

УДК [621.436:629.5]:[681.518.54:004.891]

А. И. Надеев, Буй Хай Нгок, Ф. В. Свирепов

ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

A. I. Nadeev, Bui Hkai Ngok, Ph. V. Svirepov

DIAGNOSTICS OF TECHNICAL STATE OF MARINE DIESEL ENGINES BASED ON DATA MINING

Условия эксплуатации судовых дизелей, в отличие от стационарных, характеризуются нестабильностью. Это связано с рядом факторов, характерных для морской эксплуатации: бортовая, килевая и вертикальная качка; переменные влажность, температура и давление окружающей среды; необходимость осуществления маневров и связанные с этим переменные нагрузочные режимы; частый переход на разные сорта топлив: от легкого дизельного до тяжелого; влияние человеческого фактора. Учитывая объективно существующую неопределенность, неполноту и нечеткость информации об объекте при разработке базы знаний и механизмов вывода экспертных систем, целесообразно использовать аппарат нечеткой логики, позволяющий объективно оценить техническое состояние и более обоснованно принимать решения по управлению ремонтом судового оборудования. Предложенная модель экспертной системы оценки и прогнозирования технического состояния на основе интеллектуального управления с учетом неисправности оборудования обеспечивает повышение экономичности, увеличение ресурсных характеристик и продление межремонтного периода эксплуатации судовых дизелей.

Ключевые слова: судовой дизель, нечеткая логика, интеллектуальное управление и диагностирование.

Operating conditions of marine diesel engines, as opposed to fixed, are characterized by instability. This is due to a number of factors specific to marine use: platform, pitching and heave; variable humidity, temperature and ambient pressure, the need for maneuvers and the associated variable loading regimes; frequent transfer to different grades of fuel: light diesel to heavy, the human factor. Taking into account the objectively existing uncertainty, incomplete and unclear information about the object in the development of knowledge base and inference of expert systems, it is advisable to use the apparatus of fuzzy logic, allowing an objective assessment of technical condition, and more than justified to take decisions on the management of marine equipment repair. The developed model of expert system of assessment and prediction of the technical state based on intelligent control taking into account the equipment failure provides the increase of economic performance, resource characteristics and the duration of overhaul period ship diesel exploitation.

Key words: the marine diesel engine, fuzzy logic, the intellectual management and diagnosing.

Анализ эксплуатационных качеств элементов судовых энергетических установок показывает, что наибольшие эксплуатационные потери связаны с отказами главных и вспомогательных дизелей. При этом 70–90 % всех отказов приходится на главные дизели и обслуживающие их системы и 10–18 % – на вспомогательные дизели [1]. В связи с этим диагностика дизелей по параметрам их состояния является актуальной и позволяет техническому персоналу осуществлять их эффективную и безаварийную эксплуатацию.

В настоящее время используется и разрабатывается много информационных систем, методов и средств контроля и диагностики технического состояния судового оборудования. Вместе с тем необходимо совершенствование существующих и разработка новых технологий и практических методов, которые обеспечивали бы более эффективное техническое обслуживание и ремонт судового оборудования по техническому состоянию.

Одним из направлений, определяющих повышение качества информационных технологий контроля и диагностики технического состояния, следует считать интеллектуализацию процессов обработки диагностической информации с использованием технологии экспертных систем, которые способны обеспечить повышение качества распознавания технического состояния объекта [2].

Экспертная система (ЭС) – это программный продукт, позволяющий имитировать творческую деятельность или усилить интеллектуальные возможности специалиста-эксперта в части выбора решений в конкретной области, накопленный опыт [3].

Упрощенная структурная схема ЭС оценки и прогнозирования технического состояния и принятия решений о дальнейшей эксплуатации электрооборудования электроэнергетических систем показана на рис. 1.

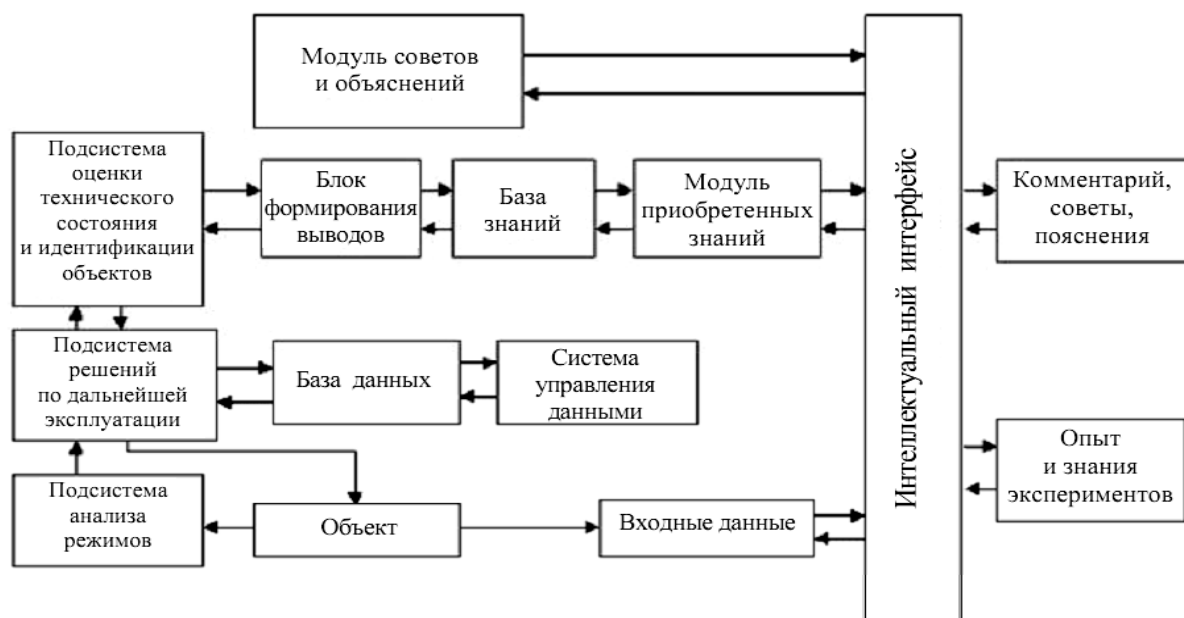


Рис. 1. Упрощенная структурная система экспертной системы

Целью исследований являлась разработка модели ЭС оценки и прогнозирования технического состояния на основе интеллектуального управления с учетом неисправности оборудования.

Условия эксплуатации судовых дизелей, в отличие от стационарных, характеризуются нестабильностью. Это связано с рядом факторов, характерных для морской эксплуатации: бортовая, килевая и вертикальная качка; переменные влажность, температура и давление окружающей среды; необходимость осуществления маневров и связанные с этим переменные нагрузочные режимы; частый переход на разные сорта топлив: от легкого дизельного до тяжелого; влияние человеческого фактора. Учитывая объективно существующую неопределенность, неполноту и нечеткость информации об объекте при разработке базы знаний и механизмов вывода ЭС, целесообразно использовать аппарат нечеткой логики [4], позволяющий объективно оценить техническое состояние и более обоснованно принимать решения по управлению ремонтом судового оборудования.

Для разработки нечетких ЭС необходимо построить нечеткое отношение, которое содержательно описывает упрощенную ситуацию поиска неисправности главного судового дизеля. С этой целью в качестве первого универсума рассмотрим множество предпосылок или причин неисправности $X = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5\}$, в котором:

- X_1 – «Поломка цилиндропоршневой группы»;
- X_2 – «Отказы подшипников и элементов кривошипно-шатунного механизма»;
- X_3 – «Неисправность системы топливоподачи»;
- X_4 – «Неисправность системы охлаждения»;
- X_5 – «Неисправность масляной системы».

В качестве второго универсума рассмотрим множество проявлений неисправности $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6\}$, в котором:

- Y_1 – «Уменьшение мощности двигателя»;
- Y_2 – «Увеличенная подача топлива»;
- Y_3 – «Изменение состава и цвета выхлопных газов»;

- Y4 – «Высокая температура водоохлаждения»;
- Y5 – «Уменьшение давления смазочного масла»;
- Y6 – «Пропуск выпускного клапана».

При этом между каждым элементом множества предпосылок и каждым элементом множества следствий существует некоторая причинная взаимосвязь. Особенность построения нечеткой модели для описываемой ситуации заключается в том, что рассматриваемая причинная взаимосвязь не является однозначной. Более того, с учетом субъективного опыта конкретного механизма, марки двигателя, условий его эксплуатации и других факторов эта причинная взаимосвязь наиболее адекватно может быть представлена в виде бинарного нечеткого отношения $P = \{(x_i, y_j), \mu_p(x_i, y_j)\}$, заданного на базисных множествах X и Y. В этом случае функция принадлежности $\mu_{\Omega}(x_i, y_i)$ этого бинарного нечеткого отношения количественно описывает влияние в том, что та или иная причина неисправности может привести к тому или иному следствию. Матричная диагностика судового дизеля может быть представлена в форме таблицы.

Параметры причины неисправности	Параметры диагностики					
	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
X1 – «Поломка цилиндропоршневой группы»	1	1	1	1	0	1
X2 – «Отказы подшипников и элементов кривошипно-шатунного механизма»	1	0	0	0	1	0
X3 – «Неисправность системы топливоподачи»	1	1	1	0	0	0
X4 – «Неисправность системы охлаждения»	1	1	1	1	0	0
X5 – «Неисправность масляной системы»	1	1	0	0	1	0
Сумма отношения	5	4	3	2	2	1

Для реализации процесса нечеткого моделирования воспользуемся соответствующей библиотекой нечеткой логики (Fuzzy Logic Toolbox) из пакета MATLAB (рис. 2).

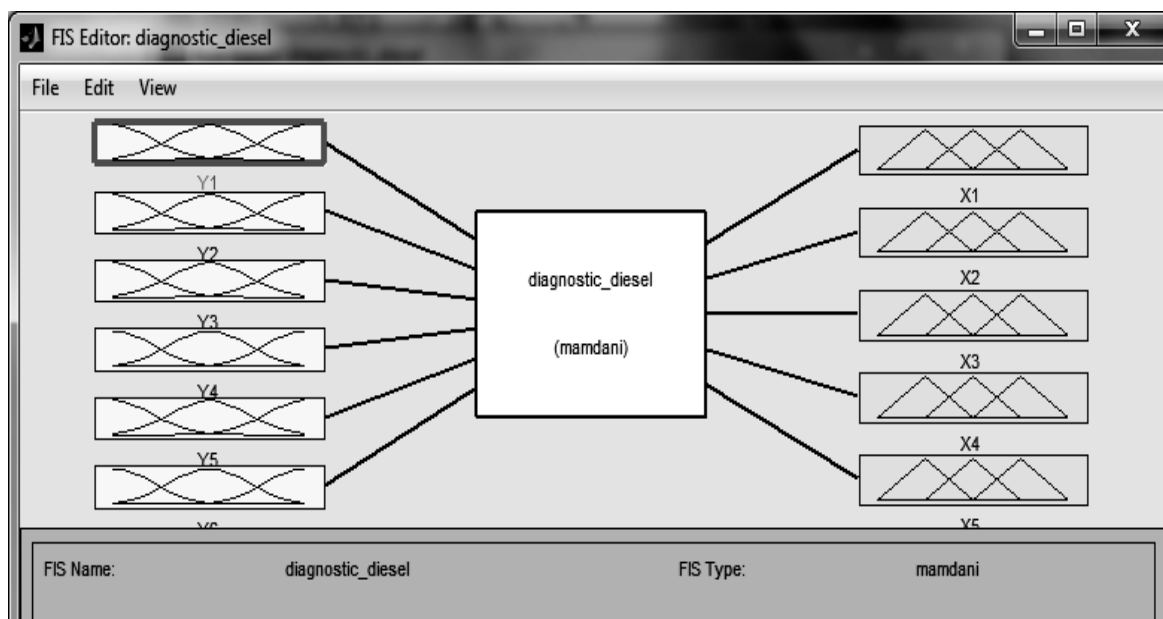


Рис. 2. Графический интерфейс редактора нечеткой логики

Для формирования базы правил систем нечеткой логики необходимо предварительно определить входные и выходные лингвистические переменные. В качестве обоих входных и выходных параметров системы нечеткой логики будем использовать множество: $T_i = \{\text{«very good»}, \text{«good»}, \text{«mid»}, \text{«bad»}\}$. При этом каждый из термов обеих входных и выходных переменных будем оценивать от 0 до 100 % (рис. 3).

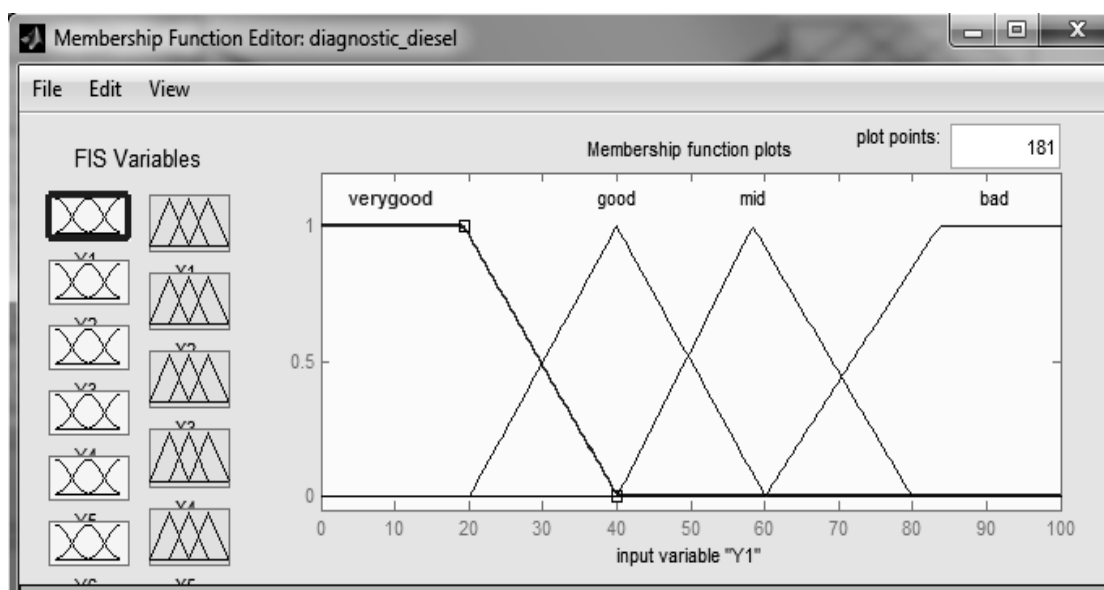


Рис. 3. Редактор функций принадлежности входных и выходных параметров системы нечеткой логики

С учетом сделанных уточнений рассмотренная субъективная информация о причине неисправности судового дизеля может быть представлена в форме 256 правил нечетких продукций (рис. 4).

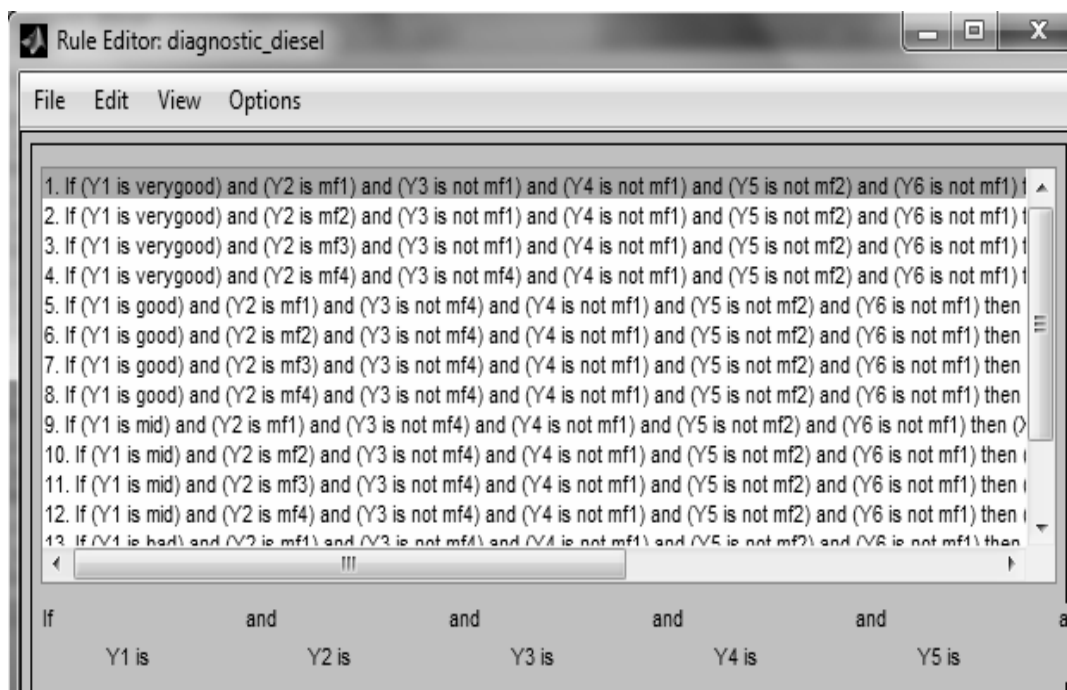


Рис. 4. Редактор правил нечеткой логики

Процедура нечеткой логики, выполненная системой MATLAB для разработанной нечеткой модели, выдает в результате значение выходных переменных причин неисправности (рис. 5). Проверка построенной модели может быть выполнена для нескольких значений выходных переменных. Сравнение результатов нечеткой логики для этих значений входных переменных, полученных на основе численных расчетов и с помощью разработанной нечеткой модели MATLAB, показывает хорошую согласованность модели и подтверждает ее адекватность в рамках рассматриваемой модели.

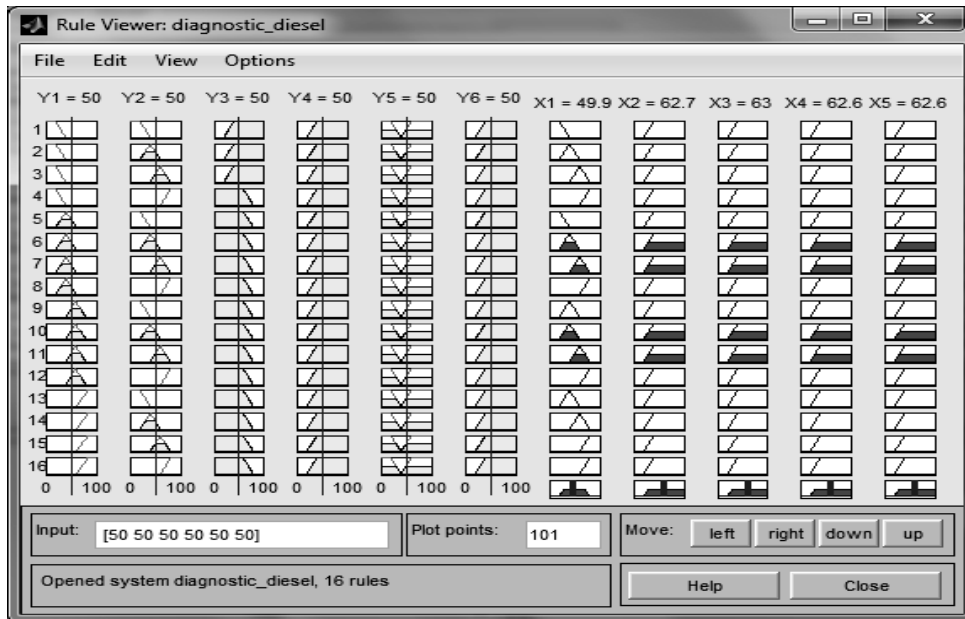


Рис. 5. Программа просмотра правил нечеткой логики

Для общего анализа адекватности разработанной нечеткой модели также может оказаться полезной визуализация соответствующей поверхности нечеткой логики. На рис. 6 представлена взаимосвязь между входными переменными (Y1 – «Уменьшение мощности двигателя»; Y2 – «Увеличенная подача топлива») и выходной переменной (X1 – «Поломка цилиндропоршневой группы»).

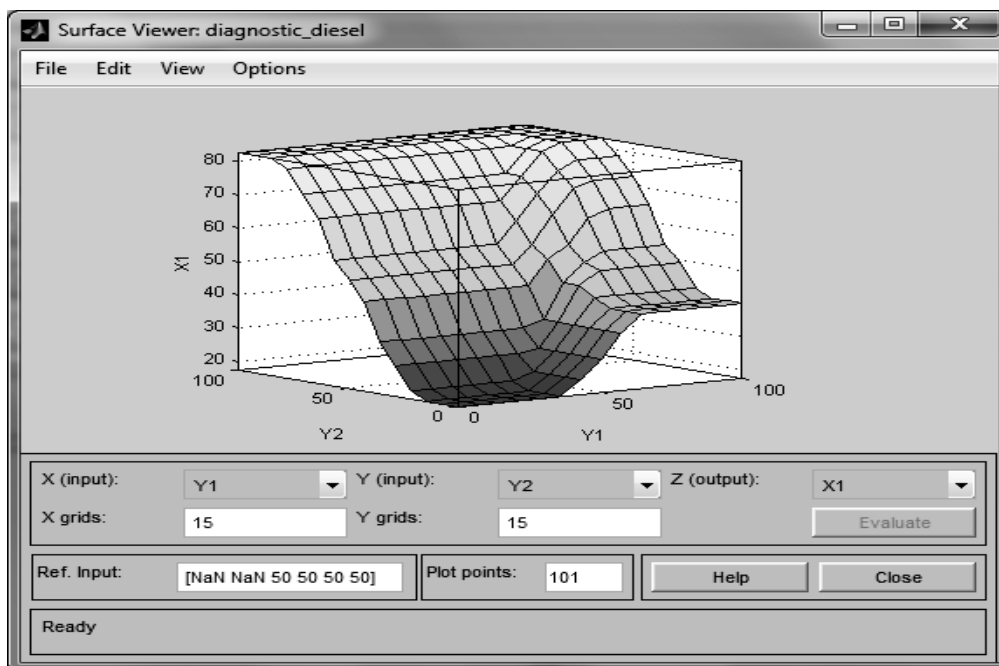


Рис. 6. Визуализация поверхности нечеткой логики

Данная поверхность нечеткого вывода позволяет установить зависимость значений выходной переменной от значений входных переменных нечеткой модели системы диагностики судового дизеля при фиксировании остальных переменных на основном уровне. Эта зависимость может послужить основой для программирования контроллера или аппаратной реализации соответствующего нечеткого алгоритма управления в форме соответствующей таблицы решений.

Заключение

Использование предложенной ЭС обеспечивает повышение экономичности, увеличение ресурсных характеристик и продление межремонтного периода эксплуатации судовых дизелей. Своевременное выявление неисправностей с помощью ЭС диагностики на основе нечеткой логики позволяет:

- сократить расход топлива путем своевременного обнаружения и устранения дефектов и нарушений в настройке топливной аппаратуры;
- снизить затраты на техническое обслуживание благодаря уменьшению числа разборок и вскрытий дизелей при переходе от планово-технических норм обслуживания и ремонта к их обслуживанию и ремонту по фактическому состоянию;
- снизить затраты на ремонт за счет выявления потенциальных отказов на ранней стадии их возникновения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камкин С. В., Возницкий И. В., Шмелев В. П. Эксплуатация судовых дизелей: учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с.
2. Головкин С. В. Диагностика технического состояния судового электрооборудования на основе интеллектуального анализа данных // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2. – С. 90–95.
3. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005. – 736 с.
4. Костерев Н. В., Бардик Е. И. Нечеткое моделирование электрооборудования для оценки технического состояния и принятия решений о стратегии дальнейшей эксплуатации // Технічна електродинаміка. – 2006. – Тематичний випуск «Проблеми сучасної електротехніки». Частина 3. – Київ, 2006. – С. 39–43.

Статья поступила в редакцию 12.07.2011

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нагеев Альмансур Измайлович – Астраханский государственный технический университет; д-р техн. наук, профессор; зав. кафедрой «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Nadeev Alimansur Izmailovich – Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Science, Professor; Head of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Буй Хай Нгок – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Bui Hkai Ngok – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.

Свирипов Филипп Васильевич – Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры «Электрооборудование и автоматика судов»; тел.: 8 (8512) 614-196.

Svirepov Philipp Vasilievich – Astrakhan State Technical University; Undergraduate of the Department "Electrical Equipment and Automatics of Ships"; tel. 8 (8512) 614-196.