

**ГОЛОВНИЙ ДВИГУН ТА СУДНОВА ГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА
В КОГЕНЕРАЦІЙНІЙ УСТАНОВЦІ СУДНА****В. М. Рябенський¹, О. В. Короленко², С. В. Вороненко², Є. О. Короленко²**¹Національний університет кораблебудування ім.Макарова,²Херсонська державна морська академія

Анотація. Проведено аналіз когенераційних установок, показано сучасний стан використання. Отримана модель зв'язків судової генераторної системи зі ступенями впливу елементів, на основі якої визначено значимість кожного з елементів судової генераторної системи. Розглянута можливість встановлення компресора між турбіною та генератором. Розглянуто можливість використання компресора для обертання головного двигуна.

Ключеві слова: когенерація, когенераційна установка, головний двигун, суднова генераторна система, турбіна, компресор.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Екологічна ситуація в світі, нестабільність цін на нафтопродукти приводить розробників судової техніки до пошуку рішень і розробки нових технологій, що забезпечують підвищення використання ресурсів за рахунок підвищення ККД різних систем. Досить перспективним напрямом є розгляд зв'язків між системами одного комплексу для виявлення оптимальних режимів роботи і, відповідно, витрати палива. При цьому використання і витрата палива безпосередньо в головних двигунах, а також отримання вироблених згорілих газів та їх подальше використання з урахуванням оптимальних режимів роботи всіх судових систем робить експлуатацію морських суден більш завершеною. Основні напрямки підвищення ефективності роботи двигунів пов'язані з удосконаленням процесів згоряння палива і газообміну, систем підготовки робочого тіла (повітря та палива), що забезпечують збільшення питомої потужності, питомої витрати палива, зниження теплонапруженості і зменшення шкідливих викидів [1, 2].

Теперішній час характеризується переходом на використання більш вигідних когенераційних установок.

Спільне вироблення електроенергії і тепла, що називається когенерацією, в стаціонарних, судових та інших електрогенераторних установках отримала в даний час широке поширення завдяки високим економічним показникам. На багатьох судах використовується схема вироблення електроенергії і тепла з застосуванням

теплоутилізаційного обладнання у складі судової електростанції. При цьому теплоутилізаційне обладнання включає в себе котли-утилізатори, що відбирають теплоту від відпрацьованих газів дизель-генератором (ДГ), та утилізаційні водоводяні теплообмінники, що відбирають теплоту з контуру охолодження ДГ [3-6]. При ряді позитивних властивостей така схема має деякі серйозні недоліки.

Жорстка залежність вироблення електроенергії і тепла для узгодження графіків вироблення та споживання теплоти вимагає періодичного включення автономного котла, що знижує ефективність роботи системи.

Зокрема, на рис. 1 показано вплив електричного навантаження на теплопродуктивність системи когенерації на конкретному прикладі дизель-електричного агрегату з утилізацією теплових потоків відпрацьованих газів і контуру охолодження на базі двигуна Caterpillar G3512.

З рис. 1 видно, що теплопродуктивність і навантаження пов'язані між собою.

На нашу думку, отримання в когенераційному процесі електричної енергії дає можливість більш широкого використання споживачів. Використання процесу когенерації на судах розглянуто досить великою кількістю авторів з використанням отриманих різних видів енергії. Однак, досі не були розглянуті питання використання когенераційних установок для пуску головного двигуна, що може розширити можливості таких систем.

Когенераційні установки на судах в деякій мірі можна віднести до генераторних систем. Судова генераторна система (СГС) є основною частиною судової електроенергетичної системи (СЕЕС), яка забезпечує отримання електричної енергії з заздалегідь заданими показниками якос-

ті необхідних для потреб судна.

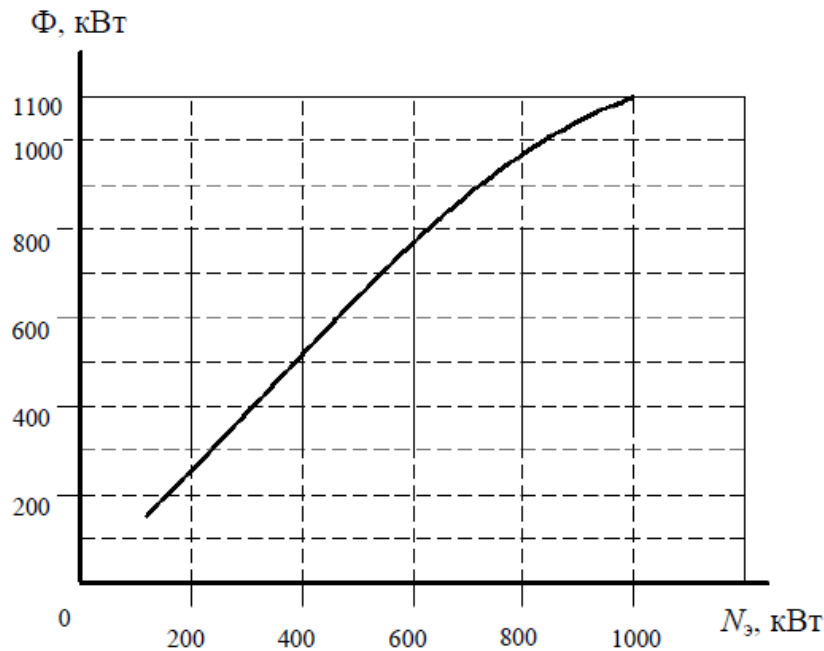


Рис. 1. Вплив електричного навантаження на теплопродуктивність системи когенерації:
 Φ – тепловий потік системи утилізації; $N_{э}$ – електричне навантаження генератора

При моделюванні СГС виділимо в окрему систему, т. я. присутність генераторів більше двох (і особливо, якщо генератори є різного типу) ускладнює процес математичного опису всієї СЕЕС, який далі використовується для забезпечення стабільної роботи СЕЕС.

В нинішній час опис механізмів роботи судових генераторів, введення їх в паралельну роботу, процесів стійкої і стабільної роботи розглянуті у багатьох роботах [7, 8]. Але при цьому залишається складним рішенням завдання стабільної роботи великої кількості генераторів різних систем на судні, їх взаємодія, взаємозв'язок, знаходження оптимального режиму включення на паралельну роботу тих чи інших генераторів разом, в тому числі і використання когенераційних установок. Тому, отримання опису взаємозв'язків у роботі СГС з можливістю виявлення мінімальної кількості включення генераторів і витрат енергії на отримання електроенергії є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Головною перевагою технології когенерації є ефективність використання палива, недосяжна при окремому виробництві теплової та електричної енергії. ККД електростанцій становить від 30% до 50% (решта енергії первинного палива втрачається у вигляді невикористаного тепла). ККД котельні в середньому становить близько 80%. Таким чином, повний ККД системи з роздільним виробництвом тепла та електрики зна-

ходиться в межах 55% - 65%. При цьому для когенераційних установок, де поряд з генерацією електричної енергії здійснюється утилізація тепла, повний ККД може досягати 90%.

До основних переваг когенераційних установок відносяться:

- збільшення ефективності використання палива завдяки більш високому ККД;
- зниження шкідливих викидів в атмосферу порівняно з роздільним виробництвом тепла та електроенергії;
- зменшення витрат на передачу електроенергії тому, що когенераційні установки розміщуються в місцях споживання теплової і електричної енергії, втрати в мережах практично відсутні;
- можливість працювати на біопаливі та на ін. альтернативних видах палива;
- безшумність і екологічність обладнання;
- забезпечення власних потреб котельні в електроенергії [9].

Очевидною є доцільність підвищення ефективності саме головного двигуна як універсального джерела механічної і електричної енергії, і насамперед за рахунок його утилізації вторинних енергоресурсів.

Крім утилізації вторинних енергоресурсів розвиток судових двигунів відбувається і в традиційному напрямі – шляхом вдосконалення їх робочих процесів [1, 2].

Когенераційна установка складається з чотирьох основних частин:

- первинний двигун (поршневий двигун; па-

рова турбіна; газова турбіна);

- електрогенератор;
- система утилізації тепла;
- система контролю та управління.

Сучасні напрямки розвитку систем рекуперації енергії відпрацьованих газів когенераційних установок можна поділити за такими напрямками:

- перетворення теплової енергії в механічну;
- двигун Стірлінга;
- машини, що працюють по циклу Ренкіна (паровому або органічному);
- перетворення теплової енергії відпрацьованих газів в електричну;
- застосування термоелектричних генераторів;
- перетворення кінетичної енергії відпрацьованих газів:
 - застосування систем турбонаддува;
 - застосування силових турбін;
 - застосування електричних машин в системах турбонаддува;
 - застосування електричних турбогенераторів [10].

Для підвищення потужності та ефективності двигунів внутрішнього згорання, в основному для важких двигунів, застосовують силові турбіни, які дозволяють перетворювати енергію відпрацьованих газів в механічну, яка за допомогою редуктора або гідравлічної передачі передається на колінчастий вал двигуна. Такі системи застосовують на своїх двигунах фірми Scania, Volvo, Cummins та ін. У більшості випадків силові турбіни встановлюються на двигунах з турбонаддувом другою сходинкою після колеса турбіни. Після проходження відпрацьованих газів через ступінь турбіни турбокомпресора енергія і температура газів знижується, проте все ж дозволяє розкручувати колесо силової турбіни до 50-55 тисяч обертів в залежності від розміру двигуна. Передачу крутного моменту забезпечують редуктором за допомогою жорсткого зв'язку з колінчастим валом або застосовують гідравлічну передачу. Близько 20-25 % теплової енергії втрачається з відпрацьованими газами, застосування силової турбіни дозволяє перетворити близько 20 % теплової енергії в механічну. Виробник Volvo заявляє про збільшення потужності двигуна до 10 % і збільшенні ефективності на 5 %, а також зниження витрат палива [11]. За даними Scania, застосування силових турбін дозволяє знизити витрату палива до 5-10 % в залежності від режиму роботи двигуна.

Компанією Daimler були проведені дослідження дизельного двигуна з турбокомпресором і послідовно-встановленою осью силовою тур-

біною. При потужності двигуна в 354 кВт на режимі повного навантаження силова турбіна збільшувала потужність двигуна на 24 кВт, що становить близько 6.5 % [12].

Останнім часом досить багато виробників почали займатися питанням оснащення турбокомпресорів електричними машинами. Компактний електричний турбокомпресор підходить для двигунів з різними компоновками, що дозволяє не вносити суттєвих змін у конструкції існуючих двигунів [13]. Застосування електротурбокомпресора дозволяє знизити витрату палива до 10 %, а також уникнути механічних і гідравлічних втрат у порівнянні з силовими турбінами [14]. Крім того, якщо порівнювати з турбокомпаундними двигунами, у яких продуктивність компресора є практично лінійною залежністю, то електричний турбокомпресор обмежений лише температурою відпрацьованих газів і максимальною частотою обертання [15].

Компанією Mitsubishi Heavy Industries, Ltd була проведена дослідницька робота по оснащенню важкого турбокомпресора для суднових двигунів електричної машини. Електрична машина з'єднувалася з турбокомпресором при допомозі вала, за рахунок чого вона могла як розганяти турбокомпресор при необхідності, а також виробляти електричну енергію. Дана конструкція електричного турбокомпресора дозволила регулювати частоту обертання турбокомпресора для забезпечення заданого тиску наддува, а також відбирати до 250 кВт електричної енергії при надлишку потужності на валу турбокомпресора, що становить близько 5 % від потужності двигуна [16].

Крім електричних турбокомпресорів також проводяться дослідження в області застосування турбогенераторів. В якості турбогенератора використовується вузол, що складається з електричної машини і корпусу турбіни з турбінним колесом, з'єднані валом. Обговорюються різні схеми підключення турбогенераторів [17], як послідовні, так і паралельні. У разі послідовного підключення турбогенератора після турбокомпресора додатково використовується обвідна труба в обхід турбогенератора, а також керована заслінка. Така компоновка дозволяє не створювати зайвого протитиску в системі випуску, а також дозволяє продовжити роботу установки при поломці турбогенератора.

Одним з провідних виробників в США John Deere спільно з фірмою Caterpillar були проведені дослідження по встановленню на турбодизельні двигуни турбогенератора для забезпечення електроенергією бортової мережі і навісного обладнання.

В ході роботи був зібраний випробувальний зразок з встановленим турбогенератором потужністю 50 кВт, інвертером і проведені випробування. Результати випробувань показали наступні параметри ефективності:

- ККД турбіни турбокомпресора 85 %;
- ККД компресора турбокомпресора 78 %;
- ККД інвертера 95 %;
- ККД турбіни турбогенератора 85 %;
- сумарний ККД установки 46 %.

Компанія Bowman Power Group Ltd займається розробкою турбогенераторів для дизельних генераторних установок на базі різних дизельних двигунів з турбонадувом. Після турбокомпресора встановлюється турбогенератор з керованим сопловим апаратом для збільшення ефективності турбіни. Установка турбогенератора дозволяє знизити питому ефективну витрату палива установки в цілому до 7 %, а також підвищити потужність на 15 %. Турбогенератор підключений до електричного перетворювача, який дозволяє отримати на виході задані параметри напруги [18].

Мета статті

Якісні показники будь-якого виду енергії на судні суворо регламентовані правилами класифікаційних товариств [7, 8]. Отримання необхідних якісних показників різних видів енергії є основним завданням для досягнення безвідмовної роботи споживачів і стабільної роботи різноманітних автоматизованих систем на судні необхідних для живучості судна. Метою даної статті є комплексний взаємопов'язаний розгляд роботи головного двигуна (основного джерела отримання всіх видів енергії) і суднової генераторної системи, як елементів когенераційної установки.

Основний матеріал дослідження

Основний принцип побудови поширеної когенераційної установки та отримання різних видів енергії показаний на рис. 2. В якості генератора в роботі використаний асинхронний двигун. Головний двигун, турбіна, компресор і генератор можуть бути з'єднані між собою як одним валом, так і за допомогою системи редукторів.

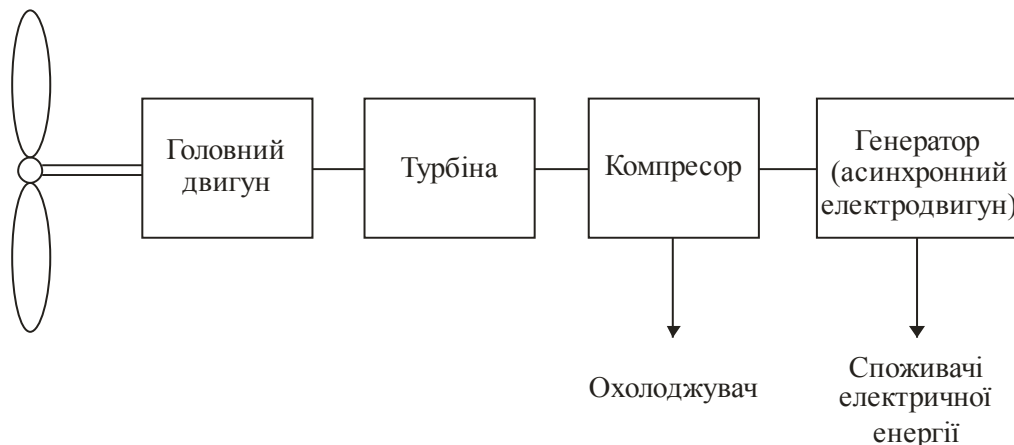


Рис. 2. Отримання різних видів енергії в суднової когенераційній установці

Турбіна в когенераційній установці є сполучною ланкою між головним двигуном і судновою електроенергетичною системою (рис. 3).

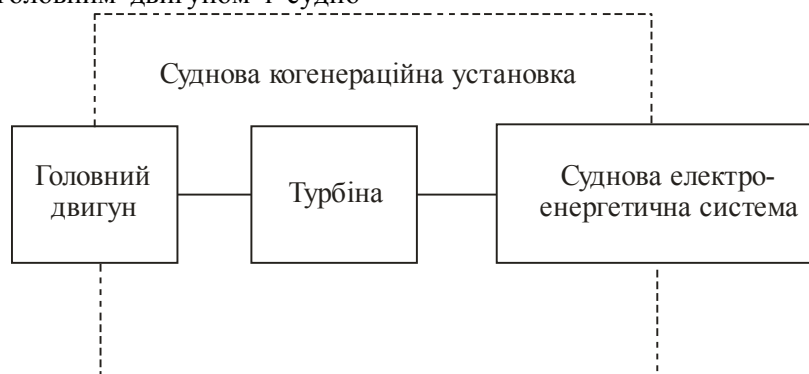


Рис. 3. Турбіна в когенераційній установці

Розглянемо турбіну (турбогенератор) у складі суднової генераторної системи. Один із

перспективних напрямів у вивченні взаємозв'язків складних процесів, впливів і збурень системи

є когнітивний аналіз і моделювання. Використання в роботі когнітивного аналізу та моделювання дозволить провести вивчення взаємопов'язаної СГС з усіма присутніми на судні генераторами. Це дасть можливість отримати оцінку працездатності і надійності СГС при різних збурен-

нях і відхиленнях системи.

Першим етапом роботи була побудова графа взаємопов'язаної роботи СГС. За основу побудови графів були взяті найбільш застосовувані на судах генератори (рис. 4).

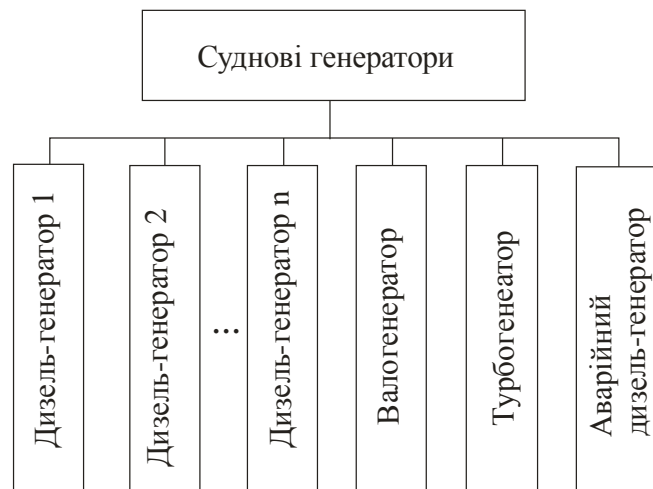


Рис. 4. Використання генераторів на судах

Аналіз і побудова графа був здійснений у

програмі «Графоаналізатор 1.3» (рис. 5).

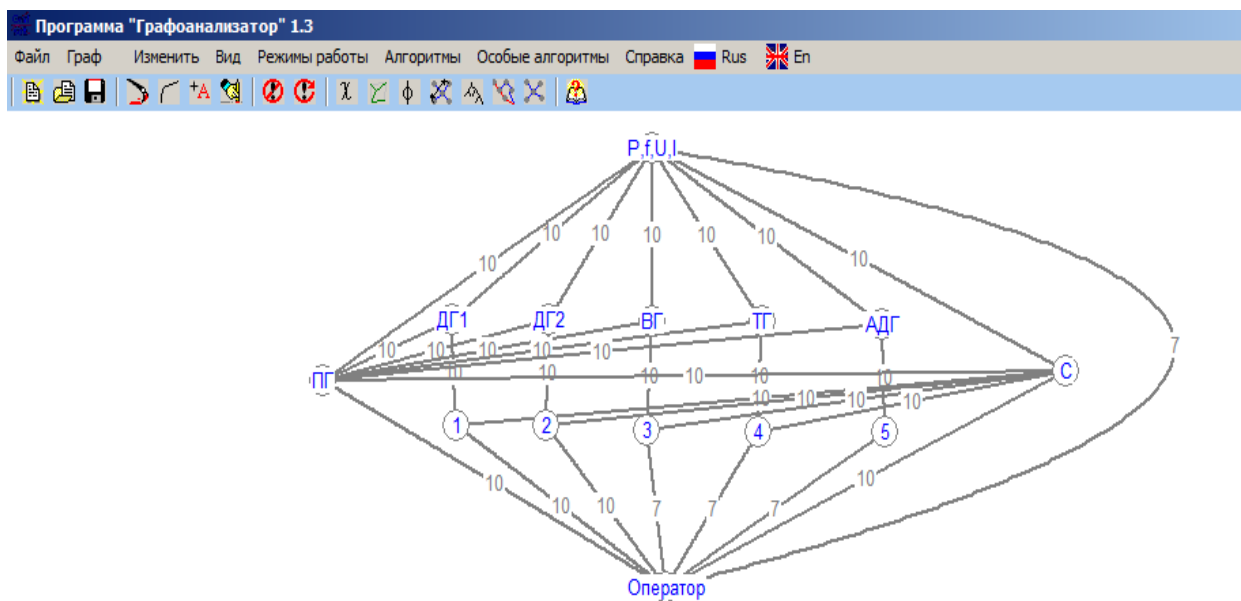


Рис. 5. Граф суднової генераторної системи

У графі взаємопов'язаної суднової генераторної системи (рис. 5) були прийняті наступні позначення: оператор – контролюючий зі складу екіпажу судна (електрик, електромеханік); ДГ1, ДГ2 – дизель-генератор 1 і 2; ВГ – валогенератор; ТГ – турбогенератор; АДГ – аварійний дизель-генератор; С – пристрій синхронізації; ПГ – підключення генераторів; 1, 2, 3, 4, 5 – керуючі

ланки дизель-генераторів 1 і 2, валогенератора, тахогенератора, аварійного дизель-генератора відповідно; P, f, U, I – мережа з встановленими параметрами.

З'єднання елементів здійснювалося зв'язками з певною вагою, який визначається за ступенем впливу одного елемента на інший.

На основі даних, отриманих з графа (див. рис. 5), склали таблицю взаємозв'язків всіх елементів СГС (табл. 1).

Нижній рядок табл. 2 є сумою ступеня впливу елемента СГС на інші елементи. Видно, що максимальні суми мають елементи СГС, які задіяні постійно в процесі роботи генераторної системи і мають максимальну значимість в норма-

льному сталому робочому режимі. Турбогенератор, як і інші генератори має вагу 30.

Використання такого додаткового елемента, як компресор (див. рис. 2), встановлений між турбіною та генератором, дозволяє підвищити ККД когенераційної системи на 7-8 %.

Таблиця 1

Взаємозв'язок елементів СГС

	Оператор	ДГ1	ДГ2	ВГ	ТГ	АДГ	С	ПГ	1	2	3	4	5	P, f, U, I
Оператор	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	7	7	7	7
ДГ1	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	10
ДГ2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	10
ВГ	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	10	-	-	10
ТГ	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	10	-	10
АДГ	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	10	10
С	10	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10	10	-	10
ПГ	10	10	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-	10
1	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	7	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	7	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-
5	7	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
P, f, U, I	7	10	10	10	10	10	10	10	-	-	-	-	-	-
Сумма	68	30	30	30	30	30	50	80	30	30	27	27	17	77

Також в роботі була розглянута можливість використання компресора для обертання головного двигуна. Так при надлишку електричної енергії (за рахунок подачі стисненого повітря в головний двигун), а також при пуску головного

двигуна (при цьому генератор використовувався як двигун в асинхронному електродвигуні) компресор використовувався як додаткове джерело енергії (рис. 6). ККД когенераційної системи при цьому зростає на 4-5 %.

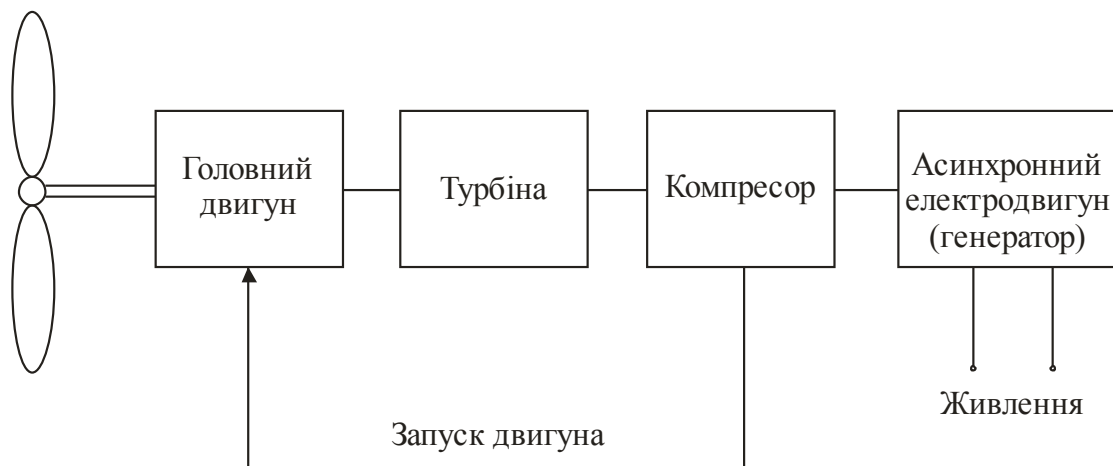


Рис. 6. Використання компресора в якості додаткового джерела енергії

Висновки

1. Проведений аналіз когенераційних установок показав, що повний ККД (генерація електричної енергії та утилізація тепла) може досягати 90%.

2. У результаті отримана модель зв'язків суднової генераторної системи зі ступенями впливу елементів, на основі якої визначили значимість кожного з елементів суднової генераторної системи.

3. Встановлено, що компресор, встановле-

ний між турбіною та генератором, дозволяє підвищити ККД когенераційної системи на 7-8 %.

4. Розглянуто можливість використання компресора для обертання головного двигуна. ККД когенераційної системи при цьому підвищується на 4-5 %.

Список використаної літератури

1. Самсонов, Л. А. Двигатели внутреннего сгорания с управляемым временем протекания процессов рабочего цикла [Текст] / Л. А. Самсонов // Двигателестроение. – 2007. – № 2. – С. 6-10.

2. Седаков, Л. П., Баракан Г.Х., Калинина Л.И. Резервы повышения экономичности современных судовых дизельных энергетических установок [Текст] / Л. П Седаков, Г. Х. Баракан, Л. И. Калинина. // Судостроение. – 1987. – № 11. – С. 20-25.

3. Селиверстов, В. И. Утилизация тепла в судовых дизельных установках [Текст] / В. И. Селиверстов // . – Л.: Судостроение, 1973. – 218 с.

4. Кривов, В. Г. Повышение эффективности дизельных энергоустановок путем утилизации отходящей теплоты [Текст] / В. Г. Кривов, С. А. Синатов // Двигателестроение. – 1979. – № 10. – С. 14–18.

5. Кривов, В. Г. Комплексное электроснабжение на базе дизельных электростанций с внешней утилизацией отходящей теплоты [Текст] / В. Г. Кривов, С. А. Синатов, С. Д. Гулин и др. // Двигателестроение. – 1988. – № 9. – С. 3–7.

6. Technology Characterization: Reciprocating Engines Prepared for: Environmental Protection Agency Climate Protection Partnership Division [Text] Washington, DC, Prepared by: Energy Nexus Group 1401 Wilson Blvd, Suite 1101 Arlington, Virginia 22209, February 2002.

7. Правила классификации и постройки морских судов. – СПб: Российский морской регистр судоходства, 2013. – Том 2. – 718 с.

8. Sankaran, C. Power quality [Text] / C. Sankaran. – CRC Press LLC, 2002. –202 p.

9. Барков, В. М. Когенераторные технологии: возможности и перспективы. [Текст] / В. М. Барков // «ЭСКО» электронный журнал энерго-сервисной компании «Экологические системы».- №7.-2004.

10. Ипатов, А. А. Разработка элементов автономной когенерационной установки, работающей на биотопливе [Текст] / Н. А. Хрипач, Л. Ю. Лежнев, Б. А. Папкин, Д. А. Иванов // Труды НАМИ / ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». – Вып. №242: Комбинированные энергоустановки автотранспортных средств: сб. научн. ст. – М., 2009. –

С. 96-104.

11. A. Eder, Thermoelectric Power Generation – The Next Step to Future CO2 Reductions, Presentation, San Diego, September 30, 2009.

12. Timothy J. Callahan, David P. Branyon, Ana C. Forster, Michael G. Ross, Dean J. Simpson: Effectiveness of Mechanical Turbo Compounding in a Modern Heavy-Duty Diesel Engine, [Text] International Journal of Automotive Engineering, Vol.3, No.2, pp.69-73 (2012).

13. J. Bumby, S. Crossland and J. Carter, "Electrically Assisted Turbochargers: Their Potential For Energy Recovery", [Text] Proc. Hybrid Vehicle Conf., Inst. Eng. and Technology, Coventry, UK, 2006. pp. 43-52.

14. I. Thompson, "Investigation into the Effects of Turbocompounding" [Text], Differentiation Report. School of Mechanical and Aerospace Engineering, Queen's University Belfast, Northern Ireland, unpublished. 2009.

15. Jay Vaidya, President Electrodynamics Associates, Inc. Advanced electric generator & control for high speed micro/mini turbine based power systems [Text].

16. Keiichi Shiraishi, Yoshihisa Ono, Hybrid Turbocharger with Integrated High Speed Motor-generator, [Text]. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol. 44 No. 1 (Mar 2007).

17. A. M. I. Mamat, A. Romagnoli and R. F. Martinez-Botas, "Design and Development of a Low Pressure Turbine For Turbocompounding Applications", [Text]. Proc. IGTC 2011, Osaka, Japan, 2011.

18. T. Davies, The new wave in energy, Bowman Power Group Ltd presentation. [Text].

References

1. Samsonov, L. A. (2007) Internal combustion engines with controlled time of the flow of working cycle processes [Dvigateli vnutrennego sgoraniya s upravlyayemym vremenem prottekaniya protsessov rabocheho tsikla] Drive engineering. No. 2. P. 6-10.

2. Sedakov, L. P., Barakan G.Kh., Kalinina L.I. (1987) Reserves to improve the economy of modern marine diesel power plants [Rezervy povysheniya ekonomichnosti sovremennykh sudovykh dizelnykh energeticheskikh ustanovok] Shipbuilding. No. 11. P. 20-25.

3. Seliverstov, V. I. (1973) Utilization of heat in marine diesel plants [Utilizatsiya tepla v sudovykh dizelnykh ustanovkakh], L. Shipbuilding., 218 p.

4. Krivov, V. G., Sinatov, S. A. (1979) Improving the efficiency of diesel power plants by utilizing the waste heat [Povysheniye effektivnosti

dizelnykh energoustanovok putem utilizatsii ot-khodyashchey teploty] Engine-building. No. 10. P. 14-18.

5. Krivov, V. G., Sinatov, S. A., Krivov, V. G., Gulin, S. D. (1988) Integrated power supply based on diesel power plants with external utilization of waste heat [Kompleksnoye elektrosnabzheniye na baze dizelnykh elektrostantsiy s vneshney utiliza-tsiyey otkhodyashchey teploty] Drive engineering. No. 9. P. 3-7.

6. Technology Characterization: Reciprocating Engines Prepared for: Environmental Protection Agency Climate Protection Partnership Division Washington DC (2002), Prepared by: Energy Nexus Group 1401 Wilson Blvd, Suite 1101 Arlington, Virginia 22209.

7. Rules for the classification and construction of sea-going vessels.[Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov](2013) - SPb: Russian Maritime Register of Shipping. Volume 2. 718 p.

8. Sankaran, C. (2002) Power quality CRC Press LLC,. 202 p.

9. Barkov, V. M. (2004) Co-Generation Technologies: Opportunities and Prospects. [Kogeneratornyie tekhnologii: vozmozhnosti i perspektivy] "ESCO" electronic journal of the energy service company "Environmental Systems." № 7.

10. Ipatov, A. A., Khripach, N. A., Lezhnev, L. Yu., Papkin, B. A., Ivanov, D. A. (2009) Development of the elements of an autonomous cogeneration unit operating on biofuel [Razrabotka elementov avtonomnoy kogeneratsionnoy ustanovki. rabotayushchey na biotoplive] Proceedings of NAMI / SSC RF Federal State Unitary Enterprise "NAMI". №242 Combined power installations of vehicles: сб. scientific. Art. M., P. 96-104.

11. A. Eder, (2009) Thermoelectric Power Generation – The Next Step to Future CO2 Reductions, Presentation, San Diego, September 30.

12. Timothy J. Callahan, David P. Branyon, Ana C. Forster, Michael G. Ross, Dean J. Simps (2012) Effectiveness of Mechanical Turbo Compounding in a Modern Heavy-Duty Diesel Engine, [Text] International Journal of Automotive Engineering, Vol.3, No.2, pp.69-73

13. J. Bumby, S. Crossland and J. Carter, (2006) "Electrically Assisted Turbochargers: Their Potential For Energy Recovery", Proc. Hybrid Vehicle Conf., Inst. Eng. and Technology, Coventry, UK, pp. 43-52.

14. I. Thompson, (2009) "Investigation into the Effects of Turbocompounding", Differentiation Report. School of Mechanical and Aerospace Engineering, Queen's University Belfast, Northern Ireland, unpublished.

15. Jay Vaidya, President Electrodynamics Associates, Inc. Advanced electric generator & control for high speed micro/mini turbine based power systems.

16. Keiichi Shiraishi, Yoshihisa Ono, (2007) Hybrid Turbocharger with Integrated High Speed Motor-generator, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. Technical Review Vol. 44 No. 1.

17. A. M. I. Mamat, A. Romagnolil and R. F. Martinez-Botas, (2011) "Design and Development of a Low Pressure Turbine For Turbocompounding Applications", Proc. IGTC 2011, Osaka, Japan,.

18. T. Davies, The new wave in energy, Bowman Power Group Ltd presentation.

THE MAIN ENGINE AND MARINE GENERATOR SYSTEM, IN THE COGENERATION UNIT OF THE SHIP

V. M. Ryaben'kii¹, O. V. Korolenko², S. V. Voronenko², Y. O. Korolenko²

¹Admiral Makarov National University of Shipbuilding,

²Kherson State Maritime Academy

Abstract. It is shown that the main directions of increasing the efficiency of engines work are related to the improvement of combustion processes and gas exchange, systems for the preparation of the working body (air and fuel), which increase the specific power, the specific fuel consumption, reduce the heat stress and reduce harmful emissions. The rigid dependence of electricity and heat generation to harmonize production schedules and heat consumption requires the periodic inclusion of an autonomous boiler, which reduces the efficiency of the system. It has been established that the use of cogeneration units for launching a main engine has not yet been considered, which may increase the possibilities of such systems. It was shown that asynchronous motor was used as a generator in the work. The main engine, the turbine, the compressor and the generator can be connected between themselves as a single shaft, and with the help of a gearbox system. A graph of the interrelated work of the ship's generator system was constructed. The basis of the

construction of graphs were taken most used on ships generators. The connection of elements was carried out by connections with a certain weight, which is determined by the degree of influence of one element to another. Also in the work was considered the possibility of using the compressor for rotation of the main engine.

Keywords: cogeneration, cogeneration unit, main engine, ship generator system, turbine, compressor

ГЛАВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ И СУДНОВАЯ ГЕНЕРАТОРНАЯ СИСТЕМА В КОГЕНЕРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ СУДНА

В. М. Рябенский¹, А. В. Короленко², С. В. Вороненко², Е. А. Короленко²

¹Национальный университет кораблестроения им.Макарова,

²Херсонская государственная морская академия

Аннотация. Проведен анализ когенерационных установок, показано современное состояние использования. Получена модель связей судовой генераторной системы со степенями воздействия элементов, на основе которой определены значимость каждого из элементов судовой генераторной системы. Рассмотрена возможность установки компрессора между турбиной и генератором. Рассмотрена возможность использования компрессора вращения главного двигателя.

Ключевые слова: когенерация, когенерационная установка, главный двигатель, судовая генераторная система, турбина, компрессор.

Отримано 17.07.2017



Рябенский Владимир Михайлович, доктор технічних наук, професор, завідуючий кафедрою «Електронні системи» Національного університету кораблебудування ім. Макарова. Просп. Героїв Сталінграду, 9, Миколаїв, Україна, E-mail: optron2@gmail.com, тел. +38-050-906-10-94

Ryabenskiy Volodymyr, Dr. of Science, Professor, Head of the Department of Electronic systems, National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov, Prospekt Geroiv Stalingrada, 9, Mykolayiv, Ukraine

ORCID: 0000-0001-5441-3140



Короленко Олександр Валентинович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «» Херсонської державної морської академії, вул. Ушакова, 20, Херсон, Україна, E-mail: alwal2018@gmail.com, тел. +38-050-500-05-98.

Korolenko Oleksandr, candidate of technical sciences, as. professor of the department «» Kherson State Marine Academy, Ushakov, 20, Kherson, Ukraine

ORCID: 0000-0002-1197-8325



Короленко Євгенія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Експлуатації енергетичних систем» Херсонської державної морської академії, вул. Ушакова, 20, Херсон, Україна, E-mail: vocabern1@gmail.com, тел. +38-066-122-14-99.

Korolenko Yevheniia, candidate of technical sciences, as. professor of the department «Operation of power systems» Kherson State Marine Academy, Ushakov, 20, Kherson, Ukraine

ORCID: 0000-0003-3946-8201



Вороненко Сергій Вікторович, асистент кафедри «Експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматики» Херсонської державної морської академії, вул. Ушакова, 20, Херсон, Україна, E-mail: vr.sergey@ukr.net , тел. +38-095-892-65-40.

Voronenko Sergey, assistant of the department "Operation of marine electric equipment and means of automation" Kherson State Marine Academy, Ushakov, 20, Kherson, Ukraine.

ORCID: 0000-0002-3880-9556