

1. NABROJI PREDNOSTI PRIMJENE ELEKTRIČNIH UREĐAJA NA BRODU

- trenutna spremnost za pogon
- jednostavnost prijenosa energije
- jednostavna pretvorba u mehaničku, svjetlosnu, kemijsku i toplinsku energiju
- stabilne pogonske karakteristike
- pouzdanost
- jednostavnost rukovanja i održavanja
- visoki stupanj korisnosti
- dug životni vijek
- neznatan utjecaj na okoliš

2. NABROJI NEDOSTATKE PRIMJENE ELEKTRIČNIH UREĐAJA NA BRODU

- opasnost od strujnog udara
- opasnost od izazivanja požara i eksplozije
- osjetljivost na vlagu

3. NABROJI I OBJASNI DIJELOVE BRODSKOG ELEKTROENERGETSKOG POSTROJENJA

- **Proizvodnja** (izvori) električne energije (El. centrala, generator za nuždu, akumulatorske baterije)
- **Rasklop** (Glavna rasklopna ploča, rasklopna ploča za nuždu, ploča rasvjete, MCC)
- **Raspodjela i prijenos** (kabelska mreža, razdjelnici snage i rasvjete)
- **Potrošnja** (Elektromotorni pogoni, rasvjeta, grijači)

4. MEHANIČKA OTPORNOST ELEKTRIČNIH UREĐAJA

- Rad pod nagibom:
 - uzdužno do 5% (kratkotrajno do 10%)
 - bočno do 15% (kratkotrajno do 22,5%)
- Vibracije
- Otpornost na udarce
- Mehaničke zaštita od predmeta prašine i vode (IP)
 - IP 20 za rasvjetu u stambenim suhim prostorima
 - IP 68 za uronjene pumpe

5. STUPANJ MEHANIČKE ZAŠTITE ELEKTRIČNIH UREĐAJA IP -Mehanička zaštita:

Pokazuje otpornost električnog uređaja na vodu i krute predmete. Prvi broj pokazuje mehaničku zaštitu a drugi zaštitu od vode

Mehanička zaštita:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 0 | bez zaštite |
| 1 | > 50 mm (šaka) |
| 2 | > 8 mm (prst) |
| 3 | > 2,5 mm (alati) |
| 4 | > 1 mm (žica) |
| 5 | zaštita od štetnog taloženja prašine |
| 6 | potpuna mehanička zaštita |

6. STUPANJ MEHANIČKE ZAŠTITE ELEKTRIČNIH UREĐAJA IP - Zaštita od vode:

- | | |
|---|--|
| 0 | bez zaštite |
| 1 | od vertikalnog kapanja |
| 2 | od vertikalnog kapanja kod nagiba do 15° |
| 3 | od prskanja do 60° od vertikale |
| 4 | od štrcanja iz svih smjerova |
| 5 | od štrcanja u mlazu iz svih smjerova |
| 6 | od zapljuskivanja mora i jakih mlazova |
| 7 | od uranjanja do 1m dubine do 30 minuta |
| 8 | moć trajni rad pod vodom |

7. KAKO NASTAJE STATIČKI ELEKTRICITET

Nastaje trenjem različitih materijala pri čemu jedan gubi a drugi preuzima elektrone. Npr:

- strujanjem zraka (vjetar)
- strujanjem tekućine u cijevima (prekrcaj tereta)
- influencijom (el. nabijeni oblak privlači suprotne naboje na brodski gromobran)

8. KAKO SE MANIFESTIRA I GDJE SE JAVLJA STATIČKI ELEKTRICITET

Manifestira se kao napon pojedinih dijelova brodske opreme prema masi broda (do cca 4000V)

Javlja se na:

- ljudima i njihovoj odjeći
- svim el. izoliranim dijelovima brodske opreme (cijevi za pretakanje, metalni dijelovi položeni na nevodljivu podlogu...)
- isturenim dijelovima broda kada je u blizini nabijeni oblak.

9. KOJE SU MJERE ZA SPRJEČAVANJE NASTANKA STATIČKOG ELEKTRICITETA

- uzemljenje svih vodljivih dijelova
- vlažan zrak (iznad 60%)
- cipele s poluvodljivim đonom
- vodljivi podovi
- metalni opleti na cijevima
- gromobran

10. OPASNOSTI OD STATIČKOG ELEKTRICITETA

Direktna opasnost za ljude je zbog mogućeg udara groma direktno opasan samo atmosferski statički elektricitet. Brodovi imaju gromobransku instalaciju koja štiti cijelu palubu i teret.

Statički elektricitet koji se nakuplja na ljudima i dijelovima opreme nije direktno opasan za ljude jer nema dovoljno energije. Ipak izuzetno je opasan u zonama opasnosti od eksplozije jer može uzrokovati iskru a time i zapaljenje eksplozivne smjese.

11. PRINCIP RADA GROMOBRANA

Gromobran izbija okolnu atmosferu i time sprječava pojavu groma. Ako do groma ipak dođe sposoban je njegovu energiju sigurno provesti do uzemljivača.

12. ŠTIĆENA ZONA GROMOBRANA

Štićena zona je oblika stošca s hvataljkom na vrhu dok je plašt pod kutem od 45° od vertikale.

13. OD KOJIH DIJELOVA SE SASTOJI GROMOBRANSKA INSTALACIJA

Sastoji se od:

- hvataljke groma
- odvodnog voda
- uzemljenja

14. PRAVILA ZA IZVEDBU HVATALJKE GROMA

Hvataljka groma;

- zašiljena metalna šipka
- minimalno promjera 12mm
- zaštićena od korozije
- postavlja se na svaki jarbol
- nadvisuje jarbol za najmanje 30 cm

15. PRAVILA ZA IZVEDBU ODVODNOG VODA GROMOBRANA

Odvodni vod:

- presjek minimalno 70 mm² (Cu) 100 mm² (Fe)
- zaštićen od korozije (posebno spojevi)
- spojevi varen ili vijcima
- dodirna površina min 10 mm²

16. PRAVILA ZA POLAGANJE ODVODNOG VODA GROMOBRANA

Polaže se:

- izvana pristupačno
- sa što manje promjena smjera (lukova)
- što veći polumjer zakrivljenosti

Ne smije se polagati:

- u zatvorenim prostorima
- zonama opasnosti od eksplozije

17. UZEMLJENJE GROMOBRANA

- na metalnom brodu dio trupa koji je pod vodom
- na nevodljivoj oplati metalna ploča

U doku i na navozu gromobranska instalacija se obavezno mora spojiti s kopnenim uzemljenjem ili uzemljenjem plovnog doka.

18. DJELOVANJE EL. STRUJE NA ČOVJEKA

Biološko (grčenje mišića, treperenje i paraliza srca, paraliza disanja, nesvjestica, smrt)

Toplinsko (vanjske i unutarnje opekotine zagrijavanje krvnih žila)

Elektrolitsko (rastvaranje krvi i drugih tjelesnih tekućina)

Mehaničko (lomljenje kostiju, iščašenje zglobova, kidanje mišića i tetiva)

19. O ČEMU OVISI STUPANJ OPASNOSTI OD UDARA STRUJE

Stupanj opasnosti od strujnog udara ovisi o:

- putu prolaska struje kroz čovjeka (srce)
- frekvenciji struje (40-60Hz najopasnije)
- jakosti struje
 - 0,6-3mA donji prag osjeta
 - 10-15mA grčenje mišića
 - 20-25mA problemi s disanjem
 - 50mA donja granica smrtne opasnosti
 - 100mA gotovo sigurna smrt
- trajanju strujnog udara (ako je kraće od 0,1s nema posljedica niti kod 100mA)

20. ŠTO JE TO ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST

Elektromagnetska kompatibilnost je svojstvo električnih uređaja da su otporni na elektromagnetske smetnje i da iste ne stvaraju

21. ŠTO JE TO ELEKTROMAGNETSKA INTERFERENCIJA

EMI – Elektromagnetska interferencija je svaka elektromagnetska smetnja koja može poremetiti rad električnih (elektroničkih) uređaja

22. IZVORI ELEKTROMAGNETSKIH SMETNJI

- iskrenje (istosmjerni elektomotori, sklopke...)
- atmosferska pražnjenja
- nagle promjene napona i struje (uključivanje i isključivanje uređaja)
- Energetska elektronika (harmonici, propadi...)

23. KAKO SE ŠIRE ELEKTROMAGNETSKE SMETNJE

- vodičima (mrežom)
- zračenjem

24. MJERE ZAŠTITE OD ELEKTROMAGNETSKE INTERFERENCIJE

- udaljšavanje
- oklapanje
- prigušivanje
- filtriranje

25. KOJE SVE PROPISE MORA ZADOVOLJITI BRODSKA EL. OPREMA

- SOLAS konvencija s amandmanima (IMO)
- IEC, IEEE
- Pravila klasifikacijskih zavoda (HRB, LR, BV, RI, ABS, GL, NV...)

26. ŠTO SVE KONTROLIRAJU KLASIFIKACIJSKA DRUŠTVA?

- projektnu dokumentaciju
- gradnju broda
- ispitivanje i puštanje u pogon
- eksploataciju

Sva brodska oprema mora imati ATEST odgovarajućeg registra.

27. SPECIFIČNOSTI PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE NA BRODU

- Otočni rad
- Visoka pouzdanost i raspoloživost
- Žilavost
- Jednostavnost rukovanja i održavanja

28. OBJASNI POJAM „OTOČNI RAD“

Otočni rad znači da je riječ o izoliranom elektroenergetskom sustavu koji nije povezan s drugim sustavima. Takav sustav mora biti autonoman što znači da mora podmiriti sve potrebe potrošnje koja se na brodu jako mijenja u različitim fazama eksploatacije.

29. ZAŠTO BRODSKI ELEKTROENERGETSKI SUSTAVI MORAJU IMATI VISOK STUPANJ POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI?

jer ček i kratkotrajni raspad sustava može ozbiljno ugroziti sigurnost broda, tereta i posade ako se dogodi u nezgodnom trenutku npr: u manevru, u uskim prolazima i kanalima, kod teških meteoroloških uvjeta, ili prilikom izbjegavanja sudara.

30. ŠTO ZNAČI POJAM ŽILAVOSTI ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA?

Znači da je sustav otporan na kvarove i oštećenja, odnosno da u slučaju havarije na dijelu elektro-energetskog sustava mora postojati mogućnost uspostave vitalnih funkcija broda trenutno ili u što kraćem vremenu.

31. KOJE SU PREDNOSTI DIZELGENERATORA

- trenutna spremnost za rad
- kvalitetna regulacija brzine
- visok stupanj korisnosti (do 40%)

32. KOJI SU NEDOSTACI DIZELGENERATORA

- vibracije
- neravnomjerni moment (generatori s prigusnim kavezom)
- komplicirano i često održavanje

33. PREDNOSTI I NEDOSTACI PARNIH TURBINA ZA POGON TURBOGENERATORA

- slaba korisnost 23-27%
- 3000-10000 min-1 (potreban reduktor)
- sporo stavljanje u pogon (predgrijavanje)
- malo održavanja

34. PREDNOSTI I NEDOSTACI PLINSKIH TURBINA ZA POGON TURBOGENERATORA

- velika specifična snaga
- relativno brzo se stavlja u pogon
- slaba korisnost 27-29%
- veliki broj okretaja (potreban reduktor)

II KOLOKVIJ

35. ŠTO JE TO KOMPAUNDACIJA?

Kompaundacija je tehničko rješenje kojim se pomoću posebnog strujnog transformatora kojemu kroz primar teče armaturna a kroz sekundar uzbudna struja (prije ispravljanja) generatora postiže da se s povećanjem opterećenja (armaturne struje) gotovo istovremeno povećava i uzbudna struja generatora.

36. ZAŠTO SE NA BRODU KORISTE KOMPAUNDNI GENERATORI?

Jer su brodski generatori su relativno slabi (dnos snage generator-najveća trošila je relativno mali) pa dolazi do naglih padova napona kod uključanja takvih trošila.

Regulator napona ne reagira dovoljno brzo da bi mogao zamijeniti kompaundni transformator.

Kompaundacija smanjuje propade napona istovremenim povećanjem uzbude što regulator napona ne može tako brzo napraviti.

U slučaju kvara automatskog regulatora napona kompaundacija osigurava dovoljno stabilan napon.

37. KOJA JE ULOGA KOMPAUNDACIJE U SELEKTIVNOJ ZAŠTITI OD KRATKOG SPOJA?

Kada dođe do kratkog spoja kompaundacija sprječava nagli propad napona i tako osigurava **dovoljno veliku trajnu struju kratkog spoja kako bi se dalo vremena zaštititi od kratkog spoja da proradi selektivno.**

38. VRSTE KOMPAUNDACIJE I KOJA JE RAZLIKA?

Sa sumacijom izmjeničnih struja odnosno magnetskih tokova ($\cos \phi$ potrošnje utječe na djelovanje kompaundacije)

Sa sumacijom ispravljenih struja odnosno tokova. ($\cos \phi$ potrošnje ne utječe na djelovanje kompaundacije)

39. ZAŠTO SE NA BRODSKIM ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVIMA PRAKTICIRA PARALELNI RAD GENERATORA

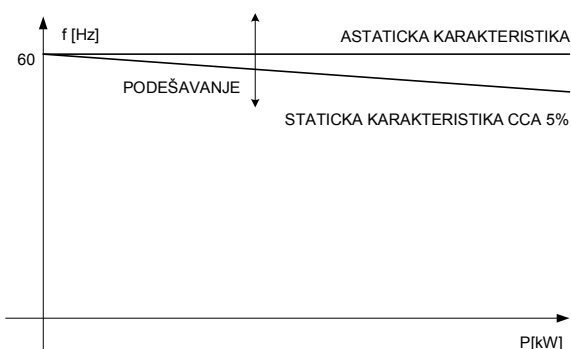
Zbog prilagodavanja proizvodnje el. energije trenutnim potrebama u različitim fazama eksploatacije broda. Nije naime dobro da pogonski strojevi (dizelmotori) rade sa smanjenim opterećenjem jer im je onda stupanj korisnosti dosta manji. Paralelnim radom se postiže rad pogonskih strojeva u području većih opterećenja i time bolje iskorištenje goriva.

40. KOJI SU PROBLEMI PARALELNOG RADA GENERATORA

Problemi paralelnog rada:

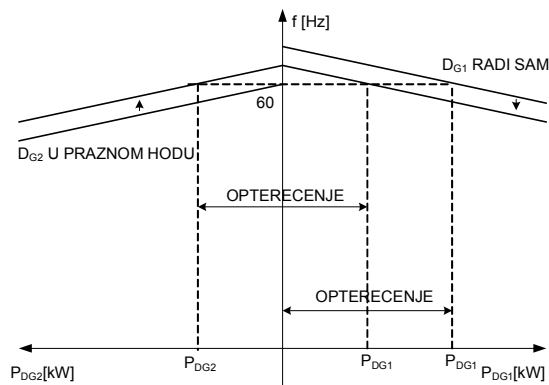
- sinkronizacija
- raspodjela djelatne snage [kW]
- raspodjela jalove snage [kVAr]
- zaštita od povratne snage

41. KARAKTERISTIKE REGULACIJE FREKVENCije



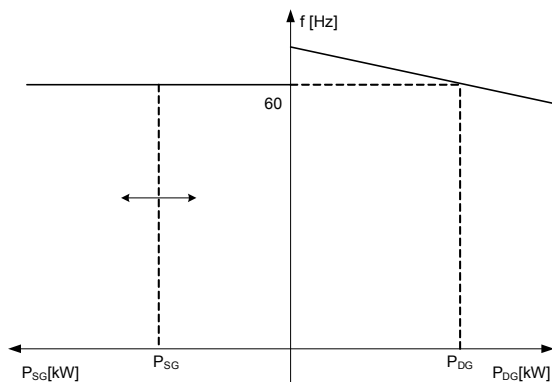
Regulator broja okretaja ima mogućnost podešavanja nagiba karakteristike opterećenja. Karakteristika kod koje nema propada frekvencije s povećanjem opterećenja naziva se astatička, dok se kosa karakteristika naziva statičkom. Kada je u radu automatska regulacija frekvencije onda nadređena automatika translata karakteristike gore dolje i tako održava konstantnu frekvenciju kod različitih opterećenja. Osovinski generator u kombinaciji sa brodskim vijkom s prekretnim krilima ima astatičku karakteristiku jer je snaga glavnog porivnog stroja koji ga pogoni mnogo veća od snage generatora tako da porivni stroj ne osjeća tako male promjene opterećenja.

42. RASPODJELA DJELATNE SNAGE [kW] IZMEĐU DVA DIZELGENERATORA



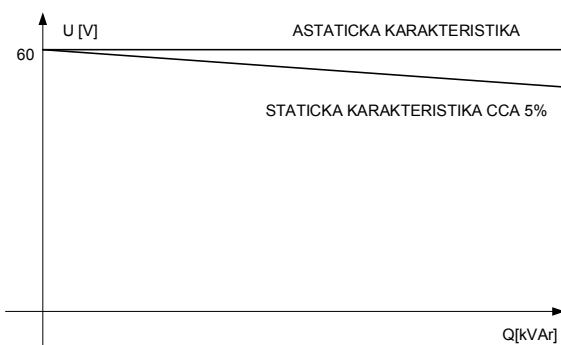
Nakon sinkronizacije novo-priklučeni generator radi bez opterećenja. Raspodjela djelatne snage vrši se tako da mu se preko regulatora broja okretaja pogonskog stroja (dizel motor, turbina) poveća dovod goriva uz adekvatno smanjenje istog na preostalim generatorima u paralelnom radu kako bi se zadržala konstantna frekvencija. Najčešće se prakticira jednako opterećenje svih generatora u paralelnom radu (EQUAL LOAD). Kod uključnja ili isključenja nekog (većeg) trošila dolazi do brze raspodjele opterećenja koja ovisi o nagibu karakteristika opterećenja pogonskih strojeva $f(P)$.

43. RASPODJELA DJELATNE SNAGE [kW] IZMEĐU DIZELGENERATORA I OSOVINSKOG GENERATORA



Osovinski generator u kombinaciji sa brodskim vijkom s prekretnim krilima ima astatičku karakteristiku jer je snaga glavnog porivnog stroja koji ga pogoni mnogo veća od snage generatora tako da porivni stroj ne osjeća tako male promjene opterećenja. Raspodjela opterećenja vrši se promjenom dovoda goriva dizelgeneratora preko njegovog regulatora broja okretaja. Regugacija frekvencije se vrši preko regulatora broja okretaja glavnog porivnog stroja. Paralelni rad se prakticira samo tijekom zamjene generatora (sa osovinskog na dizel i obratno)

44. KARAKTERISTIKE REGULACIJE NAPONA I RASPODJELA JALOVE SNAGE [kVAr]

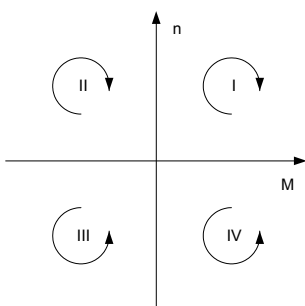


Generatori pored djelatne snage moraju osigurati i nesmetanu razmjenu jalove snage. Raspodjela jalove snage između generatora u radu i regulacija napona mreže vrši se promjenom uzbuđne struje generatora preko automatskog regulatora napona (ARN). Povećanjem uzbuđne struje generator preuzima više jalove snage. Slično kao i regulator broja okretaja i ARN može imati statičku i/ili astatičku karakteristiku $U(Q)$. U paralelnom radu je obavezna statička karakteristika, dok se u otočnom radu ponekad prakticira prelazak na astatičku karakteristiku zbog veće stabilnosti napona.

45. PODJELA ELEKTROMOTORNIH POGONA PREMA REGULACIJI BRZINE

- jednobrzinski
- višebnzinski
- regulirani

46. PODJELA ELEKTROMOTORNIH POGONA REŽIMU RADA

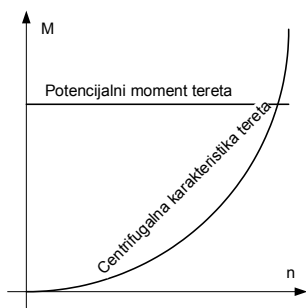


Kod elektromotornih pogona razlikujemo četiri režima rada koji se još nazivaju i kvadrantima (u karakteristici momenta $n(M)$):

- I. motorski rad u desno
- II. generatorski rad u desno
- III. motorski rad u lijevo
- IV. generatorski rad u lijevo

Jednokvadrantni pogoni rade samo u motorskom režimu u jednom smjeru vrtnje (I kvadrant). Četverokvadrantni pogoni rade u oba smjera u motorskom i generatorskom režimu (svi kvadranti). Dvokvadrantni pogoni mogu biti za motorski rad i kočenje u istom smjeru vrtnje (I+II) ili motorski rad u oba smjera vrtnje (I+III).

47. PODJELA ELEKTROMOTORNIH POGONA PREMA MOMENTNOJ KARAKTERISTICI TERETA



- potencijalni moment tereta $M(n)=\text{konst.}$ (teretno vitlo)
- centrifugalni moment tereta $M(n)\sim n^2$ (centrifugalne pumpe, ventilatori, propeleri)

48. DEFINICIJA TRAJNOG POGONA

Trajni pogon (S1) znači da je motor stalno uključen tako da postigne radnu temperaturu a nakon zaustavljanja se potpuno ohladi prije ponovnog uključivanja

49. DEFINICIJA KRATKOTRAJNOG POGONA

Kratkotrajni pogon (S2) znači da je motor uključen je xx min. rada i zatim stoji dok se ne potpuno ne ohladi prije ponovnog uključivanja

50. DEFINICIJA INTERMITIRANOG POGONA I FAKTOR INTERMITENCIJE

Intermitirani pogon (S3) motor radi t_p zaustavi se i miruje t_m , a zatim se ponovno uključuje prije nego što se potpuno ohladio. Faktor intermitencije $\epsilon=t_p/(t_p+t_m)$ pokazuje koliki postotak vremena je motor uključen.

50. VRSTE INTERMITIRANOG POGONA

Intermitirani pogon (S3, S4) - obuhvaća samo zalet, motorski rad i stajanje motora.

Intermitirani pogon s utjecajem zaleta i kočenja (S5) - obuhvaća zalet motorski rad kočenje i stajanje.

Trajni pogon s intermitiranim opterećenjem (S6) - motor je trajno uključen ali mu se opterećenje mijenja

Trajni pogon sa zaletima i kočenjima (S7)

Trajni pogon s ciklusima različitih brzina vrtnje i sa zaletima i kočenjima (S8)

51. VRSTE ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA BRODA PREMA NAČINU UZEMLJENJA ZVJEZDIŠTA GENERATORA I PRIPADAJUĆE STUJE ZEMNOG SPOJA

Direktno uzemljeni sustav (ima zvjezdište generatora direktno spojeno na trup broda) struja kratkog spoja deseci kA

Sustav uzemljen preko malog otpora (mali otpor između zvjezdišta i trupa) 200 - 400A

Sustav uzemljen preko velikog otpora (veliki otpor između zvjezdišta i trupa) < 20A

Neuzemljeni električni sustav (ili izolirani sustav - sustav nema spoja s trupom) < 20A

52. KOJI JE NAPON IZMEĐU POJEDINIH FAZA I TRUPA BRODA KOD NEUZEMLJENOG ELEKTRIČNOG SUSTAVA I ZAŠTO?

Zvjezdište generatora nije spojeno na masu pa je cijeli sustav izoliran od trupa broda. Trup broda se ipak zbog parazitskih kapaciteta (kapacitet kabela i namota električnih uređaja prema masi) i simetričnosti sustava u normalnim uvjetima nalazi na potencijalu zvjezdišta generatora. Zbog toga između faza i trupa vlada fazni napon baš kao da je sustav uzemljen.

53. KOJI JE NAPON IZMEĐU POJEDINIH FAZA I TRUPA BRODA KOD NEUZEMLJENOG ELEKTRIČNOG SUSTAVA KADA DOĐE DO SPOJA S MASOM?

Kada dođe do spoja s masom, faza koja je probila dolazi na potencijal trupa pa preostale dvije imaju linijski napon prema trupom.

54. NA KOJIM BRODOVIMA JE OBVEZATNA UPOTREBA NEUZEMLJENOG SUSTAVA I ZAŠTO?

Na tankerima jer je struja zemnog spoja mnogo manja nego u drugim slučajevima pa je manja i opasnost od eksplozije.

55. KAKO SE DETEKTIRA ZEMNI SPOJ KOD NEUZEMLJENOG SUSTAVA?

Pomoću posebnog uređaja koji automatski mjeri otpor izolacije i aktivira alarm. Signalizacija ide preko zemnospojnih lampi (lampa na fazi koja je u spoju se ugasi), a zatim preko MΩ metra ugrađenog u ploču.

56. KOLIKO SMIJE TRAJATI ZEMNI SPOJ KOD NEUZEMLJENOG SUSTAVA.

Sustav koji je u spoju sa masom može u cijelosti **nastaviti sa radom** sve dok ne dođe do drugog spoja sa nekom drugom masom što tada predstavlja dvopolni kratki spoj. **Trajanje spoja s masom** ipak treba biti što kraće jer je izolacija sistema (kabeli i uređaji) preopterećena $\sqrt{3}$ puta odnosno 73% jer je sada izložena linijskom a ne više faznom naponu. Kod niskog napona izolacija i tako mora biti jača zbog mogućnosti mehaničkog oštećenja. Predviđeno je da takvo stanje može trajati do **200 sati godišnje**.

57. ZAŠTO KOD SUSTAVA UZEMLJENOG PREKO OTPORA SAMO JEDAN OD GENERATORA U RADU SMIJE IMATI UKLJUČEN OTPORNIK?

Jer bi dva otpornika dvostruko povećala struju zemnog spoja a ona mora biti ograničena.

58. KOJI JE CILJ UZEMLJENJA SUSTAVA PREKO MALOG OTPORA?

Generatori na brodovima sa visokim naponom najčešće imaju zvjezdište uzemljeno preko velikog otpora. Cilj je osigurati dovoljno veliku struju zemnog spoja da aktivira zaštite koje selektivno isključuju dio sustava u kvaru. Tako se izbjegava predimenzioniranje izolacije svih uređaja na $\sqrt{3}$ puta veći napon od nazivnog koje bi se moralo napraviti u slučaju neuzemljenog sustava, a to na visokonaponskim sustavima nije ni lako ni jeftino.

59. KAKO SE DIMENZIONIRA OTPOR KOD UZEMLJENJA PREKO VELIKOG OTPORA I ZAŠTO?

Otpor između zvjezdišta generatora i mase broda dimenzionira se tako da struja zemnog spoja bude nešto manja od 20A. Kod manje struje potrebne su osjetljivije i stoga skuplje zaštite od zemnog spoja.

60. KOJA JE PREDNOSTI A KOJI NEDOSTAK PRIMJENE UZEMLJENJA PREKO MALOG OTPORA?

Prednost uzemljenja preko malog otpora je da su zaštite mnogo jednostavnije i jeftinije, ali je nedostatak što se zbog veće struje (200-400A) povećava rizik od požara i oštećenja. U pravilu se ne primjenjuje na brodovima.

61. PREDNOSTI I NEDOSTACI DIREKTNO UZEMLJENIH SUSTAVA.

- Korištenjem direktno uzemljenog zvjezdišta nestaje potreba za posebnim zaštitama za zemni spoj jer svaki zemni spoj predstavlja jednopolni kratki spoj tako da ga isključuje zaštita od kratkog spoja.
- Velika struja (deseci kA) predstavlja veliku opasnost pa Registar zabranjuje direktno uzemljenje na tankerima i rijetko se koristi na brodovima.
- Problem sa uzemljenim sustavima je i taj što se stanje kratkog spoja ne može uvijek trenutno prekinuti zbog izvedbe selektivnosti zaštite od kratkog spoja.

62. ŠTO JE TO SELEKTIVNOST ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA?

To je izvedba sustava zaštite od kratkog spoja na način da u svakoj situaciji kod pojave kratkog spoja zaštite isključe samo dio sustava koji je u kratkom spoju. Tako se povećava raspoloživost sustava, jer najveći mogući dio sustava ostaje u radu, ali se istovremeno i olakšava pronalaženje mjesta kratkog spoja.

63. SELEKTIVNOST ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA PO STRUJI.

- Koristi se u mreži rasvjete i na manjim razdjelnicima snage
- Prije izbacuje osigurač (prekidač) s manjom nazivnom strujom
- To je vrlo brza zaštita bez vremenskog kašnjenja.

64. SELEKTIVNOST ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA PO VREMENU

- krajnji prekidači (osigurači) izbacuju trenutno
- na svakom sljedećem nivou se dodaje kašnjenje pri isključivanju prekidača od po 0,2s.
- zadnji isključuje generatorski prekidač koji ima i najveće podešeno kašnjenje.
- nedostatak je da bliski kratki spoj koji se ovako jako produljuje ugrožava stabilnost sustava zbog pada frekvencije i napona.

65. KOMBINIRANA SELEKTIVNOST ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA

Dio sustava se štiti sa strujnom a dio s vremenskom selektivnosti.

66. ZONSKA SELEKTIVNOST ZAŠTITE OD KRATKOG SPOJA

- Najsuvremenije i najskuplje rješenje koje koristi numeričke zaštitne releje s mogućnošću međusobne komunikacije
- Sabirnica se štiti tako da prekidač u napojnom (nadređeni) vodu isključuje samo ako niti jedan od odvodnih prekidača ne dojavljuje kratki spoj
- Zaštita djeluje gotovo trenutno i tako čuva stabilnost sustava
- U slučaju prekida komunikacije prelazi se na vremensku i/ili strujnu selektivnost.

III KOLOKVIJ

67. ŠTO JE BILANCA SNAGE I ZAŠTO JE VAŽNA

Bilanca snage je temeljni proračun za određivanje snage i broja generatora u brodskoj električnoj centrali. Pogreške u izradi bilance snage mogu dovesti do pogrešnog odabira broja i snage generatora i tako stvoriti velike probleme u eksploataciji najčešće zbog potrebe radu većeg broja generatora od predviđenog s relativno malim opterećenjem.

68. ŠTO SE IZRAČUNAVA BILANCOM SNAGE

Bilansom snage izračunava se približna trenutna potrošnja električne energije tijekom tehnoloških procesa eksploatacije broda:

- navigacija
- manevar
- pretovar
- na vezu

69. KOJA SNAGA UREĐAJA SE UZIMA U IZRAČUNU BILANCE SNAGE

Za bilancu snage je značajna **električna snaga** P_e koju uređaj uzima iz mreže a ne njegova nazivna snaga P_n koja je manja za stupanj korisnosti η .

70. OBJASNI FAKTOR ISTOVREMENOSTI

Faktor istovremenosti pomnožen s ukupnom snagom određene grupe uređaja daje stvarnu trenutnu snagu potrošnje. On uzima u obzir koliko uređaja iz te grupe radi istovremeno. Npr. glavni motor ima dvije pumpe ulja ali one nikada ne rade istovremeno pa je ukupna instalirana snaga $2P_e$ ali uz faktor istovremenosti 0,5 stvarna je potrošnja P_e i to samo dok motor radi (navigacija i manevar).

71. KADA TREBA POSEBNU PAŽNJU POSVETITI JALOVOJ SNAZI I ZAŠTO?

Na brodovima sa snažnim pretvaračima frekvencije posebice kod rada s malim opterećenjem, kada uzimaju mnogo više jalove snage nego djelatne. Generatori moraju biti snažniji ili rađeni za niži $\cos\phi$. Bilo je slučajeva da je samo zbog jalove snage trebalo uključiti još jedan generator. Tada dizelmotori rade s premalim opterećenjem i troše više goriva.

72. KAKO SE ODREĐUJE MINIMALNI BROJ I SNAGU GENERATORA?

Broj i snaga generatora moraju prema Registru biti dovoljni da u slučaju kvara na jednom preostali budu dovoljni za funkcioniranje svih brodskih sustava.

U pravilu se odabiru generatori jednakih snaga tako da u navigaciji jedan generator može pokrivati cjelokupnu potrošnju uz rezervu snage dovoljnu za upućivanje velikih trošila.

Drugi je kriterij da pogonski strojevi priključenih generatora u svim tehnološkim procesima eksploatacije rade u blizini optimalnog opterećenja odnosno minimuma krivulje potrošnje goriva što znači da predimenzioniranje nije poželjno. Treba ipak voditi računa i o smanjivanju snage dizel motora tijekom eksploatacije zbog čega prije remonta više ne može dati nazivnu snagu.

73. KOJI SU RAZLOZI ZA KORIŠTENJE VISOKOG NAPONA NA BRODOVIMA

Uobičajeni napon na brodu je 440V/60Hz. Razlozi za uvođenje visokog napona (3, 6 i 11kV) mogu biti:

- Prevelika struja kratkog spoja kod niskog napona (struja kratkog spoja se smanjuje obrnuto proporcionalno naponu, a veća struja kratkog spoja zahtijeva korištenje skupljih prekidača)
- Smanjenje mase i volumena električne opreme
- Jednostavnije provlačenje i priključivanje kabela (tanji kabeli i manje priključne kutije)
- Povećanje stupnja korisnosti (gubici u bakru smanjuju se obrnuto proporcionalno kvadratu napona)

74. ŠTO SE SMIJE RADITI NA VISOKONAPONSKIM UREĐAJIMA DOK NISU UZEMLJENI?

Osim mjerenja sa ispitivačem napona nikakvi drugi radovi pa ni mjerenja nisu dozvoljeni dok sistem nije uzemljen. Radnik niti u kojem slučaju ne smije dodirnuti fazne vodiče niti se približiti istima dok sistem nije uzemljen bez obzira što je isključen sa napajanja.

75. ŠTO TREBA NAPRAVITI PRIJE UZEMLJAVANJA UREĐAJA I KAKO?

Prije uzemljavanja treba obavezno provjeriti da nema napona na tom dijelu sistema/uređaja. Provjera se obavlja isključivo posebnim visokonaponskim ispitivačem napona (dugačka drška). Prije svake upotrebe ispitivač treba testirati. Prvo se spoji stezaljka na masu a zatim se sa štapom dodirne stezaljka koja se provjerava.

76. KOLIKO ČLANOVA POSADE TREBA BITI PRISUTNO ZA PRISTUPANJE VISOKONAPONSKOM DIJELU POSTROJENJA I ŠTO RADE?

Kod prilaznja HV opremi uvijek moraju biti dvojica, nikad samo jedan član posade. Smisao je da jedan ništa ne dira već samo pažljivo kontrolira rad drugoga. Svi moraju biti obučeni na tečaju za visoki napon.

77. OBJASNI ZAŠTITU KORIŠTENJEM DVOSTRUKIH BRAVA NA PREKIDAČIMA

Na nekim dijelovima HV sistema koriste se dvostruke brave sa samo jednim ključem, kao mehanička zaštita od ljudske pogreške. Jedan prekidač se ne može uključiti dok se drugi ne isključi izvuče ključ i otključa prekidač koji se želi uključiti i obratno.

78. KAKO SE UZEMLJUJE DIO VISOKONAPONSKOG SUSTAVA KOJI NIJE OPREMLJEN RAZTAVLJAČEM ZA UZEMLJENJE?

Tamo gdje nije predviđeno uzemljavanje sa rastavljačem (manje važni krugovi) koristi se prijenosni kabel za uzemljenje sa 4 kraja od kojih se najprije jedan spaja na masu a zatim ostala tri na svaku fazu koja se uzemljuje. Nakon završetka posla redosljed je obrnut.

79. OPIŠI POSTUPAK MJERENJA OTPORA IZOLACIJE NA VISOKONAPONSKOM UREĐAJU!

1. isključiti dio koji se ispituje
2. uzemljiti ga,
3. priključiti instrument,
4. isključiti uzemljenje
5. izvršiti mjerenje,
6. uzemljiti
7. odspojiti instrument
8. isključiti uzemljenje
9. uključiti napajanje

80. KOLIKO SE DUGO ISPITUJE IZOLACIJA I KOJIM INSTRUMENTOM?

Za 6,6kV sistem se koristi se 5kV Mohm metar, a za 3,3kV 2kV Mohm metar. Ispitivanje traje 1minutu. Minimalna vrijednost otpora izolacije je U_n+1kV (Mohm). Za 6,6kV to znači $6,6+1=7,6$ Mohm. Kod zdrave izolacije ova vrijednost je obično i do 100 puta veća.

81. ŠTO JE PI (POLARISATION INDEX) I KAKO SE MJERI?

PI (polarisation index) je detaljniji test izolacije koji se radi u sumnjivim situacijama i eventualno jednom godišnje. PI je odnos izmjerenog otpora izolacije nakon 10minuta testiranja sa onim nakon prve minute testiranja. Za klasu F izolacije preporučena vrijednost PI je 2. PI test se izvodi sa posebnim uređajem koji ima motorni pogon induktora ili elektronički pretvarač napajan iz 220V. Običan MΩ metar ne može 10 minuta davati 5000V.

82. ŠTO JE TO EPTW (ELECTRICAL PERMIT TO WORK) I KOJI SU MU DIJELOVI?

EPTW obrazac dozvole za rad na električnom sustavu (posebice visokonaponskom) Proučen je, planiran i odobren od ovlaštenog časnika a treba ga obaviti odgovorna osoba. Obično EPTW ima barem 5 dijelova:

1. Utvrđuje se posao koji treba obaviti. Potpisuje odgovorna osoba.
2. Risk Assessment (procjena opasnosti) utvrđuje na kojim mjestima treba izolirati i uzemljiti sistem i gdje treba postaviti pločice danger/caution. Potpisuje ga Chief Electrotechnical Officer (CETO) ili Chief Engineer
3. Osoba odgovorna za postavljeni zadatak potpisuje da izjavljuje da je zadovoljna sa mjerama opreza i da je HV krug bio izoliran i uzemljen.
4. Izvještaj o obavljenom poslu ili odustajanju od istog potpisuje osoba odgovorna za postavljeni zadatak
5. Poništenje EPTW sa potpisom odgovorne osobe koja ga je i izdala. I bez poništenja EPTW obično važi samo 24 sata.

83. KAKO SE DANAS KONTROLIRAJU KONTAKTI U VISOKONAPONSKIM ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVIMA?

Danas se za brzu i vrlo preciznu dijagnostiku loših kontakata koriste IC kamere kojima se sa sigurne udaljenosti snima cijela zona u radu. Kompjuterski programi pronalaze pregrijana mjesta i izvještavaju o temperaturi na njima.

84. KAKO SE IC KAMEROM SNIMAJU KONTAKTI UNUTAR VISOKONAPONSKIH UREĐAJA?

Ako se želi kontrolirati unutar VN uređaja treba prvo isključiti uređaj i zatim brzo snimiti s kamerom prije nego što se spojevi potpuno ohlade. Ne smije se prilaziti HV sistemu dok je uključen. Na važna mjesta mogu se staviti prozorčići koji omogućuju sigurno snimanje u radu. U normalnom radu prozorčići su prekriveni čeličnim poklopcem.

85. ŠTO JE TO ELEKTRIČNA PROPULZIJA?

Pod električnom propulzijom se uobičajeno podrazumijeva elektromotorni pogon brodskog vijka. Preciznije se dijeli na:

- potpuno električnu propulziju (podmornice, turističke eko-brodice)
- propulziju s električnim prijenosom: dizel-električna ili turbo-električna (plinske i parne turbine)

86. ŠTO ZNAČI POJAM „POTPUNO INTEGRIRANI SUSTAV ELEKTRIČNE PROPULZIJE“

Koncepciju **potpuno integriranog elektroenergetskog sustava** (IFEP - Integrated Full Electric Propulsion) karakterizira jedna električna centrala s konstantnom frekvencijom i naponom mreže koja napaja sve električne uređaje na brodu uključujući i električnu propulziju.

87. KOJE SU DVIJE IZVEDBE ELEKTRIČNE PROPULZIJE U OKVIRU „POTPUNO INTEGRIRANOG SUSTAVA ELEKTRIČNE PROPULZIJE“?

- **izvedba s brodskim vijkom s fiksnim krilima (FPP)** uz regulaciju broja okretaja propulzijskih elektromotora pomoću statičkih pretvarača frekvencije, dok je
- **izvedba s brodskim vijkom s prekretnim krilima CPP** uz konstantan broj okretaja propulzijskog elektromotora uglavnom se napušta.

88. NABROJI PREDNOSTI ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

- povećanje i povoljniji raspored korisnog brodskog prostora
- mnogo bolje manevarske sposobnosti
- manja potrošnja goriva
- velika snaga centrale za napajanje ostalih tehnoloških sustava
- visoka raspoloživost poriva
- prijenos vrlo velike snage na brodski vijak
- manja emisija štetnih plinova
- manja buka i vibracije
- jednostavna redukcija broja okretaja i reverziranje poriva

89. OBJASNI SMANJENJE POTROŠNJE GORIVA PRIMJENOM ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

Iako ima ukupno 8-12% gubitaka energije u konverziji i prijenosu u odnosu na 2-4% kod direktne mehaničke propulzije električna propulzija štedi gorivo jer omogućuje:

- rad pogonskih strojeva s konstantnim okretajima u području oko optimalnog opterećenja kod svih brzina broda (postizaje se uključivanjem odgovarajućeg broja agregata)
- veći hidro-dimanički stupanj korisnosti (povoljniji položaj vijka, povoljniji nagib vijka, veći promjer vijka, primjena podtrupnih porivnika - POD, AZIPOD)

90. OBJASNI POVEĆANJE KORISNOG BRODSKOG PROSTORA PRIMJENOM ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

- smanjenjem strojnice korištenjem brzih dizel-motora i plinskih turbina za pogon generatora umjesto sporohodnih motora za direktnu dizel-mehaničku propulziju
- povoljnijim smještajem pogonskih strojeva unutar jedne ili više proizvoljno raspoređenih manjih strojnica zahvaljujući potpunoj slobodi koju daje električni prijenos snage.

91. OBJASNI POVEĆANJE MANEVARSKIH SVOJSTAVA BRODA PRIMJENOM ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

- momentne karakteristike s konstantnim maksimalnim momentom
- manje zamašne mase izložene promjeni brzine kod dinamičkih promjena
- rad pogonskih strojeva s konstantnim brojem okretaja
- jednostavno povezivanje u sustav dinamičkog pozicioniranja
- jednostavna instalacija snažnih pramčanih i krmnih bočnih porivnika
- jednostavnija izvedba dinamičkog pozicioniranja

92. OBJASNI POVEĆANJE MANEVARSKIH SVOJSTAVA BRODA PRIMJENOM ZAKRETNIH PODTRUPNIH PORIVNIKA!

- sposobnost zakretanja ravnine vijka
- manje zamašne mase
- veliki krmeni bočni poriv krmenih bočnih porivnika
- znatno manji radijus okretanja pri punoj brzini (40% manji)
- kraći zaustavni put broda (45% kraći)

93. KOJE SU EKOLOŠKE PREDNOSTI ELEKTRIČNE PROPULZIJE?

- smanjenje potrošnje goriva
- smanjenje emisije štetnih plinova
- smanjenje buke i vibracija
- povećanje sigurnosti broda
- izbjegavanje sidrenja
- produljenje eksploacijskog vijeka broda.

94. OBJASNI SMANJENJE BUKE I VIBRACIJA PRIMJENOM ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

- korištenje manjih srednjohodnih ili brzohodnih dizel-motora i plinskih turbina
- povoljniji smještaj dizel-motora
- eliminaciju reduktora
- smanjenje torzijskih vibracija na brodskom vijku zbog mirnog rada propulzijskog elektromotora.

Dotatno smanjenje buke i vibracija primjenom podtrupnih porivnika:

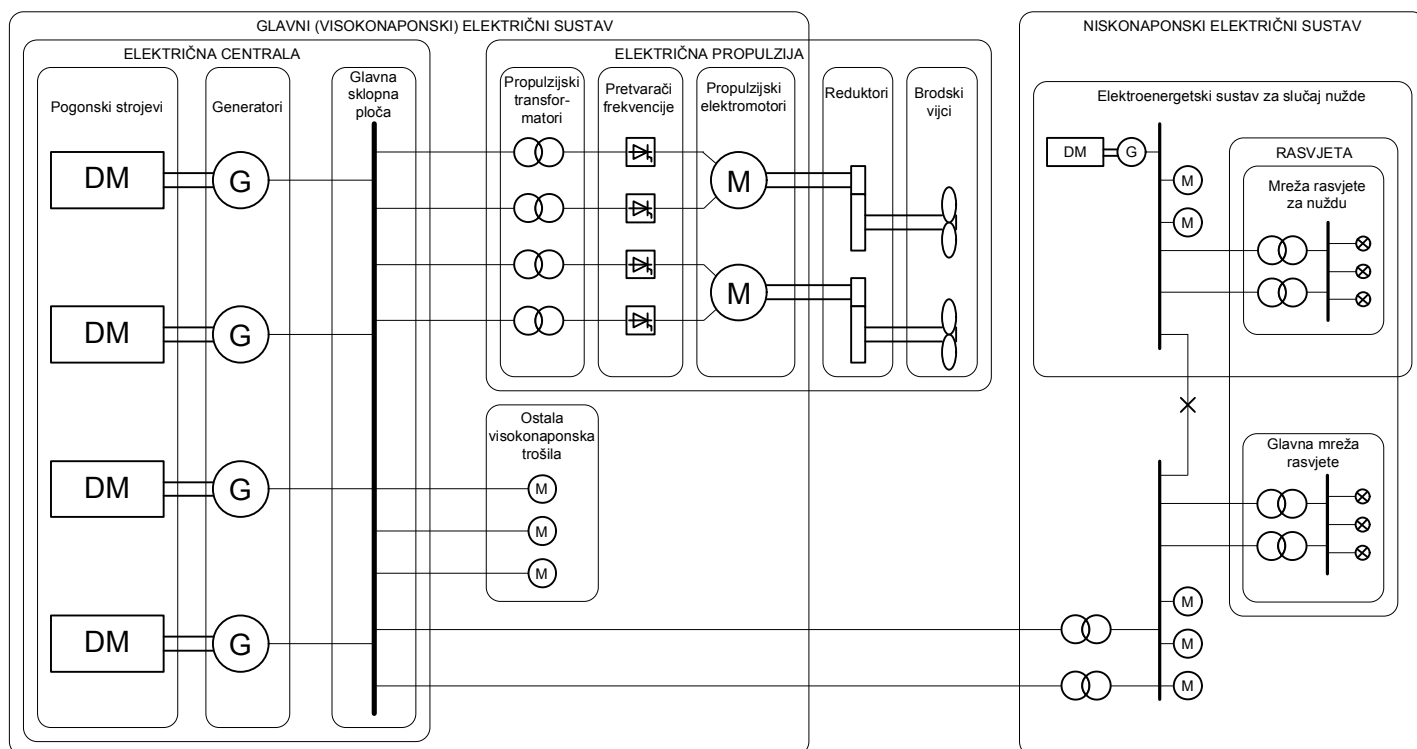
- eliminacija dugačkih osovinskih vodova
- povećanje razmaka između oboda vijka i trupa.

95. OBJASNI POVEĆANJE SIGURNOSTI PRIMJENOM ELEKTRIČNE PROPULZIJE!

Električna propulzija povećava sigurnost broda kroz:

- **visok stupanj raspoloživosti pogona broda** jer otkazivanje jedne pa i više komponenti u sustavu ne ostavlja brod bez pogona već samo smanjuje snagu propulzije
- **bolja manevarska svojstva**
- **manju opasnost od požara širih razmjera zbog više odvojenih strojnica**

96. SKICIRAJ TIPIČNI VISOKONAPONSKI BRODSKI ELEKTROENERGETSKI SUSTAV S POTPUNO INTEGRIRANIM SUSTAVOM PROPULZIJE I PRETVARAČIMA FREKVENCije



LITERATURA:

1. B. Skalicki, J. Grilec, **Brodski električni uređaji**, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2000.
2. B. Skalicki, J. Grilec, **Električni strojevi i pogoni**, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2005.
3. I. Vlahinić, **Električni sistemi plovnih objekata**, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2007.
4. **Hrvatski registar brodova, Pravila za Tehnički nadzor pomorskih brodova Dio 12. – Električna oprema.**