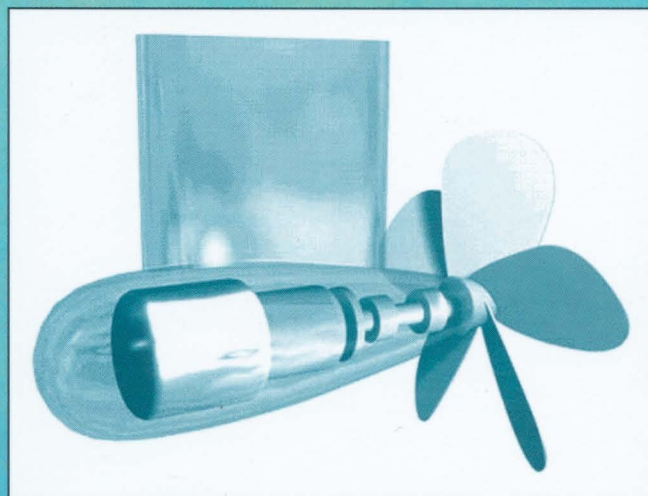


ITN 2003/3

INSTITUT TEHNIČKIH NAUKA
Srpske akademije nauka i umetnosti

Zoran NIKOLIĆ, Gordana POČUČA



***BRODSKE ELEKTRIČNE
MAŠINE I UREĐAJI***

Beograd, 2003.

INSTITUT TEHNIČKIH NAUKA
Srpske akademije nauka i umetnosti

Dr Zoran NIKOLIĆ dipl.inž.el,

Gordana POČUČA dipl.inž.el.

BRODSKE ELEKTRIČNE
MAŠINE I UREĐAJI



| | |
|----------------------|--|
| Autori | Dr. Zoran NIKOLIĆ, dipl.inž, viši naučni saradnik Gordana POČUČA, dipl.inž |
| Naslov | BRODSKE ELEKTRIČNE MAŠINE I UREĐAJI |
| Recenzenti | Prof. Petar MILJANIĆ, dipl.inž, redovan član SANU Prof. Branislav BILEN, dipl.inž, redovan član IAJ |
| Štampanje odobrio | Upravni odbor Instituta tehničkih nauka SANU |
| Izdavač | Institut tehničkih nauka SANU Knez Mihailova 35/IV P.O. Box 315, 11.000 Beograd Telefon: 011-636-994; Fax: 011-185-263 E.mail: brod@itn.sanu.ac.yu |
| Tehnički urednik | Predrag DAKIĆ, inž.maš. |
| ISBN broj | 86-80321-06-0 |
| CIP broj | 629.5.035:621.313/314 |
| Zahvalnost | Autori se zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnologije Srbije koje je finansijski podržalo izdavanje ove monografije |
| Štampa | Štamparija "Čigoja" Studentski trg 15, 11000 Beograd Telefon: 011- 186-725 |
| Tiraž | 300 primeraka |

SADRŽAJ:

| | | | |
|--------|---|------------|----|
| 01. | SPECIFIČNOSTI I KARAKTERISTIKE | ELEKTRIČNE | |
| | OPREME RADI PRIMENE NA PLOVNIM OBJEKATIMA | | 1 |
| 01.01. | <i>Uticaj okoline</i> | | 2 |
| 01.02. | <i>Klasifikacione ustanove</i> | | 3 |
| 01.03. | <i>Autonomnost i veličina električnog sistema</i> | | 4 |
| 01.04. | <i>Uticajni faktori</i> | | 5 |
| 01.05. | <i>Tehničke karakteristike plovnih objekata</i> | | 6 |
| 01.06. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova</i> | | 7 |
| 01.07. | <i>Literatura</i> | | 9 |
| 02. | TRANSFORMATORI | | 11 |
| 02.01. | <i>Osnovne jednačine za magnetsko kolo</i> | | 11 |
| 02.02. | <i>Princip rada transformatora</i> | | 14 |
| 02.03. | <i>Idealan transformator</i> | | 16 |
| 02.04. | <i>Efektivna vrednost sekundarnog napona transformatora</i> | | 17 |
| 02.05. | <i>Vektorski dijagrami opterećenog i neopterećenog transformatora</i> | | 18 |
| 02.06. | <i>Stepen iskorišćenja transformatora</i> | | 20 |
| 02.07. | <i>Autotransformator</i> | | 22 |
| 02.08. | <i>Merni transformatori</i> | | 22 |
| 02.09. | <i>Trofazni transformatori i sprezanje</i> | | 24 |
| 02.10. | <i>Dalji razvoj transformatora</i> | | 26 |
| 02.11. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova za transformatore</i> | | 27 |
| 02.12. | <i>Literatura</i> | | 28 |
| 03. | SINHRONE MAŠINE | | 29 |
| 03.01. | <i>Princip dobijanja naizmeničnog napona</i> | | 29 |
| 03.02. | <i>Princip rada trofaznog sinhronog brodskog generatora</i> | | 31 |
| 03.03. | <i>Naponske jednačine i dijagrami</i> | | 33 |
| 03.04. | <i>Osnovni delovi sinhronih generatora</i> | | 34 |
| 03.05. | <i>Sinhronizacija brodskih generatora</i> | | 36 |
| 03.06. | <i>Paralelan rad sinhronih brodskih generatora</i> | | 37 |
| 03.07. | <i>Automatsko upućivanje sinhronih generatora u rad</i> | | 38 |
| 03.08. | <i>Sinhroni motori</i> | | 39 |
| 03.09. | <i>Sinhroni motori sa permanentnim magnetima</i> | | 40 |

| | | |
|--------|---|----|
| 03.10. | <i>Pravila JR brodova za sinhronne generatore</i> | 41 |
| 03.11. | <i>Literatura</i> | 42 |
| 04. | ASINHRONE MAŠINE | 44 |
| 04.01. | <i>Teslino obrtno magnetsko polje</i> | 44 |
| 04.02. | <i>Princip rada trofaznog asinhronog motora</i> | 46 |
| 04.03. | <i>Gubici snage i stepen iskorišćenja asinhronog motora</i> | 48 |
| 04.04. | <i>Motor sa kratkospojenim i namotanim rotorom</i> | 50 |
| 04.05. | <i>Puštanje u rad asinhronih motora sa namotanim rotorom</i> | 50 |
| 04.06. | <i>Puštanje u rad motora sa kratkospojenim rotorom</i> | 51 |
| 04.07. | <i>Puštanje u rad jednofaznih asinhronih motora (kondenzatorski motori)</i> | 55 |
| 04.08. | <i>Regulacija brzine asinhronih motora</i> | 56 |
| 04.09. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova za asinhronne mašine</i> | 59 |
| 04.10. | <i>Literatura</i> | 60 |
| 05. | JEDNOSMERNE MAŠINE | 61 |
| 05.01. | <i>Princip rada mašina za jednosmernu struju</i> | 61 |
| 05.02. | <i>Magnetska reakcija indukta</i> | 63 |
| 05.03. | <i>Komutacija</i> | 65 |
| 05.04. | <i>Vrste pobude i označavanje krajeva jednosmernih mašina</i> | 66 |
| 05.05. | <i>Mašine jednosmerne struje sa rednom pobudom</i> | 67 |
| 05.06. | <i>Mašine jednosmerne struje sa nezavisnom pobudom</i> | 69 |
| 05.07. | <i>Mašine jednosmerne struje sa paralelnom (otočnom) pobudom</i> | 72 |
| 05.08. | <i>Mašine jednosmerne struje sa složenom pobudom</i> | 73 |
| 05.09. | <i>Dalji razvoj električnih mašina za jednosmernu struju</i> | 75 |
| 05.10. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova za jednosmerne mašine</i> | 75 |
| 05.11. | <i>Literatura</i> | 77 |
| 06. | IZBOR I ZAŠTITA MOTORA ZA BRODSKE ELEKTROMOTORNE POGONE (BEMP) | 78 |
| 06.01. | <i>Osnovni pojmovi i osobine BEMP – a</i> | 78 |
| 06.02. | <i>Zagrevanje električnih mašina</i> | 80 |
| 06.03. | <i>Vrste tipičnih opterećenja</i> | 83 |
| 06.04. | <i>Uticaj okoline na izbor motora i zaštita elektromotornog pogona</i> | 84 |
| 06.05. | <i>Zaštita od preopterećenja</i> | 85 |
| 06.06. | <i>Mehanička zaštita električnih uređaja</i> | 87 |
| 06.07. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra za elektromotorne pogone</i> | 89 |
| 06.08. | <i>Literatura</i> | 91 |
| 07. | STATIČKA I DINAMIČKA STANJA BEMP – a | 92 |
| 07.01. | <i>Uvod</i> | 92 |
| 07.02. | <i>Mehanička karakteristika radnih mehanizama</i> | 93 |
| 07.03. | <i>Mehaničke karakteristike jednosmernih mašina</i> | 93 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 07.04. | <i>Mehaničke karakteristike naizmeničnih mašina</i> | 94 |
| 07.05. | <i>Statička stabilnost</i> | 95 |
| 07.06. | <i>Određivanje snage mašine kod BEMP - a u trajnom radu</i> | 96 |
| 07.07. | <i>Dinamička stabilnost</i> | 97 |
| 07.08. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova</i> | 98 |
| 07.09. | <i>Literatura</i> | 98 |
| 08. | ENERGETSKI PRETVARAČI | 100 |
| 08.01. | <i>Podela energetske pretvarača</i> | 100 |
| 08.02. | <i>Osnovni pojmovi o komponentama energetske elektronike</i> | 100 |
| 08.03. | <i>Princip rada tiristora</i> | 101 |
| 08.04. | <i>Podešavači naizmeničnog napona</i> | 104 |
| 08.05. | <i>Srednje vrednosti napona za različite talasne oblike</i> | 109 |
| 08.06. | <i>Komutacija</i> | 110 |
| 08.07. | <i>Dalji razvoj energetske elektronike</i> | 112 |
| 08.08. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova</i> | 113 |
| 08.09. | <i>Literatura</i> | 114 |
| 09. | ISPRAVLJAČI (AC/DC pretvarači) | 115 |
| 09.01. | <i>Monofazni ispravljač sa transformatorom sa srednjom tačkom</i> | 115 |
| 09.02. | <i>Punoupravljivi monofazni mostni ispravljač</i> | 117 |
| 09.03. | <i>Poluupravljivi monofazni mostni ispravljač</i> | 119 |
| 09.04. | <i>Punoupravljivi trofazni mostni ispravljač</i> | 122 |
| 09.05. | <i>Poluupravljivi trofazni mostni ispravljač</i> | 125 |
| 09.06. | <i>Literatura</i> | 126 |
| 10. | ČOPERI (DC/DC pretvarači) | 127 |
| 10.01. | <i>Čoper spuštač napona</i> | 127 |
| 10.02. | <i>Čoper podizač napona</i> | 129 |
| 10.03. | <i>Čoper sa jednim tiristorom</i> | 131 |
| 10.04. | <i>Čoper sa dva tiristora</i> | 134 |
| 10.05. | <i>Čoper sa tri tiristora</i> | 137 |
| 10.06. | <i>Čoper za spuštanje i podizanje napona</i> | 140 |
| 10.07. | <i>Dalji razvoj čopera</i> | 142 |
| 10.08. | <i>Literatura</i> | 143 |
| 11. | INVERTORI (DC/AC pretvarači) | 144 |
| 11.01. | <i>Monofazni inverter sa transformatorom sa srednjom tačkom</i> | 145 |
| 11.02. | <i>Monofazni mostni inverter</i> | 149 |
| 11.03. | <i>Trofazni mostni inverter</i> | 152 |
| 11.04. | <i>Invertori sa tranzistorima snage</i> | 156 |
| 11.05. | <i>Literatura</i> | 158 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 12. | CIKLOKONVERTORI (AC/AC pretvarači) | 159 |
| 12.01. | <i>Monofazni ciklokonvertori sa transformatorom sa srednjom tačkom</i> | 159 |
| 12.02. | <i>Monofazni ciklokonvertori u mostnoj sprezi</i> | 161 |
| 12.03. | <i>Trofazni tropulsni ciklokonvertori</i> | 165 |
| 12.04. | <i>Trofazni šestopulsni ciklokonvertori u mostnoj sprezi</i> | 167 |
| 12.05. | <i>Ciklokonvertor sa komutacijom preko opterećenja</i> | 167 |
| 12.06. | <i>Ciklokonvertor sa forsiranom komutacijom</i> | 168 |
| 12.07. | <i>Envelopski ciklokonvertor</i> | 169 |
| 12.08. | <i>Literatura</i> | 170 |
| 13. | ELEKTRIČNA PROPULZIJA BRODA | 171 |
| 13.01. | <i>Istorijski razvoj električne propulzije brodova</i> | 171 |
| 13.02. | <i>Osnovne karakteristike električnog pogona broda</i> | 173 |
| 13.03. | <i>Prekret propelera</i> | 175 |
| 13.04. | <i>Vrste električne propulzije brodova</i> | 177 |
| 13.05. | <i>Električna propulzija plovnih objekata</i> | 179 |
| 13.06. | <i>Električni prenos snage do propelera</i> | 181 |
| 13.07. | <i>Jednosmerni sistem prenosa snage</i> | 186 |
| 13.08. | <i>Naizmenično jednosmerni sistem pogona propelera</i> | 189 |
| 13.09. | <i>Pogon propelera trofaznom naizmeničnom strujom</i> | 192 |
| 13.10. | <i>Savremeni pogoni brodova</i> | 203 |
| 13.11. | <i>Savremeni koncept pogona brodova</i> | 205 |
| 13.12. | <i>Prednosti dizel električnih pogona</i> | 207 |
| 13.13. | <i>Savremeni pogoni ratnih brodova</i> | 210 |
| 13.14. | <i>Dalji razvoj električne propulzije</i> | 212 |
| 13.15. | <i>Elektromagnetske spojnice</i> | 213 |
| 13.16. | <i>Pravila Jugoslovenskog registra brodova</i> | 216 |
| 13.17. | <i>Literatura</i> | 216 |
| 14. | ELEKTRIČNI POGONI PODMORNICA | 220 |
| 14.01. | <i>Autonomni električni pogoni podmornica</i> | 220 |
| 14.02. | <i>Dizel električni pogon sa direktnim prenosom snage</i> | 223 |
| 14.03. | <i>Dizel električni pogon sa električnim prenosom snage na propelere</i> | 224 |
| 14.04. | <i>Pogonsko postrojenje dizel električnih pogona</i> | 226 |
| 14.05. | <i>Savremeni pogoni podmornica</i> | 229 |
| 14.06. | <i>Električni prenos snage kod nuklearnih podmornica</i> | 230 |
| 14.07. | <i>Torpeda sa električnim pogonom</i> | 230 |
| 14.08. | <i>AIP – Gorivne ćelije (elektrohemijski generatori)</i> | 232 |
| 14.09. | <i>Savremene podmornice</i> | 234 |
| 14.10. | <i>Literatura</i> | 236 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 15. | RAZMAGNETISANJE I KONTROLA BRODSKOG MAGNETIZMA | 238 |
| 15.01. | <i>Magnetsko polje zemlje</i> | 238 |
| 15.02. | <i>Magnetsko polje broda</i> | 239 |
| 15.03. | <i>Merenje brodskog magnetizma</i> | 240 |
| 15.04. | <i>Razmagnetisanje broda</i> | 241 |
| 15.04. | <i>Literatura</i> | 243 |
| 16. | AKTIVNA KATODNA I AKTIVNA VEGETATIVNA ZAŠTITA | 244 |
| 16.01. | <i>Normalni električni potencijali metala</i> | 244 |
| 16.02. | <i>Prirodan proces korozije i faktori koji utiču na koroziju</i> | 245 |
| 16.03. | <i>Pasivna i aktivn katodna zaštita (AKZ)</i> | 247 |
| 16.04. | <i>Merenje zaštitnog potencijala</i> | 249 |
| 16.05. | <i>Kriterijum efikasnosti zaštite sistema aktivne katodne zaštite</i> | 249 |
| 16.06. | <i>Princip rada i osnovne karakteristike aktivne vegetativne zaštite(AVZ)</i> | 251 |
| 16.07. | <i>Moguće primene u brodogradnji</i> | 252 |
| 16.08. | <i>Propisi klasifikacionih društava</i> | 253 |
| 16.09. | <i>Literatura</i> | 254 |
| 17. | MHD PROPULZIJA | 256 |
| 17.01. | <i>Princip rada i osnovne karakteristike</i> | 256 |
| 17.02. | <i>Korisna električna snaga i stepen iskorišćenja</i> | 258 |
| 17.03. | <i>Istraživanja u oblasti MHD propulzije</i> | 259 |
| 17.04. | <i>Literatura</i> | 260 |