

Sveučilište u Rijeci
POMORSKI FAKULTET

Dragan Martinović

ANALIZA I IZBOR RASHLADNOG SUSTAVA BRODA

Magistarski rad

U Rijeci, ožujak 1997.

SADRŽAJ

str.

SAŽETAK	1
SUMARY	2
1. UVOD	3
1.1. Postavljanje problema	3
1.2. Postavljanje cilja	5
1.3. Dosadašnje spoznaje	6
1.4. Metode istraživanja	7
1.5. Sadržaj i opseg (kompozicija) rada	8
2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE BRODSKOG RASHLADNOG SUSTAVA	10
2.1. Općenito o vodi	11
2.2. Morska voda	12
2.2.1. Usisni kolektor morske vode	13
2.3. Slatka voda	15
2.4. Vrste rashladnih sustava	16
2.4.1. Direktno hlađenje	16
2.4.2. Indirektno hlađenje	17
2.4.2.1. Konvencionalni sustav hlađenja	20
2.4.2.1.1. Sustav hlađenja košuljica glavnog motora	21
2.4.2.1.2. Sustav hlađenja klipova glavnog motora	25
2.4.2.1.3. Sustav hlađenja rasprskача goriva	27

3. CENTRALNI RASHLADNI SUSTAV	28
3.1. Dvostupanjski centralni rashladni sustav.....	30
3.2. Jednostupanjski centralni rashladni sustav sa međurashladnikom	36
3.3. Jednostupanjski centralni rashladni sustav sa miješanjem - potpuno integrirani sustav	43
3.4. Analiza centralnog rashladnog sustava parno - turbinskog postrojenja	47
3.5. Analiza centralnog rashladnog sustava sa ugrađenim scoop uređajem	50
 4. IZRAČUN CENTRALNOG RASHLADNIKA	58
4.1. Glavne veličine izmjenjivača topline	63
4.1.1. Rashladni učin izmjenjivača	63
4.1.2. Koeficijent prolaza topline	65
4.1.3. Faktor onečišćenja	68
4.1.4. Ukupna rashladna površina izmjenjivača	73
 5. OPTIMIZACIJA RASHLADNOG SUSTAVA	79
5.1. Pumpe	82
5.1.1. Optimizacija energije pumpanja	82
5.1.1.1. Optimizacija brzine strujanja u krugu niske temperature	82
5.1.1.2. Regulacija protoka morske vode	84
5.1.2. Alternativni izvori energije za motore pumpi	86

5.1.3. Alternativne konfiguracije pumpi	87
5.1.4. Regulacija broja okretaja motora za pogon pumpi	91
5.2. Optimizacija centralnog rashladnika	95
5.2.1. Ekonomska analiza	102
5.3. Scoop sustav centralnog rashladnika	106
6. REGULACIJA RASHLADNOG SUSTAVA	120
6.1. Regulator	121
6.2. Model regulatora	124
6.3. Podešavanje regulatora	127
6.4. Model kontrole ventila	128
6.4.1. Dinamika ventila	128
6.4.2. Histereza ventila	130
6.4.3. Karakteristika ventila	132
6.5. Regulacijski krug	133
7. ZAKLJUČAK	137
LITERATURA	139
POPIS SLIKA	142
POPIS TABLICA	145

SAŽETAK

U radu se analiziraju rashladni sustavi brodskog strojnog kompleksa. Na osnovu modela različitih rješenja centralnog rashladnog sustava, kao najboljeg sustava za rashladu, obrađuju se pojedini elementi u sustavu sa gledišta sigurnosti, termodinamike, izdašnosti i sa ekonomskog aspekta.

Predložen je model rashladnog sustava sa samousisom (scoop uređaj) kao integralnim elementom sustava, te simuliran njegov rad kako u kombinaciji sa pumpom mora, tako i zasebno. Definirani su glavni parametri za odabir scoop uređaja, kao jednog od bitnih čimbenika u sustavu optimalno vođenog rashladnog procesa.

Najvažniji i najskuplji element rashladnog sustava, centralni rashladnik izračunat je po NTU metodi koja omogućava određivanje optimalne rashladne površine izmjenjivača topline a time i plaćanje najniže cijene za centralni rashladnik. Metoda određivanja faktora onečišćenja s težištem na mogućnost povećanja koeficijenta prolaza topline kod određenog sloja onečišćenja na rashladnim površinama, daje smjernice za smanjenje čimbenika sigurnosti kod brodskih izmjenjivača topline.

U radu su optimirani energija pumpanja i centralni rashladnik i izvršena je ekonomska analiza rashladnih sustava sa cijevnim i pločastim izmjenjivačima topline, što bi trebalo olakšati dileme oko izbora rashladnog sustava broda.

Ključne riječi: rashladni sustav, konvencionalni rashladni sustav, centralni rashladni sustav, izmjenjivač topline, rashladnik, samousis (scoop uređaj).

ANALYSIS AND SELECTION OF THE COOLING SYSTEM

SUMMARY

The thesis deals with the analysis of the marine engine cooling system. From the point of view of security, thermodynamics, efficiency and economic aspect as well, particular elements are analysed, based on the model of different solutions of the central cooling system, being the best of all the possible systems.

A model of the scoop system, as an integrated element of the cooling system, is proposed, and its operation, either separate or combined with the seawater pump, is simulated. The main parameters for the choice of the scoop equipment, representing one of the important elements within the optimum cooling process control system, are defined.

The most important and the same time the most expensive element within the cooling system-the central cooler-is calculated according to the current *NTU* method which enables the determination of the optimum heat exchanger cooling space, as well as the payment of the lowest possible price for the central cooler. The method, by means of which it is possible to determine the pollution factor and which aims at increasing the heat transfer coefficient at a particular level of the pollution on cooling spaces, deals also with the guidelines to be used when the ship's heat exchanger safety factor is to be decreased.

The paper deals with the optimization of the pumping energy and the central cooler, as well as with the economic analysis of the tube and plate heat exchanger cooling systems, which should help in deciding which of the ship's cooling system to choose.

Key words: cooling system, conventional cooling system, central cooling system, heat exchanger, cooler, scoop equipment.