

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

VJEKOSLAV KOLJATIĆ

**EKSPLOATACIJSKO EKOLOŠKI ASPEKTI IZBORA POGONA
GENERATORA BRODSKE ELEKTRIČNE PROPULZIJE**

MAGISTARSKI RAD

RIJEKA, 1996

SADRŽAJ:

Sažetak

Summary

1. Uvod

1.1. Postavljanje problema	str. 1
1.2. Postavljanje cilja	" 2
1.3. Dosadašnje spoznaje	" 2
1.4. Metode istraživanja	" 4
1.5. Sadržaj i opseg rada	" 5

2. Tehničke specifičnosti pogona broda

2.1. Parametri broda	" 7
2.2. Parametri snage	" 8
2.3. Radni parametri broda	" 9
2.4. Shematski prikaz postrojenja s električnom propulzijom broda	" 11

3. Vrednovanje čimbenika odlučujućeg utjecaja na izbor električne propulzije

3.1. Zapremina strojarnice	" 14
3.2. Istisnina broda i kapacitet tereta	" 15
3.3. Kapitalna ulaganja	" 16
3.4. Troškovi putovanja	" 19
3.5. Ekološki utjecaj	" 22

4. Elementi i modeli električne propulzije

4.1. Propeler	" 26
4.1.1. Manevarska svojstva propelera	" 29
4.1.2. Vibracije	" 30
4.1.3. Vrednovanje	" 31
4.2. Električni motori	" 32
4.2.1. Istosmjerni motori	" 33
4.2.2. Sinhroni motori	" 34
4.2.3. Asinhroni motori	" 34
4.3. Električni pretvarači	" 37
4.3.1. Tiristorski ispravljači	" 37
4.3.2. Pretvarači frekvencije s međukrugom	" 39

4.3.3. Ciklopretvarači	" 42
4.3.4. Transformatori	" 45
4.4. Sinhroni generatori	" 45
4.4.1. Samouzbudni bezkontaktni generator	" 46
4.4.2. Tehničke karakteristike generatora	" 47
4.5. Sklopne ploče	" 49
4.6. Istosmjerna propulzija	" 50
4.7. Izmjenična propulzija	" 51
4.7.1. Izmjenična propulzija s pretvaračima frekvencije	" 51
4.7.2. Promjena smjera kod manevriranja	" 52
4.7.3. Sustav upravljanja električnom propulzijom	" 52
4.8. Propulzija dinamičko pozicioniranog broda	" 55
4.8.1. Potrebna snaga za dinamičko pozicioniranje broda	" 55
4.8.2. Sustav snage i vođenja	" 59
4.8.3. Održavanje broda na poziciji	" 62
4.9. Azipod električna propulzija	" 64
4.9.1. Sposobnost manevriranja brodom	" 67
4.9.2. Zalihost Azipod propulzije	" 68
4.9.3. Nasuprotno rotirajući propeleri	" 70
4.10. Magnetohidrodinamička propulzija	" 71
4.10.1. Supravodljivost	" 74
4.11. Povoljnosti električne propulzije	" 75
4.11.1. Mogućnost odvojenog smještaja električnog pogona propelera	" 76
4.11.2. Fleksibilnost i ekonomičnost korištenja snage kod različitih režima rada broda	" 77
4.11.3. Objedinjavanje pomoćne i porivne snage	" 77
4.11.4. Korištenje raznih tipova strojeva za pogon generatora	" 78
4.11.5. Jednostavnost i pouzdanost prekreta za vrijeme manevriranja	" 79
4.11.6. Fleksibilnost djelovanja u cijelom području broja okretaja	" 80
4.11.7. Velika specifična snaga i male dimenzije komponenti	" 81
4.11.8. Manja buka i vibracije.	" 81

4.11.9. Veća pouzdanost i raspoloživost	str 82
4.11.10 Učinkovitost sustava električne propulzije	" 83
5. Eksploatacijsko konstruktivni aspekti izbora pogona generatora	" 86
5.1. Pogonski strojevi generatora	" 86
5.1.1. Srednjeokretni dizel motor	" 88
5.2. Reguliranje broja okretaja pogonskog stroja generatora	" 94
5.2.1. Aktuator	" 95
5.2.2. Pomoćne funkcije elektroničkog regulatora	" 98
5.3. Turbopuhalo	" 99
5.4. Iskoristivost otpadne energije	" 104
5.5. Automatsko upravljanje	" 106
5.6. Održavanje	" 114
5.6.1. Strategija održavanja	" 114
5.6.2. Program preventivnog održavanja	" 118
5.6.3. Bilježenje održavanja	" 121
5.6.4. Raspored održavanja	" 122
5.6.5. Specifičnosti održavanja elektro-propulzivnog postrojenja	" 123
5.7. Potrebna snaga pogonskih strojeva generatora	" 124
6. Utjecaj ekoloških čimbenika na izbor pogona generatora	" 128
6.1. Kontrola izgaranja goriva u dizel motorima	" 133
6.1.1. Zakašnjenje ubrizgavanja goriva	" 134
6.1.2. Učinak emulziranog goriva	" 135
6.1.3. Recirkulacija ispušnih plinova	" 137
6.1.4. Nekatalitičko smanjenje NOx	" 138
6.2. Selektivna katalitička redukcija	" 139
6.2.1. Primjena SCR tehnologije na pomorskim brodovima	" 140
6.2.2. Ostvareni rezultati	" 142
6.3. Plinske turbine	" 143
6.3.1. Smanjivanje emisije onečišćivača	" 144
6.3.2. Način rada EV plamenika	" 145
6.3.3. Primjena i prednosti	" 145
7. Zaključak	" 147
Literatura	" 151
Popis slika; Popis tablica; Prilozi	

Sažetak

Sigurnost broda, udobnost putnika, olakšani rad posadi broda i zaštita morskog okoliša glavne su značajke koje obilježavaju suvremeno morsko brodarstvo. Tim uvjetima najlakše može udovoljiti sustav električne propulzije. Stoga se nastoji dokazati svrsishodnost i primjenjivost ovog sustava. Pogonskim strojevima generatora posvećena je posebna pažnja, budući da oni odlučujuće utječu na učinkovitost i ekonomičnost postrojenja. Izvršena je sistematizacija i analiza različitih modela električne propulzije i predložena rješenja izbora pogona generatora, propelera i parametara električnog sustava. Regulacija broja okretaja pogonskog stroja generatora i propulzivnog elektromotora postavlja dodatne zahtjeve koji se moraju ispuniti s obzirom na frekvenciju mreže, raspodjelu opterećenja, upravljanje i sigurnost pogona. Analizom i usporedbom prednosti i nedostataka električne i klasične propulzije istaknuta je perspektivnost primjene električne propulzije posebno kod brodova gdje se zahtjeva visoki nivo upravljivosti i prilagodbe tehničko tehnološkim specifičnostima. Objedinjavanjem sustava propulzije i pomoćnih pogona brod dobiva jedinstveni električni sustav gdje dolazi do punog izražaja mogućnost primjene raznovrsnih pogona generatora, povećanja iskoristivosti i smanjenja utjecaja štetnog djelovanja emisije ispušnih plinova. Ekološki aspekt imati će u budućnosti sve veći utjecaj na izbor energetske i tehnološke rješenja pogona.

Ključne riječi: električna propulzija, pogonski strojevi generatora, zaštita morskog okoliša.

Exploitation and Ecological Aspects in the choice of the Electrically Propelled Ship's Prime Mover

Summary

The main features that characterize the modern shipping industry are: safety of ships, providing comfort to passengers, facilitate the ship's crew duties and the marine environmental protection. It is the electric propulsion system that most easily fulfills these conditions. Therefore, we have tried to produce enough evidence of the appropriateness and applicability of the system itself. A special attention is paid to the prime movers, since they have a crucial influence on the efficiency and operation of the plant. A classification and analyses of the different electrically propelled models has been made and a solution has been given as to the choice of prime movers, propellers and electric system parameters. The regulation of the number of revolutions of the prime mover and of the propelling electromotor imposes additional conditions that must be fulfilled, considering the network frequency, load distribution, operation and safety of the plant. Analysing and comparing the advantages and disadvantages of the electric and classic propulsion, we have pointed out the possibilities of a long-term application of the electric propulsion, especially on board ships where a high operational level and a high level of adaptability to the technical and technological specifications are required. Combining the propulsion and auxiliary drive system, the ship obtains a unique electric system, where the possibility of applying various types of prime movers, of increasing the efficiency and decreasing air pollution from exhaust gases, becomes the most prominent one. There will be a great influence of the ecological aspects, in the future, on the choice of the prime movers, taking into consideration both the energetic and technological solutions.

Key words: electrical propulsion, Prime movers, marine environmental protection.