

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

Radovan Antić

BRODSKO AUTOMATSKO UPRAVLJANJE



Split, 2010.

S A D R Ź A J:

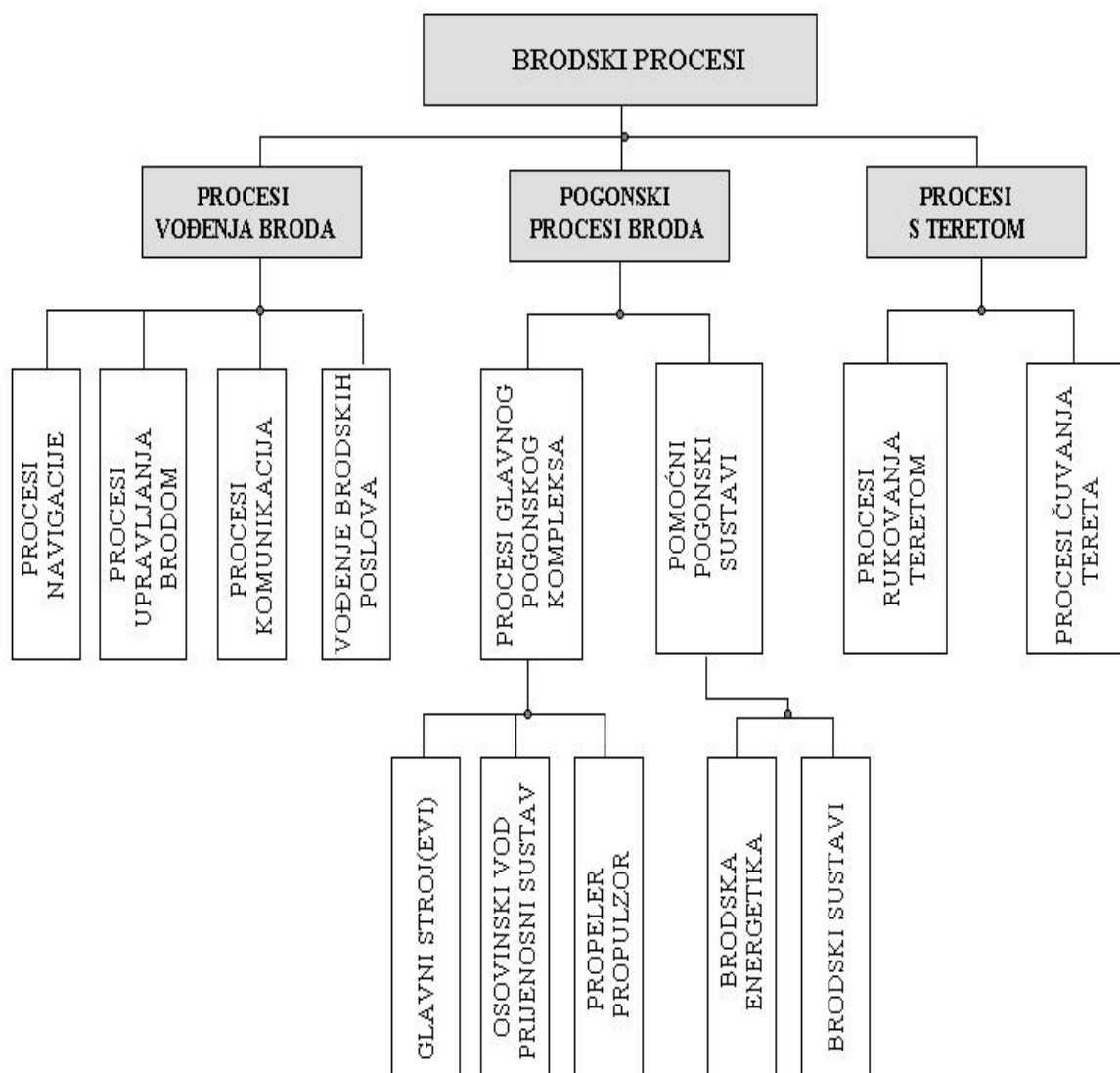
1. UVOD	3
1.1 KLASIFIKACIJA SUSTAVA AUTOMATIKE NA BRODOVIMA PREMA NAMJENI.....	4
2. SUSTAVI AUTOMATIZACIJE BRODSKIH STROJEVA I PROCESA	6
2.1 ZAHTJEVI REGISTRA BRODOVA GLEDE AUTOMATIKE [29].....	6
2.2 DALJINSKO UPRAVLJANJE GLAVNIM STROJEM	16
2.3. SUSTAV ZAŠTITE	24
2.4. AUTOCHIEF - NORCONTROL daljinski automatski sustav upravljanja za brodske motore	26
2.5. REGULATOR BRZINE VRTNJE MOTORA TIP A WOODWARD	38
2.6. DIGITALNI REGULATOR BRZINE MOTORA - WOODWARD (NORCONTROL DGS 8800)	41
2.7. UPRAVLJANJE BRODSKE ELEKTRIČNE CENTRALE.....	43
2.7.1 SUSTAV UPRAVLJANJA I ZAŠTITE BRODSKIH GENERATORA ZASNOVAN NA GCU 8810 NORCONTROL	61
2.7.2 SELCO - SUSTAV UPRAVLJANJA I ZAŠTITE DIZEL-GENERATORSKIH JEDINICA BRODA	69
2.8 REGULACIJA BRODSKIH PROCESA	76
2.9. NADZOR I ČUVANJE TERETA.....	89
2.10. SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA KURSOM BRODA.....	94
2.11. SUSTAV AUTOMATSKE STABILIZACIJE LJULJANJA BRODA	107

1. UVOD

Automatizacija brodskih strojeva, uređaja i procesa iz dana u dan postaje sve obuhvatnija i kompleksnija s tendencijom potpune automatizacije i integracije funkcija upravljanja i vođenja svih brodskih procesa - koncept OMBO (One Man on Bridge Only). Tome prvenstveno doprinosi razvoj mikroelektroničke i informatičke tehnologije i mogućnosti što ih pružaju glede optimiranja upravljanja, povećanja pouzdanosti i raspoloživosti sustava, te uvećanja njihove učinkovitosti tijekom eksploatacije.

Brod, kao autonomni i vrlo složeni dinamički sustav, sadrži niz različitih procesa, strojeva i uređaja, koji su predmetom automatizacije. Automatizacija brodskih procesa doprinosi njihovoj boljoj učinkovitosti, smanjivanju troškova održavanja i posade, produljenju eksploatacijskog vijeka broda i niz drugih prednosti.

Temeljna klasifikacija brodskih procesa glede automatizacije mogla bi se obaviti kao što je pokazano na slici 1.1.



Slika1.1 Klasifikacija brodskih procesa

1.1 KLASIFIKACIJA SUSTAVA AUTOMATIKE NA BRODOVIMA PREMA NAMJENI

Svi uređaji i sustavi automatike na brodu u pravilu su namijenjeni izvršavanju osnovnih zadaća kao što su: automatsko upućivanje u rad i zaustavljanje, praćenje rada (nadzor), signalizacija i alarm, automatska regulacija, automatsko upravljanje, automatska zaštita.

Sustavi automatskog upućivanja i zaustavljanja: osiguravaju procedure i postupke za automatsko upućivanje (start), zaustavljanje (stop) ili reverziranje različitih motora i pogona prema unaprijed definiranom programu.

Sustavi automatskog nadzora: kontinuirano prate relevantne parametre i varijable koji karakteriziraju rad odnosno dinamiku procesa (objekta upravljanja i regulacije) i daju trenutno stanje i tijek odvijanja procesa. Temelj su za kvalitetno upravljanje i dijagnostiku.

Sustavi automatske signalizacije i alarma: namijenjeni su izvještavanju odnosno zapisivanju i signalizaciji u tijeku odvijanja procesa, kao i alarmiranju u slučaju nenormalnih stanja odnosno poteškoća u radu strojeva, uređaja, procesa.

Sustavi automatske blokade i zaštite: namijenjeni su automatskoj djelomičnoj (selektivnoj) ili potpunoj blokadi pojedinih dijelova procesa (stroja) s ciljem njegove zaštite od težih posljedica u slučaju kvara ili ozbiljnijih teškoća u radu.

Sustavi automatskog upravljanja: služe za upravljanje radom strojeva i uređaja odnosno procesa bez neposrednog sudjelovanja čovjeka - operatera (npr. potpuno automatizirana brodska strojarnica - bez posade).

Sustavi automatske regulacije: predstavljaju jednostavnije sustave automatskog upravljanja koji obavljaju zadaće regulacije rada procesa i strojeva (npr. regulacija brzine vrtnje stroja, regulacija opterećenja generatora, stabilizacija frekvencije, regulacija temperature ulja za podmazivanje i sl.).

Tri su osnovna oblika algoritama funkcioniranja SAR:

- Stabilizacija: sustavi koji su namijenjeni održavanju konstantne, nepromijenjene vrijednosti izlazne regulirane veličine (npr. stabilizacija broja okretaja pogonskog stroja generatora s ciljem održavanja stalne frekvencije napona).
- Programska regulacija: ovi sustavi obavljaju promjenu izlazne veličine $y(t)$ po unaprijed zadanom programu (npr. programsko vođenje motora u zadanu radnu točku, upravljanje kursom broda pomoću autopilota). Program može biti definiran kao funkcija vremena $y = y(t)$ ili u parametarskom obliku: $y = y(x_1, x_2, \dots, x_n)$, gdje x_i ($i=1, 2, \dots, n$) predstavljaju fizikalne veličine koje karakteriziraju stanje objekta u tijeku regulacijskog procesa.
- Slijedni sustavi (servosustavi): namijenjeni su ostvarivanju promjene izlazne veličine $y(t)$ po unaprijed nepoznatom zakonu, tj. vodeća veličina $u(t)$ je slučajna funkcija vremena (npr. slijedni sustav automatskog upravljanja kursa broda

temeljem podataka sa žirokompasa, slijedni sustav pozicioniranja objekta: polužja goriva motora, lista kormila, perajica za stabilizaciju ljuljanja broda, itd.)

Temeljni zahtjevi koji se postavljaju pred sustave automatske regulacije su:

- *brzina odziva* (brzina reakcije sustava na promjenu pobude, odnosno vodeće ili postavne vrijednosti, što je značajka prijelaznog stanja),
- *stupanj stabilnosti* (relativna stabilnost),
- *točnost regulacije* (dopušteno trajno regulacijsko odstupanje ili pogreška u ustaljenom stanju).

U projektiranju ovih sustava i njihovoj praktičnoj implementaciji nužno je udovoljiti postavljenim zahtjevima glede tri temeljna navedena kriterija, ovisno o tome kako ih svaka regulacijska staza ili objekt traže.

U automatizaciji brodskih procesa, strojeva i uređaja sudjeluje veoma veliki broj raznovrsnih komponenti različitih po vrsti (električnih, pneumatskih, hidrauličkih, mehaničkih, kombiniranih) i tipu signala (analognih, digitalnih, hibridnih), međusobno ovisnih i integriranih u funkcionalne cjeline - automatizirane sustave. Centralno mjesto u povezivanju i koordinaciji njihovog rada u sustavu čini danas digitalno računalo ili mreža računala.

U narednim poglavljima, dati će se osnovne značajke, principe funkcioniranja i primjere praktične realizacije komponenti, sklopova i sustava u automatizaciji procesa s izrazitim naglaskom na automatizaciju brodskih procesa, strojeva i uređaja.

2. SUSTAVI AUTOMATIZACIJE BRODSKIH STROJEVA I PROCESA

2.1 ZAHTJEVI REGISTRA BRODOVA GLEDE AUTOMATIKE [29]

HRVATSKI REGISTAR BRODOVA
PRAVILA ZA TEHNIČKI NADZOR POMORSKIH BRODOVA
* AUTOMATIZACIJA *

1. OPĆI ZAHTJEVI

1.1. PODRUČJE PRIMJENE

1.1.1 Ovaj dio pravila za tehnički nadzor pomorskih brodova (u daljem tekstu Pravila) se primjenjuju na uređaje automatike na brodovima kojima se uz osnovnu oznaku stroja, dodaje oznaka automatizacije AUT 1, AUT 2, ili AUT 3, kao i na brodovima sa sustavom daljinskog automatskog upravljanja glavnim porivnim strojevima i brodskim vijcima, a nemaju navedene oznake automatizacije.

1.1.2 Oznaka automatizacije AUT 2 odnosi se na brodove na kojima je predviđena strojarnica bez nadzora i sa stalnom službom na središnjem mjestu upravljanja.

1.1.3 Oznaka automatizacije AUT 1 odnosi se na brodove na kojima je predviđena strojarnica bez nadzora i bez stalne službe na središnjem mjestu upravljanja.

1.1.4 Oznaka automatizacije AUT 3 odnosi se na brodove koji ispunjavaju zahtjeve 1.1.3 (AUT 1), ali ispunjavaju uvjete navedene u 6.1.1 i 6.1.2.

1.1.5 Za brodove na električni ili nuklearni poriv stupanj automatizacije za pojedinu oznaku automatizacije određuje se dogovorno, u skladu sa zahtjevima Registra.

1.1.6 Pravila sadrže tehničke zahtjeve kojima moraju udovoljavati automatska postrojenja navedenim u 1.1.1, te određuju opseg daljinskog automatskog upravljanja, zaštite, signalizacije, alarmiranja, indikacije i mjerenja.

1.1.7 Uređaji automatike, pojedini sustavi i elementi koji se koriste na brodovima bez oznake automatizacije, također, trebaju udovoljavati zahtjevima pojedinih dijelova Pravila koji se na njih odnose.

1.2 OBJAŠNJENJA POJMOVA I IZRAZA

Pojmovi i izrazi koji se odnose na opće nazivlje Pravila, navedeni su i objašnjeni u Pravilima, Dio 1. - Opći propisi, Odjeljak 1. -Općenito, 4.

U ovom dijelu Pravila navedeni su i objašnjeni slijedeći pojmovi i izrazi:

1.2.1 Automatizirani uređaj - porivni stroj, kotlovsko postrojenje, brodski sustav ili neki drugi stroj, opremljen sredstvima automatske regulacije, upravljanja, nadzora i zaštite.

1.2.2 Daljinsko automatsko upravljanje - upravljanje s pomoću kojeg možemo daljinski zadavati željeni režim rada strojevima, djelovanjem na upravljački element (npr. regulacijsku polugu ili ručicu), a koji dalje samostalno obavlja sve radnje.

1.2.3 Alarmni sustav - sustav koji upozorava na pojavu nedopuštenih veličina nadziranih parametara.

1.2.4 Sustav zaštite - sustav koji automatski djeluje na postrojenje kojim se upravlja, u cilju sprečavanja havarije ili ograničenja njenih posljedica.

1.2.5 Sustav indikacije - sustav za dobivanje podataka o veličini određenih fizikalnih parametara ili promjena određenih stanja.

1.2.6 Sustav automatike - skup svih komponenti automatskih sklopova, koji čine konstrukcijsku i funkcionalnu cjelinu, a služi za obavljanje određenih radnji u području nadzora, automatskog upravljanja i zaštite.

1.2.7 Sklop automatike - dio sustava koji se sastoji od komponenti sastavljenih u jednu konstrukcijsku i funkcionalnu cjelinu.

1.2.8 Komponenta automatskog sustava - najjednostavniji, samostalni element u konstrukcijskom smislu (npr. pojačalo, davač, relej, logički element i slično) koji se koristi u sustavu automatike.

1.2.9 Poziv - zahtjev za kontakt, pomoć i/ili radnju, kojega jedna osoba upućuje drugoj osobi ili skupini osoba, potpun postupak signaliziranja i dojavljivanja tog zahtjeva.

1.2.10 Prihvaćanje - ručno potvrđivanje primitka alarma ili poziva.

1.2.11 Poništavanje - ručno zaustavljanje alarma ili poziva nakon što je uzrok otklonjen.

1.2.12 Grupiranje alarma - izraz, koji znači:

.1 razmještaj pojedinih alarma na alarmnim panelima, ili pojedinačnih indikatora na indikacijskim panelima;

.2 kombiniranje individualnih alarma da se dobije jedan alarm na nekom udaljenom mjestu;

.3 razmještaj alarma po prednosti (npr. alarmi za nužnost, kritični alarmi, nekritični alarmi itd.).

1.2.13 Pad u sigurno - je princip izvedbe sustava automatizacije, po kojem najvjerojatniji kvarovi, npr. gubitak napajanja, trebaju rezultirati najmanje kritičnim od bilo kojeg mogućeg novog stanja.

1.3 OPSEG NADZORA

1.3.1 Opći zahtjevi koji se odnose na nadzor nad gradnjom, preglede i klasifikaciju brodova, kao i zahtjevi u vezi s tehničkom dokumentacijom, koja se dostavlja na uvid ili odobrenje Hrvatskom registru brodova (u daljnjem tekstu: Registar), navedeni su u Pravilima, Dio 1. - Opći propisi, odnosno u Pravilima za klasifikaciju pomorskih brodova, Dio 1. - Opći propisi.

1.3.2 Nadzoru nad izradbom, kao i nadzoru na brodu, podliježu sustavi automatike i daljinskog upravljanja, koji se odnose na slijedeća postrojenja:

1. porivni stroj,
2. vijak sa zakretljivim krilima,
3. postrojenje za proizvodnju električne energije,
4. pomoćne strojeve,
5. sustav kaljuže i balasta,
6. kompresore zraka,
7. pumpe tereta i balasta,
8. evaporatore i sustave za destilaciju,
9. sustav za otkrivanje i dojavu požara,
10. spaljivače,
11. generatore i sustave inertnog plina,
12. sustave goriva (tankovi, sustavi za pretakanje, prečistači i uređaji za grijanje)
13. separatore zauljenih voda,

14. sustave za indikaciju položaja ventila,
15. upravljačke pultove,
16. ostale razne sustave (gdje su alarmi, upravljanje i sigurnost obuhvaćeni pravilima Registra)

1.5 ISPITIVANJE SUSTAVA AUTOMATIKE

1.5.1 Svi sustavi i elementi navedeni u 1.3.2, osim pod brojem 16, moraju biti tipno odobreni od Registra.

1.5.2 Sustavi, sklopovi i komponente automatike podliježu tipnom ispitivanju prema Uputama za tipno ispitivanje električnih i elektronskih uređaja, a prema programu ispitivanja kojega je odobrio Registar.

1.5.3 Sustavi automatike se preuzimaju u tvornici prema programu proizvođača, odobrenog od strane Registra. Ova ispitivanja se obavljaju ako je sustav prethodno tipno odobren.

1.5.4 Ispitivanje sustava na brodu, u vezu i prilikom pokusne plovidbe obavljaju se prema programu ispitivanja, kojeg izrađuje brodogradilište ili brodar, a odobrava Registar.

2 SUSTAVI AUTOMATIKE

2.1 Opći zahtjevi

2.1.1 Ako se za važne strojeve ili uređaje s električnim napajanjem predviđa uz glavni izvor napajanja i napajanje iz izvora za nužnost (prema Pravilima, Dio 12. - Električna oprema) i sustav upravljanja tim strojem ili uređajem, pored glavnog, mora se napajati i iz izvora za nužnost. Prebacivanje na napajanje za nužnost mora biti automatsko i popraćeno odgovarajućim signalom.

2.1.2 Napajanje sustava upravljanja važnih strojeva i uređaja mora se izvesti s dva napojna voda. Jedan vod mora ići s glavne sklopne ploče, a drugi s najbliže razvodne ploče za bitna trošila. Prebacivanje s glavnog napojnog voda na rezervni mora biti automatsko i popraćeno odgovarajućim signalom.

2.1.3 Za napajanje alarmnog sustava i sustava zaštite mora se predvidjeti nezavisni rezervni izvor napajanja (akumulatorska baterija). Pri tome se u slučaju kvara glavnog izvora mora osigurati automatsko prebacivanje na rezervni izvor, uz odgovarajući alarm. Osim toga, mora se predvidjeti alarm o neispravnosti rezervnog izvora napajanja. Rezervni izvor napajanja alarmnog sustava mora napajati sustav u trajanju od najmanje 30 min.

2.1.4 Pri gubitku napona u krugu pomoćnog stroja koji radi, mora se predvidjeti automatsko uključivanje u rad stroja koji je u pripremi. Ovo automatsko prebacivanje mora biti popraćeno odgovarajućim alarmom.

2.1.5 Električki i elektronski automatski sustavi moraju se zaštititi tako da se omogući sigurno odvajanje električkog strujnog kruga brodske mreže od unutarnjih strujnih krugova automatskog uređaja.

2.1.6 Električni i elektronski sustavi automatike u vanjskim strujnim krugovima napajanja moraju udovoljavati zahtjevima Pravila, Dio 12. - Električna oprema.

2.1.7 Izbor kabela za međusobno povezivanje električkih i elektronskih sklopova automatike, kao i njihovo polaganje i učvršćenje mora udovoljavati zahtjevima Pravila, Dio 12. - Električna oprema.

2.1.8 Kućišta, te zaštita električkih i elektroničkih sklopova, kao i metalna obloga kabela, moraju se uzemljiti. Uzemljenje se izvodi u skladu s Pravilima, Dio 12. - Električna oprema.

Odstupanje od ovih zahtjeva dopušta se, uz suglasnost Registra, ako uzemljenje utječe negativno na rad uređaja.

2.1.9 Moraju se provesti mjere zaštite od smetnji na sustavu, koje mogu nastati od magnetnih i električnih polja.

2.1.10 Hidraulički i pneumatski sustavi automatike moraju se napajati iz dva izvora. Pri padu tlaka u sustavu ispod dopuštenog, mora se uključiti drugi izvor, koji je u pripremi, što mora biti popraćeno odgovarajućim signalom.

2.1.11 Pneumatski sustavi moraju udovoljavati Pravilima, Dio 8. - Cjevovodi.

2.1.12 Hidraulički sustavi moraju udovoljavati Pravilima, Dio 8. - Cjevovodi.

2.2 ALARMNI SUSTAV STROJARNICE

2.2.1 Ako u strojarnici postoji alarmni sustav koji, ovisno o stupnju automatizacije, signalizira kad:

.1 nadzirani parametri prijeđu dopuštene granice,

.2 dođe do gubitka napajanja pojedinih sustava,

.3 dođe do promjene drugih veličina i stanja, navedenih u ovom dijelu Pravila, on mora udovoljavati 2.2.2 - 2.2.15.

2.2.2 Sustav mora biti izveden tako da radi neovisno o upravljačkom i o sigurnosnom sustavu, te da greška ili kvar ovih sustava ne remeti rad alarmnog sustava.

2.2.3 Signalizacija neispravnosti strojeva ili uređaja kojima se daljinski upravlja, neovisno o središnjem alarmnom sustavu, mora biti na mjestu daljinskog upravljanja tim strojem, odnosno uređajem.

2.2.4 Signalizacija alarma mora biti vidna (svjetlosna) i zvučna. Pri tom se mora udovoljiti sljedećem:

(a) Vidna signalizacija na središnjem mjestu upravljanja mora pokazati na kojem je sustavu, na kojem mjestu i zbog čega je došlo do alarma.

(b) Isključenje zvučnog alarma ne smije izazvati isključenje vidne signalizacije.

(c) Alarmni sustav mora biti izveden tako, da prihvaćanje vidnih alarma bude jasno zamjetljivo.

(d) Vidna signalizacija prekida se samo ako prestane djelovati greška koja je izazvala alarm.

2.2.5 Pri pojavi trenutnog (povremenog) alarma ne smije doći do automatskog poništenja alarma nakon prestanka djelovanja greške, bez faze prihvaćanja alarma.

2.2.6 Prihvaćanjem alarma na zapovjedničkom mostu, ili na nekom drugom mjestu gdje se alarm prenosi, ne smije doći do poništenja zvučnog i vidnog alarma na središnjem upravljačkom mjestu i u strojarnici.

2.2.7 Alarmi u strojarnici moraju se jasno razlikovati od ostalih zvučnih alarma (tj. požara, općeg alarma i sl.).

2.2.8 Bez obzira na broj postojećih alarma, svaki novi alarm mora se registrirati u skladu s 2.2.4 i 2.2.5.

2.2.9 Alarmni sustav mora u normalnom radu imati mogućnost ispitivanja unutarnjih i vanjskih krugova. Svaka neispravnost mora se signalizirati.

Pri tome je potrebno izabrati prikladne i pristupačne položaje, na kojima će se osjetnici moći ispitati, a da se pri tom ne poremeti rad strojeva u strojarnici.

2.2.10 Isključivanje alarmnog sustava ili blokiranje pojedinih dijelova, mora se jasno signalizirati.

2.2.11 Za prijenos na neka daljinska mjesta alarmi se mogu grupirati. Pri tome moraju postojati najmanje dvije skupine, gdje trebaju biti odvojeni kritični od nekritičnih alarma. U slučaju više skupina alarma, u istoj skupini ne smiju biti zajedno kritični i nekritični alarmi. Skupine kritičnih alarma moraju imati signalizaciju crvene boje. Popis obveznih kritičnih alarma naveden je na Tablici 4.1.

2.2.12 Svaki alarmni sustav treba se moći samonadzirati. Koliko je moguće, svaki kvar alarmnog sustava treba izazvati njegovu proradu.

2.2.13 Ako je jedan alarm potvrđen, a drugi kvar nastane prije nego se prvi otkloni, zvučni i vidni alarm moraju se ponovo uključiti.

2.2.14 Jedan video pokazivač s tastaturom ne smije biti jedino sredstvo komuniciranja s alarmnim sustavom. Rezervno sredstvo komuniciranja mora se napajati iz rezervnog izvora električne energije.

2.4 SUSTAVI ZAŠTITE

2.4.1 Sustav zaštite mora proraditi automatski pri pojavi greške koja može izazvati oštećenje, odnosno uništenje stroja ili uređaja koji se štiti. Sustavi zaštite trebaju osigurati ne samo sigurnost strojeva i pripadne instalacije, već i sigurnost broda u cjelini. Ako u strojarnici postoji sustav zaštite, on mora udovoljavati zahtjevima u 2.4.2 do 2.4.13.

2.4.2 Sustav zaštite može djelovati na jedan od slijedećih načina:

1. ponovno uspostaviti normalno stanje (npr. uključenje u rad stroja u pripremi pri padu tlaka sredstva za podmazivanje);
2. prilagoditi rad stroja ili uređaja nastaloj situaciji (npr. smanjiti opterećenje stroja);
3. strojeve i kotlove zaštititi od kritičnih stanja, zaustavljanjem strojeva, odnosno prekidom dotoka goriva kotlovima.

2.4.3 Ako se automatskim radom zaštite može dovesti u pitanje sigurnosti broda u cjelini, treba predvidjeti mogućnost isključenja zaštite.

Za čitavo vrijeme dok je zaštita isključena, mora postojati svjetlosni signal crvene boje, koji se ne može potpuno zatamniti.

Zaštita mora biti tako izvedena, da se nju može isključiti samo svjesnom radnjom (ne slučajno).

2.4.4 Mora postojati kontrola ispravnosti sustava zaštite, a slučaj neispravnosti (kao npr. kratki spoj, spoja na masu, izgaranje osigurača, prekid kruga i slično) mora se alarmirati.

2.4.5 Sustav zaštite mora biti što neovisniji, odnosno odvojen od sustava upravljanja i alarmnog sustava, pri čemu se moraju predvidjeti i odvojeni osjetnici.

Zajednički osjetnici mogu se prihvatiti za:

- koncentraciju uljnih para u prostoru koljena,
- temperaturu ležaja,
- temperaturu rashladnog sredstva svakog klipa (ili protok),
- temperaturu ispušnih plinova (jedinica za srednju vrijednost, može biti, također zajednička),
- požar u sustavu ispirnog zraka,
- podmazivanje cilindara.

U slučaju greške zajedničkog osjetnika mora se predvidjeti alarm.

Sustav zaštite namijenjen za radnje navedene u 2.4.2.3, mora biti potpuno neovisan, odvojen od sustava upravljanja i alarmnog sustava.

2.4.6 Sustavi zaštite pojedinih strojeva ili uređaja moraju međusobno biti potpuno neovisni. Greška u jednom sustavu ne smije utjecati na rad drugog sustava.

2.4.7 U slučaju da zaštita proradi, mora postojati način za utvrđivanje uzroka.

2.4.8 Ako djelovanjem zaštite dolazi do zaustavljanja stroja, ne smije se dopustiti mogućnost automatskog pokretanja stroja nakon prestanka greške, prije nego što se ručno oslobode uređaji za automatsko zaustavljanje (*manual reset*).

2.4.9 U slučaju greške ili gubitka napajanja na sustavu zaštite ne smije doći do zaustavljanja, odnosno promjene uvjeta rada stroja ili uređaja koji se zaštićuje. O svakom odstupanju od ovog zahtjeva Registar razmatra i odlučuje posebno.

2.4.10 Gubitak osnovnog ili rezervnog napajanja sustava zaštite mora biti alarmiran na svim mjestima daljinskog upravljanja.

2.4.11 Kad proradi sustav zaštite, to mora biti alarmirano na svakom mjestu upravljanja, a isto tako i preko alarmnog sustava strojarne (ako postoji).

2.4.11 Da bi spriječili neželjeni prekidi rada strojeva, sustav zaštite mora djelovati odmah nakon prorade alarmnog sustava, ovim redoslijedom:

- pokrenuti jedinicu u pripremi,
- smanjiti opterećenje ili provesti zaustavljanje, tako da se prije izvrši manje drastična radnja (SLD, pa SHD).

2.4.12 Sustav treba projektirati slijedeći princip "pada u sigurnost" (*fail safe*). To svojstvo ne temelji se samo na svojstvima sustava zaštite s pripadnim strojevima, nego i na svojstvima instalacije strojarne i instalacije broda u cjelini.

2.5 SUSTAVI DALJINSKOG I DALJINSKOG AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA

2.5.1 Opći zahtjevi

2.5.1.1 Sustavi daljinskog automatskog upravljanja pojedinim strojevima ili uređajima moraju biti međusobno neovisni.

2.5.1.2 Kod istovremenog daljinskog automatskog upravljanja s više strojeva ili uređaja (npr. pogonski strojevi, električki agregati, kotlovi i sl.) dopušta se vezano upravljanje, ali o svakom pojedinom slučaju posebno razmatra i odlučuje Registar.

2.5.1.3 Sustavi daljinskog upravljanja, koji obuhvaćaju automatski rad strojeva ili uređaja moraju imati takve karakteristike koje odgovaraju njihovim dinamičkim svojstvima, pouzdano raditi u čitavom radnom području. Nadalje, moraju biti tako izvedeni, da pri normalnoj upotrebi ne dopuštaju preopterećenje strojeva ili uređaja kojima se upravlja.

2.5.1.4 Mora se predvidjeti pouzdan način prebacivanja s automatskog na ručno upravljanje, tako da bilo koja neispravnost automatskog sustava ne utječe na siguran rad ručnog upravljanja, bilo sa središnjeg ili lokalnog mjesta upravljanja.

2.5.1.5 Na svakom lokalnom mjestu upravljanja mora postojati mogućnost poništenja daljinskog i automatskog upravljanja.

2.5.1.6 Ako se nekim strojem može upravljati daljinski s više mjesta, mora postojati signalizacija o tome s kojeg se mjesta momentalno upravlja. U određenom vremenu dopušta se upravljanje samo s jednog mjesta.

Prebacivati mjesto upravljanja dopušteno je samo sa središnjeg mjesta upravljanja.

2.5.1.7 Na daljinskom mjestu upravljanja mora postojati potreban broj instrumenata i indikacija koji pokazuju da sustav funkcionira ispravno, i koji omogućuju sigurno upravljanje strojem ili uređajem.

2.5.1.8 Daljinsko mjesto upravljanja mora imati signalizaciju gubitka napona napajanja i automatskog prebacivanja na rezervni izvor napajanja (ako postoji).

2.5.2 Daljinsko upravljanje porivnim strojem sa zapovjedničkog mosta (upravljanje sa mosta)

2.5.2.1 U svim uvjetima plovidbe, uključujući manevriranje, mora se omogućiti potpuno upravljanje sa zapovjedničkog mosta brzinom stroja, smjerom brodskog vijka i (ako je izvedivo) zakretanjem lopatica.

2.5.2.2 Sustav daljinskog upravljanja na zapovjedničkom mostu, osim udovoljavanje zahtjevima navedenim u Pravilma, Dio 7. - Strojni uređaj, poglavlje 1.8, mora imati:

1. skupne alarme (ili alarm) greške na porivnom stroju;
2. poseban alarm greške na sustavu daljinskog upravljanja;
3. alarm gubitaka napajanja sustava daljinskog upravljanja;
4. sustav komuniciranja sa središnjim mjestom upravljanja;
5. signalizaciju da je proradila zaštita zaustavljanja porivnog stroja;
6. signalizaciju da je proradila zaštita smanjenjem opterećenja porivnog stroja;
7. mogućnost isključenja automatskog programa u nužnosti i premoštenja ograničenja najveće dopuštene brzine vrtnje;
8. signalizaciju da je automatski program isključen;
9. signalizaciju neuspjelog pokretanja porivnog stroja;
10. provjeru ispravnosti svetlosne i zvučne signalizacije.

2.5.2.3 Svi alarmi, signalizacija i rasvjeta, navedeni u točki 2.5.2.2, osim u stavci 4, ne smiju se moći potpuno zatamnjeti.

2.5.2.4 Sustav komuniciranja sa središnjim mjestom upravljanja mora imati:

- .1 neposrednu dvostranu govornu vezu, neovisnu o napajanju iz brodske mreže;
- .2 strojni telegraf (može biti dio sustava automatskog daljinskog upravljanja);
- .3 signalizaciju o mjestu s kojeg se upravlja;
- .4 signalizaciju o zahtjevu prebacivanja mjesta upravljanja.

2.5.2.5 Sve navedeno u 2.5.2.2, mora biti i na središnjem mjestu upravljanja.

2.5.2.6 Isključivanje sustava zaštite, automatskog programa i zaustavljanje stroja u nužnosti, treba biti tako izvedeno, da se ne mogu nehotice aktivirati.

2.5.2.7 Daljinsko upravljanje navedeno u 2.5.2.1, mora se u pravilu izvesti s pomoću zasebnog upravljačkog uređaja pripadnih službi, uključujući, gdje je potrebno, opremu za sprečavanje preopterećenja i produženog rada u kritičnim brzinama porivnog stroja.

2.5.2.8 Sustav upravljanja s mosta mora biti neovisan o drugim prijenosnim sustavima; međutim, može se prihvatiti jedna upravljačka ručica za dva sustava.

2.5.2.9 Radnje koje se odvijaju redosljedom prema podešavanju uređaju za upravljanje s mosta, uključujući reverziranje iz najveće brzine u plovidbi naprijed, u slučaju nužnosti moraju se izvesti automatskim redosljedom, uz vremenske razmake prihvatljive za strojeve.

2.5.2.10 Na zapovjedničkom mostu potrebno je izvesti uređaj za zaustavljanje glavnog porivnog stroja, u nužnosti, neovisno o sustavu upravljanja s mosta. Proces zaustavljanja stroja u nužnosti mora biti potpuno neovisan o sustavu normanog upravljanja, i mora se napajati iz posebnog izvora napajanja.

2.5.2.11 Daljinsko upućivanje porivnog stroja mora biti automatski spriječeno, ako postoji opasnost za oštećenja strojeva, primjerice ako je uključen uređaj za okretanje vratila, ili je pao tlak ulja za podmazivanje.

2.5.2.12 Za parne turbine potrebno je osigurati uređaj za okretanje vratila, koji se uključuje automatski ako je turbina bila zaustavljena dulje nego je to dopušteno. Ako postoji mogućnost lokalnog upravljanja tim uređajem, ne zahtijeva se automatski rad.

2.5.2.13 Sustav upravljanja s mosta mora biti tako izveden da se u slučaju njegove greške javi alarm. U tom se slučaju mora održati brzina i smjer brodskog vijka dok se ne prijeđe na lokalno upravljanje, ako to nije nepraktično. Posebno, gubitak snage (električke,

pneumatske, hidrauličke) ne smije izazvati znatne i nagle promjene snage poriva ili smjera okretanja broskog vijka.

2.5.2.14 Broj automatskih uzastopnih pokušaja u postupku upućivanja mora biti ograničen, da bi se održao dovoljan tlak zraka za pokretanje. Potrebno je predvidjeti alarm razine tlaka upućivanja do koje je još uvijek moguće upućivanje glavnog stroja.

2.5.2.15 Upravljački sustav mora osigurati da pri prebacivanju mjesta upravljanja ne dođe do znatne promjene stanja broskog vijka.

3.PROGRAMLJIVI ELEKTRONIČKI SUSTAVI (PES)

3.1. OPĆI ZAHTJEVI

3.1.1 Zahtjevi ovog poglavlja primjenjuju se na programljive elektroničke sustave (PES) koji poslužuju uređaje i sustave zaštite, upravljanja i alarmiranja koji se nalaze pod nadzorom Registra.

3.1.2 Radne karakteristike i sigurnosna cjelovitost sustava upravljanja, zaštite i alarmiranja temeljenih na PES moraju biti pažljivo procijenjeni i dokumentirani glede funkcijskih zahtjeva. Posebnu pažnju treba posvetiti smanjenju rizika od zajedničke greške koja utječe na funkcije sustava automatskog upravljanja, zaštite i alarmiranja.

3.1.3 Neposredni rad PES koji poslužuju glavne funkcije, kao što su poriv, kormilarenje, proizvodnja energije, otkrivanje i gašenje požara, isušivanje i isumpavanje kaljuže, balastiranje ili sidrenje i vez broda, ne smiju ovisiti o radu magnetnog diska ili drugog magnetnog sredstva za pohranu podataka.

3.1.4 Vrijeme potrebno za povratak PES u rad nakon kvara treba biti prilagođeno zahtjevima za rezervu sustava kojeg poslužuju.

3.1.5 Neispravnost PES ne smije dovesti priključenu opremu ili čitav brod u stanje havarije.

3.2 OPSEG NADZORA

3.2.1 Opći zahtjevi o nadzoru i pregledu navedeni su u Pravilima, Dio 1. - Opći propisi, Odjeljak 5.

3.2.2 Programljiva elektronička oprema mora biti tipno odobrena od strane Registra. Alternativno se, kao dokaz, može prihvatiti pozitivno iskustvo u radu u brodskim uvjetima.

3.2.3 Ako nije drugačije dogovoreno, PES se moraju u prisutnosti Registra ispitati u tvornici prije instaliranja na brod. Ispitivanje se temelji na odobrenom programu ispitivanja, a treba sadržavati funkcijska ispitivanja, kao i simuliranje kvarova, kako vanjskih tako i unutarnjih.

3.3 TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA PES-SKLOPOVSKU OPREMU

3.3.1 Funkcije upravljanja, alarmiranja i zaštitnog zaustavljanja moraju se izvesti tako da jedan jedini kvar ili greška elektroničke opreme ne utječe na više od jedne od ovih funkcija. To se može postići izborom posebne opreme za svaku od ovih funkcija, koja treba činiti jednostruk sustav, ili osiguranjem rezervne opreme, ili na drugi prikladan način. Ako PES ima funkcije koje nemaju u rezervi ožičene sustave, potrebno je provesti analizu i pokazati da su PES pouzdani najmanje koliko i ožičeni sustavi.

3.3.2 Ako je osigurana rezervna oprema, način prebacivanja na nju mora biti tako izveden da spriječi grešku rezervnog elektroničkog sustava i strojeva kojima se upravlja.

3.3.3 Sustav treba izvesti s mogućnošću samonadzora, a kvar koji može izazvati grešku sustava mora se alarmirati. Potrebno je nadzirati i opremu u radu i opremu u rezervi.

3.3.4 Sustav treba izvesti tako da u slučaju prekida normalnog napajanja, automatski radi na rezervnom napajanju. Programi i podaci u PES ne smiju biti oštećeni u slučaju prespajanja ili prekida napajanja.

3.3.5 Bilo koja greška napajanja PES mora se alarmirati.

3.3.6 Informacija o nekom alarmu mora imati prednost pred bilo kojom drugom informacijom na displeju. Najbolje je ako se alarm koji se zadnji pojavio navede prvi u popisu alarma.

3.3.7 Nadzor nad kvarovima treba:

a) osjetiti grešku sustava koja može izazvati trenutnu i neprihvatljivu promjenu karakteristika sustava;

b) davati upozorenje radnom osoblju;

c) osigurati nedvosmislenu identifikaciju oštećenog dijela sustava.

3.3.8 Memorijski prostor za podatke i programe mora biti zaštićen ili nadziran, da bi se spriječilo da se sadržaj memorije uništi uslijed greške sklopovske ili programske opreme.

3.4 TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA PES-PROGRAMSKU OPREMU

3.4.1 Mora se osigurati kontrola prava pristupa programima i podacima.

3.4.2 Promjene programa koje mogu utjecati na karakteristike sustava, smije izvoditi samo ovlaštena osoba, koristeći pri tome prekidač s bravicom, identifikacijsku karticu, lozinku, ili drugi odobreni način.

3.4.3 Pristup operativnom sustavu PES mora biti strogo ograničen, i svaka izmjena programa ili podataka koja nije dio normalnog radnog postupka, mora biti odobrena od strane Registra.

3.4.4 Izrada programske opreme, kodiranje, mijenjanje, integracija i ispitivanje se mora izvesti prema prihvaćenim nacionalnim i međunarodnim normama za upravljanje kakvoćom.

3.5 LOKALNE MREŽE

3.5.1 Topologija mreže treba biti takva da u slučaju greške između čvorova ili u jednom čvoru, sustavi na mreži nastave rad, te da se nastavi prijenos podataka.

3.5.2 Protokolima treba osigurati potpunost protoka podataka u mreži. Nadalje, programska oprema u kompjutorima treba biti takva da se može obaviti završnu kontrolu valjanosti podataka i time osigurati da se u prijemnom čvoru ne prihvate oštećene informacije.

3.5.3 Mreža mora biti sposobna prenijeti najveću količinu podataka koja se može pojaviti bez pojave neprihvatljive dužine čekanja podataka, ili sudara podataka.

Uputa:

Potrebno je pažljivo procijeniti utjecaj vremenskog kašnjenja kojeg stvara mreža ako izvršava kritične funkcije (tj. upravljanje u zatvorenoj petlji u realnom vremenu, alarm i sigurnosno zaustavljanje). Da bi spriječili moguće probleme, preporučuje se ostaviti kritične funkcije odvojeno od mreže, ako se ne može pokazati da je vremensko kašnjenje zanemarivo u odnosu na vrijeme koje se zahtijeva na odziv tražene funkcije.

3.5.4 Mreža mora biti takva da, pri ispadu vodeće jedinice, ostanu sačuvane osnovne funkcije sustava automatizacije kojeg mreža posluhuje.

3.5.5 Treba omogućiti umetanje i izdvajanje čvorova iz mreže bez prekida normalnog rada mreže.

3.5.6 Mreža mora biti sposobna ostvariti dodatne komunikacijske veze između čvorova kada glavne funkcije (nabrojane u točki 3.1.3), mogu biti ugrožene greškom u jednostrukoj komunikacijskoj vezi.

Dodatne komunikacijske veze moraju biti na odgovarajući način odijeljene od drugih, da se osigura da jedan incident kao npr. požar ne može izazvati prekid obiju veza.

3.5.7 Treba osigurati nadzor nad korištenjem mreže, praćenjem kvarova i drugih parametara potrebnih za ocjenu karakteristika mreže. Nađena greška mora se alarmirati.

3.6 POSTAVLJANJE PES NA BRODOVIMA

3.6.1 Sklopovsku opremu PES i komunikacijske veze u lokalnoj mreži treba na odgovarajući način izvesti i zaštititi od klimatskih, mehaničkih, elektromagnetskih i toplinskih utjecaja, koji ih mogu oštetiti ili promijeniti njihove karakteristike izvan prihvatljivih granica.

Koliko je moguće, komunikacijske veze u lokalnoj mreži treba voditi odvojeno.

Opis mjera zaštite od gore spomenutih utjecaja mora biti dio dokumentacije sustava, i mora se odobriti od strane Registra.

2.2 DALJINSKO UPRAVLJANJE GLAVNIM STROJEM

Pod daljinskim automatskim upravljanjem podrazumijeva se upravljanje s pomoću kojeg možemo daljinski zadavati željeni režim rada strojevima, djelovati na upravljački (izvršni) element (npr. regulacijsku polugu ili ručicu), a koji dalje samostalno i automatski (bez posredovanja čovjeka) obavlja sve radnje.

BCS 200 (Bridge Control System)

Sustav BCS 200 proizvod je suradnje švedske firme ASEA i naše firme Končar.

Daljinsko automatsko upravljanje porivnog motora ostvaruje se iz upravljačke sobe strojarnice (CRC - Control Room Control) ili s komandnog mosta (BC - Bridge Control). Daljinsko upravljanje s razine upravljačke sobe strojarnice ostvaruje se posredstvom upravljačke pneumatike, koja ujedno osigurava potrebne blokadne i zaštitne akcije na stroju. Pomoću regulacijske ručice i odgovarajuće instrumentacije (signalizacije) na upravljačkom pultu moguće je daljinsko izvršavanje svih operativnih zahvata u skladu s naredbama dobivenim preko brodskog telegrafa s komandnog mosta. Na ovaj sustav automatskog upravljanja nadograđuje se sustav daljinskog automatskog upravljanja stroja (BC). Prebacivanje u ovaj mod rada sustava obavlja se preklopom BC/CRC na pultu osnovnog upravljačkog mjesta (CRC).

U slučaju ispada (kvara) normalnog pneumatskog sustava upravljanja, regulatora ili njegove elektronike, strojem se može upravljati s lokalnog pulta upravljanja u nuždi, koji je smješten u samoj strojarnici. U tom slučaju, ručno se odspaja regulator od pumpi goriva, a neposrednim ručnim djelovanjem na regulacijsko kolo obavlja se promjena položaja regulacijske osovine i preko nje se upravlja pumpama goriva. Djelovanjem preko lokalne upravljačke automatike osiguravaju se osnovne blokadne i zaštitne funkcije.

Lokalni instrumenti i signalizacija osiguravaju punu mogućnost lokalnog upravljanja (u nuždi) i izvršavanje svih potrebnih operacija sa strojem. Razini lokalnog upravljanja naredba se daje s komandnog mosta, putem telegrafa, uz obveznu potvrdu prijema naredbe.

Osnovne funkcije BCS sustava

- naredbodavna komunikacija između komandnog mosta i kontrolne sobe strojarnice i same strojarnice,
- automatsko upućivanje, zaustavljanje i reverziranje glavnog stroja,
- zadavanje postavne vrijednosti snage (brzine) stroja,
- vođenje stroja u zadani režim (vremenski program s promjenljivim gradijentima promjene brzine stroja) tj. opterećivanje/rasterećivanje stroja, obrada kritične brzine (brz prolaz kroz područje kritične brzine stroja), generiranje adekvatnog signala za regulator brzine (Woodward PGA),
- zaštitne funkcije (shut down i slow down),
- alarmne funkcije,
- ostale pomoćne funkcije.

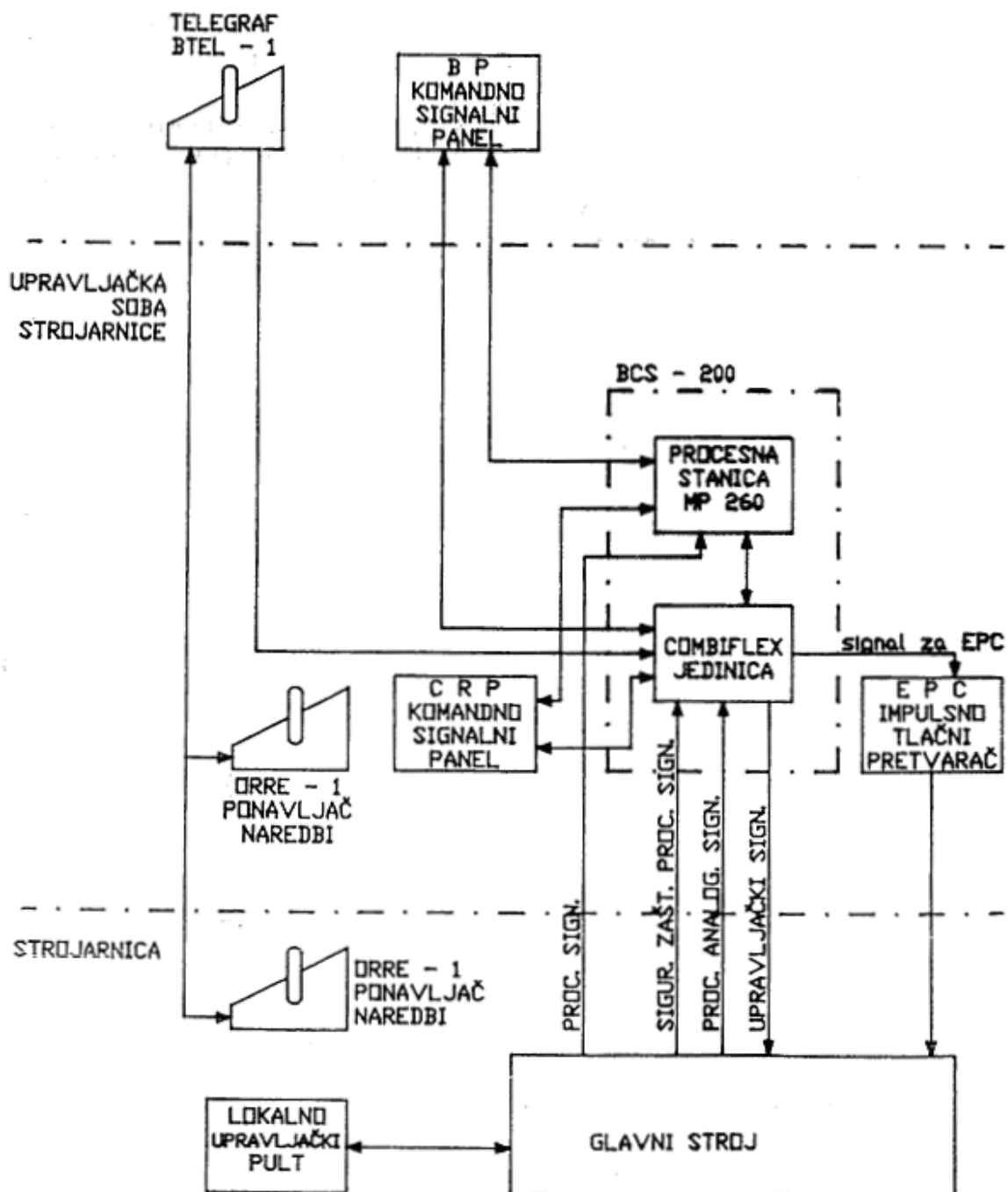
IZVEDBA BCS SUSTAVA

Pojednostavljena shema na slici 2.1 prikazuje osnovne jedinice sustava BCS 200 s kojima se realiziraju potrebne upravljačke i signalizacijske funkcije:

- komandno signalizacijski paneli na komandnom mostu (Bridge panel) i upravljačkoj sobi (Control Room Panel),

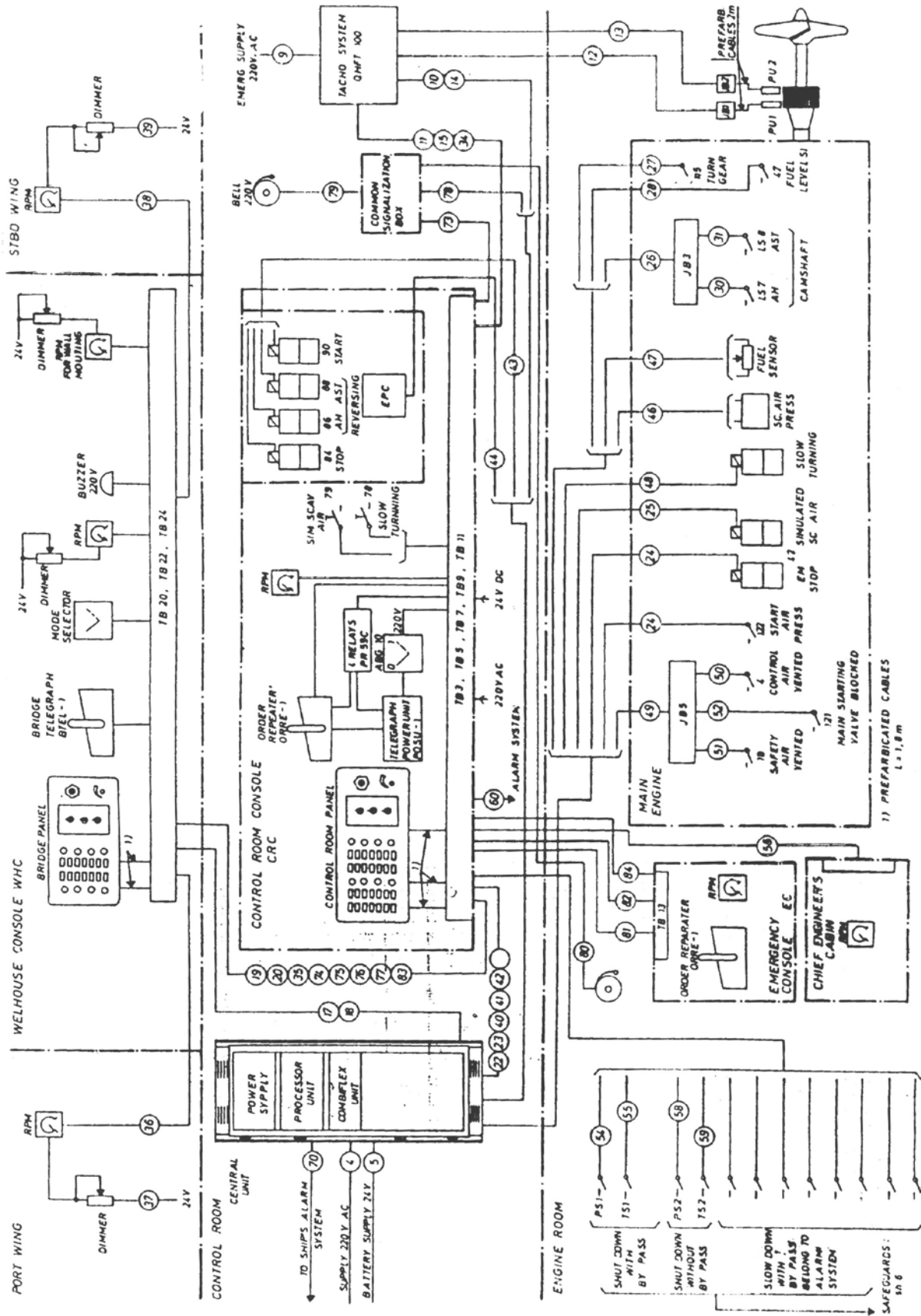
- sustav brodskog telegrafa s ponavljačima,
- taħo jedinica s instrumentima za pokazivanje broja okretaja motora,
- centralna jedinica upravljanja (ormar s elektronikom),
- razni osjetnici (senzori), solenoid ventili i elektropneumatski pretvornik (EPC),
- jedinice za napajanje.

KOMANDNI MOST

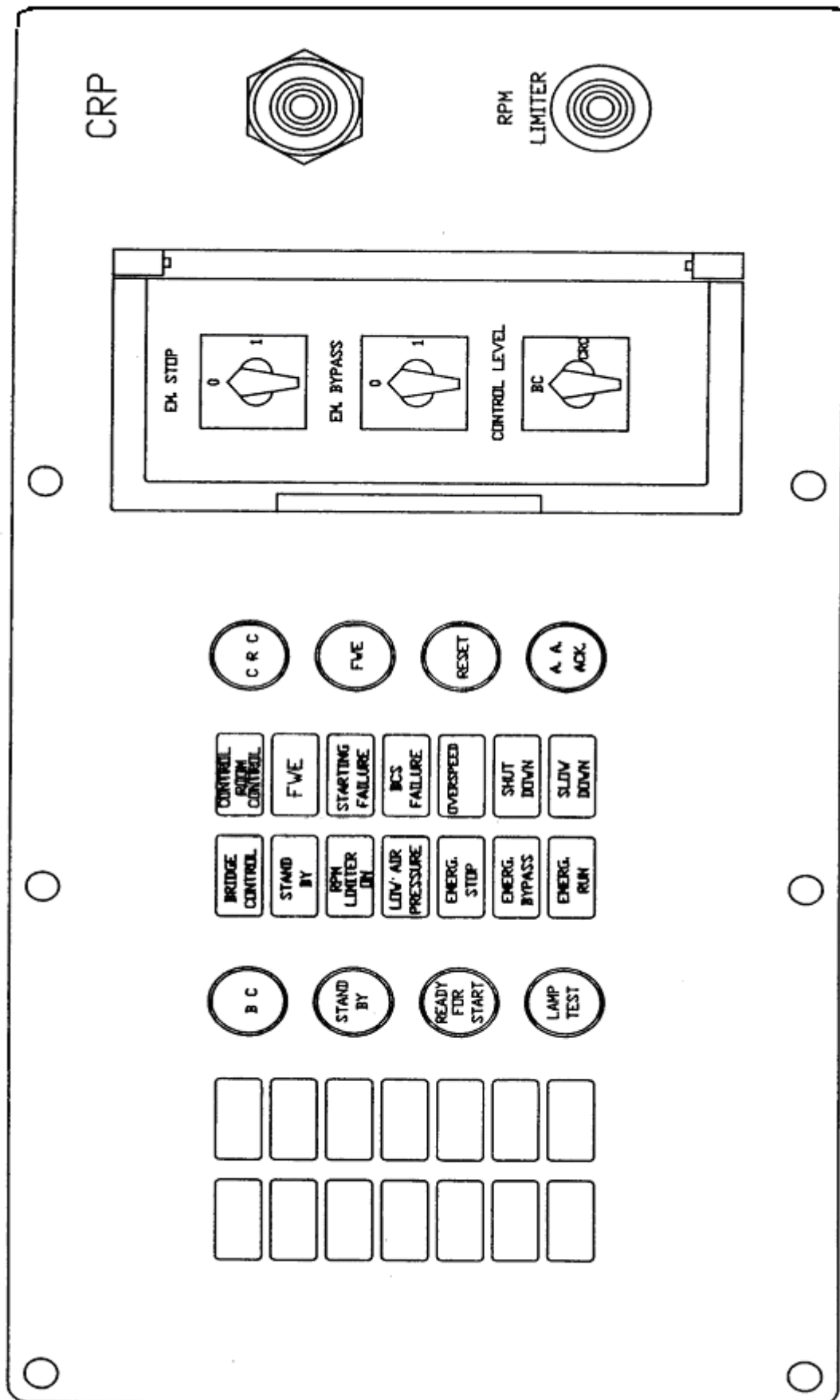


Slika 2.1 Strukturna blok shema sustava BCS 200

Detaljnija shema sustava BCS 200 s povezivanjem elemenata pokazana je na slici 2.2.



Slika 2.2 Shema povezivanja komponenti sustava BCS 200



Slika 2.3 Upravljačko-signalizacijski panel (CRP) sustava BCS-a u kontrolnoj sobi

Upravljačko-signalizacijski paneli na mostu (BP) i u upravljačkoj sobi strojarnice (CRP) su skoro identični. CRP (slika 2.3) je proširen dodatnim dijelom za indikaciju stanja procesnih signala. Naredbodavna komunikacija izvodi se pomoću tipkala, preklopki, te indikacijskih lampica.

Sustav telegrafa TESHY-1 sastoji se od telegrafa na mostu (BTEL-1), ponavljača naredbi (ORRE-1) u upravljačkoj sobi strojarnice i strojarnici, selektora moda rada (BC/CRC) i jedinice napajanja.

Taħo jedinica QHFT 100 preko impulsnih davača brzine vrtnje stroja (induktivne sonde pick-up tipa) koji se fiksiraju u blizini zubaca zamašnjaka (cca 1,5 mm) stalno prati stvarnu brzinu stroja. Impulzni davači, tj. pick-up sonde se montiraju s 45 - 90 stupnjeva faznog pomaka radi detekcije smjera vrtnje stroja. Taħo jedinica se temelji na 8-bitnom mikroprocesoru iz serije Motorola 6800 i 4 kB PROM memorije s pridruženim programom za obradu signala brzine, te priključne jedinice koja za sve ulaze i izlaze sadrži priključne stezaljke, osigurače i komponente za potiskivanje utjecaja smetnji. Rezolucija za signale brzine je 0,1%, a stvarna pogreška manja je od 1%.

CENTRALNA JEDINICA sustava BCS 200 sastoji se iz:

- procesne stanice MP 260,
- okvira s COMBIFLEX modulima,
- spojnih jedinica s osiguračima i komponentama za potiskivanje smetnji,
- priključnih stezaljki,
- jedinice napajanja i razvoda napajanja.

Procesna stanica MP 260 bazirana je na 16-bitnom mikroprocesoru iz serije Motorola 68000. Svi funkcijski moduli smješteni su u 19" montažni okvir. Svi moduli međusobno su povezani paralelnim informacijskim sabirnicama na stražnjoj strani montažnog okvira. Sistemski softver upisan je na PROM memorijama procesne stanice, a aplikacijski softver se preko pomagala za programiranje upisuje u RAM memoriju s baterijskim back-up.

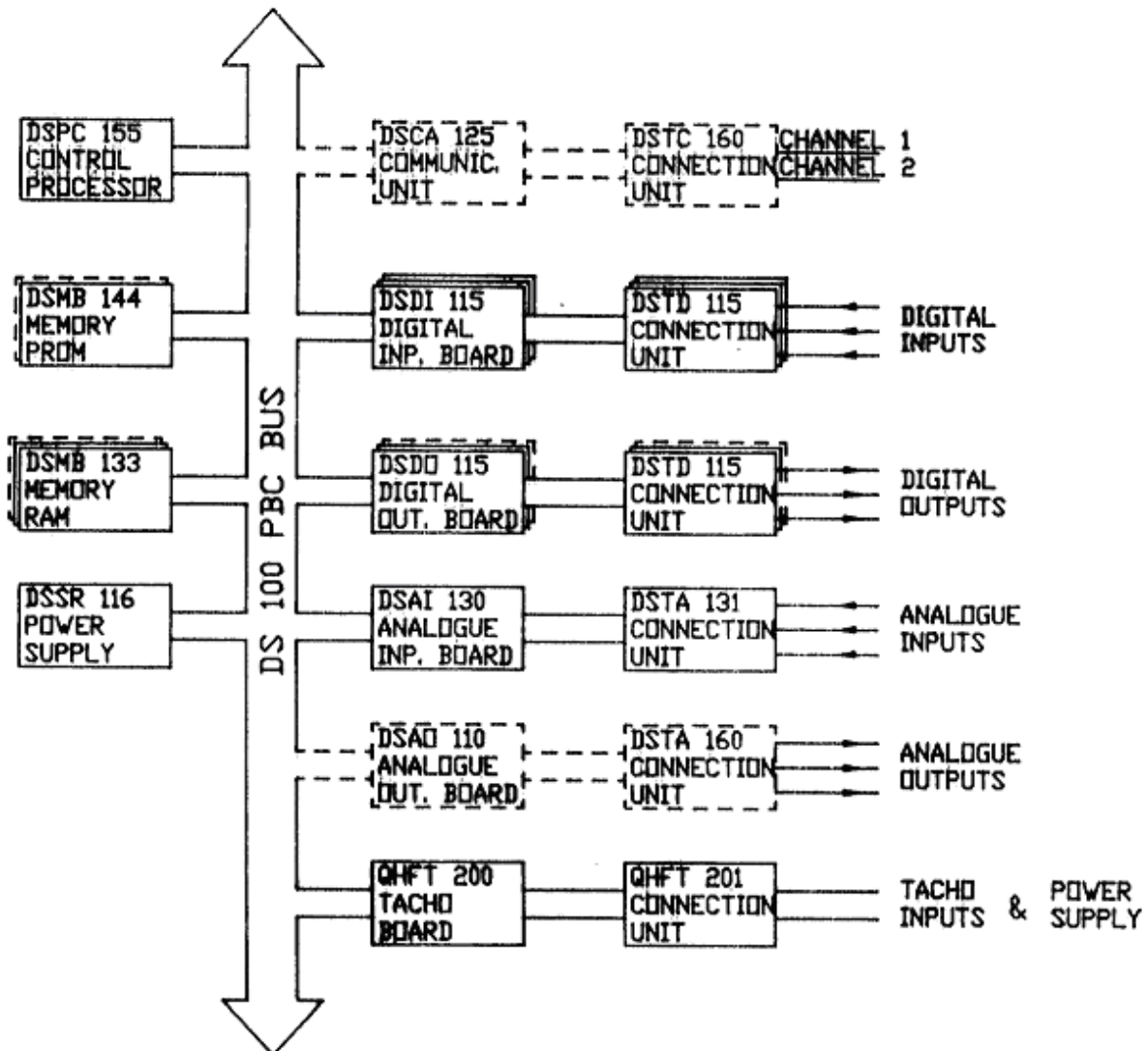
Veza procesne stanice prema procesu ostvaruje se preko ulazno-izlaznih modula i spojnih jedinica (slika 2.4).

Dodavanjem standardnih komunikacijskih jedinica, moguće je preko MasterBus sabirnice osigurati vezu sustava s drugim sličnim sustavom na brodu ili preko serijske veze RS 232 s vanjskim računalima. Nadzor i funkcioniranje procesne stanice odvija se automatski na razini modula i funkcionalnih cjelina, a greške (kvarovi) se indiciraju pomoću LED indikatora na prednjim stranama modula.

COMBIFLEX jedinica se sastoji iz dva modula:

1. dio za napajanje i prilagođenje (modul za napajanje +/- 15 V i +/- 24 V, modul za dvosmjerni pogon sinkronog motora za EPC, modul za prilagođenje i pojačanje analognih signala),
2. sigurnosno-zaštitnog dijela (modul za osnovnu obradu sigurnosno-zaštitnih signala, modul za prihvāt i osnovnu obradu zvučnih signala, modul za formiranje signala za slučaj kvara BCS sustava, tj. signala "BCS Failure chain", modul za nadzor prekida i kratkih spojeva digitalnih (binarnih) ulaza i izlaza i zaštite od kratkog spoja).

Sustav BCS 200 se napaja vanjskim naponom 220 V, 50/60 Hz i baterijskim napajanjem od 24 V. Taħo jedinica se zasebno napaja.



Slika 2.4 Centralna stanica MP 260 s ulazno/izlaznim modulima

Vrlo važna komponenta procesne stanice MP 260 jest njena karakteristična programska procesna podrška odnosno aplikacijski softver, koji je razvijen programskim jezikom visoke razine "Process Control", pogodnim za on-line način rada.

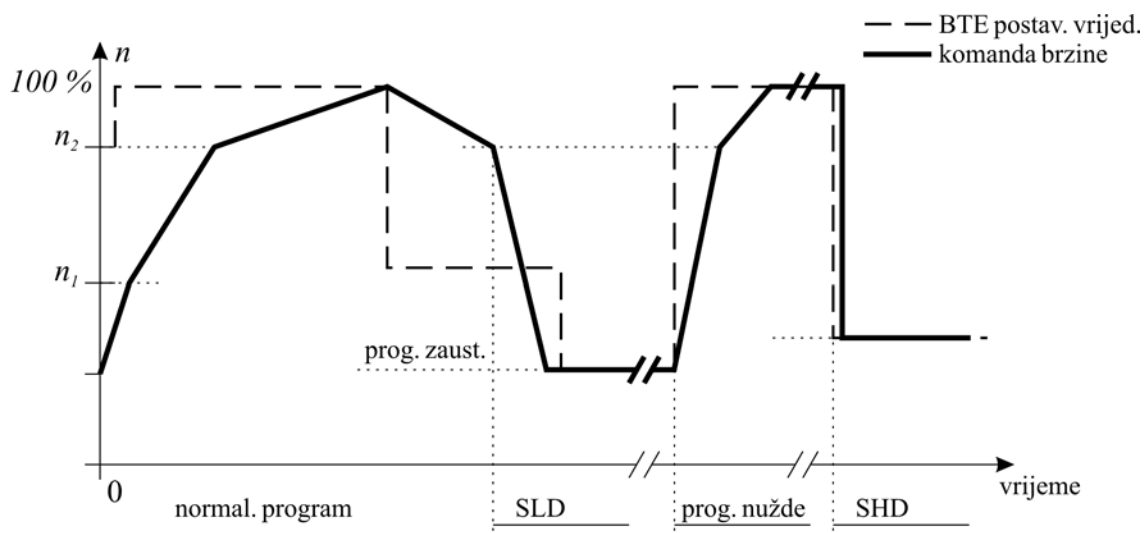
Funkcijski modul za upućivanje, zaustavljanje i preketanje glavnog stroja omogućava da se te radnje obave automatski, pomicanjem ručice telegrafa na komandnom mostu preko elektroničkog i pneumatskog dijela sustava. Izvršno djelovanje prema stroju ostvaruje se preko odgovarajućih elektropneumatskih solenoid ventila (vidi sl. 2.2): START - upućivanje, STOP - zaustavljanje, AH i AST - preketanje za vožnju naprijed ili nazad, SLOW TURNING - sporo okretanje, HEAVY START - teško upućivanje, EM. STOP - zaustavljanje u nuždi.

Modul za upućivanje, zaustavljanje i preketanje osigurava i slijedeće mogućnosti:

- izbor i postavljanje parametara upućivanja (lagano, normalno, teško),
- detekciju i memoriranje neuspjelih pokušaja upućivanja (do tri neuspjela pokušaja),
- definiranje pauze između pojedinih pokušaja upućivanja (za to vrijeme blokirano je gorivo i zrak za upućivanje),
- alarm i detekciju uzroka u slučaju neuspjelog upućivanja (predugo trajanje uputnog/kočjećeg zraka, signal jednog punog okretaja motora u unaprijed određenom vremenu nije dobiven).

Nakon uspješnog upućivanja, kontrolu nad opterećivanjem broskog stroja preuzima program postupnog opterećivanja / rasterećivanja tako da obavlja vremensko vođenje postavne vrijednosti regulatora brzine vrtnje ovisno o iznosu zadanom ručicom broskog telegrafa i modu (režimu) rada (manevar ili otvoreno more, stanje mora, vjetra i sl.).

Program obavlja promjene opterećenja stroja prema unaprijed definiranim gradijentima brzine (ubrzavanje ili usporavanje) sukladno preporukama proizvođača motora za pojedine režime rada (slika 2.5).



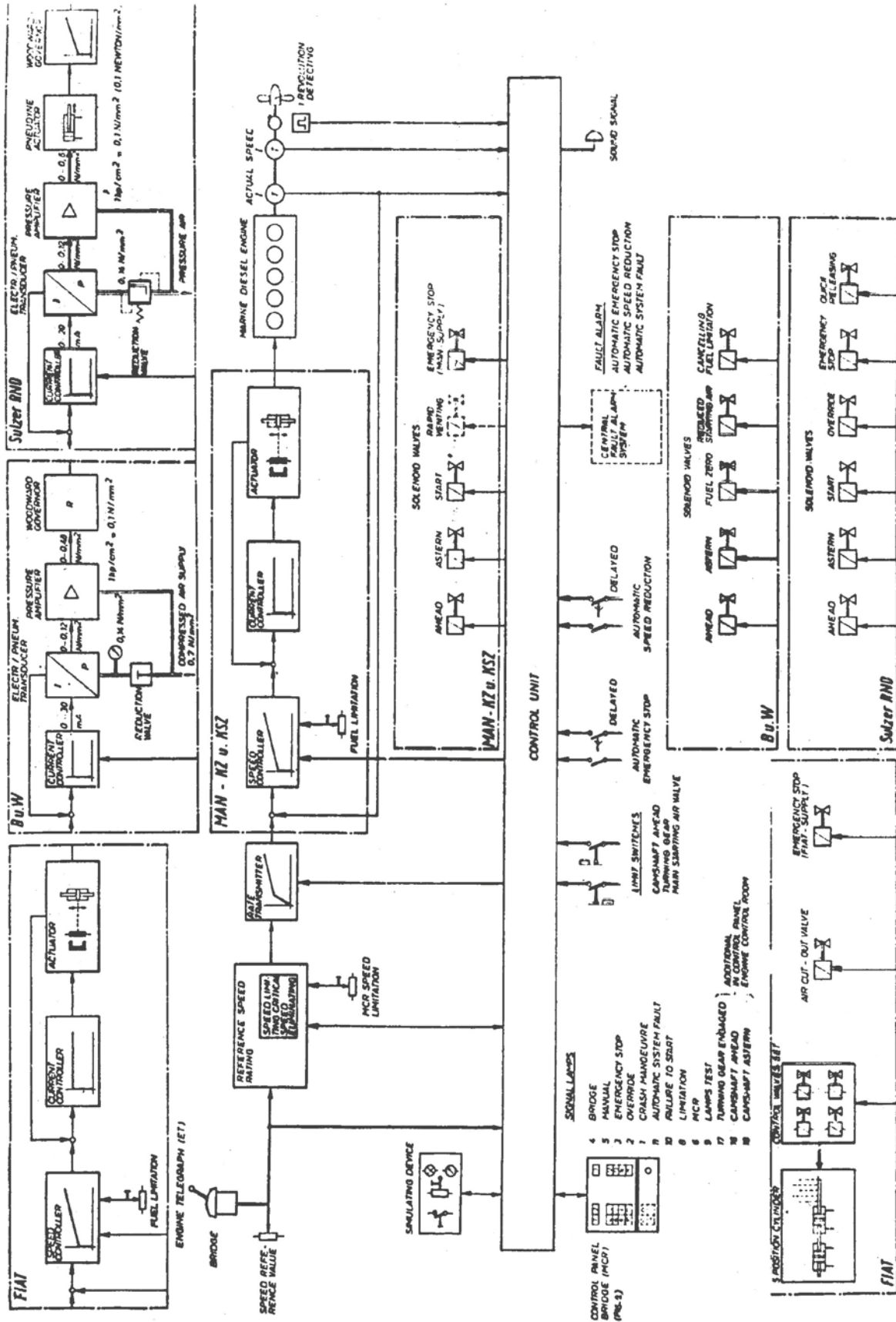
Slika 2.5 Program opterećivanja / rasterećivanja stroja

Program opterećivanja / rasterećivanja broskog stroja osigurava i slijedeće funkcije:

- bezudarni prijelaz za slučaj prijenosa odgovornosti upravljanja strojem s CRC na BC mod i obratno,
- u slučaju signala za STOP, SLOWDOWN, HEAVY START i START zadaje unaprijed određenu veličinu kao postavnu vrijednost regulatora brzine vrtnje,
- ograničava komandu za regulator brzine vrtnje sukladno postojećim aktivnim ograničenjima,
- osigurava brz i siguran prolaz kroz područje kritičnih brzina stroja,
- vremenski vodi stroj prema određenoj radnoj točki ovisno o uvjetima (normalni, u nuždi).

Izlaz iz programa opterećivanja / rasterećivanja stroja su digitalni impulsi (širinsko impulsna modulacija) za upravljanje elektropneumatskim pretvornikom - EPC, koji služi kao međusklop prema regulatoru brzine vrtnje stroja kao aktuatoru dovoda goriva (Woodward).

Razni proizvođači motora imaju različite aktuatorne (pneumatske, hidrauličke ili kombinirane elektropneumatske, elektrohidrauličke), pa je signal izvršnog djelovanja potrebno prilagoditi po tipu i snazi konkretnim zahtjevima (vidi sliku 2.6).



Slika 2.6 Različiti načini izvršnog djelovanja ovisno o tipu aktuatora stroja

2.3. SUSTAV ZAŠTITE

Sigurnosno-zaštitni sustav (slika 2.7) mora biti vrlo jednostavan, kako u izvedbi, tako i za rukovanje i održavanje. Mora biti maksimalno pouzdan u radu, što znači da mora moći izvršiti osnovne funkcije zaštite i u uvjetima kvara osnovnog sustava upravljanja. Zbog toga ovaj sustav najčešće u praksi predstavlja zasebnu cjelinu povezanu s osnovnim sustavom, te pored automatske zaštite mora imati mogućnost ručnog zadavanja zaštitnih akcija stroja.

Sigurnosno-zaštitni sustav stroja štiti stroj u slučaju nenormalnih stanja, odnosno pojave ozbiljnijih teškoća u radu ili kvarova.

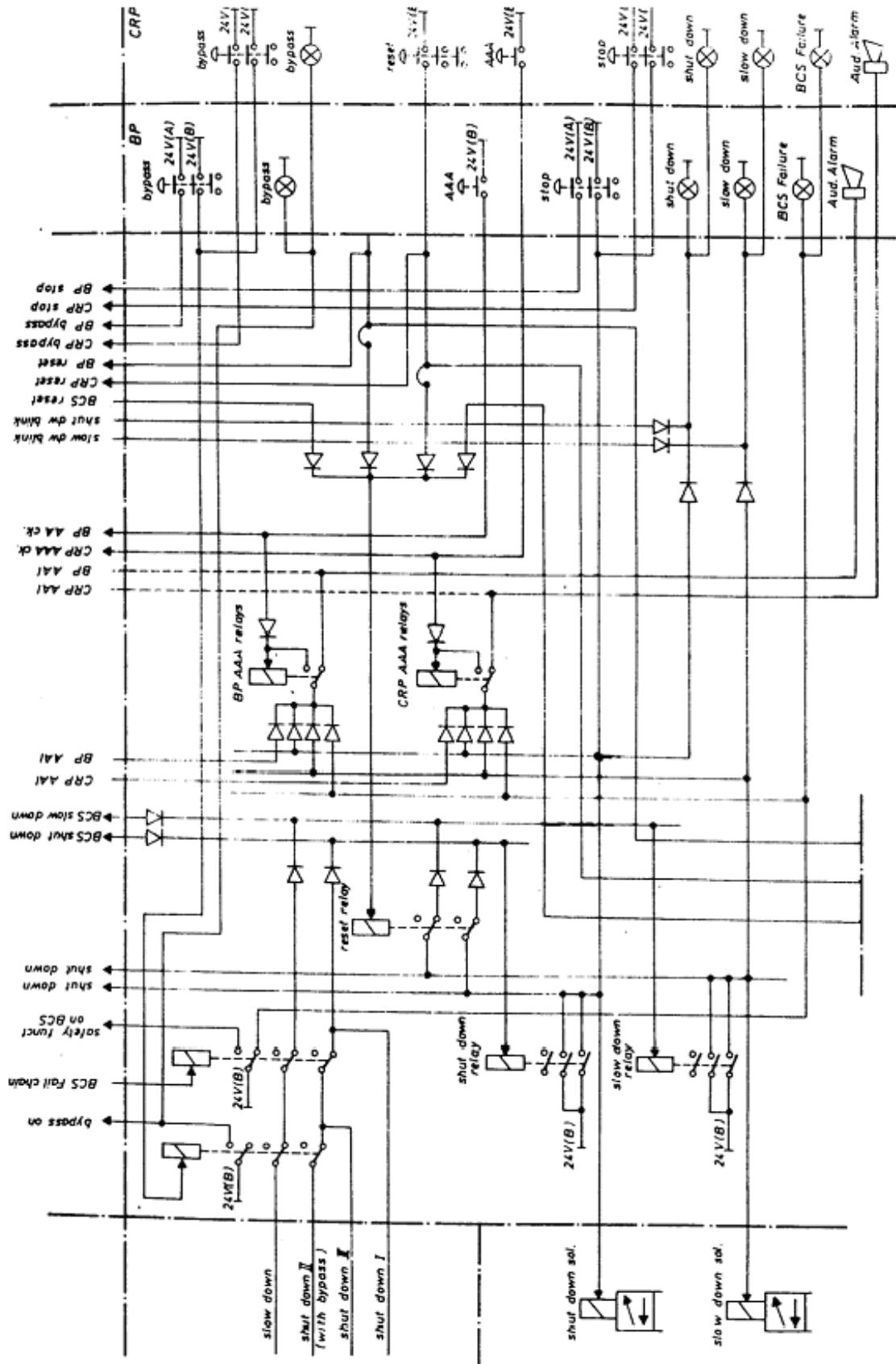
Sigurnosno-zaštitne funkcije (safety functions) sustava BCS 200 imaju zadaću da u slučaju kvara stroja automatski reduciraju brzinu vrtnje (slow down), odnosno snagu stroja na unaprijed zadanu vrijednost i unaprijed zadanom brzinom promjene ili u ozbiljnijem slučaju zaustave stroj isključivanjem dovoda goriva (shut down).

Obrada sigurnosno-zaštitnih funkcija obavlja se na dvije razine: uz aktivan i ispravan sustav BCS (viša razina obrade) ili u slučaju kvara (ispada iz rada) sustava BCS, preko niže razine obrade kroz odvojeno napajane module zaštitnog sustava. U normalnom radnom stanju sustava BCS, sigurnosno-zaštitne funkcije se obrađuju složenijim softverskim algoritmima uz uvećane mogućnosti kao što su:

- logička obrada ulaznih relevantnih signala glede doprinosa i međusobnog uvjetovanja blokiranja,
- filtriranje sigurnosnih ("safety") signala radi uklanjanja kratkotrajnih "lažnih stanja", odnosno lažnih alarma (npr. kratkotrajni pad tlaka kod prekapčanja uljnih pumpi),
- vremensko zatezanje slow-down i određenih shut-down signala,
- zaobilazanje (by-pass) slow-down i određenih shut-down signala.

Sigurnosno-zaštitni signali se iz procesa dovode na digitalne ulaze procesne stanice MP 260, obrađuju i grupiraju u tri grupe shut-down signala (grupe I, II i III), te grupu slow-down signala, a zatim dovode u sigurnosno-zaštitni sustav preko kontakata releja "by-pass" zbog eventualnog zaobilazanja njihovog djelovanja i releja ispravnosti sustava BCS "safety function". Ako se obrada sigurnosno-zaštitnih funkcija obavlja sustavom BCS, tada se slow-down i shut-down akcije, kao posljedica automatskog djelovanja sustava mogu isključiti odnosno njihovo djelovanje na motor zaobići, aktiviranjem "bypass" releja s bilo kojeg mjesta upravljanja: most (BP) ili kontrolna soba (CRP) pomoću odgovarajućih tipkala "bypass".

Pojavom uvjeta za shutdown ili slowdown akciju za stroj, sustav BCS odmah upozori operatera stroja putem svjetlosne (trepćuće svjetlo) i zvučne signalizacije na upravljačko-signalizacijskim panelima na mostu - BP i u kontrolnoj sobi - CRP. Ukoliko se, u periodu postavljenog vremenskog zatezanja, obavi prebacivanje preklopke "bypass u nuždi", tada sustav BCS softverski onemogućava prosljeđivanje signala na odgovarajući solenoid, gasi se zvučni alarm, a trepćući svjetlosni alarm ostaje na panelima do nestanka njegovog uzroka. Ako se "bypass" funkcija ne uključi, tj. pusti se djelovanje automatike, po isteku vremenskog zatezanja obaviti će se automatski zaštitne akcije, a trepćuće svjetlo prelazi u trajno (sve do iščezavanja uzroka ili aktiviranja Reset tipkala s panela CRP ili postavljanja ručice telegrafa u STOP položaj na BP. Zaustavljanje (STOP) u nuždi koristi se kao sigurni i najbrži način zaustavljanja stroja uz svjetlosnu signalizaciju "shutdown sijalica" i zvučni alarm kao potvrdu da je uključen strujni krug shutdown solenoida, koji bezuvjetno zaustavlja stroj prekidom dovoda goriva pumpama goriva. "Bypass" preklopka se koristi u iznimnim, kritičnim situacijama za brod. Ispad sustava BCS iz rada (zbog gubitka napajanja ili internog kvara) izaziva alarm na panelima, što za posljedicu treba imati preuzimanje upravljanja stroja iz kontrolne sobe ili lokalno, tj. ručno, što znači nižu razinu. U tom vremenu prebacivanja upravljanja zadržava se analogni izlaz (pneumatski izvršni signal) na zadnjem postavljenom iznosu preko EPC, što osigurava bezudarni prijelaz na drugu razinu upravljanja.



Slika 2.7 Sigurnosno - zaštitni sustav motora

2.4. AUTOCHIEF - NORCONTROL daljinski automatski sustav upravljanja za brodske motore

Daljinski sustav upravljanja propulzijom broda, NorControl AutoChief , za brodske motore s konstantnim i promjenjivim usponom propelera, sastoji se od samostalnih procesorskih podsustava:

- podsustav upravljanja (engl. MS – Maneuvering System),
- podsustav strojnog telegrafa (engl. ETS – Engine Telegraph System),
- podsustava zaštite (engl. SSU – Safety System Unit),
- digitalnog regulatora (engl. DGS – Digital Governor System),
- regulator uspona propelera (engl. CPP – Controllable Pitch Propeller),
- pomoćnih uređaja s pisačem (engl. OPU – Order Printer Unit).

Na slici 2.8. prikazana je koncepcija upravljanja i nadzora brodskih strojeva, a na slici 2.9 upravljačka konzola sustava. Slika 2.12 prikazuje komponente strukture sustava upravljanja i slika 2.13 komponente brodskog telegrafa.

Slika 2.10 prikazuje model upravljanja i zaštite brodskog motora, a slika 2.14 komponente sustava zaštite.

Slika 2.11 manevarski sustav brodskog motora.

Slika 2.15 pokazuje komponente sustava regulatora brodskog motora.

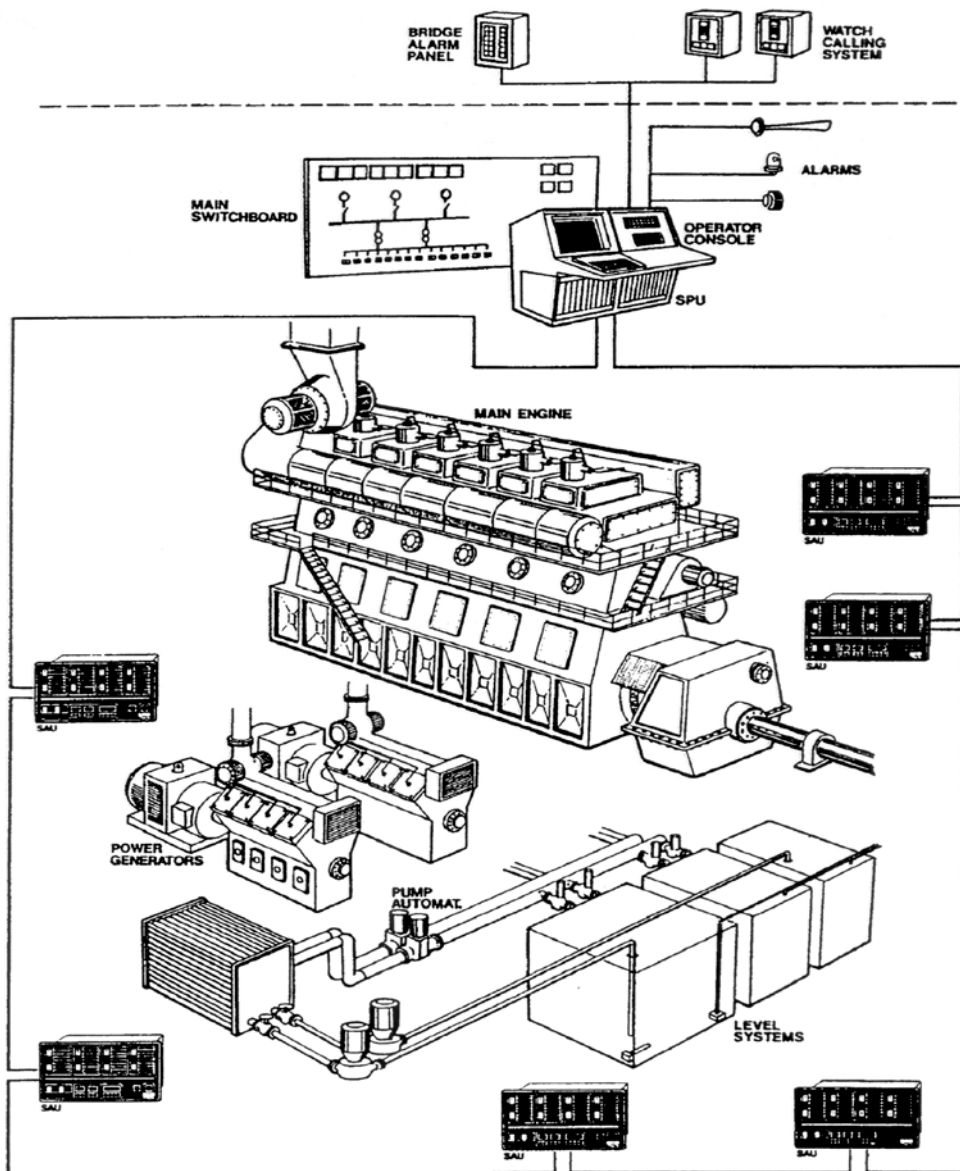
Slika 2.16 pokazuje Panel indikatora sustava AutoChief.

Slika 2.17 pokazuje Panel upravljanja na mostu sustava AutoChief.

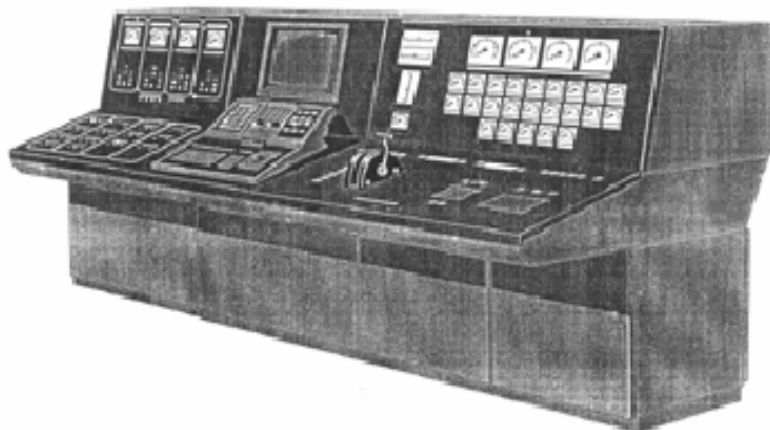
Slika 2.18 ilustrira upravljanje stroja sustavom AutoChief iz kontrolne sobe strojarnice.

Slika 2.19 ilustrira ručno upravljanje strojem iz strojarnice (lokalno) sustavom AutoChief.

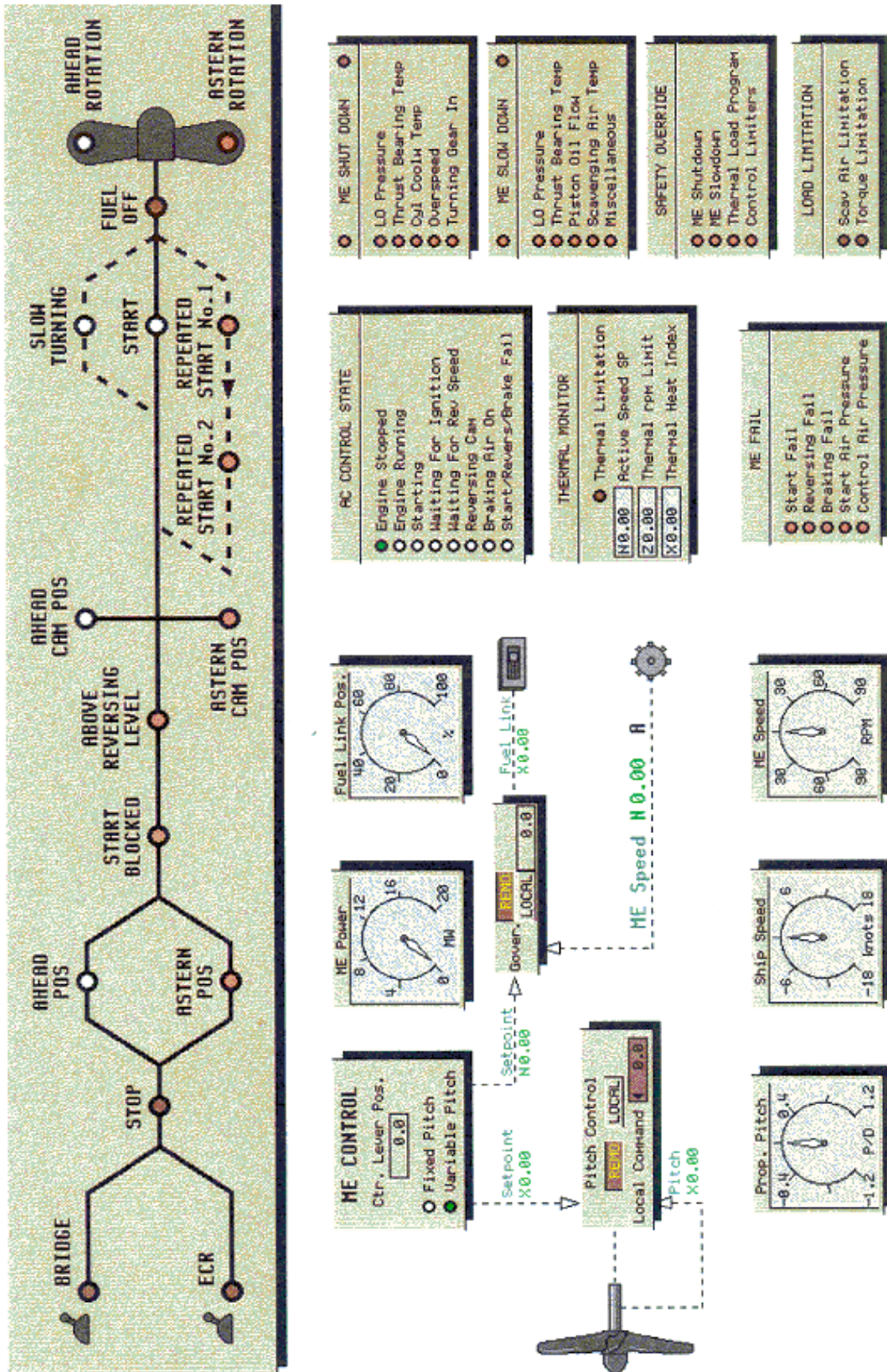
Slika 2.20 prikazuje strukturu sustava praćenja – nadzora procesa u cilindrima brodskog motora (AUTRONICA NK 100).



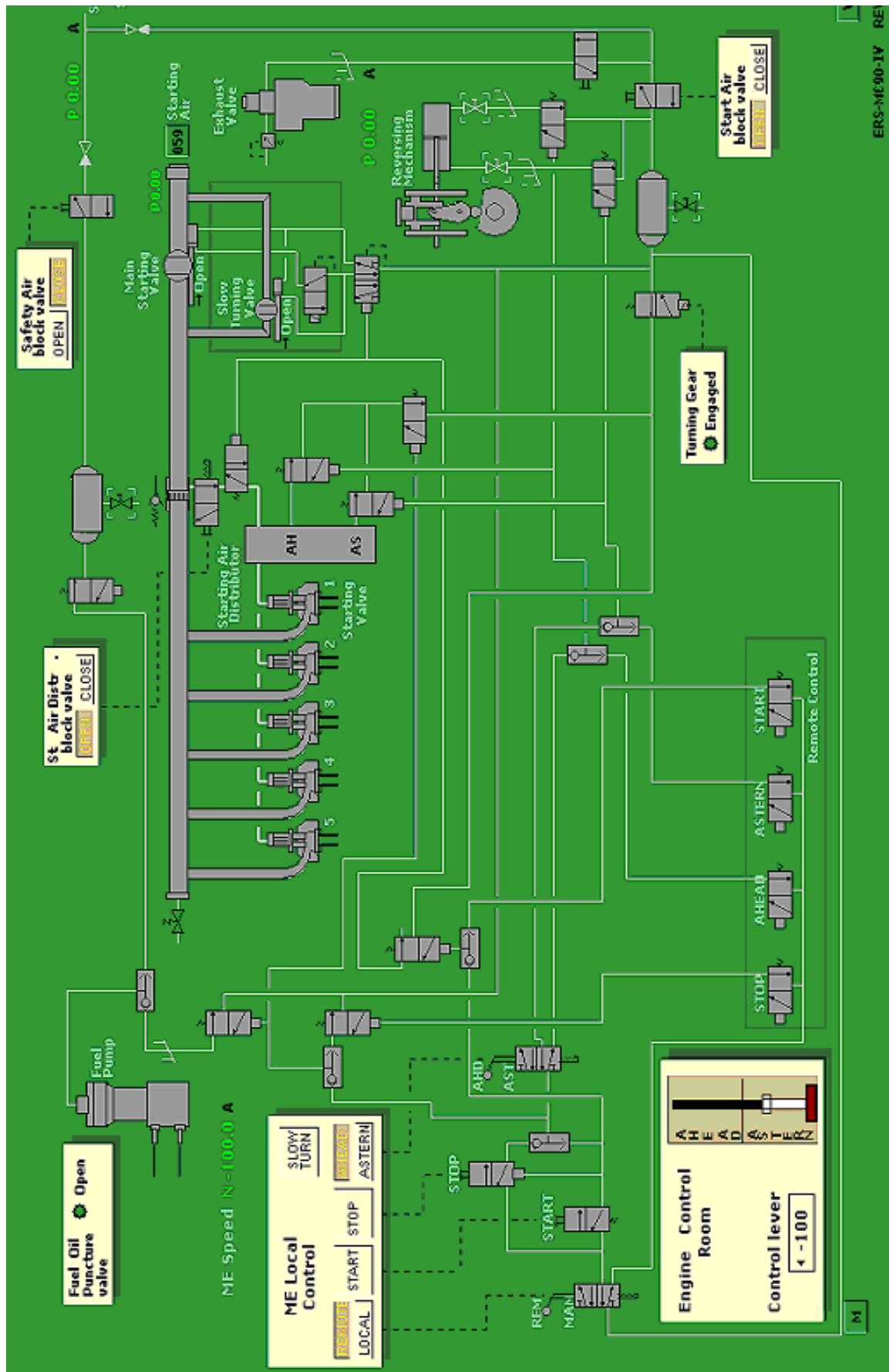
Slika 2.8 Konceptija upravljanja i nadzora brodskih strojeva



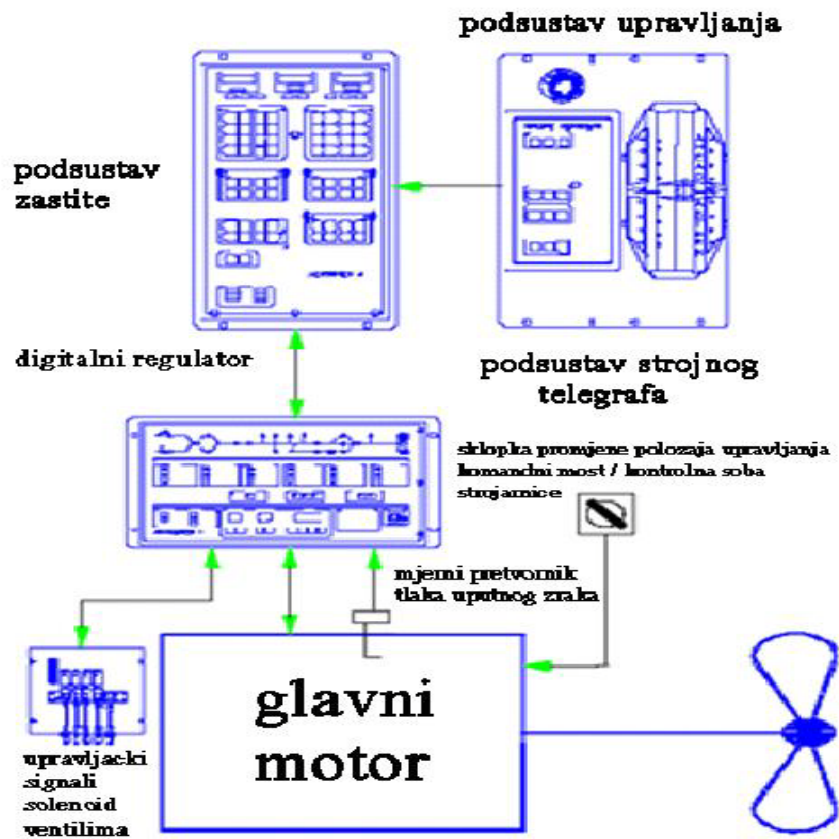
Slika 2.9 Upravljačka konzola sustava



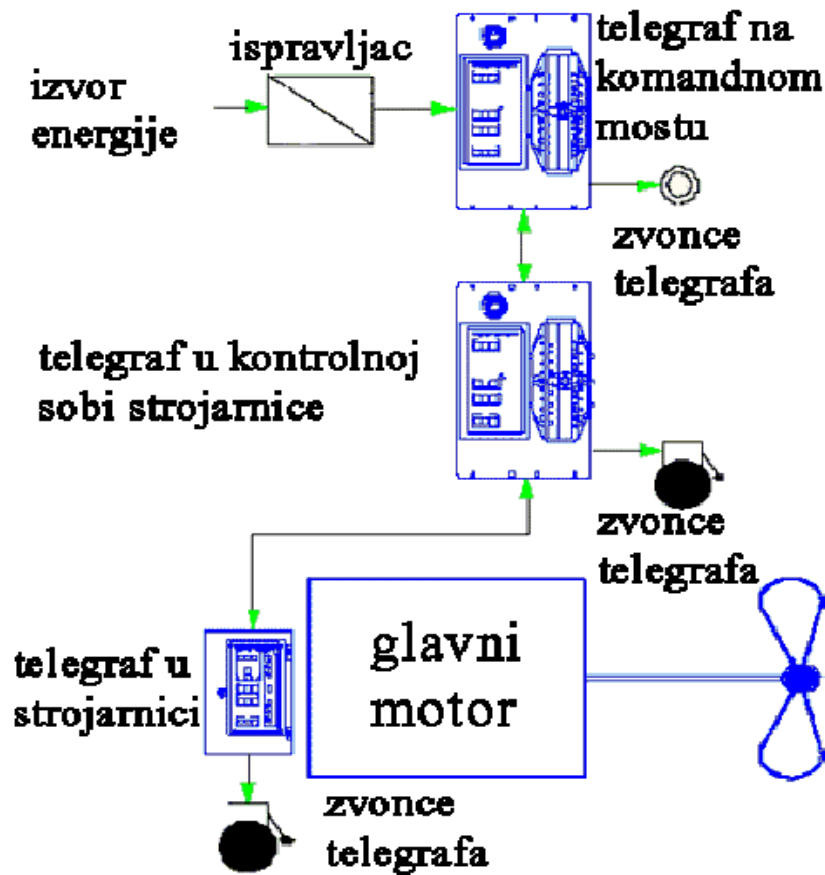
Slika 2.10 Model upravljanja i zaštite stroja



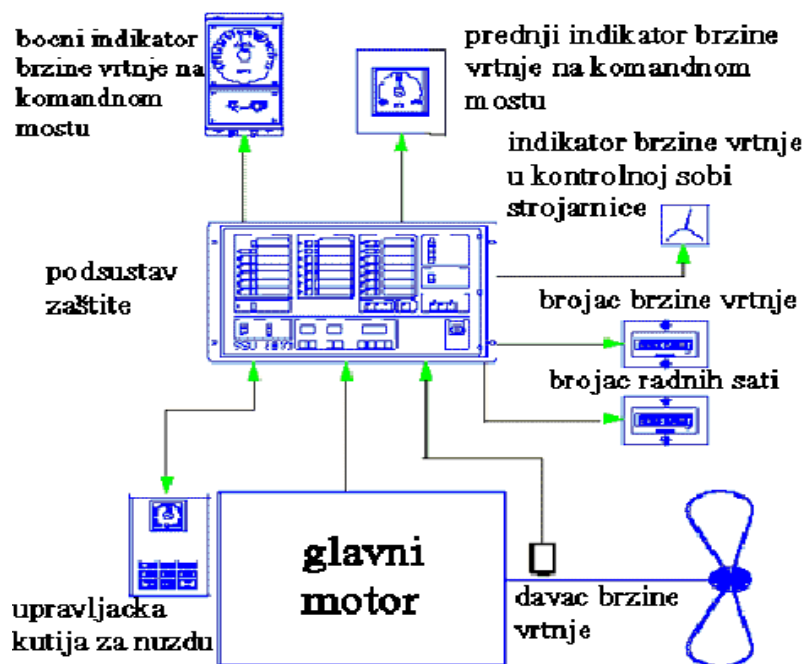
Slika 2.11 Manevarski sustav stroja



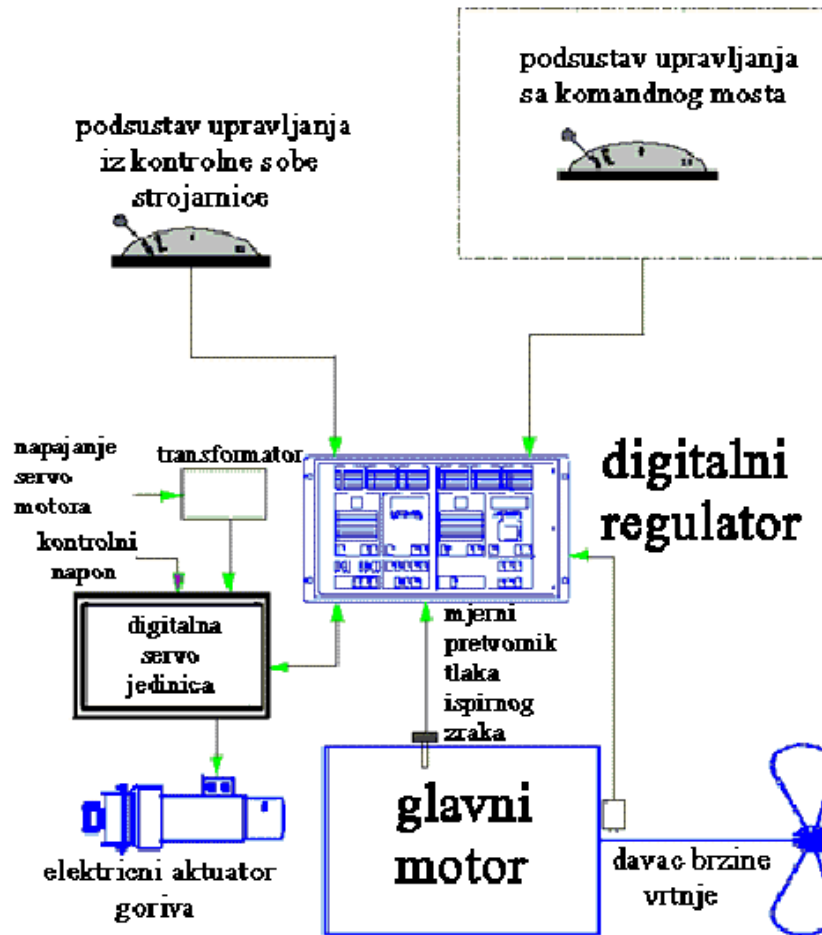
Slika 2.12 Komponente strukture sustava upravljanja



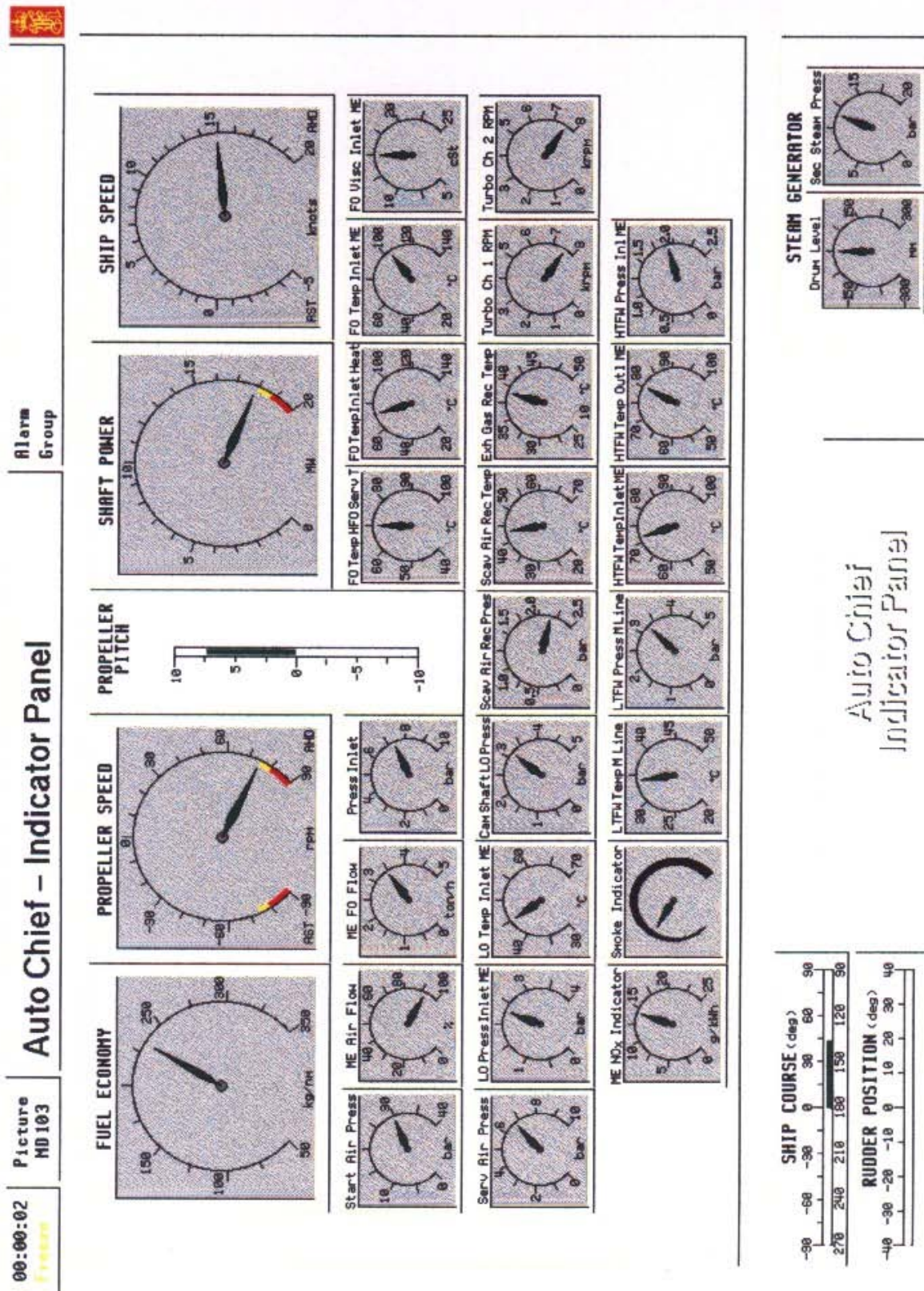
Slika 2.13 Komponente telegrafa



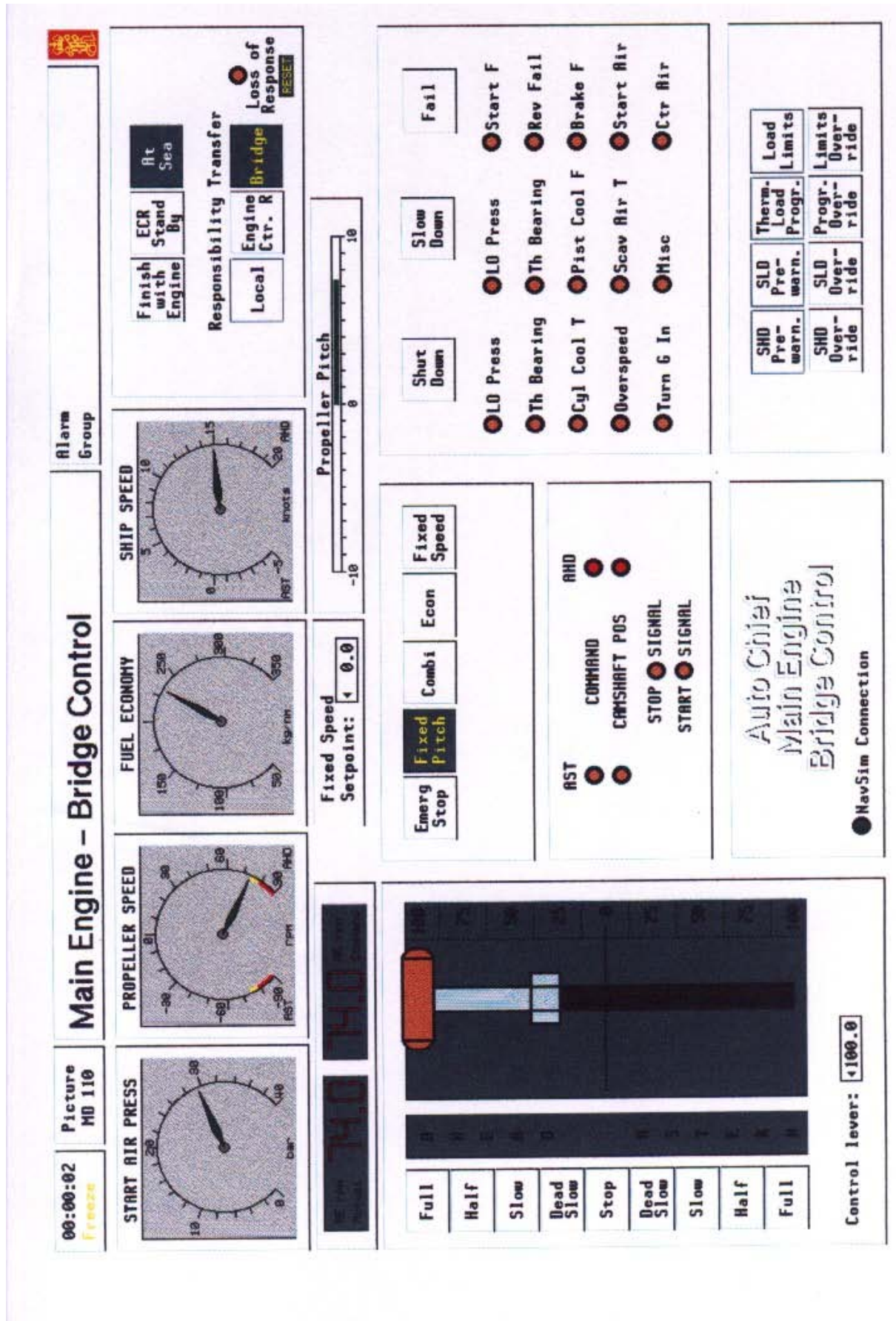
Slika 2.14 Komponente sustava zaštite



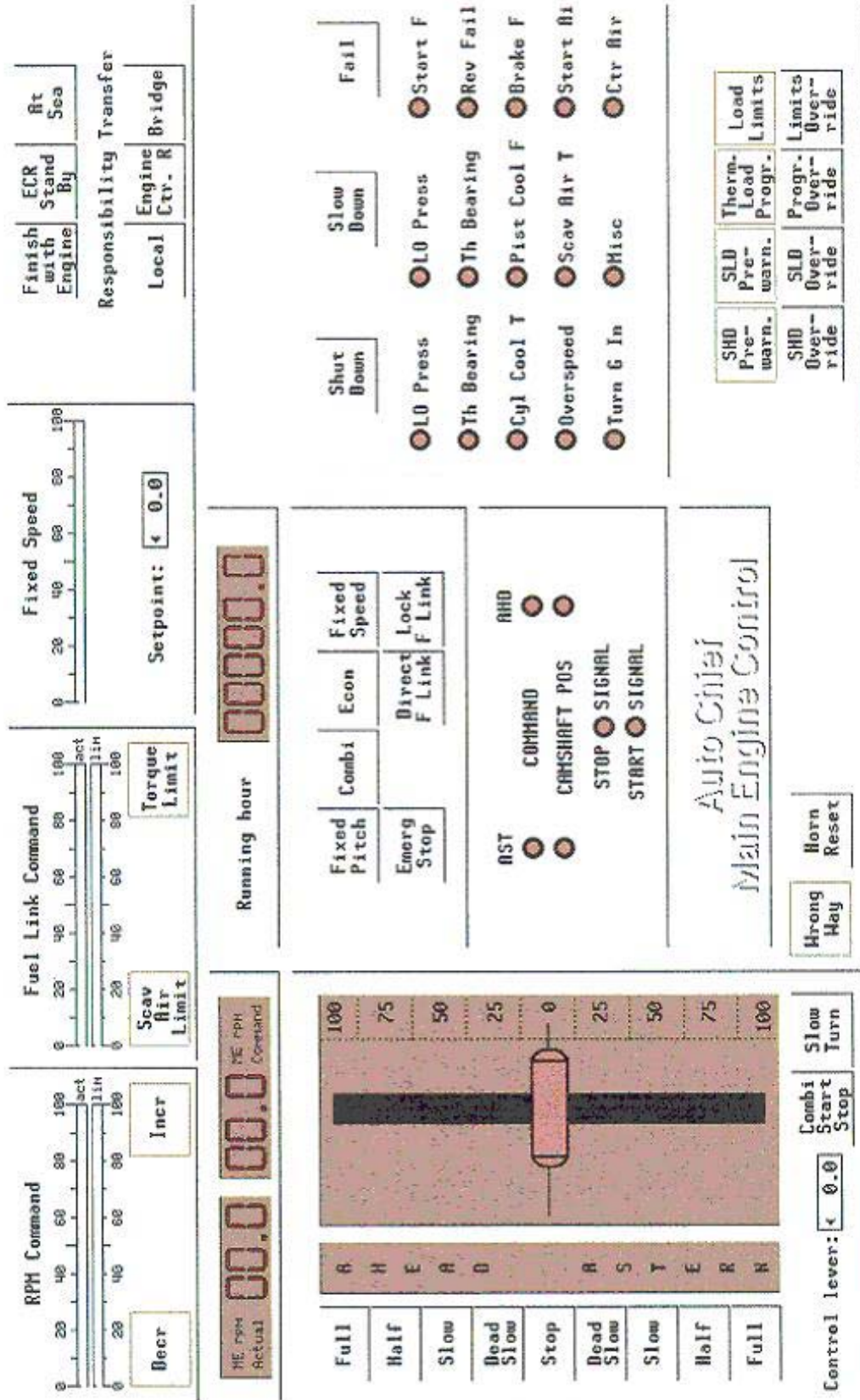
Slika 2.15 Komponente sustava regulatora



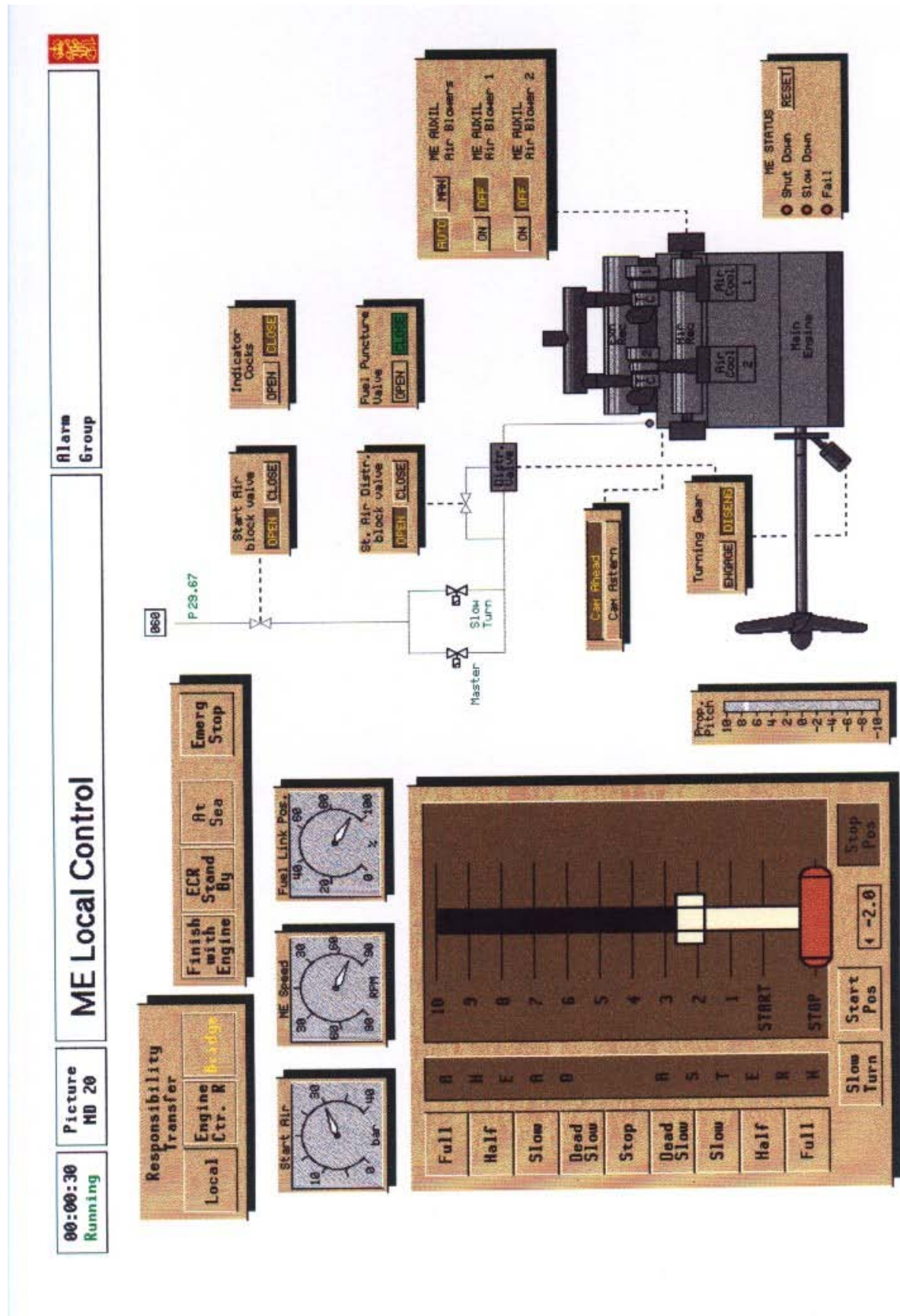
Slika 2.16 Panel indikatora sustava AutoChief



Slika 2.17 Panel upravljanja na mostu sustava Autochief

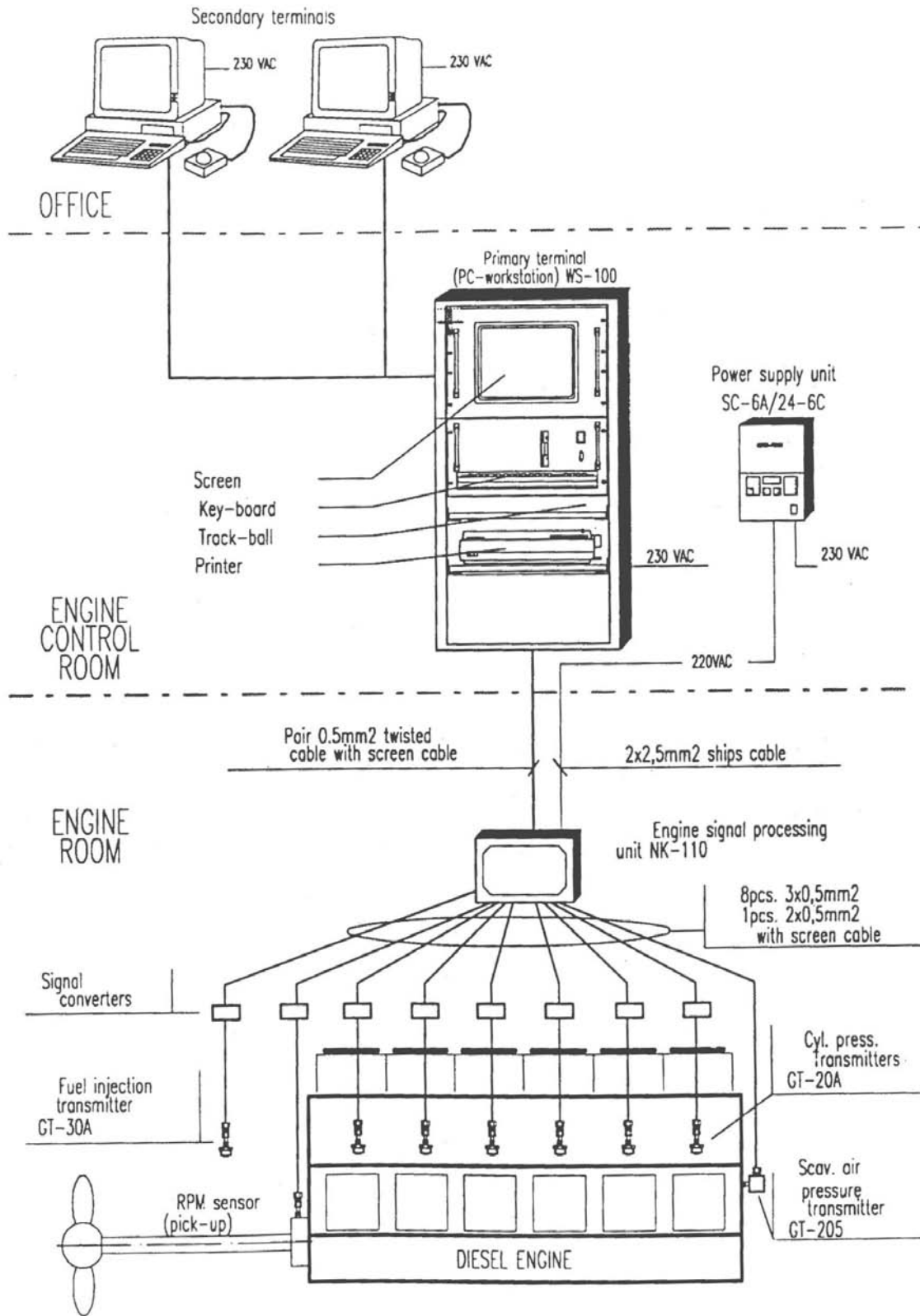


Slika 2.18 Upravljanje stroja sustavom AutoChief iz kontrolne sobe strojarnice



Slika 2.19 Ručno upravljanje strojem iz strojarnice (lokalno) sustavom AutoChief

AUTRONICA NK 100 - sustav nadzora rada u cilindrima motora



Slika 2.20 Sustav praćenja procesa u cilindrima motora

2.5. REGULATOR BRZINE VRTNJE MOTORA TIP A WOODWARD

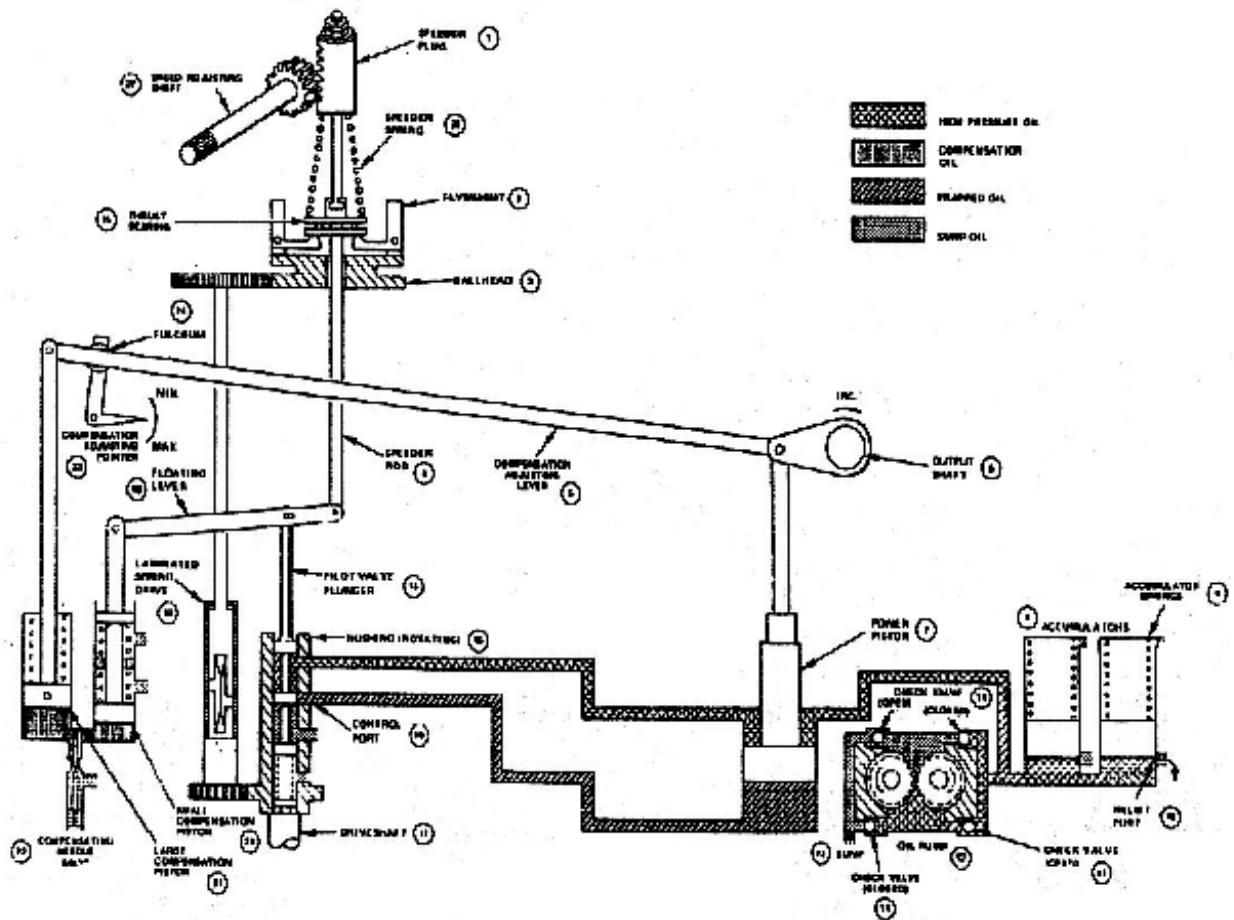
Najkarakterističniji i na brodovima najčešći regulator brzine vrtnje motora je **Woodwardov regulator – governor** (mehaničko – hidraulički regulator) integralnog djelovanja s elastičnom povratnom vezom. Navode se samo njegove najbitnije komponente i osnovni princip rada. Osnovne sastavne komponente, bez obzira na tip governor a su u principu iste (prikazane su dijagramom na slici 2.21) i to su: centrifugalni osjetnik brzine, koji je pomoću pogonske osovine mehanički vezan s osovinom rotacijskog stroja – motora; pilot ventil koji upravlja radom hidrauličkog cilindra odnosno pomakom klipa cilindra; hidraulički cilindar s izvršnim klipom (aktuator) za zakret izlazne osovine regulatora, a time i polužja goriva; kompenzacijski sistem s dva kompenzacijska klipa i polugom za podešavanje kompenzacije brzine (elastične povratne veze); zupčaste pumpe s ventilima za osiguranje radnog tlaka hidrauličkog ulja u sistemu; akumulatori sa sigurnosnim ventilima za izjednačavanje tlaka u sistemu i kompenzaciju pulzacija tlaka napajanja.

Pored navedenih osnovnih komponenti, koje posjeduje svaki Woodwardov regulator, pojedini tipovi mogu, ovisno o primjeni, imati i drugu (pomoćnu) opremu kao: sklop za daljinsko pneumatsko postavljanje brzine vrtnje; sklop za automatsko zaustavljanje motora (shut down); induktivni davač brzine (pick-up); limiter goriva ovisno o tlaku ispiranog zraka, itd.

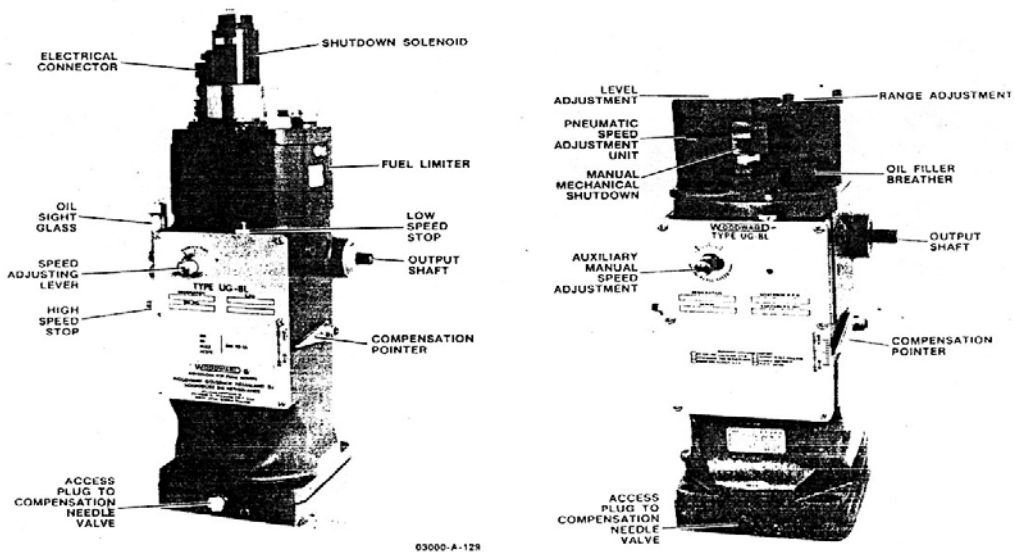
Princip rada (stabilizacija brzine) bit će najkraće izložen prema shematskom dijagramu na slici 2.21 za slučaj smanjivanja opterećenja motora, što za posljedicu ima razmjerni porast stvarne brzine vrtnje u odnosu na postavnu vrijednost:

- a) s povećanjem brzine vrtnje povećava se i centrifugalna sila rotacijskih masa-utega (2), savladavajući protusilu opruge (26) centrifugalnog osjetnika,
- b) pomakom utega prema gore podiže se i šipka brzine (4), kao i desni kraj pomične poluge (18),
- c) ova podiže stapajicu (14) hidrauličkog pilot ventila, otvarajući upravljački otvor ventila (16). Ulje iz hidrauličkog izvršnog cilindra što je ispod klipa aktuatora (7) otječe u rezervoar,
- d) nastala razlika tlakova ulja iznad i ispod izvršnog klipa (7) pomiče klip prema dolje zakrećući izlaznu osovinu governor a u smjeru smanjivanja brzine vrtnje motora,
- e) izlazna osovina governor a djeluje preko kompenzacijske poluge (5), tako da podiže veliki kompenzacioni klip (21),
- f) kompenzaciono ulje ulazi kroz kompenzacioni igličasti ventil (22) ispod malog kompenzacionog klipa (20) podižući ga prema gore, a time se desni kraj pomične poluge (18) spušta,
- g) spušta se istovremeno stapajica pilot ventila i zatvara upravljački otvor ventila (16),
- h) otjecanjem ulja iz kompenzacionog sistema u rezervoar, sile kompenzacionih opruga vraćaju kompenzacione klipove u centralni ravnotežni položaj istom brzinom kojom se vraća i šipka brzine (4),
- i) prestaje pomak izlazne osovine governor a (6) i izvršnog klipa (7) i oni ostaju u položaju koji odgovara novom položaju polužja goriva, adekvatnom nastalom smanjenom opterećenju uz održavanje postavljene brzine vrtnje.

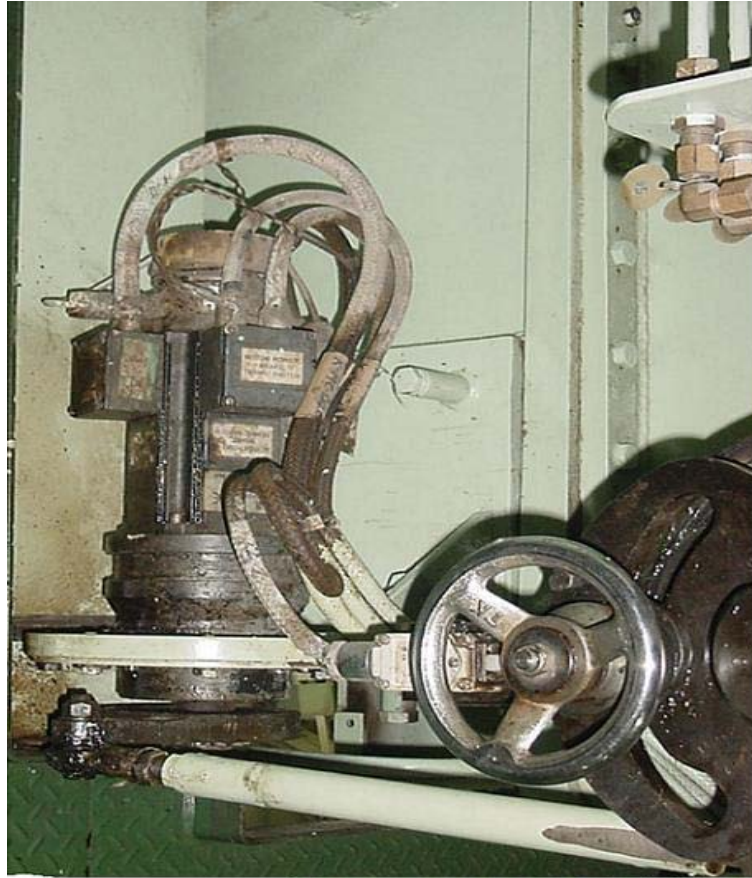
Na ovaj način se vrši automatska regulacija brzine vrtnje motora s obzirom na promjene stvarnog opterećenja u toku rada motora. Potpuno analogan rad governor a je i za slučaj povećanja opterećenja motora, odnosno smanjivanja brzine vrtnje.



Slika 2.21 Woodward regulator: komponente i princip regulacije broja okretaja



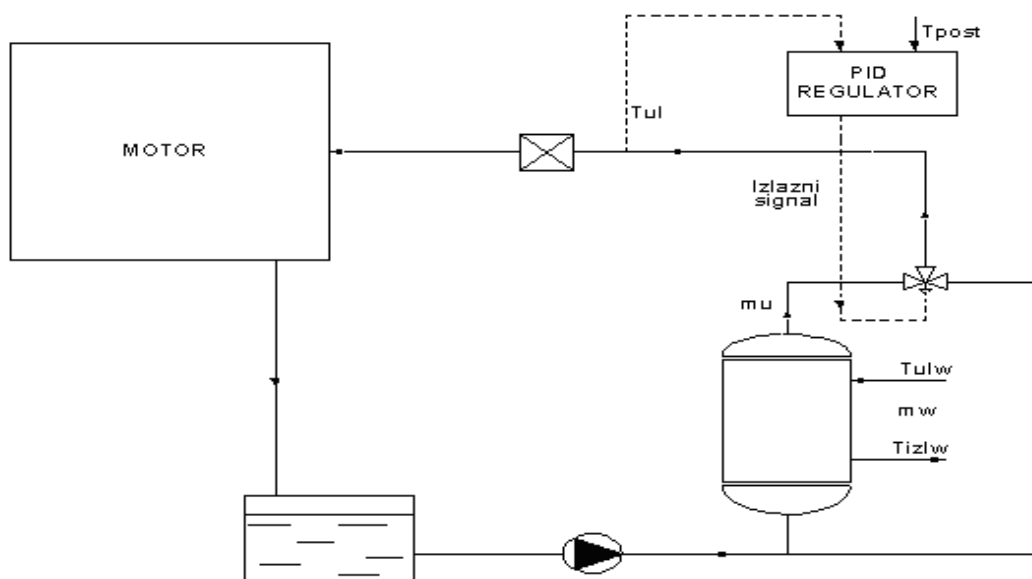
Slika 2.22 Woodward regulator (fizički izgled)



Slika 2.23 Woodward regulator ugrađen na motoru

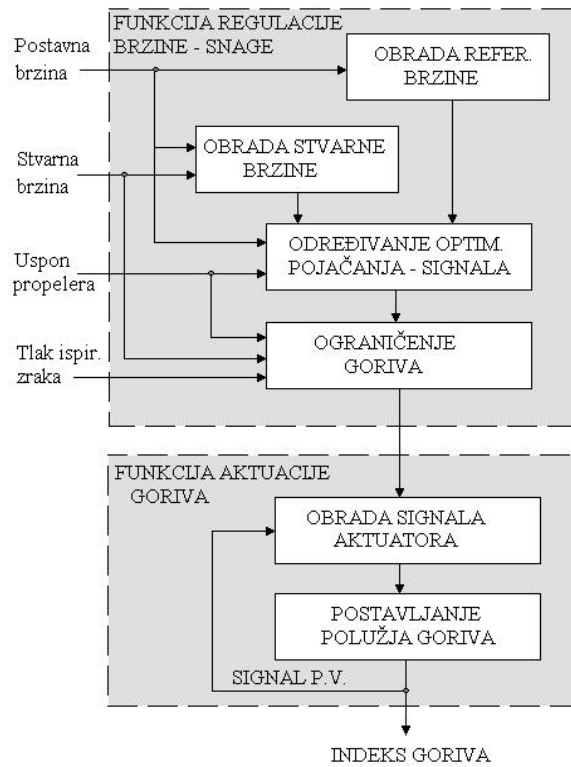
Na slici 2.22 prikazan je fizički izgled Woodwardovog regulatora, a na slici 2.23 isti regulator ugrađen na konkretnom motoru.

Slika 2.24 prikazuje PID regulator u regulacijskoj stazi temperature ulja za podmazivanje motora.

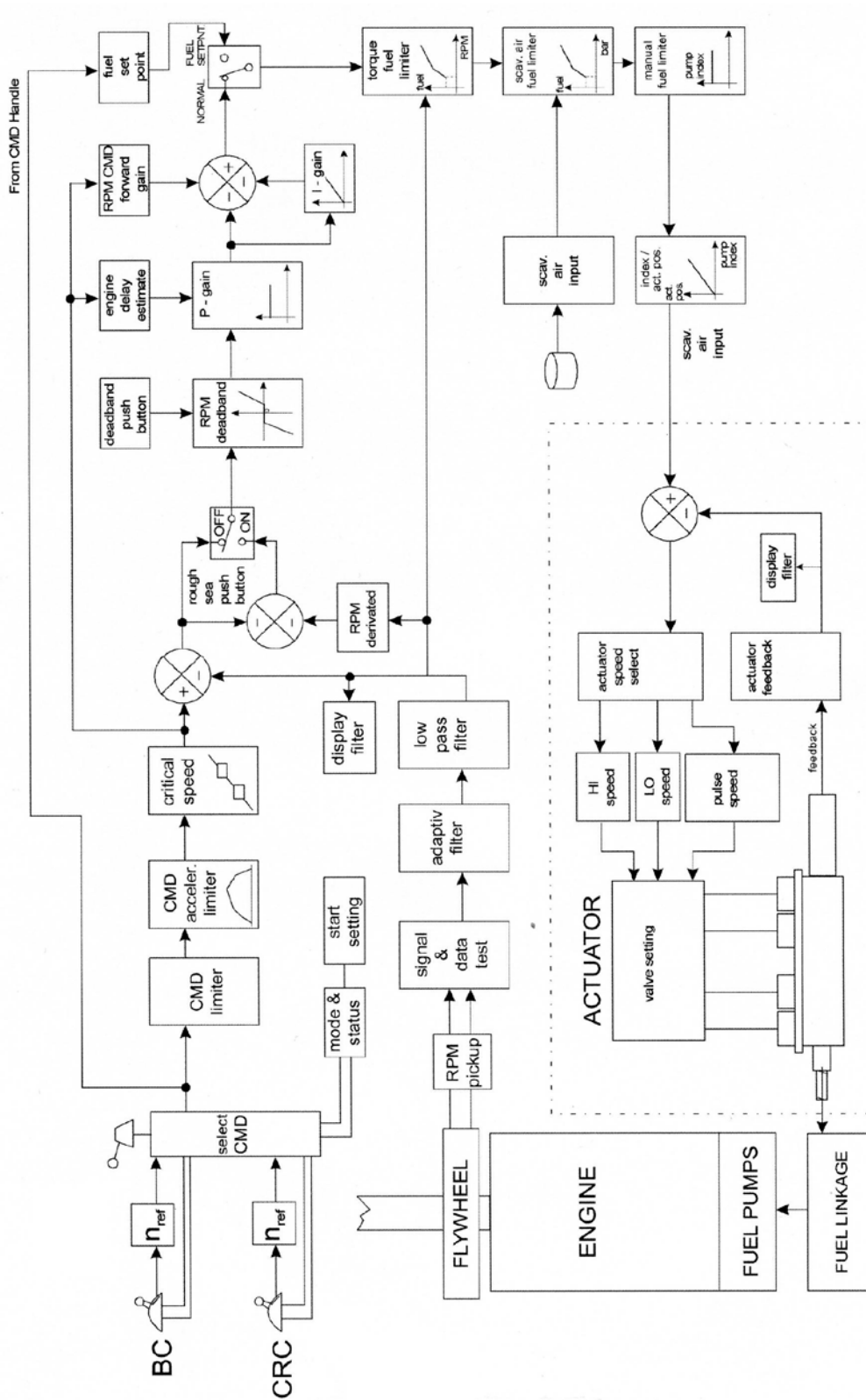


Slika 2.24 PID regulator uključen u regulacijski krug sustava podmazivanja motora

2.6. DIGITALNI REGULATOR BRZINE MOTORA - WOODWARD (NORCONTROL DGS 8800)



Slika 2.25 Princip upravljanja brzinom i usponom propelera



Slika 2.26 Sustav digitalnog regulatora DGS 8800

2.7. UPRAVLJANJE BRODSKE ELEKTRIČNE CENTRALE

Za proizvodnju primarne električne energije potrebne za napajanje i rad brodskih trošila (motora, pumpi, kompresora, alarmnih sustava, navigacijskih uređaja, rasvjetu, itd.) koriste se najčešće tri tipa generatora (s obzirom na vrstu pogonskog stroja):

- dizel generatori (pogonski stroj je pomoćni dizelski motor),
- turbo generatori (pogonski stroj je parni stroj),
- osovinski generatori (pogonski stroj je porivni motor na čiju osovinu je spojen generator).

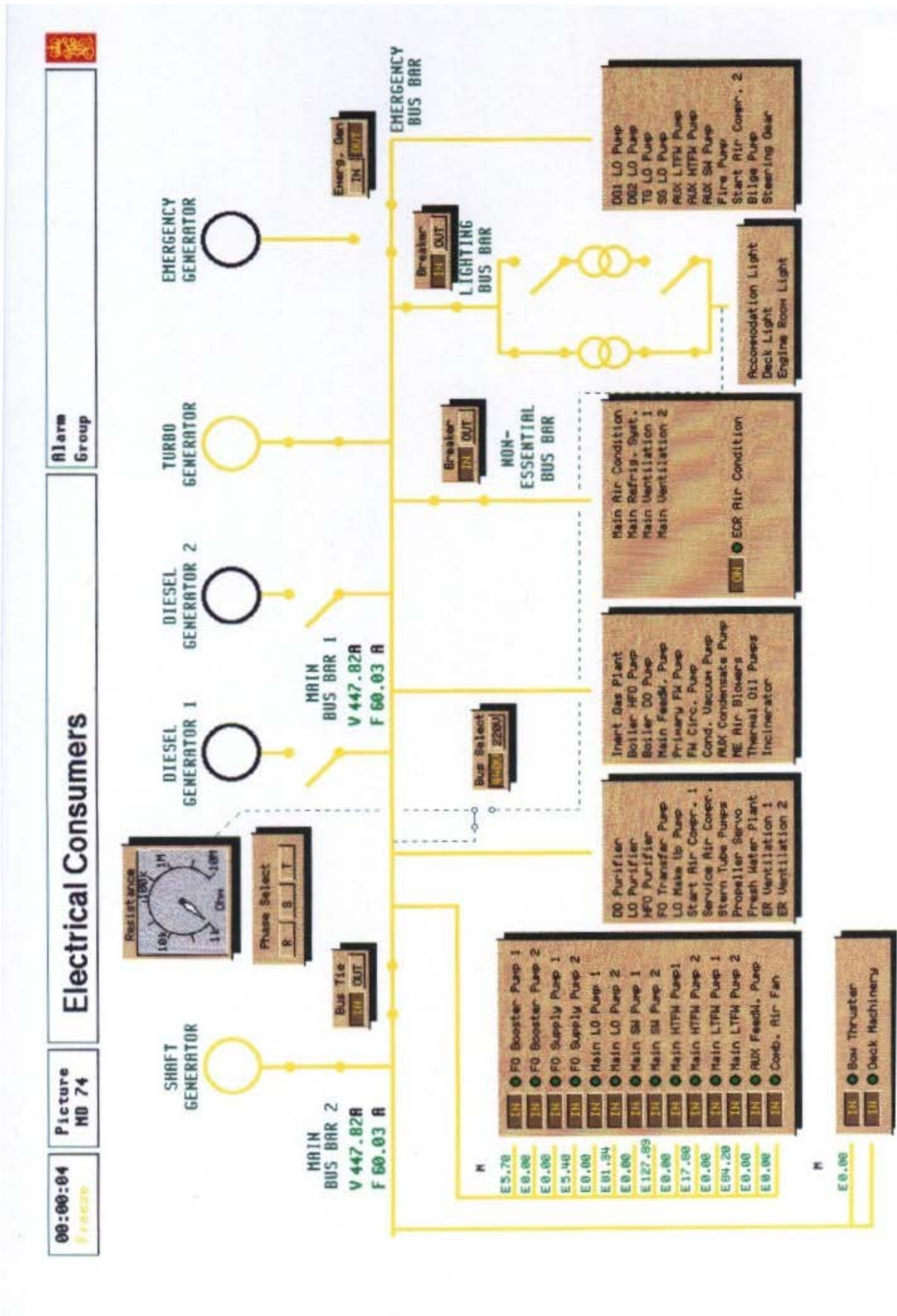
Slika 2.27 pokazuje model BEC s navedenim tipovima generatora predviđenih za paralelni rad i trošilima električne energije, dok slika 2.28 prikazuje dva dizel generatora (DG) i jedan turbogenerator (TG) spojene na glavnu sabirnicu brodske mreže za paralelni rad.

Slika 2.29 ilustrira principijelnu shemu napajanja brodskih trošila u okviru BEC.

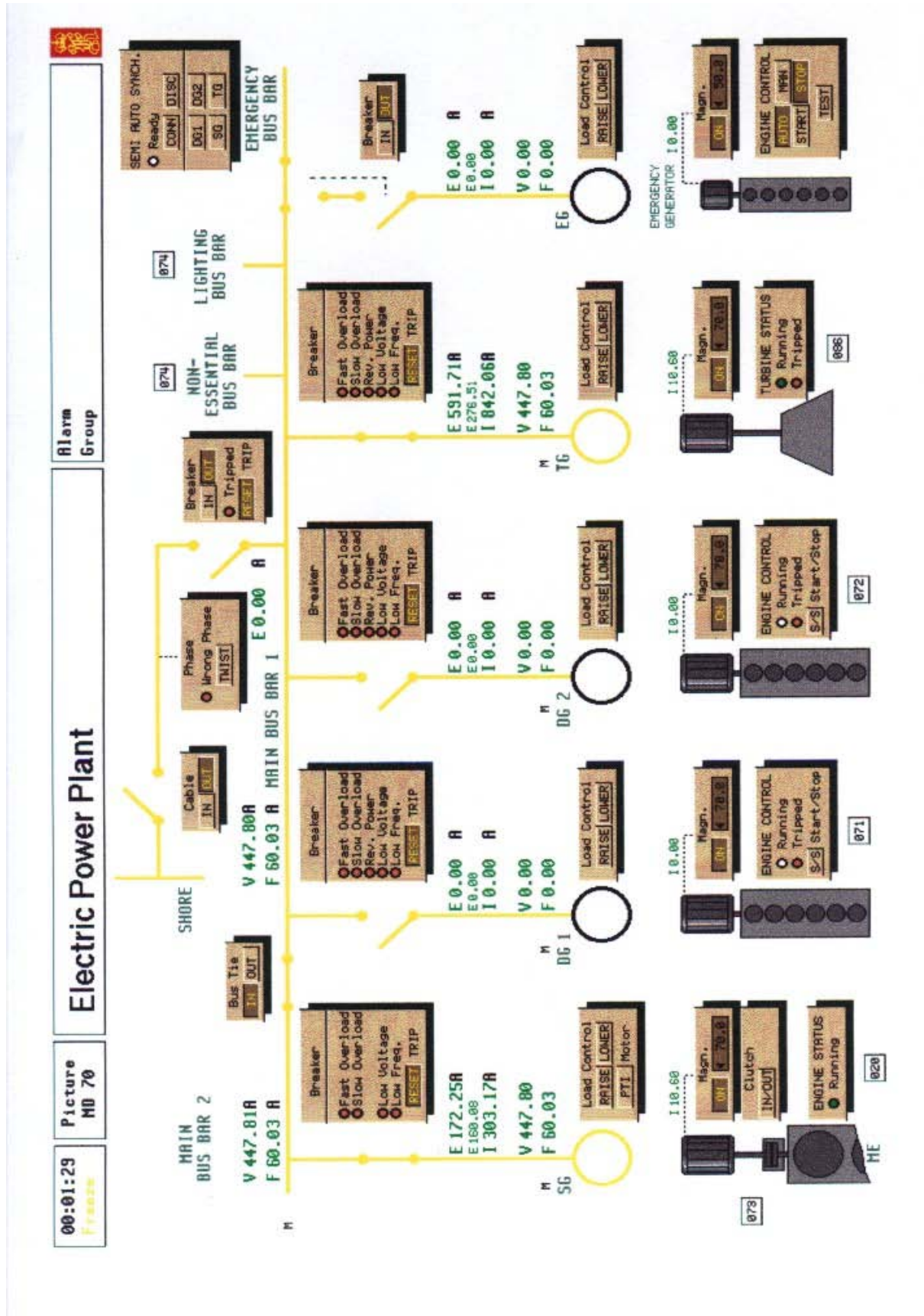
U današnjoj pomorskoj praksi, ipak se najčešće koriste dizel generatori tj. generatori s zasebnim pogonskim dizelskim motorom, pa će se problem upravljanja i zaštite ovdje temeljiti prvenstveno na ovom tipu generatora.

Slika 2.30 ilustrira strukturu broskog dizel generatora povezanog na podsustave nužne za njegov rad s jedne strane i sustav rasklopa i prijenosa električne energije trošilima s druge strane.

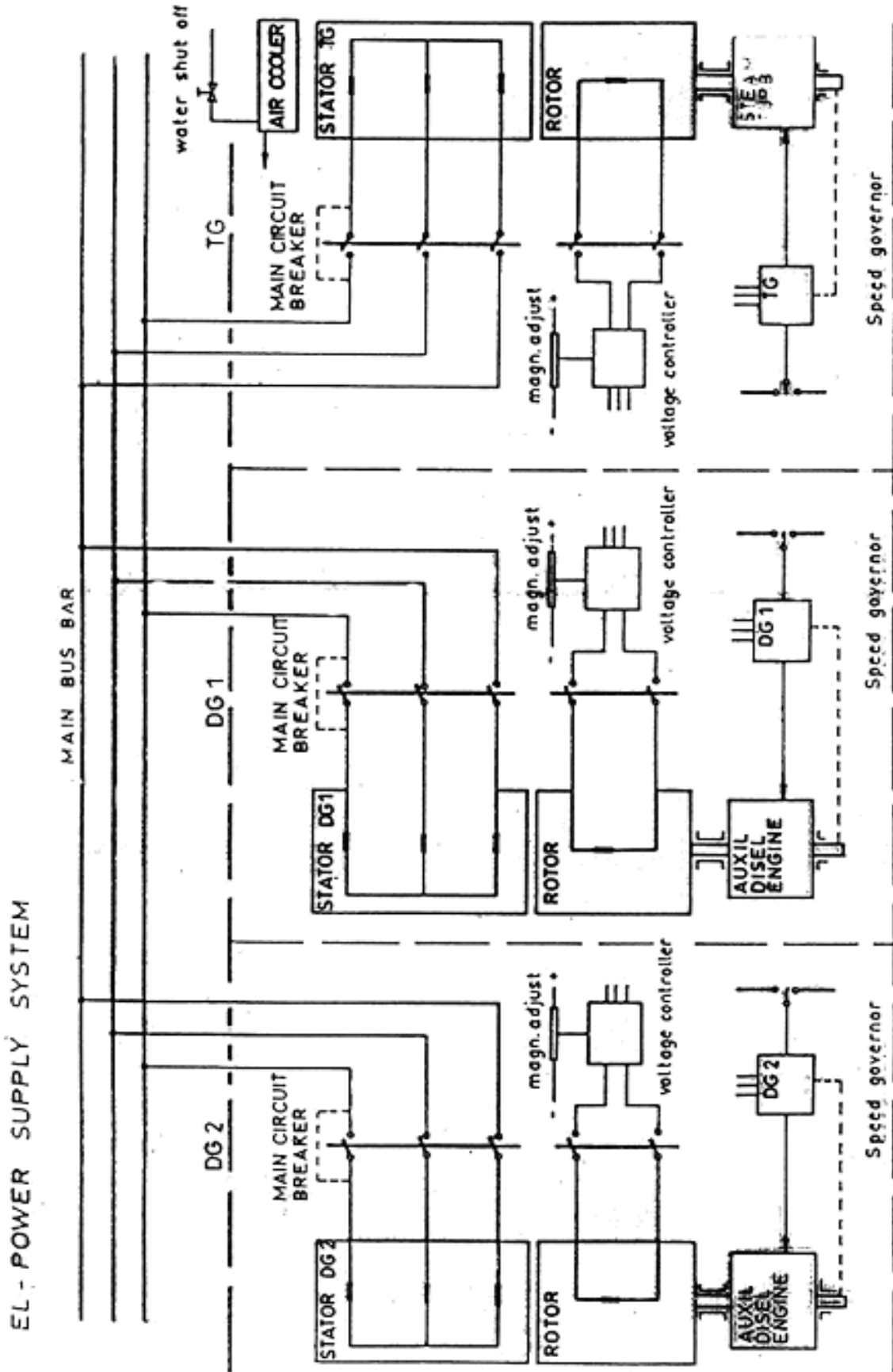
Prije opisa principa i načina upravljanja i zaštite brodskih dizel generatora, potrebno je nešto reći o značajkama osnovnih komponenti, tj. dizel motora kao primarnog pokretača, generatora i sustava rasklopa i trošila EE.



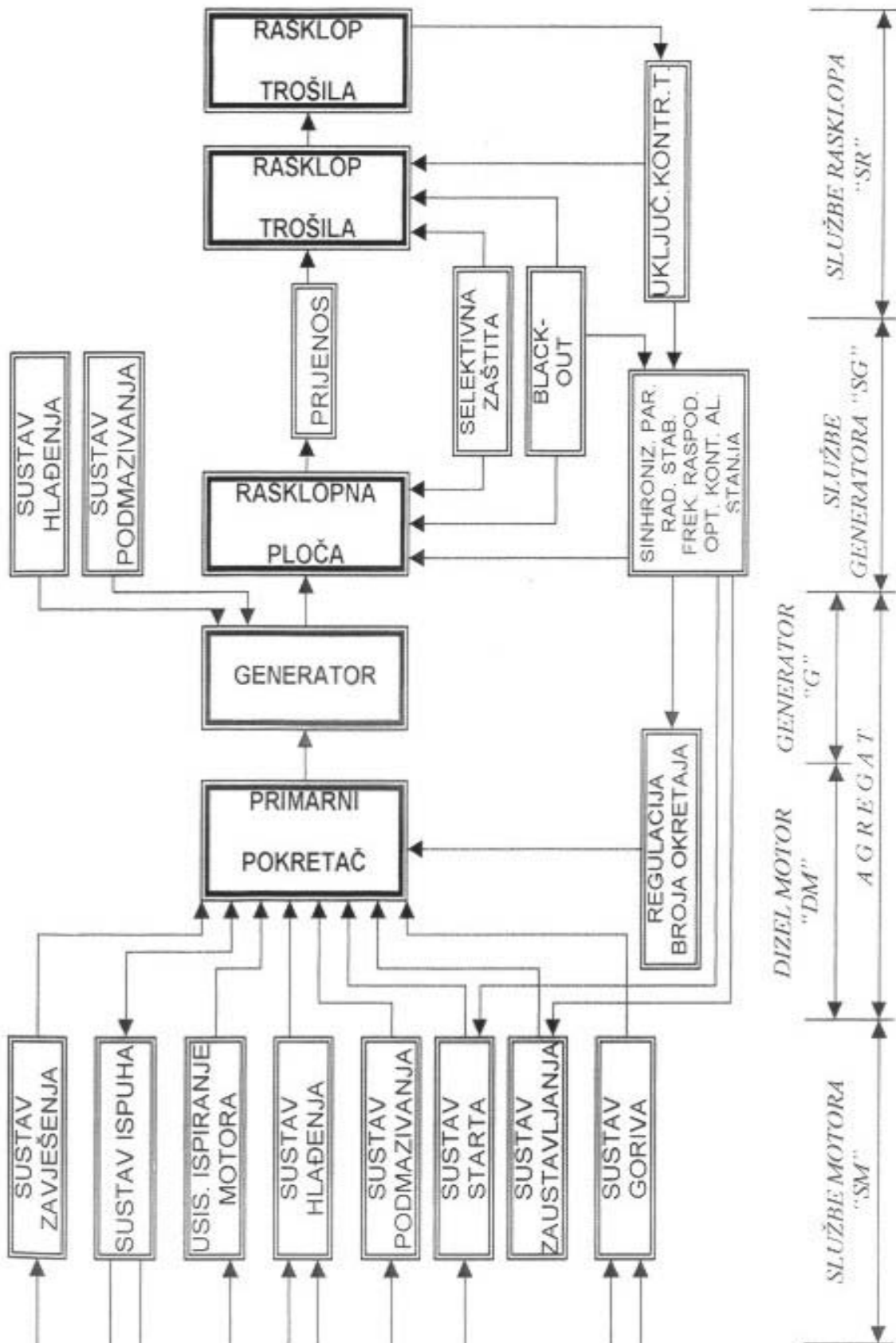
Slika 2.27 Brodska električna trošila i generatori električne energije



Slika 2.28 Model brodske električne centrale



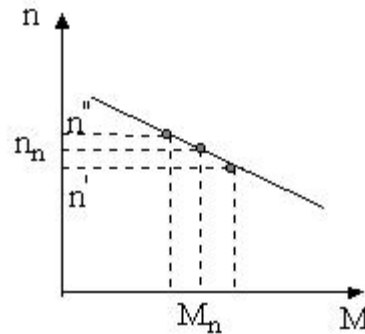
Slika 2.29 Spajanje generatora u paralelni rad na mrežu



Slika 2.30 Struktura broskog DG s podsustavima i elementima rasklopa EE

Dizelski motor kao primarni pokretač generatora

Dizelski motori koji služe kao primarni pokretači brodskih generatora moraju, zbog zahtjeva za stabilnim naponom odnosno frekvencijom, održavati (u dopuštenim granicama) stalan tj. nominalni broj okretaja pri svim opterećenjima generatora (od praznog hoda do punog opterećenja). Od najvažnijih karakteristika dizelskog motora kao pogonskog stroja generatora, svakako je regulaciona karakteristika, koja pokazuje ovisnost broja okretaja motora o momentu odnosno opterećenju (u ovom slučaju električni generator s priključenim trošilima). Slika 2.31 prikazuje idealnu karakteristiku ovisnosti brzine vrtnje motora n_M o otpornom momentu M .



Slika 2.31 Regulacijska karakteristika dizelskog motora

Obično su brzokretni 4-taktni dizelski motori primarni pokretači generatora. Oni u ovakvim slučajevima koriste jednorežimske regulatore brzine vrtnje. Definiira se stupanj neosjetljivosti (rezolucija) regulatora kao:

$$\varepsilon = \frac{n_M' + n_M''}{n_M}$$

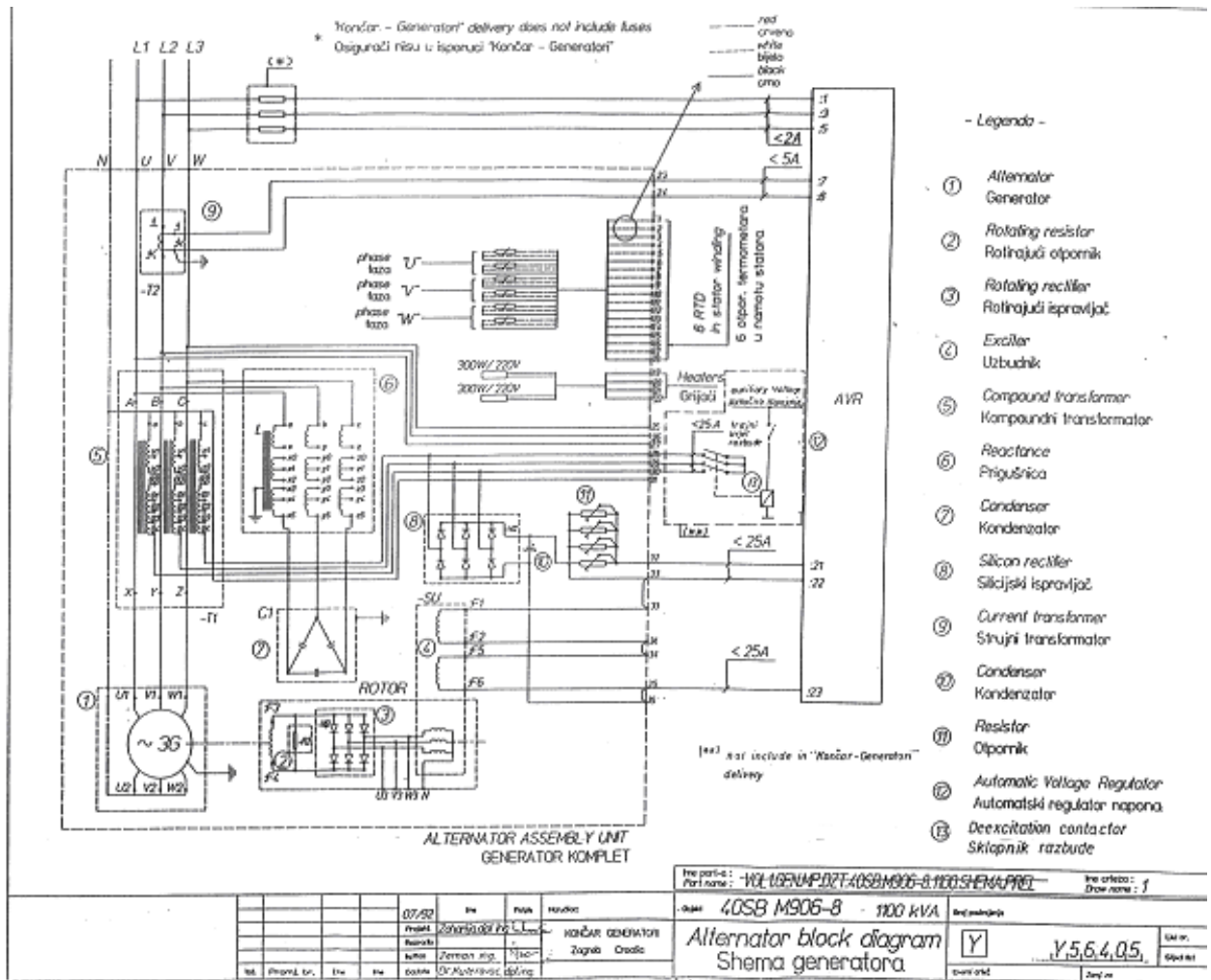
gdje je: $n_M = \frac{n_M' + n_M''}{2}$; n_M' i n_M'' - minimalni i maksimalni broj okretaja motora koji

odgovaraju porastu odnosno padu opterećenja od nominalne vrijednosti M_n , kod kojih započinje djelovanje regulatora. Tipični opseg namještanja broja okretaja motora je u granicama od $\pm 10\%$ od nominalnog n_{Mn} , a točnost stabilizacije broja okretaja u granicama od $\pm 0,5\%$ od postavljenog u tom području.

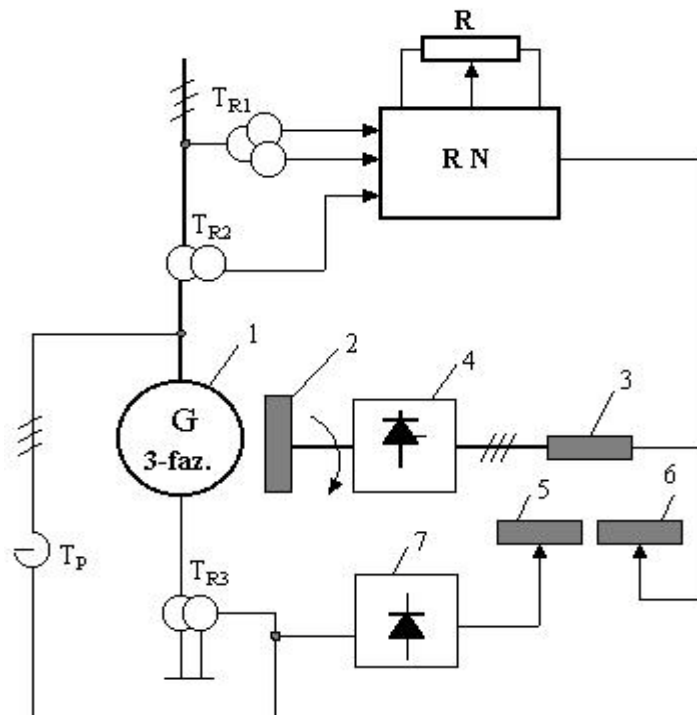
BRODSKI GENERATORI

Kao brodski generatori danas se najčešće koriste trofazni bezkontaktni sinkroni generatori snaga tipično do 1 MW. Slika 2.32 prikazuje strukturnu shemu gneratora proizvodnje "Rade Končar".

Prednost bezkontaktnih u odnosu na klasične generatore s kliznim kolutima proizlazi prvenstveno iz njihove konstrukcije. Oni snagu potrebnu za napajanje uzbudnog kruga generatora dobivaju iz pomoćnog sinkronog generatora (izmjeničnog uzбудnika), koji se nalazi na zajedničkoj osovini s glavnim generatorom. Napon i struja koji se induciraju u izmjeničnom uzбудniku, ispravljaju se odgovarajućim neupravljivim (diode) ili upravljivim (tiristori) poluvodičkim komponentama i napajaju uzbudni (armaturni) namot glavnog generatora. Pošto je ispravljač - usmjerivač smješten na osovinu zajedno s izmjeničnim uzбудnikom (vidi sl. 2.32) i 2.33 i skupa s njim rotira, omogućeno je električno povezivanje armature uzбудnika, usmjerivača i namota uzbuđe generatora bez kliznih prstenova (bezkontaktno), čime se bitno povećava pogonska sigurnost sustava i pojednostavljuje održavanje.



Slika 2.32 Električna shema brodskog sinkronog trofaznog generatora "Končar"



Slika 2.33 Princip regulacije sinkronog trofaznog generatora

Učinkovit način za poboljšanje dinamičke i statičke stabilnosti samouzbudnih sinkronih generatora je strujno kompaundiranje (pomoću strujnog transformatora, ispravljača i uzbudnog namota uzбудnika), te primjena automatske regulacije napona.

Paralelan rad s drugim generatorima u mreži, te raspodjela opterećenja omogućuje se, uvođenjem u regulator, dodatnog signala razmjernog struji generatora (pomoću strujnog transformatora T_{r2}).

Osnovni parametri koji karakteriziraju rad sinkronih generatora su: napon generatora, frekvencija, snaga (struja generatora), struja uzbuđe, sposobnost sinkronizacije na mrežu, uključivanja i paralelnog rada.

Stabilizacija napona generatora je automatska, a opseg udešavanja je u granicama $\pm 5\%$ nazivnog napona generatora. Točnost stabilizacije napona od praznog hoda do punog opterećenja sinkronog generatora, uz $\cos\varphi = 0,5$ do $0,8$, iznosi tipično $\pm 1\%$ od nominalnog napona.

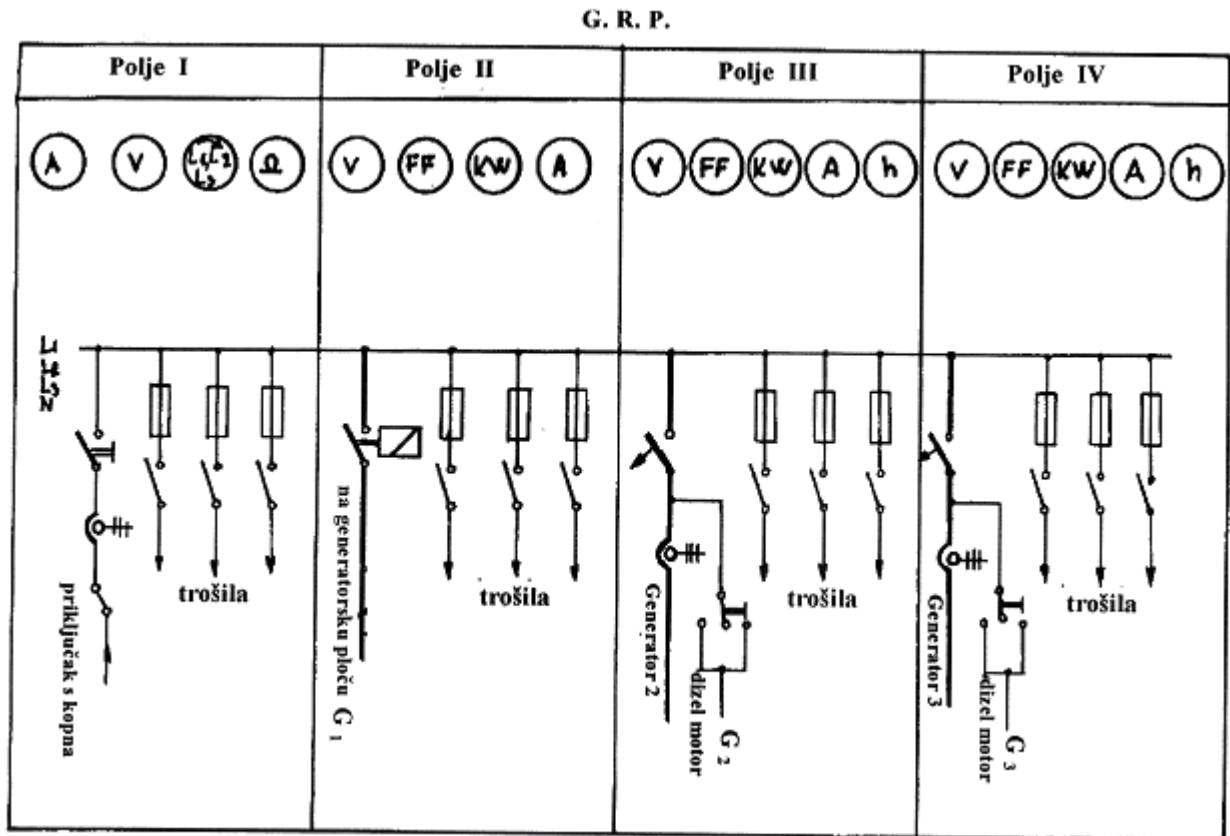
Točnost stabilizacije frekvencije generatora je u granicama $\pm 0,5\%$ (stabilizacija broja okretaja pogonskog motora).

Rasklopne ploče

Glavna rasklopna ploča (GRP) element je brodske električne centrale i služi za razvod električne energije posrednim i grupnim pločama ili neposredno trošilima. Trošila spojena na GRP se grupiraju u određena polja ili sekcije polja prema namjeni i važnosti. Elementi i uređaji koji se ugrađuju u rasklopne ploče mogu se razvrstati u ove osnovne skupine:

- komutacijske (sklopke, preklopke, automatske sklopke, itd.), koji služe za uključivanje, isključivanje, preklapanje i prekopčavanje strujnih električnih krugova,
- zaštitne (osigurači, releji, automati i sl.), koji služe za zaštitu od preopterećenja, kratkih spojeva, prenapona, povratne snage itd.),
- mjerne (ampermetri, voltmetri, frekvencmetri, om-metri, kW-metri, itd.),
- regulacijske (potenciometri, reostati, regulatori i dr.),
- signalne (sijalice, LED diode, zvonca, sirene itd.), koji signaliziraju stanje komutacijskih uređaja, preopterećenja, isključenja zbog kvarova u mreži, neispravnosti strujnih krugova i sl.

Na slici 2.34 prikazan je prednji izgled jedne GRP sa četiri polja (polje priključka na kopno i tri generatorska polja s razvodima na trošila).



Slika 2.34 Prednji izgled jedne GRP s četiri polja

U okviru rasklopnih ploča, direktno su integrirane neke od funkcija upravljanja BEC, kao što su selektivna zaštita, i rezervni modovi upravljanja (ručno upravljanje), te osnovne funkcije nadzora rada generatora.

Rasklopni sustav se realizira u više cjelina s paralelnim i razdijeljenim sabirnicama, koje se međusobno povezuju i u slučaju ispada jedne cjeline, važna trošila se napajaju preko druge grane. U slučaju prekida osnovnog napajanja, automatski se aktivira rezervna agregatna jedinica (generator za nuždu), koja preuzima napajanje posebno važnih trošila kao što su: navigacijski sustav, kormilarski sustav, protupožarne i drenažne pumpe, dojavni alarmni sustav i dr.

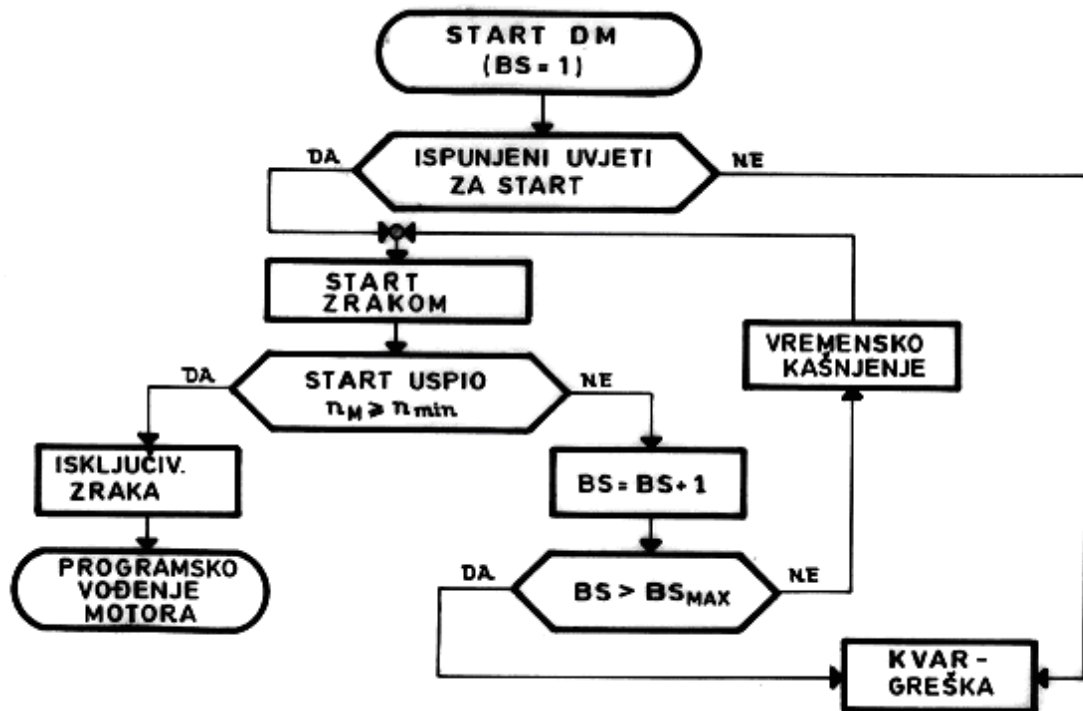
Uključenje trošila ne smije prouzročiti prekid napajanja električnom energijom (BLACK OUT). U slučaju preopterećenja, sustav zaštite mora isključiti manje važna trošila prije nego se aktivira sustav selektivne zaštite generatora.

A. UPRAVLJANJE POGONSKOG STROJA GENERATORA - DM

Pod upravljanjem dizel motora kao primarnog pokretača generatora EE podrazumijeva se, u užem smislu, proces automatskog upućivanja, programskog vođenja u nominalni režim, automatske regulacije brzine vrtnje i automatskog zaustavljanja.

Upućivanje dizel motora obavlja se uputnim zrakom, kojeg osigurava služba startnog - uputnog zraka. Tlak zraka mora biti veći od donje definirane granične vrijednosti.

Slika 2.35 pokazuje opći dijagram toka procedure automatskog upućivanja dizel motora.



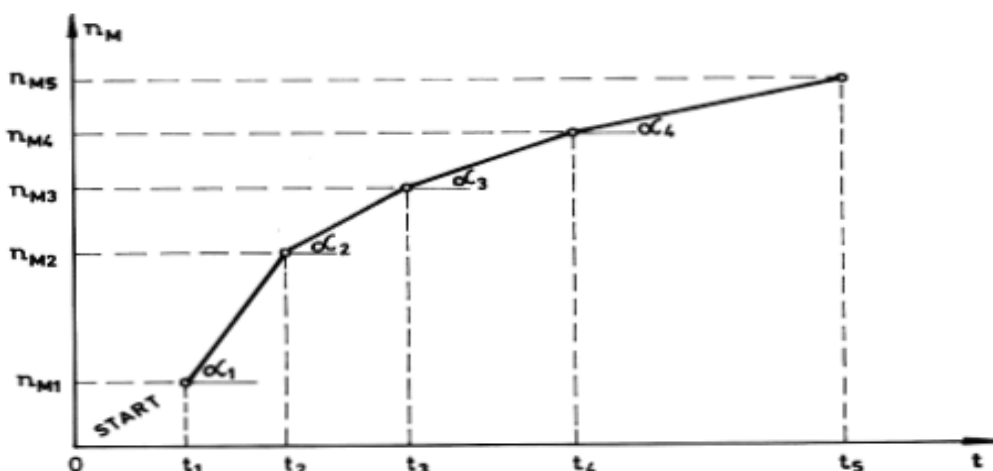
Slika 2.35 Opći dijagram procedure automatskog upućivanja dizel motora

Značenje skraćenica na dijagramu:

BS - broj pokušaja upućivanja, BS_{MAX} - maksimalni dopušteni broj pokušaja,

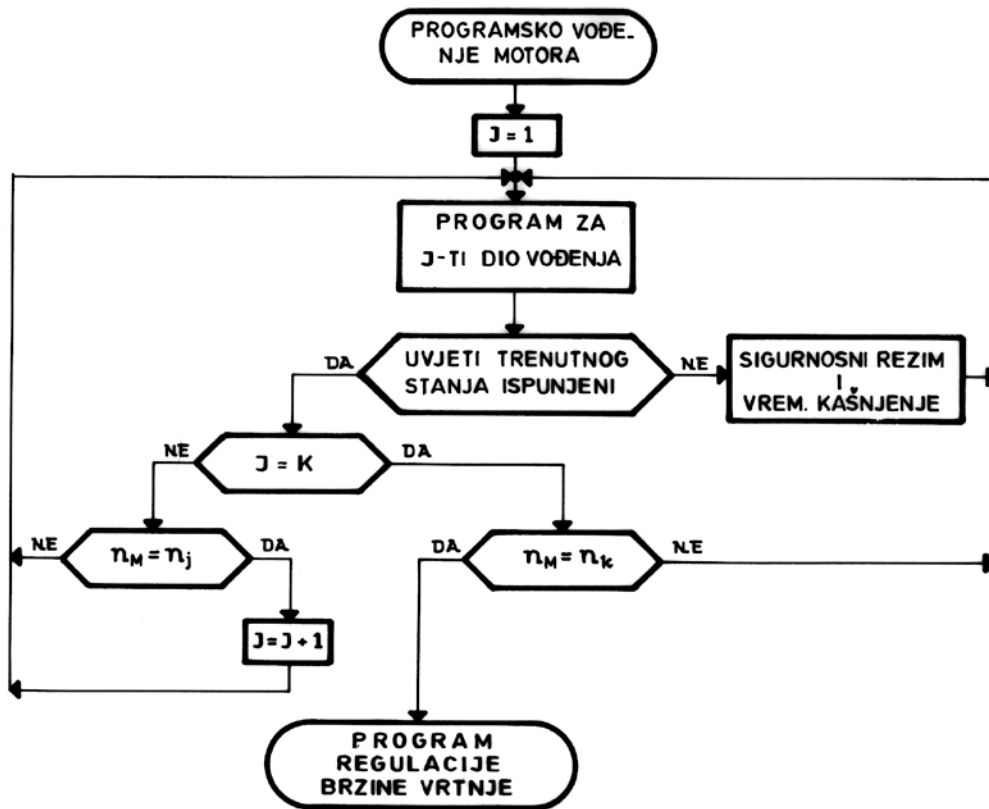
n_M - stvarni broj okretaja motora, n_{min} - minimalan broj okretaja dovoljan za uspješno upućivanje.

Nakon uspješnog upućivanja dizel motora slijedi faza njegovog programskog vođenja u nominalni broj okretaja (koji odgovara frekvenciji od 50 Hz). Programsko vođenje motora ostvaruje se inkrementalnim povećavanjem brzine vrtnje uz tekuće provjeravanje vrijednosti parametara relevantnih za ispravan i siguran rad motora (uvjeti trenutnog stanja). Gradijent promjene brzine α nije konstantan, već ovisi o iznosu trenutne brzine i veći je u početnim segmentima vođenja. Slika 2.36 ilustrira princip programskog vođenja motora u nominalni režim, dok slika 2.37 dijagram odgovarajući dijagram toka programa.

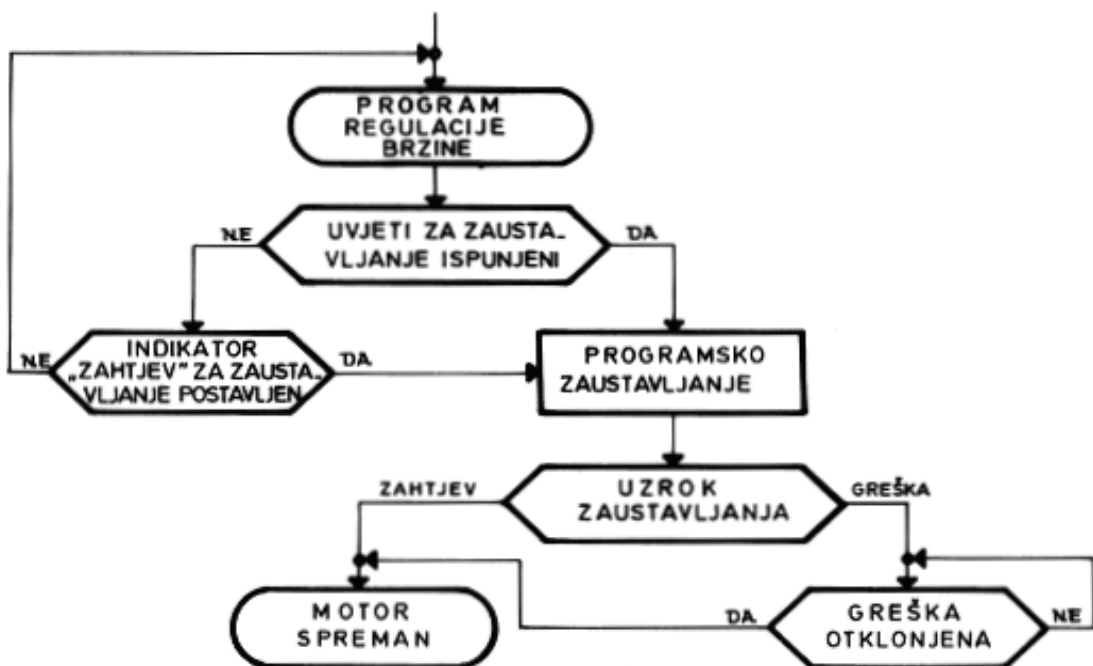


Slika 2.36 Princip programskog vođenja motora u nominalni režim

Nakon dovođenja motora u nominalni režim, slijedi program regulacije njegove brzine vrtnje uz pomoć automatskog regulatora.



Slika 2.37 Dijagram toka programskog vođenja motora u zadani režim



Slika 2.38 Dijagram toka programskog zaustavljanja motora

Tijekom odvijanja programa regulacije brzine vrtnje, stalno se ispituju uvjeti za zaustavljanje motora (prekoračenje graničnih vrijednosti kritičnih parametara, pojava greške, kvara i sl.) i ako je neki od njih ispunjen prelazi se na programsko zaustavljanje (slika 2.38). Jednako vrijedi i za slučaj da je postavljen indikator (status) zahtjeva za zaustavljanje motora. Procedura zaustavljanja motora se obavlja prema unaprijed definiranom algoritmu, da se izbjegnu neželjene posljedice.

Što se tiče automatskog upravljanja službama motora, odnosno njihovim elementima (pumpe, ventili, kompresori i dr.), koriste se programske sekvence za automatsko startanje, nadzor i dijagnostiku stanja, te dojavu kvarova, kao i automatsko uključivanje / isključivanje stand-by elemenata.

Za regulaciju temperature u sustavima hlađenja i podmazivanja motora koriste se uglavnom elektronički PID regulatori i tropoložajni regulacijski ventili. Konkretno izvedbe službi motora i njihova integracija u D-G kompleks, određuju i pripadnu programsku podršku.

B. UPRAVLJANJE GENERATORSKIM PODSUSTAVOM

Preostale, osnovne funkcije upravljanja D-G kompleksa bit će opisane uz prepostavku decentraliziranog načina upravljanja radom D-G jedinica.

B.1 Automatska sinkronizacija generatora i uključivanje u paralelni rad na mreži

Problem sinkronizacije i uključivanja u paralelni rad više D-G jedinica u okviru BEC primarne brodske mreže, rješava se sustavom pojedinačne sinkronizacije i stabilizacije frekvencija agregatnih jedinica.

Osnovni uvjet za sinkronizaciju generatora i uključivanje u paralelni rad na mrežu su izjednačenost napona mreže U_M i generatora U_G , približna izjednačenost frekvencija mreže f_M i generatora f_G (slika 2.39a), te izjednačenost faza napona mreže i generatora u trenutku priključivanja na mrežu. Izjednačavanje napona mreže i generatora obavlja se automatski, regulacijom (promjenom) samouzbude generatora.

Izjednačavanje i stabilizacija frekvencije $f_G \approx f_M$, te izjednačavanje faza napona postižu se promjenom brzine vrtnje pogonskog stroja, neposrednim djelovanjem na regulator broja okretaja dizel motora (slika 2.39b).

Rješenje problema sinkronizacije i uključivanja generatora u paralelni rad uz primjenu mikroelektroničkog sustava upravljanja zahtijeva definiranje algoritama za:

- određivanje frekvencije mreže i generatora,
- izjednačavanje i stabilizaciju frekvencija ($f_G \approx f_M$),
- izjednačavanje faza napona generatora i mreže, te ubacivanje generatorske sklopke (GS).

B.1.1 Određivanje frekvencije f_M i f_G

S obzirom na veliku brzinu rada mikroelektroničkih sustava i relativnu sporost D-G procesa (dovoljna zalihost vremena), pogodan način za određivanje frekvencija mreže i generatora u procesu sinkronizacije jest primjena programljivih vremenskih brojila (standardni elementi svakog procesorskog sustava) i odgovarajućih prekida programa (interrupt routine). Ovi programi se aktiviraju preko zasebnih linija za prekid programa (Interrupt Request Line - IRQ). Vremenski trenutak zahtjeva za prekid određuje detektor nule i faze mjernog signala U_M i U_G , na način da se pri svakom prolazu napona kroz nulu u pozitivnom smjeru, generira signal zahtjeva za prekid. Takva dva uzastopna prekida (jedan za start i drugi za zaustavljanje programljivih vremenskih brojila) dovoljna su da se odredi frekvencija mjernog signala (f_M i f_G). Točnost određivanja frekvencija ovisi o duljini - veličini (broju bita) programljivih vremenskih brojila i frekvenciji

upravljačkih impulsa (ona mora biti što veća). Za mjerne kanale čija je donja granična frekvencija f_d , period upravljačkih impulsa je:

$$T_{im} = 1/(f_d \cdot 2^n)$$

gdje je n - broj bita (duljina) programljivih brojila.

Pomoću programa i dodatnog hardvera, moguće je istu liniju koristiti za više mjernih kanala (vremensko multipleksiranje).

B.1.2 Izjednačavanje frekvencija generatora i mreže ($f_G \approx f_M$)

Jedan od uvjeta za priključenje generatora na mrežu jest da mu frekvencija bude što bliže frekvenciji mreže (tipična razlika frekvencija $\Delta f \approx 0,1-0,5 \text{ Hz}$). Što su frekvencije generatora i mreže bliže, priključenje je mekše. One ne smiju biti jednake, jer tada fazna razlika ostaje konstantna i ne mogu se osigurati nužni uvjeti za priključenje.

Prvi korak u postupku sinkronizacije, nakon približnog izjednačavanja amplituda napona generatora i mreže, jest dovođenje razlike frekvencija u određeno područje definirano maksimalnim i minimalnim dopuštenim granicama za ulazak u sinkronizaciju (slika 2.39a). To se ostvaruje inkrementalnim djelovanjem na regulator DM, povećavajući odnosno snižavajući broj okretaja motora, a time i frekvenciju generatora sve dok se razlika ne dovede u definirana područja za sinkronizaciju. Slika 2.39b ilustrira dijagram toka programa.

B.1.3 Izjednačavanje faza - sinkronizacija i ubacivanje GS

Nakon što su frekvencije mreže i generatora približno izjednačene ($f_G \approx f_M$), programski se određuje vrijeme izjednačenja faza napona U_G i U_M (t_{\sin}) i vremenski trenutak ubacivanja - uključivanja generatorske sklopke GS (t_{GS0}) uzimajući u obzir poznato vrijeme kašnjenja GS (T_{GS}). Vremensko kašnjenje uključivanja GS kreće se za brodske generatore tipično između 50 i 300 ms, a može biti i kraće.

Slika 2.40 ilustrira postupak uz pretpostavku da je frekvencija generatora manja od frekvencije mreže ($f_G < f_M$).

Vremena t_{G0+} i t_{m0+} na dijagramu predstavljaju vremenske trenutke prolaza kroz nulu, u pozitivnom smjeru, napona generatora i mreže.

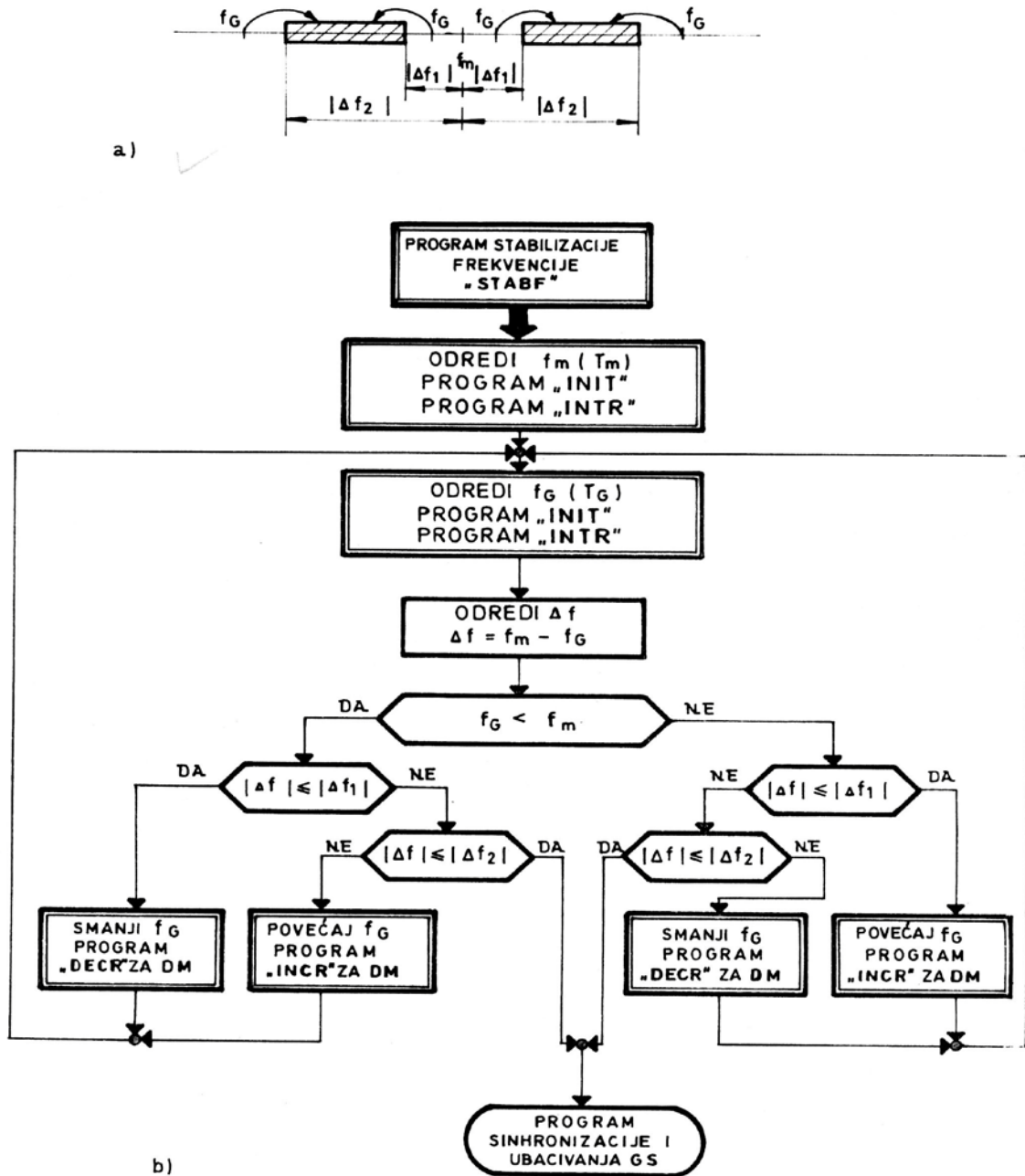
t_{\sin} označava vremenski trenutak prvog izjednačenja faza napona generatora U_G i napona mreže U_M .

Iz dijagrama je vidljivo da oba napona od trenutka prolaza kroz nulu do trenutka izjednačenja faza

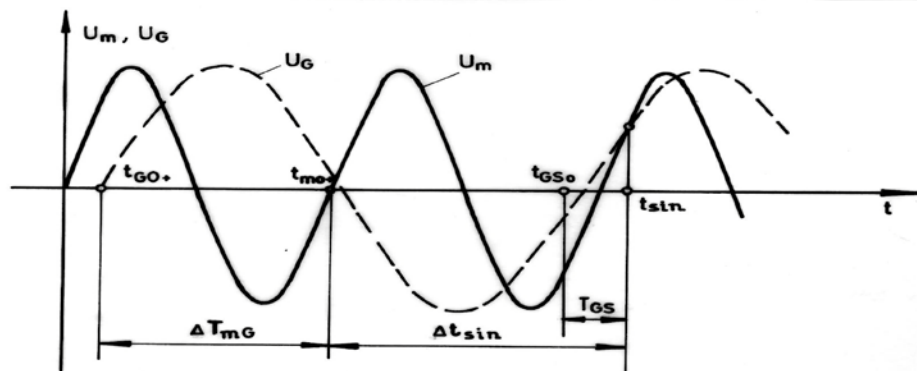
t_{\sin} prelaze jednak fazni kut ($\varphi = \omega t$), pa vrijedi:

$$\varphi_G = 2\pi f_G (\Delta t_{mG} + \Delta t_{\sin})$$

$$\varphi_m = 2\pi f_m \Delta t_{\sin}$$



Slika 2.39 Programsko dovođenje frekvencije generatora za sinkronizaciju na mrežu



Slika 2.40 Postupak sinkronizacije generatora na mrežu

Iz uvjeta $\varphi_G = \varphi_m$, dobije se vrijeme potrebno za ulazak u sinkronizaciju napona generatora U_G i napona mreže U_M :

$$\Delta t_{\sin} = \frac{f_G \Delta T_{mG}}{f_m - f_G}$$

ili uz supstituciju, $f_G = 1/T_G$ i $f_m = 1/T_m$ dobije se:

$$\Delta t_{\sin} = \frac{T_m \cdot \Delta T_{mG}}{T_G - T_m}; \text{ za } f_G < f_m$$

$$\Delta t_{\sin} = \frac{T_m \cdot \Delta T_{mG}}{T_m - T_G} \text{ za } f_m < f_G$$

Ovo vrijeme se, u najnepovoljnijim slučajevima (za tipično dopuštene razlike frekvencija od 0,1 do 0,5 Hz), kreće u granicama od 10 do 2 s, pa se javljaju teškoće u mjerenju ovako "dugačkog" vremena u odnosu na periode napona U_G i U_m (≈ 20 ms) i signale takta koji se koriste u računalima. Pogreška u određivanju ovog vremena ima za posljedicu pojavu naponskih razlika na kontaktima (stezaljkama) GS u trenutku priključivanja na mrežu, te mogućih velikih struja izjednačenja, odnosno električnih i mehaničkih udara na generatoru.

C. PRAĆENJE I RASPODJELA OPTEREĆENJA GENERATORA

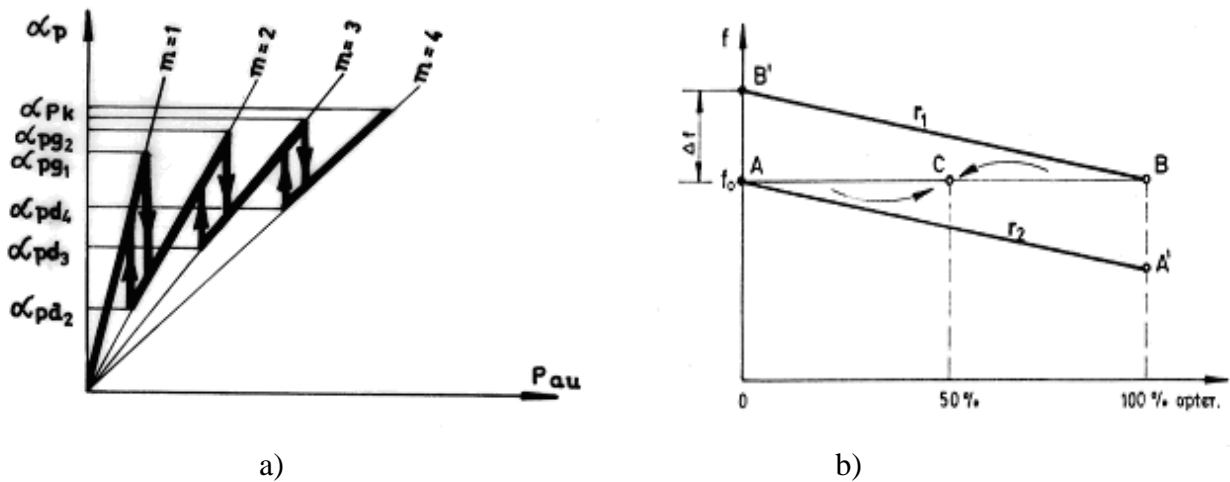
U cilju uvećanja učinkovitosti rada D-G procesa i ravnomjerne opterećenosti generatorskih jedinica u paralelnom radu, permanentno se prati ukupno opterećenje BEC i pojedinačno svake aktivne jedinice, obavlja se raspodjela opterećenja, uključivanje ili isključivanje pojedinih jedinica za slučaj preopterećenosti, odnosno zalihosti.

Definira se koeficijent opterećenja α_p mreže kao odnos snage svih aktivnih generatora prema ukupno instaliranoj snazi mreže (suma snaga svih generatora):

$$\alpha_p = \frac{\sum_{i=1}^m P_{ai}}{\sum_{i=1}^n P_{ni}}$$

Na slici 2.41a prikazan je dijagram ovisnosti koeficijenta opterećenja α_p o broju uključenih D-G jedinica u paralelnom radu i ukupnom aktivnom opterećenju BEC. Definiiraju se gornje (α_{pg}) i donje (α_{pd}) granične vrijednosti ovog koeficijenta, čije prekoračenje automatski (s vremenskom odgodom ili bez nje) povlači uključivanje, odnosno isključivanje, neke od D-G jedinica. U slučaju preopterećenja uključuje se dodatna jedinica s određenom vremenskom odgodom, ako je $\alpha_{pgm} < \alpha_{pm} < \alpha_{pk}$, gdje α_{pk} predstavlja kritični koeficijent opterećenja mreže (tipično 1,1 odnosno 110 %).

Ako trenutno opterećenje prijeđe kritičnu granicu α_{pk} , dodatna generatorska jedinica se uključuje bez odgode.



Slika 2.41 Uključivanje/ isključivanje i raspodjela opterećenja generatora

Zahtjevu za povećanjem energije na mreži (uključivanje novih trošila), prethodi uvijek analiza da li se on može ispuniti trenutno aktivnim D-G jedinicama ili se zbog mogućeg prekoračenja definiranog graničnog koeficijenta opterećenja mora uključiti dodatna jedinica.

Trošila velikih snaga priključuju se na mrežu kontrolirano uz prethodnu provjeru zalihosti električne energije, s ciljem sprječavanja naglih opterećenja i mogućih ispada mreže (prekid napajanja).

U slučaju smanjivanja opterećenja na mreži, provodi se analiza mogućnosti isključenja iz rada jedne od aktivnih D-G jedinica, s time da se preostale aktivne jedinice ne opterete iznad definirane gornje granice ($\alpha_{pm} < \alpha_{pgm}$).

Trend analizom opterećenja mreže i pravilnim vremenskim odgodama, moguće je izbjeći česta uključivanja i isključivanja D-G jedinica.

Nakon uključivanja generatora u paralelni rad u mreži, obavlja se raspodjela opterećenja između već aktivnih generatora i tek priključenog generatora. Slika 2.41b ilustrira princip simetrične raspodjele opterećenja između dva generatora (isti princip vrijedi za n generatora), uz pretpostavku linearne ovisnosti između brzine vrtnje DM (frekvencije generatora) i opterećenja. Regulacijska karakteristika r_2 generatora koji se nalazi u praznom hodu (točka A) i uključuje se u paralelni rad, ukazuje na trend pada frekvencije zbog opterećivanja, dok regulacijska karakteristika r_1 aktivnog generatora pokazuje analogno porast frekvencije pri njegovom rasterećivanju od punog opterećenja (točka B). Zbog toga je nužno, u fazi preraspodjele opterećenja (Load Sharing), djelovati na regulatore DM povećavajući, odnosno smanjujući, njihove brzine vrtnje sve do momenta izjednačenja opterećenja i stabilizacije frekvencije u odabranoj radnoj točki (točka C). Tipična promjena frekvencije za promjenu opterećenja od praznog hoda do punog opterećenja generatora iznosi (3 - 5) % od nominalne vrijednosti frekvencije f_0 .

Proces regulacija opterećenja - stabilizacija frekvencije provodi se naizmjenično da bi se spriječila veća odstupanja frekvencije zbog promjena opterećenja.

S obzirom na relativno velika kašnjenja odziva cijelog sustava na zadane regulacijske pobude i nemogućnost vrlo precizne regulacije brzine vrtnje DM, nužno je da se proces regulacije opterećenja i stabilizacije frekvencije, koliko god je to moguće, optimira uvođenjem mrtvih zona i zona vremenske neosjetljivosti. U tu svrhu se definiraju: konstanta neosjetljivosti raspodjele opterećenja γ_{PNR} (tipično 5%), konstanta neosjetljivosti na odstupanje frekvencije Δf_{NOF} (tipično 0,1 Hz) i vremenska konstanta T_K kašnjenja odziva sustava (tipično par sekundi).

D. ZAŠTITA GENERATORA

Selektivna zaštita generatora provodi se prvenstveno s ciljem zaštite generatora od oštećenja. Za generatore u paralelnom radu, ona se u temelju svodi na:

- zaštitu od preopterećenja,
- zaštitu od kratkog spoja,
- zaštitu od minimalnog napona,
- zaštitu od povratne snage.

Iznos dopuštenog preopterećenja generatora i njegovo vremensko trajanje moraju se prilagoditi karakteristikama i dinamici D-G jedinica u paralelnom radu na mreži.

Zaštita od kratkog spoja mora djelovati, trenutno ili s vremenskom odgodom, pri najmanje dvostrukom iznosu nazivne struje ($i_G < 2 \cdot i_{Gn}$). Ova se izvodi odvojeno u svakoj fazi generatora.

Zaštita od minimalnog napona sprječava priključenje generatora na mrežu, sve dok se napon generatora ne ustali u vrijednosti najmanje 85% od nazivnog napona.

Zaštita generatora od povratne snage se mora prilagoditi karakteristikama DM kao pogonskog stroja. Zaštita reagira kad iznos povratne snage dostigne vrijednost (8 - 15)% nazivne snage generatora. Sustav selektivne zaštite generatora se najčešće izvodi relejima. Aktiviranje bilo kojeg njegovog elementa izaziva teškoće u radu BEC, ponekad i prekid napajanja. Zato se, pri projektiranju funkcija automatizacije BEC, moraju definirati takvi algoritmi rada koji će reagirati vremenski prije sustava selektivne zaštite. Ovaj sustav mora jednako djelovati i u ručnom režimu upravljanja i zato obično predstavlja separatan dio (podsustav) ukupnog sustava automatizacije generatora.

PRIORITET UKLJUČENJA I ISKLJUČENJA D-G JEDINICA

Prioriteti uključivanja i isključenja D-G jedinica definiraju se listama prioriteta na način da je svaka upravljačka jedinica u stanju prepoznati organizaciju prioriteta na razini cijele BEC, kao i svoj položaj u toj organizaciji.

Ako se broj aktivnih D-G jedinica i dodijeljeni prioritet razlikuju za više od jedan, čeka se u petlji i prati da li će reagirati jedinica višeg prioriteta. Vrijeme čekanja razmjerno je prioritetoj udaljenosti na listi čekanja. Prioriteti uključivanja D-G jedinica mogu se dodjeljivati i dinamički, u tijeku rada ovisno o njihovom trenutnom stanju spremnosti i ispravnosti.

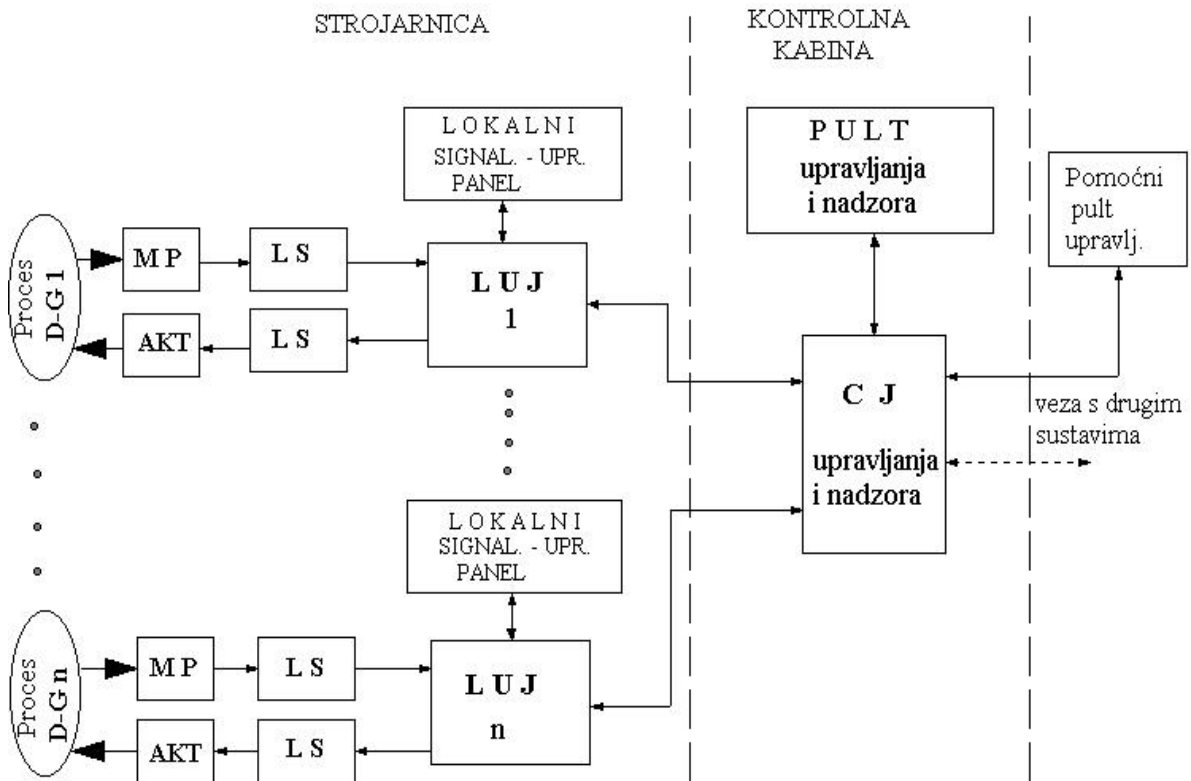
Zahtjevi za uključivanje ili isključenje D-G jedinica mimo dodijeljenog prioriteta zadaju se isključivo ručno od strane poslužitelja - operatera i tada se ne obavlja analiza prioriteta.

KONTROLA ISPADA MREŽE

Ukoliko se detektira pad frekvencije mreže ispod određene granice ili potpuni nestanak napona ($U_m = 0$), aktivira se program za kontrolu ispada mreže. U slučaju pada frekvencije sugerira se isključivanje manje važnih trošila i ponovna raspodjela opterećenja između trenutno aktivnih generatora. Ako se na ovaj način, i nakon R pokušaja, ne poveća frekvencija mreže iznad dozvoljene kritične granice, prelazi se na isključenje svih trošila izuzev posebno važnih, signalizira alarmno stanje i uključuju rezervne D-G jedinice prema dodijeljenom prioritetu.

STRUKTURA I POVEZIVANJE ELEMENATA SU D-G JEDINICA

Na slici 2.42 prikazana je jedna pogodna opća struktura i razmještaj elemenata sustava upravljanja i nadzora D-G jedinica u okviru BEC.



Slika 2.42 Struktura SU D-G jedinica u okviru BEC

Kao što se iz slike vidi, svaka D-G jedinica ima identičnu strukturu SU, čiji temelj čine lokalne upravljačke jedinice (LUJ). Na ovaj način se pojednostavljuje održavanje sustava i umanjuje problem rezervnih dijelova. Oprema mjerenja, prethodne obrade signala i akcije, tj. izvršnog djelovanja smješta se u strojarnici na samom objektu ili neposrednoj blizini (distribuirano po pogonu), dok se centralna jedinica (CJ) i pult upravljanja smještaju u kontrolnu kabinu ili drugi prigodni prostor.

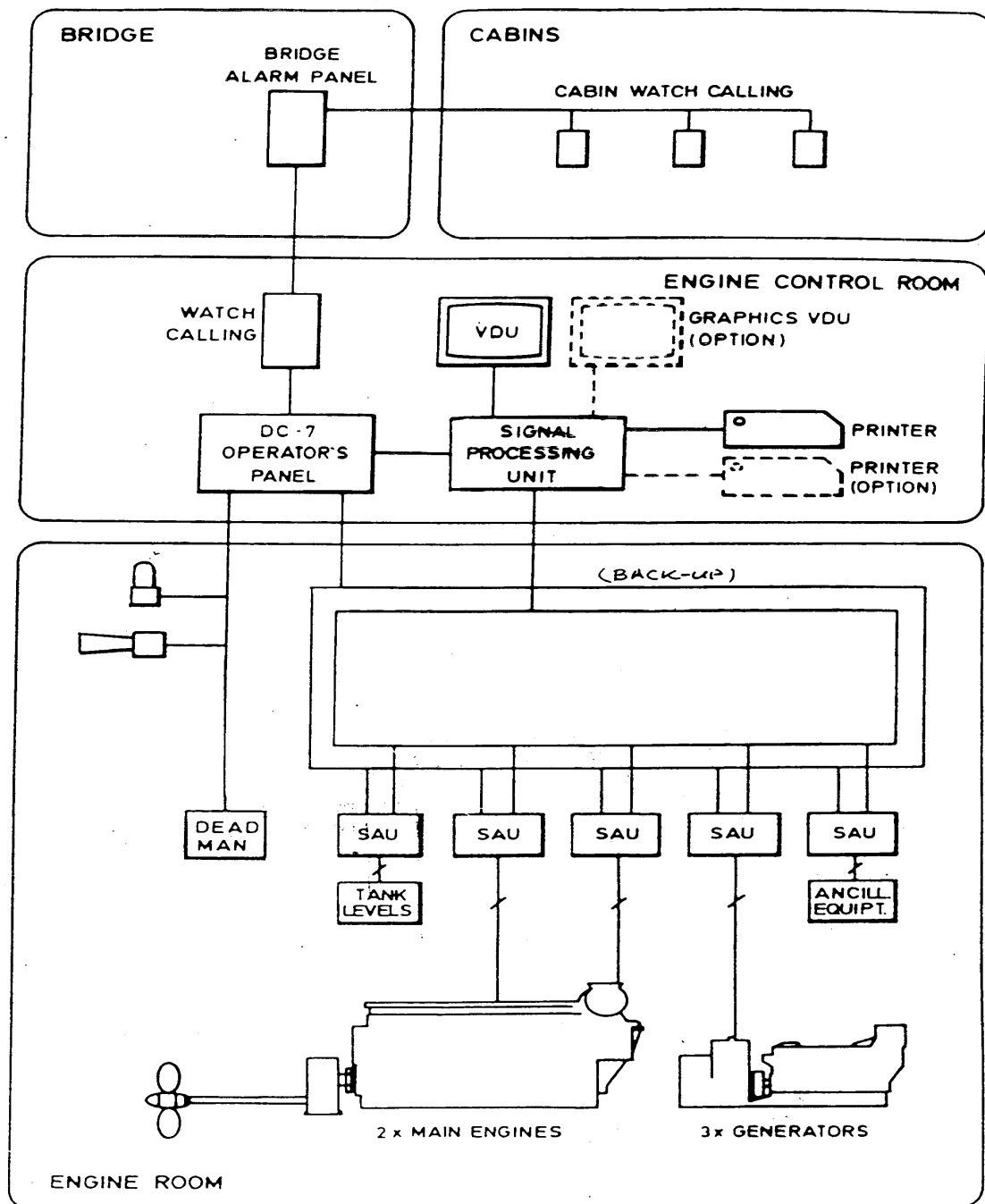
Veza lokalnih upravljačkih jedinica s procesima D-G jedinica ostvaruje se pomoću mjernih prevornika i aktuatora, te lokalnih stanica (LS) u kojima se obavlja nužno pojačanje, oblikovanje signala, filtriranje, multipleksiranje i demultipleksiranje signala mjerenja i akcije.

Komunikacija između lokalnih upravljačkih jedinica i centralne jedinice SU najčešće se ostvaruje serijskim komunikacijskim kanalom (RS 232, RS 422, RS 485, strujna petlja itd.), čime se znatno smanjuje opseg kabliranja, pojednostavljuje nadzor i održavanje komunikacijskog kanala.

Osnovna komunikacija operatera sustava sa samim sustavom ostvaruje se preko glavnog pulta upravljanja u kontrolnoj kabini, s tim da je moguća i dopunska komunikacija primjenom pomoćnog pulta upravljanja i lokalnih signalizacijsko-upravljačkih panela.

2.7.1 SUSTAV UPRAVLJANJA I ZAŠTITE BRODSKIH GENERATORA ZASNOVAN NA GCU 8810 NORCONTROL

NORCONTROL je razvio i implementirao koncept integriranog distribuiranog sustava nadzora i upravljanja cijele brodske strojarnice uključujući propulzijske strojeve i generatorske jedinice brodske električne centrale. Slika 2.43 ilustrira taj koncept u kojem su na nižoj razini primijenjene lokalne upravljačke jedinice (SAU) zasnovane na mikroprocesorima, dok je na višoj razini supernadzora i koordinacije primijenjena centralna procesna jedinica.



Slika 2.43 Koncept upravljanja brodske strojarnice

Upravljačka jedinica generatora GCU 8810 omogućuje potpuni nadzor, upravljačke i alarmne funkcije za jedan brodski generator pogonjen bilo kojim strojem (dizel motor, plinska ili parna turbina ili osovinski generator). Međusobno je moguće povezati jedinice GCU 8810 za potpuno automatsko upravljanje električnom centralom s do deset generatorskih jedinica. Mogu raditi kao neovisne jedinice ili u integriranom sustavu daljinski upravljane centralnim sustavima NORCONTROL-a kao što su: DATACHIEF-7 ili DATACHIEF-2000 (sustav upravljanja i nadzora glavnih strojeva).

GCU 8810 se zasniva na 16-bitnim mikroprocesorima. Smješta se u standardni okvir 19" s ili bez kabineta. Svaka GCU jedinica ima svoju upravljačku ploču - front panel koja pokazuje stanje same GCU jedinice i njoj pripadnog generatora, te omogućuje operateru izbor i izvršavanje odgovarajućih upravljačkih akcija, npr. izbor moda GCU jedinice Master/Standby, načina raspodjele opterećenja među generatorima u paralelnom radu, upravljačke akcije Start/Stop/Connect/Disconnect za ručno upravljanje generatora i njihovih primarnih pokretača.

FUNKCIJE JEDINICA GCU 8810

A) Upravljačke funkcije sustava

- upućivanje/zaustavljanje primarnog pokretača generatora,
- povećavanje/smanjivanje brzine vrtnje pogonskog stroja,
- uključivanje/isključivanje sklopke generatora,
- izbor tipa goriva (lako/teško),
- upućivanje/zaustavljanje glavnih uljnih crpki,
- signal za spajanje/zabranu spajanja za druge generatore u mreži,
- signal za omogućavanje spajanja velikih trošila i dr.

B) Nadzorne i zaštitne funkcije sustava

- prekoračenje brzine vrtnje stroja (overspeed),
- nizak tlak ulja za podmazivanje motora,
- visoka temperatura rashladnog medija,
- uklapanje generatorske sklopke,
- praćenje rada generatora i zaštita (napon i frekvencija generatora i mreže),
- signal upućivanja/blokiranja vanjskom ručnom preklopkom,
- signal zabrane/spajanja (Inhibit/connect) za druge jedinice GCU,
- ispad svih generatora iz mreže (blackout),
- zahtjev za uključenje od velikih trošila,
- pet dodatnih alarmnih signala koje može definirati sam korisnik prema potrebi i dr.

Svaka jedinica GCU 8810 omogućuje automatsko i ručno upravljanje generatorskim jedinicama:

Automatsko upravljanje s GCU jedinicama

- automatski start generatora i povezivanje nakon ispada iz mreže,
- automatska sinkronizacija i stabilizacija frekvencije generatora,
- upućivanje/zaustavljanje standby generatora ovisno o trenutnom opterećenju,
- simetrična raspodjela opterećenja između aktivnih generatora u paralelnom radu,
- asimetrična raspodjela opterećenja između dva generatora (par) u paralelnom radu,
- zabrana uključivanja velikih trošila,
- priprema standby jedinice generatora (zagrijavanje i podmazivanje),
- izbor vrste goriva (lako/teško),

- nadzor i upravljanje jedinice GCU s udaljene lokacije (remote control).

Sve ove funkcije izvršavaju se i kontroliraju pomoću ulazno/izlaznih signala jedinice GCU, odnosno praćenjem njihovih trenutnih vrijednosti u pogonu. Ovi signali omogućuju isključivanje generatora iz mreže ili uključivanje standby jedinice GCU i pripadnog joj generatora, ako njihove vrijednosti u rada premaše unaprijed definirane granične veličine.

Neki od ulazno/izlaznih signala jedinice GCU mogu se koristiti u drugim krugovima za slijedeće funkcije:

- očitavanje/izdavanje zahtjeva za uključivanje/isključivanje velikih trošila,
- mjerenje izlaznog napona i frekvencije generatora pomoću naponskih transformatora,
- upravljanje položaja generatorske sklopke GS,
- detekcija (određivanje) položaja GS,
- otkrivanje ispada mreže (blackout) pomoću serijski spojenih pomoćnih kontakata u svim krugovima aktivnih GS i detekcijom niskog napona mreže (napon padne na ispod 10 % vrijednosti nominalnog napona).

Međusobna razmjena ulazno/izlaznih signala između jedinica GCU pruža dodatne mogućnosti:

- trenutno stanje (status) generatora i tijeka upravljanja,
- signale zahtjeva za velika trošila,
- stanje raspoložive snage generatora u radu,
- stanje opterećenja mreže.

Ulazno/izlazni signali između jedinice GCU i udaljenog alarmnog panela mogu:

- aktivirati zvučni i/ili svjetlosni alarm,
- identificirati isključenje (shut-down) generatora,
- indicirati izmjenu generatora u asimetričnoj raspodjeli opterećenja između para generatora.

Ovi signali, ako se razmjenjuju, odnosno koriste, s daljinskim sustavom nadzora mogu:

- indicirati status panela GCU s udaljene lokacije,
- upravljati jedinicom GCU i pripadnim generatorom s udaljene lokacije,
- pokazati opterećenje mreže na udaljenu lokaciju.

Ručno upravljanje s GCU

S izuzetkom detekcije/indikacije alarma i sinkronizacije generatora, operator može nadjačati automatske funkcije i ručno upravljati i slijedeće:

- upućivanje/zaustavljanje generatora,
- izbor moda rada,
- spajanje/odspajanje generatora na mrežu,
- simetričnu i asimetričnu raspodjelu opterećenja,
- blokiranje zaustavljanja ovisno o trenutnom opterećenju,
- izbor goriva za dizel motor (lako/teško), programirano, ovisno o opterećenju.

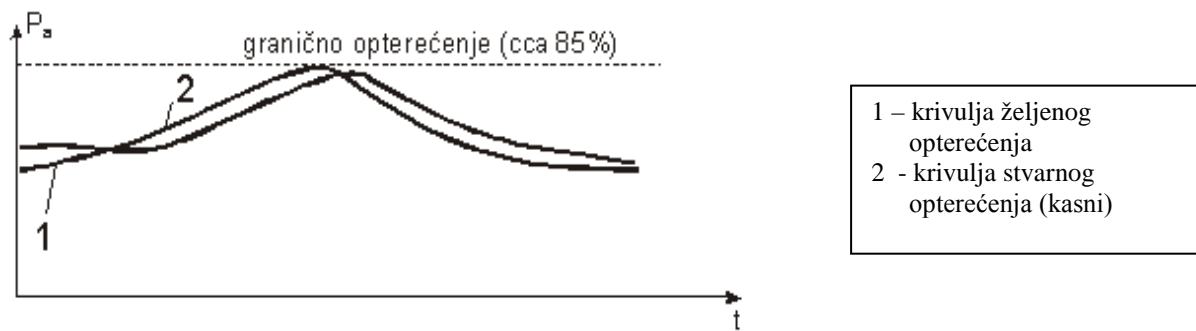
AUTOMATSKO PODEŠAVANJE FREKVENCIJE MREŽE

U "AUTO" modu rada definira se prioritet jedinica GCU i njima pripadnih generatora. Jedna jedinica GCU se određuje kao MASTER. GCU određena kao 1. standby jedinica će samu sebe proglasiti kao MASTER, ako takve već nema.

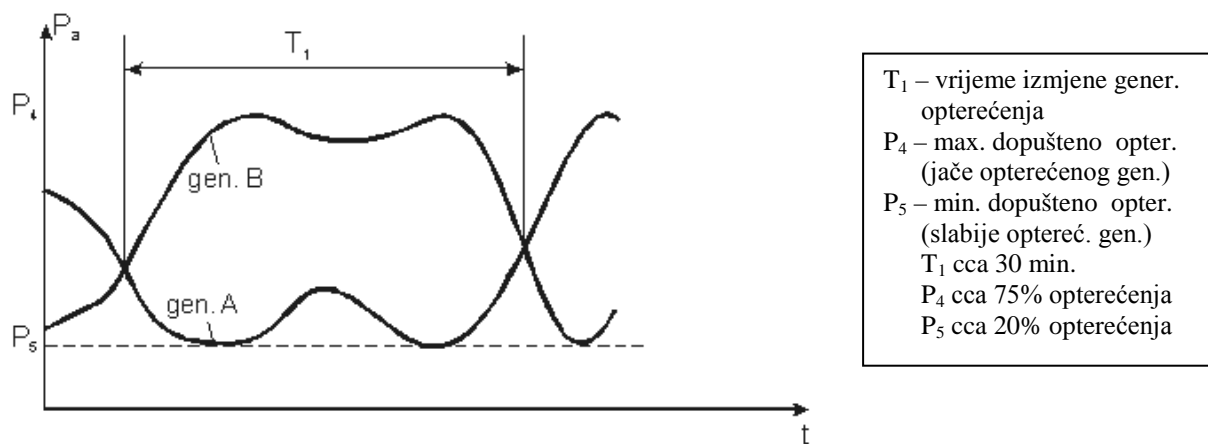
Jedinica GCU u MASTER modu, odnosno njen generator, služi kao referenca za frekvenciju mreže i ona održava frekvenciju stalnom kontrolirajući brzinu pogonskog stroja generatora. Slijedeća po prioritetu GCU kontrolira raspodjelu opterećenja među aktivnim generatorima. MASTER jedinica GCU uvijek pri određivanju brzine stroja (frekvencije), uzima u obzir i njegovo opterećenje. Kada opterećenje premaši postavnu vrijednost za raspodjelu opterećenja

(parametar P1) prestaje regulacija frekvencije dok STANDBY GCU ne postigne korektnu raspodjelu opterećenja. Povećanje/smanjenje brzine stroja za MASTER generatorsku jedinicu se zaustavlja, ako je njezino opterećenje preveliko, odnosno premaleno, dakle prvo se opterećenje dovodi u određene granice, a onda frekvencija.

Ako dizel-generatorska jedinica radi paralelno s osovinskim generatorom u mreži, referenca za frekvenciju bit će osovinski generator. Kontrolu raspodjele opterećenja uvijek će obavljati dizel-generatorska jedinica, u ovom slučaju MASTER ili STANDBY. Frekvencija mreže će slijediti brzinu vrtnje pogonskog, odnosno propulzijskog stroja, a jedinica GCU za raspodjelu opterećenja će održavati simetrično (sl. 2.44a) ili asimetrično opterećenje (sl. 2.44b) između para generatora. Izračunata postavna vrijednost za kontrolu raspodjele opterećenja može se u svakom trenutku očitati tj. provjeriti na prednjem panelu jedinice GCU.



a)



b)

Slika 2.44 Raspodjela opterećenja između generatora

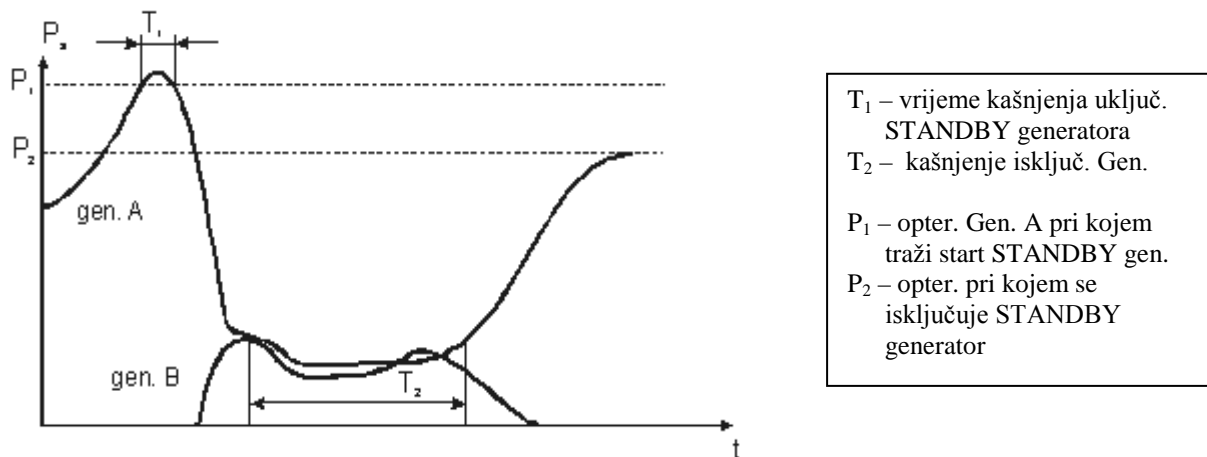
Upućivanje/zaustavljanje generatora ovisno o opterećenju

Za ovu funkciju nužno je da barem jedna jedinica GCU (MASTER) radi u "AUTO" modu i barem jedna kao STANDBY GCU. MASTER GCU automatski održava frekvenciju mreže nepromjenljivom kontrolirajući brzinu vrtnje pripadnog motora generatorske jedinice. Svakoj STANDBY jedinici GCU dodjeljuje se odgovarajući prioritet uključivanja/isključivanja, tj. sekvenca, po kojoj se za slučaj povećanog/ smanjenog opterećenja uključuju/isključuju generatorske jedinice. Zahtjev za startanjem nove generatorske jedinice, tj. vremenski trenutak uključivanja, određuje se na temelju parametra zadanog opterećenja i vremena (slika 2.45). Npr. uključivanje nove STANDBY jedinice automatski nastupi ako opterećenje prijeđe granicu P1 (tipično 85%) s vremenskom zadržkom

T1 (tipično 20 s) ili isključenje ako opterećenje opadne ispod P2 (tipično 75%) s vremenskom zadržkom T2 (tipično 10 min.).

Svaka GCU u "AUTO" modu individualno provjerava svoje trenutno opterećenje i ako dođe do preopterećenja daje zahtjev drugoj generatorskoj jedinici za uključivanje u mrežu.

Funkcija automatskog zaustavljanja generatorske jedinice pri niskom opterećenju može se blokirati izborom moda "STOP BLOCKED" na panelu operatera, što znači da će STANDBY generatorska jedinica raditi neprekidno bez obzira na trenutno opterećenje što je dobro u situacijama češćeg i slučajnog uključivanja velikih trošila.



Slika 2.45 Uključivanje / isključivanje generatora ovisno o opterećenju

AUTOMATSKI START I UKLJUČIVANJE GENERATORA NAKON ISPADA MREŽE (BLACKOUT)

Sustav zaštite i njegova logika se aktiviraju kada prime signal da su sve generatorske sklopke odspojene (ALL BREAKERS DISCONNECT) i jednovremeno detektiraju signal za preizak napon mreže (vrijednost napona ispod 10 % od nominalnog).

Kad dođe do ispada mreže svi ostali STANDBY generatori kontrolirani svojim jedinicama GCU će se automatski uključivati prema određenom programu. Ona jedinica GCU koja je upravljala generatorom u radu pri ispadu mreže će automatski ići u status NOT STANDBY. Ostale jedinice GCU će ići automatski u višu razinu prioriteta:

- Prva STANDBY jedinica će reagirati odmah, tj. startat će pogonski stroj i uključiti generator na mrežu.
- Ako se nakon 3 s 1. STANDBY generator ne uspije uključiti na mrežu, startat će druga STANDBY jedinica.
- Ako se ni nakon 6 s 1. STANDBY jedinica ne uključi na mrežu, startat će automatski 3. STANDBY jedinica.
- Ako se ni nakon 9 s ne spoji na mrežu 1. STANDBY jedinica, startat će se i spajati na mrežu sve ostale STANDBY jedinice, ako ih brod ima.

Navedena vremena uključivanja – reakcije jedinica GCU i pripadnih generatora mogu se programirati na panelu GCU ovisno o potrebama na brodu.

SUPERVIZIJA UKLJUČIVANJA VELIKIH TROŠILA

Svaka jedinica GCU može nadzirati uključivanje 2 grupe velikih trošila, da bi se spriječio neželjeni ispad mreže. Jedinica GCU provjerava ima li dovoljno zalihe snage da se može uključiti novo veliko trošilo. Ako zahtjev za snagom premašuje kapacitet generatora u

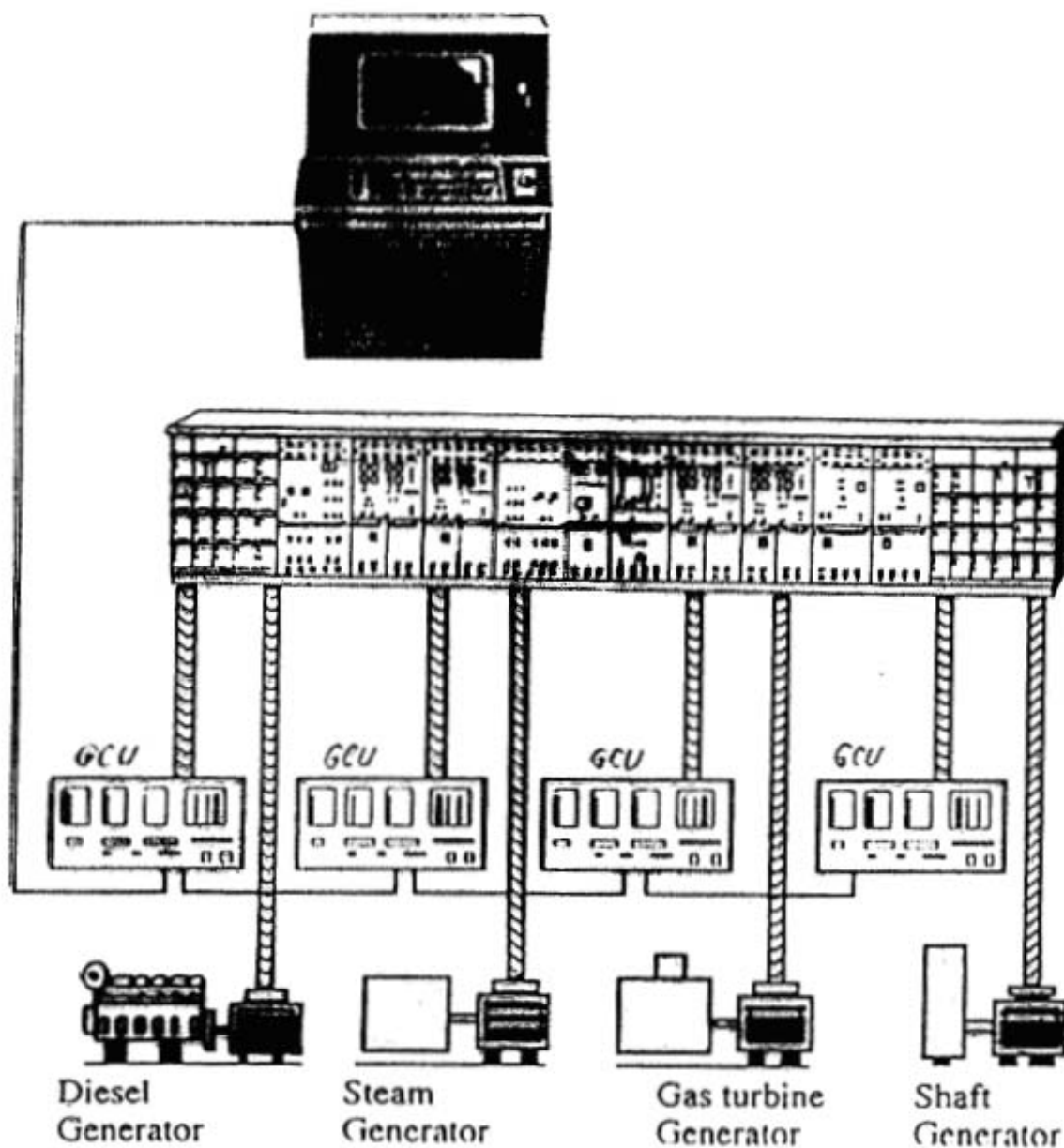
radu, jedinica GCU daje nalog za uključenje novog STANDBY generatora prije nego dopusti uključenje na mrežu novog trošila.

Jedinica GCU se može programirati za kontrolu različitih zahtjeva velikih trošila za uključanjem:

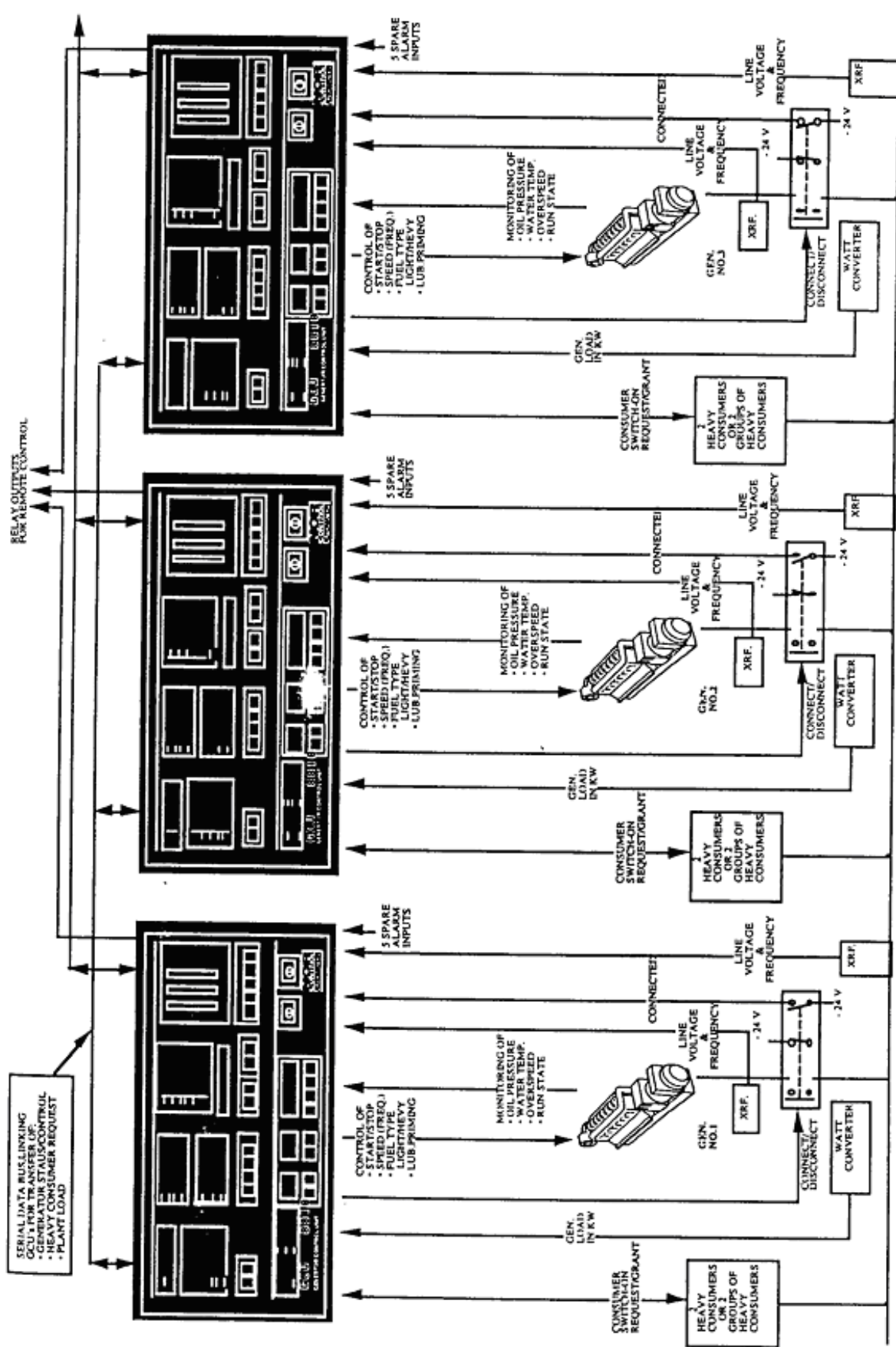
- normalne zahtjeve (trošila s konstantnim opterećenjem),
- zahtjeve na osnovu informacije o stvarnom opterećenju (signal povratne veze) za trošila s vremenski promjenljivim opterećenjem. Tada se isključuje funkcija "LOW LOAD AUTO STOP",
- zahtjevi za trošila koja se smiju uključiti samo ako je osovinski generator u mreži.

Zahtjevi i zabrane uključivanja velikih trošila su odvojeni.

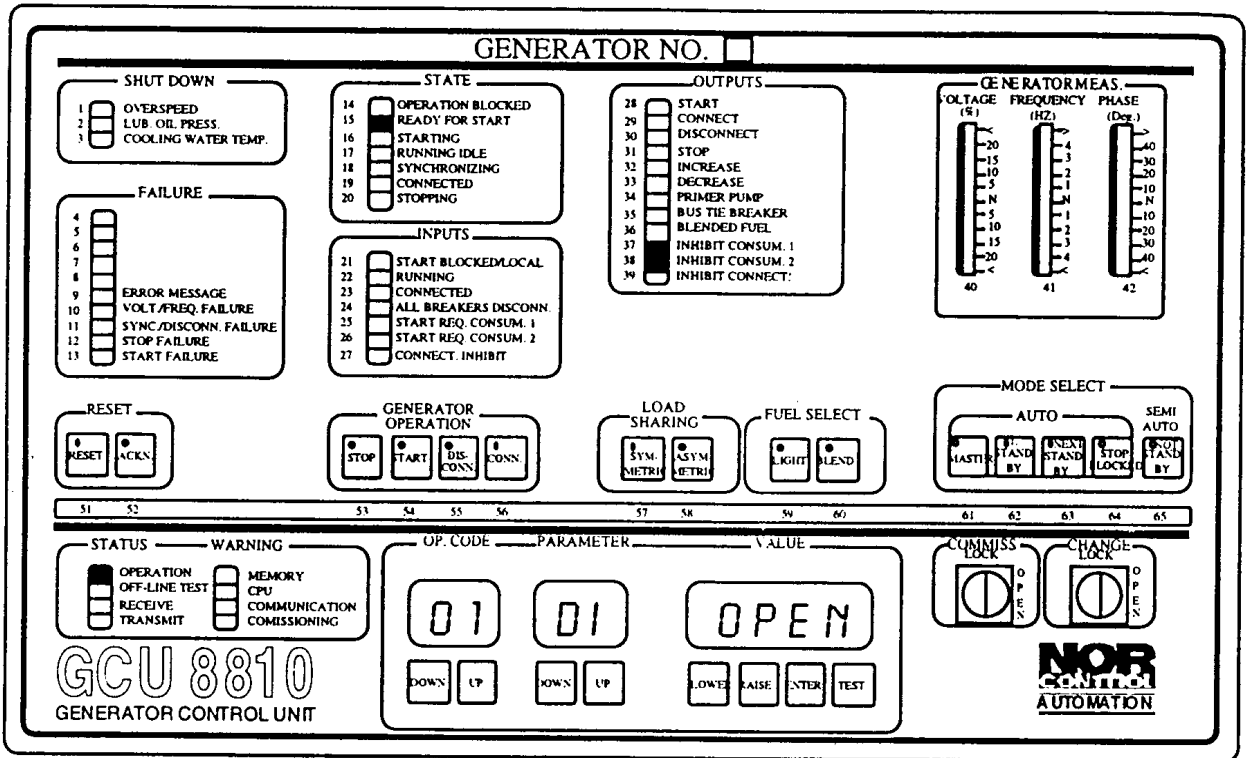
Zahtjev znači izravno traženje veće snage u mreži, dok zabrana uključivanja znači provjeru raspoložive snage u mreži odnosno zalihosti. Jedinica GCU može se programirati i tako da ne dozvoli uključenje velikog trošila ako u mreži nije aktivan minimalni broj generatora.



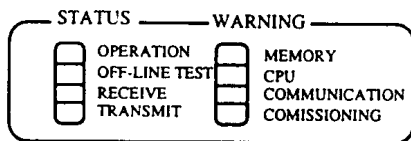
Slika 2.46 GCU jedinice integrirane u sustavu DATACHIEF



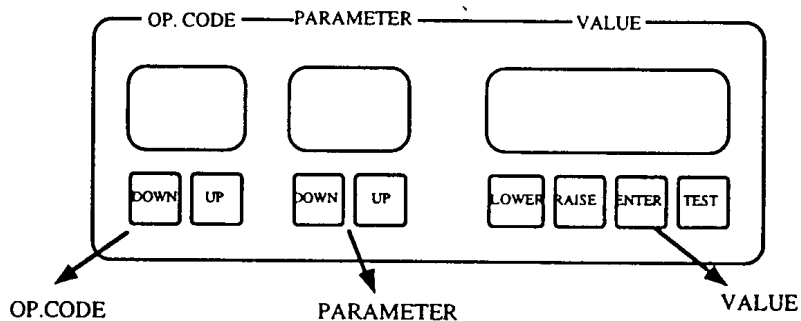
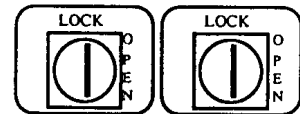
Slika 2.47 GCU jedinice kao samostalne



GCU STATUS & WARNING LEDS



COMMISSIONING LOCK AND CHANGE LOCK

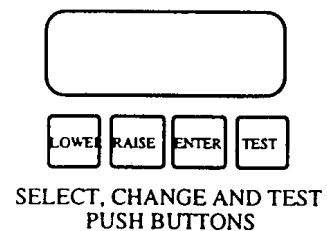
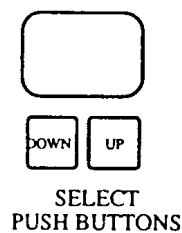
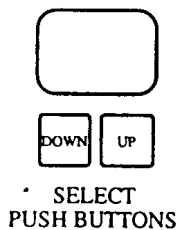


OPERATION CODE NUMBER

DISPLAY OF PARAMETER

DISPLAY FOR VALUES OF:

FOR PROCESS SIGNALS
PARAMETERS FOR PROCESS
SIGNAL & ALARMS



Slika 2.48 Panel upravljanja GCU jedinice

2.7.2 SELCO - SUSTAV UPRAVLJANJA I ZAŠTITE DIZEL-GENERATORSKIH JEDINICA BRODA

SELCO sustav predstavlja praktični primjer primjene sustava upravljanja i zaštite brodskog dizel-generatorskog kompleksa. Omogućuje potpunu kontrolu više dizel-generatorskih jedinica u okviru brodske električne centrale.

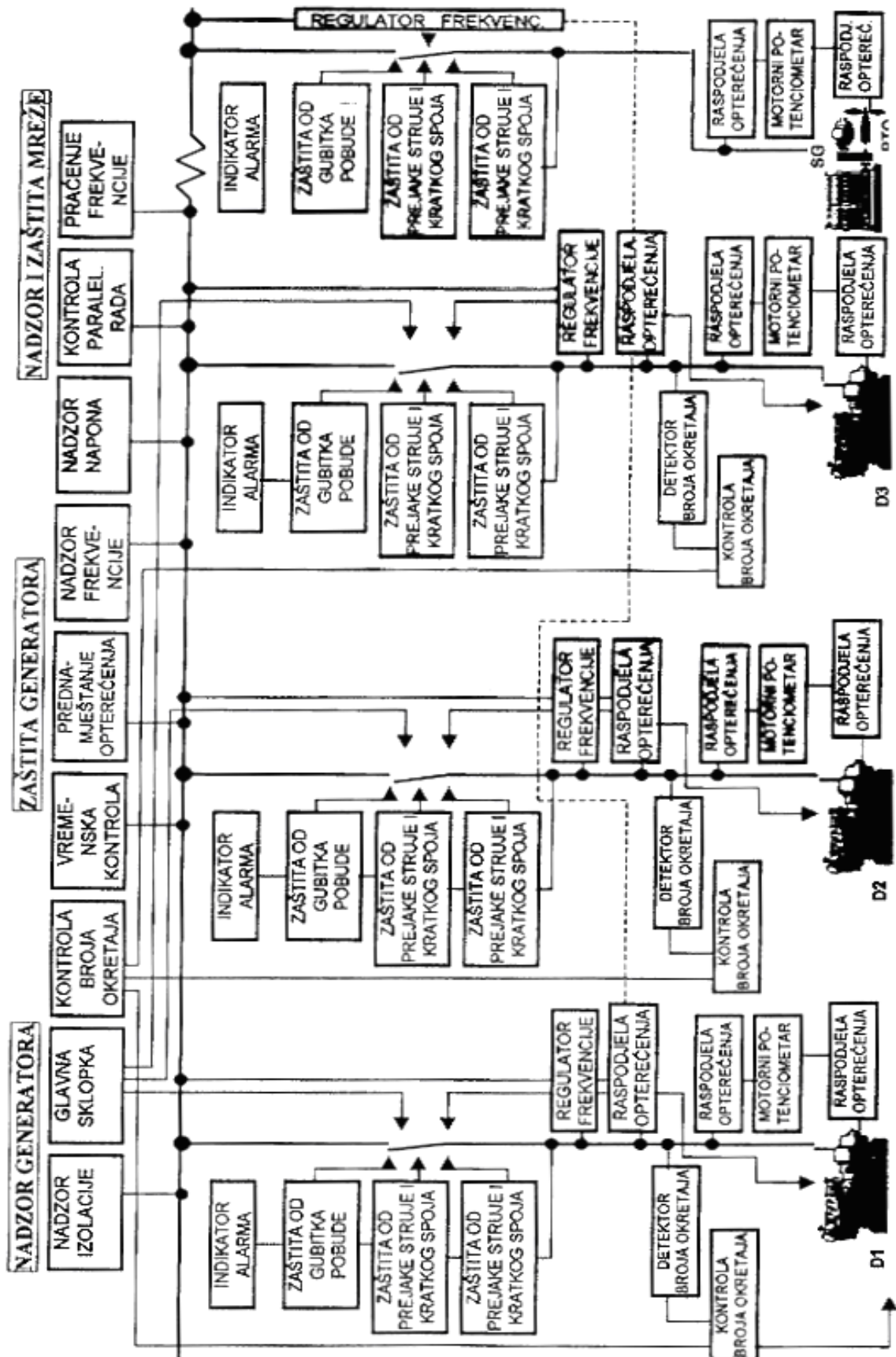
Slika 2.49 ilustrira shematski prikaz nadzora, upravljanja i zaštite dizel-generatorskog postrojenja sustavom SELCO. Iz slike je očito da sustav pruža puni nadzor i praćenje ključnih parametara mreže i generatora, potrebne funkcije zaštite svakog generatora, te funkcije automatskog upravljanja (upućivanja, zaustavljanja, automatske sinkronizacije i uključivanja na mrežu, raspodjele opterećenja među aktivnim generatorskim jedinicama, kontrolu i selektivno uključivanje velikih trošila i dr.).

Slika 2.50 pokazuje strukturnu shemu automatske sinkronizacije i uključivanja u mrežu, te raspodjele opterećenja između dva generatora pomoću sklopova sustava SELCO: T 4500 - za sinkronizaciju i T 4800 - za raspodjelu opterećenja između generatora.

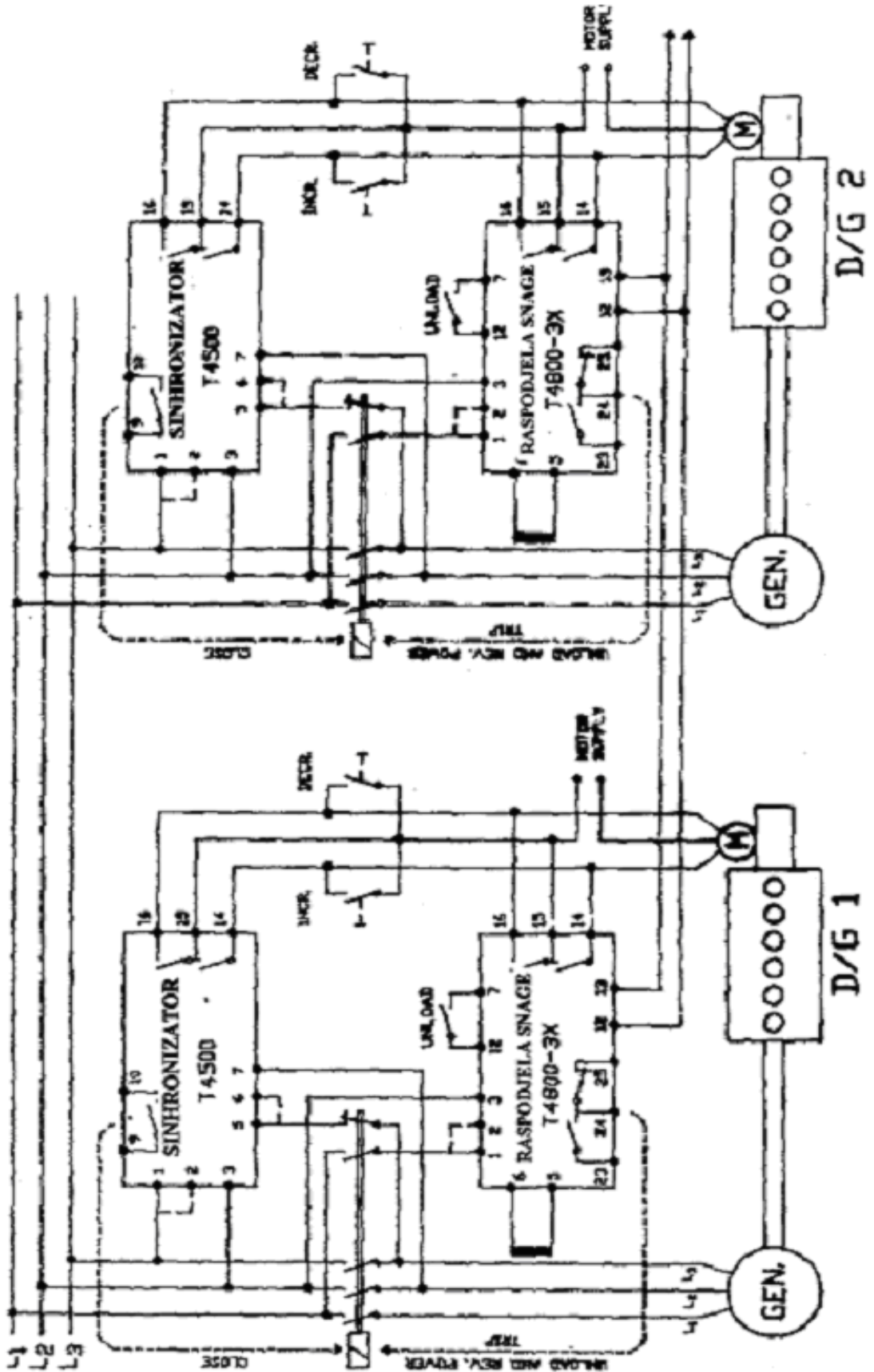
Sinkronizator T 4500 osigurava automatsku sinkronizaciju generatora koji se uključuje na mrežu i to u vrlo kratkom vremenu. On kontrolira frekvenciju generatora prema mreži preko električnog servo motora ili elektromotornog potenciometra (slika 2.51a) čiji signali djeluju na regulator brzine vrtnje primarnog pokretača.

Sinkronizator, na temelju razlike frekvencija generatora i mreže, daje kratke impulse za povećanje "INCR" ili smanjivanje "DECR" brzine vrtnje primarnog pokretača, a time i frekvencije generatora dok ih ne dovede u definirano područje za sinkronizaciju (tipično 0,1 s do 1 s). Kontrolira se jednovremeno, putem uzbude generatora, i izlazni napon generatora. Ako je razlika napona mreže i generatora unutar dopuštenih granica za sinkronizaciju i uključivanje u paralelni rad, sinkronizator daje upravljački signal na relej za uključivanje generatorske sklopke i generatora na mrežu. Duljina trajanja upravljačkog impulsa je 0,7 s. Generatorska sklopka se uključuje pri faznoj razlici frekvencija mreže i generatora od 0 stupnjeva, jer se signal za uključivanje daje ranije za potrebno vrijeme reakcije primijenjene generatorske sklopke (tipično 20 - 200 ms). Sustav daje mogućnost namještanja vremena reakcije generatorske sklopke u zadanom području (20 - 200 ms).

Sinkronizator je aktivan samo ako je napon generatora unutar zadanih granica što pokazuje upaljena LED dioda "ΔV OK - active", a to znači da se sinkronizator tog generatora može isključiti tako da se prekine njegovo napajanje iz mreže ili pripadnog generatora. Veza između 11 i 12 (slika 2.51b) će prekinuti signal za uključivanje sklopke, ali ne utječe na automatsku stabilizaciju frekvencije pripadnog generatora. Izlazni signali s izvoda 12 i 13 (frekvencija mreže i uključenog generatora) koriste se za sinkronizaciju drugih generatora koji se uključuju u paralelni rad na istoj ili drugoj sabirničkoj sekciji.

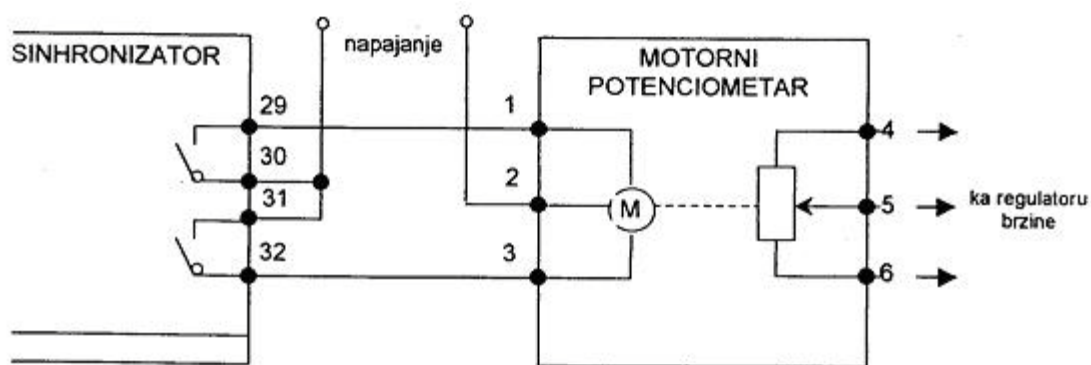


Slika 2.49 Funkcije nadzora, upravljanja i zaštite sustava SELCO

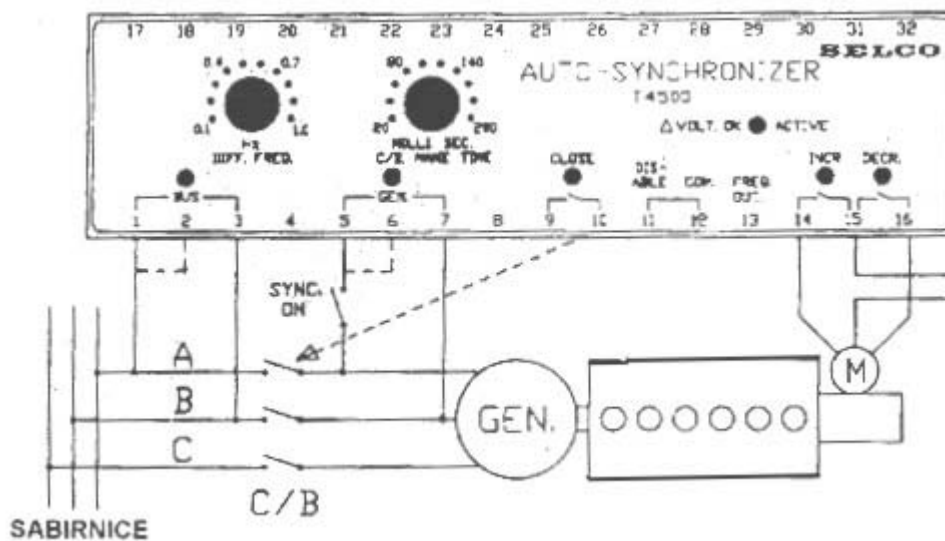


Slika 2.50 Sinkronizacija i raspodjela opterećenja sustavom SELCO

Raspodjela opterećenja (snage) između aktivnih generatora u paralelnom radu obavlja se pomoću uređaja za raspodjelu opterećenja T 4800 - Load Sharer za svaku dizel - generatorsku jedinicu. Stalno se mjeri aktivna snaga (struje u sve tri faze), odnosno relativno opterećenje generatora i uspoređuje s ostalim generatorima u paralelnom radu, te se djelovanjem na regulatore dizel motora pomoću električnog servo motora ili elektromotornog potencijometra obavlja preraspodjela opterećenja među generatorima. U jedinicu za raspodjelu opterećenja ugrađena je funkcija rasterećivanja generatora "unload" prije njegovog isključivanja iz mreže, odnosno paralelnog rada.



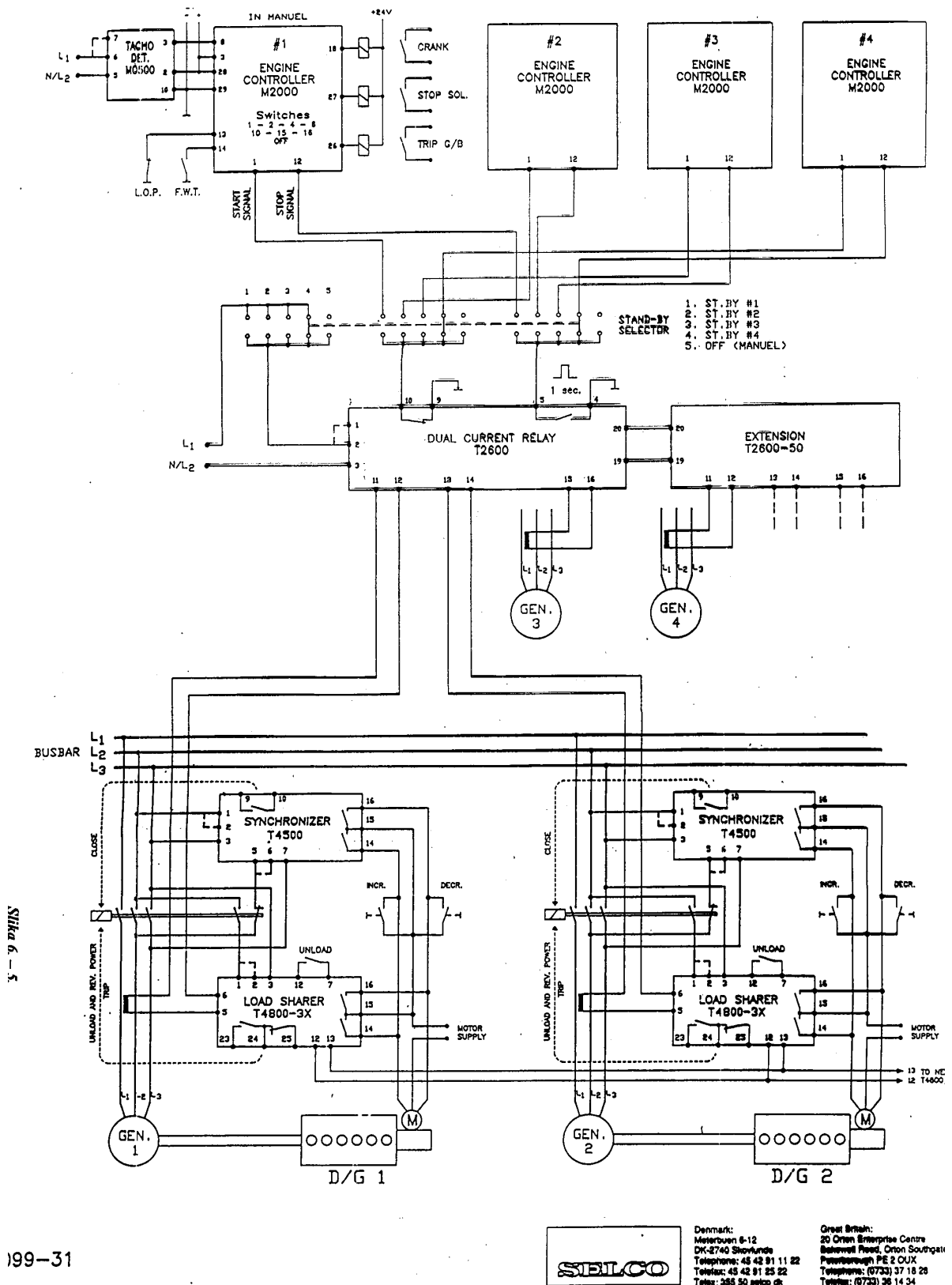
a)



b)

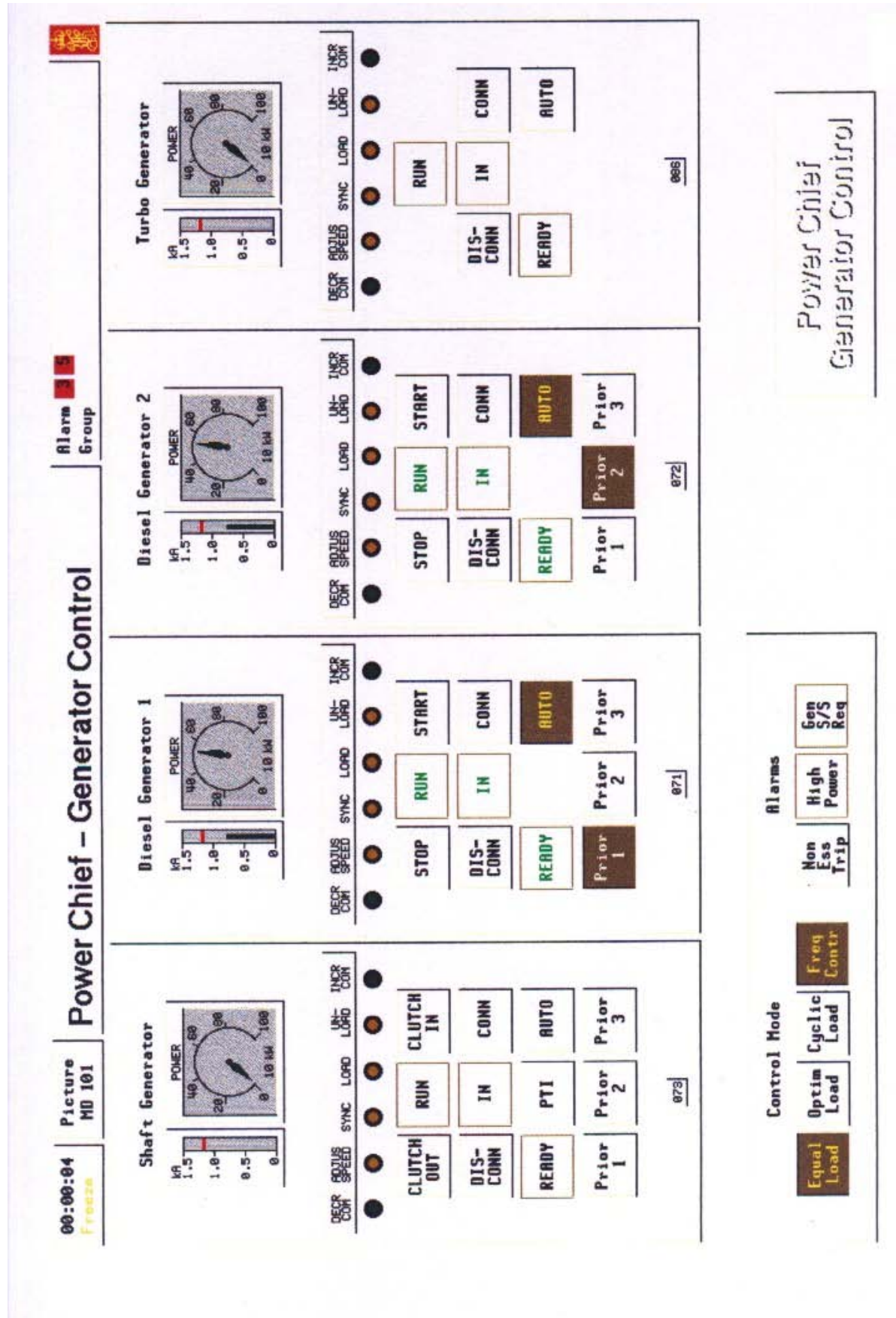
Slika 2.51 Automatski sinkronizator T4500 sustava SELCO

Slika 2.52 ilustrira potpunu shemu sinkronizacije i raspodjele opterećenja 4 generatora u paralelnom radu na mreži za četiri dizel-generatorske jedinice s automatskim upućivanjem i zaustavljanjem ovisno o opterećenju i prema definiranom prioritetu za stand-by jedinice.

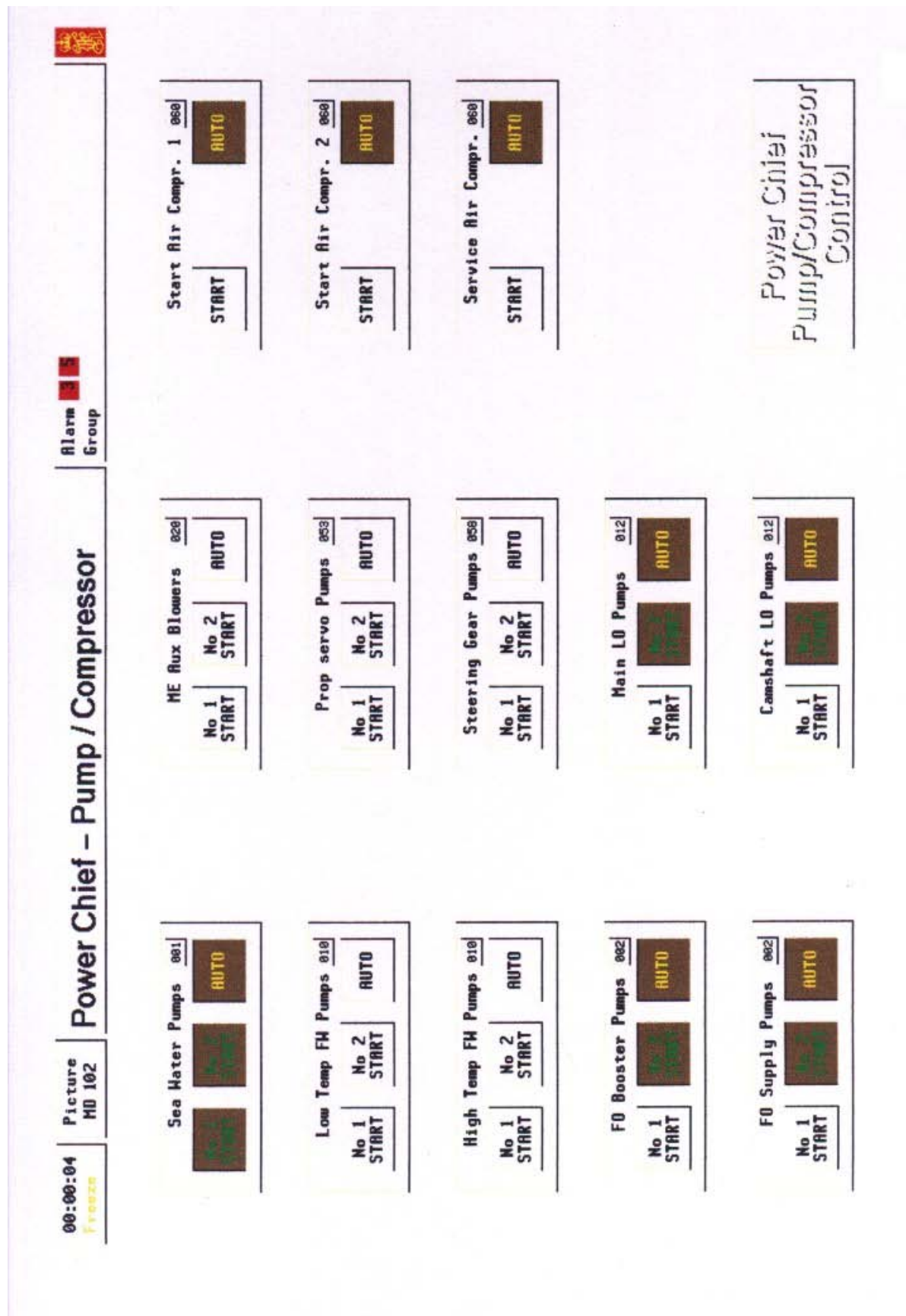


199-31

Slika 2.52 Struktura sustava SELCO u upravljanju s 4 DG jedinice



Slika 2.53 Upravljanje generatorskim podsustavom pomoću Power Chief sustava

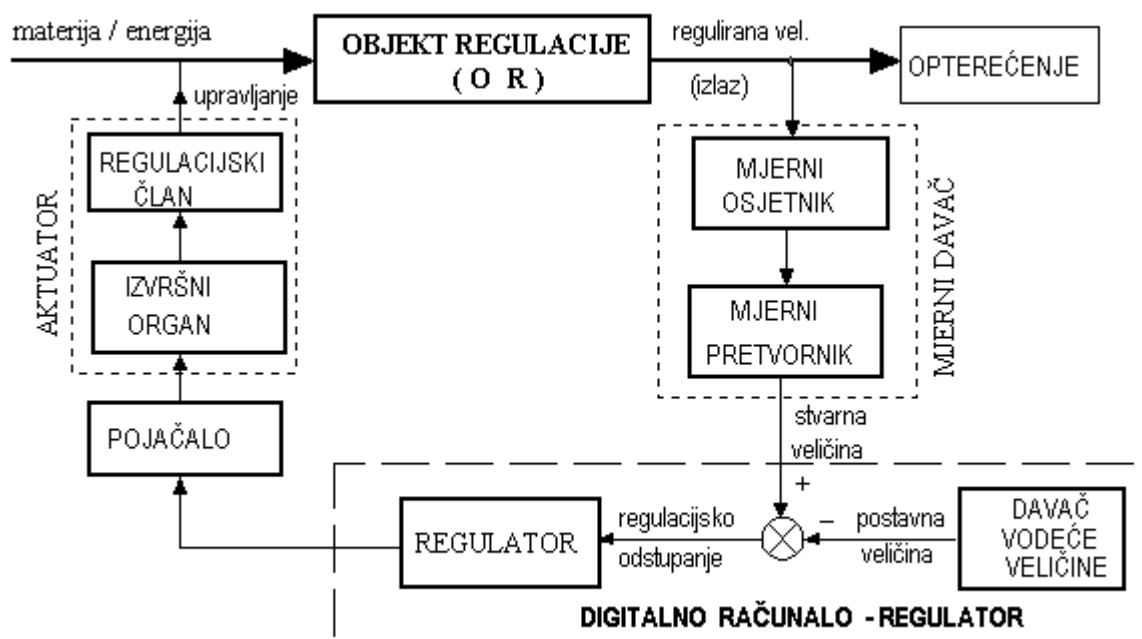


Slika 2.54 Upravljanje pumpama i kompresorima pomoću sustava PowerChief

2.8 REGULACIJA BRODSKIH PROCESA

Za normalno funkcioniranje glavnih i pomoćnih strojeva potrebno je upravljati i njihove podsustave (hlađenja, podmazivanja, goriva, zraka), odnosno regulirati određene varijable koje bitno određuju radno stanje motora.

Slika 2.55 prikazuje temeljne komponente većine regulacijskih staza. Broj i vrsta upotrijebljenih komponenti u sustavu regulacije ovise o složenosti i karakteristikama reguliranog procesa - objekta, kao i o zahtjevima koji se postavljaju glede regulacije.



Slika 2.55 Komponente regulacijske staze

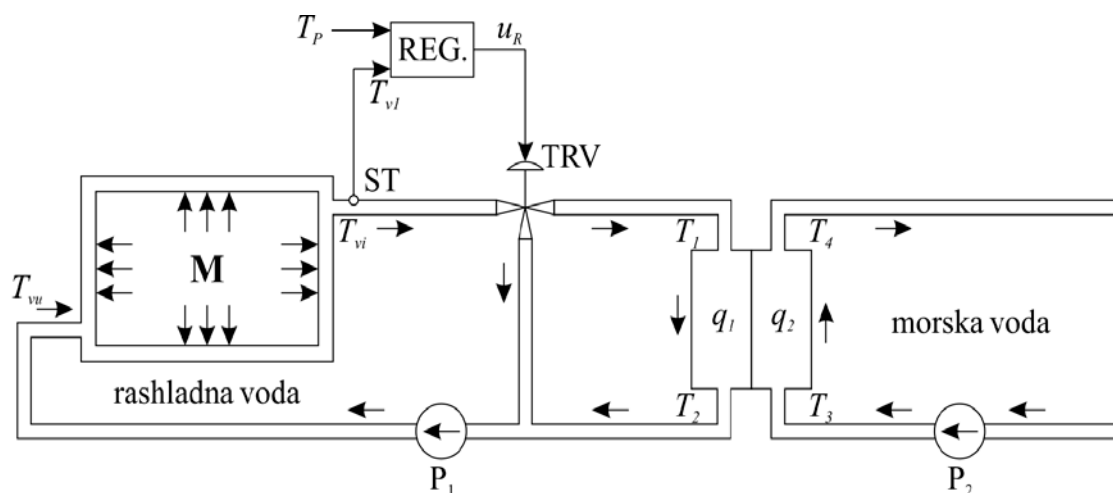
Sustav hlađenja motora

Funkcija sustava hlađenja motora jest održavanje optimalnog toplinskog režima rada motora u svim uvjetima, čime se znatno doprinosi povećanju učinkovitosti i ekonomičnosti rada motora, smanjenju toplinskih opterećenja, povećanju otpornosti na kvarove - otkaze, sigurnosti i trajnosti rada vitalnih komponenti motora.

Temperatura rashladne vode sustava hlađenja motora zasigurno je jedan od parametara koji dominantno određuje toplinski režim rada motora i sustava podmazivanja. Za održavanje stabilne srednje temperature rashladne vode motora, praksa je pokazala najpovoljnijom stabilizaciju - regulaciju, u zadanim granicama, temperature rashladne vode na izlazu motora.

Sustav hlađenja čine dva međusobno povezana i ovisna podsustava (slika 2.56):

- podsustav morske vode (otvoreni krug) i
- podsustav slatke vode (zatvoreni krug).



Slika 2.56 Principijelna shema - model sustava hlađenja motora

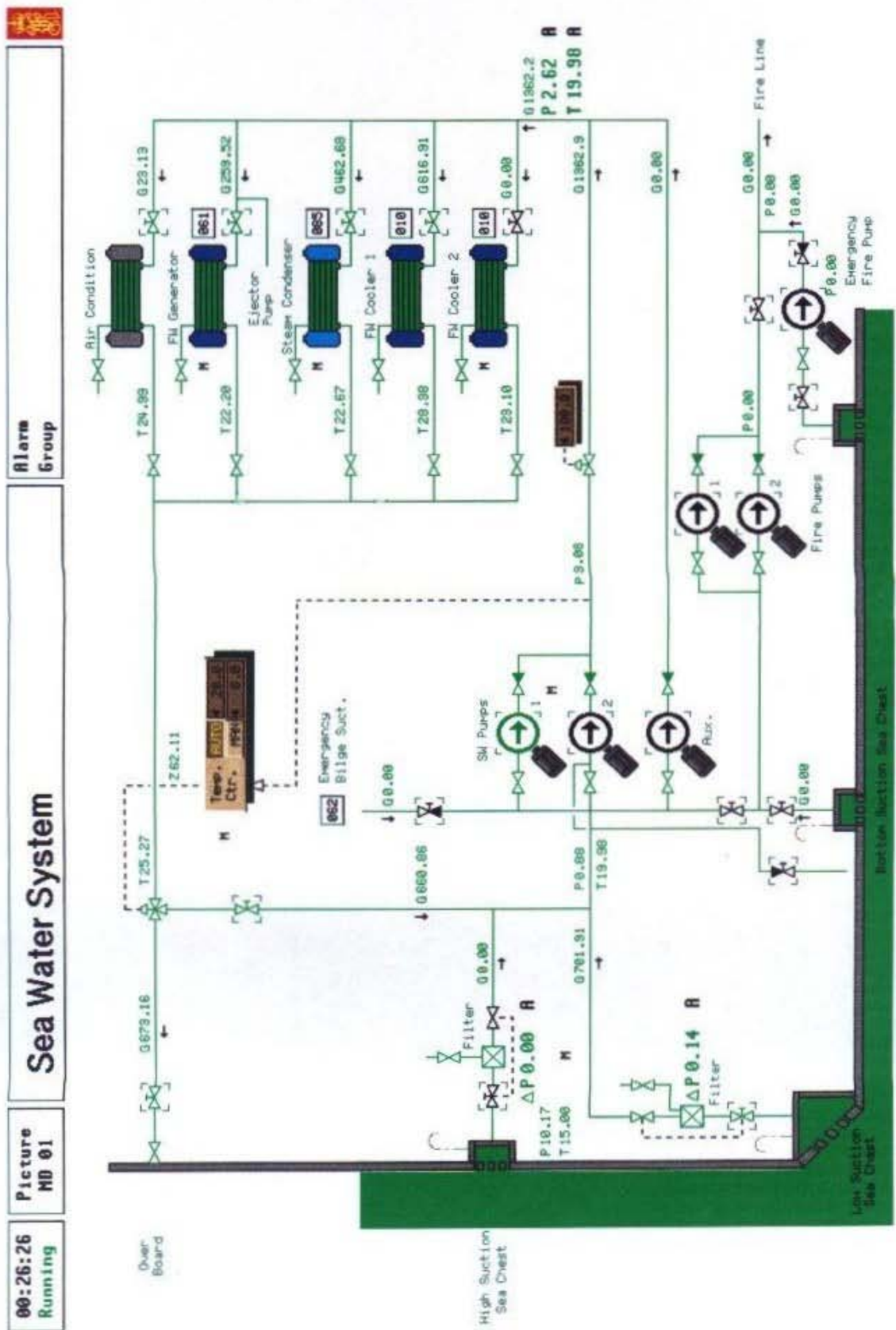
Za zatvoreni podsustav hlađenja optimalnim se smatra raspon temperatura na ulazu i izlazu iz motora od 70 do 90 °C. Za osiguranje stabilne srednje temperature rashladne vode motora sugerira se održavanje, odnosno regulacija, u zadanim granicama temperature vode na izlazu iz motora. Opću strukturu sustava hlađenja dizelskog motora i najčešći način regulacije temperature rashladne vode tzv. "by-pass" princip ilustrira slika 2.56. On se temelji na raspodjeli protoka zagrijane vode na izlazu iz motora dijelom kroz vodno-vodni izmjenjivač topline, a dijelom neposredno natrag u motor. Preraspodjelu protoka rashladne vode obavlja termoregulacijski ventil (TRV) u ovisnosti o vrijednosti temperature vode na izlazu motora što je daje senzor temperature (ST).

Pumpe P1 i P2 osiguravaju potrebne protoke rashladne i morske vode.

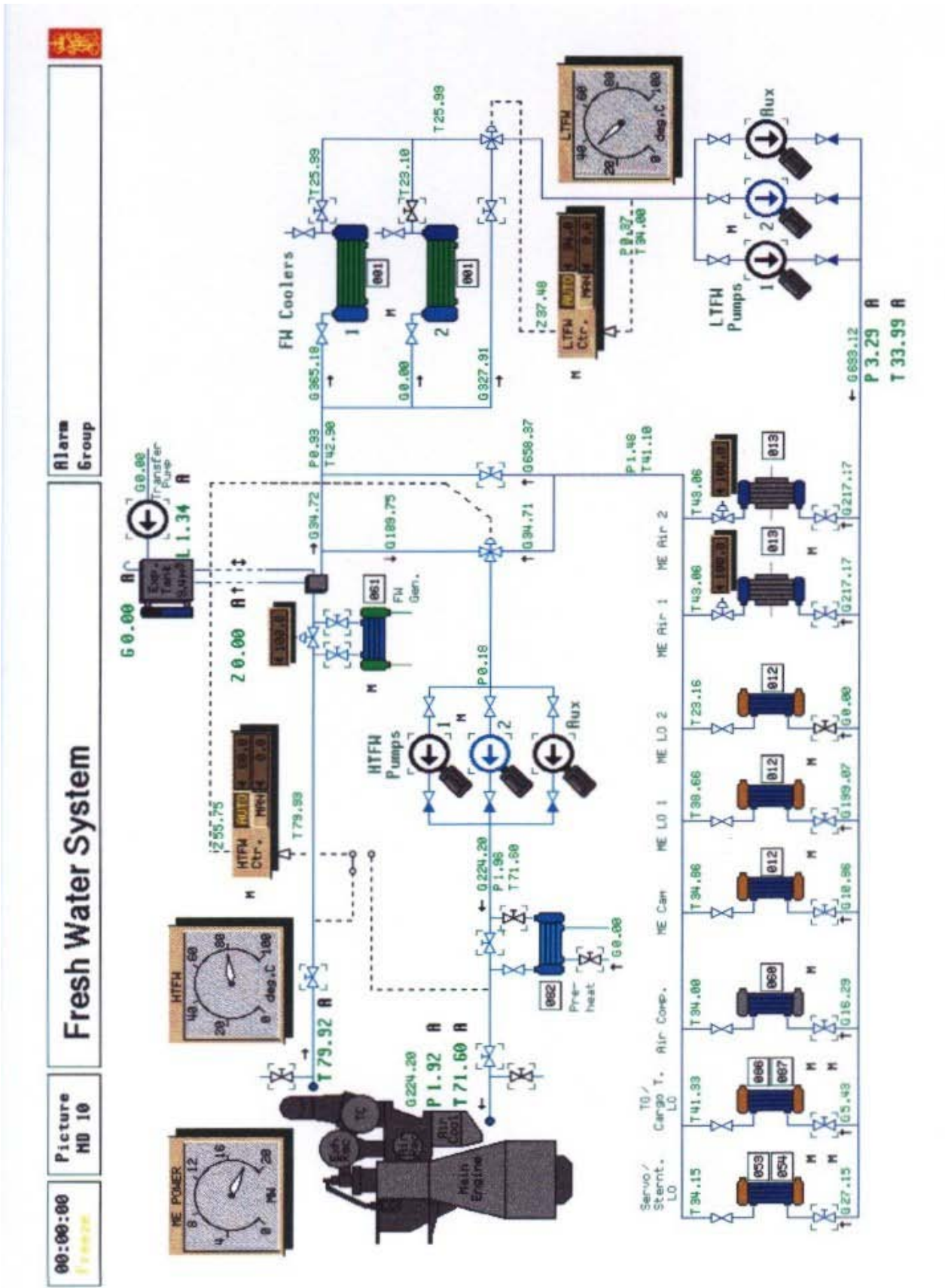
Dakle, sustav hlađenja motora može se promatrati kao dvostruki izmjenjivač topline: "motor - rashladna voda" i "rashladna voda - morska voda".

Na slikama 2.57 i 2.58 dani su modeli sustava hlađenja motora (sustav morske i rashladne vode) s pripadajućim komponentama, prikazom svih važnih nadzornih i regulacijskih varijabli - parametara (uz optimalno opterećenje motora i u režimu normalnog rada za motor 5L90MC).

Analiza i ugađanje regulacijskih staza obavljat će se praktično na brodstrojarskom simulatoru PPS 2000.



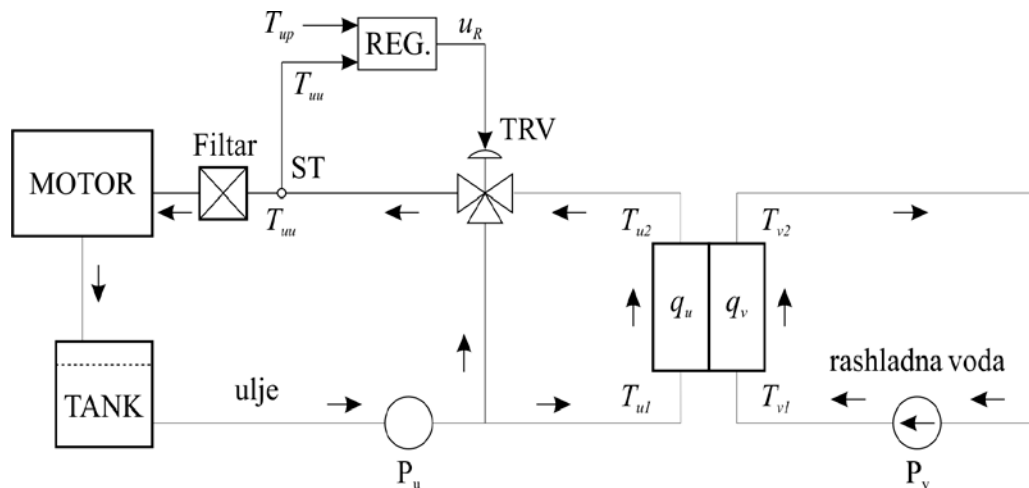
Slika 2.57 Model sustava morske vode (otvoreni krug regulacije)



Slika 2.58 Model sustava rashladne vode (zatvoreni sustav regulacije)

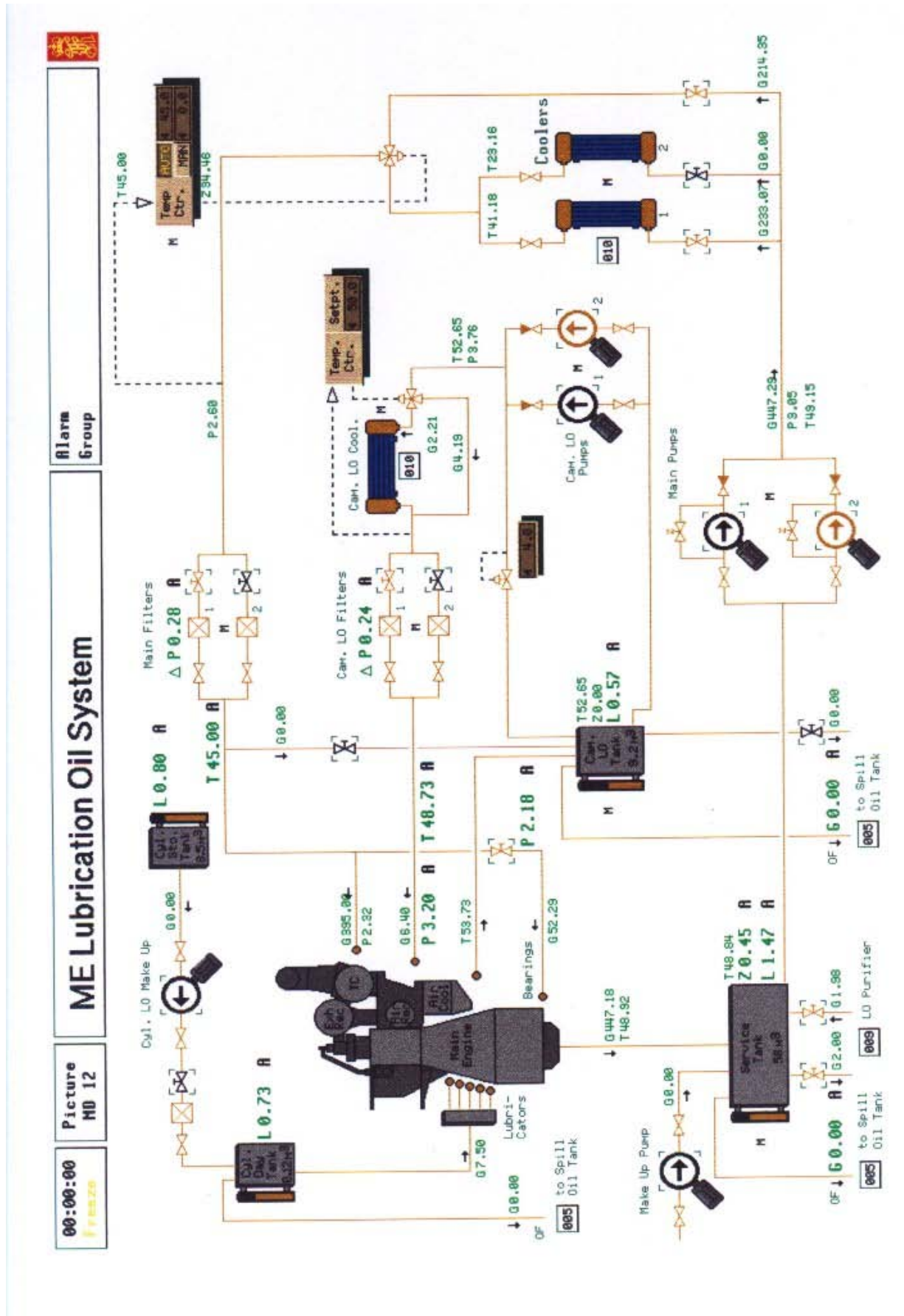
Sustav podmazivanja motora

Operativna funkcionalnost vitalnih dijelova motora (motorni mehanizam, ležaji, vratilo i drugi pokretni elementi) u izravnoj je ovisnosti o kvaliteti podmazivanja. Da bi se održala određena viskoznost ulja i kvalitetno podmazivanje potrebno je, u određenim granicama, održavati temperaturu ulja - medija za podmazivanje. Kao temeljni regulacijski parametar uzima se temperatura ulja na ulazu u motor. Drugi važni parametar je tlak ulja na ulazu u motor. Za održavanje temperature ulja za podmazivanje dizelskog motora koristi se uljno-vodni izmjenjivač topline istog principa regulacije kao i kod sustava hlađenja (slika 2.59).



Slika 2.59 Principijelna shema sustava podmazivanja motora

Na slici 2.60 dan je model osnovnog sustava ulja za podmazivanje motora s pripadajućim komponentama, prikazom svih važnih nadzornih i regulacijskih varijabli - parametara (uz optimalno opterećenje motora i u režimu normalnog rada za motor 5L90MC). Analiza i ugađanje regulacijskih staza ulja za podmazivanje obavljat će se praktično na brodstrojarskom simulatoru PPS 2000.



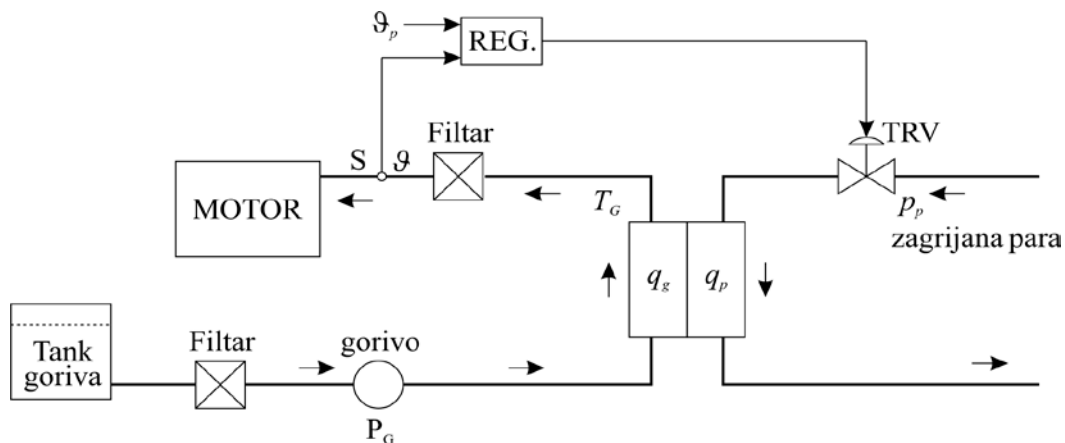
Slika 2.60 Model sustava podmazivanja dizelskog motora

Sustav pripreme goriva

Veliki dizelski brodski motor koristi dizelska goriva različite vrste i kvalitete (teško i lako dizelsko gorivo).

Sustav goriva priprema i osigurava potrebnu kvalitetu goriva za motor, te odgovarajuću dobavu u svim režimima rada, a u osnovi ga čine ove komponente: tankovi, pumpe, filtri, grijači, ventili, cjevovod.

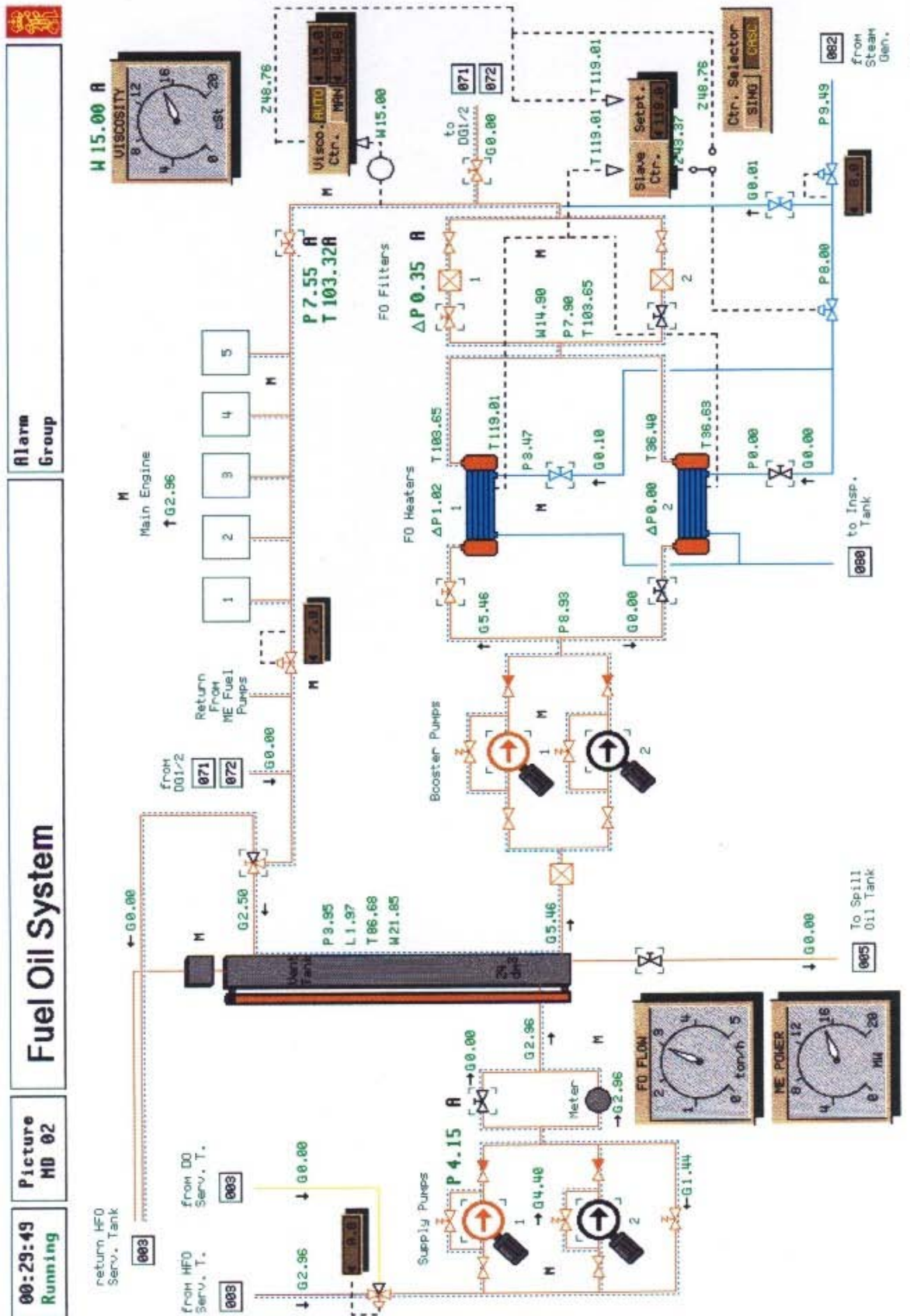
Slika 2.61 prikazuje model osnovnog sustava goriva dizelskog motora s nadzornim i regulacijskim varijablama.



Slika 2.61 Model sustava pripreme dizelskog goriva – regulacija viskoznosti

Na slici 2.62 dan je model sustava pripreme dizelskog goriva za motor (regulacija temperature goriva na ulazu u motor, odnosno viskoznosti goriva, promjenom količine zagrijane pare - protoka za grijače goriva) s pripadajućim komponentama, prikazom svih važnih nadzornih i regulacijskih varijabli - parametara (uz optimalno opterećenje motora i u režimu normalnog rada za motor 5L90MC).

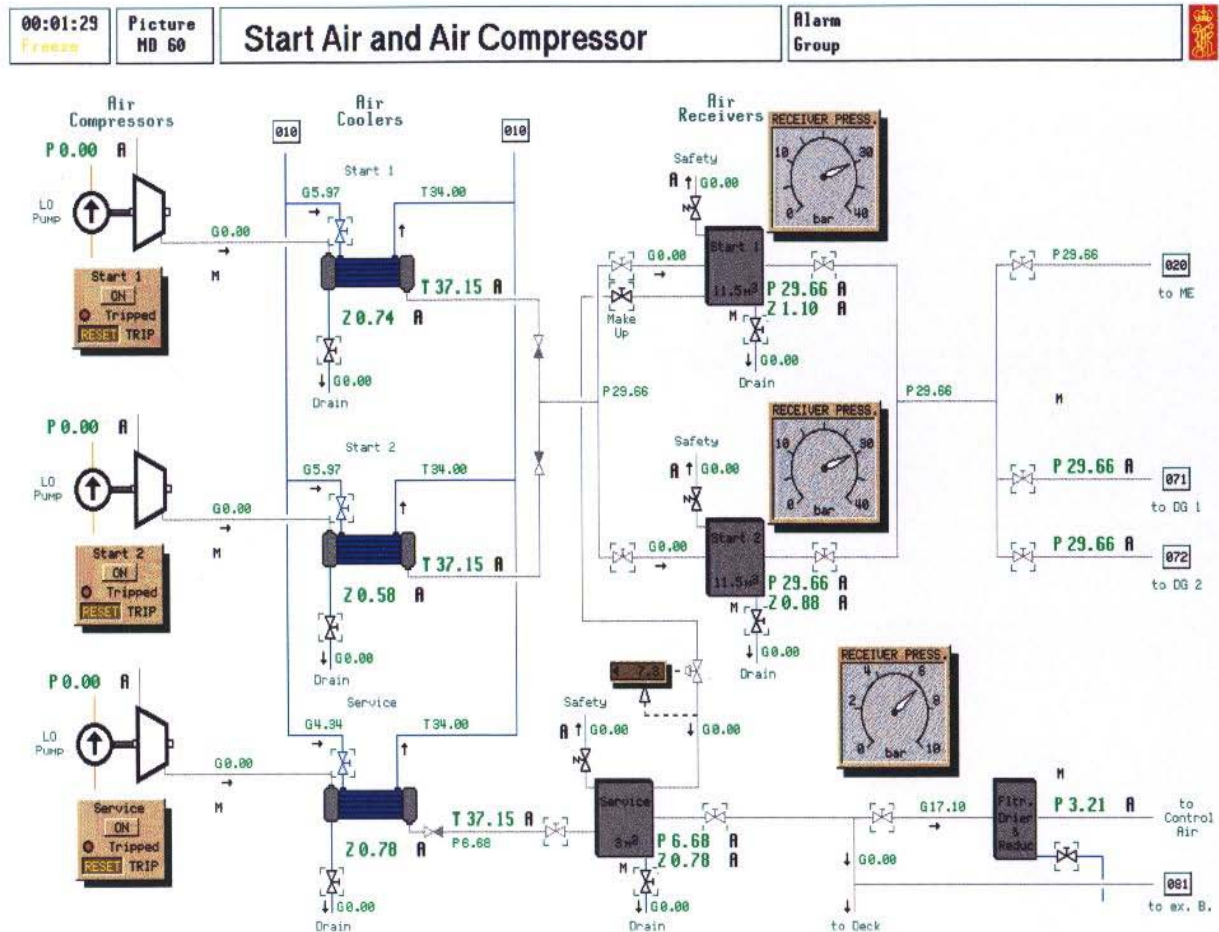
Analiza i ugađanje regulacijskih staza goriva obavljat će se praktično na brodstrojarskom simulatoru PPS 2000.



Slika 2.62 Model sustava pripreme dizelskog goriva (regulacija viskoznosti)

Sustav uputnog i servisnog zraka

Zadaća je ovog sustava osigurati uputni zrak dovoljnog tlaka (cca 30 bara) i količine za upućivanje dizelskih motora, te servisnog i upravljačkog zraka (cca 7 bara) za rad motora i njegovih podsustava. Čine ga kompresori zraka, spremnici i rashladnici zraka, ventili, pumpe ulja za podmazivanje i druga pomoćna oprema (slika 2.63).

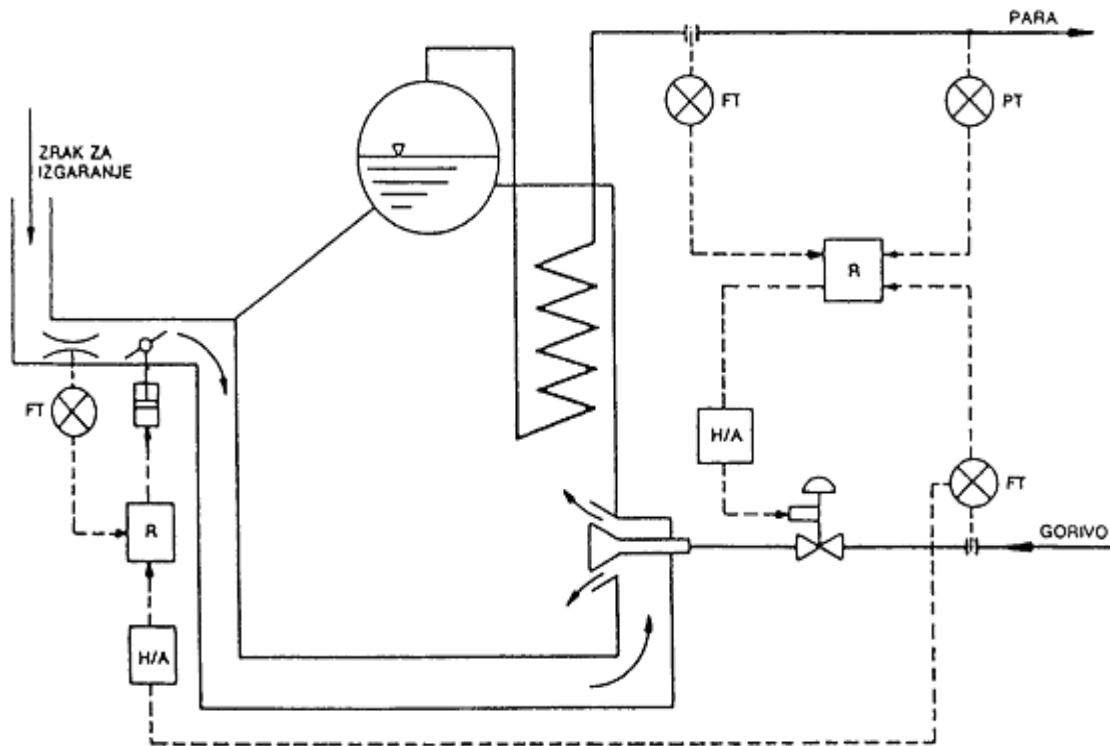


Slika 2.63 Model sustava uputnog i servisnog zraka

Na slici 2.63 dan je model sustava pripreme uputnog i servisnog zraka za motor s pripadajućim komponentama, prikazom svih važnih nadzornih i regulacijskih varijabli - parametara (uz optimalno opterećenje motora i u režimu normalnog rada za motor 5L90MC). Analiza rada i upravljanje sustavom zraka obavljat će se praktično na brodstrojarskom simulatoru PPS 2000.

Sustav pare

Slika 2.64 prikazuje principijelnu shemu regulacije rada generatora pare ovisno o potrošnji odnosno njegovom opterećenju. Regulacija obuhvaća regulaciju količine goriva i zraka koji se dovode ložištu ovisno o količine odvedene pare u svakom vremenskom trenutku odnosno tlaku pare na izlazu. Dakle, osnovni parametri temeljem kojih se obavlja regulacija rada generatora su tlak i protok pare na izlazu, a koji se kontinuirano mjere davačem tlaka PT i protoka FT (vidi sliku 2.64). Ovdje se radi o kaskadnoj regulaciji. Glavni parametar u regulacijskom procesu jest tlak pare na izlazu koji određuje primarnu regulacijsku petlju (kaskadu), kojeg se regulacijom mora održavati stalnim bez obzira na promjene opterećenja generatora pare, odnosno protoka izlazne pare. Sekundarnu regulacijsku petlju (kaskadu) ostvaruje se uvođenjem u regulator signala sa senzora protoka izlazne pare (FT), koji ranije osjeća promjenu, odnosno poremećaj i na taj način brže reagira s korekcijom upravljačkog, tj. izlaznog, signala regulatora ostvarujući time finiju regulaciju uz manja odstupanja reguliranog parametra - tlaka pare na izlazu generatora.



Slika 2.64 Princip regulacije generatora pare

Pojašnjenje principa regulacije dat ćemo uz pretpostavku porasta opterećenja odnosno potrošnje pare generatora, što za posljedicu ima pad tlaka pare.

Regulator formira svoj upravljački signal za regulacijski ventil protoka goriva temeljem stvarnog signala tlaka pare i postavne vrijednosti, odnosno njihove razlike i preko sklopa za automatsko ili ručno djelovanje na ventil (H/A) dodatno otvara ventil povećavajući protok goriva i svodeći regulacijsko odstupanje tlaka pare u dopuštene granice. Pri suprotnoj promjeni opterećenja generatora dobije se i suprotan signal izvršnog regulacijskog djelovanja. Na ovaj način obavlja se stabilizacija tlaka pare na izlazu.

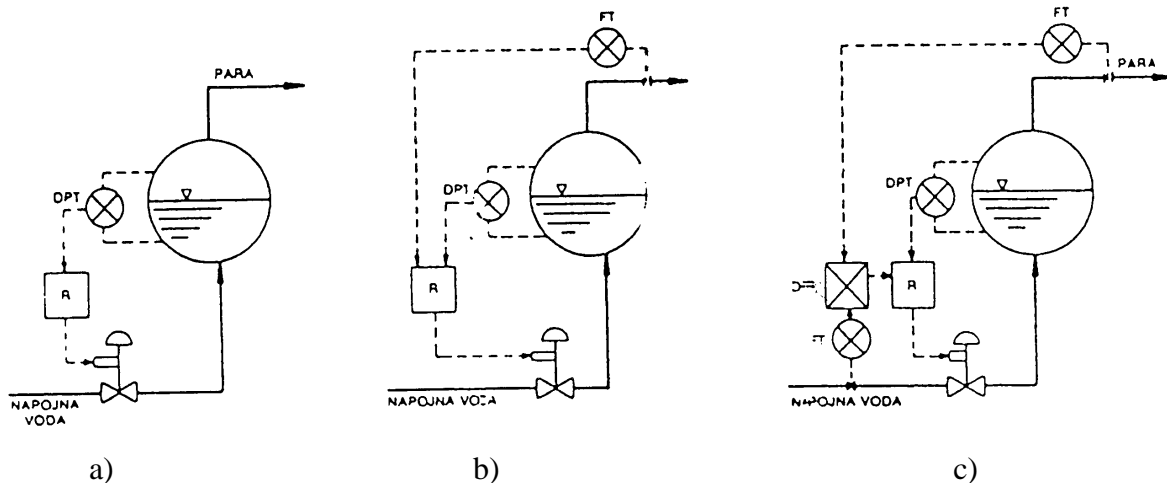
Jednovremeno s regulacijom, odnosno promjenom, količine goriva generatoru, obavlja se i regulacija količine dovedenog zraka generatoru. To obavlja posebni regulator za omjer

između privedenog zraka i goriva na temelju ulaznog signala o protoku goriva i stvarnog - mjenjenog signala protoka zraka.

Regulacija napojne vode generatora pare

Sustav regulacije napojne vode generatora pare s parnim bubnjem treba održavati traženu razinu vode u njemu ovisno o potrošnji pare, odnosno promjeni opterećenja generatora, što znači regulirati dotok napojne vode u bubanj. Regulacija razine vode u parnom bubnju može biti samo na temelju jedne varijable, npr. mjerene razlike tlaka u vodnom i parnom dijelu bubnja (slika 2.65 a). Ova, jednokomponentna regulacija, temelji se na stalnom mjerenju samo jedne veličine, tj. razine vode u bubnju odnosno diferencijalnog tlaka (davač DPT) kao mjere za razinu. Izlazni signal davača DPT djeluje na regulator gdje se temeljem njegovog odstupanja od postavne vrijednosti formira upravljački signal regulatora za promjenu položaja regulacijskog ventila napojne vode, održavajući tako potrebnu razinu vode u bubnju. Osnovni nedostatak ove regulacije jest pojava lažnog signala u slučaju naglog porasta opterećenja generatora pare (zbog intenzivnog isparavanja i određenog porasta volumena vruće vode u bubnju), odnosno lažni porast razine vode i kao posljedicu suprotan signal regulatora za ventil. To nakratko izaziva oscilacije (njihanje) u radu ventila i proces umirenja je nešto duži.

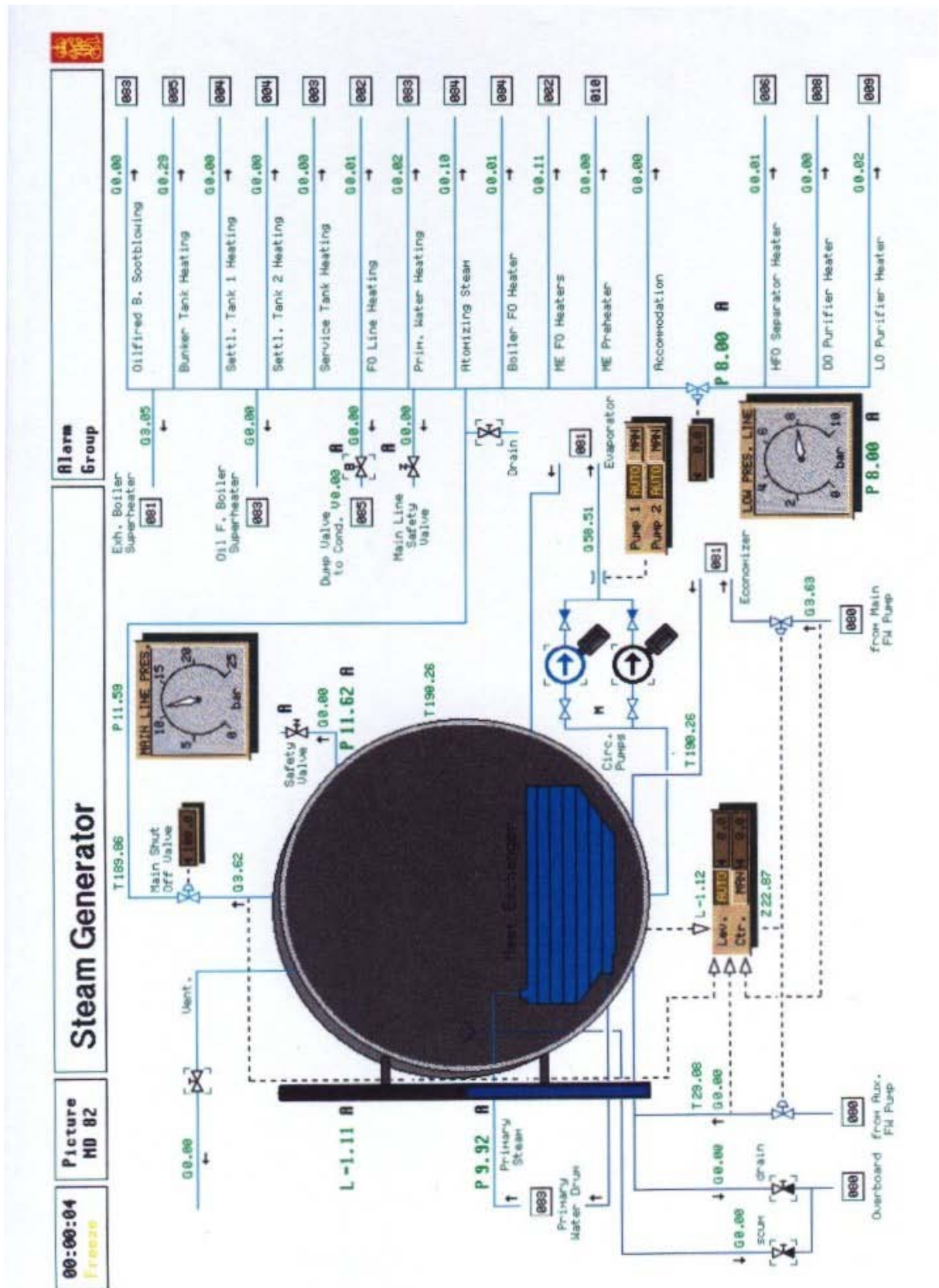
Bolji odziv regulacijske staze postiže se uključivanjem, u proces regulacije, pored spomenutog osnovnog signala i dodatnog signala, a to je protok izlazne pare (dvokomponentna regulacija - slika 2.65b). Još bolji rezultat se postiže strukturom regulacije prema shemi 2.65c, gdje se uvodi još i treći parametar, a to je protok same napojne vode. Sada regulator R, pored osnovnog signala o razini vode u bubnju, dobiva diferencijalni signal protoka pare i napojne vode, te vrlo brzo, preko diferencijalnog sklopa DF, reagira u smislu korekcije reguliranog parametra tj. razine vode.



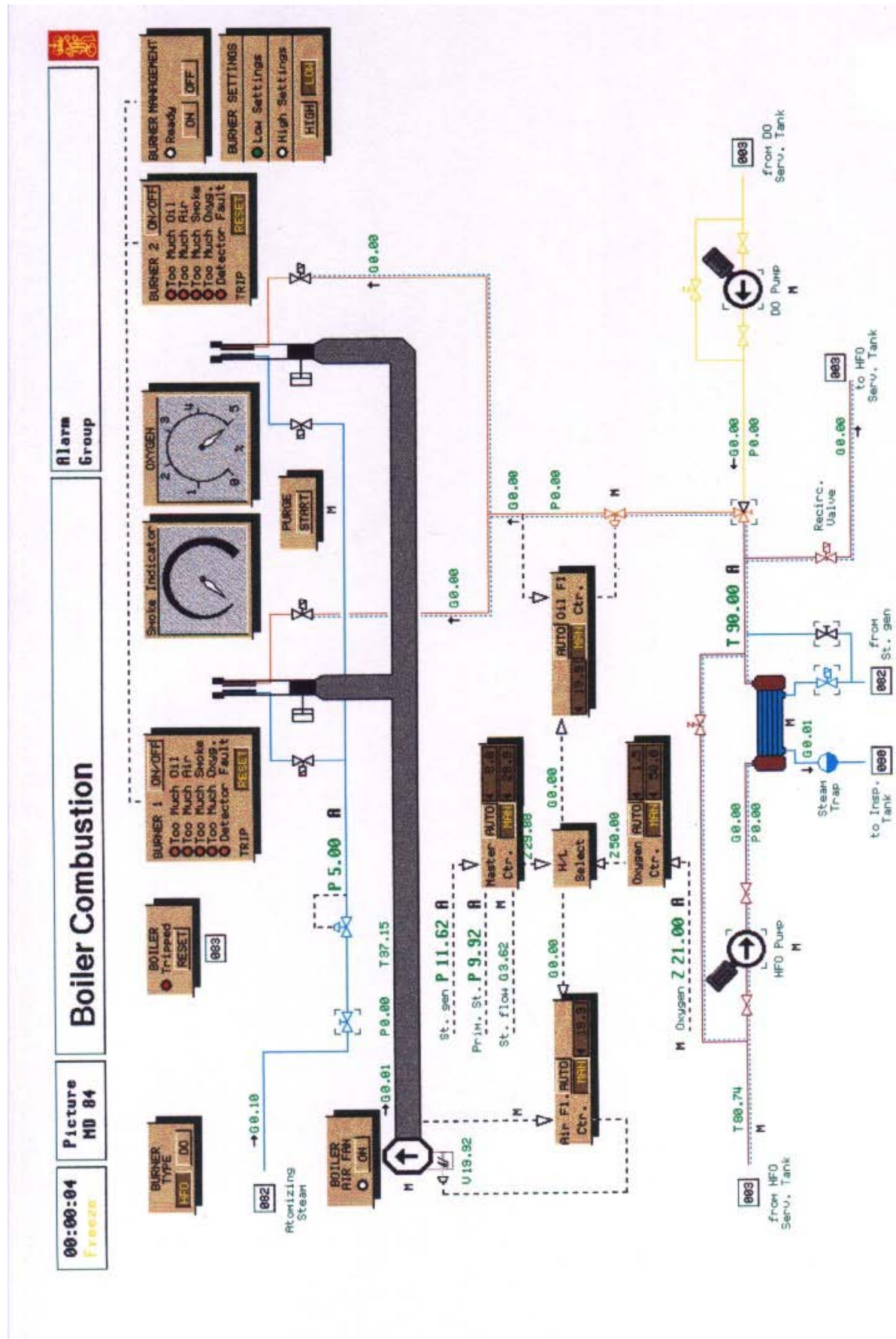
Slika 2.65 Regulacija razine vode u parnom bubnju

Održavanje razine vode u parnom bubnju u definiranim granicama veoma je važno i zbog sigurnosti rada generatora pare. Odstupanja razine vode, veća od dozvoljenih za gornju i donju granicu, imaju za posljedicu aktiviranje zvučnog i svjetlećeg alarma, a u težim slučajevima i blokadu, odnosno isključivanje iz rada (aktiviranjem brzozatvarajućih ventila za gorivo).

Na slikama 2.66 i 2.67 dani su model dijagrami sustava generatora pare i sustava bojlera (kotla) na izgarne plinove s pripadajućim regulacijskim krugovima, čija analiza će se obavljati kroz praktične vježbe na brodstrojarskom simulatoru PPS 2000.



Slika 2.66 Model dijagram brodskog generatora pare



Slika 2.67 Model dijagram bojlera na izgarne plinove

2.9. NADZOR I ČUVANJE TERETA

Brodski teret je tijekom transporta izložen vrlo promjenljivim uvjetima okruženja (temperature, tlakovi, vlažnost, štetni plinovi i sl.). Zbog očuvanja njegove pune kvalitete, ali i sigurnosti transporta (razne kemikalije, plinovi, ukapljeni ili u prirodnom stanju, pa i krute tvari) kontinuirano se nadziru i reguliraju važni parametri (razine, temperature i tlakovi), te obavlja odgovarajuća zaštita.

Slika 2.68 predstavlja standardnu konfiguraciju sustava nadzora tereta tipa GL-90, modularne izvedbe, firme Autronica (Norveška). Osnovne komponente ovog sustava čine:

- centralna upravljačka i procesna jedinica GLN - 90 (temeljena na 16-bitnim mikroprocesorima),
- digitalni pokazivači NL - 90 i NL - 91,
- podsustav dojave i alarma za niski i visoki nivo KM - 2,
- računalo tereta,
- podsustav nadzora i pokazivača nivoa (razine), tipa NL - 100,
- mikroručunalo u ulozi međusklopa za povezivanje i komunikaciju komponenti sustava, tipa EA-2,
- pisača za zapis događaja (data logger),
- senzora, odnosno mjernih davača signala sustava.

Smještaj opreme sustava je u sigurnoj zoni, dok su sami senzori - mjerni davači u opasnoj zoni tereta.

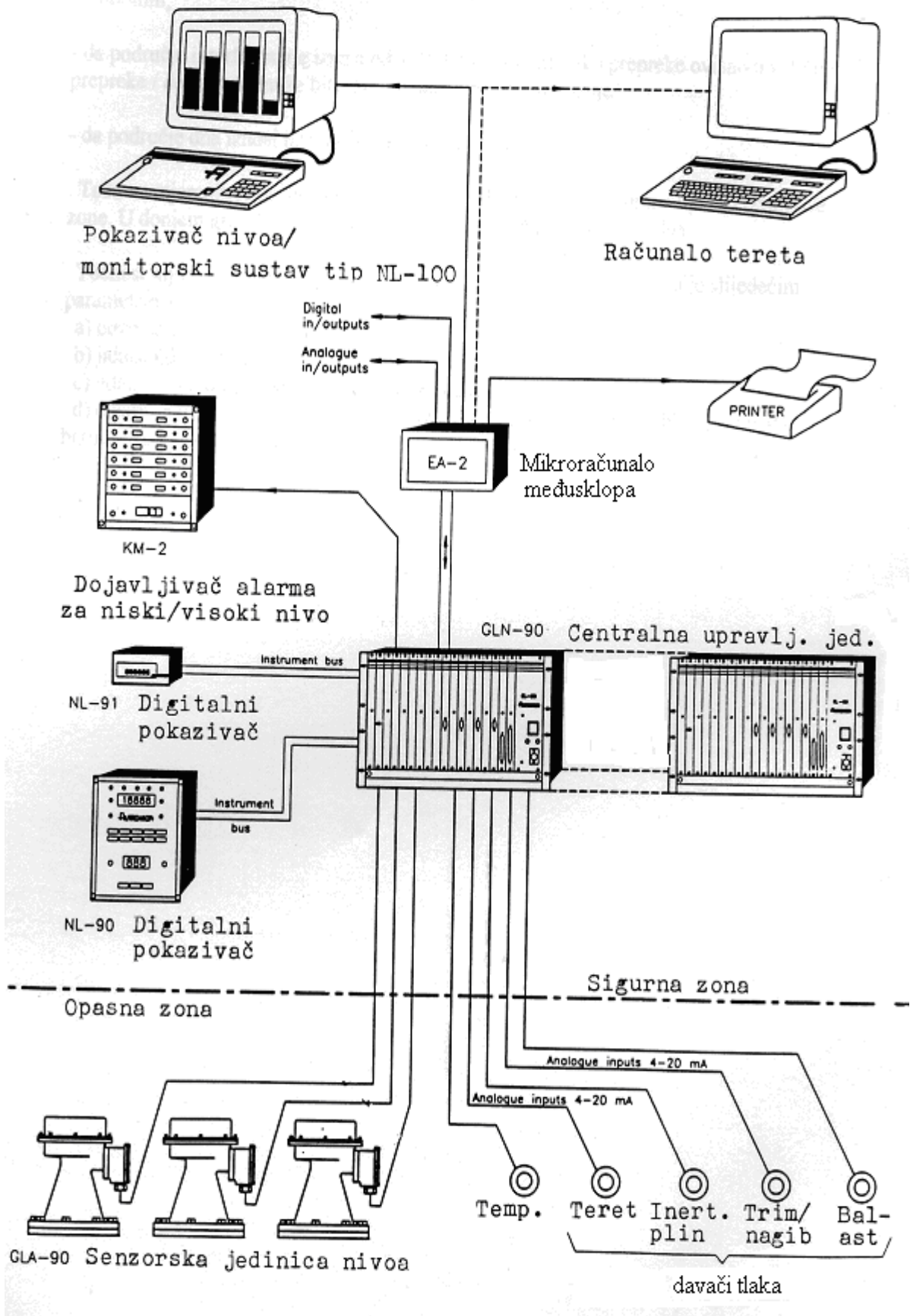
Senzori, odnosno mjerni davači, za koje je ovaj sustav prilagođen su: davači temperatura tereta, davači tlaka inertnog plina, davači tlaka pumpi tereta i cjelokupnog sustava tereta, davači nivoa balasta, davači nivoa goriva i drugih tekućih tereta, te davači trima i nagiba broda, što je naročito važno za održavanje sigurnih razina.

Slika 2.69 pokazuje izgled centralne upravljačke jedinice GLN-90 (kabinetska standardna izvedba) s modulima za ulazne i izlanske signale. Lako je proširenje mogućnosti ove jedinice dodavanjem novih, modularnim principom.

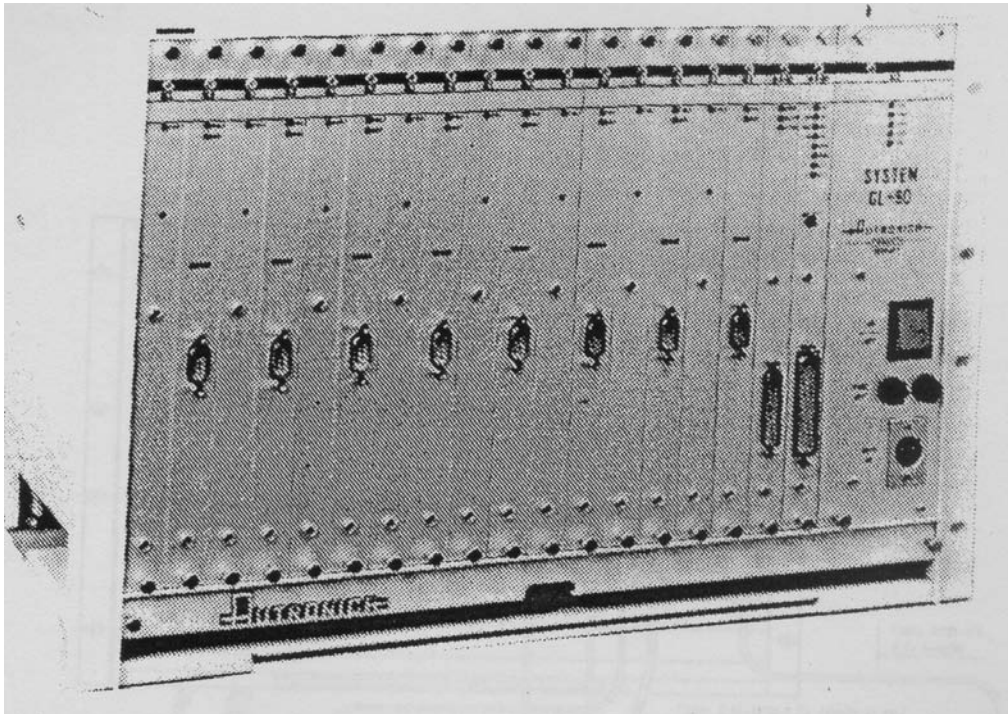
Izboru mjesta i načina postavljanja ovih senzora mora se dati puna pozornost, ovisno o vrsti i svojstvima tereta. Davači razine najčešće su radarski davači visoke točnosti. Slika 2.70a prikazuje radarski davač nivoa tipa GLA-90, firme Autronica, dok slika 2.70b prikazuje princip postavljanja radarskog senzora nivoa s potrebnom širinom radarskog snopa i prostorom bez zapreka u tom području signala. Postavljanje senzora na tankovima inertnog plina obavlja se tako da ne budu blizu ulaza inertnog plina (oko 4 metra udaljeno), zbog kondenzacije, ugljena i nečistoća iz inertnog plina što mogu stvarati naslage i uzrokovati slabljenje prijema radarskog signala. Mjerenje količine tekućine u tanku obavlja se temeljem mjerenja razine, odnosno visine neispućenog dijela tanka (od vrha tanka) i visine od dna tanka do razine tekućine), uzimajući u obzir trim i nagib broda.

Slika 2.71 prikazuje dijagram kablenskog povezivanja komponenti sustava nadzora tereta uz oznaku tipa i položaja mjernih davača nadzora tereta.

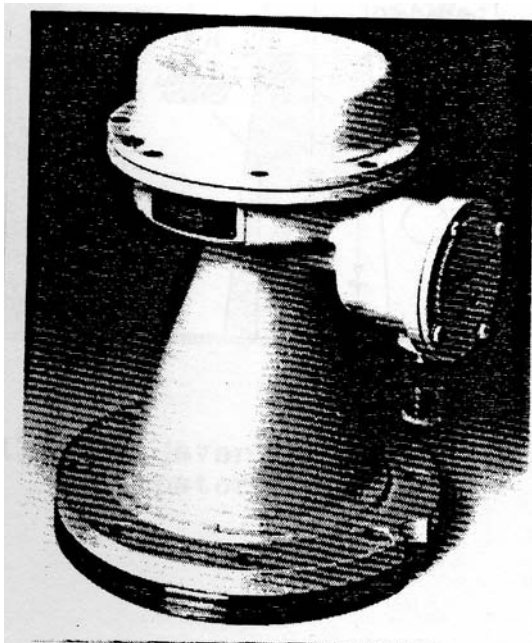
Slika 2.72 prikazuje dijagram kablenskog povezivanja komponenti alarmnog sustava za visoki nivo, uz oznaku tipa mjernih davača visokog i vrlo visokog nivoa u tankovima tereta, te centralu alarma tipa NL-4 i pripadajućih svjetlosnih i zvučnih indikatora.



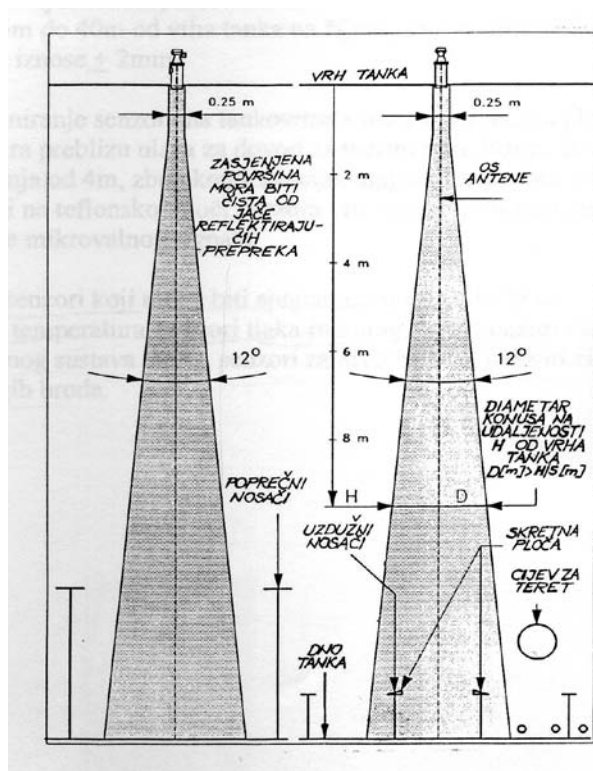
Slika 2.68 Standardna konfiguracija sustava nadzora tereta tipa GL-90



Slika 2.69 Izgled centralne upravljačke jedinice GLN-90

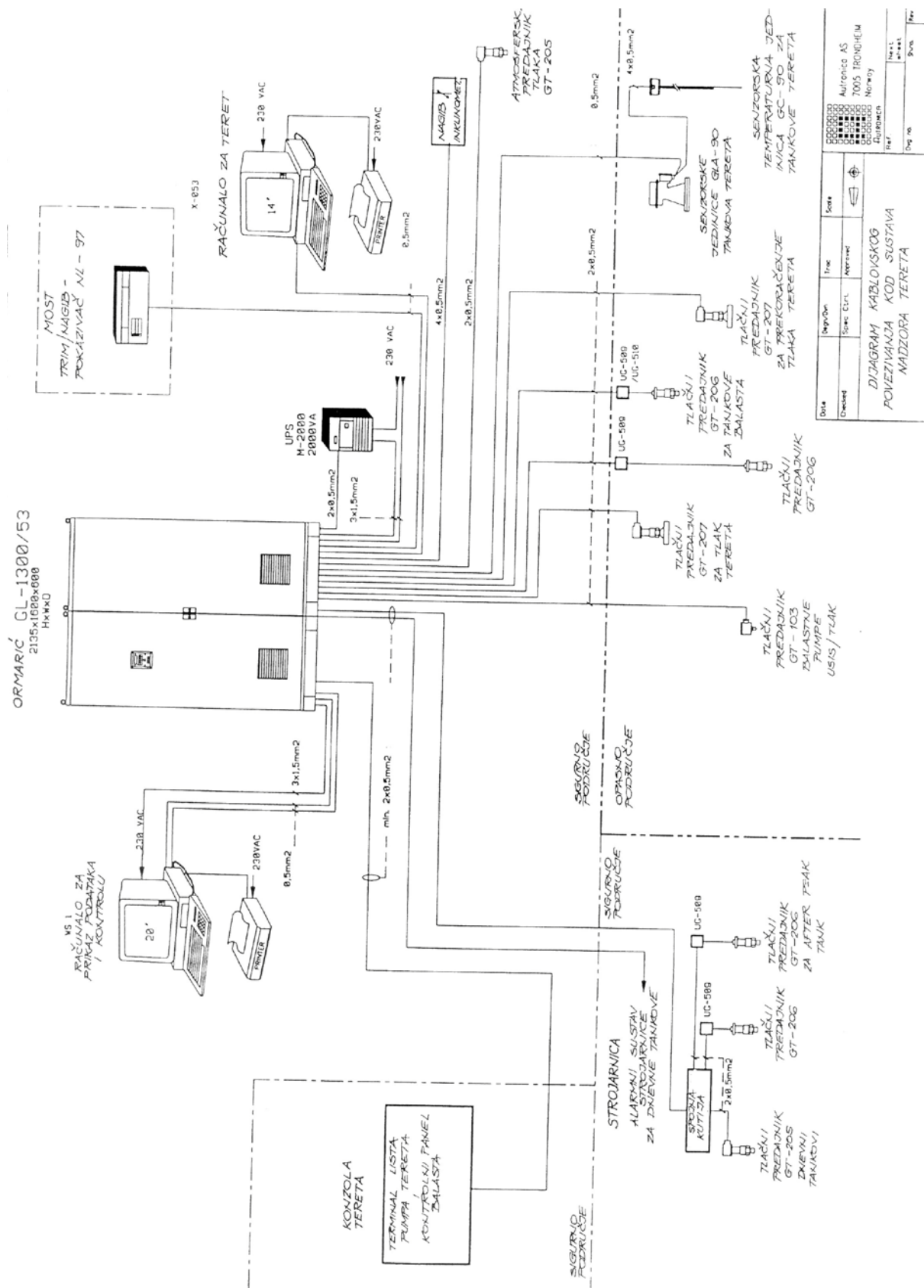


a)

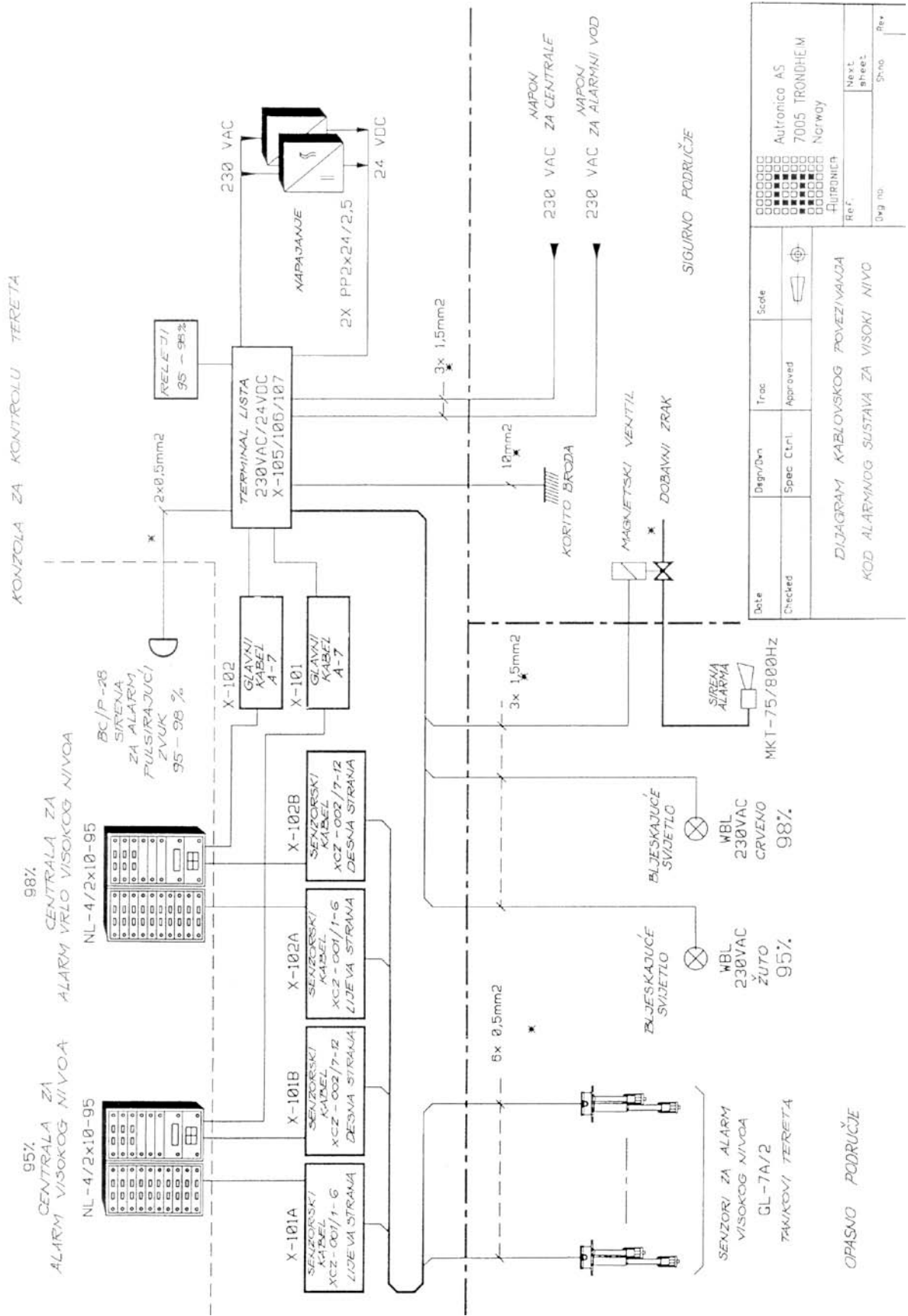


b)

Slika 2.70 Radarski davač nivoa tipa GLA-90 (a) i princip postavljanja davača (b)



Slika 2.71 Dijagram kabelskog povezivanja elemenata sustava nadzora tereta GL-90



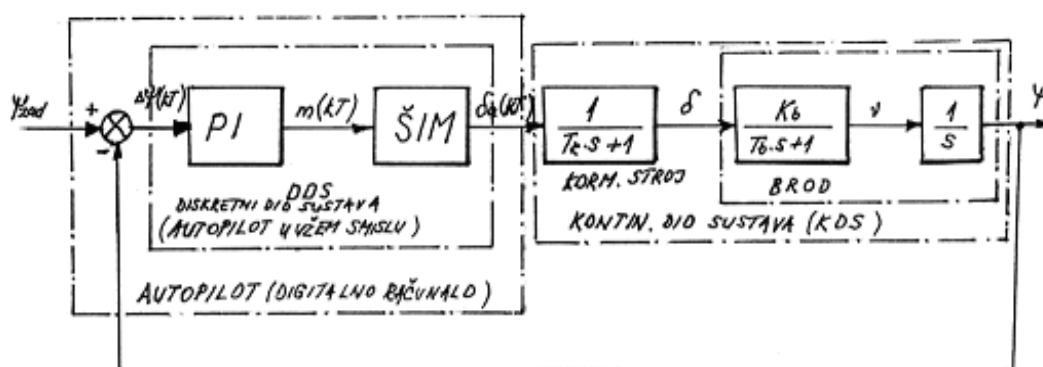
Slika 2.72 Dijagram kabelskog povezivanja komponenti alarmnog sustava tereta

2.10. SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA KURSOM BRODA

Osnovna zadaća sustava automatskog kormilarenja broda (SAK) jest kvalitetno i pouzdano upravljanje brodom po kursu, odnosno održavanje naredenog kursa i plovidbene rute. Najkraće rečeno, vođenje broda po zadanoj trajektoriji - putanji.

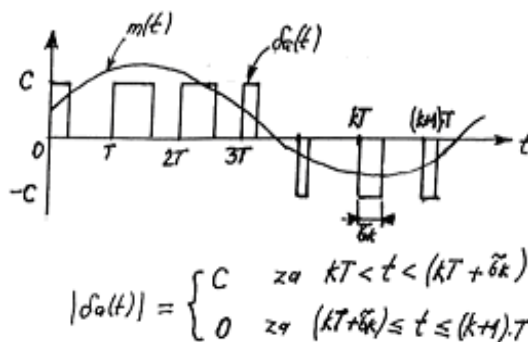
Brod je složeni dinamički sustav izložen mnogobrojnim i različitim vanjskim poremećajima - smetnjama u tijeku plovidbe (valovi, vjetar i dr.). Matematički model broda kao objekta upravljanja je veoma kompleksan i nelinearan.

Pojednostavljena shema sustava automatskog vođenja broda po kursu s autopilotom u upravljačkom podsustavu prikazana je na slici 2.73 Upravljački podsustav (autopilot) zasnovan na digitalnom računalu) predstavlja diskretni dio sustava (DDS), dok izvršni dio sustava zajedno s brodom kao objektom upravljanja čini kontinuirani dio sustava (KDS).



PI algoritam:
$$m(kT) = K_p \cdot \Delta\psi(kT) + \frac{K_p \cdot T}{T_i} \sum_{l=0}^{k-1} \Delta\psi(lT)$$

ŠIM modulator:



Slika 2.73 Pojednostavljena blok shema upravljanja kursom broda

U strukturnoj shemi su dani pojednostavljeni linearizirani modeli - prijenosne funkcije kormilarskog stroja KS i broda kao objekta upravljanja.

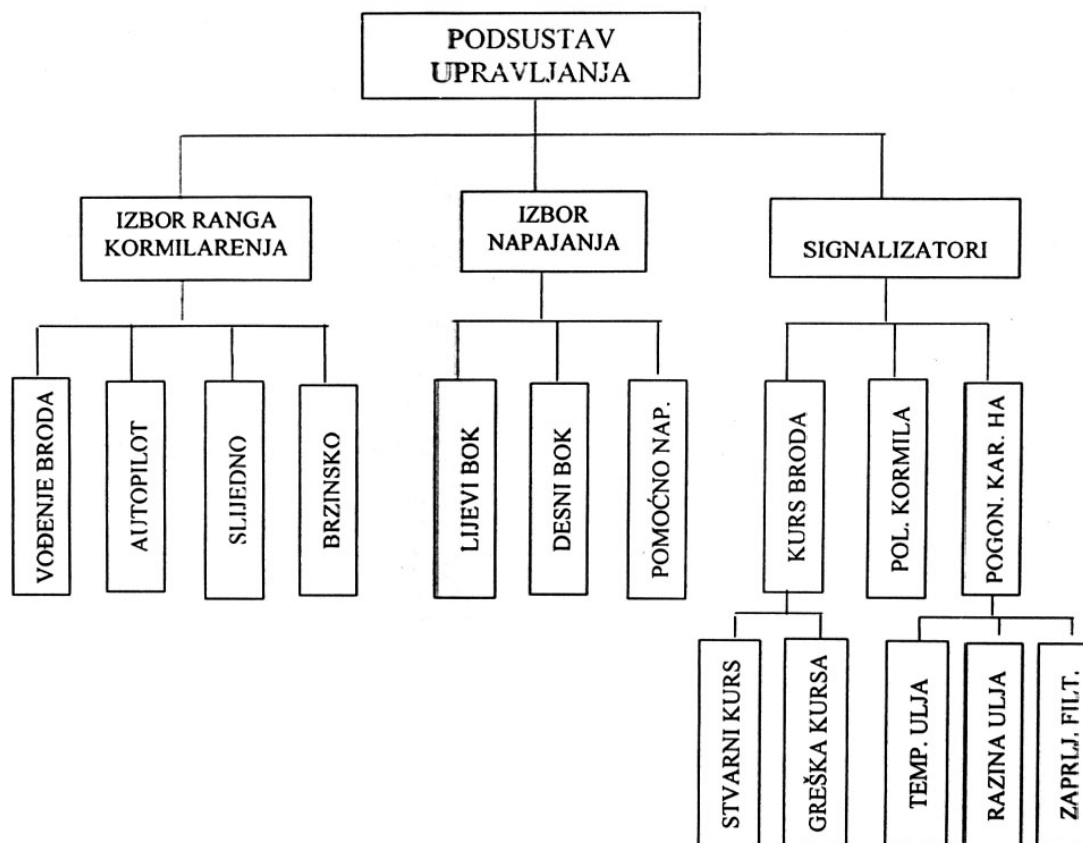
PODSUSTAV UPRAVLJANJA

Upravljački podsustav s autopilotom realizira se pomoću mikroracunala i odgovarajućeg algoritma za vođenje - održavanje kursa broda ψ .

Signal odstupanja stvarnog kursa broda, $\psi(t)$ od zadanog - naređenog, $\psi_{zad}(t)$ podvrgava se djelovanju algoritma PI regulatora i širinsko-impulsnog modulatora (ŠIM) u autopilotu, te se generira upravljački izvršni signal za kormilarski podsustav koji djelovanjem na aktuator - listove kormila dovodi brod na zadani kurs. Negativna povratna veza razmjerna stvarnom kursu broda osigurava održavanje, odnosno stabilizaciju, zadanog kursa plovidbe broda.

Upravljanje kursom broda, odnosno kormilarenje, može imati više razina različite kvalitete (slika 2.74 i 2.75):

- brzinsko,
- slijedno,
- autopilotom,
- vođenje broda.



Slika 2.74 Osnovna struktura podsustava upravljanja kursom broda

Brzinsko upravljanje kursom broda - kormilarenje je najniže kvalitete i koristi se u nuždi, kada je u kvaru elektronika podsustava upravljanja. Kao što se iz slike 2.75 vidi to je sustav upravljanja otvorenog kruga u kojem se djelovanje kormilarskog kola izravno prenosi na kormilarski podsustav za djelovanje na listove kormila zakrećući brod prema željenom kursu. Povratne veze nema u ovom modu kormilarenja i samo

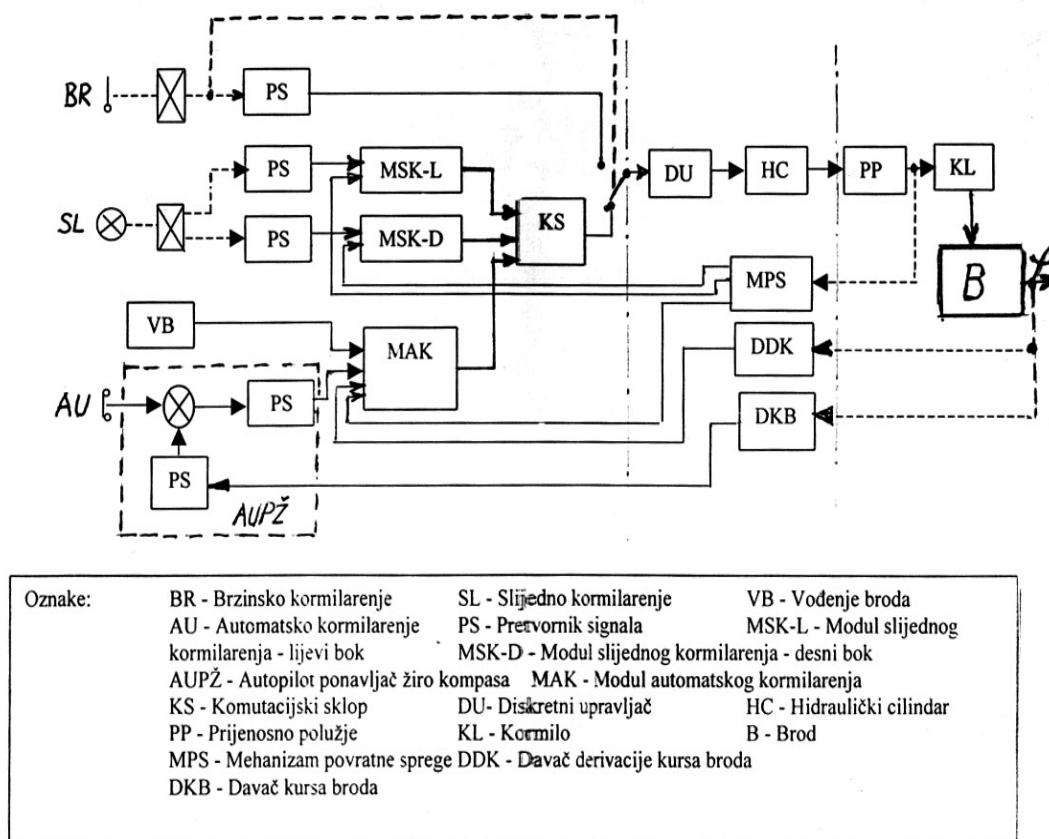
vještinom kormilara može se približno održavati kurs broda. U ovom modu broj prekreta kormila je dosta veliki, pa je i plovidba neekonomična.

Slijedno kormilarenje je upravljanje kursom broda više razine s uključenom povratnom spregom. Signal povratne veze, proporcionalan ostvarenom kursu broda, uzima se s polužja za zakret listova kormila lijevog i desnog boka, te se preko mehanizma povratne sprege MPS dovodi na odgovarajuće module slijednog kormilarenja MSK-L lijevog i desnog boka MSK-D. Djelovanjem preko kormilarskog podsustava lijevog ili desnog boka broda ostvaruje se praćenje - slijedenje, s kormilarskog kola, naređenog kursa broda.

Upravljanje kursa broda pomoću autopilota viši je rang automatskog kormilarenja bez sudjelovanja kormilara. Stalnim mjerenjem stvarnog kursa broda (npr. pomoću žirokompasa) i korištenjem tog signala u povratnoj grani sustava, automatski se određuje odstupanje stvarnog od naređenog kursa, te odgovarajućim algoritmom autopilota (program mikroračunala) formira upravljački signal koji brod dovodi na željeni kurs i stalno na njemu održava do zadavanja novog kursa. Kormilarenje autopilotom je povoljnije i učinkovitije na dužim rutama plovidbe, gdje nema čestih promjena kursa broda. Programski se može optimirati po raznim kriterijima (najbrže plovidbe, najekonomičnije i sl.) i znatno je efikasnije od prethodna dva ranga.

Podsustav automatskog upravljanja kursa pomoću autopilota, osim podatka o stvarnom kursu broda, koristi u povratnoj grani i signal derivacije kursa broda s davača DDK radi optimiranja brzine djelovanja kormilarskog podsustava na brodu.

Vođenje broda najsavršeniji je rang upravljanja kursom broda uz primjenu mikroračunala i odgovarajućeg programa vođenja po zadanoj trajektoriji. Na ovoj razini upravljanja moguće je koristiti signale s navigacijskih i radarskih senzora, te iz sustava za određivanje stvarne pozicije broda (GPS - Global Positioning System) što pruža dodatne mogućnosti za optimiranje vođenja broda po raznim kriterijima (najkraćeg vremena plovidbe, optimalne brzine i utroška goriva i sl.).



Slika 2.75 Rangovi automatskog upravljanja kursom broda

Elektronički sklop autopilota (klasična izvedba) prikazan na slici 2.76 izvodi se tako da mu se performanse mogu prilagoditi karakteristikama broda i trenutnom stanju mora. Prag osjetljivosti reagiranja kormila podesiv je u odgovarajućim granicama (tipično $\pm 0,5$ do 5°) odstupanja od kursa.

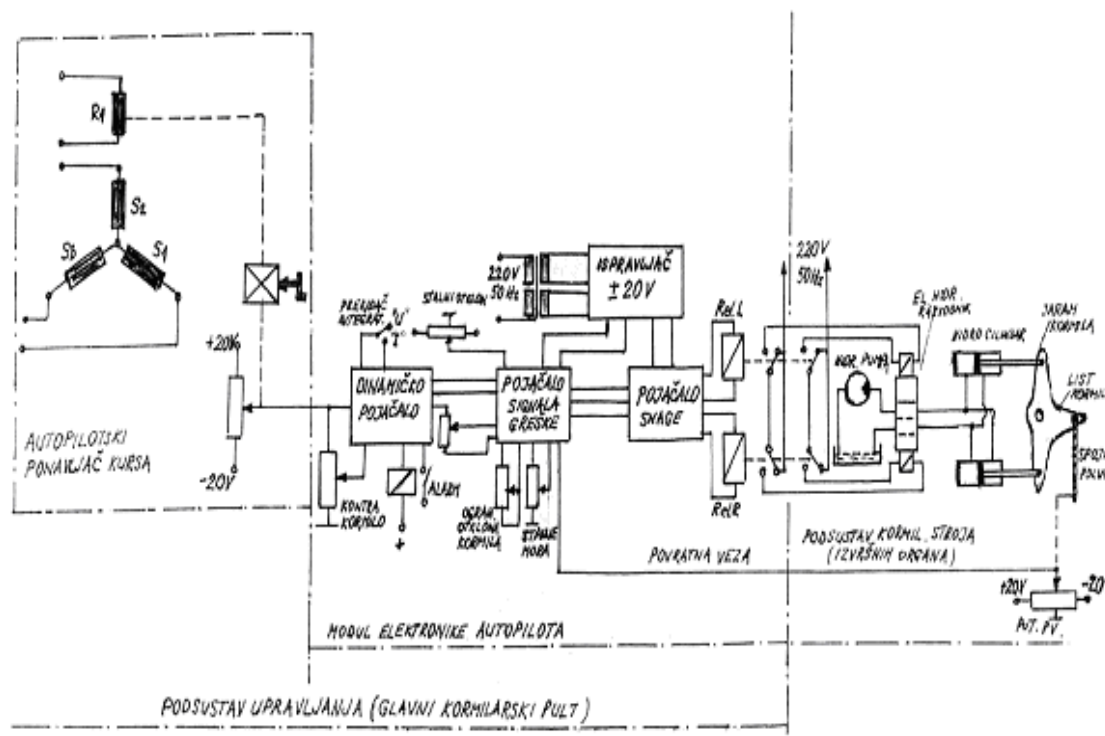
Vremenska konstanta kontra kormila može se mijenjati u određenim granicama (pr. 0 do 30 s), a vremenska konstanta integratora u granicama 30 do 500 s.

Podešavanje alarma greške kursa broda može se birati tipično u području od ± 5 do $\pm 20^\circ$.

Hod kormila se može ograničiti u područje ± 5 do $\pm 30^\circ$ u koracima po 5° .

U režimu slijednog kormilarenja može se podešavati prag osjetljivosti u granicama od $\pm 5^\circ$ do $\pm 2,5^\circ$ zakreta kormilarskog kola. Maksimalna brzina kormila kreće se od 4 do 6 o/s s jednom hidrauličkom pumpom u pogonu što ovisi o tipu i veličini broda. S dvije pumpe u paralelnom radu brzina kormila može biti od 8 do 12 o/s i može se smanjivati pomoću regulatora protoka.

Kašnjenje odziva kormila u odnosu na naredeni signal kormilarskog kola ovisi o tipu i veličini broda, te uvjetima plovidbe i tipično iznosi cca 80 ms kod prekretanja i cca 60 ms kod zaustavljanja.



Slika 2.76 Klasična elektronička izvedba automatskog kormilarenja

PODSUSTAV KORMILARSKOG STROJA I IZVRŠNIH ORGANA

Zadatak je ovog podsustava stvaranje hidrauličke energije i omogućavanje upravljanja u ovisnosti o veličini upravljačkog signala koji dolazi iz podsustava upravljanja. Ovaj podsustav mora udovoljiti zahtjevima sigurnosti i pouzdanosti rada koji se postavljaju pred svaki kormilarski sustav od strane brodskih klasifikacijskih društava.

Podsustav kormilarskog stroja (vidi sl. 2.76) u osnovi čini elektrohidraulički agregat koji u zajedničkom kućištu ima dva zasebna izvora hidrauličke energije: hidrauličke pumpe kao i sve potrebne elemente za razvod energije (cjevovode, ventile, razvodnike itd.).

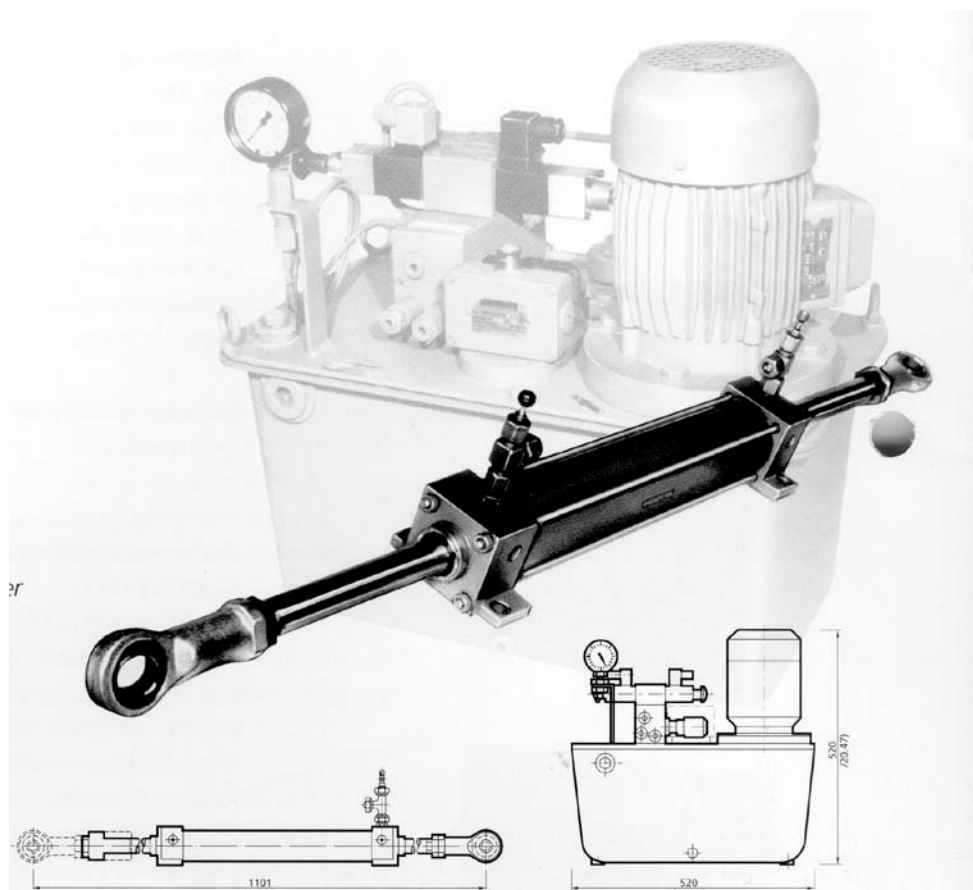
U radu kormilarskog stroja mogu jednovremeno raditi oba izvora energije, kada to zahtijevaju uvjeti i propisi plovidbe, kada se protoci zbrajaju pa se i vrijeme prebacivanja kormila smanjuje, tj. povećava se brzina odziva. U običnom pogonu radi samo jedan izvor hidrauličke energije. Prijelaz s jednog na drugi hidraulički izvor je brz i jednostavan, a obavlja se izravno iz prostora u kome je smješten agregat ili iz kormilarnice - daljinski preko podsustava upravljanja.

Ovisno o potrebnim protocima pumpi i radnom tlaku ugrađuju se i pogonski elektromotori odgovarajuće pogonske snage.

Podsustav izvršnih organa čine hidraulički cilindri snage i list kormila kao neposredni aktuator preko kojeg se stvaraju odgovarajuće, signalu upravljanja razmjerne, sile i momenti koji brod dovode u naređeni kurs.

Karakteristike podsustava izvršnih organa - aktuatora determinirane su karakteristikama broda (veličina, tip, namjena, itd.).

Primjer jedne konkretne izvedbe ilustrira slika 2.77.



Slika 2.77 Praktičan primjer izvršnog organa kormilarenja (hidraulički tip)

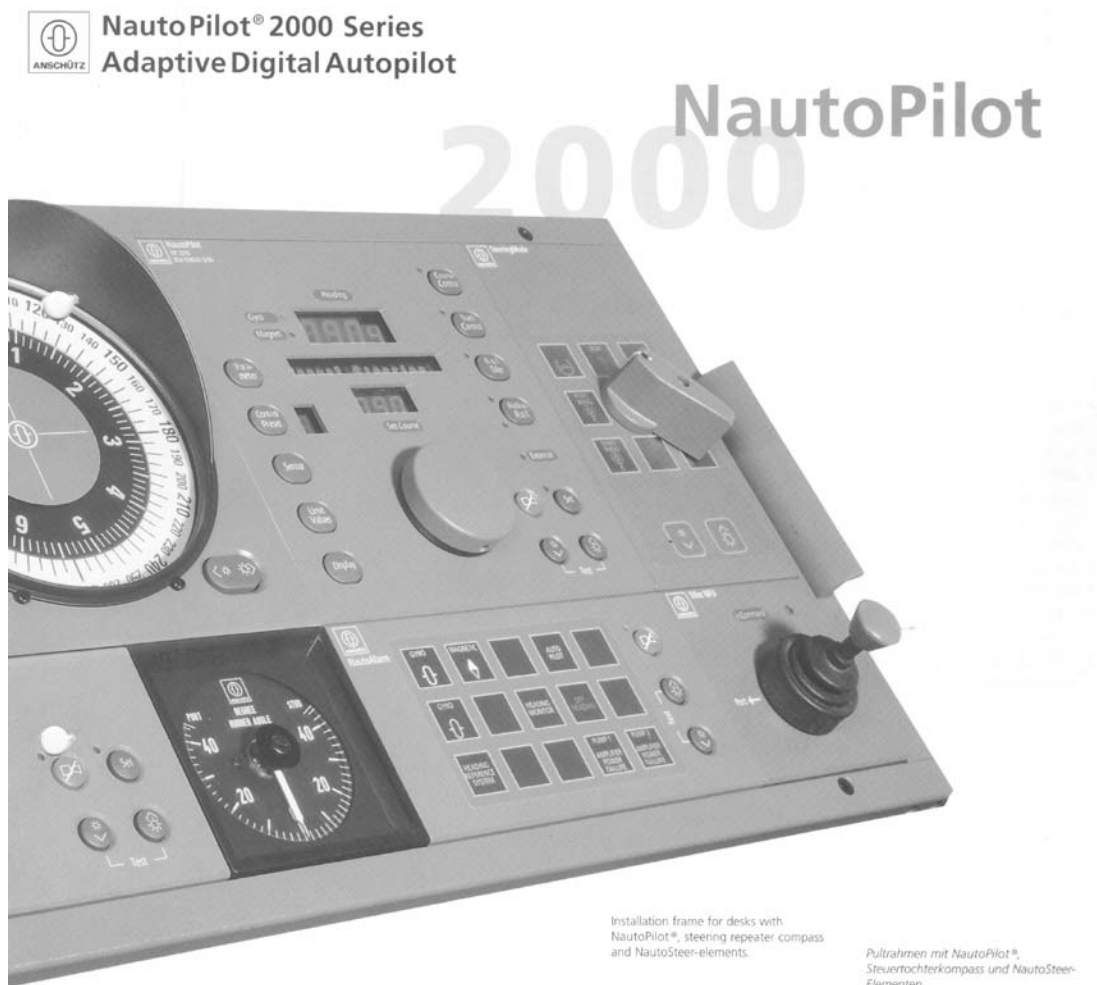
Podsustav kormilarskog stroja i izvršnih organa, kao i neki sklopovi podsustava upravljanja smještaju se najčešće u krmenom sudarnom prostoru u kojem se mogu javljati vibracije broskog trupa o čemu treba voditi računa pri projektiranju i izvedbi ovih podsustava.

Na tržištu su komercijalno raspoloživi gotovi moduli autopilota za sve tipove i veličine brodova koji se lako ugrađuju i prilagode specifičnostima broda.

Sve više se, u novije vrijeme, zahvaljujući razvoju mikroelektroničke tehnologije izrađuju i koriste digitalni adaptivni autopiloti.

Adaptivna priroda autopilota temelji se prvenstveno u osiguranju minimalnog broja prekreta kormila tijekom održavanja kursa broda čime se postiže stabilnost broda i minimalni potrošak goriva, tj. optimalna i ekonomična plovidba.

Slika 2.78 pokazuje jedan primjer komercijalnog autopilota (izgled upravljačkog pulta) poznate svjetske firme ANSCHÜTZ, tipa NautoPilot 2000.



Slika 2.78 Upravljački pult komercijalnog autopilota ANSCHÜTZ

ADAPTIVNI DIGITALNI AUTOPILOT ADG 3000 VT

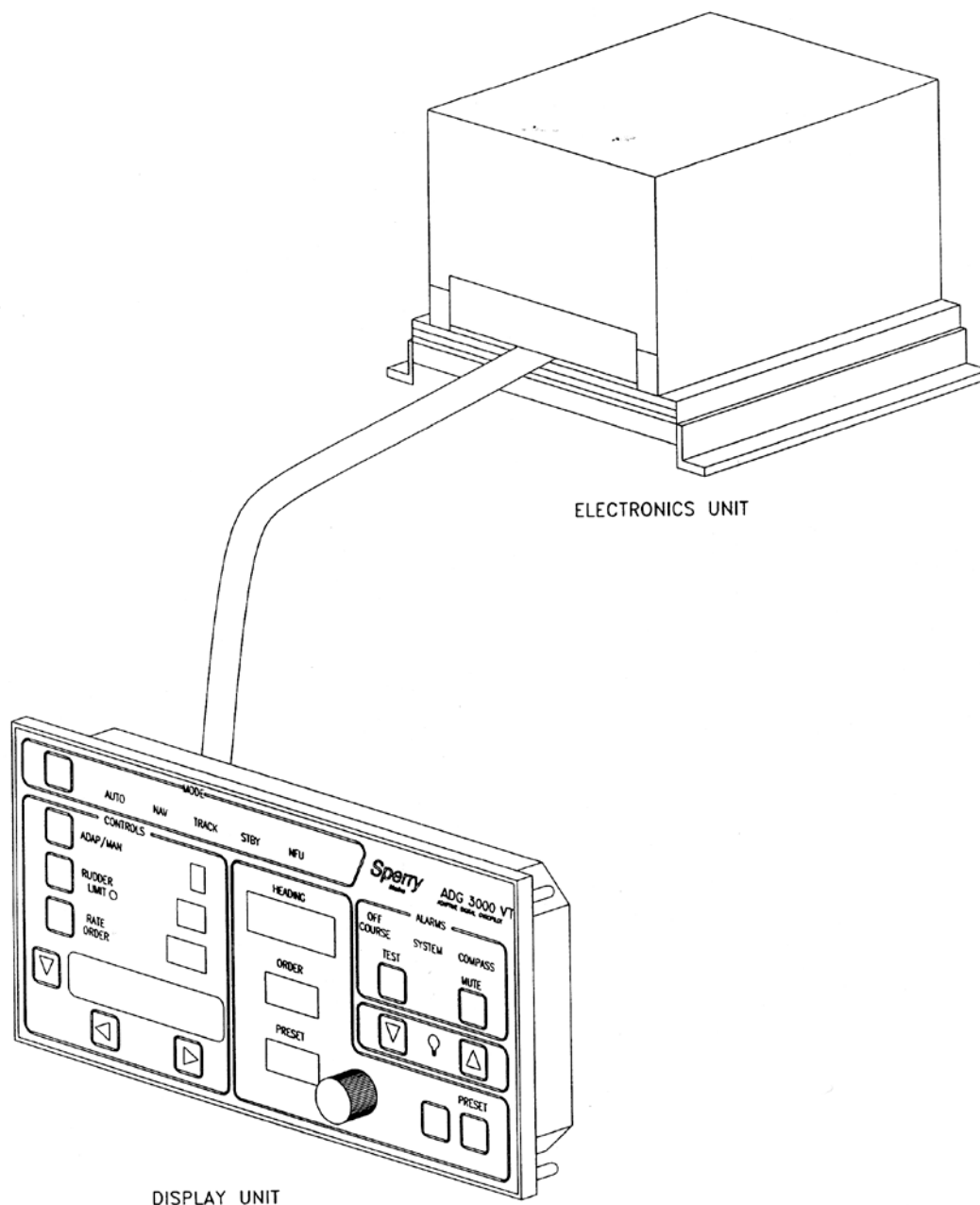
Poznata svjetska firma "Sperry Marine Inc." proizvodi čitav spektar digitalnih adaptivnih sustava upravljanja kursom broda.

Jedan od karakterističnih predstavnika jest adaptivni digitalni autopilot ADG 3000 VT (tipa žiropilota). Sustav se sastoji iz dvije osnovne jedinice (slika 2.79):

- upravljačko - indikacijskog pulta (Display Unit),
- elektroničke jedinice (Electronics Unit).

Slike 2.80a i 2.80b prikazuju upravljače i indikatore s kojima operater sustava komunicira sa sustavom, tj. zadaje parametre i nadzire djelovanje.

Elektronička jedinica izvršava sve potrebne računske i komunikacijske funkcije, a sastoji se iz centralne procesne jedinice (CPU) s pridodanim sklopovima (karticama) za prihvata i obradu ulaznih signala (naređenog i ostvarenog kursa, navigacijskih podataka iz drugih senzora broda ili vanjskih stanica) i generiranje izlaznih komandi za kormilarski uređaj.



Slika 2.79 Jedinice autopilota ADG 3000 VT

Na slici 2.81 prikazana je strukturna blok shema sustava ADG 3000 VT s centralnom procesnom jedinicom (mikrokontroler), displej jedinicom, jedinicom za ulazne i izlazne signale i komunikaciju prema vanjskim jedinicama (navigacijski senzori, senzor brzine broda, GPS i sl.), međusklopova za prihvata ulaznih signala sa žirokompasa (opcija), te sklopova napajanja i zaštite.

Izbor moda kormilarenja obavlja se prekidačem "STATUS". Autopilot može raditi u tri automatska moda i to: AUTO, NAV i TRACK.

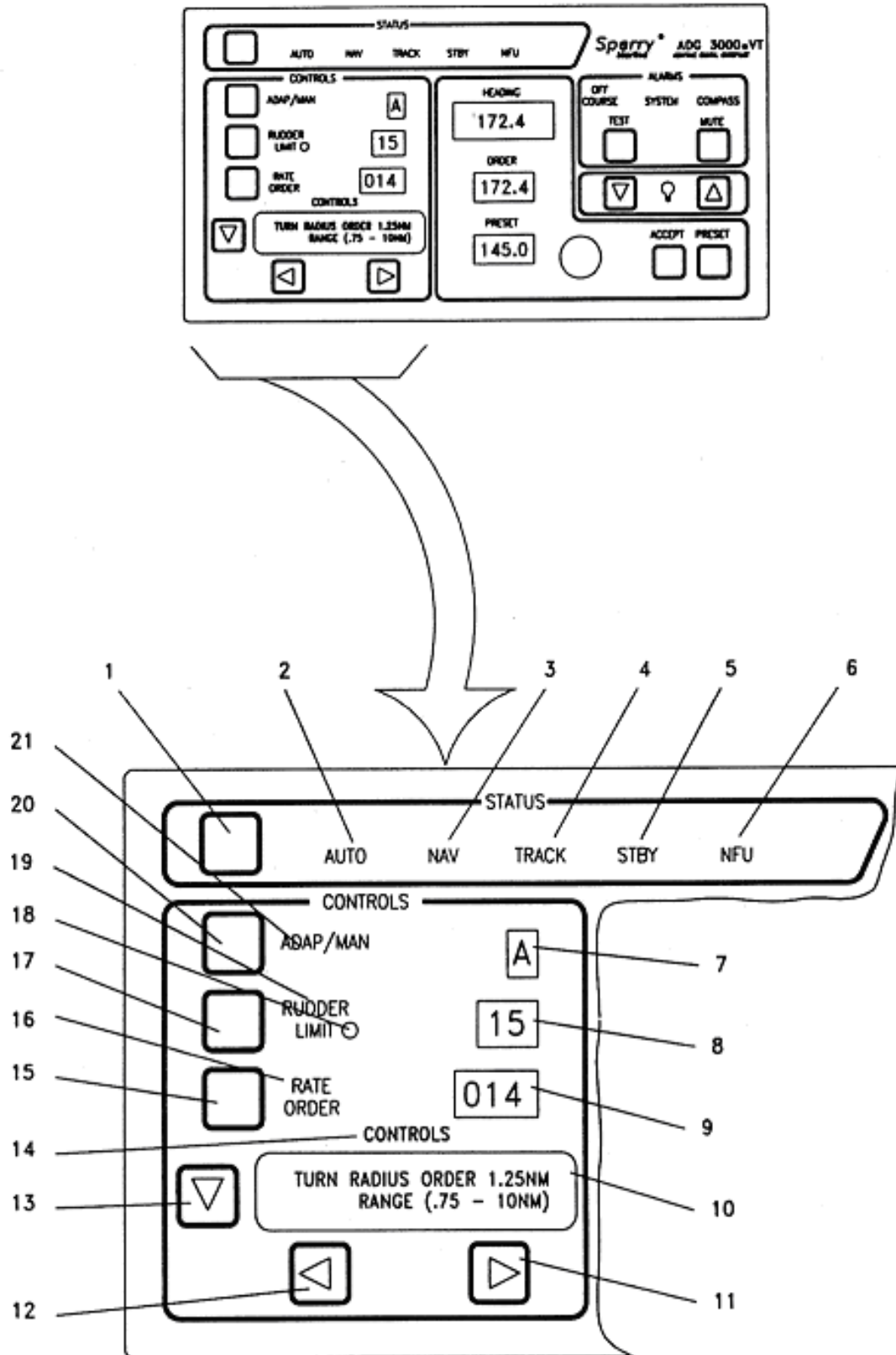
U standardnoj konfiguraciji sustav radi u automatskom modu (AUTO). U ovom modu, sustav za održavanje kursa broda, kao ulaze koristi podatke o stvarnom kursu sa žirokompasa i naredenu vrijednost kursa i temeljem njihove razlike formira upravljačke signale za kormilarski stroj. Ako je sustav konfiguriran i spojen za prihvata ulaznih signala iz vanjskih navigacijskih senzora, tada je moguć izbor i druga dva moda kormilarenja (NAV i TRACK). U NAV modu kormilarenja koriste se kao ulazi,

signali, odnosno naređeni kurs, iz eksternog navigacijskog sustava (npr. Voyage Management System - VMS) za automatsko održavanje kursa broda prema označenoj točki na plovnoj ruti, korigirajući signale naredbe za kormilarski sustav ovisno o trenutnom položaju broda što ga daje GPS. Ako se koristi TRACK mod upravljanja kursa broda, tada se brod najprije dovodi prema označenoj putanji (trajektoriji), a zatim nastavlja praćenje zadane putanje (kad razlika između naređenog i stvarnog kursa postane manja od 90 stupnjeva) prema označenoj točki temeljem podataka iz navigacijskog sustava.

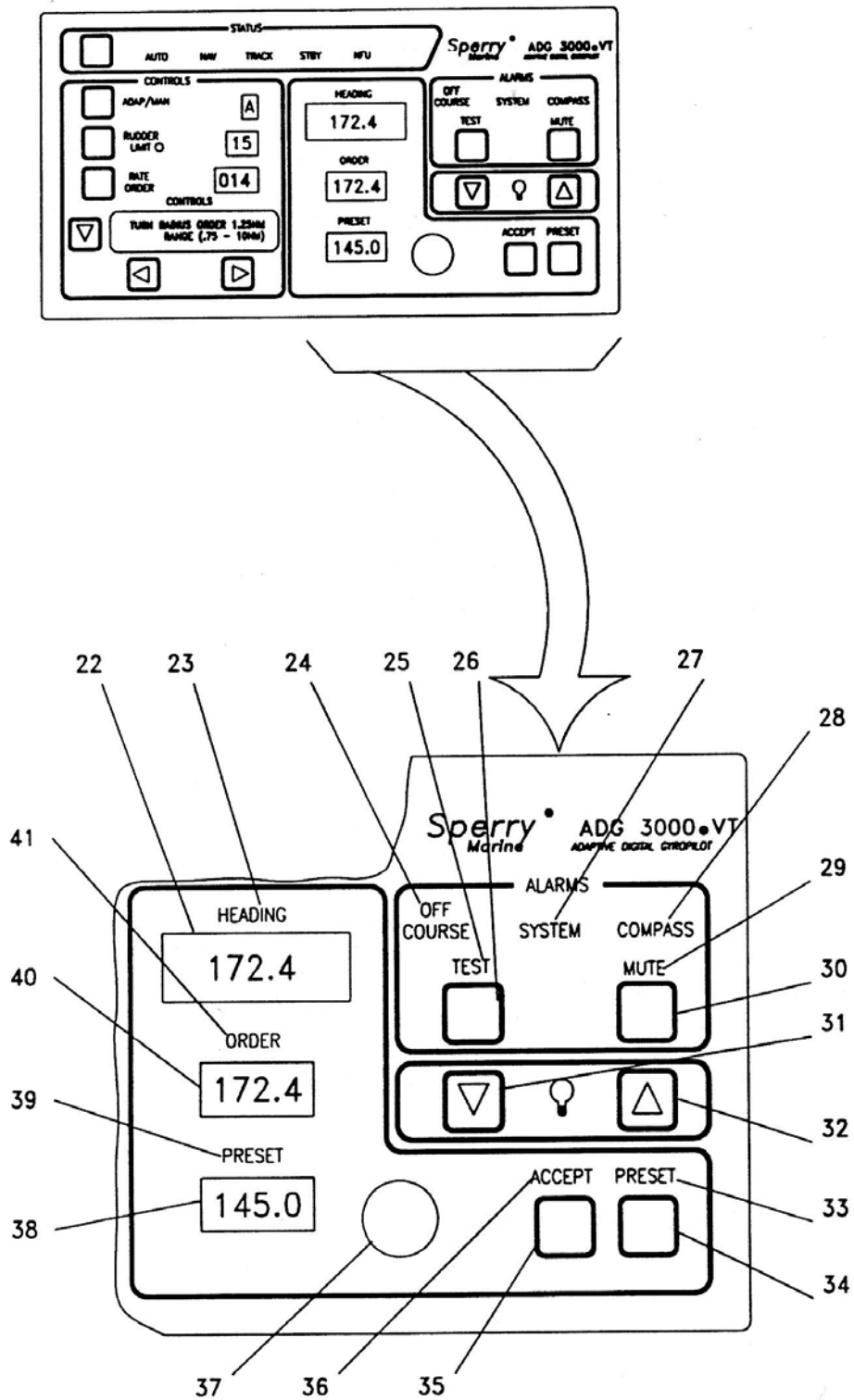
U tijeku praćenja zadane putanje (plovidbene rute) održava se manje-više konstantana razlika između naređenog i stvarnog kursa broda za kompenzaciju utjecaja vjetera i morskih struja.

Ukoliko nije aktiviran vanjski mod upravljanja kursom broda (NAV ili TRACK), ovaj sustav autopilota automatski ide u STAND-BY mod i spremnost za AUTO mod upravljanja. U NFU (Non-Follow-Up) modu kursom broda upravlja neposredno operater - ručno kormilarenje, tj. koristi se otvoreni sustav kormilarenja (bez povratne veze). Ovaj dio je zaseban i ne pripada samom autopilotu.

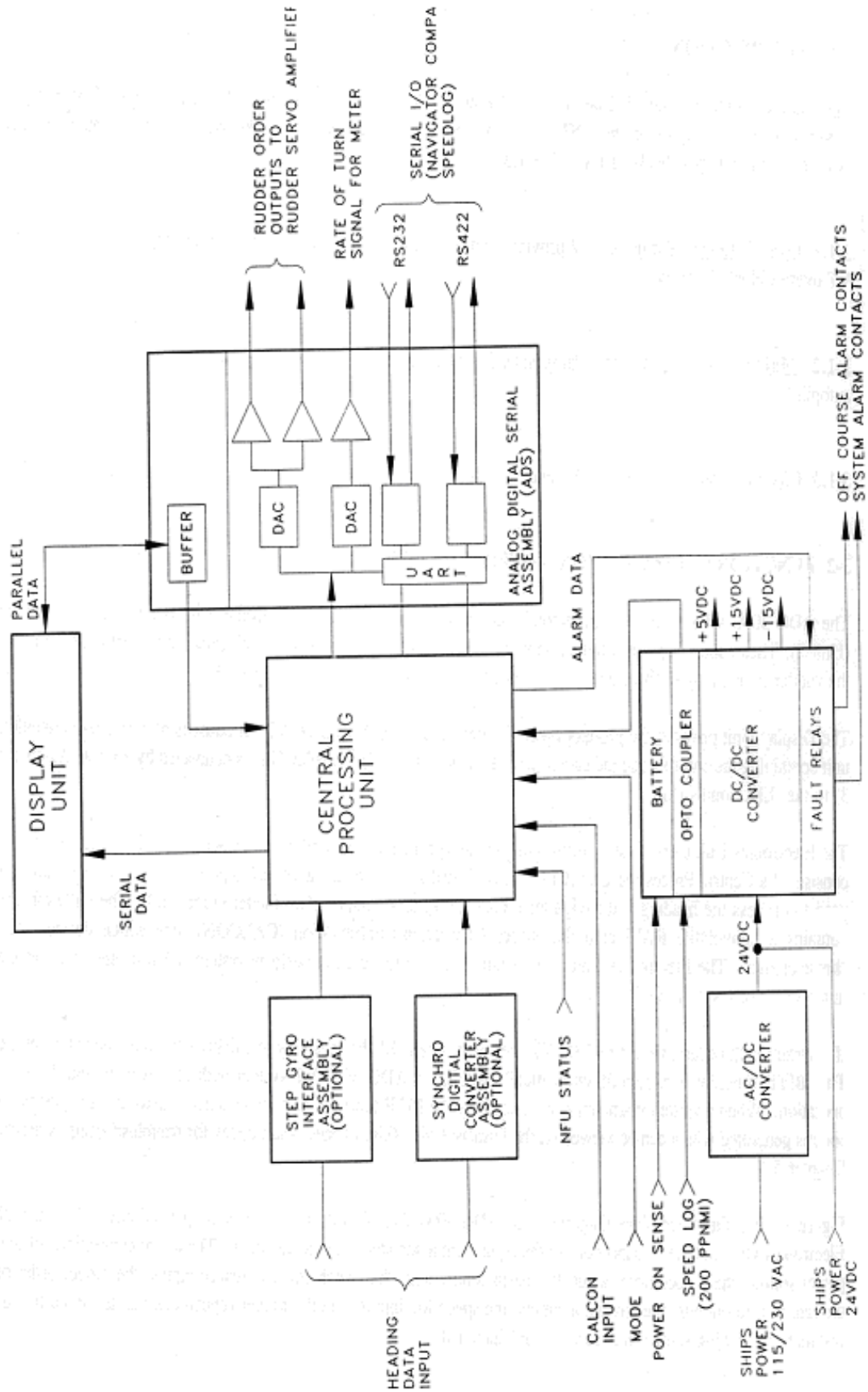
Slika 2.82 prikazuje komponente ukupne strukture sustava automatskog upravljanja kursom broda (automatskog kormilarenja).



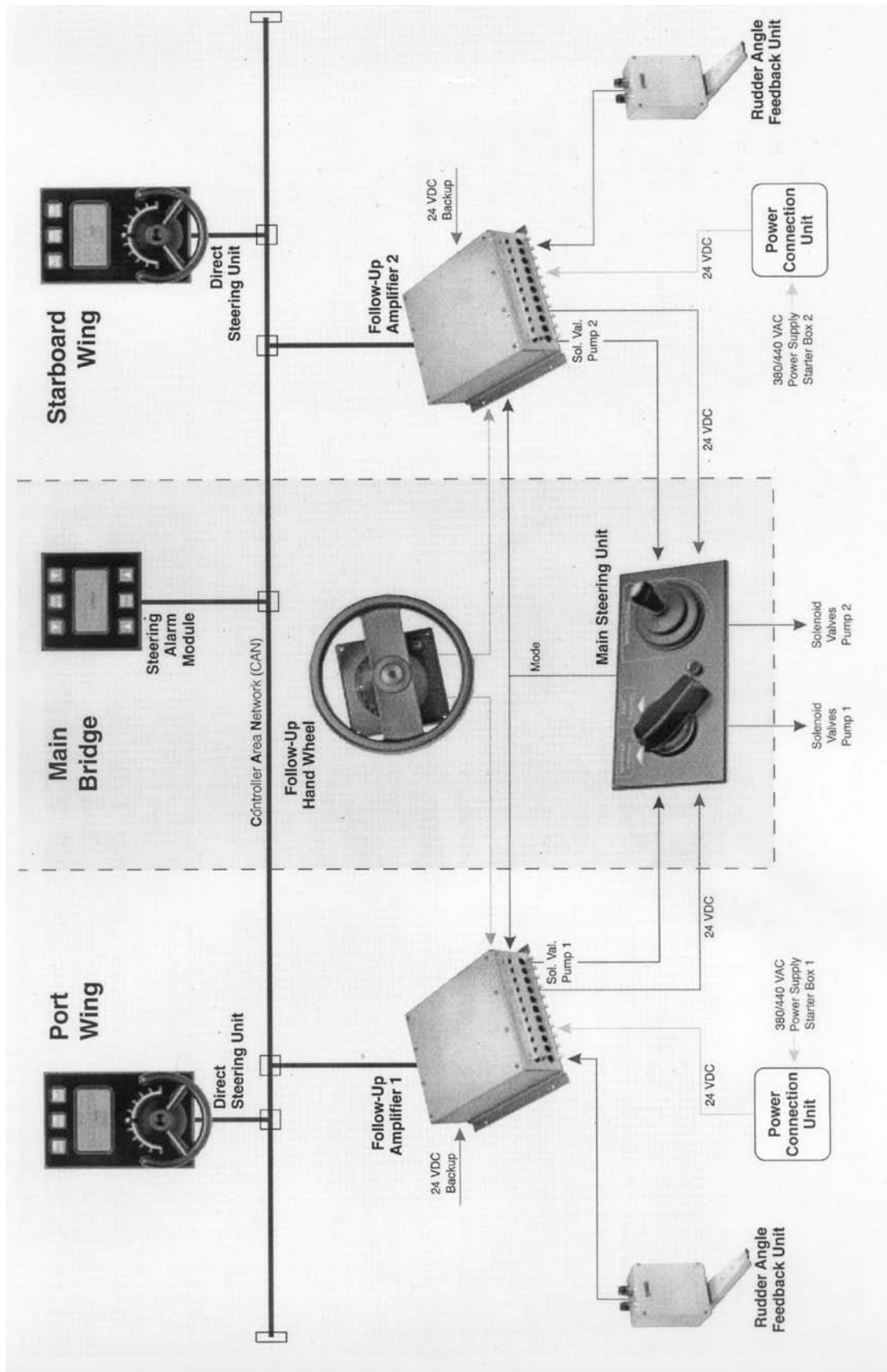
Slika 2.80a Upravljači i indikatori autopilota ADG 3000



Slika 2.80b Upravljači i indikatori autopilota ADG 3000 (nastavak)



Slika 2.81 Strukturna blok shema autopilota ADG 3000

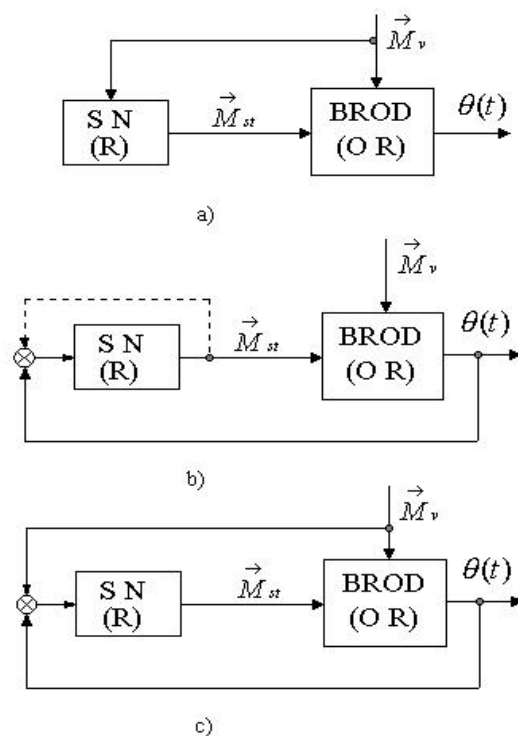


Slika 2.82 Ukupna struktura sustava automatskog kormilarenja s komponentama

2.11. SUSTAV AUTOMATSKE STABILIZACIJE LJULJANJA BRODA

Brod je u tijeku plovidbe morem izložen raznim poremećajnim silama i momentima, koji izazivaju njegovo bočno naginjanje, odnosno ljuljanje. Moment poremećaja, koji izaziva bočno ljuljanje broda, složena je funkcije sile vjetra, morskih valova, brzine broda, otklona kormila, pomaka velikih tereta, rasutih tereta i drugih. Poremećajna djelovanja slučajna su funkcija vremena i teško ih je predviđati.

Sustav automatske stabilizacije njihanja broda ima zadaću, što je moguće više, smanjiti amplitudu i brzinu ljuljanja, odnosno bočnog naginjanja broda. Ovo je posebno važno na brodovima za prijevoz putnika, ali i drugim brodovima (kao što su brodovi za rasute terete, chemical tankeri, vojni brodovi i sl.). Sa stajališta automatske regulacije, brod izložen poremećajnim djelovanjima predstavlja objekt regulacije, a stabilizator njihanja zajedno s izvršnim organom, regulator (slika 2.83). Stabilizator ljuljanja mora stvarati stabilizirajući moment \vec{M}_{st} koji je suprotan momentu poremećaja zbog valova \vec{M}_v . Stupanj kompenzacije poremećaja uvelike određuje stupanj umirenja ljuljanja broda, odnosno tzv. učinkovitost umirenja.



Slika 2.83 Princip stabilizacije ljuljanja broda

gdje je: brod (objekt regulacije - OR), SN - sustav stabilizatora ljuljanja (sustav automatskog upravljanja i izvršni organ), θ - kut bočnog ljuljanja (parametar kojeg se regulira).

Sustav brod - stabilizator u realnim uvjetima je veoma kompleksan pa je i njegov matematički model sustav nelinearnih diferencijalnih jednadžbi. Za potrebe sagledavanja principa stabilizacije bočnog ljuljanja broda, ovdje polazimo od pretpostavke da postoji linearna ovisnost između zadanog signala upravljanja i generiranog stabilizirajućeg momenta.

Slika 2.83 ilustrira temeljne koncepcije stabilizacije ljuljanja broda:

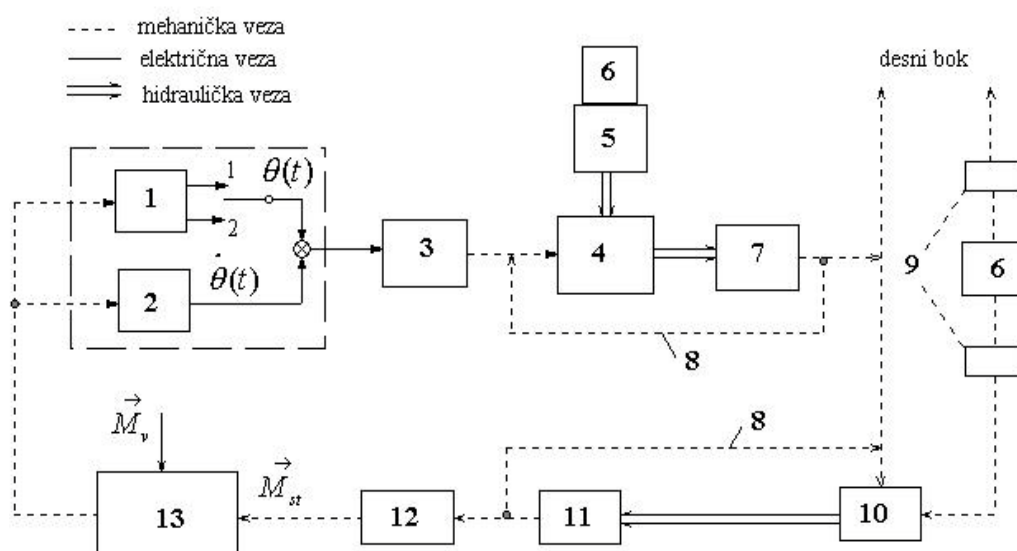
- temeljem poremećajne veličine (pitanje je mogućnosti mjerenja svih relevantnih poremećajnih sila) u otvorenom krugu upravljanja (slika 2.83a),

- temeljem stvarnog signala odstupanja regulirane veličine, tj. kuta bočnog nagiba (slika 2.83b) i njegove vremenske derivacije (brzine ljuľanja) što je u praksi najčešći slučaj i učinkovit način. Ovdje se radi o zatvorenom sustavu s negativnom povratnom vezom.
- kombinirani način (slika 2.83c).

Praktičnu realizaciju stabilizacije ljuľanja, odnosno bočnog nagnjanja, broda ovdje ćemo pokazati na primjeru konkretnog sustava stabilizacije "DENNY BROWN".

SUSTAV STABILIZACIJE LJULJANJA "DENNY BROWN"

Kao primjer sustava stabilizacije ljuľanja broda ovdje se daje sustav s bočnim perajicama kao krajnjim regulacijskim elementima poznate firme Denny Brown (Engleska). Blok shema i osnovna struktura sustava stabilizacije prikazana je slikom 3.84.



Slika 2.84 Blok shema i osnovna struktura sustava stabilizacije ljuľanja

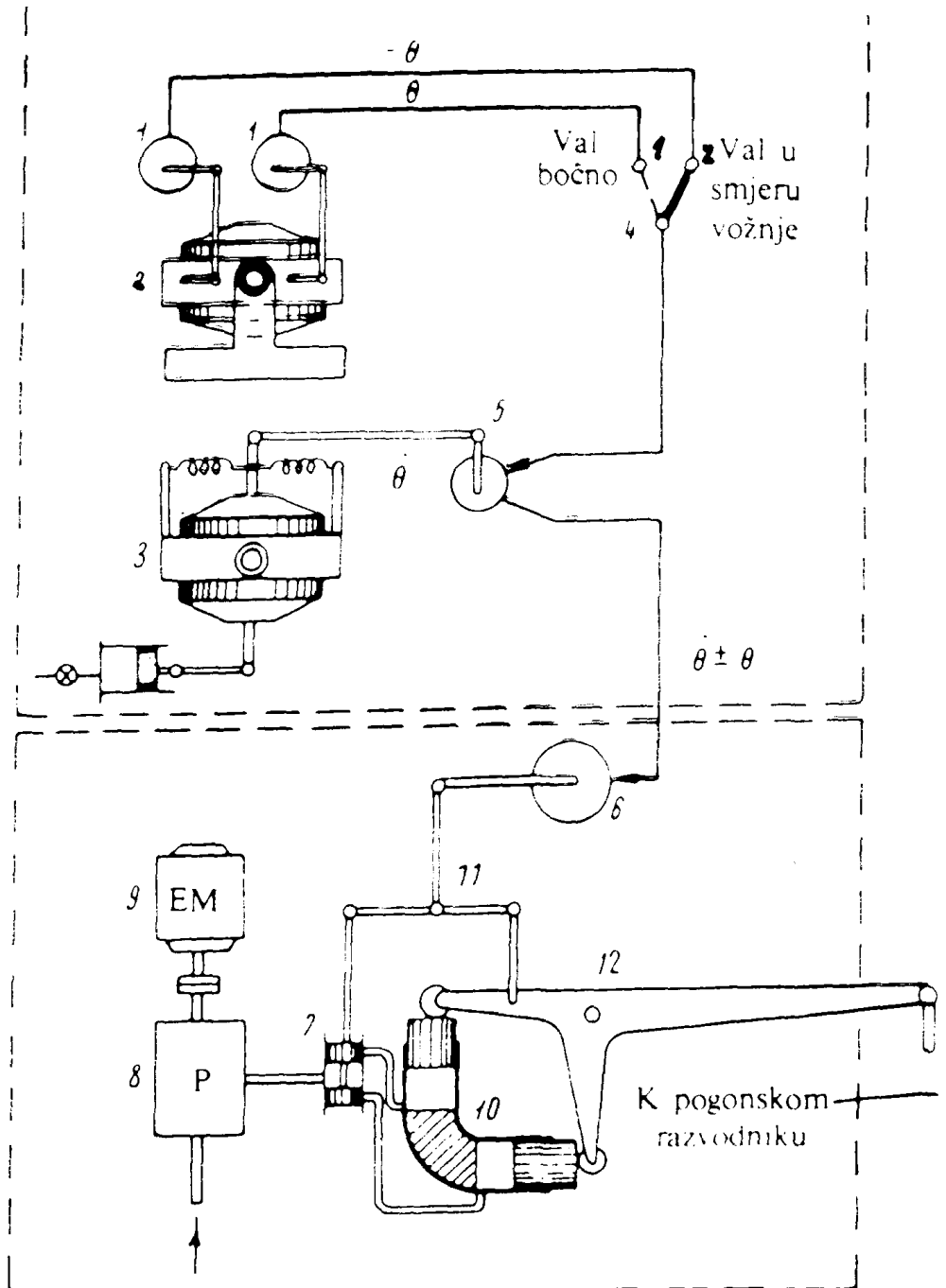
Značenje oznaka:

1 - davač kuta nagiba, 2 - davač derivacije kuta nagiba (kutne brzine nagiba), 3 - hidrauličko pojačalo (prvi stupanj pojačanja), 4 - hidraulički servorazvodnik, 5 - servo pumpa, 6 - elektromotor za pogon servopumpe, 7 - upravljački servomotor, 8 - mehanička povratna veza, 9 - zamašnjaci za lijevi i desni bok, 10 - pumpa regulirane dobave lijevog boka, 11 - energetski servomotor, 12 - perajica lijevog boka, 13 - brod, 14 - veze ka pumpi regulirane dobave desnog boka.

Osnovni sustav stabilizatora sadrži žiroskopski mjerni i upravljački uređaj, hidrauličko pojačalo kao prethodnu kaskadu pojačanja i dvokaskadne energetske prateće hidrauličke pogone za desni i lijevi bok broda. Sustav se karakterizira pratećim hidrauličkim pogonima velike snage za zakretanje bočnih perajica, koje čine autonomne zatvorene kaskade s mehaničkim povratnim vezama za osiguranje stabilnosti. Prvu kaskadu pojačanja čini hidrauličko pojačalo, a drugu energetska izvršna kaskada koju čini pumpa regulirane dobave i hidraulički izvršni cilindar snage za svaki bok.

Žiroskopski upravljački uređaj stabilizatora

Principijelna shema žiroskopskog upravljačkog uređaja prikazana je slikom 2.85.



Slika 2.85 Principijelna shema žiroskopskog upravljačkog uređaja stabilizatora

Žiroskopski uređaj (gornji dio na slici) sadrži žiro-vertikal 2 (tipa žiroskopskog klatna) u svojstvu davača kuta bočnog ljuljanja $\theta(t)$ i žiro-tahometar 3 za mjerenje kutne brzine ljuljanja $\dot{\theta}(t)$. Mehanički signali sa žiroskopskih davača se pretvaraju u električne signale pomoću sinkro davača (selsina) 1 i 5, čiji su rotori mehanički spojeni s mjernim osima žiroskopa. Na žiroskopskom klatnu ugrađena su dva davača kuta nagiba, čiji se signali razlikuju po veličini i suprotnog su smjera ($K_1\theta(t)$ i $-K_2\theta(t)$). Signal proporcionalan kutu nagiba $\theta(t)$ s jednog od davača 1 (ovisno o položaju preklopke 4), sumira se na diferencijalnom selsin davaču 5 sa signalom žiro-tahometra, koji je proporcionalan brzini

promjene kuta nagiba $\dot{\theta}(t)$. Koeficijenti razmjernosti određeni su preko regulacijskih prijenosnih poluga. Ostala oprema ovog uređaja (donji dio na slici) služi za formiranje signala upravljanja za stabilizator ljuljanja. Sumarni signal iz diferencijalnog selsin davača se prenosi na selsin primač 6, čiji rotor se zakreće za kut jednak zbroju kutova zakreta rotora selsina davača 1 i 5. Zakret rotora ovog selsina prenosi se preko diferencijalne poluge 11 na klip hidrauličkog servorazvodnika 7, koji upravlja radom dvoklipnog hidrauličkog cilindra (hidraulički servomotor) 10, koji dalje stvara upravljajući signal ka pogonskom servorazvodniku pratećeg hidrauličkog pogona i izvršnih regulacijskih organa stabilizatora (vidi sl. 2.78). Hidraulička pumpa 8 pogonjena elektromotorom 9 služi kao dopunski izvor energije za ovaj stupanj hidrauličkog pojačanja.

Kruta negativna povratna veza klipa 10 preko diferencijalne poluge 11 na razvodnik 7 osigurava "prateći" režim kretanja izlazne poluge 12 servomotora 10, tj. linearnu ovisnost između pomaka razvodnika i servomotora. Ta linearna ovisnost ograničena je konačnom veličinom hoda klipova servomotora, koji odgovara maksimalnom kutu zakreta perajica. Ovim je osiguran trapezoidni zakon upravljanja zakretom perajica. Klip razvodnika ima veću rezervu hoda i njegov najveći pomak proporcionalan je punom signalu upravljanja. Pretjerano veliki signali upravljanja mogu se dobiti u teškim uvjetima valova mora i u početnom periodu rada stabilizatora, kada su amplitude ljuljanja najveće.

Ovaj stabilizator ljuljanja je predviđen za dva režima rada. Izbor režima rada obavlja se pomoću preklopke 4 smještene na komandnom mostu.

Režim "val s boka"

Ovaj režim rada sustava stabilizatora dobije se postavljanjem preklopke 4 u položaj 1.

Signal upravljanja u ovom režimu ima oblik $I_1 \dot{\theta}(t) - I_0 \theta(t)$, pri čemu je $I_0 \approx 0,1I_1$, što znači da temeljni utjecaj na ukupni signal upravljanja ima brzina ljuljanja (vremenska derivacija kuta ljuljanja). Signal kuta ljuljanja u protufazi koristi se za unošenje "pretjecanja" u osnovni signal $I_1 \dot{\theta}$, radi kompenzacije zakašnjenja djelovanja pratećeg pogona sustava stabilizatora. Ovo je učinkovito samo za slučaj regularnih valova (sinusoidalno ljuljanje).

Režim "usputni val" (val u krmu)

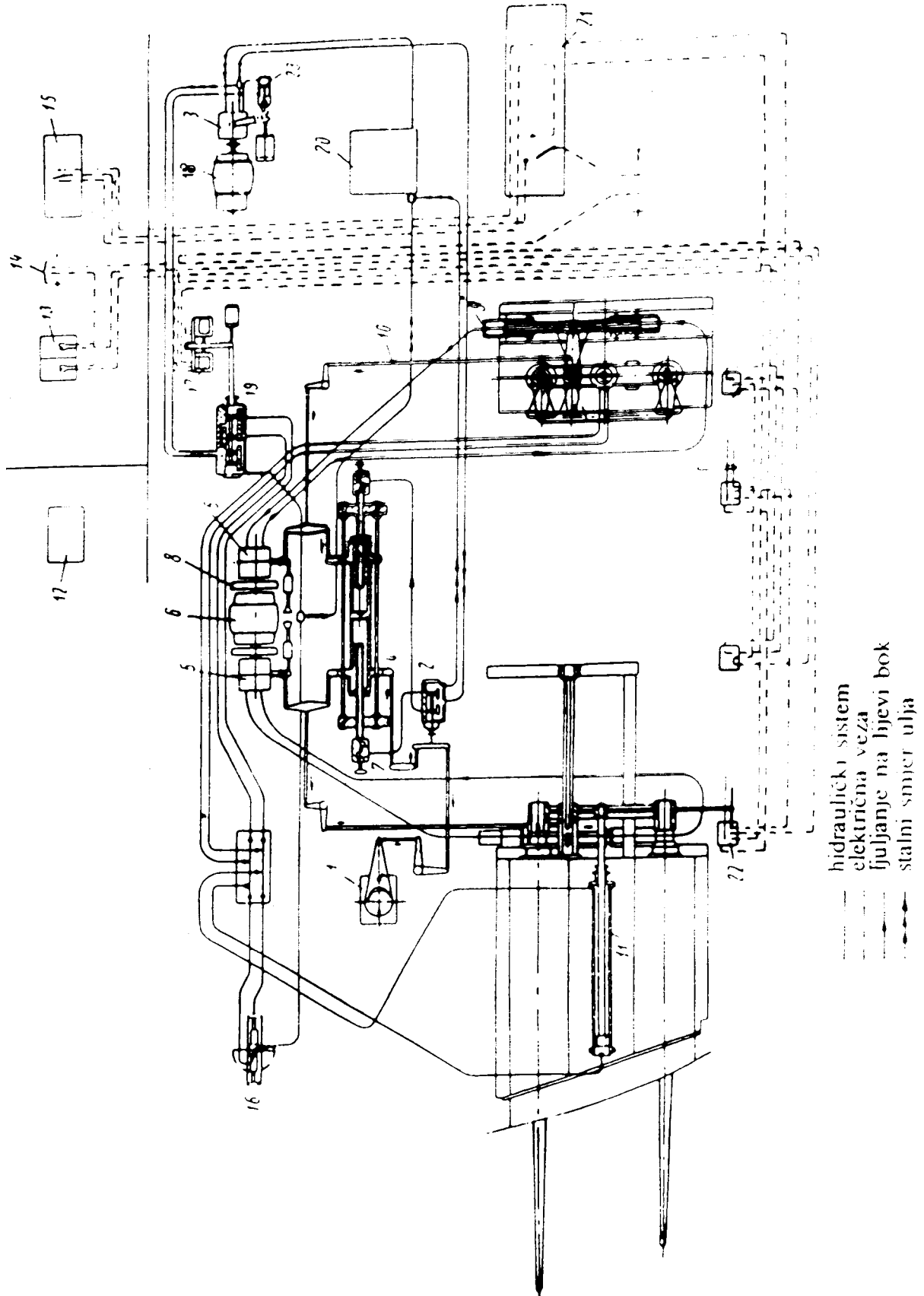
Ovaj režim rada sustava stabilizatora dobije se postavljanjem preklopke 4 u položaj 2.

Signal upravljanja u ovom režimu ima oblik $I_1 \dot{\theta}(t) + I_0 \theta(t)$, pri čemu je $I_0 \approx 0,6I_1$. Ovdje se uzima veći doprinos komponente signala ovisne o kutu ljuljanja nego u prvom slučaju i njegov predznak je sukladan s osnovnim signalom $I_1 \dot{\theta}$.

Podsustav izvršnog djelovanja stabilizatora

Funkcioniranje podsustava izvršnog djelovanja stabilizatora, odnosno pratećeg potisnog hidrauličkog pogona za zakretanje perajica, ukratko opisujemo prema slici 2.86.

Upravljački podsustav daje na svom izlazu mehanički signal koji se prenosi na polužje 1, koje upravlja radom servorazvodnika 2 potisnog hidrauličkog pojačala 4. Pomoću servorazvodnika 2 dovodi se ulje, od servopumpe 3, pogonjene elektromotorom 18 u potisni cilindar 4 koji upravlja radom dviju pumpi promjenljive dobave 5, pogonjenih elektromotorom 6. Pumpe 5 i elektromotor 6 čine hidraulički agregat ugrađen na temeljnoj ploči - tanku, koji ujedno služi kao slivni tank hidrauličkog sustava.



Slika 2.86 Prateći hidraulički pogon stabilizatora ljuljanja s bočnim perajicama

Mehanička povratna veza od cilindra 4 prema servorazvodniku 2 osigurava "prateći" režim pomaka klipa cilindra prema servorazvodniku. Radi smanjivanja osciliranja snage sustava i stabilnijeg rada pratećeg izvršnog pogona perajica, na osovinu pogonskog elektromotora 6 ugrađena su dva zamašnjaka kao akumulatori energije, prema svakom boku po jedan.

Pumpe regulirane dobave 5 opskrbljuju potisne izvršne hidrauličke cilindre snage 9 lijevog i desnog boka, koji onda zakreću perajice u smjeru smanjivanja kuta ljuljanja i umirenja ljuljanja broda. Mehaničke povratne veze 10 od klipa potisnih cilindara ka cilindru 4 osiguravaju "prateći" režim kretanja perajica kao regulacijskih organa u odnosu na cilindar i konačno, u odnosu na zadani, pomakom poluge 1 zakon upravljanja.

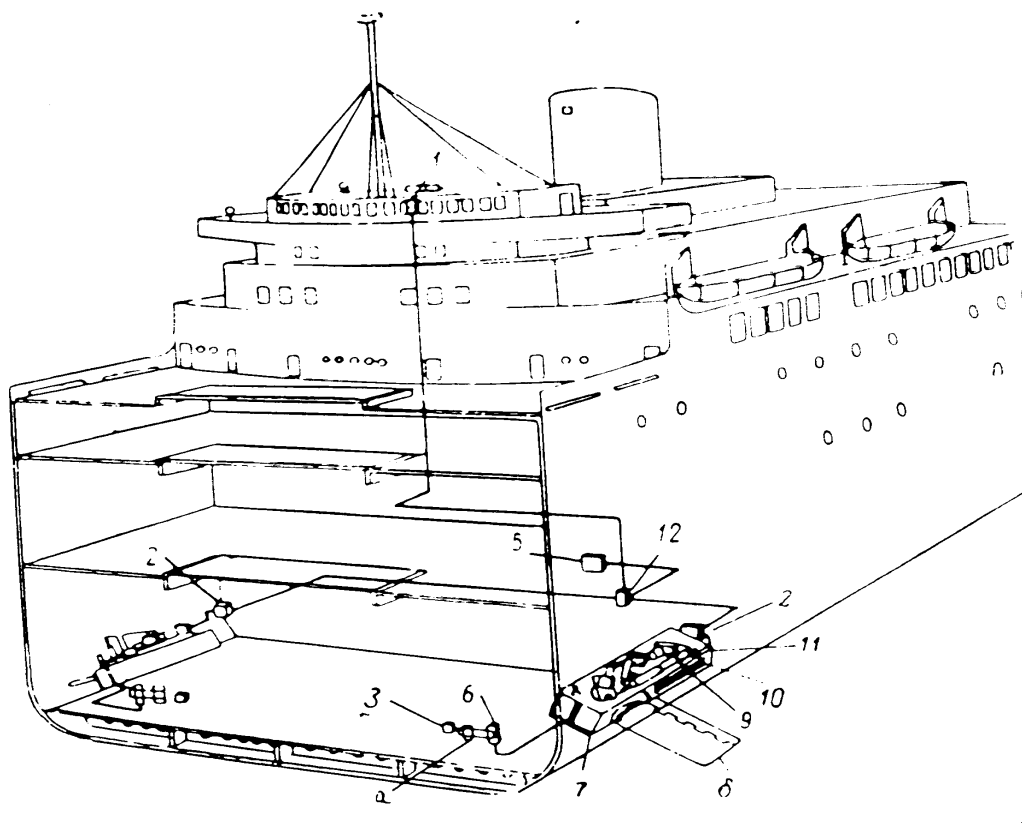
Ukupno pojačanje zakretnog momenta koje se može ostvariti ovim sustavom dostiže vrijednost reda veličine 10^8 .

Da bi sustav stabilizatora mogao upravljati zakretom perajica, odnosno generiranjem stabilizirajućeg momenta, potrebno je prije toga perajice izvući, odnosno postaviti, u početni radni položaj (neutralni). Ovaj sustav ima predviđen hidraulički pogon s cilindrom 11 za izvlačenje i uvlačenje bočnih perajica. Ulje se u cilindar 11 dovodi pomoću servopumpe 3. U procesu izvlačenja i uvlačenja perajica, tlak servopumpe 3 povećava se pomoću posebnog prekretnog servorazvodnika 19 i dvostepenog regulatora tlaka 23. Servorazvodnik 19 upravljan je elektromagnetom 17, koji se uključuje s komandnog mosta gdje je smješten pult upravljanja 12 ili s lokalnog pulta upravljanja 21 smještenog u prostoru stabilizatora.

U slučaju neispravnosti osnovnog hidrauličkog sustava predviđena je ručna pumpa za nuždu 16 kojom se perajice dovode u nulti, neutralni položaj i obavlja njihovo uvlačenje u komoru. Krajnji položaji perajica (izvučene ili uvučene) imaju za posljedicu spajanje kontakata graničnih sklopki 22, čime se prekida strujni krug napajanja elektromagneta 17 i uključuju signalne lampe 13 na pultu poazujući, time režim rada stabilizatora (uključen ili isključen).

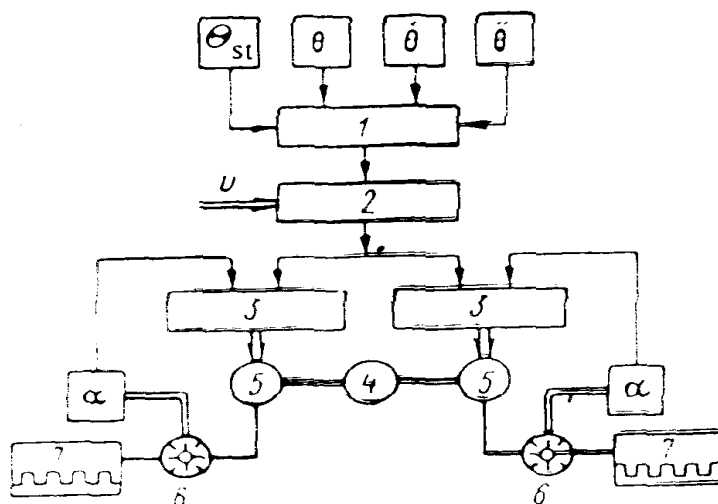
Pult upravljanja stabilizatorom 15 služi za prijem signala iz prostora stabilizatora i predaju komandnih signala, te neposredno upravljanje sklopkama. U odvojenoj kutiji pored pulta smještena je sklopka za izbor režima rada stabilizatora ("val bočno" ili "usputni val").

Slika 3.87 ilustrira smještaj sustava stabilizatora s bočnim perajicama na brodu (moguću varijantu).



Slika 2.87 Izgled izvučene bočne perajice stabilizatora

Blok shema na slici 2.88 prikazuje strukturu sustava stabilizacije ljujanja proširenu i poboljšanu u smislu upravljanja odnosno kvalitete stabilizacije (sustav firme Denny-Brown AEG). Ovdje se, pored signala kuta ljujanja $\theta(t)$ i brzine ljujanja $\dot{\theta}(t)$ u dosad opisanom sustavu, za formiranje ukupnog signala upravljanja koriste dodatni signali i to: signal ubrzanja ljujanja $\ddot{\theta}(t)$ i signal statičkog nagiba broda θ_{st} , što bitno doprinosi kvaliteti stabilizacije bočnog nagnjanja broda smanjivanjem amplitude i brzine nagnjanja.



Slika 2.88 Opća poboljšana struktura stabilizatora ljujanja