

УДК 629.4.027.117.2

Старш. препод. Э.К. Манафов

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ БУКСОВЫХ УЗЛОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Представил д-р техн. наук, профессор С.М. Багиров

Введение. В последнее время на железных дорогах мира получили распространение компьютерные средства диагностики технического состояния подвижного состава, обеспечивающие повышение безопасности движения и снижение эксплуатационных затрат. Буксовые узлы (БУ) вагонов и локомотивов всегда были предметом для особого контроля. Для определения состояния буксовых узлов скоростных подвижных

составов применяются различные методы и аппаратные средства бортовой диагностики. Ранее обнаружение зарождающихся дефектов и защита эксплуатируемого оборудования составляют основную проблему технической диагностики. Особенно остро эти проблемы стоят в настоящее время, когда ресурс оборудования полностью использован или близок к этому. Поэтому понятен возросший интерес к проблемам

контроля текущего состояния, прогнозирования работоспособности и диагностирования оборудований.

Постановка задачи. Как известно, задачи диагностирования при их организации и последующей прикладной реализации непосредственно связаны с формированием процессов наблюдения за контролируемыми параметрами. Неисправности БУ можно определить по трем параметрам: температура, вибрация и шум.

Изложение материала. Под наблюдением в БУ будем понимать выбор способа съема информации, ее обработки, режимов работы используемых датчиков, распределение во времени интервалов наблюдения, а также определение интервалов их длительности. При обеспечении оптимального закона управления всей системой необходимо оптимизировать процесс наблюдения в ней, а также организовать процесс диагностирования для мониторинга за качеством функционирования системы. Заметим, что существует несколько структурных способов размещения аппаратуры диагностирования в объектах. Наиболее общими из них, например, являются:

1. Полностью встроенная в объект система диагностирования, при которой все элементы диагностирования (датчики) размещены непосредственно в объекте.

2. Полностью автономная система диагностирования, для которой, как следует из самого определения, характерна полная автономность всех узлов аппаратуры диагностирования.

3. Промежуточные, компромиссные варианты размещения аппаратуры диагностирования на объекте.

Используя широко известный принцип циклического опроса датчиков, для БУ можно применить программный алгоритм наблюдения и диагностики с использованием микропроцессорной техники [1].

При рассмотрении БУ с позиции системной методологии, то есть в виде совокупности однородных и идентичных подсистем, замкнутых позиционными обратными связями, циклически работающими на одну нагрузку, открываются дополнительные возможности как для формирования особых управляющих функций, так и для организации процессов наблюдения и диагностирования. При использовании данного подхода будем считать, что все подсистемы работают циклически, в строго определенном порядке подключения [2].

Данный прием предлагается для повышения точности рассмотрения и математического описания рабочих процессов, происходящих с БУ.

Используя вышеуказанное, будем считать, что для идентичных подсистем A , B , C , образующих БУ, предусмотрены m датчиков наблюдения и диагностики. Для ячеек памяти будем также использовать нумерацию от 1 до m . Через $k_i^B[1;m]$ и $k_i^H[1;m]$ обозначим массивы верхних и нижних предельных значений контролируемых параметров, через $\Delta k_i^A[1;m]$ – массив значений аварийных отклонений рабочих параметров. Соответственно m – число датчиков, i – порядковый номер датчика, u – порядковый номер контролируемых параметров в массиве переменных, вышедших за пределы нормальных значений, t – текущее время.

Состояние объекта диагностирования P определяется некоторым вектором $D(d_1, d_2, \dots)$, фазовыми переменными которого в момент поиска являются контролируемые параметры, характеризующие их относительным весом. На каждой стадии m -этапного процесса диагностирования выбранное (из числа возможных) решение позволяет рассматривать новое состояние системы, характеризующееся вектором $D \leq g(d, u)$. Такой переход сопровождается приростом

критерия $f(d, u)$, зависящим от прежнего состояния системы P и от принятого решения на каждом из шагов (u). Выбор на каждом этапе поиска дефекта осуществляется из конечного числа возможных решений, обусловленных структурой системы и заданными условиями диагностирования. Будем считать, что конечной целью алгоритмизации процесса диагностирования в БУ является максимизация полного прироста критерия (за M этапов принимаемых решений) $F_1(d) = \max f(d, u)$ зависящего, в свою очередь, от начального состояния D и числа шагов (этапов) в процессе поиска [3].

Используя базовые принципы теории оптимизации, для БУ можно использовать рекуррентное соотношение для детерминированной программы диагностирования $F_M(d) = \max[f(d, u) + F_{M-1}(\tilde{g}(d, u))]$; ($u=1, N$).

Следует отметить, что в практических ситуациях достаточно часто бывает необходима иная интерпретация функции $f(d, u)$, когда эта функция может подвергаться последующей нормализации по ряду физических параметров. Основными из них следует считать следующие параметры:

- 1) относительное время проверки $t_0 = t'/t = \alpha_1$;
- 2) относительную стоимость проверки $c_0 = c'/c = \alpha_2$;
- 3) относительное число проверяемых параметров $r_0 = r'/r = \alpha_0$.

Здесь t, c, r – соответственно время проверки, ее стоимость для всех каналов, трактов (в канале) и полное число трактов (в системе), блоков (в тракте), элементов (в блоке); t', c' – соответственно, время проверки и ее стоимость для проверяемых трактов, блоков и элементов; r' – в общем случае число проверяемых каналов, трактов, блоков и элементов. Нормализация рассматриваемой функции осуществляется

введением для $f(d, u)$ множителя соответствующих относительных коэффициентов либо в отдельности, либо в комбинации.

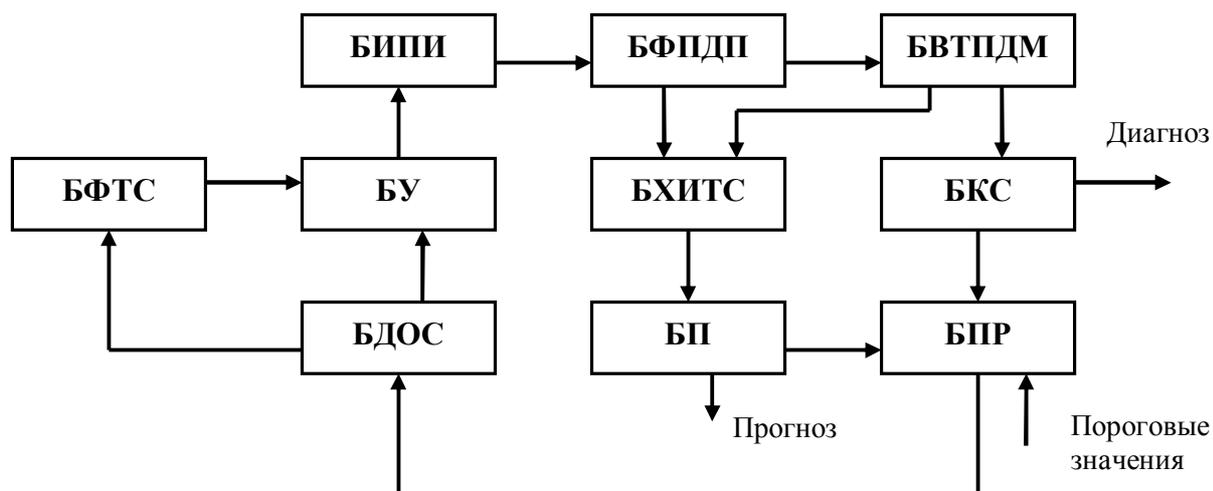
Следует особо заметить, что при организации процесса диагностирования в БУ возникает задача выбора полезных сигналов, адекватно и достоверно определяющих состояние системы. Основная сложность при этом заключается в том, что ряд характеристических сигналов, обладающих максимальной информативностью, во многих случаях оказывается труднодоступен либо не доступен вовсе для прямого съема данных. Во многих случаях подобные сигналы необходимо предварительно обработать с применением методов априорной или апостериорной статистики, либо используя другие стандартные и широко известные способы извлечения информации.

Функцию диагностирования в БУ можно реализовать как на стадии настройки, так и на стадии последующего эксплуатационного обслуживания системы. Алгоритм организации диагностики приведен на рисунке.

Рассмотрим далее особенности функционирования основных блоков предложенного алгоритма и следовательно процесса диагностирования в БУ:

БФТС – блок формирования тестовых сигналов; БИПИ – блок измерения первичной информации; БФПДП – блок формализации первичных диагностических признаков; БВТПДМ – блок вычисления текущих параметров диагностируемой модели; БХТС – блок хранения информации о текущих состояниях БУ; БКС – блок классификации состояния; БП – блок прогнозирования; БПР – блок принятия решений; БДОС – блок дачи объяснений и советов.

В блоке формирования тестовых сигналов могут быть использованы различные испытательные сигналы задания для проверки работоспособности системы.



Алгоритм диагностирования в БУ

В качестве тестовых сигналов помимо стандартных синусоидальных гармонических сигналов, прямоугольной последовательности импульсов, δ -импульса и единичной ступенчатой функции могут быть использованы сигналы специального назначения.

Следует заметить, что в БУ подача тестовых сигналов возможна не во всех случаях. В ряде ситуаций введение в систему тестовых сигналов возможно только в режимах периодического регламентного контроля. В режиме нормального функционирования подача тестовых сигналов может повлиять на работоспособность системы, вызывая сбои, изменения динамических параметров и различные нарушения рабочих процессов.

Для компенсации отмеченного недостатка и наблюдения за состояниями функционирования во многих реальных системах возникает необходимость использования информационных сигналов от датчиков системы диагностирования. Однако данные сигналы достаточно часто являются мало пригодными для последующего оценивания состояний из-за большого уровня помех, сопровождающих функционирование системы, а также по

причине наличия избыточной информации. Выделение полезного сигнала в таких системах может осуществляться с помощью стандартных и традиционных методов, например, фильтрации или детерминирования, практическая реализация которых вызывает необходимость дополнительной обработки сигналов методами частотной и временной селекции.

Безусловно, использование в системе диагностирования дополнительных устройств снижает уровень надежности устройства и повышает его стоимость. Кроме того, для решения отмеченной выше проблемы в БУ достаточно успешно можно использовать методы косвенных измерений, реализуемые при программном или микропроцессорном управлении системой. Информационные сигналы от различных датчиков наблюдения БУ подаются в блок измерения первичной информации, затем передаются в блок формализации первичных диагностических признаков. Анализируя особенности функционирования предложенного алгоритма, заметим, что формирование компонентов вектора диагностических признаков происходит в блоке формализации первичных диагностических

признаков. Первичные диагностические признаки при этом иногда могут оказываться малочувствительными к относительно небольшим изменениям состояний, при этом первичные проявления возможных дефектов, сбоев, отказов и нарушений нормального функционирования могут оказаться незафиксированными системой [3,4,5].

Для повышения информативности параметров модели в предложенном алгоритме предусмотрен блок вычисления текущих параметров диагностируемой модели. На основании текущих и нормальных значений параметров в блоке классификации состояний формируется сигнал, с учетом которого в блоке принятия решений производится процедура принятия решений о принадлежности к заранее определенному классу состояний. Сравнение текущих значений рабочих параметров с их пороговыми значениями, также осуществляемое в блоке принятия решений, позволяет идентифицировать предаварийные неисправности и посредством блока дачи объяснений и советов формирует и подает непосредственно в кабину машиниста сигнал для аварийной остановки.

В разработанном алгоритме блок хранения информации о текущих состояниях открывает возможность оценивания изменения состояний диагностируемого объекта.

Следовательно, информация, формируемая данным блоком, позволяет в блоке прогнозирования осуществлять прогноз поведения и возможных изменений рабочих состояний БУ. Блок прогнозирования производит сравнение текущих значений диагностических признаков состояний с их нормальными значениями. Важно заметить, что набор

нормальных значений рабочих параметров должен соответствовать как режиму нормального функционирования, так и различным расчетным значениям параметров для нестационарных режимов эксплуатации оборудования, включая предаварийные режимы. При формировании данных значений безусловно принимаются некоторые допущения, обусловленные объективными сложностями точного и адекватного математического описания возможных нестационарных режимов, полифакторным характером внешних возмущающих воздействий, а также трудностями их формализации. Однако повышение точности выполнения соответствующих процедур будет способствовать повышению эффективности функционирования всего алгоритма.

Выводы. Из вышеуказанного можно сделать вывод, что для реализации в БУ предложенного алгоритма одной из актуальных задач является выбор диагностических признаков состояний, поскольку именно они являются определяющими для построения системы. Данное обстоятельство обусловлено тем фактом, что информативность и помехозащищенность сигналов обуславливают выбор количества точек наблюдаемости и способствуют повышению точности и достоверности диагностики. В заключении также заметим, что решение вопросов формирования процессов наблюдения и диагностики на стадии проектирования БУ представляется наиболее эффективным, а использование при этом принципов оптимального параметрического синтеза и современных методов оптимального управления будет способствовать повышению качества соответствующих процедур [3,5].

Список литературы

1. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст]: справочник / Под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1995. – 488 с.

2. Острейковский, В.А. Теория систем [Текст]. – М.: Высш. шк., 1997. – 240с.
3. Афанасьев, В.Н. [Текст] Математическая теория конструирования систем управления / В.Н. Афанасьев, В.Б. Колмановский, В.Р. Носов. – М.: Высш. шк., 1998. – 574 с.
4. Пархоменко, П.П. Основы технической диагностики. Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства [Текст] / П.П. Пархоменко, Е.С. Сагомоян. – М.: Энергия, 1981. 320с.
5. Манафов, Э.К. Интеллектуальная система диагностики буксовых узлов [Текст] / Э.К. Манафов // Вестник Днепропетровского национального университета ж.-д. транспорта. – Днепропетровск. – 2009. – № 30. – С. 161 – 164.

Ключевые слова: вагоны, буксовый узел, техническая диагностика, алгоритм, качество.

Аннотации

У статті аналізується організація і функціонування операцій для діагностування та контролю станів буксових вузлів. Наведено математичні залежності, запропоновано алгоритм організації діагностування, проаналізовано його основні блоки.

В статье анализируется организация и функционирование операций для диагностики и контроля состояний буксовых узлов. Приводятся математические зависимости, предлагается алгоритм организации диагностирования, анализируются его основные блоки.

The paper is devoted to analysis of organization and functioning and controlling the conditions of axle-box junctions. The mathematical dependences are brought out, the algorithm of organization of diagnosis, it is basic elements are analyses.