti o težini kvara.

Sustavi automatizacije omogućuju stalan nadzor nad postrojenjem, napose nad snagom propulzivnog elektromotora u odnosu na brzinu broda, nad potroškom goriva, proizvedenom snagom i snagom propulzivnog motora u odnosu na broj okretaja propelera.

Postojanje zalihosti u sustavu propulzije osigurava veću raspoloživost, ali radi povećanja pouzdanosti sustava potrebno je ugraditi automatsko upravljanje koje će osigurati automatsku izmjenu strojeva u plovidbi u nevremenu, u manevriranju brodom ili u slučaju većeg kvara postrojenja.

### LITERATURA

- [1] R. Segler, The Electrical Systems for the self-positioning drill Ships, AEG, Hamburg, 1993.
- [2] W. Hopkins, Fantasy and reality, The Institute of Marine Engineers, London, 03. 1991.
- [3] G. Zanola, Diesel electric propulsion for a passenger cruise vessel, WEMT Symposium, Paper 7, Trst, 1992.

*Summary*

## AUTOMATIC SHIP PROPULSION PLANT CONTROL IN AN UNMANNED ENGINE ROOM

*To ensure the safety of life at sea, of the ship and the passengers, and the marine environment, and to facilitate the work of the crew on board a ship are the main characteristics of modern shipping. And it is the electric propulsion system that can fulfill these conditions with less difficulty. Therefore, this paper aims at proving the appropriateness and applicability of this system as regards its control, when a permanent presence of a marine engineer in the engine room is not required. The use of electric propulsion in the future is also defined, especially on board ships where a high level of control and adaptability to technical and technological specifications is required, i.e. on board cruise ships.*

*Key words: ship's safety, electric propulsion, automatic control*