

УДК 321.311:62-65

UDC 321.311:62-65

05.00.00 Технические науки

Engineering

**КОМБИНАТОРНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ
МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

**COMBINATORIAL DIAGNOSIS MODEL OF A
POWER OBJECT**

Круглов Вадим Игоревич
к.т.н., доцент

Kruglov Vadim Igorevich
Candidate of technical Sciences, associate Professor

Шарипов Ильнар Ильдарович
к.т.н.
*ФГБОУ ВПО Казанский государственный
энергетический университет
420066, Российская Федерация, г. Казань, ул.
Красносельская, д. 51
tot_kgeu@mail.ru*

Sharipov Inar ildarovich
Candidate of technical Sciences
*FSBEI HPE Kazan state energy University
420066 Russia, Kazan, Krasnoselskaya, 51
tot_kgeu@mail.ru*

Современный уровень развития энергообъектов, необходимость увеличения их ресурсов и усиление конкуренции вызвали особенную актуальность проблемы повышения эффективности их эксплуатации. Работа посвящается обоснованию выбора и разработке методики построения диагностической модели для поиска отказов в энергетических объектах

The present level of development of power systems, the need to increase their resources and increased competition have caused especially true problem of increasing the efficiency of their operation. The work is devoted to the justification of the selection and development of a technique of construction of the diagnostic model to search for failures in power objects

Ключевые слова: ДИАГНОСТИКА, ОТКАЗ, ЭНЕРГОСИСТЕМА, ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМ, СХЕМА, ВХОДНОЙ СИГНАЛ, ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ, АВТОМАТИКА, САМОКОНТРОЛЬ, ПАРАМЕТР

Keywords: DIAGNOSTICS, FAILURE, GRID, FUNCTIONAL-LOGICAL MODEL, ALGORITHM, DIAGRAM, INPUT, OUTPUT, AUTOMATION, SELF-CONTROL, OPTION

Doi: 10.21515/1990-4665-131-123

Введение

В настоящее время разработано значительное количество математических моделей, описывающих состояние исследуемого объекта. Представленная работа посвящена выбору и построению модели, позволяющей минимизировать сроки и затраты на обнаружение эксплуатационного отказа.

Комбинаторные диагностические системы

Решение проблемы повышения эффективности эксплуатации требует совершенствования самих энергетических объектов (ЭО), а также разработку математических моделей, адекватно характеризующих их техническое состояние. Принято разделять множество возможных

состояний ЭО на два подмножества – работоспособных и неработоспособных [1]. В случае отказа ЭО по вине какого-либо из совокупности его элементов необходимо минимизировать время и экономические затраты на поиск и устранение отказа.

В общем случае система диагностирования ЭО должна:

- производить измерение и анализ параметров, определяющих работоспособность ЭО;

- выдавать сигналы на средства отображения информации о появлении параметра, величина которого вышла из пределов установленного допуска;

- определять величину и знак параметра, вышедшего из допуска;

- выдавать оператору сигналы об аварийном изменении контролируемых параметров;

- проводить непрерывно в процессе работы объекта допусковый контроль параметров, которые могут привести к аварийным отказам при превышении допусковых значений с использованием результатов контроля выработки сигналов тревоги или остановки;

- обеспечить эффективный самоконтроль.

В настоящее время имеется большое количество различных систем диагностирования. Их можно разделить на два типа:

- 1) Дифференциальная система технических средств встроенной системы диагностирования;

- 2) Интегральная система технических средств диагностирования.

Функциональная схема технических средств системы диагностирования приведена на рисунке 1. Такая система включает в себя приемник информации (ПИ), формирователь сигналов (ФС), который организует опрос датчиков (D_n) в необходимый момент времени, базовый компьютер (БК), накопитель информации (НИ), аварийный накопитель информации (АНИ), индикатор информации (И).

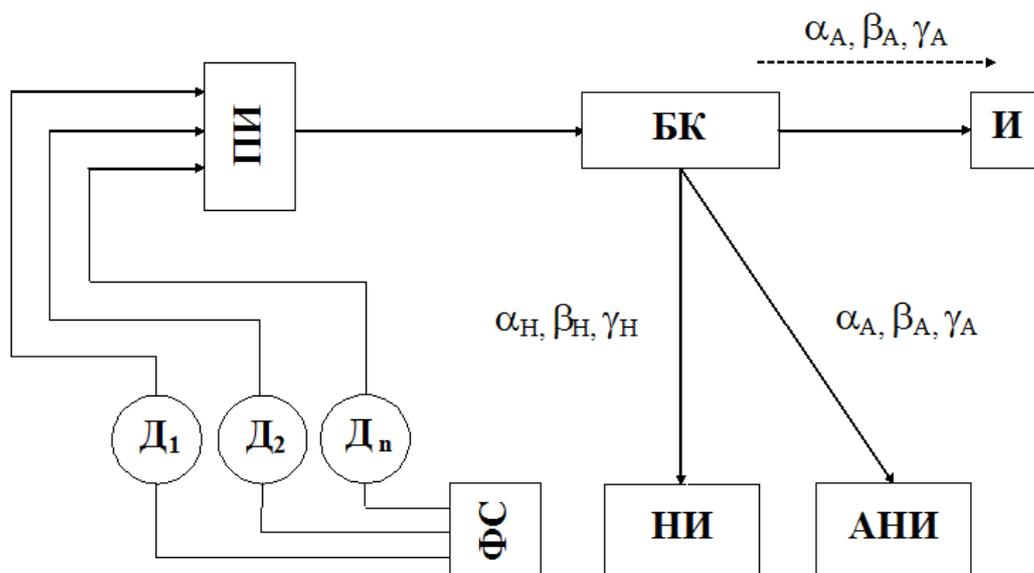


Рисунок 1. Функциональная схема технических средств системы диагностирования.

Базовая система диагностирования объекта должна быть способна в условиях эксплуатации перерабатывать с большой скоростью значительный объем информации, поступающей от датчиков функциональных параметров, тензодатчиков, оптических датчиков, токовихревых датчиков и т.п. Обработанная техническими средствами информация должна выдаваться в накопитель информации и индикатор.

В качестве диагностической информации используются фиксированные, адаптивные и переменные пределы параметров.

Фиксированные пределы контролируемых параметров устанавливаются заводом изготовителем в виде верхней и нижней границы допуска (максимальное и минимальное значение). Адаптивные пределы контролируемых параметров зависят от текущих значений других независимых параметров, например от времени.

Переменные пределы контролируемых параметров могут использоваться самостоятельно или как дополнение к обнаружению фиксированных пределов и служат для проверки данных перед

регистрацией путем оценки отклонений от предыдущих записей и контроля записи определенных параметров, которые изменяются в широком диапазоне в процессе эксплуатации.

Для проведения анализа тенденций изменения контролируемых параметров регистрация информации производится автоматически на установленных режимах эксплуатации. Система диагностирования ЭО позволяет определять конкретную неисправность. Так, например, для обнаружения дефектов узла подшипника газотурбинной установки (ГТУ) в диагностическую программу должны быть включены текущие значения контролируемых параметров от датчика давления масла в откачивающей магистрали подшипника, термомпары температуры откачиваемого масла, до детектора стружки, контролирующего количество металлических частиц в откачиваемом масле.

Одной из перспективных диагностических систем технического состояния ЭО является интегральная диагностическая система, объединяющая комплекс методов и средств диагностики, структура которых строится из условия оптимальности в достижении получения избыточной информации и минимума неопределенности в определении состояния. Интегральная система диагностирования предусматривает использование базовых диагностических систем, работающих совместно с внешними диагностическими подсистемами. Такая система способна решать задачи диагноза с глубиной до узла и произвести оценку тенденций изменения состояния объекта.

Для этой цели интегральная система должна иметь ряд диагностических блоков, позволяющих проводить анализ виброакустических параметров, термодинамических характеристик, термической и малоцикловой усталости, состояния масла, а также радиографические и визуально-оптические проверки. Информация из этих

блоков поступает на регистрирующее устройство и передается для окончательной обработки.

Функциональная схема интегральной диагностической системы приведена на рисунке 2. Базовая часть такой системы включает: формирователь сигналов (ФС), датчики контролируемых параметров (D_n), приемник информации (ПИ), регистрирующее устройство (РУ) и индикатор аварийных сигналов (И). В систему обработки информации входят: блок приема информации (БПИ), содержащий зарегистрированную информацию, банк данных (БД), блок принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации (БПР), накопитель информации (НИ) для ее длительного хранения и пополнения банка данных.

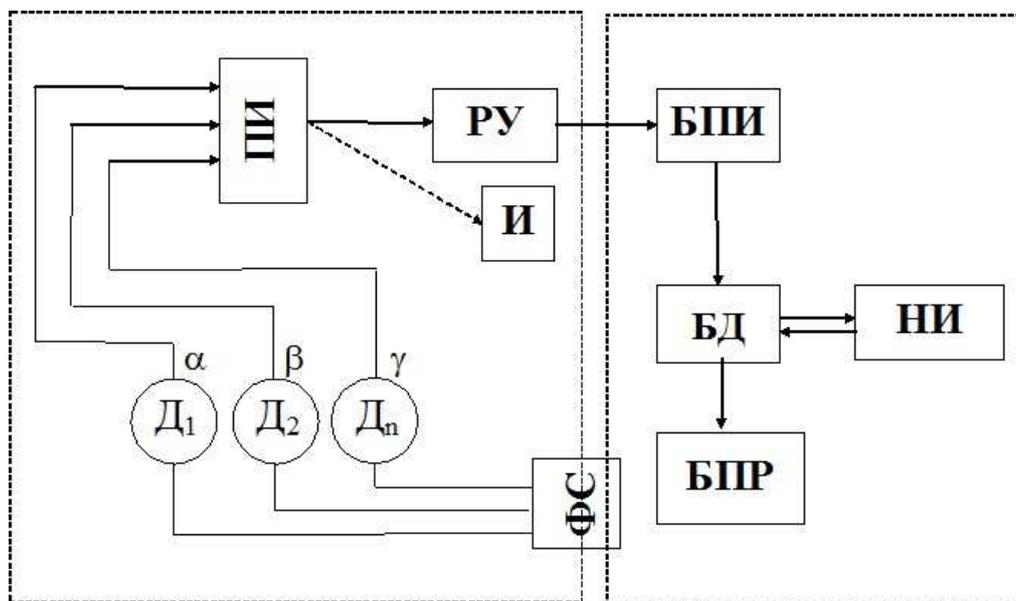


Рисунок 2. Функциональная схема интегральной диагностической системы.

После обработки накопленной информации оператор своевременно получает данные результатов диагностирования объекта.

До определенного времени вышеперечисленные системы диагностирования удовлетворяли требованиям, предъявляемым к объектам такого класса, как ЭО. Однако развитие и совершенствование ЭО, а также

значительное повышение сложности эксплуатации на современном этапе диктуют необходимость измерения не только параметров проверяемого объекта, но и оценки информативности контрольно-проверочной аппаратуры (КПА).

В настоящее время разработано большое количество диагностических моделей. Целесообразным признается использование для поиска отказов статических моделей. К основным статическим моделям относят [2]: модели для описания конечных автоматов; матричные; буквенно-логические; функциональные; функционально-логические.

К наиболее универсальным и удобным для алгоритмизации относят функционально-логические модели (ФЛМ), являющиеся разновидностью комбинаторных моделей [3]. ФЛМ представляет собой направленный граф, вершинами которого являются выходные параметры объекта, характеризующие состояние его элементов [4]. В качестве дуг служат функциональные связи между элементами. ФЛМ имеет следующие свойства: 1. Каждый блок имеет только один выход, который может быть соединен с любым количеством входов других блоков. Число входов блоков не ограничено. 2. Выходы различных блоков не могут быть объединены. 3. Для каждого блока известны допустимые значения выходного и входных сигналов, а также способ контроля их. 4. Недопустимое значение хотя бы одного входного сигнала приводит к появлению недопустимого выходного сигнала. 5. Если выходной сигнал некоторого функционального блока является входным для функционального блока, то допустимое значение этих сигналов совпадают. 6. Цепи связи между функциональными блоками (если они выделены в отдельный блок) абсолютно надежны.

Для построения ФЛМ могут использоваться принципиальные, структурные и другие схемы, а также описания работы системы. Вершинами такого графа являются изображения элементов системы, а

дугами – изображение линий передачи сигналов от элементов к элементам (линии влияния). Дуги представляют собой функциональные и логические связи между элементами системы.

Функциональные связи обуславливаются взаимным влиянием элементов с точки зрения физического преобразования сигналов. Логические связи отражают качественную сторону связей внутри системы и обуславливаются взаимовлиянием с точки зрения нормального и ненормального функционирования. Дуги сориентированы в одном направлении сверху, от входных элементов системы, вниз к ее выходным элементам.

Множество элементов ФЛМ делится на 2 подмножества: функциональные (определяющие способность объекта выполнять заданные функции) и информационные (сигнализирующие о текущем состоянии объекта).

Информационные элементы размещают на самом нижнем ярусе, который называется нулевым, функциональные элементы, влияющие на информационный, на вышестоящих ярусах. Таким образом, для каждого информационного элемента имеется свой собственный подграф.

Для срабатывания информационных элементов необходимо задействовать элементы, расположенные на вышестоящих ярусах. Количество этих элементов, их физическая природа определяют количество действий, направленных по линиям влияния.

К недостаткам этой модели можно отнести следующие: затруднено определение отказавшего элемента в случае наличия обратных связей; для сложных технических систем требуется изображение в дополнительных плоскостях и по сложности становится сопоставимой с принципиальными схемами.

Однако эти недостатки играли значимую роль при недостатке компьютерных ресурсов. В настоящее время достаточно построить вместо

одной ФЛМ альбом функциональных состояний, учитывающий совокупность входных управляющих сигналов и необходимые отклики рабочих и информационных элементов при каждом из рабочих положений. Другим подходом может быть построение ФЛМ подсистем сложного объекта.

Для срабатывания информационных элементов необходимо задействовать элементы, расположенные на вышестоящих ярусах. Количество этих элементов, их физическая природа определяют количество действий, направленных по линиям влияния.

На рисунке 3 представлена ФЛМ маслосистемы газотурбинной установки (ГТУ) НК-16-СТ, построенная на основе принципиальных, структурных схем и нормативно- технической документации.

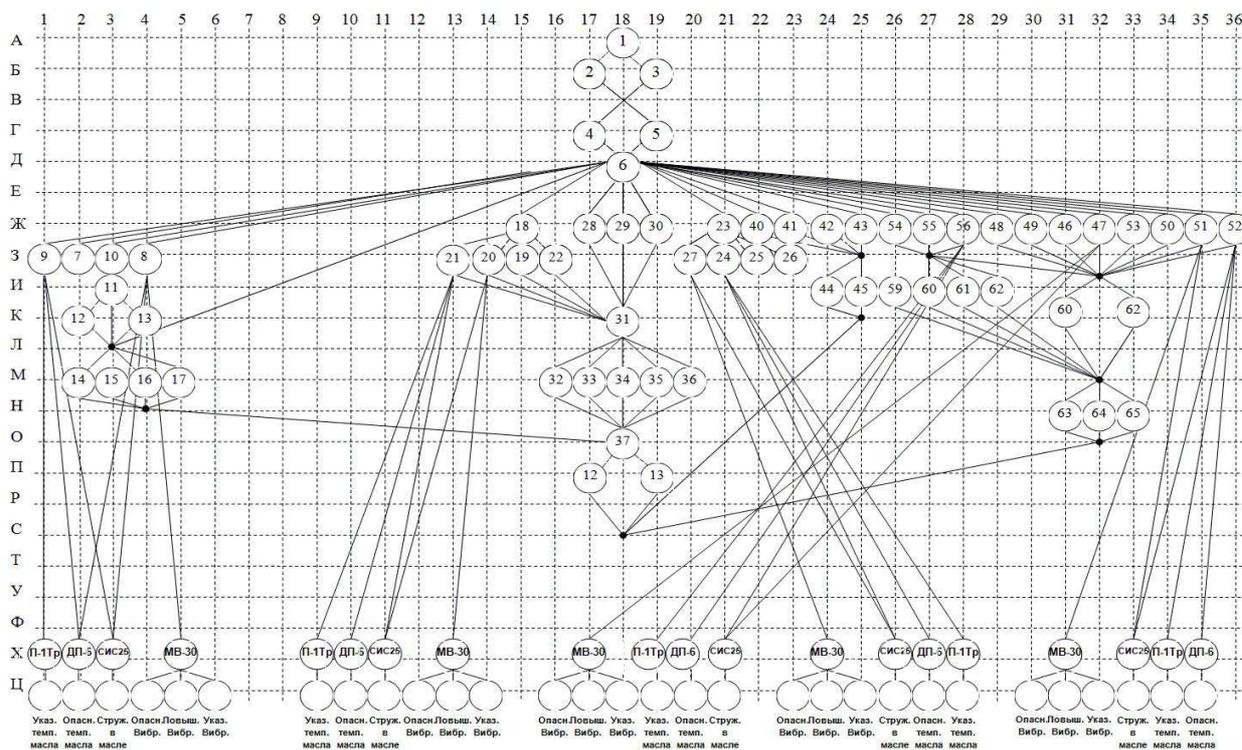


Рисунок 3. ФЛМ маслосистемы двигателя НК-16-СТ.

В качестве примера на рисунке 4 представлен фрагмент ФЛМ топливной системы ГТУ НК-16-СТ. На нижнем ярусе показаны информационные элементы, обозначенные римскими цифрами. Арабскими

цифрами обозначены функциональные элементы. Предположим, что элементам I и II, соответствуют признаки нормальной работы (1), а всем остальным, (III-X) – симптомы отказа. Алгоритм определения области поиска отказавшего элемента заключается в следующем:

– определяются области, влияющие на информационные элементы, сигнализирующие об отказе (к примеру, для информационного элемента во влияющую область входят функциональные элементы 1,2,3,4,5,6);

– выявляется совокупность функциональных элементов, влияющих на все информационные элементы, которым соответствует симптомы отказа (в нашем примере это элементы 1,2,3,4);

– из полученной, так называемой «сырой» области поиска исключаются элементы, показывающие признаки нормальной работы.

Таким образом, в приведенном примере в области поиска оказались элементы 2,3,4.

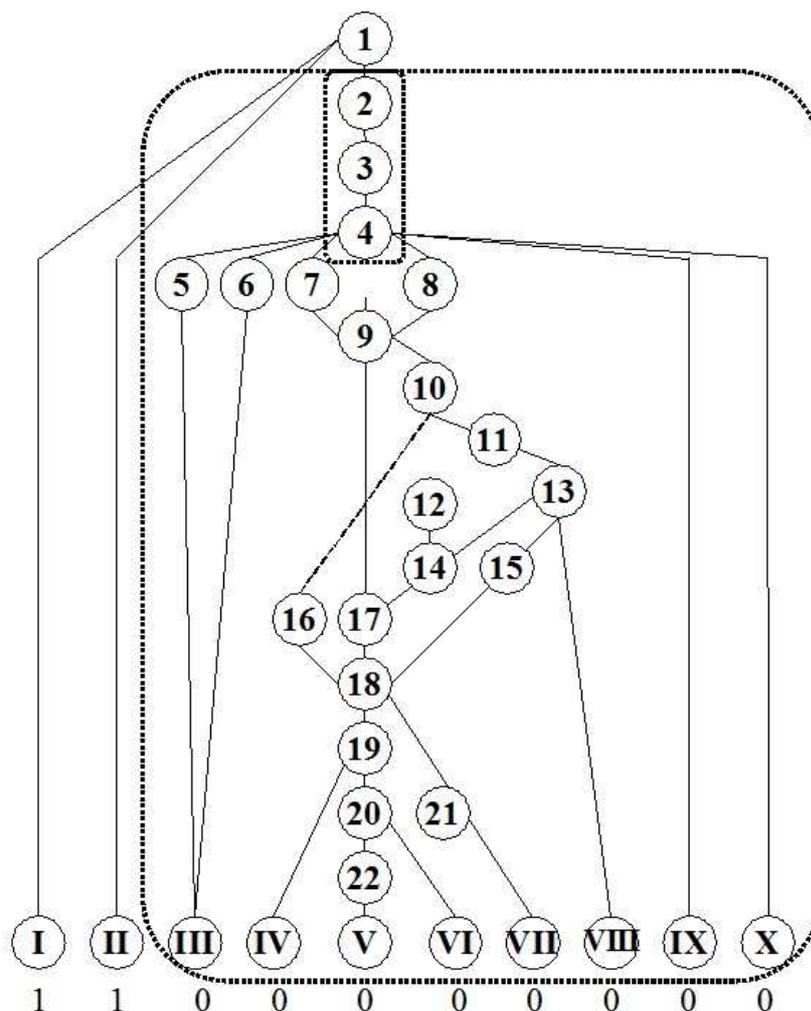


Рисунок 4. Фрагмент ФЛМ топливной системы ГТУ НК-16-СТ.

Очевидно, что предложенный подход позволяет упростить процесс диагностического поиска и является основой для создания альбома ФЛМ каждого функционального состояния. Результаты исследований могут позволить обнаружить отказавший элемент специалисту, не имеющему большого опыта эксплуатации.

Заключение

Анализ основных подходов к определению отказавшего элемента энергетического объекта показал, что наиболее удобными для этой цели могут оказаться ФЛМ. Они удобны для алгоритмизации, наглядны и имеют перспективы в случае создания ФЛМ для каждого

функционального состояния. В качестве примера показаны результаты построения ФЛМ подсистем ГТУ НК-16-СТ.

Список литературы

- [1] Машошин О.Ф. Диагностика авиационной техники. Учебное пособие. - М.: МГТУ ГА, 2007. – 141 с.
- [2] Острейковский В. А. Теория надежности: Учебник для вузов / В.А. Острейковский. — М.: Высшая школа, 2003. — 463 с.
- [3] Дистель Р. Теория графов. Пер. с англ. – Новосибирск: Издательство института математики, 2002. – 336 с.
- [4] Зыков А.А. Основы теории графов. - М: Вузовская книга, 2004. – 664 с..

References

- [1] Mashoshin O.F. Diagnostika aviacionnoj tehniki. Uchebnoe posobie. - M.: MGTU GA, 2007. – 141 s.
- [2] Ostrejkovskij V. A. Teorija nadezhnosti: Uchebnik dlja vuzov / V.A. Ostrejkovskij. — M.: Vysshaja shkola, 2003. — 463 s.
- [3] Distel' R. Teorija grafov. Per. s angl. – Novosibirsk: Izdatel'stvo instituta matematiki, 2002. – 336 s.
- [4] Zykov A.A. Osnovy teorii grafov. - M: Vuzovskaja kniga, 2004. – 664 s..