

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ.

Илья Кораго, Людмила Сергеева.

Институт железнодорожного транспорта Рижского технического университета, Рига, Латвия.

Введение

Надёжность и безопасность устройств железнодорожной автоматики (ЖАТ) существенно зависит от контроля текущего состояния этих устройств в комплексе с применением стратегий технического обслуживания.

В последнее время наблюдается тенденция перехода от профилактической стратегии обслуживания систем ЖАТ к статистико-профилактической, а в современных микропроцессорных системах к восстановительной стратегии.

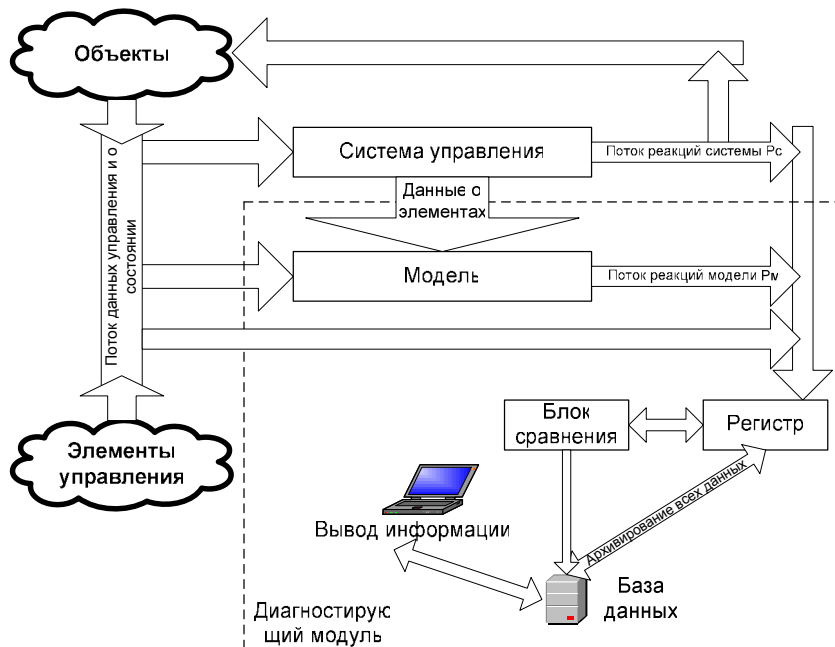
При возникновении отказов в системе ЖАТ большое влияние на надёжность и безопасность системы оказывает время t_{at} , за которое в системе аннулируется отказ. Время t_{at} может быть уменьшено различными способами, один из которых – наличие в системе ЖАТ диагностирующего модуля, который сможет указать конкретное место отказа в системе.

Важную роль в статистико-профилактической стратегии играет сбор статистических данных о работе составных элементов систем с последующим их анализом для коррекции периодичности технического обслуживания.

Для сбора статистики и её анализа можно применять различные информационные технологии. Для того, чтобы была возможность анализировать работу отдельных элементов ЖАТ и всей системы в целом, диагностирующий модуль должен обеспечить определение отказных и предотказных состояний в системах ЖАТ. Диагностирующий модуль обеспечивает оперативную фиксацию и локализацию отказа в элементах, поэтому существенно возрастает интенсивность восстановления μ отказавших элементов, поскольку время поиска и устранение отказов обслуживающим персоналом будет уменьшено.

Предлагается структура и алгоритм функционирования диагностирующего модуля, который обеспечивает мониторинг текущего состояния элементов системы и сравнение его с «идеальным» состоянием, идентичным безотказной работе контролируемых элементов. Такое сравнение даёт возможность обнаруживать все отказы, которые вызывают рассогласование «идеального» состояния с реальным состоянием отслеживаемых элементов.

Один из возможных вариантов диагностирующего модуля представлен на рис. 1.



Структура и алгоритм работы диагностирующего модуля

На рисунке 1 показан принцип действия предлагаемого диагностирующего модуля.

Предлагается все данные от объектов системы ЖАТ и элементов управления подавать не только на систему управления, но и в диагностирующий модуль. Диагностирующий модуль включает в себя модель физической системы ЖАТ, которая описывает её исправную работу и физические процессы её объектов (работа напольных устройств, реле, другого оборудования).

Диагностирующий модуль предлагается подключить и к выходной цепи управления

Рис. 1

исполнительными устройствами системы ЖАТ, чтобы он контролировал и правильность реакции физической системы на поступающие данные. Подключив диагностирующий модуль предложенным образом он будет осуществлять мониторинг системы ЖАТ.

Все данные (отражающие реакцию физической системы ЖАТ и её модели на входной поток данных, а также входной поток данных) записываются в регистр, а его содержимое, в свою очередь, записывается в базу данных с определённой периодичностью для дальнейшего анализа.

Между некоторыми составными элементами физической системы ЖАТ и её моделью также предлагается установить связь для более детального контроля системы.

Блок сравнения постоянно сравнивает выходные данные системы ЖАТ с данными получаемыми от её модели. Все данные от блока сравнения также записываются в базу данных для последующего анализа.

Результат работы диагностирующего модуля предлагается выводить на рабочее место обслуживающего персонала в графическом виде.

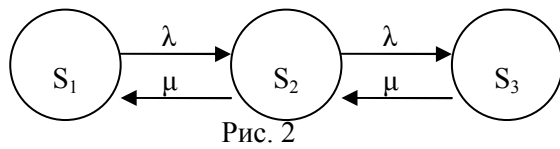


Рис. 2

Для оценки эффективности применения предлагаемого диагностирующего модуля использована модель Марковских процессов отображающую 3 состояния системы ЖАТ (рис.2.), а именно: S_1 – система исправна, S_2 – в системе отказал один элемент, S_3 – в системе отказало

2 элемента и это состояние является опасным. В модели Марковских процессов также используются следующие коэффициенты: λ – интенсивность отказов элементов, μ – интенсивность восстановления элементов.

Конечно, на практике может произойти отказ и большего числа элементов одновременно за определённый период времени, но для упрощения расчётов введено ограничение и предполагается, что в обслуживаемой системе не может быть более двух отказов одновременно.

Уравнения Колмогорова для приведённой на рис.2 системы даны ниже, они составлены исходя из Марковских процессов.

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = -\lambda P_1 + \mu P_2 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda(P_1 - P_2) + \mu(P_3 - P_2) \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda P_2 - \mu P_3 \end{cases}$$

Приведенная на рис.2 модель применима для оценки надёжности и безопасности как системы ЖАТ, так и системы ЖАТ с наложенным на неё диагностирующим модулем. Предполагается, что время затрачиваемое обслуживающим персоналом на восстановление работы системы без диагностирующего модуля $t_{at} = 0,8$ часа, а с ним оно уменьшается 2 раза. Зная t_{at} , значение μ находится как $1/t_{at}$.

Результат решения уравнений Колмогорова - коэффициент готовности состояния S_i системы, или, говоря иначе, можно определить с какой вероятностью система будет в состоянии S_i в любой выбранный момент времени. Решение приводится в листинге данном ниже.

$$\begin{aligned} \text{years} &:= 1 & t &:= 0 & \text{tk} &:= 8760 \cdot \text{years} & h &:= \frac{8760}{10000} & n &:= \frac{\text{tk} - t}{h} \\ \lambda &:= 0.3 \cdot 10^{-6} & \text{tat} &:= 0.8 & \mu &:= \frac{1}{\text{tat}} & \mu &= 1.25 & n &= 1 \times 10^4 \end{aligned}$$

$$y := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad f(t, y) := \begin{pmatrix} -\lambda \cdot y_0 + \mu \cdot y_1 \\ \lambda \cdot y_0 - \lambda \cdot y_1 + \mu \cdot y_2 - \mu \cdot y_1 \\ \lambda \cdot y_1 - \mu \cdot y_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} R &:= \text{rkfixed}(y, t, \text{tk}, n, f) & R_{n,1} &= 0.99999976 & R_{n,2} &= 2.4 \times 10^{-7} \\ \text{tat} &:= 0.4 & \mu &:= \frac{1}{\text{tat}} & \mu &= 2.5 & R_{n,3} &= 5.76 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

$$y := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad f(t, y) := \begin{pmatrix} -\lambda \cdot y_0 + \mu \cdot y_1 \\ \lambda \cdot y_0 - \lambda \cdot y_1 + \mu \cdot y_2 - \mu \cdot y_1 \\ \lambda \cdot y_1 - \mu \cdot y_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} R1 &:= \text{rkfixed}(y, t, \text{tk}, n, f) & R1_{n,1} &= 0.99999988 & R1_{n,2} &= 2.4 \times 10^{-7} \\ & & & & R1_{n,3} &= 5.76 \times 10^{-14} \end{aligned}$$

$$\frac{R1_{n,1}}{R_{n,1}} = 1.0000001 \quad \frac{R_{n,2}}{R1_{n,2}} = 1.99999976 \quad \frac{R_{n,3}}{R1_{n,3}} = 3.99999952$$

Несколько пояснений по расчёту в программе MatchCAD: $R_{n,i}$ – вероятность нахождения системы в состоянии S_i в произвольный момент времени без диагностирующего модуля, и $R1_{n,i}$ – с его применением. tk , h , n – дополнительные коэффициенты необходимые для встроенной функции программы MatchCAD.

Выводы

Предложенный диагностирующий модуль системы ЖАТ, уменьшает в 2 раза вероятность отказа одного элемента, и в 4 раза вероятность наступления опасного отказа.

Ссылка

Эта работа выполнена при содействии Европейского социального фонда в рамках проекта «Поддержка развития докторантуры ТУ» Национальной программы «Содействие осуществлению программ докторантуры и исследований после нее».

Использованные источники

[1] В. В. Бардов, «Автоматизированные системы контроля и управления с цифровыми вычислительными машинами». Издательство «Министерство обороны СССР». 1978г 168 стр.