

Список литературы

1. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. — М.: СОЛОН-Р, 2002. — 448 с.
2. Иванченко Н. Н. Высокий наддув дизелей / Н. Н. Иванченко, О. Г. Красовский, С. С. Соколов. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. — 198 с.
3. Крылов А. М. Собрание трудов академика А. Н. Крылова / А. М. Крылов. — М.; Л., Изд-во АН СССР, 1948. — Т. X: Вибрация судов, § 55.2.
4. Самойленко А. Ю. Влияние индикаторного канала на результаты индицирования судового дизеля / А. Ю. Самойленко // Транспортное дело России. — М., 2003. — Спецвып.: Проблемы водного транспорта Российской Федерации.
5. Сахаров В. В. Вейвлет-аппроксимация изменения давления в цилиндре дизеля / В. В. Сахаров, В. И. Королев, А. А. Евсюков // Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: тр. II Междунар. науч.-техн. семинара, 27 сентября 2007 г. — СПб.: СПГУВК, 2008.

УДК 621.311.1

А.Б. Каракаев,
д-р техн. наук, профессор;
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

А. В. Луканин,
канд. техн. наук, доцент
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

THEORETICAL BASIC OF SHIP ELECTRICAL POWER SYSTEM CONTROLLABILITY AND ITS ELEMENTS

В статье рассмотрены вопросы представления судовой электроэнергетической системы с помощью логической модели, представлены функциональная, структурная и формализованная схемы, проводится анализ характера функционирования элементов и блоков судовой электроэнергетической системы.

In the article there are considered questions of ship electrical power system presentation by logical model, there are presented functional, structural and formalized schemes, there is given an analysis of functionality character of ship electrical power system elements and blocks.

Ключевые слова: судовой электроэнергетическая система, электрооборудование, контролепригодность.
Key words: ship electrical power system, electrical equipment, controllability.

В СООТВЕТСТВИИ с рекомендациями, изложенными в [1, с. 63–67], рассмотрим основные аспекты разработки теоретических основ анализа контролепригодности (КП).

Судовая электроэнергетическая система (СЭЭС) представляет собой систему, состоящую из логически и функционально взаимосвязанных блоков (генераторных агрегатов, секций главных распределительных щитов (ГРЩ), электростанции (ЭСТ), отсечных распределительных щитов, устройств переключения электропитания и т. д.), для процесса функционирования которой можно построить граф причинно-следственных связей. В связи с этим наиболее целесообразным

для анализа контролепригодности такой системы является построение специальной логической модели [2; 3], однозначно соответствующей графу причинно-следственных связей.

Рассмотрим основные этапы построения такой логической модели объекта контроля (ОК). Представим СЭЭС как объект контроля непрерывного действия, состоящий из N связанных между собой компонентов (генераторных агрегатов, ГРЩ, ЭСТ и т. д.) (рис. 1). Состав этих компонентов, связи между ними и внешние связи с другими судовыми системами и комплексами образуют структуру СЭЭС, формализованно соответствующую структурно-функциональной схеме на рис. 1.

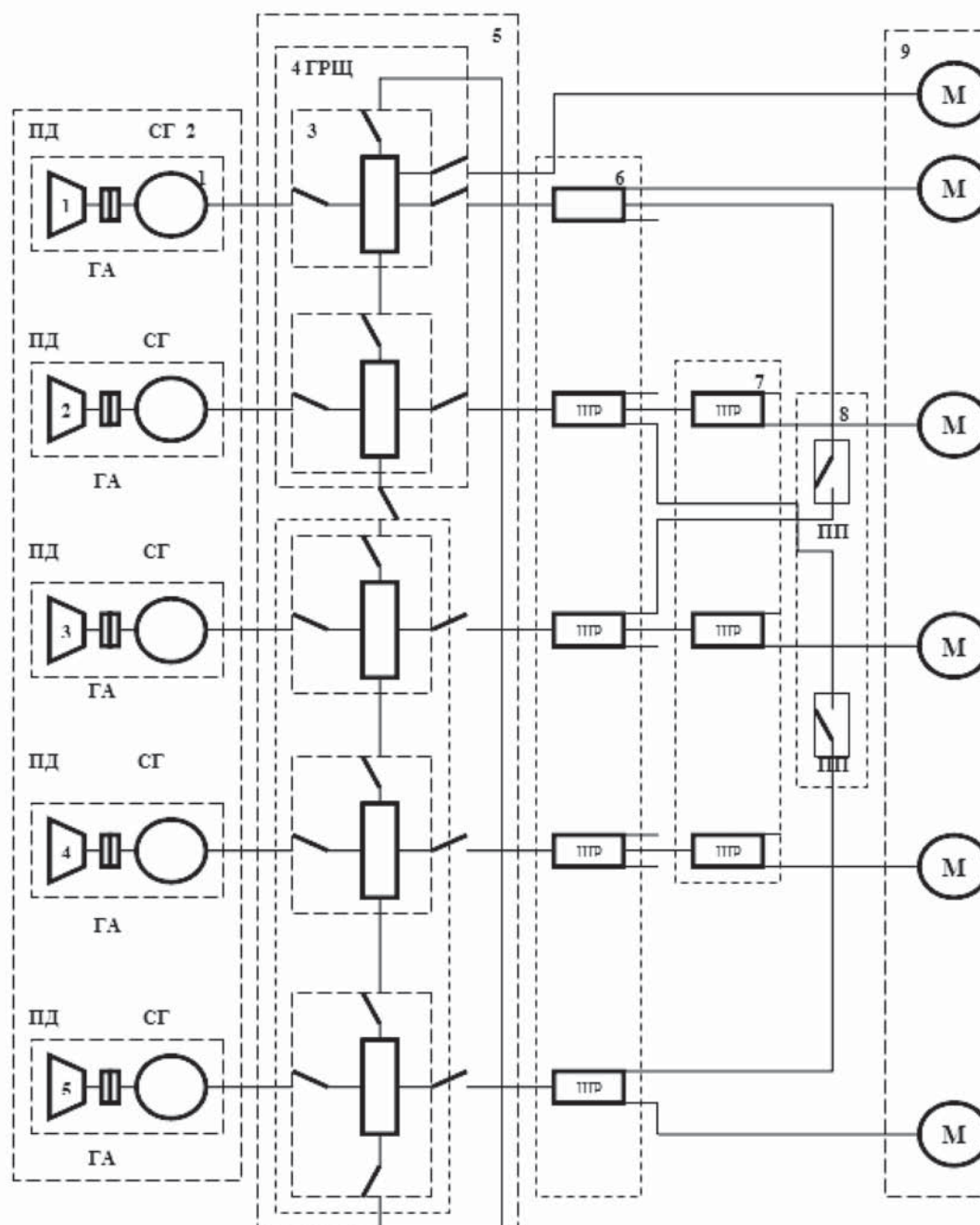


Рис. 1. Блочная структура СЭЭС, где:

- 1 — генераторные агрегаты; 2 — блоки генерирования электроэнергии (ЭЭ);
- 3 — секция ГРЩ; 4 — ГРЩ; 5 — система генерирования ЭЭ;
- 6 — первый уровень распределения ЭЭ; 7 — второй уровень распределения ЭЭ;
- 8 — система резервирования электропитания потребителей ЭЭ;
- 9 — система потребления ЭЭ

Для простоты формализованного описания будем называть компоненты структуры СЭЭС блоками. Для каждого блока в структурно связанной системе можно установить входные и выходные сигналы. Например, в системе генерирования электроэнергии СЭЭС для блока «генераторный агрегат» в качестве выходных сигналов можно выделить напряжение генератора, его частоту, ток активной нагрузки и $\cos\varphi$, а в качестве входного сигнала — мощность и частоту вращения первичного двигателя, ток возбуждения генератора. Каждый входной и выходной сигнал характеризуется одним или несколькими параметрами. Так, например, возбуждение генератора характеризуется напряжением и током возбуждения. В этом случае целесообразно каждый из таких параметров представлять отдельным входом (выходом) блока.

Обозначим внешние входы блока P_i , независимые от других блоков, символами $x_{i1}, \dots, x_{ini}$, а входы от других блоков — $y_{i1}, \dots, y_{iki}$, выходы блока — символами $z_{i1}, \dots, z_{ikj}$.

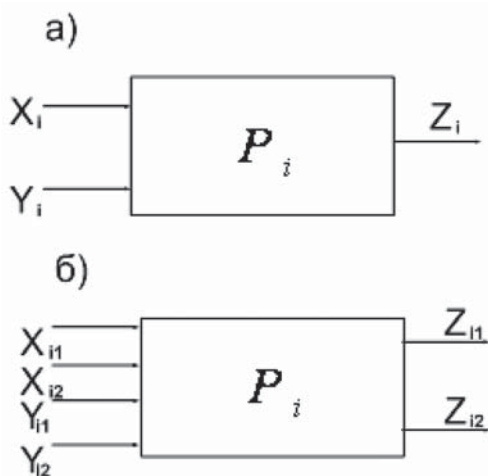


Рис. 2. Структурная схема сигналов и параметров блоков логической модели системы

Таким образом, первым этапом построения логической модели является выделение блоков системы, их сигналов и параметров, определяющих их структурно-функциональные связи (рис. 2).

Пусть блок P_i имеет два входа x_i и y_i и один выход z_i (рис. 2, а), каждый из которых характеризуется двумя физическими параметрами (к примеру, амплитудой и частотой электрического напряжения или тока), причем в соответствии с этим выделяются два выхода z_{i1}, z_{i2} (рис. 2, б). Таким образом, на основании анализа физической сущности процессов функционирования блоков осуществляется процедура декомпозиции функциональных связей между ними, суть которой состоит в следующем: если некоторый выход z_i блока P_i декомпозируется на несколько выходов z_{ij} , то вход y_k также декомпозируется на такое же число входов y_{ki} . Выполнение этой процедуры «расщепления» входов и выходов составляет содержание второго этапа построения логической модели КП объекта контроля.

Следующим этапом построения модели является разработка функциональной схемы системы соединением соответствующих друг другу «расщепленных» входов и выходов блоков системы. В ряде случаев структурная и функциональная схемы могут совпадать или задаваться заранее в зависимости от характера решаемых задач анализа или синтеза. В связи с этим при построении функциональной схемы декомпозиция или «расщепление» может выполняться частично или не выполняться вовсе.

Анализ характера функционирования элементов и блоков энергетической системы показывает, что для всех блоков можно определить области допустимых и недопустимых значений входных и выходных параметров. Обычно для установившихся режимов существуют верхние и нижние значения (уставки) параметров. Для неустановившихся режимов функционирования СЭЭС области допустимых значений, параметров задаются с учетом их изменений во времени. Таким образом, можно ввести в рассмотрение логическое высказывание: «значение входа (выхода) $x(y)$ допустимо», если оно принадлежит допустимой области, и «значение входа (выхода) $\bar{y}$ ($\bar{x}$) недопустимо», если оно принадлежит недопустимой области. Тогда символы входов и выходов можно считать обозначениями двоичных логических переменных, значения которых принимают 1 (истинно) или 0 (ложно) соответственно принадлежности значений параметров допустимым или недопустимым значениям.

При наличии нескольких входов в блоке можно установить наборы допустимых значений входных переменных блока P_i и определить набор значений определенного выхода z_{ij} , принимаю-

щих в рассмотренном выше смысле логические значения 1 или 0. В этом случае можно говорить о логической функции условий функционирования блока P_i по выходу z_{ij} , которую обозначим символом F_{ij} . Очевидно, всякую булеву функцию можно записать в виде совершенной дизъюнктивной нормальной формы, а затем известными методами преобразовать в минимальную форму, в которой все входящие в нее символы существенны. Следовательно, появляется метод формального преобразования, в результате реализации которого для каждого из выходов $z_{i1}, \dots, z_{ik}$ блока P_i определяется совокупность существенных (для данного выхода) входов. Рассмотренные операции формализованного представления СЭЭС логической моделью составляют содержание заключительного этапа построения логической модели системы или любого объекта в целом (рис. 3).



Рис. 3. Формализованная схема построения логической модели системы для анализа ее контролепригодности

$\{N_1, \dots, N_h\}$. Очевидно, если все блоки имеют по одному входу, каждый из которых характеризуется одним физическим параметром, логическая модель будет совпадать с функциональной схемой объекта.

К числу основных условий построения правильной логической модели необходимо отнести следующие:

— для любой пары блоков N_i и N_j , у которых выход z_i блока N_i является входом y_j блока N_j , области допустимых значений y_j и z_i должны соответственно совпадать;

Формализованная схема построения логической модели системы для анализа ее контролепригодности включает в себя следующие этапы:

1) декомпозиция системы на структурные и функциональные блоки;

2) выявление внешних входов для каждого блока и их выходов;

3) декомпозиция («расщепление») функциональных связей (входов-выходов) блоков структуры системы в зависимости от характера задач синтеза и анализа контролепригодности;

4) разработка функциональной схемы на основе результатов «расщепления» функциональных связей;

5) определение области допустимых и недопустимых значений входных и выходных параметров блоков;

6) определение логических функций условий функционирования блока F_{ij} по входу Z_{ij} с учетом существенных входов x_i, y_i .

Итак, для построения логической модели любого объекта необходимо:

— на основе заданной структуры системы (объекта) выделить блоки P_i функциональной схемы;

— заменить каждый блок функциональной схемы P_{iki} блоками, каждый из которых имеет один выход z_{ij} и существенные для данного выхода входы;

— обозначить блоки логической модели символами $N_1, \dots, N_h$, где $h = \sum_{i=1}^M k_i$, и выделить для каждого исходного блока в функциональной схеме подмножество блоков логической модели из множества

— для любой пары блоков логической модели N_i и N_j , имеющих входы u_i и u_j , характеризующихся одним и тем же параметром, область недопустимых значений этого параметра должна быть одной и той же;

— все блоки, охваченные в структуре обратными связями, должны быть заменены эквивалентными без обратных связей либо обратные связи должны быть исключены.

Следует отметить, что все блоки СЭЭС представляют собой устройства непрерывного действия, для которых функция условий работы блока F_{ij} является монотонной, а минимальная форма — единственной, не содержит переменных с отрицанием, а при допустимых значениях набора существенных входных переменных F_{ij} всегда принимает значение 1. В самом простом случае функция F_{ij} является конъюнкцией входных переменных без отрицаний.

Список литературы

1. Каракаев А. Б. Основные методические вопросы анализа и синтеза контролепригодности систем сложной конструктивно-технической и организационной структуры на примере СЭЭС и ее элементов / А. Б. Каракаев, А. В. Луканин // Эксплуатация морского транспорта. — 2013. — № 2 (72).
2. Герцбах И. Б. Модели отказов / И. Б. Герцбах, Х. Б. Кордонский. — М.: Сов. радио, 1966. — 165 с.
3. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. — Офиц. изд. — М.: Изд-во стандартов, 1990. — 37 с.