

УДК 629.5.064.5

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ НА ПОЛНОМАСШТАБНОМ ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ

Н. И. Муха

Одесская национальная морская академия

ул. Дидрихсона, 8, г. Одесса, 65029, Украина. E-mail: mykola_mukha@hotmail.com

Представлена концепция практической подготовки судовых электромехаников на базе полномасштабного тренажерного комплекса судовой автоматизированной электроэнергетической системы и микроконтроллерного управления судовыми электромеханическими системами, соответствующая требованиям Международной Конвенции ПДНВ 78 с манильскими поправками 2010. Тренажерный комплекс обеспечивает адекватное воспроизводство эксплуатационных ситуаций по техническому использованию реального судового оборудования и подготовку по мониторингу, контролю и управлению генераторными агрегатами в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах работы электростанции, контролю и управлению электромеханическими системами, а также решению задач параметрирования, визуализации и т.п.

Ключевые слова: судовая автоматизированная электроэнергетическая система, микроконтроллерные технологии управления, главный распределительный щит, судовые электромеханические системы.

ПРАКТИЧНА ПІДГОТОВКА СУДОВИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКІВ НА ПОВНОМАСШТАБНОМУ ТРЕНАЖЕРНОМУ КОМПЛЕКСІ

М. Й. Муха

Одеська національна морська академія

вул. Дідріхсона, 8, м. Одеса, 65029, Україна. E-mail: mykola_mukha@hotmail.com

Надано концепцію практичної підготовки судових електромеханіків на базі повномасштабного тренажерного комплексу судової автоматизованої електроенергетичної системи і мікроконтролерного управління судовими електромеханічними системами, що відповідає вимогам Міжнародної Конвенції ПДНВ 78 з манильськими поправками 2010. Тренажерний комплекс забезпечує адекватне відтворення експлуатаційних ситуацій по технічному використанню реального судового устаткування і підготовку по моніторингу, контролю і управлінню генераторними агрегатами в ручному, напівавтоматичному й автоматичному режимах роботи електростанції, контролю й управлінню електромеханічними системами, а також вирішенню завдань параметрування, візуалізації й т.ін.

Ключові слова: судова автоматизована електроенергетична система, мікроконтролерні технології управління, головний розподільний щит, судові електромеханічні системи.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Безопасность судоходства во многом определяется надежностью действия судовых систем «человек–машина» и должна быть в основе современных методов инженерной подготовки [1]. Сегодня судовые электромеханики должны обладать широким диапазоном профессиональных знаний и навыков: от работы с ручным инструментом и измерительными приборами до использования современных компьютерных технологий, обеспечивая как вахтенное, так и безвахтенное обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики.

Манильская Конвенция ПДНВ 2010 г. [2] внесла существенные изменения и дополнения в стандарты компетентности для судовых электромехаников (раздел А – III/6), что требует разработки и освоения новых программ как теоретической, так и практической подготовки. Согласно новой Конвенции, длительность практической подготовки должна быть не менее 12 месяцев, из которых не менее шести – на судне. В связи с этим усиливается актуальность практической подготовки, которая должна проводиться в одобренных лабораторных и тренажерных комплексах морских учебных заведений.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Электрооборудование и электронные средства авто-

матики современного судна отличаются большей энергонасыщенностью и высоким уровнем автоматизации на базе современных компьютерных технологий управления. Наличие указанного силового оборудования и систем автоматизации принципиально изменили методику их технической эксплуатации, диагностику неисправностей, наладку. Практически все современные системы управления судовыми электроэнергетическими и навигационными комплексами интегрированы в единую общесудовую систему автоматизации, имеют гибкую систему перепрограммирования режимов работы. Все это многообразие и сложность задач обуславливают необходимость высокого уровня подготовки и эрудиции судового инженера для обеспечения необходимого уровня технического обслуживания современного электрооборудования и электронных средств автоматики.

Однако большое количество практических задач и эксплуатационных ситуаций по управлению сложными судовыми электромеханическими системами и комплексами в силу объективных причин, связанных с режимом эксплуатации и обеспечением живучести и безопасности судна, не могут рассматриваться в необходимом для современного специалиста объеме.

Объектами профессиональной деятельности судового электромеханика, на которые в основном направлено его внимание и функционирование которых необходимо обеспечить, являются конкретные судовые технические средства и системы, а не их виртуальные аналоги. Адекватность воспроизведения эксплуатационных ситуаций по техническому обслуживанию и использованию реального судового оборудования и средств автоматизации, по нашему мнению, возможна и целесообразна только на реальном оборудовании.

Поэтому разработка специализированных, реально функционирующих (не виртуально) и максимально приближенных к судовой конфигурации тренажерных комплексов на базе реального оборудования и современных микроконтроллерных технологий управления позволит решить очень важные проблемы подготовки будущих судовых инженеров.

С целью соответствия подготовки судовых инженеров требованиям Конвенции ПДНВ 78 с манильскими поправками 2010 (раздел А –III/6) на кафедре судовой электромеханики и электротехники Одесской национальной морской академии разработан и создается при поддержке мировых электротехнической компаний Schneider Electric, Mitsubishi Electric, SELCO, отечественной электротехнической компании КСИМЕКС и Одесского морского тренажерного центра тренажерный комплекс, состоящий из тренажера судовой автоматизированной электроэнергетической системы (САЭЭС) и тренажера микроконтроллерного управления судовыми электромеханическими системами (МУСЭМС).

Основная идея и подход при разработке и создании тренажерного комплекса заключается в том, что в практической подготовке судовых электромехаников должно использоваться только реально функционирующее и максимально приближенное к современной конфигурации судовое оборудование и средства автоматизации, причем одобренные основными Морскими Классификационными Обществами. Разрабатываемые тренажеры в полном объеме соответствуют требованиям стандартов, которые определяют использование тренажеров для практической подготовки (раздел А-I/12, часть 1 – эксплуатационные требования) Конвенции ПДНВ 78 с манильскими поправками. Гибкость конфигурации оборудования и системы автоматизации расширяет функциональные возможности по модернизации, интегрирования дополнительного оборудования и программных продуктов (например, LABVIEW) и т.п. Все оборудование комплекса, включая отдельные элементы, а также средства автоматизации объединены в единую коммуникационную управляющую и информационную сеть с поддержкой основных коммуникационных протоколов, используемых на судах, таких, как Modbus, Fieldbus, CANopen, Ethernet, а также с возможностью удаленного управления и передачи данных.

Тренажеры комплекса предназначены для обучения курсантов и студентов морских учебных заведений, а также подготовки судовых специалистов (механиков и электромехаников) по несению вахты и обслуживанию современных интегрированных сис-

тем автоматического управления судовой электростанцией и отдельными судовыми электромеханическими системами. Тренажеры адекватно воспроизводят эксплуатационные ситуации по техническому обслуживанию и использованию реального судового оборудования и средств автоматизации, обеспечивают подготовку по мониторингу, контролю и управлению дизель-генераторными агрегатами в ручном, автоматизированном и автоматическом режимах работы электростанции, контролю и управлению электромеханическими системами, а также решению задач параметрирования, визуализации и т.п. Кроме комбинаций режимов мониторинга, контроля и управления в тренажерах предусмотрена возможность имитации различных неисправностей, что позволяет сконцентрировать внимание обучаемого на работе системы автоматического управления в аварийных ситуациях и отработать действия вахтенного в условиях поиска, локализации и устранения неисправностей оборудования [3].

Тренажер САЭЭС состоит из главного распределительного щита (ГРЩ), трех основных и одного аварийного генераторных агрегатов, судовых потребителей электроэнергии и 15 пользовательских рабочих мест операторов.

ГРЩ состоит из восьми секций (рис. 1, 2): двух секций синхронных генераторов (№ 1, № 2); секции асинхронного генератора и регулирования реактивной энергии ($\cos \varphi$); секции синхронизации и управления; секции потребителей № 1 и аварийного генератора; секции потребителей № 2 и высоковольтного трансформатора; секции питания с берега (от сети учебного корпуса); секции высоковольтного оборудования 6,6 кВ. В ГРЩ встроена система автоматического управления судовой электростанцией (Power Management System, PMS) на базе микроконтроллеров C6200 и M2500 фирмы SELCO. PMS состоит из четырех микроконтроллеров C6200, встроенных в каждую генераторную секцию.

Основная электростанция состоит из двух дизель-генераторных агрегатов модели GMS10PXS фирмы Powerlink Machine Co, номинальной мощностью 8 кВт, напряжением 380/220 В. Приводные двигатели синхронных генераторов № 1 и № 2 – дизели типа PX380G, 1500 об/мин, количество цилиндров – 4L, охлаждение водяное. Управление дизелями осуществляется микроконтроллерами M2500 фирмы SELCO, которые встроены в каждую секцию синхронного генератора. Синхронный бесщеточный генератор типа P1044E фирмы Stamford, третьим основным генератором является асинхронный генератор (АГ) (типа АИР 100S4) с конденсаторным возбуждением мощностью 3,0 кВт, 220/380 В, 50 Гц; приводной двигатель АГ – асинхронный электродвигатель типа АИР 100 L4 мощностью 4,0 кВт. Для питания и управления приводным электродвигателем АГ в секции АГ установлен преобразователь частоты фирмы Schneider Electric. Altivar 71. В состав аварийного распределительного щита (АРЩ) входит аварийный дизель – генератор мощностью 5 кВт, типа GE188D с автоматикой дистанционного запуска, а также соответствующие потребители.

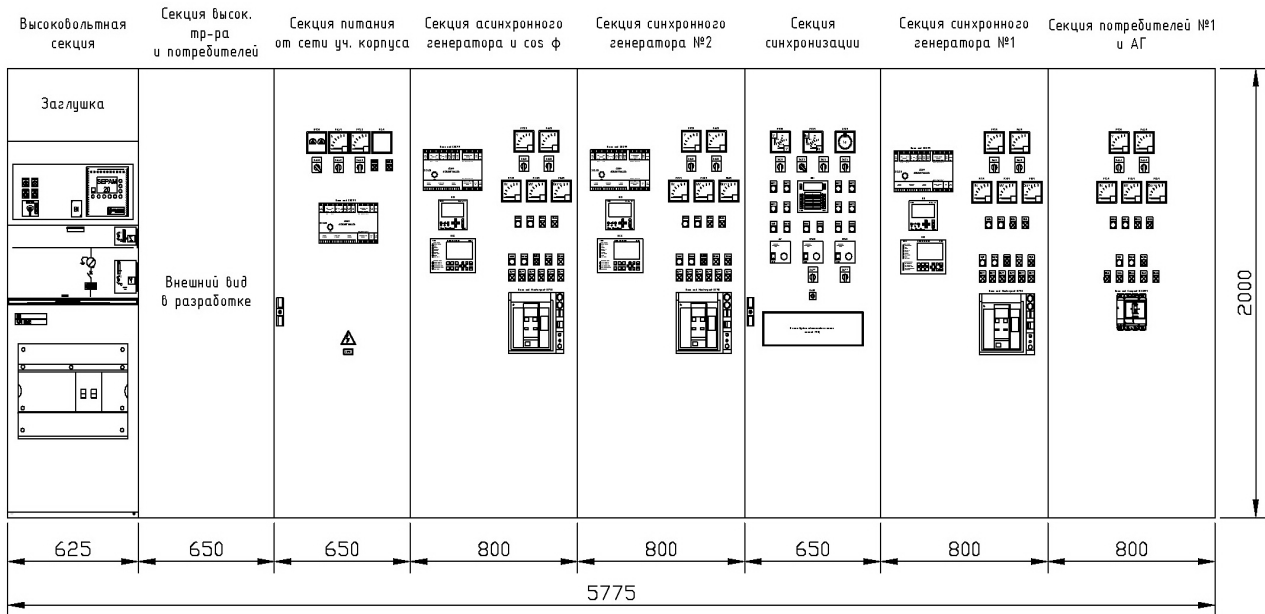


Рисунок 1 – Общий вид ГРЩ

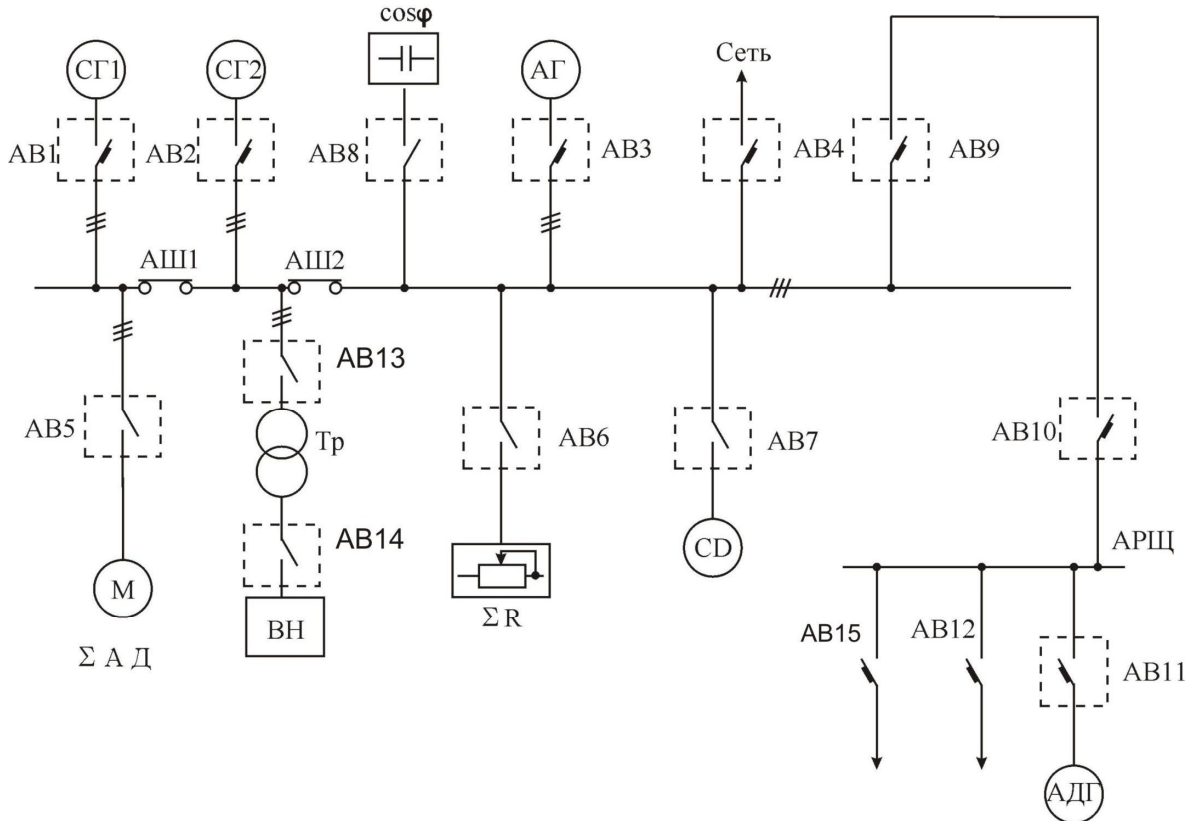


Рисунок 2 – Однолинейная схема ГРЩ: АВ14 – вакуумный (6–10 кВ) автоматический выключатель серии Evolis (Merlin Gering) 7P1630; АВ1, АВ2 – автоматический выключатель серии Masterpact NT(NW) NT 06 с блоком контроля и управления Micrologic-7Н; АВ3, АВ4, АВ9 – АВ11 – автоматический выключатель серии Compact NSX NSX100N с электронным расцепителем Micrologic-5; АВ5–АВ7 – автоматический выключатель серии EasyPact; АВ8, АВ12, АВ13, АВ15 – автоматический выключатель серии NG125N 4P; ТВ1–ТВ2 – секционные выключатели–разъединители нагрузки Interpact INS-40-160 4P; cos φ – конденсаторные установки АКУТ-0,4 кВ для автоматической компенсации реактивной мощности; СГ1–СГ2 – синхронные генераторы (бесщеточные) фирмы Stamford с приводными дизелями SMS10PXS фирмы PowerLink с электронными системами регулирования оборотов дизеля и напряжения возбуждения; АДГ – аварийный дизель-генератор; АРЩ – аварийный распределительный щит; АГ – асинхронный генератор с конденсаторным возбуждением; СД – синхронный двигатель с нагрузочным генератором; ВН – высоковольтная нагрузка; Σ А Д – суммарная двигательная нагрузка (тренажер МКУСЭМС); Σ R – суммарная активная нагрузка

На базе программируемых логических контроллеров FX3U и серии Q фирмы Mitsubishi Electric, частотных преобразователей FR-A740, FR-A540, Altivar 71 фирмы Schneider Electric и другого оборудования разработан тренажер микроконтроллерного управления судовыми электромеханическими системами, являющегося потребителем судовой электростанции и состоящего из 13 различных судовых комплектов электроприводов. Рабочим механизмом каждого из электроприводов служит нагрузочный генератор, соединенный с валом конкретного электродвигателя, нагрузка которого, в свою очередь, имитируется подключением с помощью соответствующего микроконтроллера нагрузочных резисторов в соответствии с характерной нагрузкой реального судового механизма.

Для дистанционного управления и контроля тренажерным комплексом используется специальное программное обеспечение M-Vision (SCADA), посредством которого можно управлять как электростанцией, так и отдельными электромеханическими объектами в автоматизированном или автоматическом режимах работы, проследить за рабочими параметрами объектов управления с любого рабочего места. Компьютеры преподавателя и операторов объединены в сеть (15 рабочих мест), что дает возможность передачи управления тренажерами в целом или его локальным объектом любому обучаемому.

Краткий перечень задач, решаемых на тренажерном комплексе:

- отработка навыков работы с микроконтроллерами; изучение структуры меню микроконтроллера, кнопок управления; знакомство с программой для конфигурации микроконтроллеров; программирование, настройка и мониторинг микроконтроллера с помощью сервисного программного обеспечения; подключение к микроконтроллерам и использование дополнительных устройств (панели оператора, удаленного дисплея, ПК) и т.п.;

- изучение и практическая отработка действий оператора в различных режимах управления электростанцией; аварийные сообщения и работа оператора с журналами аварий и событий; изучение особенностей настройки защит и параметров регуляторов; проработка вопросов подключения и настройки микроконтроллеров для решения задач автоматизации типовых электростанций; изучение и настройка защит и параметров регуляторов; детальное изучение различных режимов работы электростанции и ее комплектации;

- изучение и настройка параметров коммуникационных протоколов обмена данными между микроконтроллерами, контроллером двигателя, системой дистанционного управления и мониторинга.

Указанные тренажеры спроектированы также и для обеспечения научной и научно-технической подготовки магистров, аспирантов и докторантов, проведения фундаментальных и прикладных исследований в области эксплуатации и автоматизации морских транспортных средств. Это, безусловно, будет способствовать повышению качества образо-

вания. Основные направления научно-исследовательских работ, которые могут выполняться на базе оборудования тренажерного комплекса, следующие:

- повышение эффективности работы судовой электроэнергетической установки путем оптимальной компоновки электростанции с системой динамической компенсации реактивной энергии [3, 4];

- энергосбережение средствами судового автоматизированного электропривода, создание интеллектуальных систем управления судовыми автоматизированными электромеханическими комплексами [6];

- создание интеллектуальных систем контроля, управления и мониторинга судовыми энергетическими установками – главными и вспомогательными, включая отдаленный мониторинг [5, 7].

ВЫВОДЫ. Будущий судовой электромеханик, изучив реально функционирующее, сложное оборудование, получает достаточные знания, позволяющие эффективно реализовывать требуемые функции управления, технической эксплуатации, задачи диагностики, параметризации, что весьма актуально для современного инженера. Это, несомненно, повысит безопасность эксплуатации судна и оборудования, а также позволит оперативно решать конкретные инженерные задачи.

Программа тренажерной подготовки полностью охватывает минимальные компетенции, знания, понимания и профессионализм, указанные в разделе А-III/6 Международной Конвенции STCW 78 для судовых электромехаников.

Время обучения на подобных, реально функционирующих и максимально приближенных к судовой конфигурации тренажерных комплексах, может быть зачтено в общем двенадцатимесячном цензе практической подготовки. Это важно, если иметь в виду, что в судовых условиях не всегда есть возможность имитации всевозможных аварийных ситуаций и режимов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланчуковский В.И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками: учебник. – Одесса: Астропринт, 2004. – 232 с.
2. International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978). – London: IMO, 2011. – 296 p.
3. Муха Н.И., Дранкова А.О., Волошин В.Н. и др. Тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы // Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал. – Харьков: ХАИ, 2011. – № 9 (86). – С. 207–211.
4. Вишневецкий Л.В., Муха Н.И., Дудко С.А. Управление судовыми конденсаторными установками компенсации реактивной энергии // Электротехнические и компьютерные системы. Тематический выпуск. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. Научно-технический журнал – К.: Техніка, 2011. – № 3 (79). – С. 330–333.

5. Миська А.Р., Дранкова А.О., Муха Н.И. Информационный подход к мониторингу технического состояния судовых дизель-генераторных установок. *Авиационно-космическая техника и технология: Научно-технический журнал*. – Харьков: ХАИ, 2010. – № 8 (75). – С.136–139.

6. Муха Н.И., Павленко С.С., Бурлака Д.Н. Управление пусковыми режимами мощных судовых электроприводов. // *Материали науково-методичної*

конференції. Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки. – Одеса: ОНМА, 2011. – С. 25–28.

7. Дранкова А.О., Миська А.Р., Михайков С.С. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования технического состояния судовых дизель-генераторов // *Материали науково-методичної конференції*. Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки. – Одеса: ОНМА, 2011. – С. 20–22.

PRACTICAL PREPARATION OF SHIP ELECTRO-TECHNICAL OFFICER ON FULL SCALE SIMULATOR COMPLEX

N. Mukha

Odessa National Maritime Academy

ul. Didrihsona, 8, Odessa, 65029, Ukraine. E-mail: mykola_mukha@hotmail.com

Conception of practical preparation for ship electro-technical officers on the full scale simulator complex of ship power management system and PLC control the ship electromechanics systems is presented in accordance with the requirements of International Convention STCW 78. A simulator complex provides adequate reproduction of operating situations on the technical use of the real ship equipment and preparation on monitoring, control and management generator sets in the hand, semi-automatic and automatic modes of operations of power-station, to control and management the electromechanics systems, and also to the decision of tasks of parametrizing, visualization etc

Key words: ship electrical power management system, PLC technologies of control, main switch board, ship electromechanics systems.

REFERENCES

1. Lanchukovky V.I. *Safe management of ship power plants: Textbook*. – Odessa: Astroprint, 2004. – 232 p. [in Russian]

2. *International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 1978 (STCW 1978)*. – London: IMO, 2011. – 296 p.

3. Mukha N., Drankova A., Voloshin V. and oth. Simulator of ship automated power management system // *Aerospace engineering and technology: Scientific and technical journal*. – Kharkov: KhAI, 2011. – № 9 (86). – PP. 207–211. [in Russian]

4. Vishnevsky L., Mukha N., Dudko S. The control of the ship capacitor sets of reactive energy // *Electrotechnics and computer system. Subject vol. The problems of automated electrical drive. Theory and practice. Scientific and technical journal* – K.: Technika, 2011. – № 3 (79). – PP. 330–333. [in Russian]

5. Miska A.R., Drankova A.O., Mukha N. Information approach to monitoring of operating condition of the ship diesel generator sets // *Aerospace engineering and technology: Scientific and technical journal*. – Kharkov: KhAI, 2010. – № 8 (75). – PP. 136–139. [in Russian]

6. Mukha N., Pavlenko S. Burlaka D. The control of starting mode of ship electric drives // *Materials of scientific and technical conference. Topical questions of ship electrotechnics and radiotechnics*. – Odessa: ONMA, 2011. – PP. 25–28. [in Russian]

7. , Drankova A., Miska A., Mihajkov S. Neuronet algorithms of prognostication the technical condition of ship diesel generator sets // *Materials of scientific and technical conference. Topical questions of ship electrotechnics and radiotechnics*. – Odessa: ONMA, 2011. – PP. 20–22. [in Russian]

Стаття надійшла 23.07.2012.

Рекомендовано до друку

к.т.н., доц. Гладирем А.І.