Завальнюк О.П.

Херсонська державна морська академія

Растьогіна Г.І.

Херсонська державна морська академія

Завальнюк І.П.

Херсонська державна морська академія

Нестеренко В.Б.

Херсонська державна морська академія

АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СУДЕН ЯК СКЛАДНИК ФОРМУВАННЯ СФЕРИ КОМПЕТЕНЦІЇ СУДНОВОГО ОФІЦЕРА-ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

У статті висвітлено питання формування сфери компетенції майбутнього суднового електро-механіка. Доведено важливість систематичної актуалізації освітніх програм підготовки морських фахівців. Визначено три функції, які має виконувати судновий офіцер-електротехнік після опанування відповідної освітньої програми. Детально розглянуто класичний навчальний курс «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи», який має першорядне значення в освітньо-професійній підготовці бакалаврів із відповідної спеціалізації. Акцентовано увагу на вміннях і навичках студентів вільно виконувати аналіз систем електропостачання судна. Це дозволяє студентам поглибити знання з основ побудови систем управління судновими електроенергетичними системами, якісно їх виконувати, обслуговувати та ремонтувати у подальшій професійній діяльності. Розроблено оптимальну стратегію аналізу систем електропостачання морських суден, яка є зрозумілою і доступною для студентів вищих морських навчальних закладів у процесі формування сфери компетентності майбутнього офіцера-електротехніка. Ця стратегія базується як на класичних методах, так і бере до уваги сучасний технічний розвиток електроенергетичних систем морських суден. Алгоритм містить дев'ять складників і відповідає сучасним вимогам і рекомендаціям Міжнародної морської організації. Студентові пропонується застосовувати цю стратегію з обов'язковим використанням суднової технічної документації досліджуваного судна, яку він може отримати під час виробничої плавної практики. Такий підхід дозволяє максимально наблизитися до реальних умов професійної діяльності на морському судні. Наведено стислий приклад аналізу системи електропостачання балкера «ANATOLIA» зі структурною схемою суднової електроенергетичної системи, у якому детально висвітлено склад і потужність генераторів основної й аварійної електростанцій досліджуваного судна. Наведено таблицю навантажень аварійного режиму балкера та послідовність її формування. Окреслено перспективні напрями досліджень авторського колективу відповідно до ідеї неперервного професійного розвитку морського фахівця.

Ключові слова: судновий електромеханік, компетенція, освітня програма, навчальна дисципліна, система електропостачання судна.

Постановка проблеми. Сучасний інтенсивний розвиток морської галузі у світі вимагає таких же швидких темпів систематичної актуалізації освітніх програм підготовки майбутніх морських спеціалістів. Компетентнісний підхід у навчальному процесі Херсонської державної морської академії є одним з ефективних інструментів, який сприяє цим процесам.

Офіцер-електротехнік – це фахівець, який згідно з вимогами Міжнародної конвенції про

підготовку і дипломування моряків та несення вахти [1], здатний розв'язувати складні технічні завдання, пов'язані з експлуатацією систем електропостачання морських суден, а також виконувати три основні функції: 1) електрообладнання, електронна апаратура і системи керування на рівні експлуатації; 2) технічне обслуговування та ремонт на рівні експлуатації; 3) управління операціями судна та піклування про людей на судні на рівні експлуатації.

В освітній програмі підготовки суднового офіцера-електротехніка передбачено класичний навчальний курс «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи», який має першорядне значення в освітньо-професійній підготовці бакалаврів з експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматики. Абсолютна більшість сучасних морських суден обладнані автоматизованими судновими електростанціями, тому ефективна їх експлуатація не є можливою без глибоких знань дисципліни, які закладають основи побудови систем управління судновими електростанціями, їх технічного використання, обслуговування та ремонту.

Загальною оцінкою підготовки майбутнього суднового електромеханіка є «компетентність» [2–3], яку здобувач вищої освіти має продемонструвати після вивчення, зокрема зазначеної вище навчальної дисципліни. Спеціальними компетентностями, які опановують на курсі «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи», є [4]:

- спостереження за експлуатацією електричних та електронних систем, а також систем управління (електричні розподільні щити та електрообладнання; основні параметри, процеси і вплив на навколишнє середовище; електричні пристрої для розподілу електроенергії; кабелі; інші морські електричні пристрої);

- експлуатація генераторів та розподільних систем (переведення та розподіл навантаження і переключення генераторів; переведення і розподіл електроенергії між панелями керування та розподільними щитами).

Беручи до уваги цей перелік спеціальних компетентностей суднового офіцера-електротехніка, суттєвим для викладача спеціального морського навчального закладу є питання наповнення дисципліни актуальними теоретичними і практичними матеріалами таким чином, щоб курс носив здебільшого прикладний характер, відповідав світовим тенденціям розвитку торгового флоту, а також ідеї неперервного професійного розвитку морського фахівця, а саме «Continuing Professional Development (CPD)» [5–6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підготовка бакалаврів із галузі знань 27 Транспорт, спеціальності 271 Річковий та морський транспорт, спеціалізації «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» з дисципліни «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи» тісно пов'язана з аналізом систем електропостачання суден, застосовуваними для цього методами, розрахунками тощо.

Метою виконання такого аналізу є систематизація знань, умінь, навичок стосовно структури, обладнання та процесів, що відбуваються в судновій автоматизованій електростанції. Іншими словами, це готує студента до самостійної роботи, пов'язаної з експлуатацією систем електропостачання судна, до ухвалення оптимальних техніко-економічних рішень, які відповідають вимогам Класифікаційних товариств [7].

Питання проектування, методів розрахунку та аналізу суднових автоматизованих електроенергетичних систем висвітлювали у своїх працях ще у 70–90-х роках минулого століття такі вчені, як А.П. Баранов, В.С. Лейкін, А.П. Мещанінов, В.В. Миронов, Л.І. Сергієнко, Г.С. Яковлев та інші [8–12]. В.Ю. Воскобович та Л.А. Льомін досліджували системи електропостачання морських суден уже у 2000-х роках [13–14]. Будову та експлуатацію суднових синхронних генераторів пізніше висвітлював у своїх роботах А.А. Толстов [15]. Наразі викладачами Херсонської державної морської академії Г.І. Растьогіною, М.М. Авраменком, А.А. Івановим разом із студентами проводяться тематичні дослідження на базі сучасної лабораторії суднового високовольтного обладнання.

Постановка завдання. Зважаючи на наявне різноманіття методів аналізу систем електропостачання суден, описів і розрахунків систем, виконаних сучасними конструкторськими бюро, часто недостатній рівень знань із фізики та математики, досить складно майбутньому судновому електромеханіку обрати один зручний і зрозумілий для дослідження суднової електроенергетичної системи метод із метою подальшої її успішної технічної експлуатації на практиці.

Ураховуючи вищесказане, метою статті є розроблення оптимальної стратегії аналізу систем електропостачання морських суден, яка б була зрозумілою і доступною для студентів вищих морських навчальних закладів у процесі формування сфери компетентності майбутнього офіцера-електротехніка. Ця стратегія має базуватися як на класичних методах, так і неодмінно враховувати сучасний технічний розвиток електроенергетичних систем морських суден.

Виклад основного матеріалу дослідження. На підставі аналізу роботи суднових електроенергетичних систем необхідно сформувати у студента загальні поняття: про роботу судна як єдиного комплексу, складником якого є суднова електроенергетична система; про значення суднової електроенергетичної системи в енергетичному

комплексі судна; про загальні принципи будови сучасних систем електропостачання.

Майбутні морські фахівці також мають уміти таке: читати та складати різні типи електричних схем; ухвалювати рішення щодо налагодження та регулювання систем автоматичного управління судновими електроенергетичними системами; забезпечувати якісне технічне обслуговування автоматизованих електроенергетичних установок; своєчасно та доцільно вживати заходів щодо усунення можливих відмов технічних засобів.

Відповідно до вищенаведеного переліку знань та вмінь студентів та враховуючи багаторічний досвід викладання курсу «Суднові автоматизовані електроенергетичні системи», авторами статті пропонується така стратегія аналізу систем електропостачання морських суден:

- 1) збір загальних відомостей про електрообладнання досліджуваного судна;
- 2) дослідження складу і потужності генераторів основної й аварійної електростанцій судна;
- 3) опис та розгляд основної електростанції судна;
- 4) вивчення принципу дії системи збудження й автоматичного регулювання напруги синхронних генераторів;
- 5) обґрунтування вибору акумуляторних батарей;
- 6) визначення параметрів генераторних автоматів, кабелю та шинопроводів;
- 7) перевірка електрообладнання електроенергетичної установки на працездатність в умовах короткого замикання;
- 8) перевірка можливості прямого пуску потужного асинхронного електродвигуна;
- 9) аналіз головного розподільного щита та приладів електровимірювань досліджуваного судна.

Треба зазначити, що цей алгоритм студентів пропонується застосовувати з обов'язковим використанням суднової технічної документації досліджуваного судна. Зазвичай указані матеріали студент збирає під час виробничої плавальної практики. Такий підхід дозволяє максимально наблизитися до реальних умов професійної діяльності: працювати з робочими схемами, діаграмами, використовувати певні розрахунки і довідкові дані, виконані конструкторською фірмою-розробником. Далі наводиться стислий приклад аналізу системи електропостачання балкера «ANATOLIA».

Склад і потужність генераторів основної й аварійної електростанцій судна. Навантаження

генераторів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) залежить від режиму роботи, району плавання, швидкості судна, стану поверхні моря, інших чинників, що мають випадковий характер. Відповідно до Правил класу [7], визначення складу і потужності генераторів основного джерела електричної енергії має проводитися з урахуванням таких режимів роботи судна: ходового; маневрів; аварійного – під час пожежі, пробойни тощо; інших режимів відповідно до призначення судна (стоянка з вантажними операціями і без вантажних операцій для транспортних суден тощо).

Розглядаються експлуатаційні режими, в яких результативне навантаження генераторів очікується мінімальним, максимальним і проміжним між ними. Натепер для визначення електричних навантажень генераторів СЕЕС застосовують такі методи: аналітичний постійних навантажень; аналітичний змінних навантажень; статистичного моделювання на ЕОМ; кореляційних залежностей. Перші три методи засновано на складанні табличної моделі (таблиці навантажень), що відбиває в табличній формі зміну навантаження окремих приймачів електроенергії, підключених до СЕЕС, в різних режимах експлуатації суден і плавзасобів.

Кореляційними залежностями є рівняння і графіки, отримувані в результаті оброблення статистичного матеріалу за прототипами суден методами математичної статистики. Розрахунок потужності основних приймачів електроенергії виконується кореляційним методом.

Аналіз величини навантаження генераторів основної електростанції та аналіз обрання генераторних агрегатів. Метод кореляційних залежностей базується на наявності кореляційних залежностей сумарної встановленої потужності генераторів (P_r) СЕЕС від потужності головних двигунів (N) або повної водотоннажності (V) для кожного типу судна [8–9]. Ці кореляційні залежності зазвичай представлені у вигляді рівнянь і графіків.

Наразі використовується рівняння залежності сумарної потужності генераторів від потужності головних двигунів. Для балкера з вертикальним завантаженням це рівняння має такий вигляд:

$$P_r = \frac{200 \cdot N}{(1 + 0,08 \cdot N)}, \quad (1)$$

де P_r – сумарна встановлена потужність генераторів суднової електростанції, кВт; N – потужність головного двигуна, тис. к.с.

Методом кореляційних залежностей [8] визначається навантаження генераторів у таких режимах роботи судна: стоянка, стоянка із заванта-

женням, ходовий, маневри, аварійний ходовий. Кореляційні залежності й розрахунок активної споживаної потужності P , кВт в різних режимах від встановленої потужності генераторів P_r суднової електростанції наведено в таблиці 1.

На підставі виконаних розрахунків потужності СЕС за режимами роботи судна аналізується доцільність установлених дизель-генераторних агрегатів. Підбір складу генераторних агрегатів виконано з урахуванням забезпечення навантаження генераторів за активною потужністю в тривалих експлуатаційних режимах у межах 60–90% від номінальної, в короткочасних – не нижче 50%. Це дозволить зменшити витрату пального і знизити собівартість електроенергії, що виробляється.

Значення сумарної встановленої потужності генераторів вибирається з урахуванням резерву потужності на модернізацію судна в процесі його експлуатації. Резерв потужності рекомендується приймати 20%. Під час вибору генераторів необхідно враховувати такі вимоги Правил класу [7]:

- на кожному судні повинно бути встановлено не менше двох основних джерел електроенергії, причому одним із них може бути валогенератор;
- потужність генераторів повинна бути такою, щоб під час виходу з ладу будь-якого з них ті, що залишилися, забезпечили живлення відповідальних приймачів електроенергії в режимах: ходовому, аварійному, маневрах.

На судах, стоянка яких без вантажних та інших робочих операцій неминуха в місцях, де не є можливим отримання електроенергії з берега, а завантаження будь-якого генераторного агрегату при цьому нижче мінімально допустимого значення, рекомендується встановлювати один або два генераторні агрегати стоянок. Бажано використовувати генераторні агрегати одного типу. Кількість генераторів СЕЕС здебільшого складає 2–4, при цьому один із них резервний. Під час компонування основних електростанцій СЕЕС дизель-генераторами найбільш переважним є варіант їх рівної потужності.

Таким чином, комплектація суднової електростанції балкера «ANATOLIA» є доцільною – два основні дизель-генератори потужністю 480 кВт кожен і один резервний дизель-генераторний агрегат потужністю 480 кВт.

Результати аналізу обраних генераторних агрегатів представлено в таблиці 2. У таблицю 2 заноситься також коефіцієнт завантаження генераторів $k_{зг}$, який визначається за виразом

$$k_{зг} = \frac{P}{\sum_{i=1}^n P_{нгі}}, \quad (2)$$

де P – фактично споживана активна потужність у режимі, кВт; $\sum_{i=1}^n P_{нгі}$ – сума номінальних потужностей генераторів, що працюють у цьому експлуатаційному режимі, кВт.

Таблиця 1

Кореляційні залежності й розрахунок споживаної активної потужності в різних експлуатаційних режимах роботи судна

Найменування параметра	Режими роботи судна				
	Стоянка без завантаження	Стоянка з завантаженням	Маневри	Ходовий режим	Аварійний ходовий режим
Кореляційна залежність	$P=0,3 P_r$	$P=0,5 P_r$	$P=0,5 P_r$	$P=0,5 P_r$	$P=0,4 P_r$
Потужність, споживана в режимі, кВт	371	619	619	619	495

Таблиця 2

Кількість і потужність генераторів у різних режимах роботи судна

Найменування параметра	Режими роботи судна				
	Стоянка без завантаження	Стоянка з завантаженням	Маневри	Ходовий режим	Аварійний ходовий режим
Потужність, споживана в режимі, кВт	371	619	619	619	495
Кількість і потужність генераторів, що працюють у режимі, кВт	1 x 480	2 x 480	2 x 480	2 x 480	2 x 480
Коефіцієнт завантаження генераторів у режимі	0,77	0,64	0,64	0,64	0,52

Як аварійне джерело на судах застосовують дизель-генератори або акумуляторні батареї. На самохідних судах водотоннажністю 300 т і більше встановлюють аварійні генератори з автоматичним введенням їх у роботу під час зникнення напруги на шинах головного розподільного щита. Аварійний дизель-генератор (далі – АДГ) установлюють для живлення приймачів, що забезпечують людей і судно. До таких приймачів належать такі: аварійне освітлення, системи керування СЕЕС і головною енергетичною установкою, системи сигналізації, радіонавігаційне обладнання, рульовий електропривод, аварійний пожежний насос тощо. Нижче складено таблицю 3 навантажень аварійного режиму з роботою АДГ (машинне відділення не працює).

Визначення номінальної споживаної потужності $P_{н.п.}$ приймача, значення якої указується в графі 4 таблиці 3, визначається виразом

$$P_{н.п.} = \frac{P_{н.у.}}{\eta}, \quad (3)$$

де $P_{н.у.}$ – номінальна встановлена потужність (на валу) приймача відповідно до графі 3;

η – ККД приймача відповідно до паспортних даних на електродвигуни, якщо навантаження рухове.

У графі 5 указується режим роботи. БР – безперервний режим роботи. У графі 6 указується коефіцієнт завантаження приймачів у режимі k_z . У графі 8 указується кількість приймачів, які працюють, m , шт. У графі 9 указується повна активна потужність P , кВт, яка розраховується за формулою

$$P = P_{н.п.} \cdot k_z \cdot m, \quad (4)$$

Значення споживаної реактивної потужності Q , кВАр, вказаній у графі 10 визначається виразом

$$Q = P \tan \phi, \quad (5)$$

де $\tan \phi$ – визначається за значенням коефіцієнта потужності з графі 7.

Після заповнення всіх рядків і граф табличної моделі складається підсумкова таблиця, під час заповнення якої береться коефіцієнт одночасності k_0 роботи всіх приймачів рівним 1, а коефіцієнт втрат $k_n = 1,03$, при цьому реактивними втратами в кабелях нехтують, зважаючи на їх мале значення. За активною споживаною потужністю в режимі підтверджується доцільність вибору ава-

Таблиця 3

Таблиця навантажень аварійного режиму

Найменування приймача електроенергії	Кількість, п, шт.	Ном. встановлена потужність, кВт	Ном. споживана потужність, кВт	Параметри приймача в аварійному режимі					
				Режим роботи	Коефіцієнт завантаження K_z	Коефіцієнт потужності $\cos$	Кіл-ть приймачів, які працюють, m, шт.	Споживана активна потужність, P, кВт	Споживана реактивна потужність, Q, кВАр
Радіоблабнання	1	3,0	3,0	БР	0,8	0,7	1	2,4	2,4
Електро-навігаційні прилади	1	5,0	5,0	БР	0,8	0,7	1	4,0	4,1
Засоби зв'язку	1	11,0	11,0	БР	0,8	0,8	1	8,8	6,6
Рульовий пристрій	2	25,0	29,4	БР	0,5	0,7	1	14,7	15,0
Аварійний пожежний насос	1	37,0	41,1	БР	0,9	0,9	1	37,0	17,9
Насос баластно-осушний	2	17,0	20,0	БР	0,9	0,85	1	18,0	11,2
Освітлення	–	30,0	30,0	БР	1,0	1,0	0,2	6,0	0
Прожектори	1	1,0	1,0	БР	1,0	1,0	1	1,0	0
Підсумкова таблиця									
Сумарна потужність приймачів				–	–	–	–	91,9	57,2
Сумарна потужність приймачів з урахуванням коефіцієнта одночасності				–	$k_0 = 1,0$	–	–	91,9	57,2
Сумарна потужність приймачів з урахуванням коефіцієнта втрат				–	$k_n = 1,03$	–	–	94,6	57,2
Повна розрахункова потужність, кВА				–	–	–	–	110,5 кВА	
Середньозважений $\cos \phi$				–	–	0,84	–	–	–
Кількість і потужність АГ				–	–	–	–	1 · 110 кВт	

рійного дизель-генератора номінальною потужністю 110 кВт. Параметри генераторів основної й аварійної електростанцій навалювального судна «ANATOLIA» заносять у таблицю 4.

На судні береться рід струму змінний, частотою 60 Гц напругою 440 В. Система розподілу електроенергії на балкері «ANATOLIA» для силових приймачів електроенергії трифазна, трипровідна із глухо ізольованою нейтраллю.

Опис основної електростанції балкера «ANATOLIA». На структурній схемі СЕЕС відображаються основні функціональні частини електроенергетичних систем та їх взаємозв'язок (рис. 1).

Структурна схема СЕЕС балкера «ANATOLIA» обрана проектувальником із типових. Структурна схема судової електростанції виконана з однією системою збірних шин. За допомогою вимикачів є можливість розділити головний розподільний щит на секції і здійснити огляд апаратури тих або інших генераторів і відповідних споживачів електроенергії.

Структурна схема СЕЕС передбачає [12; 15]: паралельну роботу всіх генераторів, установлених на електростанції; роздільну роботу окремих генераторів, кожен із яких підключається до окремої секції збірних шин; захист генераторів і ліній електропередачі від ненормальних режимів роботи; прийом живлення з берега або від інших суден; систему керування під час переходу від

одного режиму до іншого; виконання періодичних оглядів і ремонтів головного розподільного щита електростанції при знятій напрузі; можливість виготовлення головного розподільного щита за секціями.

Як аварійні перехідні джерела електроенергії на досліджуваному судні передбачено кислотні акумуляторні батареї типу ML 12-100 в кількості 4 шт., сполучені по дві батареї послідовно у дві групи (основна і резервна).

Далі під час аналізу електропостачання судна обґрунтовується вибір генераторних автоматів, кабелів і шин. Автоматичні вимикачі перевіряють на динамічну стійкість. Виконується розрахунок провалу напруги в мережі під час прямого пуску електродвигуна баластного насоса. Наявні на судні автоматичні вимикачі типу Masterpact NT10 під дією ударного струму КЗ не руйнуються. Установлюється, що під час прямого пуску електродвигуна баластного насоса виникає неприпустимо великий провал напруги, тому рекомендований пуск за допомогою пристрою плавного пуску.

Висновки. Отримані результати виконаного авторами дослідження доводять важливість виконання аналізу систем електропостачання морських суден під час формування сфери компетенції судового офіцера-електротехніка. Ґрунтуючись на особистому досвіді підготовки морських фахівців, розроблено оптимальну

Рис. 1. Структурна схема СЕЕС навалювального судна «ANATOLIA»: СЕ – споживач енергії, ЩЖБ – щит живлення з берега

Таблиця 4

Комплектація судової електростанції балкера «ANATOLIA»

№	Призначення генераторів	Потужність кВт	Тип	К-ть	Напруга
1	Основний	480	Drip-proof Self ventilation type	2	450 В
2	Резервний	480		1	450 В
3	Аварійний	110		1	450 В

стратегію аналізу, яка містить дев'ять складників і відповідає сучасним міжнародним вимогам [1; 4]. Представлено стислий приклад аналізу системи електропостачання балкера «ANATOLIA». Уважається, що, застосовуючи запропонований підхід, студенти можуть з упевненістю застосовувати отримані теоретичні знання у власній майбутній професійній діяльності.

Застосування дистанційної та комбінованої підготовки суднових офіцерів-електротехніків із використанням тренажера машинного відділення Wartsila ERS 5000 TechSim у складі лабораторно-тренажерної бази Херсонської державної морської академії, а також Digital Cloud Simulation Technologies є перспективними напрямками досліджень авторського колективу.

Список літератури:

1. International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers / IMO. London: Ashford Press, 2011. 450 p.
2. Про вищу освіту : Закон України від 1 липня 2014 р. № 1556-VII / Верховна Рада України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення: 19.01.2021).
3. Casey, K., & Sturgis, C. Levers and Logic Models: A Framework to Guide Research and Design of High-Quality Competency-Based Education Systems (Competency Works Report). Vienna: iNACOL. (ERIC Document Reproduction Service No. ED590519), 2018. 55 p.
4. Model Course 7.08 Electro-Technical Officer / IMO. London: Ashford Press, 2014. 190 p.
5. Continuing Professional Development (CPD). London, 2019. URL: <http://www.nautinst.org> (дата звернення: 19.01.2021).
6. Zavalniuk, O., Nesterenko, V., & Zavalniuk, I. Engaging maritime students in lifelong learning as teacher's prime mission [Abstract]. Proceedings of the Informing Science and Information Technology Education Conference, Jerusalem, Israel, Santa Rosa, CA: Informing Science Institute. <https://doi.org/10.28945/4245>, 2019. pp. 449-452.
7. IACS produces recommendations and guidelines. London, 2021. URL: <http://www.iacs.org.uk/publications/recommendations/> (дата звернення: 19.01.2021).
8. Яковлев Г.С. Судовые электроэнергетические системы. Ленинград : Судостроение, 1980. 387 с.
9. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. Москва : Транспорт, 1988. 238 с.
10. Лейкин В.С. Судовые электрические станции и сети. Москва : Транспорт, 1991. 256 с.
11. Мещанинов А.П. Автоматизация судовых электроэнергетических систем. Ленинград : Судостроение, 1970. 367 с.
12. Сергиенко Л.И., Миронов В.В. Электроэнергетические системы морских судов. Москва : Транспорт, 1991. 264 с.
13. Воскобович В.Ю. и др. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. Санкт-Петербург : Элмор, 2001. 384 с.
14. Лемин Л.А. и др. Эксплуатация судовых систем электроснабжения. Санкт-Петербург : «Элмор», 2006. 185 с.
15. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов. Одесса, 2006. 150 с.

Zavalniuk O.P., Rastogina G.I., Zavalniuk I.P., Nesterenko V.B. THE SHIP POWER SUPPLY SYSTEMS' ANALYSIS AS A COMPONENT OF THE SPHERE ELECTRO-TECHNICAL OFFICER'S COMPETENCE FORMATION

The research highlights the sphere of the future ship's electrician's competence formation. The significance of educational programs systematic updating for training marine specialists has been proved. Three functions have been defined which must be carried out by a ship's electrician after mastering the relevant educational program. The classic training course "Ship Automated Power Systems" has been considered in detail having paramount importance in the educational and professional training of bachelors in a particular specialization. Attention has been focused on the skills and abilities of students to freely carry out the analysis of ship power supply systems. This allows students to deepen their knowledge of the basics of building control systems for ship power systems, their quality operate, maintenance and repair in own future professional activities. The optimal strategy for the analysis of marine power supply systems has been developed, which is clear and accessible to students of higher maritime educational institutions in the process of forming the sphere of the future electro-technical officer's competence. This strategy is based on both classical methods and takes into account the modern technical development of ship power systems. The algorithm contains nine components and meets modern requirements and recommendations of the International Maritime Organization. The

student is asked to apply this strategy with the obligatory use of the ship's technical documentation, which he can obtain during the shipboard practice. This approach allows student to get as close as possible to the real conditions of professional activity on a seagoing vessel. A brief example of the power supply system's analysis of the bulk carrier "ANATOLIA" with the structural scheme of the ship's power system has been given, in which the composition and capacity of the generators of the main and emergency power plants of the studied vessel have been covered in detail. The loads' table of an emergency mode of the bulk carrier and sequence of its formation has been given. Perspective directions of author's team researches according to the idea of continuous professional development of the marine specialist have been outlined.

Key words: *ship electrician, competence, educational program, discipline, ship's power supply system.*