

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**LUKA PIASEVOLI**

**ODRŽAVANJE SUSTAVA DINAMIČKOG  
POZICIONIRANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPLIT, 2018.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

**STUDIJ: POMORSKA NAUTIKA**

**ODRŽAVANJE SUSTAVA DINAMIČKOG  
POZICIONIRANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**MENTOR:  
prof.dr. sc. JOSIP KASUM**

**STUDENT:  
LUKA PIASEVOLI  
(MB:0171263743)**

**SPLIT, 2018.**

## SAŽETAK

U ovom završnom radu obrađena je tema održavanja sustava dinamičkog pozicioniranja. Dinamičkim pozicioniranjem brod održava zadanu poziciju i kurs bez uporabe sidara, već s pomoću propulzije, kormila i bočnih potiskivača. Ovaj sustav može biti automatiziran prema zadanim parametrima održavanja pozicije uz pomoć sustava koji automatski regulira djelovanje propulzije, kormila i bočnih potiskivača. U izravnom dinamičkom pozicioniranju propulzijom i/ili kormilom i/ili potiskivačima, može upravljati DP operater. Zapovjednik broda odredi zadanu poziciju i željeni kurs pa se ti parametri zadržavaju s pomoću automatskoga sustava ili izravnim (maunalnim) upravljanjem dinamičkim pozicioniranjem. Sustav dinamičkog pozicioniranja je vrlo kompleksna tema a sastoji se od fizičkog dijela (plovilo) i softwarskog dijela (računalo). Raspored radnji za održavanje unaprijed je određen, odgovorne osobe su časnik elektrotehnike (ETO) i operater .

**Ključne riječi:** *dinamičko pozicioniranje, sustav dinamičkog pozicioniranja, plovilo, računalo (software), časnik elektrotehnike, dp operater, održavanje sustava*

## ABSTRACT

In this final work, the theme of maintaining a dynamic positioning system is discussed. By dynamically positioning the boat maintains the default position and course without using anchors, but with propulsion, rudder and thrusters. This system can be automated according to the default position maintenance parameters by means of a system that automatically regulates the propulsion, rudder and thrusters. DP operator runs the manual dynamic positioning with rudders, engines and thrusters. Master determines the default position and the desired course, so these parameters are retained by the automatic system or by manual dynamic positioning management. The dynamic positioning system is a very complex theme that is based on the physical part (boat) and the software part (computer).. The schedule of maintenance work is predetermined, the responsible persons are the officer of electrical engineering (ETO) and the operator.

**Key words:** *dynamic positioning, dynamic positioning system, vessel, computer (software), ETO (officer of electrical engineering), dp operater, system maintenance*

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OSNOVNE ZNAČAJKE PLOVNIH OBJEKATA.....</b>	<b>2</b>
2.1. PREDNOSTI DINAMIČKOG POZICIONIRANJA.....	3
2.2. STUPNJEVI SLOBODE GIBANJA DP PLOVNIH OBJEKATA.....	4
<b>3. DIJELOVI SUSTAVA DINAMIČKOG POZICIONIRANJA.....</b>	<b>5</b>
3.1. IZVRŠNI SUSTAV.....	5
3.2. MJERNI SUSTAV.....	6
3.3. ENERGETSKI SUSTAV.....	7
<b>4. ELEMENTI DP SUSTAVA.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. NADZORNI ELEMENTI.....</b>	<b>10</b>
4.1.1. Računalo.....	10
4.1.2. Procesor.....	11
4.1.3. Upravljačka konzola.....	11
<b>4.2. REFERENTNI SUSTAVI.....</b>	<b>13</b>
4.2.1. Sustavi položaja broda.....	13
4.2.2. Referenca kursa.....	15
4.2.3. Referenca vanjskih utjecaja.....	15
<b>4.3. PORIVNI SUSTAVI.....</b>	<b>17</b>
<b>5. ODRŽAVANJE I KONTROLA POZICIJE.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1. SUSTAV NAPETE ŽICE.....</b>	<b>24</b>
5.1.1. Održavanje sustava napete žice.....	25
<b>5.2. SUSTAV UPOZORENJA.....</b>	<b>28</b>
<b>6. OPERATIVNI MODOVI.....</b>	<b>30</b>
<b>7. KVAROVI I ANALIZA UČINAKA.....</b>	<b>33</b>
7.0.1. Nadzorni popis - postavljanje u DP mod.....	33
7.0.2. Nadzorni popis rutinskog postupka.....	33
<b>7.1. REDUNDANCIJA (ZALIHOST) U DP SUSTAVIMA.....</b>	<b>35</b>
<b>8. DUŽNOSTI ČASNIKA ELEKTROTEHNIKE.....</b>	<b>37</b>
<b>9. DOKUMENTACIJA NA DP BRODOVIMA.....</b>	<b>38</b>

<b>9.1. DNEVNICI.....</b>	<b>39</b>
<b>9.2. OPERATIVNE DATOTEKE.....</b>	<b>40</b>
<b>9.3. SPECIFIČNA DP DOKUMENTACIJA.....</b>	<b>41</b>
<b>9.3.1. Upute proizvođača.....</b>	<b>41</b>
<b>9.3.2. Planirano održavanje.....</b>	<b>42</b>
<b>9.3.3. Shematski nacrti.....</b>	<b>42</b>
<b>10. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>44</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>45</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>46</b>

## 1. UVOD

Zbog sve veće potražnje za naftom, naftna industrija počela je početkom 60-tih i 70-tih godina prošlog stoljeća, tragati za naftom u dubinama mora. Kako su dotadašnja plovila bila previše neprecizna i za tako fine operacije, nezgrapna, počelo se razmišljati o novom načinu propulzije. Prvi su se uspjesi pokazali početkom šezdesetih godina, instalacijom četiri propulzora na baržu koja je pomoću nekoliko referentnih točaka i ručnim upravljanjem uspjela zadržati plovilo na željenoj poziciji. U to se vrijeme pojavila nova tehnologija koja je promjenila sve dotadašnje, prva računala koja su bila u stanju rješavati logaritamske račune. Spajanjem tih dviju grana dobiva se plovilo koje je u stanju pomoću referentnih točaka automatski regulirati svoju poziciju i kretati se vektorski u prostoru. Bili su to začeci dinamičkog pozicioniranja. Velika potražnja za brodovima opremljenih tom tehnologijom uzrokovala je nagli rast tržišta i razvoj sustava za dinamičko pozicioniranje. Uvjeti u kojima su takva specijalizirana plovila morala raditi bila su sve zahtjevnija te su sukladno time postajala sve preciznija i sigurnija. Fleksibilnost ovog sustava omogućila je proširenje i na ostale grane pomorstva, gdje se danas sve više koriste. Kombinacije propulzora i DP sustava su gotovo beskonačne i ovise o poslu za koje je plovilo namijenjeno; to mogu biti pokretne odoblane baze za bušenje, plovila za obavljanje podvodnih radova poput polaganja kabela i cjevovoda, brodova za jaružanje, ledolomca, brodova za kružna putovanja itd. Prednosti ovog sustava je velika pokretljivost i maksimalna kontrola plovila u svim uvjetima, sposobnost plovila da ostane stacionarno bez uporabe sidra, što je naftnoj industriji omogućilo bušenje na ogromnim dubinama. Usput, omogućeno je sidrenje i uplovljavanje najvećih brodova u manje luke, koje dotad nisu bile u stanju primiti toliko velike brodove radi njihove neopremljenosti.

Ipak, sustav nije savršen i da bi sustav ostao u prvobitnom stanju, potrebne su redovni nadzori i održavanje koje se mora obavljati nad svakim instaliranim uređajem, krenuvši od propulzora pa sve do referentnih sustava koji upravljaju njima o kojima će u ovom radu biti riječi.

Održavanje sustava dinamičkog pozicioniranja je praktične prirode i zahtijeva se znanje komuniciranja sa servisnim osobljem kada je potrebna pomoć, dijagnostika neispravnih jedinica, mijenjanje rezervnih dijelova i provedba perdiočkih procedura održavanja. Za održavanje sustava zadužen je brodski elektroničar ili elektrotehničar koji polaže tečaj ovisno o klasi DP-a.

## **2. OSNOVNE ZNAČAJKE DINAMIČKOG POZICIONIRANJA PLOVNIH OBJEKATA**

Premda je statičko pozicioniranje vrlo jednostavno i ekonomički isplativo postoje razni segmenti pomorskih namjena gdje statičko pozicioniranje nije moguće. Plovila za opskrbu podvodnih cijevi i kabela te oni za skeniranje podmorja i oni koji su na otvorenom moru ne mogu biti statički pozicionirani za kopno već se mora dinamičkim pozicioniranjem odrediti njihova lokacija, kurs i putanja što dolazi do velikih problema u izračunima i proračunima takvih plovila. Zbog te kompleksnosti izračuna, količine znanja i infrastrukture mogućnost izrade sustava dinamičkog pozicioniranja je ograničen na mali broj zemalja. Astronomski visoka cijena onemogućuje ulazak dinamički pozicioniranih sustava u generalno korištenje ali kod djelatnosti crpljenja podvodnih derivata nafte i zemnog plina, gdje se najveća količina novca „okreće“, tamo ovaj sustav ima duboke korijene te je od tamo i potekao.

Proces održavanja plovila na zadatoj poziciji uz definiranu orijentaciju u prostoru (kurs, kutovi nagiba, uranjanja), pri čemu se svaka tendencija za promjenom zadanih veličina, uslijed djelovanja vanjskih ili unutarnjih poremećaja, poništava djelovanjem aktivnih sila i momenata intervencijom izvršnih organa.“ je definicija DP-a kao takvog. Dinamičko je pozicioniranje, prema definiciji, bitno različito od držanja pozicije plovila vezivanjem za dno sidrenjem po bilo kojem od poznatih sustava. Princip dinamičkog pozicioniranja je navođenje (engl. - guidance), navigacija (engl. - navigation) i nadzor kretanja (engl. - control). [5]



**Slika 1. Brod s sustavom dinamičkog pozicioniranja [15]**

## **2.1. PREDNOSTI DINAMIČKOG POZICIONIRANJA:**

Prednosti dinamičkog pozicioniranja su :

- brzo pozicioniranje,
- brza reakcija na promjenu vremenskih uvjeta,
- neovisnost o dubini i kvaliteti dna sidrišta,
- ne oštećuje pridneni ekosustav,
- ne oštećuje podmorske instalacije,
- površine laznog prostora nema,
- nije potreban tegljač.

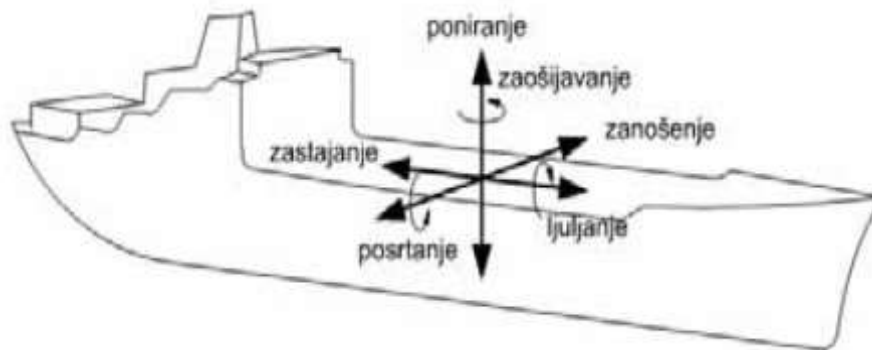
Sustavi dinamičkih pozicioniranja se modeliraju prema plovilu na koji se instaliraju što znači da ne postoje dva identična sustava za dinamičko pozicioniranje (osim ako postoji sestrinski brod, ali i on ima manje preinake) jer svaki brod ima drugačiju masu i drugačije hidrodinamičke parametre.[5]



## 2.2. STUPNJEVI SLOBODE GIBANJA DP PLOVNIH OBJEKATA

Svako plovilo ima šest sloboda kretanja; tri rotacijska i tri translatorna. Zaošijavanje (engl. - yawing), zanošenje (engl. - pitching) i zastajanje (engl. - rolling) su kretanja na koja djeluje automatski sustav za dinamičko pozicioniranje, dok na druga kretanja nema utjecaja.

Automatski sustav za dinamičko pozicioniranje odnosi se na automatsku kontrolu zanošenja i zastajanja, i uključuje poziciju dok je zaošijavanje definirano smjerom kretanja plovila, to jest kursom. I pozicija i kurs određeni su unaprijed zadanim vrijednostima polaznoj i odredišnoj poziciji, dakle željenoj poziciji broda. [5]



Slika 2. Stupnjevi slobode gibanja DP plovnih objekata [5]

### 3. DIJELOVI DP SUSTAVA

Dijelovi sustava dinamičkog pozicioniranja su:

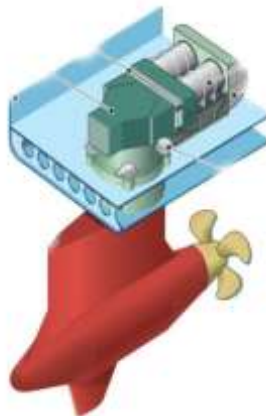
- Plovilo
- Izvršni sustav
- Mjerni sustav
- Upravljački sustav
- Energetski sustav.

Kompleksnost ovog sustava je vidljiva iz činjenice da sustav koristi fizički, računalni te softverski dio odjednom. Da bi sustav radio besprijekorno hardver mora odgovarati zahtjevima softvera, a fizički dio tj. plovilo mora biti u mogućnosti izvršiti naredbe softvera. [5]

#### 3.1. IZVRŠNI SUSTAV

Pod izvršnim sustavima najčešće se misli na uređaje za stvaranje potiska u željenome smjeru. Uobičajeno se koristi (iz razloga optimizacije energetske resursa plovnog objekta te raspoloživosti propulzije) veći broj propulzora.

Za dinamički pozicionirane brodove koriste se azimutni potisnici tj. azipod potisnici koji omogućuju rad u svim kvadrantima propulzije te omogućuju brzo i sigurno upravljanje u svim smjerovima. [5]



Slika 3. Azipod potisnici [14]

### 3.2. MJERNI SUSTAV

Ovaj sustav je integralni sustav dinamičkog pozicioniranja koji određuje lokaciju, prati kurs i zadanu putanju. Sastoji se od više dijelova od kojih su glavni mjerni uređaji, a drugi dio sustav za računanje parametara iz mjernih uređaja.

Parametri koji se mjere su:

- Vjetar – ovaj parametar se mjeri uređajem zvanim Anemometar, parametri koji se mjere su brzina vjetra i smjer.
- Pozicija plovila – ovaj parametar se mjeri GPS (engl. global positioning system - globalni sustav pozicioniranja) sustavom za horizontalnu os i daje geografsku dužinu i širinu s kojom se može plovilo smjestiti u jednu točku omogućujući sustavu da korigira svoju poziciju, sensorima pokreta i žirokompasima se dobiju nagibi plovila, kurs te poniranje plovila.

Parametri koji se računaju su:

- Utjecaj valova – opisuje se energetske spektrima
- Utjecaj morskih struja (engl. current) – Modelira se prema akvatoriju u kojem se plovilo nalazi, on je integralni dio matematičkog modela broda. [5]

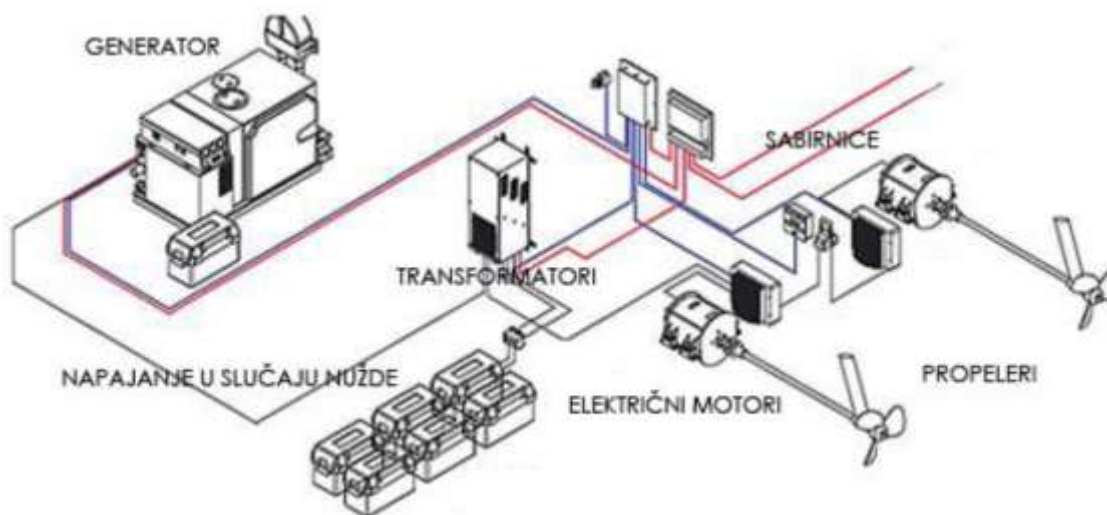


Slika 4. Anemometar [11]

### 3.3. ENERGETSKI SUSTAV

Sustav dinamičkog pozicioniranja je vrlo zahtjevan softverski i hardverski sustav stoga energetski sustav mora biti zadovoljavajuće snage i mogućnosti. Energetski sustavi se projektiraju prema vrsti plovila, akvatoriju i djelatnosti koju obavlja. Najčešće energetski sustav je dizelsko - električni jer se takav sustav može koristiti na razni niz plovila te je multifunkcionalan i ekonomičan.

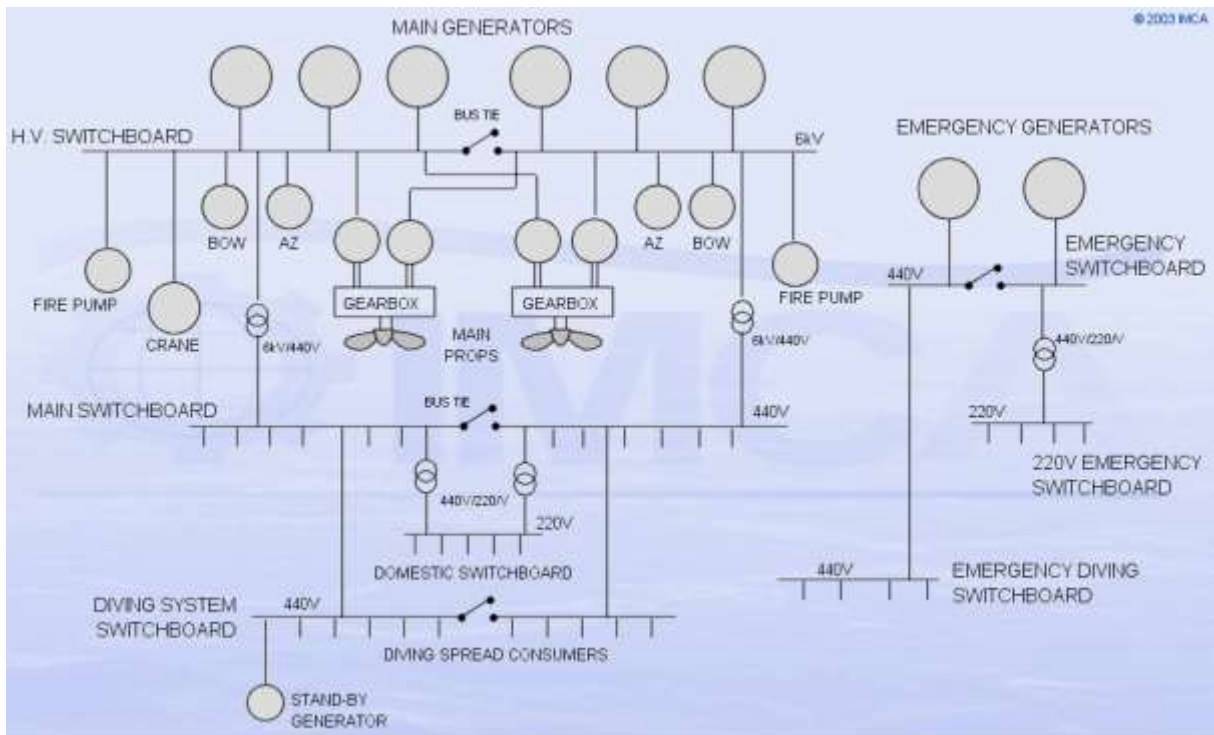
Često se koriste dvije odvojene strojnice u slučaju otkazivanja jedne uslijed kvara što povećava ukupnu cijenu energetskog sustava ali u isto vrijeme poboljšava pouzdanost i raspoloživost. Pod energetski sustav spadaju i izvršni sustavi koji moraju biti adekvatne snage i kvalitete da izdrže konstantni rad u najgorim uvjetima. [5]



Slika 5. Shema energetskog sustava [5]

Centralno djelovanje bilo kojeg DP plovila su sustavi za proizvodnju, opskrbu i distribuciju električne energije. Snaga treba biti dostavljena na potisnike i sve pomoćne sustave, kao i na DP nadzorne elemente i referentne sustave.

Potisnici na DP plovilima su često najveći potrošači snage na brodu. DP sustav upravljanja može zahtijevati velike promjene snage zbog brzih promjena u vremenskim uvjetima. Sustav za proizvodnju električne energije mora biti fleksibilan, kako bi brzo napunio energiju na zahtjev, izbjegavajući nepotrebnu potrošnju goriva. Mnogi DP brodovi opremljeni su dizelsko-električnom elektranom sa svim potisnicima i potrošačima električno pogonjenim iz dizel motora. Dizelski motor i alternator poznat je kao generator dizelskih naprava. [11]



**Slika 6. Distribucija električne energije [10]**

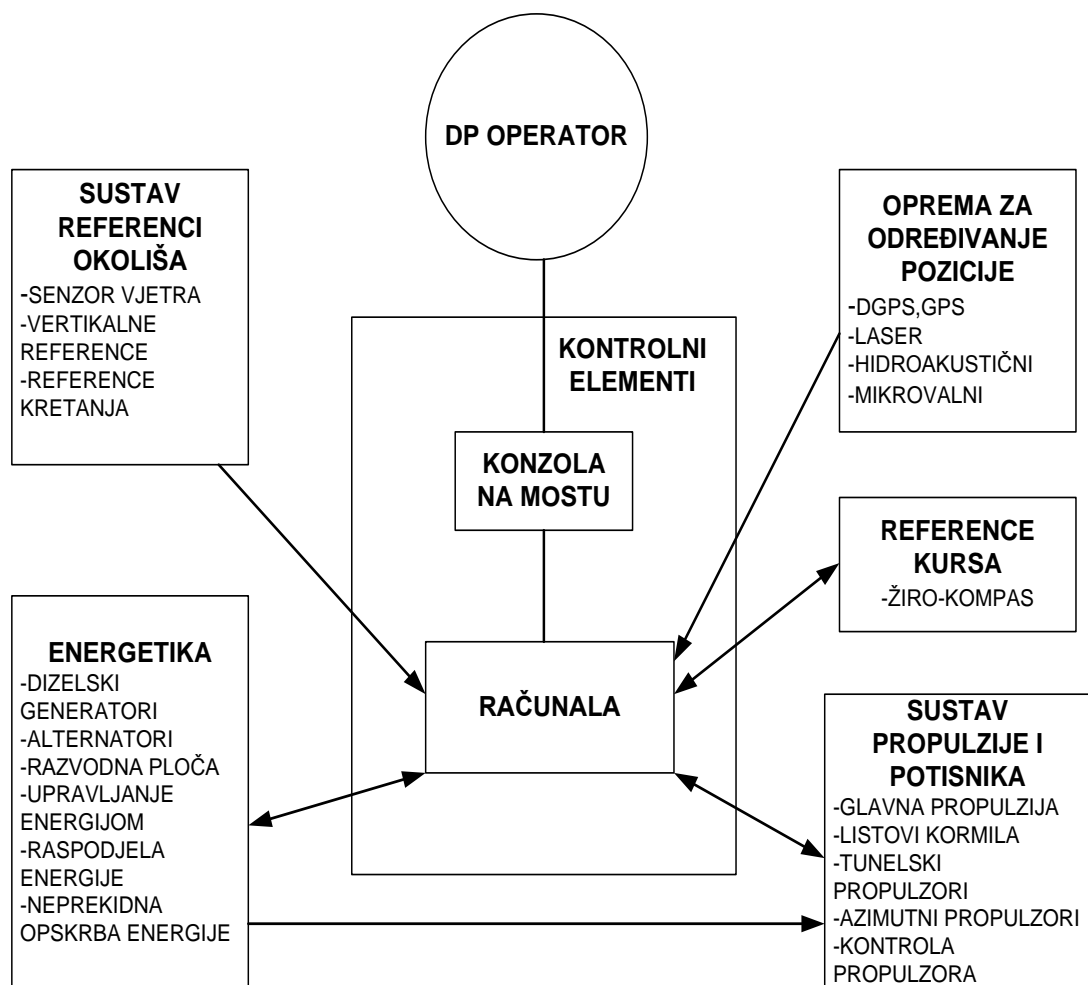
Neki DP brodovi čine dio dizel potisnika izravnog pogona te dio dizel električnog pogona i potisnika. Brod može imati dvostruke vijke kao glavni pogon upravljani izravno dizel motorima i pramčanim i krmenim potisnicima koji su električki pogonjeni, uzimajući energiju iz alternatora osovine koje su povezane s glavnim dizelima ili iz odvojenog dizel generatora.

Upravljački sustav DP-a je zaštićen od nestanka struje uključivanjem neprekinutog napajanja UPS (eng. uninterruptible power supply). Ovaj sustav pruža stabiliziranu energiju koja nije pod utjecajem kratkoročnih prekida ili fluktuacija broskog AC (engl. alternation current - izmjenična struja) napajanja. Opskrbljuje računala, nadzorne konzole, zaslone, alarme i referentne sustave. U slučaju prekida glavnog AC napajanja, baterije će napajati sve ove sustave najmanje 30 minuta. [15]

## 4. ELEMENTI DP-SUSTAVA

Sustav dinamičkog pozicioniranja može se podijeliti u šest podsistema:

- sustav poriva
- kontrolni elementi
- energetski sustav
- oprema za određivanje pozicije
- sustav referenci okoliša
- reference kursa.



Slika 7. Elementi DP sustava [10]

## **4.1. NADZORNI ELEMENTI**

Primarna funkcija nadzornog podsustava je održavanje plovila na određenoj poziciji ili na određenoj ruti, sa zadanim kursem, unutar dozvoljenih granica. Sustav mora biti sposoban nositi se s privremenim uvjetima poput vanjskih sila, greškom signala senzora i pozicijskih mjernih uređaja te kvarovima hardwarea sustava.

Sekundarne funkcije su kontrola plovila u vidu minimiziranja potrošnje goriva i habanja potisnika.

Nadalje se nadzor DP sustava može podijeliti u dvije odvojene funkcije:

- mjerenje odstupanja plovila od ciljane pozicije i procjena / izračun sila potrebnih da se plovilo vrati u željenu poziciju i
- mjerenje vanjskih sila koje djeluju na plovilo da bi se procijenile/izračunale sile potrebne za protumjeru. [9]

### **4.1.1. Računalo**

Glavna odlika i interes DPO-u je broj računala, njihove metode rada i razinu zalihosti koju će pružiti.

Računala mogu biti instalirana u pojedinačnim, dvostrukim ili trostrukim konfiguracijama, ovisno o razini redundancije koji je potreban. Suvremeni sustavi komuniciraju putem ethernet ili lokalne mreže LAN (engl. local area network - lokalna mreža), koji mogu uključivati mnoge druge funkcije kontrole plovila uz DP.

Na svim DP plovilima, DP kontrolna računala posvećena su posebno za funkciju DP, bez drugih zadataka. Jedan računalni sustav, ili 'simplex' DP sustav kontrole ne osigurava redundanciju. Dvostruki ili dvotračni sustav omogućuje redundanciju i automatsko prebacivanje ako mrežni sustav ne uspije. Trostruki ili "triplex" sustav pruža dodatni element sigurnosti i mogućnost za glasovanje s 2 na 3. Razina redundancije ovisi o opremi klase koju brod ima. [3]

#### **4.1.2. Procesor**

Računalo izračunava potrebne odgovore, od podataka prikupljenih istodobno iz svih referentnih sustava. Računalo koristi matematičke modele i Kalmanove tehnike filtriranja za poboljšanje filtriranja buke mjerenja, što smanjuje modulaciju potisnika.

Svi potrebni procesni podaci se čitaju u sustav kroz središnju programsku podrutinu, koja obavlja specifičnu predobradu. Niz podmodula programa provodi provjeru valjanosti signala, kao što su provjeravanje granica, predviđene vrijednosti modela i provjera usporedbe.

Posebna se pozornost posvećuje provjeri valjanosti i usporedbe mjerenja iz referentnih sustava položaja. Obrada i rukovanje tim signalima od vitalne su važnosti za ukupnu učinkovitost DP sustava.

Optimalna struktura regulatora važan je element u dizajnu sustava. Rad na osnovu napajanja unaprijed izračunatih vanjskih sila, zajedno s položajem plovila i odstupanjima brzine, izlaz određuje potrebni vektor sile i moment okretanja kako bi brod ostao na mjestu.

Logika raspodjele potisnika prilagođena je propisu broda i propelera broda te pretvara naredbe sile na zadane vrijednosti za svaki potisnik i raspored za propelere promjenjive brzine ili brzinu za propelere s fiksnim rasponom. [8]

#### **4.1.3. Upravljačka konzola**

Konzola za most je oprema DPO-a za slanje i primanje podataka. To je mjesto svih upravljačkih ulaza, tipki, prekidača, indikatora, alarma i zaslona. U dobro osmišljenom DP plovilu; upravljačke ploče referentnog sustava položaja, ploča potisnika i komunikacije nalaze se u blizini DP kontrolnih konzola.

Upravljačka konzola DP nije uvijek smještena na prednjoj strani mosta - mnoga plovila, uključujući i većinu "offshore support" plovila imaju DP konzolu koja se nalazi na mostu, okrenuta prema krmi. Tankeri mogu imati DP sustav u pramčanoj nadzornoj postaji, iako većina tankera za novogradnju ugrađuju DP sustav na most. Možda najmanje zadovoljavajuće mjesto za DP konzolu je u odjeljku bez vanjskog pogleda. To je slučaj u neke starije bušilice. Opcije za operatora razlikuju se od tipki i / ili dodirnih zaslona do izbornika aktiviranih valjkom loptice (mišem) i gumbima. [3]





**Slika 8. Upravljačka konzola [11]**



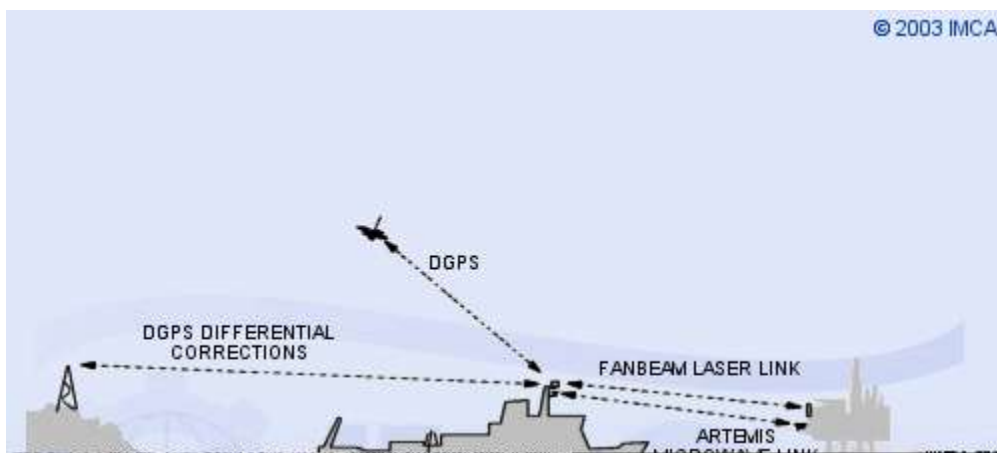
**Slika 9. Navigacijski most na DP brodu [11]**

## 4.2. REFERENTNI SUSTAVI

### 4.2.1. Sustavi položaja

Broj referenci položaja ovisi o nizu čimbenika. Konkretno, razina rizika koji su uključeni u operaciji, razina zalihosti koja je razumljiva za rad, dostupnost referenci odgovarajuće vrste, i posljedice gubitka jedne ili više referenci za poziciju.

DP sustavi koriste različite sustave referentnih pozicija. Najčešći su: diferencijalno globalno pozicioniranje - DGPS, napete žice (engl. Taut wire), hidroakustiku (HPR) i linije vidljivih laserskih ili mikrovalnih sustava. Pouzdanost referenci za poziciju glavna su razmatranja. Svaka ima prednosti i nedostatke, tako da je kombinacija istih bitna za visoku pouzdanost. [5]



Slika 10. Referentni sustavi položaja [5]

DP sustav može primiti informacije o položaju iz referentnih sustava položaja u mnogim oblicima. U Dodatku, tip koordinatnog sustava koji se koristi može biti kartezijski ili geodetski. Upravljački sustav DP može upravljati informacije temeljene na bilo kojem koordinatnom sustavu. Kartezijski ili lokalni koordinatni sustav temelji se na ravnoj površini dvodimenzionalnog mjerenja udaljenosti Sjever / Jug (X) i Istoka / Zapada (Y) od lokalno definirane reference. Ovo referentno podrijetlo bit će preuzeto iz jednog od referentnih sustava položaja (npr., HPR transponder, reflektor, položaj žičane mreže). Ova vrsta koordinatnog referentnog sustava je isključivo lokalna, ili relativno, apsolutno ili nepokretno.



**Slika 11. Lokalne referentne koordinate [5]**

Da bi DP sustav mogao obrađivati zemljane referentne vrste podataka, potrebno je konfigurirati DP sustav da prihvati geodetske podatke ili globalne reference, kao što je GPS.

DGPS sustav osigurava koordinate u pogledu zemljopisne širine i dužine koje se odnose na WGS84 . Najviše offshore operacija se provode pomoću UTM (engl. Universal Transverse Mercator - Merkatorova projekcija) kao grafikon ili radni dijagram projekcija.

Većina suvremenih DP nadzornih sustava omogućuju DPO-u da odabere vrstu prezentacije potrebne, npr. Kartezijev (geografska dužina/širina ili UTM). Ako je noviji, sustav će automatski izračunati UTM zonu od primljenih mjerenja geodetskog položaja. Podatak se obično može odabrati iz izbornika. [10]

#### **4.2.2. Referenca kursa**

Kurs DP plovila se računa pomoću jednog ili više žirokompasa, koji prenose podatke do nadzornog sustava DP-a. U brodovima gdje je potrebna redundancija, ugrađuju se dva ili tri žirokompasa.

Ako su ugrađena tri žirokompasa, DP sustav može koristiti glasovanje s dva glasa za otkrivanje žirokompasne greške i dati odgovarajuće upozorenje DPO-u. Tri žira obično se ugrađuju u plovila koja odgovaraju opremi klase 2 ili 3. Referentni kurs može biti dostupan i iz više GPS prijamnika. [8]

#### **4.2.3. Referenca vanjskih utjecaja**

Postoje tri glavne vanjske sile koje uzrokuju da se brod pomakne od zadanog položaja i kursa. To su sile koje su stvorile vjetar, valovi i struja. Strujni mjerni uređaji koji omogućuju napajanje DP sustava jedva da su se koristili, jer su skupi, posebno ako je potrebna visoka pouzdanost i trenutne struje se općenito mijenjaju polako tako da je integralni termin regulatora adekvatan. Međutim, postoje neki sustavi za 'brzo ažuriranje struje' ili 'brzo učenje'. Ovo je funkcija koja smanjuje vremensku konstantu integralni pojam i omogućava radikalno smanjenje matematičkog modela. Namjera je dopustiti sustavu da bolje reagira na brzu promjenu plimnih uvjeta ili novih uvjeta nakon velike promjene kursa.

Upravljački sustav DP ne pruža izravnu aktivnu kompenzaciju za valove. U praksi je frekvencija valova takva da nije moguće osigurati kompenzaciju za pojedinačne valove i sile su prevelike. Sile valova koje zanose brod se polako grade i pojavljuju se u sustavu upravljanja DP kao trenutna ili morska sila.

Ljuljanje, posrtanje i poniranje plovila se nemogu kompenzirati pomoću DP sustava upravljanja, ali je neophodno za DP sustav kontrole koji treba osigurati precizne vrijednosti ljuljanja i posrtanja. Ovo će omogućiti da se primjeni kompenzacija na sve različite ulazne senzore referentnih položaja za njihov pomak od središta gravitacije broda. Instrumenti za mjerenje tih vrijednosti su okomiti referentni senzor (VRS - engl. vertical reference sensor), okomita referentna jedinica (VRU - engl. vertical reference unit) ili referentna jedinica gibanja (MRU - engl. motion reference unit). MRU mjeri ubrzanja primjenom linearnog akcelerometra i izračunava kutove nagiba. [8]

Nedavni razvoj je omogućio sustavu da koristi dva ili više DGPS prijemnika s antenama postavljenim visoko na nekoj udaljenosti. GPS ispravci i senzori pokreta pružaju podatke o položaju, kursu broda i poniranju. To je u mogućnosti dati referencu za poziciju i kurs, kao i kretanje oko svake osi.

Svi DP sustavi imaju senzore za vjetar. Ovi podaci služe za izračun snage izazvanih vjetrom koje djeluju na trup plovila i njegove strukture, dopuštajući da se te snage budu kompenzirane prije nego što uzrokuju promjenu položaja ili kursa. Tipično, senzor vjetra sastoji se od jednostavnog anemometra za odašiljanje, obično tipa rotirajuće šalice. [8]



**Slika 12. Anemometar [11]**

Senzori vjetra su važni jer velike promjene brzine ili smjera vjetra mogu uzrokovati velike smetnje u pozicioniranju ako nisu kompenzirane ili zaštićene. Napajanje vjetra omogućuje izravno kompenzatorsko potiskivanje koje se primjenjuje u izravnoj mjeri prema promjeni detektiranoj u brzini i / ili smjeru vjetra.

Mnogi DP kontrolni sustavi također imaju postrojenje za nadzor vjetra unutar ručne poluge (joystick) upravljačke funkcije, pružajući operateru opciju upravljanja palicom sa kompenzacijom vanjskih utjecaja. [8]

### 4.3. PORIVNI SUSTAVI

Sposobnost dinamičkog pozicioniranja plovila omogućena je njegovim potisnicima. Potisnici moraju biti raspoređeni tako da pri svome djelovanju smanjuju mogućnost pojave smetnji prema drugim potisnicima, senzorima, sustavima za ronjenje i ronionicima. Moraju biti ugrađeni tako da potiskom ostvaruju kretanje plovila naprijed - natrag, poprečno i rotacijski te konfigurirani tako da gubitkom bilo kojeg od potisnika ostaje dovoljno poriva u bilo kojem pravcu, kako bi se osiguralo održavanje pozicije i kursa plovila unutar predviđenih operativnih mogućnosti. Izbor odgovarajućih potisnika ovisi o:

- veličini plovila,
- namjeni plovila,
- operativnim uvjetima u kojima će plovilo obavljati svoju funkciju.

Odgovarajuća konfiguracija potisnika za dinamičko pozicioniranje mora zadovoljavati slijedeće uvjete:

1. potisnici moraju omogućavati neovisnu kontrolu u svim smjerovima kretanja
2. moraju biti dovoljno jaki da se odupru utjecaju vjetra, valova i morske struje
3. mora se ostvariti predviđena snaga potiska.

Općenito, na dinamički pozicionirana plovila se ugrađuju tri glavna tipa potisnika: glavni brodski vijci, tunelski potisnici i azimutni potisnici. Glavni brodski vijci, bilo jedan ili više njih, ugrađuju se na sličan način kao i na konvencionalne brodove. Na DP brodovima brodski vijci mogu imati krilca s promjenjivim korakom (engl. pitch) i okretati se pri stalnoj ili promjenjivoj brzini. Nedostatci ovakve izvedbe brodskih vijaka su veći troškovi održavanja i veća potrošnja goriva. Kod brodskih vijaka s fiksnim korakom promjenjiva brzina vrtnje ostvaruje se promjenom broja okretaja povezanog dizel motora, odnosno instalacijom elektromotora istosmjerne struje ili sustava za pretvaranje frekvencije. Glavnim brodskim vijcima su obično priložena konvencionalna kormila i kormilarski uređaj. Neka DP plovila su opremljena suvremenim "high-lift" kormilima, koji poboljšavaju skretanje broda u vožnji krmom.

Kao nadopunu glavnim brodskim vijcima, DP sustav mora imati adekvatno razmještene potisnike.

Tunelski potisnici su propeleri, smješteni u tunelu koji prolazi poprečno pramčanim ili krmenim uronjenim dijelom trupa plovila. Najčešće se pokreću elektromotorom ili

hidromotorom, a uloga im je zakretanje pramca, odnosno krme bez upotrebe kormila i glavnog brodskog vijka.

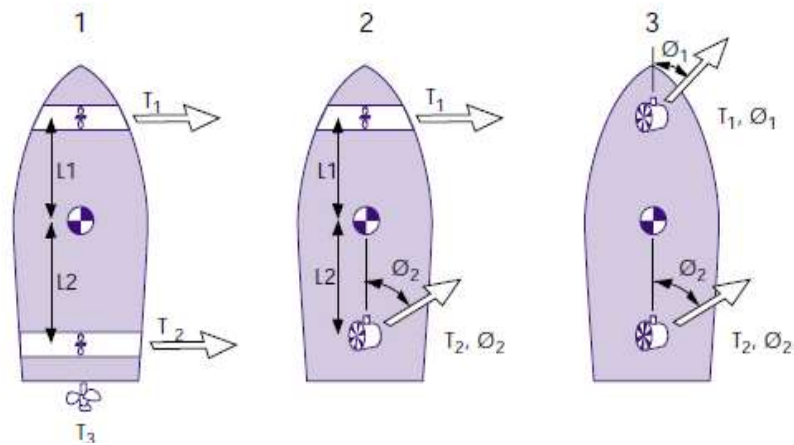
Azimutni ili kompas potisnik je konfiguracija brodskih vijaka instaliranih na prijenosnike snage ispod trupa plovila koji se mogu okretati 360° u horizontalnom pravcu, zakrećući plovilo usmjerenim potiskom. Omogućavaju bolju sposobnost manevriranja plovila od klasičnog sustava fiksnog brodskog vijka s kormilom. Postoje dvije glavne izvedbe azimutnih potisnika, ovisno o položaju pogonskog motora:

- mehanička transmisija, kod kojeg je motor smješten unutar trupa plovila povezan s vanjskom jedinicom preko zupčanika. Motor može biti dizelski ili dizel-električni. Ovisno o izvedbi pogonske osovine u prijenosniku, mehanički azimutski potisnik se još može podijeliti na L-pogon i Z-pogon.
- električna transmisija, kod koje je elektromotor smješten unutar prijenosnika snage ispod trupa plovila te povezan s brodskim vijkom izravno bez ikakvih zupčanika. Električna energija potrebna za pogon elektromotora proizvodi se generatorom na plovilu te se takvi potisnici nazivaju još i azipodovima.

Mehanički azimutni potisnici mogu biti fiksno ugrađeni ili uvlačivi, mogu imati vijke s fiksnim ili s promjenjivim korakom. Postoje tri osnovne konfiguracije potisnika. Većina plovila ima konfiguraciju iznad minimuma, budući da to omogućava redudanciju i druge alternative kontrole, poput minimalne potrošnje energije, fine kontrole pozicije i zatvorenih zona za azimutne potisnike u svrhu očuvanja opreme.

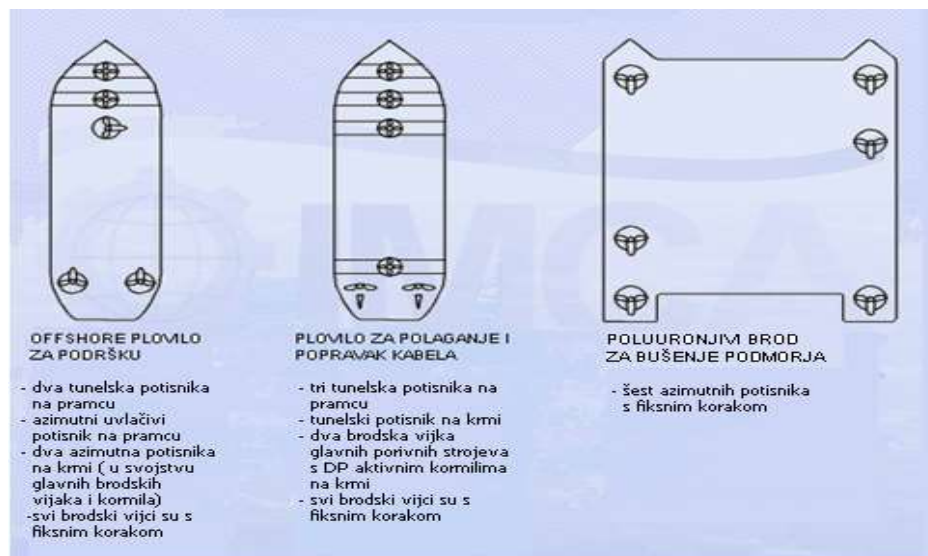
Tri minimalne konfiguracije su:

1. dva tunelska potisnika i glavni brodski vijak,
2. tunelski potisnik i azimutni potisnik
3. dva azimutna potisnika. [3]



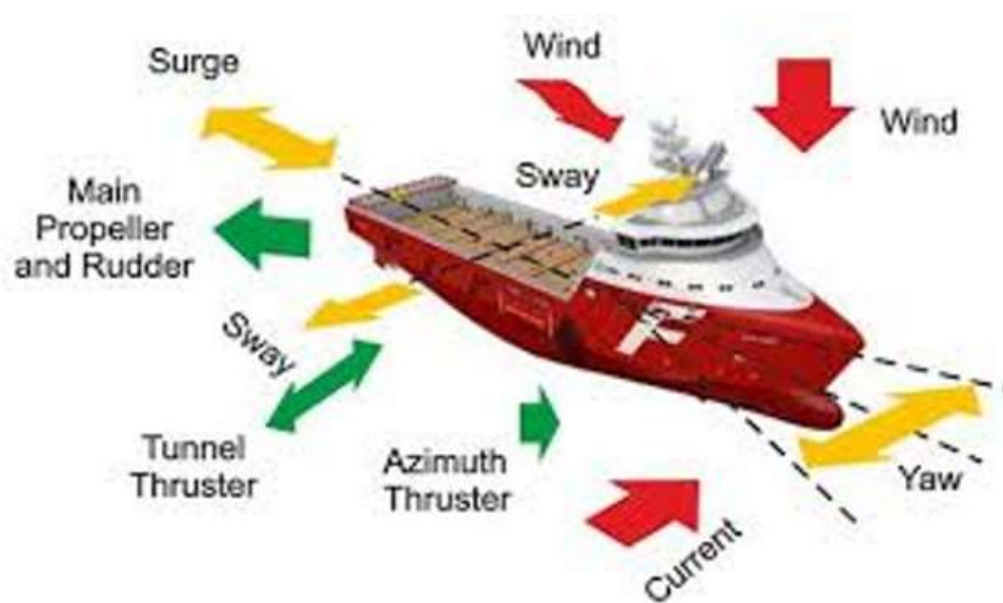
Slika 13. Minimalna propulzijska konfiguracija DP plovila [3]

Višestruka konfiguracija potisnika omogućava redundanciju i dodatne operativne mogućnosti. Na primjer, dva potisnika mogu usmjeriti potisak jedan naspram drugome, da bi ostvarili kontrolirano sporo kretanje plovila. Tipična konfiguracija kod konvencionalnih jednotrupaca opremljenih DP sustavom uključuje šest potisnika: tri na pramcu i tri na krmi. Pramčani potisnici su najčešće tunelskog tipa. Krmeni tunelski potisnici su također uobičajeni, djeluju paralelno, ali se kontroliraju individualno, poput azimutnih poput azimutnih potisnika. [3]



Slika 14. Tipična izvedba propulzijskih sustava DP plovila [10]





Slika 15. Gibanja broda i njegove propulzije koje kompenziraju vanjske utjecaje [15]

## 5. ODRŽAVANJE I KONTROLA POZICIJE

Postoji nekoliko opcija dostupnih za automatsko upravljanje potisnicima da bi brod ostao u fiksnom položaju. Gotovo sva dinamički postavljena plovila koriste elektronska računala i nekoliko mikroprocesora, stoga će ove smjernice preuzeti te sustave nadzora. Za dizajnere s obzirom na ostale upravljačke tehnologije temeljna načela se mogu odrediti iz ovog odjeljka i primijeniti na sličan način. Za dobru izvedbu sustava nadzora pozicije je neophodno da se vrijeme stabilizacije ne upotrebljava nakon uspostavljanja položaja i nakon glavnih poteza, promjene kursa ili iznenadne promjene vremenskih uvjeta. Početni stabilizacijski period trebao bi biti najmanje 30 minuta, sljedeća razdoblja stabilizacije trebala bi odrediti okolnosti i uvjete.

Točnost, pouzdanost i dosljednost pozicije ključni su uvjeti DP operacija. Prema tome, najvažnija briga DP operatera je održavanje odgovarajuće i pouzdane opreme za mjerenje pozicije.

Količina opreme za mjerenje pozicije ovisit će o mnogo faktora, naročito o razini rizika kojeg nosi operacija, klasi opreme prema zahtjevu IMO-a za tu operaciju, raspoloživosti referenci prikladnog tipa, te o posljedicama gubitka jedne ili više pozicijskih referenci.

Na DP plovilima se koristi općenito pet tipova opreme za određivanje pozicije, koja funkcionira odvojeno i neovisno o DP sustavu, te koristi vezni sklop za prosljeđivanje podataka do DP sustava:

- hidroakustične pozicijske reference,
- radarski sustavi,
- napeta žica,
- diferencijalni globalni pozicijski sustav,
- laserski sustavi.

Postoje brojne kombinacije nadzornih operater postrojenja za potisnike ali većina kombinira automatski i ručni daljinski upravljač sustav plus lokalnu kontrolu. Općenito se sustavi automatskog upravljanja DP-a isporučuju u pojedinačnim, dvostrukim ili trostrukim konfiguracijama s pomoćnim DP upravljačkim sustavom za DP 3. klase. Ručni sustavi su kombinirana poluga ili upravljačka palica, s ili bez automatskog upravljanja kursa. Joystici mogu biti potpuno neovisni od računala za koje se koristi automatsko

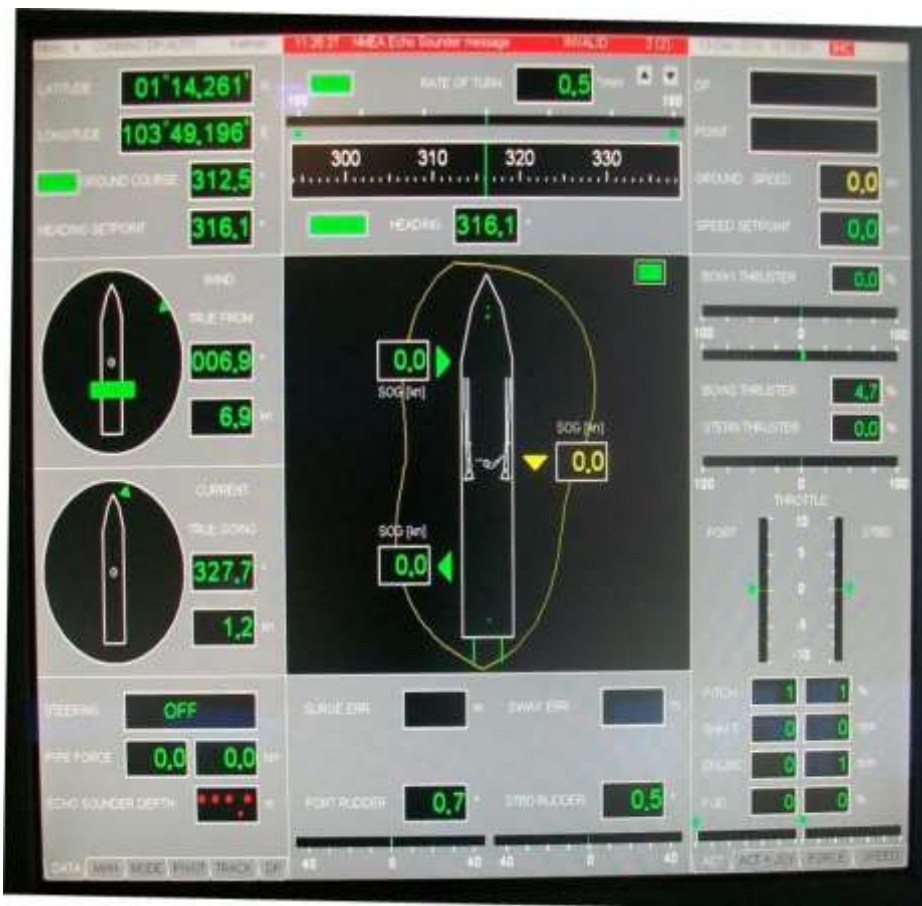
upravljanje položajem ili sastavnim dijelom automatskog sustava. Minimalni DP upravljački uređaj je jedan automatski upravljački sustav s joystickom, koji je prikladan za neke zadatke.

Upravljačka konzola DP sustava treba idealno biti smještena tako da operater može vidjeti upravljačke parametre, vanjski okoliš i radne operacije plovila.

Kontrolne informacije trebaju biti prikazane ili biti lako dostupne .Za sva DP plovila ovo treba uključivati sljedeće:

- ◆ stanje i snaga potisnih jedinica
- ◆ raspored proizvodnje i distribucije električne energije u uporabi
- ◆ status referentnog senzora i performanse
- ◆ prisutnost položaja i prošlosti
- ◆ stanje alarma.

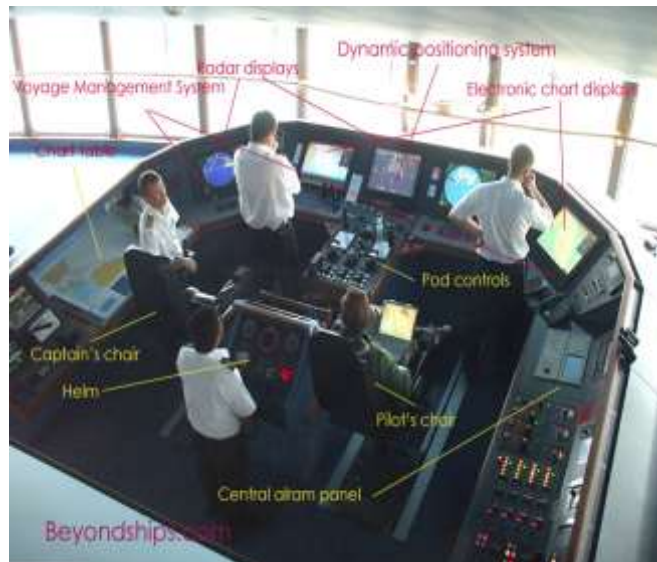
Upravljanje DP-om trebalo bi omogućiti automatsku izmjenu položaja i kusa u bilo kojem unaprijed odabranom smjeru tako da je novi kurs i položaj brzo uspostavljen bez nestabilnosti ili iznad kritičnog položaja izleta ili nadmorske visine prihvatljive granice za rad. [9]



**Slika 16. Monitor DP sustava s osnovnim podacima vezanih za gibanje [14]**

Održavanje položaja uključuje nadzor kursa plovila. Žirokompasi se obično koriste u tu svrhu. Neuspjeh unosa kusa je dramatičan učinak na održavanje položaja i izlet, osobito ako su podaci kursa istodobno izgubljeni za pozicijske pozicije ili DP rotacijski senzor koji je udaljen od geometrijskog središta plovila.

Drugi senzori koji su potrebni za precizno držanje položaja su vertikalni ili referentni senzori gibanja. Ovi uređaji, koji mjere ljuljanje i posrtanje (poniranje) bi trebali biti u odvojenim prostorima koji se nalazi u blizini središta za rotaciju broda. Ako se nalaze na nekoj udaljenost od središta za rotaciju, to bi trebalo biti ispravljeno u DP softveru. DP sustav zahtijeva da te informacije ispravljaju referentne senzore položaja za X i Y pomake uzrokovane nagibom i gibanjem. Gubitak tih ulaza degradira DP sustav osobito s nekim HPR sustavima u dubokoj vodi. [8]



**Slika 17. Raspored pozicija i glavnih sustava upravljanja na navigacijskom mostu [13]**

## **5.1. SUSTAV NAPETE ŽICE**

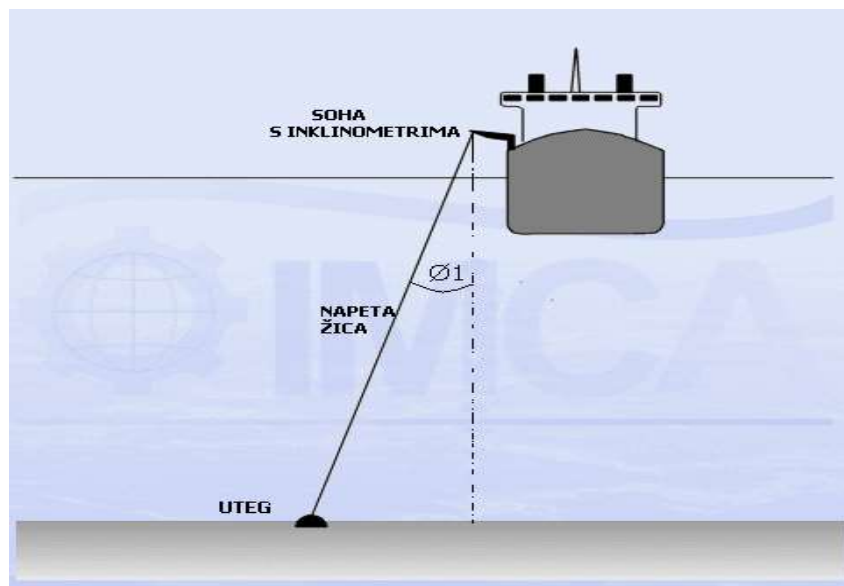
Sustav napete žice mjeri promjene pozicije fiksne točke na plovilu u odnosu na fiksnu točku na morskom dnu. Te dvije točke su povezane stalno napetom žicom te se mjeri promjena kuta žice.

Sustav određuje horizontalno pomicanje plovila u odnosu na fiksnu točku na morskom dnu, koristeći se duljinom žice između točaka te kuteva inklinometara povezanih na žicu.

Mehanizam se sastoji od utega, koji se spušta na morsko dno te sohe s vitlom na plovilu koje održava napetost žice.

Vitlo djeluje tako da održava stalnu napetost žice i odatle detektira pomake plovila. Dva inklinometra na kraju sohe mjere vertikalni kut žice u dvije ravnine položene pod pravim kutem.

Soha s napetom žicom može biti montirana na bilo kojem prikladnom mjestu na boku, pramcu ili krmi plovila. Što je taj položaj bliži centru rotacije plovila, to će biti manji utjecaj posrtanja i valjanja plovila te će ujedno biti smanjeno habanje mehanizma za kontrolu napetosti. [2]



**Slika 18. Sustav napete žice [10]**

Tipična točnost ovog sustava je  $\pm 2\%$  od iznosa dubine vode, na dubinama do 500 metara. Sustav zategnute žice je pouzdan i robusan. To je najstariji pozicijski referentni sustav u dinamičkom pozicioniranju i još uvijek vrlo točan u relativno plitkim vodama, naročito kada plovilo mora provesti duže vrijeme na istoj lokaciji. Ovaj sustav ima svojih ograničenja u kutu napete žice zbog povećanog rizika od oranja utega pri većim kutevima. Uobičajeni maksimalni kut žice je  $20^\circ$ , pri čemu DP sustav izdaje upozorenje. Neka plovila također primjenjuju horizontalne ili površinske napete žice koje se koriste u blizini fiksnih objekata ili plovila u odnosu na koje se mora održavati pozicija. Princip rada je isti, razlika je u korištenju fiksne točke umjesto utega. [2]

### **5.1.1. Održavanje sustava napete žice**

Postupci održavanja trebali bi se izvesti u navedenim intervala kako bi se osiguralo da sustav nastavlja raditi na optimalnoj učinkovitosti.

Proizvođač može izvršiti određene postupke pod posebnim ugovorom o usluzi, čime se olakšava odgovornost korisnika. Nakon navedenih postupaka za svaki interval (dnevno, tjedno, mjesečno, itd.), u zapisniku za sustav treba potpisati i datirati kao dokaz o sukladnosti s periodičkim zahtjevima za održavanje.

Stanje sljedećeg je od posebne važnosti u pogledu sigurnosti i pouzdanosti sustava:

- Tlačni zrak
- Podmazivanje
- Hidrauličko ulje
- Žičani konop i spojnice
- Predinstalirani parametri.

Prije početka, preporučuje se pregledavanje dnevnika za bilo koji prethodni unos koji bi mogao pomoći u preporučenom postupku.

Dnevno održavanje i postupci su:

1. Provjeriti stanja depresora, spojke i zakretanja.
2. Provjeriti razinu hidrauličkog ulja i po potrebi nadoknaditi.
3. Otvoriti spremnik zraka i regulatore zraka za vodu.
4. Provjeriti razinu ulja u podmazivaču zračnog sustava. Po potrebi popuniti.
5. Očistiti i podmazati sve pokretne dijelove, izložene klipnjače i osovine
6. Očistiti osovinu bubnja i podmažite klizni ležaj bubnja.

Tjedni postupci održavanja su:

1. Podmazati prema pravilima.
2. Vizualno pregledati hidraulični sustav za curenje ulja.
3. Vizualno pregledati sustav za nadoknadu napetosti za pravilno kretanje i nepravilan protok zraka.
4. Odrezati cca. 5-10 metara žice kako bi se spriječilo produljenje nošenja iste duljine žice. Zabilježiti detalje o bilo kojoj uklonjenoj žici u dnevniku sustava.

Mjesečni postupci održavanja su:

1. Podmazati prema pravilima.
2. Provjeriti spojeve i spojke svih pokretnih mehaničkih dijelova radi sigurnosti.
3. Provjeriti sve vanjske površine, oštećenja, nakupljanja taloga, korozije i sl.; popravak / čišćenje / premazivanje ako je potrebno.
4. Provjeriti sve električne dijelove za koroziju, kondenzaciju, paljenje ili druge vidljive znakove pogoršanja; ispitati stanje i uzrok.

5. Ispitatati radnu dužinu žičane užadi za znakove habanja, oštećenja i umora.  
Izrezati bilo koju neispravnu žicu i detalje o uklonjenoj žici upisati u dnevnik sustava.
6. Provjeriti pretvornik položaja da bude +/- 9,95 volti.

Šestomjesečni postupci za održavanje:

1. Izmijeniti cjelokupni žičani konop.
2. Pritegnuti sve električne stezaljke, vijke i spojeve.
3. Ispitati sve električne spojne kutije interno, za ulazak slane vode i općenito uvjet i sigurnost. Poduzmite potrebne korektivne mjere.
4. Ispitati kućišta potenciometra senzora iznutra, za ulazak slane vode i za opće stanje i sigurnost; poduzeti potrebne korektivne mjere.
5. Provjeriti kompenzator kuta, kotače na vodilicama, gimbalnu glavu za opću slobodu kretanja i za bilo kakve znakove trošenja ili propadanja i poduzeti potrebne korektivne radnje.
6. Provjeriti električni motor, hidrauličnu pumpu, cilindri bacača i svi ostali pomični dijelovi, šum koji ukazuje na trošenje i poduzimanje potrebnih korektivnih mjera.
7. Provjeriti jesu li unaprijed postavljeni parametri potenciometra za gimbalnu glavu, pomagala i kut unutar granica. obavijestiti proizvođača o bilo kojem kvaru; nastavite s korektivnim postupkom kako je savjetovano.
8. Očistiti temeljito cjelokupnu instalaciju i okolno područje koje se koristi za rad napete žice, kako bi se uklonili svi tragovi viška ulja, masti i drugih nepoželjnih tvari.
9. Provjeriti količine i stanje svih rezervnih dijelova određenih za instalaciju napete žice.
10. Provjeriti filtere za regulaciju tlaka zraka. [2]



## 5.2. SUSTAV UPOZORENJA

Postoje tri razine DP upozorenja, koja predstavljaju normalne, degradirane i izvanredne uvjete.

### **Normalno upozorenje:**

- Izleti iz mjesta i izlaza unutar prihvatljivih granica
- Snaga i potisni izlazi unutar granica su sposobnosti plovila
- Uvjeti okoline su prihvatljivi
- Minimalni rizik od gubitka položaja i / ili sudara
- DP redundancija opreme je netaknuta i DP sustav djeluje unutar 'najgorih slučajeva'.

### **Degradirano upozorenje:**

- Izleti iz mjesta ili izlaska iz prihvatljivih granica za više od kratkih ili izoliranih razdoblja
- Snaga i potisni izlazi veći su od granica sposobnosti plovila za više od kratkih ili izoliranih razdoblja
- Uvjeti okoline ili drugi uvjeti smatraju se neprikladnima za nastavak DP operacija
- Neuspjeh u DP opremi koji rezultira gubitkom redundancije i broda koji djeluje izvan graničnih vrijednosti "najgoreg slučaja"
- Povećani rizik od gubitka položaja ili sudara.

### **Hitno upozorenje:**

- Nije moguće održavati položaj
- Prijeteća opasnost od sudara
- Svaka druga izvanredna situacija. [9]



**Slika 19. Zaslou sustava upozorenja [13]**

## 6. OPERATIVNI MODOVI

Pri kontroli plovila DP sustavi koriste operativne modove. Svako plovilo, ovisno o namjeni, oslanjat će se na nekoliko operativnih ili kontrolnih modova, pod uvjetom da u isto vrijeme može biti pod kontrolom samo jednog moda.

Razlika između modova je način na koji se kontrolira pozicija i brzina plovila. Operativne modove odabire operater koristeći monitor ili određene tipke na tipkovnici upravljačke konzole.

Prije odabira operativnog moda, sustav provjerava da li je raspoloživ minimalni set opreme nužan za funkcioniranje moda. Na primjer, prije uključanja DP moda, provjerava se sljedeće:

1. Jesu li odabrani dostatni propulzori ili su raspoloživi za odabir.
2. Je li odabran žiro-kompas ili je raspoloživ za odabir.
3. Je li odabrana oprema za određivanje pozicije ili je raspoloživa za odabir.

Općenito operativni mod DP sustava može biti u:

- stand by modu
- DP modu – unutar kojega postoje tri osnovna moda: ručno, poluručno ili poluautomatsko i automatsko
- simulacijskom modu.

Dalje se operativni modovi mogu još podijeliti na :

- joystick mod - omogućava operateru ručno upravljanje plovilom korištenjem upravljačke ručice za kontrolu pozicije i kursa
- joystick high-speed mod – omogućava operateru ručno manevriranje plovilom pri normalnim brzinama krstarenja ili manevriranja
- auto heading mod – automatski održava određen kurs
- auto position mod – automatski održava zadanu poziciju i kurs
- mixed joystick/auto mod – omogućava operateru izbor automatske kontrole jedne ili dvije slobode kretanja plovila u horizontalnoj ravnini
- follow target mod – omogućava plovilu automatsko praćenje objekta u pokretu

- anchor assist mod – pruža podršku potisnika pri operacijama izvođenim uz sidrenje
- autopilot mod – omogućava plovilu automatsko upravljanje po određenom kursu
- ROT pilot mod – omogućava operateru manevriranje plovilom koristeći kontrolu norme okreta
- auto track mod – (mala brzina, pomak i velika brzina) omogućavaju plovilu praćenje određene staze opisane nizom putnih točaka. Svi auto track modovi su namjenjeni isključivo pomorskim operacijama te se ne mogu koristiti za navigaciju
- track line mod – omogućuje plovilu praćenje stalnog kursa preko dna, te se također koristi isključivo za pomorske operacije.

Postoje i drugi operativni modovi, ovisno o namjeni i proizvođaču, koji su predviđeni za posebne načine rada :

- minimum power/weathervaning mod - održava poziciju plovila u odnosu na fiksnu referentnu točku, minimizirajući pri tome djelovanje potisnika u lijevo ili desno, unatoč lošim vremenskim uvjetima, zadržavajući DP kontrolu
- remotely operated vehicle follow (ROW Follow) mod- svrha je održavanje pozicije plovila u odnosu na podvodno vozilo koje je obično povezano s plovilom kabelom, ili održavanje pozicije dok se podvodno vozilo kreće van određenog područja
- auto speed mod - održava konstantno male brzine u smjeru naprijed-natrag i lijevo-desno, koristeći Doplerov brzinomjer i automatsku kontrolu kursa
- pick up/fixed loading mod - kurs plovila određen je trenutnim vremenskim uvjetima, dok se pozicija održava u fiksnoj točki, a koristi se kod shuttle tankera
- aproach/loading mod - kurs plovila određen je trenutnim vremenskim uvjetima, dok se pozicija održava na fiksnom razmaku (radijusu) od referentne (bazne) točke. Također se koristi se kod shuttle tankera
- riser follow mod - kontrolira poziciju plovila u odnosu na kut savijanja cijevi/svrkla kod plovila za bušenje podmorja

- simulation mod – izvanmrežni mod, omogućuje simulirane ulazne i izlazne podatke za vježbanje i testiranje svih modova
- model control mod - održava plovilo u trenutnom operativnom modu u slučaju kvara senzora pozicije ili kursa. [3]

## **7. KVAROVI I ANALIZA UČINAKA**

Kvarovi i analiza učinaka (eng. Failure modes and effect analysis) se provodi praktičnim testiranjem modova kvara koji su identificirani u analizama i bilježenjem rezultata.

Razlike između stvarnih i očekivanih rezultata moraju se zadovoljiti prije nego što brod ulazi u DP službu.

Program probnih radova ima za cilj dokazati radnu analizu FMEA i pružiti informacije o izvedbi koncepta redundancije. Testovi su namijenjeni za potvrdu performansi opreme, učinkovitost zaštitnih funkcija i identificiranje mogućih skrivenih kvarova koji bi mogli porazili koncept redundancije. [1]

### **7.0.1. Nadzorni popis - postavljanje u DP mod**

Provjere se moraju provesti prije nego što plovilo konačno pristupi prvom radilištu na putovanju. Svrha tih provjera je osigurati zadovoljavajući rad DP sustava. Nadzori zahtijevaju potpune provjere rada pogona, generiranja energije, automatike DP-a i upravljačke palice / ručne kontrole. Provjere također osiguravaju da je DP sustav ispravno postavljen i da je osoblje dostatno. [1]

### **7.0.2. Nadzorni popis rutinskog postupka**

Ovaj nadzorni popis odražava radni status i stanje DP sustava i sve pripadajuće opreme, te se treba dovršiti na početku svake DP operacije i ponoviti svakih šest sati tijekom DP operacije. Također je potrebno završiti na svakom satu primopredaje gdje se jedan DPO oslobađa od strane drugog DPO-a. Dovršetak ovog nadzornog popisa i njegovo prihvaćanje je metoda za zadovoljavanje operatora olakšavanja da je sustav u sigurnom i zadovoljavajućem stanju. Također pruža pisanu evidenciju o statusu opreme u to doba, što može biti od velike vrijednosti tijekom bilo koje kasnije istrage.[1]

BOURBON OFFSHORE SUBSEA P. S.  DP FMEA PROVING TRIALS  BOURBON EVOLUTION 806	Ref:	55/136396	Report No:	A10553-B
	Authors:	MB / MC		
	Date:	02 May 2014		
	Approval:	XX		

EQUIPMENT SUBSYSTEM		POWER GENERATION						
Test No. 611 Thruster and Generator Full Power Tests								
<b>Purpose:</b>		To demonstrate the ability of the thrusters to operate at rated power.						
<b>Assumption:</b>		DP and manual thruster control system fully operational, tuned and commissioned. Power plant endurance test to BV satisfaction is assumed, to adequately prove the capability of the entire plant.						
<b>Document reference:</b>								
<b>Method:</b>		With the vessel on full auto DP engines online as required, take thruster 1 into manual control.						
1.		a) Note key thruster parameters with thruster at idle including motor winding temperature, cooling water temperature. Increase thrust to maximum and hold for 5 minutes. b) Note indicated power, rpm and torque. Note the reaction of the other thrusters in DP and confirm that they compensate for the 'external force'. c) Note time taken for thruster to ramp from 0%-100%						
2.		With full power applied to the subject thruster, rotate the azimuth demand through 180 degrees and note the time for the thruster to complete the turn. Check CW and CCW. Repeat with remaining thrusters one by one.						
3.		Using base load take each generator to 100% load for 5 minutes.						
<b>Expected Results:</b>		1. Thruster operates at 100% within expected parameters. 2. Note time in table below. 3. Generator operates at 100% within expected parameters.						
<b>Actual Results:</b>								
Test Step 1		BT1	BT2	RT	CAZ	PAZ	SAZ	
T = 0 On DP	Temp-Winding							
	Temp-Water							
	Temp-Lube-oil							
T = +5min Full Power	Temp-Winding							
	Temp-Water							
	Temp-Lube-oil							
	Torque							
	Power							
	RPM							
Ramp Time	Seconds							
Test Step 2		BT1	BT2	RT	CAZ	PAZ	SAZ	
T = +5min Full Power	T 180 CW							
	T 180 CCW							
Test Step 3		G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
ITFW Before								
ITFW After 5 mins at 100% load								
<b>Comments:</b>								
GL Noble Denton:				Date:				

Slika 20. Test analize učinka potisnika (nadzorna lista) [16]

## 7.1. REDUNDANCIJA (ZALIHOST) U DP SUSTAVIMA

Redundancija ili zalihost (eng. redundancy) je konfiguracija koja osigurava sposobnost sustavu da se izbjegne zastoj i onda kad neka komponenta sustava zataji.

Redundancija u dp sustavima je sposobnost sustava dok je u DP modu da nastavi rad bez gubitka položaja unatoč nespjeha nekog od podustava. Jedan neuspjeh može biti, među ostalim:

- Kvar potiskivača - (engl. Thruster failure)
- Kvar generatora - (engl. Generator failure)
- Kvar kod električnog napajanja (kada su generatori spojeni sa jednom energijskom sabirnicom) - (engl. Powerbus failure)
- Kvar kontrolnog računala - (engl. Control computer failure)
- Kvar referentnog sustava položaja - (engl. Position reference system failure)
- Kvar referentnog sustava - (engl. Reference system failure)

Za određene operacije nije potrebno redundancija. Na primjer, ako brod za istraživanje gubi DP sposobnost, obično nema rizika od oštećenja. Ove se operacije obično obavljaju u klasi 1.

Za ostale operacije, kao što su ronjenje i operacije sa teškim teretima, postoji opasnost od oštećenja ili ozljeda. Ovisno o riziku, rad se obavlja u klasi 2 ili 3. To znači da bi trebalo odabrati najmanje tri referentna sustava pozicije. To omogućuje načelo glasačke logike, tako da se nedostaje referentni senzor pozicije (engl. position reference unit - PRU). Iz tog razloga, postoje i tri DP kontrolna računala, tri žirokompasa, tri senzora gibanja (engl. motion refernce unit - MRU) i tri senzora vjetra na brodovima klase 3. Ako se pojavi jedna pogreška koja ugrožava redundantnost, tj. neuspjeh pokretača, generatora ili pozicije, a to se ne može odmah riješiti, operaciju treba napustiti što je brže moguće.

Da bi imali dovoljno redundancije, dovoljno generatora i potisnika trebao bi biti on-line, tako da neuspjeh jednog ne rezultira gubitkom položaja. To je prepušteno prosudbi DP operatora. Za klasu 2 i klase 3 analiza posljedica treba biti uključena u sustav kako bi pomogla DP operateru u tom procesu. [1]



# DP Control System

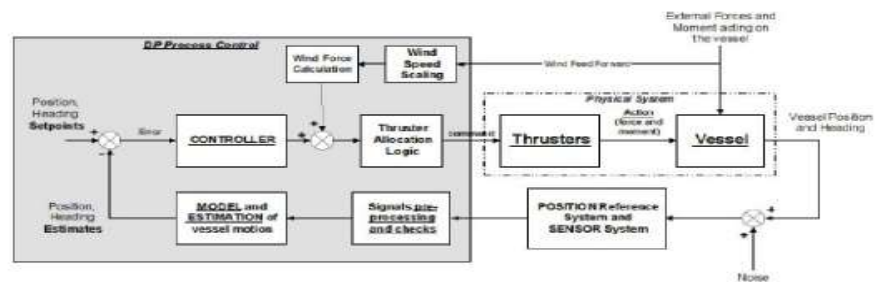


Figure 1 - Functional overview of a Dynamic Positioning control system

Slika 21. Funkcijski prikaz nadzornog sustava na DP brodovima [10]

## 8. DUŽNOSTI ČASNIKA ELEKTROTEHNIKE

Elektronički ili elektronički tehničar je odgovoran za elektroniku na brodu. Njegove glavne dužnosti što se tiče DP sustava odnose se na siguran i učinkovit rad elektroničkih dijelova DP sustava, srodnih sustava i opreme i komponenti. Obično izvještava upravitelju stroja, ali se u pitanjima vezanim uz DP može prijaviti izravno zapovjedniku. On mora biti potpuno osposobljen, kvalificiran i kompetentan elektronički tehničar.

On je odgovoran za dnevnik održavanja DP sustava (engl. DP system maintenance log). Sva održavanja i popravci moraju biti prijavljeni u sustav za podatke o održavanju broda. On mora biti iskusan i kompetentan za održavanje DP sustava upravljanja i pridruženih sustava i provođenje rutinske provjere i održavanja.

On mora imati sveobuhvatno znanje o operativnim priručnicima plovila i analizama učinaka (FMEA) u odnosu na sljedeću opremu:

- DP sučelja sustava upravljanja
- računalne funkcije, testovi i pronalaženje grešaka
- prigušne jedinice električne snage i senzori
- napajanje i UPS sustavi
- hardverski upravljački sustav DP
- softver DP sustava upravljanja.

On mora biti u mogućnosti provesti ispitivanja i provoditi održavanje, popravke i zamjene na sustavima i komponentama s obzirom na postupke odobravanja i održavanja proizvođača. On također mora razumjeti kada je sigurno i razumno provesti takav rad i nužnost dobre komunikacije s mjestima nadzora mosta i stroja. [7]

## 9. DOKUMENTACIJA NA DP BRODOVIMA

Pri ocjeni dokumentacije potrebne za DP za bilo koji brod koji posluje s DP, potrebno je razmotriti koja je relevantna oprema na brodu, kako se koristi, o kojim operacijama će brod biti uključeni i kada je DP u uporabi i što može ponuditi dobavljač opreme. Važno je da se dokumenti na brodu odnose na taj određeni brod i nisu općeniti. DP se koristi na širokom rasponu plovila, često za osnovnu navigaciju, ali i u offshore industriji posebno za širok raspon zadataka gdje je pristup terenu posebno krucijalan. To rezultira sa izričitim zahtjevima DP opreme prikladno za operativnu uporabu plovila. Potrebno je jasno identificirati posebne promjene u standardnom proizvodu proizvođača prilikom instalacije na plovilu, kao i sve naknadne izmjene. Tada bi bilo potrebno identificirati sva područja u dokumentaciji koja nemaju tu jasnoću i ispravljaju situaciju pružanjem odgovarajuće informacije. DP dokumentacija mora biti specifična za brod. Kada nije, teškoće se mogu pojaviti u razumijevanju sustava, nadzor, rješavanje problema, servis i sve naknadne izmjene. Popis u nastavku navodi osnovne certifikate i smjernice koje su relevantne za DP i koji su obično nalaze na plovilima i u uredima operatera.

- Certifikate DP klasifikacije - (engl. DP classification certificates)
- ISM dokument o usklađenosti - (engl. ISM document of compliance)
- Certifikat za upravljanje sigurnošću ISM - (engl. ISM safety management certificate)
- Priručnik za upravljanje sigurnošću - (engl. safety management manual)
- Sigurnosni memorandumi o zastavi države - (engl. flag state safety memoranda)
- Relevantni zakonski instrumenti - (engl. relevant statutory instruments)
- Izvješća o sigurnosnim revizijama - (engl. reports of safety audits)
- Priručnik za osiguravanje kvalitete kompanije - (engl. company quality assurance manual)
- Sigurnosni slučaj, ako je primjenjivo - (engl. safety case)
- Priručnik za operacije plovila - (engl. vessel operations manual)
- Priručnik za operacije DP - (engl. DP operations manual)
- IMCA M 149 - Zajednički dokument o inspekcijskom nadzoru morske vode – (engl. Common Marine Inspection Document)
- Izvješća o reviziji i inspekciji DP - (engl. DP audit and inspection reports)

- brodski / operativni specifični skup IMCA smjernica / dokumentacije - (engl. vessel/operational specific set of IMCA guidelines/documentation) [6]

## 9.1. DNEVNICI

Ovaj odjeljak daje smjernice za opisivanje onih dnevnika koji se sastavljaju dok je brod u DP modu i koje informacije će sadržavati.

- DP dnevnik - opisuje vrijeme i datum različitih DP operacija, kao što su, na primjer:
  - brod ide u DP
  - ronjenje ili druge operacije koje zahtijevaju DP, na primjer:
    - vremena ronilačkih zvona ostavljajući površinu i dostizanje radne dubine
    - vrijeme ronilaca koji odlaze / ulaze u zvono ronjenja i dostizanje / napuštanje radilišta
  - upute koje su primljene od kontrole ronjenja / podmorske operacije
  - druge relevantne aktivnosti ovisno o vrsti operacije
  - ključno DP osoblje koji dolazi u smjenu ili odlazi iz iste
  - smetnje koje se javljaju u DP sustavu
  - vremena i pojedinosti povezivanja kablova s postrojenjima;
- DP zapisnik sati s ukupnim vremenom provedenim u DP;
- Dnevnik DP operatora koji bi trebao raditi na ukupnom broju sati koji operator potroši na DP operacijama
- Svi uređaji za bilježenje podataka koji su relevantni za DP operaciju, uključujući elektroničke, video, glasovne trake i bilo koji drugi. [6]

## 9.2. OPERATIVNE DATOTEKE

Sljedeće mora biti dostupno i ažurno:

- Datoteka koja ima povijest svih relevantnih DP testnih postupaka provedenih na plovilu
- dokument s rezultatima i preporukama obavljenih revizija na plovilu
- datoteka s relevantnim probnim podacima o zanosu, provjeru softvera za probnu vožnju
- datoteka s životopisom ključnog osoblja DP
- zapisnik o upoznavanju i osposobljavanju DP broda
- datoteka za održavanje s evidencijama o svim održanjima, uključujući izvješća o uslugama, FMEA studije i izmjene izvršene na DP sustavu i pripadajućoj opremi uključujući senzore
- zapisnik sati rada motora i potisnika
- zapisi o analizi ulja i ulja za gorivo motora i potisnika
- evidencija održavanja centralne ploče
- evidencija održavanja komunikacijskih sustava. [6]

### **9.3. SPECIFIČNA DP DOKUMENTACIJA**

#### **9.3.1. Upute proizvođača**

Svako DP plovilo mora imati sljedeće priručnike na brodu:

- Upute za uporabu od strane proizvođača DP sustava
- vodič za održavanje od strane proizvođača DP sustava
- grafikon za pronalaženje grešaka od strane proizvođača DP sustava
- priručnik za rad i održavanje DP dijagnostike kvarova
- priručnici za uporabu i održavanje ostalih navigacijskih pomagala. [6]

Priručnici koji se također preporučuju, prema vrsti broda i na odgovarajućem jeziku:

- priručnik za rad i održavanje sustava upravljanja energijom
- priručnik za rad i održavanje UPS sustava
- priručnici za rad i održavanje motora
- priručnici rezervnih dijelova motora
- priručnici za pogonsko upravljanje i održavanje
- priručnik za rad i održavanje potisnika
- priručnik za rad i održavanje kontrolne ploče
- priručnici za uporabu i održavanje za svu tehničku opremu na brodu
- priručnici za rad i održavanje komunikacijskih sustava
- dokumente koji prikazuju brojeve verzije hardvera i softvera relevantnih sustava
- odgovarajuće sigurnosne kopije softvera gdje je to moguće. [6]

### 9.3.2. Planirano održavanje

DP plovila moraju imati planirani sustav održavanja (PMS) u skladu s ISM kodeksom. Plansko održavanje (PMS) uključuje sljedeće:

- DP sustav
- UPS
- sustav upravljanja energijom
- centralne ploče
- sve relevantne opreme u strojarnici
- pomoćne strojeve
- potisnike
- uzorkovanje ulja
- komunikacijski sustavi.

Zapisi svih održavanja i modifikacija izvedenih na tim sustavima trebaju biti dostupni. [6]

### 9.3.3. Shematski nacrti

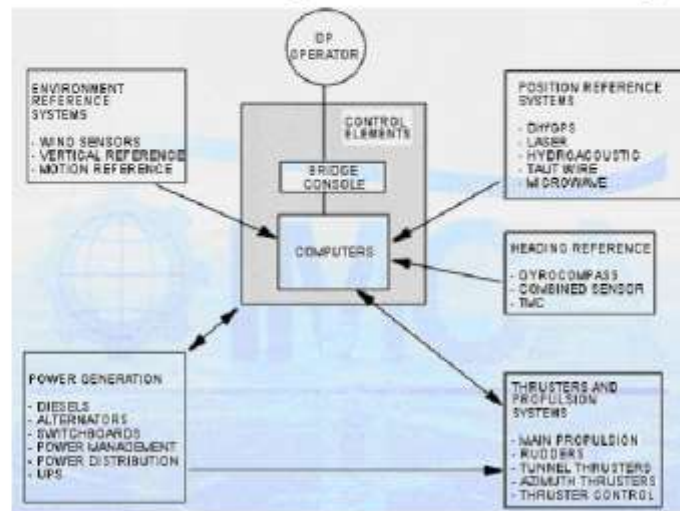
Nacrti bi trebali biti dostupni na brodu koji opisuje izgled svih sustava uključujući sve izmjene koje su napravljene. Takve shematske nacрте mogu uključivati:

- DP sustavi;
- sustavi upozorenja;
- sustav pozicioniranja,
- sustavi proizvodnje energije;
- sustavi distribucije električne energije;
- UPS sustav;
- pogon i kormilarerenje te njihovi upravljački sustavi;
- komunikacijski sustavi.

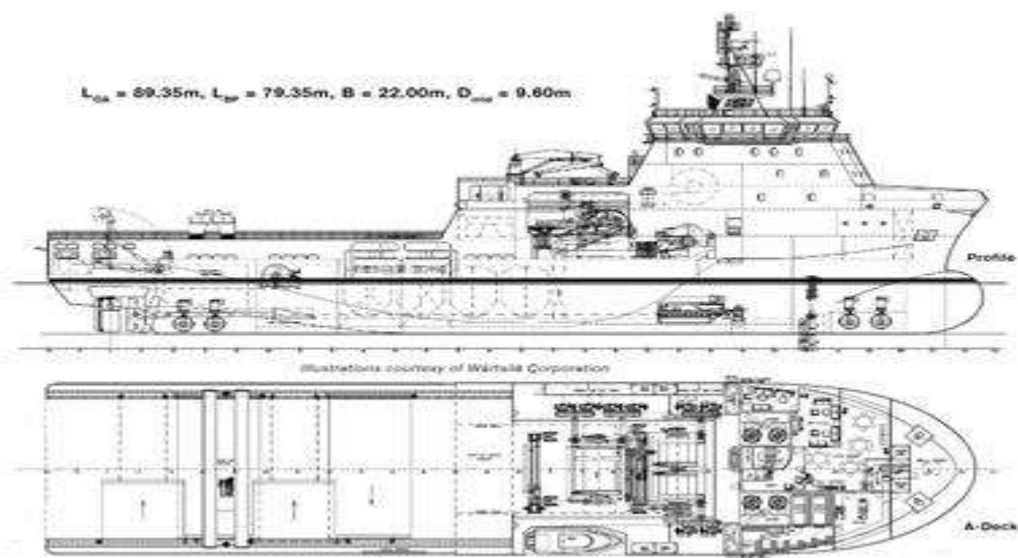
Relevantni dvostruki nacrti trebali bi biti dostupni u sobi operatera i na računalu kao i u odgovarajućem uredu tvrtke. [6]

# Principles of DP

## Schematic diagram of DP system



Slika 22. Shematski dijagram DP sustava i njegovih elemenata [10]



Slika 23. Načrt supplier broda sa DP sustavom [14]



## 10. ZAKLJUČAK

Iako prvobitno osmišljen za potrebe geologije i naftne industrije pedesetih godina prošlog stoljeća, sustav dinamičkog pozicioniranja, zahvaljujući svom ubrzanom razvoju, pronalazi primjenu u raznim granama pomorskog prometa te u zahtjevnijim pomorskim djelatnostima.

Njegova osnovna funkcija je automatsko održavanje zadane pozicije i kursa plovila, usprkos svim utjecajima morskog okoliša i smetnjama koje proizlaze iz namjene plovila.

Upravo zbog raznolikosti svih tih čimbenika, kao i zbog niza zahtjeva koje sustav i plovilo moraju ispuniti, sustav je koncipiran od više sastavnica.

Jezgru cijelog sustava predstavlja računalo, koje pomoću unesenih programa i modela upravlja sustavom brodskih potisnika. Za točan izračun potrebnih aktivnosti računalu su potrebni podaci o prirodnim uvjetima, poziciji, kursu, brzini plovila i udaljenosti od objekata, koji se prikupljaju sustavom referenci okoliša te opremom za određivanje pozicije i kursa.

Iako automatiziran, sustav ne može samostalno djelovati, budući da je za unos svih parametara i kontrolu nužan operater dinamičkog pozicioniranja.

Zahvaljujući svom dizajnu, sustav dinamičkog pozicioniranja doprinio je razvoju pomorskih istraživanja, naftne industrije, pomorskog transporta te niza drugih djelatnosti, koje su ranije bile teško izvedive.

Što se tiče održavanja samih sustava, veliku ulogu igraju proizvođači (Konsberg, Rolls Royce itd.) koji sklapanjem ugovora sa pojedinim offshore kompanijama koji odluče kupiti njihov proizvod nude velike mogućnosti i smanjuje se odgovornost same posade i kompanije ukoliko dođe do velikog kvara unutar sustava. Proizvođač u svojim uputama i priručnicima jasno napominje posadi da svaku nepravilnosti u sustavu moraju prijaviti i ako to sa posadom nemogu otkloniti tada stručnjaci dolaze na intervencije.

Iz toga se može zaključiti da je takav sustav dosta pouzdan, još ako uzmemo u obzir da se u naftnom poslu okreće velika količina novca ništa se ne prepušta slučaju.

## LITERATURA

- [1] Bourbon offshore subsea; Report No: A10653, Rev: B; *DP FMEA proving trials*; May 2014
- [2] Bandak; *Light Weight Taut Wire Mk 15B Volume 3 Maintenance Manual*
- [3] DNV GL; *Dynamic positioning systems - operation guidance and recommended practice*; July 2015
- [4] DNV; *Review of methods for demonstrating redundancy in dynamic positioning systems for the offshore industry*; 2004
- [5] Đurđević-Tomaš, Ivica; Brajović, Miloš; Naše more : znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo, Vol.56 No.1-2 Lipanj 2009; *Sidrenje i dinamičko pozicioniranje putničkih brodova za kružna putovanja*; Dubrovnik, 2009
- [6] IMCA M109; *Guide to DP-Related Documentation for DP Vessels*; February, 2004
- [7] IMCA M 117; *The Training and Experience of Key DP Personnel*; February, 2006
- [8] Nautronix; Rev A; *NMS6000 Dynamic Positioning System*; May 2006
- [9] MTS Dynamic Positioning Committee; *Guidelines on Testing of DP Systems*
- [10] URL <https://www.scribd.com/doc//Dinami%C4%8Dko-pozicioniranje>  
(pristupljeno 20.03.2018)
- [11] URL [http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_positioning](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_positioning) (24.03.2018.)
- [12] URL <http://www.imca-int.com/divisions/marine/reference/intro.html>  
(pristupljeno 24.03.2018.)
- [13] URL <http://www.km.kongsberg.com/ks/web>  
(pristupljeno 24.03.2018)
- [14] URL <http://www.offshoreengineering.com/education/dynamic-positioning>  
(pristupljeno 09.05.2018.)
- [15] URL <https://www.marineinsight.com/types-of-ships/modern-dynamic-positioning>  
(pristupljeno 09.05.2018)
- [16] Privatni izvori

## POPIS SLIKA

Slika 1. Brod s sustavom dinamičkog pozicioniranja.....	3
Slika 2. Stupnjevi slobode gibanja DP plovnih objekata.....	4
Slika 3. Azipod potisnici.....	5
Slika 4. Anemometar.....	6
Slika 5. Shema energetskeg sustava.....	7
Slika 6. Distribucija električne energije.....	8
Slika 7. Elementi DP sustava.....	9
Slika 8. Upravljačka konzola.....	12
Slika 9. Navigacijski most na DP brodu.....	12
Slika 10. Referentni sustavi položaja.....	13
Slika 11. Lokalne referentne koordinate.....	14
Slika 12. Anemometar.....	16
Slika 13. Minimalna propulzijska konfiguracija DP plovila.....	19
Slika 14. Tipična izvedba propulzijskih sustava DP plovila.....	19
Slika 15. Gibanja broda i njegove propulzije koje kompenziraju vanjske utjecaje.....	20
Slika 16. Monitor DP sustava s osnovnim podacima vezanih za gibanje.....	23
Slika 17. Raspored pozicija i glavnih sustava upravljanja na navigacijskom mostu.....	24
Slika 18. Sustav napete žice.....	25
Slika 19. Zaslona sustava upozorenja.....	29
Slika 20. Test analize učinka potisnika (nadzorna lista).....	34
Slika 21. Funkcijski prikaz nadzornog sustava na DP brodovima.....	36
Slika 22. Shematski dijagram DP sustava i njegovih elemenata.....	43
Slika 23. Nacrt supplier broda sa DP sustavom.....	43