

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.396

А. В. Саушев,
канд. техн. наук, доц.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАТЕГОРИИ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА»

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF CATEGORY ELECTROTECHNICAL SYSTEM

На основе системного подхода и всестороннего анализа известных понятий и определений электротехники формулируется понятие категории «электротехническая система» и приводится ее морфологический анализ применительно к объектам водного транспорта. Рассматриваются различия между понятиями «электротехническое изделие», «электротехническое устройство», «электронное устройство», «электронный элемент» и приводятся их примеры. Установлено, что электротехнические системы являются динамическими системами, которые можно в большинстве случаев рассматривать как системы автоматического управления или автоматические управляющие устройства. Рассматриваются параметры, характеризующие состояние электротехнических систем. Показано, что важнейшим классом этих систем являются электромеханические системы. Рассматривается классификация электромеханических систем и приводится структурная схема электропривода — самой распространенной электромеханической системы объектов водного транспорта.

On the basis of system approach and the comprehensive analysis of known concepts and definitions of electrical equipment the concept of category electrotechnical system is formulated. The morphological analysis of this category in relation to objects of a water transport is provided. Distinctions between concepts an electrotechnical product, the electrotechnical device, the electronic device, an electronic element are considered and their examples are given. It is established that electrotechnical systems are dynamic systems which can be considered in most cases as system of automatic control or automatic actuation devices. The parameters characterizing a condition of electrotechnical systems are considered. It is shown that the most important class of these systems are electromechanical systems. Classification of electromechanical systems is considered and the block diagram of the electric drive which is the most widespread electromechanical system of objects of a water transport is provided.

Ключевые слова: система, электротехническая система, электромеханическая система, морфологический анализ.

Key words: system, electrotechnical system, electromechanical system, morphological analysis.

В НАСТОЯЩЕЕ время отсутствует общепринятое определение категории «электротехническая система», что приводит к субъективным толкованиям данного понятия и, как следствие, к неточностям и разночтениям при решении разнообразных задач анализа и синтеза электротехнических систем [1] – [3].

Целью работы является определение понятия «электротехническая система» и его морфологический анализ применительно к объектам водного транспорта. Для решения поставленной задачи рассмотрим близкие к электротехнической системе определения, приведенные в ГОСТах и справочниках, а также определения ближайших более общих понятий — «техническая система» и «система». При этом, согласно функционально-структурному анализу, будем исходить из того, что любая техническая система реализует определенную совокупность функций, среди которых выделяют целевую, основные и дополнительные функции. Их воспроизведение осуществляется совокупностью некоторых элементов, объединенных в соответствующую структуру. При взаимодействии элементов системы можно выделить процессы преобразования вещества, энергии и информации.

Электротехника — отрасль науки и техники, связанная с применением электрических и магнитных явлений для преобразования энергии, получения и изменения химического состава веществ, производства и обработки материалов, передачи информации, охватывающая вопросы получения, преобразования и использования электрической энергии в практической деятельности человека.

Электротехника — область науки и техники, изучающая электрические и магнитные явления и их использование в практических целях.

Электроника — наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов и устройств, в которых это взаимодействие используется для преобразования электромагнитной энергии (в основном для передачи, обработки и хранения информации). Из приведенных определений следует, что электроника является составной частью электротехники, которая, в свою очередь, служит составной частью более общего понятия «техника».

Электротехническое изделие — это изделие, предназначенное для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии [4].

Согласно [5], *изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии*. При этом устанавливаются следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы, комплекты. Таким образом, согласно данному определению, изделием может быть:

- любая деталь (гайка, клемма, отрезок кабеля или провода заданной длины);
- сборочная единица (автомобиль, станок, телефонный аппарат, электрооборудование плавающего крана, набор составных частей врезного замка);
- комплекс (цех-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка, земснаряд, роторный экскаватор, бумагоделательная машина);
- комплект (комплект запасных частей, комплект инструментов и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, осциллограф в комплекте с укладочным ящиком, запасными частями, монтажным инструментом, сменными частями).

Согласно [6], *изделие — это единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках (экземплярах)*. К изделию могут относиться завершенные и незавершенные предметы производства, в том числе заготовки. При этом *единица продукции* — это отдельный экземпляр штучной продукции или определенное в установленном порядке количество нештучной или штучной продукции.

В технической литературе имеются и другие, близкие по содержанию определения понятия «изделия», откуда следует, что данный термин, прежде всего, характеризует предмет производства. Наравне с этим признаком будем считать, что *изделие — это отдельный простейший экземпляр штучной продукции*.

Таким образом, к электротехническим изделиям будем относить простейшие электротехнические предметы труда: электрические выключатели, электрические розетки, реле, термостаты, клеммные колодки, дроссели и т. п.

Электротехническое устройство — это совокупность взаимосвязанных электротехнических изделий, находящихся в конструктивном и (или) функциональном единстве, предназначенная для выполнения определенной функции по производству или преобразованию, передаче, распределению или потреблению электрической энергии [4].

Электротехническое устройство — это совокупность компонентов, использующих электромагнитную энергию для выполнения определенной функции. При этом само устройство может быть рассмотрено как компонент более сложной совокупности [7].

В отличие от понятия «электротехническое средство», в определении понятия «электротехническое устройство» отмечается, что оно предназначено для выполнения требуемой функции и состоит из нескольких изделий. В дальнейшем будем считать, что электротехническое устройство принципиально может состоять и из одного изделия. При этом к устройству и изделию можно будет отнести, например, электрическую машину, электрический аппарат, электронагревательный прибор,

электронную аппаратуру. Однако принципиальным является то, что используя термин «изделие», подчеркивается, что это предмет труда, а употребляя термин «устройство», прежде всего, выделяется функция, ради достижения которой это устройство создавалась. При этом в электротехническом устройстве для обеспечения требуемой функции обязательно используется электромагнитная энергия. Само устройство при этом используется либо для производства (преобразования), либо для передачи, либо для распределения или потребления электрической энергии.

Электронное изделие — это изделие, содержащее в конструкции электронные элементы, блоки и узлы [8].

Электронный элемент — это комплектующий элемент, в котором осуществляется электронная или электронно-дырочная проводимость.

Комплектующие элементы (компоненты) — это отдельные элементы, совокупность которых обеспечивает единство конструкции и выполнение функций изделия.

Электронный узел — это группа электронных элементов, расположенных в конструкции, замена которых может быть проведена без повреждения конструкции. Примером электронного узла является группа элементов, смонтированных на печатной плате.

Электронный блок — это группа узлов, по крайней мере, один из которых электронный. Примерами электронных изделий являются телевизионные приемники, преобразователи частоты и электронные звонки.

Таким образом, *электронное изделие* — это слаботочное изделие, потребляющее электрическую энергию, состоящее из электронных элементов и предназначенное для обработки, хранения и передачи некоторой информации. Из приведенных определений следует, что электронное изделие является частным случаем электротехнического изделия.

Категории «система» и «техническая система» не имеют однозначного толкования. В литературе приводится большое разнообразие определений этих понятий. Например, согласно [9] *система* — это совокупность элементов, объединенная связями между ними и обладающая определенной целостностью.

Проанализировав известные определения, можно выделить основные признаки технических систем:

- системы состоят из частей, элементов, то есть имеют структуру;
- системы созданы для каких-то целей, то есть выполняют полезные функции;
- элементы (части) системы имеют связи друг с другом, соединены определенным образом, организованы в пространстве и времени;
- каждая система в целом обладает каким-то особым качеством, неравным простой сумме свойств составляющих ее элементов, иначе пропадает смысл в создании системы (цельной, функционирующей, организованной).

Таким образом, техническую систему можно определить как совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающую свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов, и предназначенную для выполнения определенных полезных функций. Из данного определения следует, что техническая система имеет четыре основных (фундаментальных) признака:

- функциональность;
- целостность (структура);
- организация;
- системное качество.

Отсутствие хотя бы одного из этих признаков не позволяет считать какой-либо объект исследованием технической системой.

Элементы — это части или компоненты системы, условно принятые неделимыми.

Совокупность (целостность) элементов и свойств — неотъемлемый признак системы. Соединение элементов в единое целое необходимо для получения (образования, синтеза) полезной функции, т.е. для достижения поставленной цели. Если определение функции (цели) системы, в

какой-то мере, зависит от человека, то структура является объективным ее признаком и зависит только от вида и материального состава используемых в технической системе элементов, а также от фундаментальных законов природы, определяющих способы соединения, виды связи и режимы функционирования элементов в ней. В этом смысле структура — это способ взаимного соединения элементов в системе. Составление структуры — это, по существу, программирование системы, задание ее поведения с целью получения полезной функции. Требуемая функция и выбранный физический принцип ее осуществления однозначно задают структуру.

Структура — это совокупность элементов и связей между ними, которые определяются физическим принципом осуществления требуемой полезной функции. Структура остается неизменной в процессе функционирования, т. е. при изменении состояния, поведения, совершения операций и любых других действий. Главное в структуре — это элементы, связи и ее неизменность во времени.

«Элемент» и «система» являются относительными понятиями. Любая система может являться элементом системы более высокого ранга, так же, как и любой элемент можно представить в виде системы элементов более низкого ранга.

Элемент — относительно целая часть системы, обладающая некоторыми свойствами, не исчезающими при отделении от системы. Однако в системе свойства элемента не равны свойствам отдельно взятого элемента.

Сумма свойств элемента в системе может быть больше или меньше суммы его свойств вне системы. В большинстве случаев часть свойств элемента нейтрализуется в системе, как бы исчезает; в зависимости от величины этой части говорят о степени потери индивидуальности элемента, включенного в систему. Система обладает частью свойств элементов ее составляющих, но ни один элемент бывшей системы не обладает свойством всей системы (системным эффектом, качеством). Таким образом, элемент — это минимальная единица системы, способная к выполнению некоторой элементарной функции.

Рассмотренный анализ позволяет дать следующее определение категории «электротехническая система» (ЭТС): *под ЭТС с информационно-энергетической точки зрения будем понимать такую техническую систему, основным носителем информации и видом энергии которой является электрическая энергия; под ЭТС с функциональной и морфологической точек зрения будем понимать техническую систему, предназначенную для получения, распределения, преобразования, использования электрической энергии и управления этими процессами.*

Элементами электротехнической системы (ЭТС) являются электротехнические устройства (ЭТУ). Любое ЭТУ с системных позиций также состоит из совокупности связанных между собой элементов. Отдельные элементы — это части или компоненты ЭТУ, предназначенные для выполнения определенных функций и не подлежащие дальнейшему разбиению на части. Таким образом, любое ЭТУ также может рассматриваться как ЭТС.

Понятие «элемент» является весьма условным. В зависимости от решаемой задачи и рассматриваемого иерархического уровня (микро-, макро- и метауровни) «расчленение» ЭТУ на элементы может быть произведено неоднозначно. В большинстве случаев при решении задач анализа и синтеза ЭТС комплектующими элементами ЭТУ являются пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, пружины, демпферы и активные элементы — диоды, транзисторы, тиристоры и микросхемы. Это могут быть усилители, преобразователи, фильтры, корректирующие устройства и т. д., которые, в свою очередь, являются элементами ЭТС или ее подсистемы (например, системы импульсно-фазового управления для электропривода или системы распределения нагрузки между генераторами для системы электроснабжения судна).

При изучении поведения ЭТС во времени последние обычно рассматриваются как динамические системы, т. е. системы, находящиеся в каждый момент времени в одном из возможных состояний и способные переходить из одного состояния в другое под действием внешних и внутренних причин. Чтобы учесть внешние причины, необходимо раскрыть процесс взаимодействия динамической системы и внешней среды [10], [11].

Воздействия внешней среды на динамическую систему будем называть *входными воздействиями*, среди которых можно выделить задающие воздействия $\mathbf{u}(t)$, определяющие режим работы системы и называемые также *полезными сигналами*, и возмущающие воздействия внешней среды $\mathbf{V}(t)$, к которым относятся координатные $\mathbf{V}(t)$ и параметрические $\mathbf{V}_p(t)$ возмущения. Координатные возмущения, называемые также *помехами*, или *случайными входными сигналами*, обусловлены влиянием силовых полей других систем. Для ЭТС к ним, например, можно отнести различные наводки и гальванические связи по питанию. По своей физической природе полезные сигналы и помехи являются фазовыми переменными и для ЭТС представляют собой, например, токи, напряжения и мощности.

Параметрические возмущения обусловлены изменением физических характеристик элементов системы, что вызвано действием различных дестабилизирующих факторов внешней среды, таких как температура, влажность, запыленность, солнечная и проникающая радиация и т. д.

Воздействия динамической системы на внешнюю среду будем называть *реакциями системы*, или *выходными сигналами*, и обозначать их множество через вектор $\mathbf{Y}(t)$, а выходные сигналы ЭТУ обозначать как $\mathbf{Z}(t)$.

По своей физической природе выходные сигналы являются фазовыми переменными. Точки приложения входных сигналов будем называть *входами системы*, а точки наблюдения выходных сигналов — *выходами системы*.

Состояние ЭТС в любой фиксированный момент времени характеризуется некоторым набором (вектором) параметров. К их числу следует отнести:

- входные параметры $\mathbf{u} = (u_1, u_2, \dots, u_k, \dots, u_e)$, характеризующие задающие воздействия $\mathbf{u}(t)$ и наблюдаемые на входах системы. Задающие воздействия подразделяются на управляющие воздействия, характеризующие рабочие режимы работы ЭТС, и тестовые (пробные) воздействия, которые имеют место в режимах наладки и технического диагностирования ЭТС;
- внешние параметры $\mathbf{V} = (v_1, v_2, \dots, v_p, \dots, v_f)$, характеризующие свойства внешней по отношению к ЭТС среды и оказывающие влияние на ее функционирование. К ним, например, относятся воздействия окружающей среды: температура, влажность, вибрация, радиация;
- внутренние параметры $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p, \dots, X_n)$, характеризующие состояние комплектующих элементов ЭТС и называемые также *первичными параметрами*.

К первичным параметрам относятся как параметры самих элементов (величины сопротивлений, индуктивностей, емкостей, масс, моментов инерции, жесткостей упругих связей), так и функции от этих параметров, имеющие определенный физический (коэффициенты усиления, постоянные времени, соотношения масс);

– внутренние параметры $\mathbf{u}^v = (u_1^v, u_2^v, \dots, u_k^v, \dots, u_e^v)$, $\mathbf{Z}^v = (Z_1^v, Z_2^v, \dots, Z_g^v, \dots, Z_c^v)$, характеризующие, соответственно, сигналы на входах и выходах электротехнических устройств (ЭТУ), входящих как элементы $v = 1, \bar{h}$, h — число элементов, в состав ЭТС;

– выходные параметры $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_p, \dots, Y_m)$, характеризующие свойства ЭТС, интересующие потребителя. Они представляют собой параметры-функционалы, т.е. функциональные зависимости фазовых переменных $\mathbf{Z} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_g, \dots, Z_c)$ ЭТС и параметры, являющиеся граничными значениями диапазонов внешних переменных, в которых сохраняется работоспособность системы. Эти параметры, как правило, являются показателями качества, которые характеризуют правильность функционирования системы.

Среди множества внутренних параметров $\mathbf{X}$ можно выделить подмножество целевых (определяющих) параметров $\mathbf{X}_c = (X_1, X_2, \dots, X_p, \dots, X_n)$, $n < N$, которые определяют достижение поставленной цели, оказывая заметное влияние на выходные параметры системы, и подмножество настраиваемых параметров $\mathbf{X}_n = (X_1, X_2, \dots, X_p, \dots, X_q)$, $q \leq n$.

Связь выходов ЭТС с ее входами формально может быть представлена в виде уравнения

$$\mathbf{Y} = F(\mathbf{X}, \mathbf{u}, \mathbf{V}, t),$$

где F — оператор связи.

По виду оператора F все ЭТС можно разделить на непрерывные и дискретные, линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, детерминированные и стохастические, с сосредоточенными и распределенными параметрами. Математические модели ЭТС являются основой для решения важнейших задач анализа и синтеза [3], [10], [12] – [14].

Объектами водного транспорта (ОВТ) являются разнообразные виды судов и кораблей, включая пассажирские суда, суда технического флота, плавучие краны, гидротехнические сооружения, среди которых, прежде всего, следует выделить шлюзы, морские и речные порты, судоремонтные и судостроительные заводы и т. д.

ЭТС ОВТ характеризуются большим разнообразием как по функциональному назначению, так и по конструкторскому исполнению. Объединяющим началом для этих систем являются условия их эксплуатации (высокая влажность, вибрация, автономность работы) и повышенные требования к уровню надежности [15].

ЭТС ОВТ в большинстве случаев можно рассматривать как системы автоматического управления (САУ) или как элементы САУ, выполняющие функцию автоматического управляющего устройства (АУУ). Под САУ, как известно, понимается система, состоящая из объекта управления ОУ и АУУ, взаимодействующие между собой, целевой функцией которой является функция управления.

В ЭТС, рассматриваемых как САУ, объектом управления достаточно часто являются электрические машины — генераторы, преобразующие энергию одного вида, как правило, механическую, в электрическую энергию, и электромеханические преобразователи (электродвигатели), преобразующие электрическую энергию в механическую. К их числу относятся, например, САУ генерированием электроэнергии в системе электроснабжения судна, а также основные потребители электрической энергии — автоматизированные электроприводы. В автоматизированных электроприводах как САУ объектом управления может быть не только электромеханический преобразователь, но и рабочая машина. При этом ЭТС выполняет функцию АУУ, включающего в свой состав силовые преобразовательные элементы и систему управления электропривода, которая в общем случае состоит из совокупности управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения электропривода, предназначенных для управления электромеханическим преобразованием энергии с целью обеспечения заданного движения исполнительного органа рабочей машины. Классификация ЭТС как систем автоматического управления с позиций функционально-структурного подхода к их анализу рассматривается в работе [10].

Электромеханические системы занимают центральное место в подавляющем большинстве ЭТС ОВТ. Основная определяющая их функция — преобразование электрической энергии в управляемую механическую энергию, т. е. они обеспечивают возможность регулирования параметров механического движения объектов управления (скорость, ускорение, угловое или линейное перемещение, сила, момент и др.). Как правило, данная функция должна выполняться автоматически.

Под электромеханической системой (ЭМС) будем понимать совокупность взаимодействующих элементов, осуществляющих взаимное преобразование механической и электрической энергий, которые обеспечивают заданную цель и качество процесса преобразования [10].

В зависимости от цели преобразования энергии и состава элементов ЭМС можно разделить на следующие группы:

- источники электроэнергии, т. е. системы, преобразующие механическую энергию в электрическую для использования последней в промышленных целях и управляющие этим процессом;
- электроприводы, т. е. системы, преобразующие электрическую энергию в механическую с целью приведения в движение исполнительных органов рабочих машин и управляющие этим движением;
- двигатель-генераторные системы, осуществляющие преобразование электрической энергии в механическую и механической энергии в электрическую (электромеханические источники вторичного электропитания, стартер-генераторные системы и т. д.).

ЭМС составляют основу единого энергетического процесса производства, распределения и использования электрической энергии.

В заключение, с позиций системного подхода и на основании ГОСТ Р 50369–92 «Электроприводы. Термины и определения» составим и рассмотрим структурную схему электропривода [14], который занимает ключевое место среди ЭТС. Структурная схема электропривода (с. ...), включает следующие основные элементы:

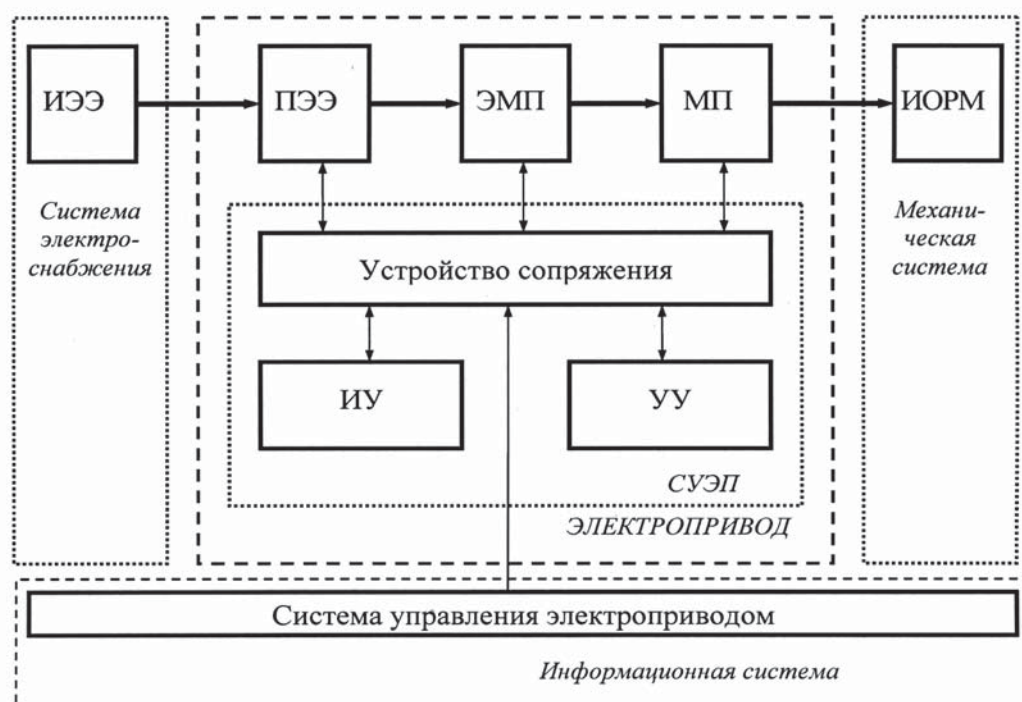
ПЭЭ — преобразователь электрической энергии, под которым понимается электротехническое устройство, преобразующее электрическую энергию с одним значением параметров и / или показателей качества в электрическую энергию с другим значением параметров и / или показателей качества (преобразование по роду тока, напряжению, частоте, числу фаз, фазе напряжения);

ЭМП — электромеханический преобразователь (электродвигатель), предназначенный для преобразования электрической энергии в механическую (в некоторых режимах работы электропривода — для обратного преобразования энергии);

МП — механический преобразователь (механическая передача), предназначенный для передачи механической энергии от электродвигателя к исполнительному органу рабочей машины (ИОРМ) и согласованию вида и скоростей их движения;

УУ — управляющее устройство, представляющее собой совокупность элементов и устройств, предназначенное для формирования управляющих воздействий в электроприводе;

ИУ — информационное устройство, предназначенное для получения, преобразования, хранения, распределения и выдачи информации о переменных электропривода, технологического процесса и сопредельных систем.



Структурная схема электропривода

Устройство сопряжения — это совокупность электрических и механических элементов, обеспечивающих взаимодействие электропривода с сопредельными системами и отдельных частей электропривода.

Основу информационного устройства и устройства сопряжения составляет измерительно-преобразовательное устройство, в состав которого могут входить тахогенераторы, измерители положения, датчики тока и напряжения, цифроаналоговые или аналогово-цифровые преобразователи.

ИЭЭ — источник электрической энергии.

ИОРМ — исполнительный орган рабочей машины, под которой понимается система механизмов (движущийся элемент рабочей машины), осуществляющих механические движения, связанные с выполнением рабочего процесса.

СУЭП — система управления электропривода — совокупность управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения электропривода, предназначенных для управления электромеханическим преобразователем энергии с целью обеспечения заданного движения ИОРМ;

Система управления электроприводом — высшая по отношению к электроприводу система управления более высокого уровня, поставляющая необходимую для функционирования электропривода информацию. Жирными стрелками на схеме показан канал передачи силовой энергии, тонкими — управляющие каналы передачи информации. Основными выходными координатами электропривода являются электромагнитный и механический моменты, механическая сила, электрический ток, мощность, угловая и линейная скорости, магнитный поток, угловой и линейный путь, ускорение, положение вращающегося вала. Анализ структурной схемы показывает, что электропривод является достаточно сложной ЭМС, причем, например, СУЭП, входящая в его состав, может рассматриваться как отдельная самостоятельная ЭТС.

Рассмотренный в работе морфологический анализ категории «электротехническая система» позволил не только определить это понятие, но и раскрыть его сущность. Установлено, что для ОВТ ЭТС в большинстве случаев можно рассматривать как САУ или АУУ. При этом особенностью этих систем являются изменчивые условия эксплуатации и повышенные требования к показателям надежности. Важным классом ЭТС являются ЭМС. На примере электропривода рассмотрен системный подход к составлению структурных схем конкретных ЭТС.

Список литературы

1. Калинин И. М. Судовые электротехнические комплексы. Термины и определения / И. М. Калинин, Б. А. Балабанов // Морской вестник. — 2013. — № 25 (11). — С. 26–30.
2. Брейдо И. В. Классификационные признаки систем управления электротехническими комплексами и системами / И. В. Брейдо, П. И. Сагитов, Б. Н. Фешин // Тр. Карагандинского гос. техн. ун-та. — 2002. — Вып. 1. — С. 55–57.
3. Саушев А. В. Области работоспособности электротехнических систем / А. В. Саушев. — СПб.: Политехника, 2013. — 412 с.
4. ГОСТ 18311.80. Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий. — М., 1981.
5. ГОСТ 2.503–2013. Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений.
6. ГОСТ 15898–77. Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения.
7. МЭК 50(151)–78. Стандарт Международной электротехнической комиссии. Электрические и магнитные устройства.
8. ГОСТ Р 53314–2009. Электронные изделия. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
9. ГОСТ 34.003–90. Автоматизированные системы. Термины и определения.
10. Саушев А. В. Методы управления состоянием электротехнических систем объектов водного транспорта / А. В. Саушев. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2014. — 215 с.
11. Саушев А. В. Теоретические основы управления состоянием электротехнических систем / А. В. Саушев // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 3. — С. 134–146.
12. Юрков Н. К. Системный подход к организации жизненного цикла сложных технических систем / Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. — 2013. — № 1. — С. 27–34.

13. Саушев А. В. Параметрический синтез электротехнических устройств и систем / А. В. Саушев. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 315 с.
14. Саушев А. В. Математическое описание механической системы электропривода / А. В. Саушев. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2008. — 216 с.
15. Кузнецов С. Е. Техническая эксплуатация судового электрооборудования: учебно-справочное пособие / С. Е. Кузнецов. — М.: Проспект, 2010. — 512 с.

УДК 621.314

А. В. Григорьев,
канд. техн. наук, доц.

В. Ю. Колесниченко,
асп.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЬНОГО ДИЗЕЛЬГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА

COMPUTER SIMULATION OF THE RECTIFIER DIESEL GENERATOR SET

Рассмотрена компьютерная модель вентильного ДГА, работающего с переменной частотой вращения. На компьютерной модели проведены экспериментальные исследования переходных процессов при работе ДГА с переменной и постоянной частотой вращения. Работа ДГА с переменной частотой вращения при изменении нагрузки позволяет снизить расход топлива вспомогательного дизеля. Показано, что при использовании полупроводниковых преобразователей частота электрического тока в судовой сети может поддерживаться постоянной при изменении частоты вращения вспомогательного дизеля.

Experience has shown that marine diesel generator sets operate at a constant speed in a wide range of load, which increases the consumption of fuel and oil. To improve the efficiency of DHA is advisable to adjust the frequency when the load changes. Given a computer model of the rectifier diesel generator set (DGS), working with variable speed. Computer model is showing experimental studies of transient process during working of DGS with variable and constant speed. Work of DGS with variable speed during load changing is giving possibility to reduce fuel oil consumption of auxiliary diesel-generator. It is shown, that during using of semiconductor converter the current frequency of the ship power system can be maintained on constant value even in case of changing of rotation speed of auxiliary diesel-generator.

Ключевые слова: компьютерная модель, экспериментальные исследования, дизель-генераторный агрегат, полупроводниковый преобразователь, синхронный генератор, нагрузка, частота, инвертер, выпрямитель.

Key words: computer model, experimental studies, diesel-generator set, semiconductor converter, synchronous generator, load, frequency, inverter, rectifier.



СУДОВЫЕ дизель-генераторные агрегаты (ДГА) работают с постоянной частотой вращения, что позволяет поддерживать в судовой сети постоянство частоты электрического тока, вырабатываемого синхронными генераторами.

Опыт эксплуатации показывает, что нагрузка в судовой сети меняется в широком диапазоне. В связи с этим большую часть времени ДГА работают с долевой нагрузкой, что повышает расход горюче-смазочных материалов приводного дизеля и повышает вероятность возникновения отказов [1]–[5].

Повысить экономичность и надежность работы судовых ДГА можно путем регулирования частоты вращения приводного дизеля в функции нагрузки. В этом случае для стабилизации ча-