

	Отказ элементов СЭЭС	Коэффициент готовности
	Генератор G <sub>1</sub> Генератор G <sub>2</sub> Генератор G <sub>3</sub> Q1 (секционный автомат) ГЭРЩ 3	0,9891 0,98927 0,9697 0,9596 0,9596

**Выводы:**

1) Как видно из расчётов коэффициента готовности (вероятность безотказной работы) схема №2 более надёжна, чем схема №1 в случае отказа генератора G2. В то же время схема №3 существенно надёжнее при отказах G1, G2, Q1 и ГЭРЩ3

2) При модернизации схемы №2 существует возможность проводить запуски потребителей большой мощности с большим провалом напряжения, чем это регламентируется Речным регистром, и это не будет сказываться на работе основных потребителей.

3) Использование дополнительных перемычек благоприятно сказывается на надёжности системы электроснабжения, но следует отметить важность их месторасположения.

**Список литературы:**

[1] Самулеев В.И. Судовые электроэнергетические системы. Н.Новгород ВГАВТ. 2011 г. 444 с.  
 [2] Самулеев В.И., Малышев В.К. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации. Н.Новгород. ВГАВТ. 2008 год. 151 с.  
 [3] Техническая документация теплохода проекта «92-016»

*В.Г. Сугаков, Ю.С. Малышев*  
 ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

**МЕТОД КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЛИЗОСТИ  
 КАК ИНСТРУМЕНТ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
 СУДОВЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ**

Анализ систем автоматического управления (САУ) судовыми электрическими станциями (СЭС) эксплуатируемых судов показывает, что системы управления электростанциями выполняются на различной элементной базе, в том числе с использованием импортных программируемых контроллеров различных типов. Как правило, такие системы работают до первого отказа, который не может быть устранён судовым персоналом, тем более в случае отсутствия электротехнического персонала. Иногда, это связано с отсутствием принципиальных схем и программного кода контроллеров в документации импортных САУ. В таких условиях ужесточаются требования к обеспечению повышенной надёжности и аппаратурной унификации САУ СЭС. Однако САУ СЭС эксплуатируемых судов не являются унифицированными. Они привязаны к конкретным типам первичных двигателей (ПД), генераторам и их мощностям.

СЭС является совокупностью систем, обеспечивающих работу ПД и генератора. Нарушение функционирования любого из элементов этих систем может привести к

выходу из строя всей электростанции судна. Поэтому при разработке САУ СЭС необходимо учитывать все взаимосвязи ПД, генератора и их систем.

СЭС должна обеспечивать надежное и бесперебойное электроснабжение судна в любых условиях, в том числе при любых аварийных ситуациях, что достигается повышением уровня ее автоматизации. Расширение объема функций автоматического управления и контроля элементами СЭС позволит существенно упростить их эксплуатацию и восстановление, а также снизить требования к обслуживающему персоналу.

При разработке структур САУ СЭС, применяемых в настоящее время на судах, как правило, использован интуитивный метод, однако использование указанного метода при разработке СЭС глубокой автоматизации является бесперспективным, так как он приводит к существенному возрастанию расхода аппаратных средств с увеличением числа автоматически выполняемых операций.

При делении на элементы структурных моделей обычно используют принцип конструктивной близости, не учитывающий сигналы, передаваемые через конструктивный элемент, или принцип функциональной близости, заключающийся в том, что при определении внутреннего содержания объекта в нем собирают элементы, работающие на формирование общего выходного сигнала на одном выходе. При этом рассматриваются сигналы одной природы. Однако в комбинированных системах, какой является электрическая станция, наличие разнородных сигналов и конструктивное исполнение деталей и узлов в большинстве случаев не позволяет использовать принцип конструктивной или функциональной близости.

Учитывая все выше изложенное для структурирования объектов СЭС необходимо использовать метод конструктивно-функциональной близости, предполагающий конструктивное единство и разделение входных сигналов по функциональному назначению или физической природе сигналов. В этом случае сигналы между элементами СЭС рассматриваются как логические (бинарные) функции. Сигналы могут обозначать электрический ток, потоки энергии, жидкости, газов, и т. д.

Взаимодействие элементов структурной модели объекта осуществляется посредством внутрисистемных и межсистемных связей. Внутрисистемные связи соединяют элементы одного объекта, а межсистемные – элементы разных объектов одного уровня.

Структурные модели служат основой для создания логических моделей – являющихся совокупностями бинарных уравнений функционирования элементов СЭС, которые дают обширную информацию в аналитическом виде при рассмотрении работы или структуры объекта. В структурных моделях объектов, построенных по методу конструктивно-функциональной близости, могут рассматриваться входные и выходные сигналы, неоднородные по их физической природе. Разделение сигналов выполняется лишь на уровне элементов объекта.

Связи между элементами в границах объекта описываются уравнениями внутрисистемной связи, показывающими, с каким выходом, какого элемента связан данный вход данного элемента. Уравнения внутрисистемной связи в общем случае имеют вид

$$Z_{k-l-m} = \sum_1^n X_{k-j-i}, \quad (1)$$

где  $\Sigma$  – обозначает логическую сумму (дизъюнкцию) логических функций;

$k$  – признак (номер) объекта, в пределах которого находится данная связь;

$l, j$  – признаки (номера) соединяемых элементов объекта;

$m, i$  – признаки (номера) соединяемых входов соответствующих элементов;

$n$  – число однородных входных сигналов, поступающих на вход с номером  $m$ . Однородными считаются сигналы, имеющие одинаковую физическую природу.

Зависимость выходного сигнала (параметра) от состояния элемента и значений входных сигналов описывается логическим уравнением функционирования элемента. Структура уравнения зависит от числа функционально-связанных входов элемента и логики его работы. В общем случае логическое уравнение функционирования имеет вид

$$X_{k-v-l} = \omega_{k-v} \sum_{j=1}^{j=n} \left( \prod_{i=1}^{i=m} Z_{k-v-i} \right)_j, \quad (2)$$

где  $\Pi$  – обозначает логическое произведение (конъюнкцию) логических функций;

$n$  – число однородных сигналов, формирующих выходной сигнал;

$m$  – число групп функционально связанных неоднородных сигналов;

$i$  – текущий номер однородного сигнала,  $i=1 \dots n$ ;

$j$  – текущий номер группы неоднородных сигналов,  $j=1 \dots m$ ;

$k$  – признак объекта;  $v$  – признак элемента;  $l$  – признак выхода элемента;

$\omega_{k-v}$  – логическая функция состояния  $v$ -го элемента  $k$ -го объекта.

Совокупность элементов с их связями, объединенных функциональной общностью, образуют структурную модель объекта. В структурной модели объекта все элементы обозначаются прямоугольниками, имеющими внутри двухчисловой индекс. Первое число индекса указывает принадлежность к объекту, а второе – порядковый номер его элемента. Связи указываются линиями со стрелкой на конце, по направлению передачи сигнала. Над линией связи указывается адрес выхода (выходной параметр), а под линией связи – адрес входа (входной параметр).

Входные и выходные параметры представлены логическими функциями и обозначаются буквой с трехчисловым индексом. Для упрощения приняты одинаковые обозначения входных сигналов (параметров) и входов, выходных сигналов и выходов. Входные параметры элемента имеют в обозначении букву  $Z$ , а выходные –  $X$ . Первое число индекса указывает номер объекта, второе – порядковый номер его элементов, а третье – номер выхода (входа) элемента. Выходные параметры объекта имеют обозначение в виде буквы  $U$  с двухчисловым индексом. Первое число индекса соответствует номеру объекта, а второе – номеру его выхода. Входные сигналы элементов от САУ обозначены буквой  $W$  с двухчисловым индексом, указывающим номер объекта и номер его элемента, соответственно.

Например, структурная модель (рис. 1) основной электрической машины генератора содержит следующие элементы: вал 15-1; передний 15-2 и задний 15-4 подшипниковые щиты; передний 15-3 и задний 15-5 подшипники; траверсу 15-6; щеткодержатель 15-7; щетки 15-8; сталь 15-9 и обмотку 15-10 индуктора; выпрямитель 15-11 питания индуктора; сталь 15-12 и основную 15-13 и дополнительную 15-14 обмотки якоря; корпус 15-15 и контактные кольца 15-16; устройство начального возбуждения 15-17 (постоянные магниты или коммутационный аппарат для подключения аккумуляторной батареи); элементы тепловой защиты 15-18 и защиты 15-19 от перенапряжений; устройство 15-20 гашения поля и соединение 15-21 вала генератора с двигателем.

Внешние связи основной электрической машины осуществляются по пяти входным параметрам:  $U_{5-1}$  – по которому происходит передача вращающего момента от ПД;  $U_{16-1}$  – по которому передается механическое усилие от возбудителя на корпус основной машины;  $U_{16-2}$  – по которому производится питание индуктора от возбудителя;  $W_{15-17}$  и  $W_{15-20}$  – по которым из САУ производятся начальное возбуждение и гашение поля, соответственно.

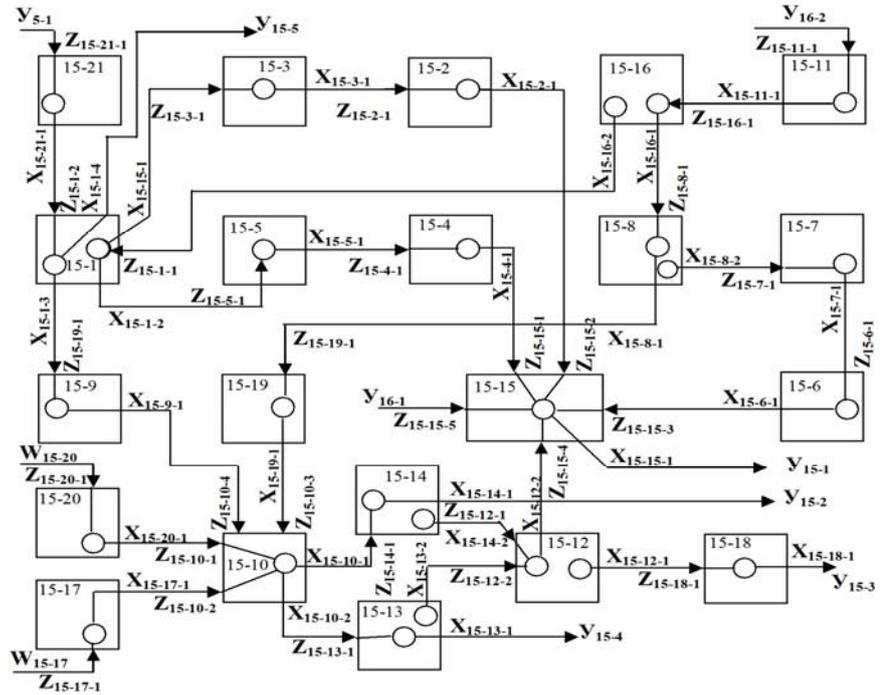


Рис. 1. Структурная модель основной электрической машины

Приведенная структурная схема основной машины имеет пять выходных параметров, которые описывают: механическое усилие на корпус ПД  $Y_{15-1}=X_{15-15-1}$ ; напряжение, поступающее от дополнительной обмотки якоря в цепи регулирования напряжения  $Y_{15-2}=X_{15-14-1}$ ; сигнал в САУ от элемента тепловой защиты  $Y_{15-3}=X_{15-18-1}$ ; напряжение основной обмотки якоря, поступающее в силовые цепи  $Y_{15-4}=X_{15-13-1}$ ; крутящий момент для привода возбудителя  $Y_{15-5}=X_{15-1-4}$ . Аналогично могут быть описаны любые объекты СЭС.

Таким образом, в процессе синтеза новых САУ СЭС метод конструктивно-функциональной близости позволяет описать все элементы СЭС с учетом сигналов проходящих через ее конструктивные элементы и обоснованно установить совокупность элементов из состава СЭС требующих управляющего воздействия.

*И.В. Сычушкин*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ 5576ХС1Т И 2Т В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ

Программируемые логические интегральные схемы становятся в последнее время все более распространенной и привычной элементной базой для разработчиков цифровых устройств. Последние годы характеризуются резким ростом плотности упаковки элементов на кристалле, многие ведущие производители либо начали серийное производство, либо анонсировали ПЛИС с эквивалентной емкостью более 1 миллиона логических вентилей.