

На правах рукописи



БОЧКАРЕВ Сергей Владимирович

**МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДНОГО
УСТРОЙСТВА**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

3 0 ОКТ 2014



Санкт-Петербург
2014

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВПО ПГУПС) на кафедре «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»

- Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Лыков Андрей Александрович
- Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения»
Шаманов Виктор Иннокентьевич
- кандидат технических наук, заместитель
директора по научно-исследовательской
работе НПП «Югпромавтоматизация»,
г. Ростов-на-Дону
Сепетый Александр Анатольевич
- Ведущая организация: Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»)


Защита диссертации состоится 18 декабря 2014 г. в 15 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д218.008.02 на базе ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» по адресу: 190031, г. Санкт-Петербург, пр. Московский, д. 9, в ауд. 7-320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (www.pgups.ru), на сайте Минобрнауки России (www.vak.ed.gov.ru).

Автореферат разослан 20 октября 2014 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенных печатью, просим направлять в адрес ученого совета университета

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

 **Дмитрий Викторович Ефанов**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Стрелочное переводное устройство (СПУ) включает в себя стрелочный перевод, электропривод (СЭП), схему управления и является одним из ответственных узлов систем железнодорожной автоматики. По статистике отказы СПУ составляют 20-25 % от общего числа отказов систем ЭЦ. По данным Московской ж.д. за 2009-2012 гг. 49,5 % отказов СПУ привели к нарушению графика движения поездов.

Анализ статистических данных по отказам СЭП показывает, что самыми ненадежными их узлами являются контактный автопереключатель (38,6 %), электродвигатель (ЭД) постоянного тока (22,4 %), а также монтаж элементов схемы управления СЭП (9,2 %).

Количество контролируемых параметров СПУ (ток, время и усилие перевода, контроль крайнего положения стрелки, сопротивление изоляции) и существующие методы их анализа в системах технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) позволяют фиксировать только проявление неисправности (увеличение времени перевода стрелки, потерю контроля и др.), но не указывают на ее причину и место возникновения.

Анализ существующих методов фиксации предотказных состояний показывает их низкую достоверность, т.к. несущественные изменения диагностических параметров могут определяться в СТДМ как предотказные состояния, что приводит к увеличению трудозатрат.

Степень разработанности проблемы.

В области теории и практики разработки моделей, методов и алгоритмов, лежащих в основе диагностирования, большой вклад внесли своими работами В.М. Глушков, И.Е. Дмитренко, В.Н. Иванченко, В.М. Лисенков, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.П. Калявин, Б.Д. Перникис. В области теории и практики создания современных технологий управления на железнодорожном транспорте, а также в области создания аппаратно-программных средств автоматизации процессов технического

диагностирования большой вклад внесли своими работами А.В. Гриненко, А.В. Горелик, В.Б. Гуменников, А.Е. Федорчук, Л.Т. Кузин, А.А. Сепетый, Э.К. Лецкий, Е.М. Тарасов, А.Н. Шабельников, Д.В. Швалов и другие ученые.

Значительный вклад в решение задач по повышению надёжности и эффективности функционирования систем ЖАТ внесли известные учёные и специалисты: Б.Ф. Безродный, П.Ф. Бестемьянов, Б.М. Ведерников, Ю.А. Кравцов, В.М. Лисенков, Д.В. Гавзов, Н.Я. Меньшиков, Е.Н. Розенберг, В.И. Талалаев, В.И. Шаманов, Р.Ш. Ягудин и многие другие.

Объектом исследования является СПУ.

Предмет исследования – методы и алгоритмы диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ.

Целью диссертационной работы является разработка методов совершенствования диагностирования и прогнозирования технических состояний СПУ. Для достижения поставленной цели в диссертационной работе сформулированы следующие задачи:

1. Синтез диагностической модели (ДМ) схемы управления СЭП на основе исследования изменений диагностических параметров СПУ (тока перевода стрелки, напряжения в линейных проводах) при различных видах отказов.
2. Разработка алгоритмов диагностирования СПУ на основе ДМ.
3. Разработка алгоритмов поиска неисправностей в СПУ на основе ДМ схемы управления СЭП для локализации и сокращения времени поиска отказов.
4. Разработка метода прогнозирования изменения диагностических параметров СПУ и оценка погрешности прогнозирования относительно своевременности и достоверности фиксации предотказных состояний.
5. Разработка требований и синтез аппаратуры измерения диагностических параметров СПУ.
6. Разработка и обоснование комплексной системы технико-экономических показателей эффективности внедрения СТДМ и алгоритма их расчета для выявления зависимости между

характеристиками надежности устройств ЖАТ, свойствами СТДМ, безопасностью и бесперебойностью движения поездов. Оценка эффективности предложенных методов диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ.

На защиту выносятся:

1. Набор диагностических параметров и диагностических критериев (ДКП) для их анализа, позволяющих расширить множество выявляемых неисправностей.
2. Диагностические алгоритмы и модели, позволяющие повысить детализацию и достоверность диагностирования СПУ.
3. Метод и алгоритм прогнозирования изменения диагностического параметра СПУ, позволяющий своевременно выявлять постепенные отказы.
4. Комплексная система технико-экономических показателей эффективности внедрения СТДМ и алгоритм их расчета, позволяющий определить количественную и качественную зависимость между характеристиками надежности систем ЖАТ, свойствами СТДМ, безопасностью и бесперебойностью движения поездов.

Методы исследования. Для решения задач, поставленных в диссертационной работе, использованы методы математического анализа, теории нейронных сетей, теории надежности и теории вероятностей.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, основана на строгом применении математических методов и сравнении результатов распознавания технических состояний СПУ с использованием ДМ с данными эксперимента. Подтверждается публикациями и докладами на научно-практических конференциях, а также справкой о внедрении результатов работы.

Научная новизна:

1. Определено множество диагностических параметров и соответствующих ДКП на основе имитационного моделирования и экспериментального исследования схемы управления СЭП.

2. Предложены методы синтеза ДМ СПУ по ДКП с использованием метода многокритериальной оценки параметра и нейросетевого метода.
3. Предложена диагностическая модель СПУ на основе комбинированного метода с учетом преимуществ многокритериального и нейросетевого методов.
4. Разработан алгоритм прогнозирования тенденции изменения диагностического параметра на основе расчета времени до возможного отказа.
5. Разработана и обоснована комплексная система показателей эффективности внедрения СТДМ, в основе которой лежат свойства СТДМ, показатели надежности устройств ЖАТ, безопасность и бесперебойность движения поездов. Предложен алгоритм расчета этих показателей.

Практическая значимость. Результаты исследования позволяют повысить безопасность и бесперебойность перевозочного процесса за счет сокращения количества отказов и времени восстановления работоспособности СПУ, сократить трудоемкость работ по регламентному обслуживанию, упростить работу ремонтных подразделений по проверке ЭД постоянного тока за счет выявления системой ТДМ неисправных элементов, а также оценить эффективность работы СТДМ.

Апробация и реализация. Полученная в работе модель диагностирования по току перевода на основе комбинированного метода реализована в виде программного модуля и является функциональным расширением комплекса задач «Мониторинг».

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 1-ой (март 2011 г.), 2-ой (март 2012 г.) международных научно-практических конференциях «Интеллектуальные системы на транспорте»; на II-ой международной конференции «Наука и жизнь» (18-19 декабря 2012 г.), Германия; на заседаниях кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения (2012 г., 2014 г.); на Научно-технических

конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых Петербургского государственного университета путей сообщения (2011 г., 2012 г.).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 7 статей, в том числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 166 стр. основного текста, 66 рисунков, 30 таблиц, а также 5 приложений. Библиография включает 109 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность диссертационной работы. Выделены недостатки современных методов технического диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ, применяемых в СТДМ. Определены направления диссертационного исследования.

В первой главе диссертационной работы рассмотрены виды неисправностей устройств, дана характеристика СПУ с точки зрения надежности (контролепригодность, ремонтпригодность), приведена классификация отказов СПУ по возможности их диагностирования, сформулированы требования к методам поиска неисправностей, указаны недостатки существующих методов. Определены основные недостатки СЭП с точки зрения технического диагностирования.

Невзирая на ряд недостатков схемы управления СЭП с ЭД постоянного тока и прекращение ввода таких схем в эксплуатацию при новом проектировании, в настоящее время эксплуатируется большое число управляемых ей стрелок. Так статистические данные по Московской ж. д. показывают, что количество эксплуатируемых СЭП с ЭД постоянного тока в 3,4 раза превышает СЭП с ЭД переменного тока.

Существующие методы анализа диагностических параметров СПУ в СТДМ позволяют выявлять только проявление неисправностей и не

позволяют выявлять неисправные элементы схемы управления СЭП.

На основе проведенного анализа сформулированы задачи диссертационной работы.

Вторая глава диссертационной работы посвящена обоснованию выбора диагностических параметров и ДКП для построения модели диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ, анализу особенностей диагностируемых параметров, выбору математического аппарата для синтеза ДМ и моделей прогнозирования (МП) технического состояния СПУ и синтезу этих моделей.

Для обоснования целесообразности выбора напряжения в линейных проводах $U_{\text{л}}$ в качестве диагностического параметра была разработана имитационная модель схемы управления СЭП в среде моделирования *Workbench (Multisim)*. Результаты моделирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Диагностические признаки различных СТ и неисправностей СПУ при анализе напряжения

№	СТ и неисправности	S_{Φ} , ед ²	$\pm \Delta S_{\Phi}$	α , °	$\pm \Delta \alpha$	U_m , В	$\pm \Delta U_m$	Форма сигнала
1	Контроль плюсового положения стрелки	971,9	97	66,2	2,6	135	13,5	
2	Контроль минусового положения стрелки	971,9	97	66,2	2,6	-135	13,5	
3	Обрыв линейного провода	1341,7	134	61,5	2,6	± 110	11	
4	Короткое замыкание БДР	670,9	67	35	2,6	± 42	4,2	
5	Перегорание предохранителя	0	0	0	0	0	0	
6	Короткое замыкание конденсатора C_1 и резистора R_1	1610,1	161	46, 69,8	2,6	62, -163	6,2 16,3	
7	Короткое замыкание линии	670,9	67	35	2,6	± 42	4,2	

Анализ осциллограмм (таблица 1), полученных в ходе эксперимента с моделью контрольной цепи схемы управления СЭП, позволил выделить множество диагностических признаков, изменяющихся при разных

неисправностях и технологических ситуациях (СТ): амплитуда (U_m), площадь фигуры (S_Φ), ограниченной функцией напряжения, угол α (крутизна колебаний).

При разных неисправностях не пересекаются (таблица 1) только значения площади фигуры S_Φ , поэтому они выбираются в качестве ДКП. Вторым ДКП выбирается амплитуда сигнала U_m , поскольку она применяется для разработки модели прогнозирования ТС СПУ.

Для анализа тока перевода стрелки, как диагностического параметра, проведены испытания на станции Москва-Пассажирская-Казанская Московской железной дороги. В результате испытаний установлено, что по графику тока перевода можно определить ТСУ ЭД, элементов стрелочного перевода и работа стрелки на фрикцию.

Для анализа графиков тока перевода выделены диагностические признаки:

- среднее значение рабочего тока I_p (А):

$$I_{p,sp} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{p,i}}{n}, \quad (1)$$

где n – количество значений рабочего тока за 1 перевод с частотой измерения 100 значений в секунду;

$I_{p,i}$ – значения рабочего тока перевода.

- средний разброс значений I_p ;

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} (I_{p,i} - I_{p,sp})^2} \quad (2)$$

- среднее приведенное колебание (А);

$$K_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m k_i}{m}, \quad (3)$$

где m – число колебаний значений рабочего тока,

k – разность между двумя соседними минимальными и максимальными значениями рабочего тока.

Результаты расчета признаков приведены в таблице 2.

Анализ диагностических признаков, приведенных в таблице 2, показал, что высокая достоверность диагностирования достигается при использовании 3-х признаков в качестве ДКП: среднего значения тока перевода, отклонения от среднего, среднего приведенного колебания.

Таблица 2

Диагностические признаки различных СТ и неисправностей СПУ при анализе тока

СТ и неисправности	Диагностические признаки						
	Среднее значение, $I_{p. \text{ф.}} A$	$\pm \Delta I_{p. \text{ф.}}$	Средний разброс, σ	$\pm \Delta \sigma$	Среднее приведенное колебание, K_{cp}	$\pm \Delta K_{cp}$	Длительность перевода стрелки, зн-ий тока за 1 перевод
Одиночная стрелка исправна	1,79	0,03	0,014	0,001	0,167	0,01	105-125
Короткое замыкание якоря	3,198	0,04	0,018	0,002	0,291	0,03	140-165
Грязные башмаки	2,683	0,68	0,0358	0,018	0,436	0,02	130-310
Грязный коллектор	1,82	0,04	0,021	0,004	0,391	0,03	120-140
Искрение щеток	1,812	0,06	0,0351	0,006	1,255	0,08	140-195

Проведенный в диссертации анализ напряжения в линейных проводах и тока перевода показал целесообразность использования этих диагностических параметров для построения ДМ СПУ.

Анализ методов диагностирования и прогнозирования позволил выбрать два направления синтеза ДМ СПУ: метод многокритериальной оценки параметра и нейросетевой метод. Для синтеза МП обоснован выбор аналитического метода оценки тенденции изменения U_n .

Для разработки ДМ СПУ по U_n на основе метода многокритериальной оценки параметра U_n было выделено два ДКП (d_1, d_2) с допустимыми диапазонами изменения $\Delta d_1\{C_i\}$, $\Delta d_2\{C_i\}$: амплитуда и площадь фигуры, ограниченная функцией напряжения (таблица 1). Допустимые диапазоны изменения критериев $\Delta d_1\{C_i\}$, $\Delta d_2\{C_i\}$ для рассмотренных СТ и неисправностей C_i (таблица 1) образуют диагностические области O в 2-х мерном пространстве. Далее для каждого графика напряжения рассчитываются ДКП (координаты $^0d_1, ^0d_2$).

Полученная точка наносится на диагностическое пространство и рассчитывается кратчайшее расстояние r до выделенных диагностических областей O_1-O_5 . Принадлежность этой точки к одной из областей $(C^0 d_1, {}^0 d_2) \in O_1 \dots O_5$) позволяет определить соответствующее техническое состояние СПУ. Аналогично построена ДМ СПУ по току перевода с использованием 3-х диагностических критериев; среднее значение тока перевода, отклонение от среднего, среднее приведенное колебание и время перевода (таблица 2).

В процессе разработки ДМ СПУ по току перевода на основе нейросетевого метода определено количество нейронов во входном слое $n=310$ (максимальное количество измеренных значений тока за один перевод стрелки), и в выходном слое $m=6$ (количество выявляемых неисправностей и СТ).

Обучение многослойной сети производилось методом *RProp*, в котором используются только знаки частных производных передаточной функции (функции активации) для подстройки весовых коэффициентов в отличие от стандартных методов обучения (метод градиентного спуска). Метод *RProp* позволяет ускорить процесс обучения нейронной сети.

Для повышения достоверности диагностирования предложено использовать комбинированный метод (рисунок 1), позволяющий сохранить все преимущества нейросетевого метода, при детальном учете характера задачи. По методу многокритериальной оценки параметра рассчитываются значения ДКП $d_j\{P_i(C_i)\}$ для каждого множества измерений тока перевода $P_i(C_i)$. Далее полученные значения ДКП $d_j\{P_i(C_i)\}$ подаются на вход нейронной сети.

Размерность входного массива задается количеством выделенных ДКП, следовательно, число нейронов во входном слое $n=3$. На выходе нейросетевой модели получаем результат диагностирования СПУ: дается заключение об исправности устройства, поэтому число нейронов

в выходном слое $m=6$. Для классификации графиков тока перевода используется однослойная нейронная сеть. Число нейронов в промежуточном слое выбиралось экспериментальным путем и составило 10 (рисунок 1). Обучение однослойной сети также выполнено методом *RProp*. После успешного обучения нейронной сети проводилась проверка правильности ее функционирования на тестовых примерах отличных от обучающей выборки, показавшая возможность применения полученной нейронной сети для целей технического диагностирования СПУ.

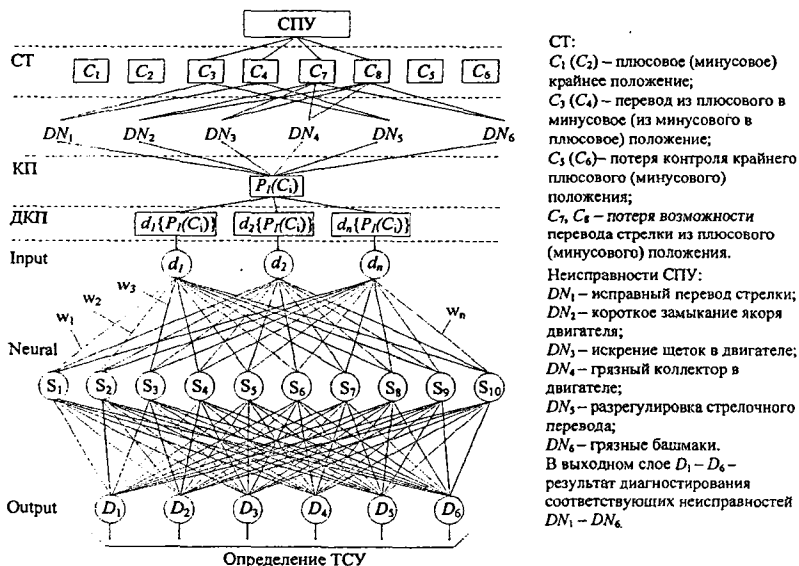


Рис. 1. Комбинированный метод диагностирования СПУ

Предложенный комбинированный метод диагностирования позволяет учесть разномасштабность процессов измерения и временных параметров работы релейных схем управления СЭП без потерь достоверности диагностирования.

В диссертационной работе рассмотрена задача выявления предотказного состояния на основе контроля постепенного изменения напряжения в линейных проводах схемы управления СЭП. Если при

этом обнаруживается тенденция изменения выбранного параметра к границе допустимых значений и скорость приближения его к границе такова, что отказ может произойти за время меньшее времени его предотвращения, то это и есть выявляемое предотказное состояние.

Для определения скорости достижения диагностическим параметром установленных допустимых границ предложено использовать линейное уравнение вида $U_n = at + b$, где a и b – коэффициенты линейного уравнения; t – значения отсчетов времени, в которые определялось значение диагностического параметра U_n .

Разработанная МП позволяет своевременно выявлять предотказные состояния, что приведет к предотвращению отказов.

В третьей главе на основе синтезированных МД и МП разработаны алгоритмы диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ, алгоритмы поиска неисправностей в схеме управления СЭП с ЭД постоянного тока, а также сформулированы требования к диагностическому контроллеру для измерения напряжения в линейных проводах и приведена схема его подключения.

Расчеты, произведенные по алгоритмам метода многокритериальной оценки параметра и нейросетевого метода, показали, что ошибочно распознаются 3,6 % и 3,8 % графиков тока соответственно. Для повышения достоверности диагностирования разработан алгоритм комбинированного метода (рисунок 2) с комплексным использованием двух рассмотренных методов. Разработанный алгоритм позволил сократить процент ошибочного распознавания до 3,1 %.

С использованием ДМ разработаны алгоритмы, позволяющие автоматизировать поиск неисправностей СПУ.

На основе алгоритма анализа тока перевода разработано программное приложение, которое внедрено на уровне линейного пункта в СТДМ на базе АПК-ДК Московской железной дороги.

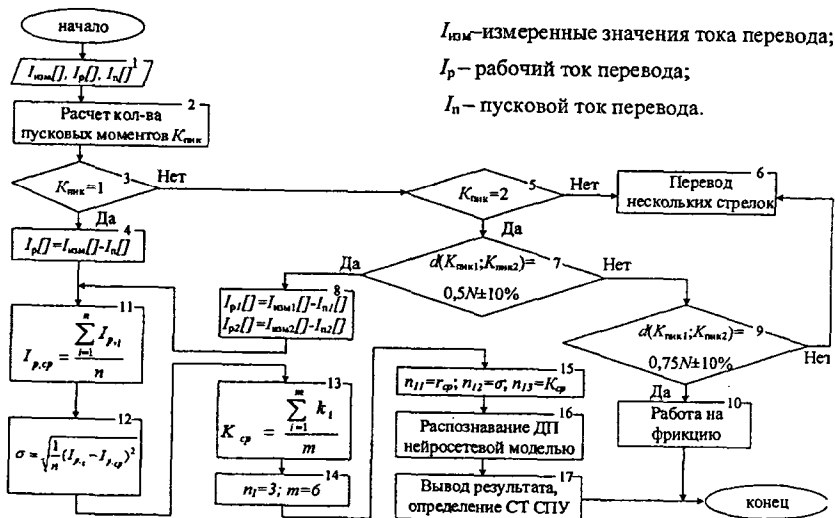


Рис. 2. Алгоритм комбинированного метода диагностирования СПУ

В четвертой главе разработана методика оценки эффективности СТДМ и проведена оценка разработанных методов диагностирования и прогнозирования технического состояния СПУ.

Для таких сложных систем, как СТДМ, концепция оценки вариантов системотехнических решений должна базироваться на иерархической многоуровневой системе взаимосвязанных показателей и характеристик, в которой показатели данного уровня рассчитываются только с использованием показателей предыдущего. Причем система должна включать на нижнем уровне показатели оценки собственно СТДМ (например, вероятность правильной оценки состояния диагностируемой системы), на следующем – показатели надежности диагностируемой системы (например, коэффициент технического использования и коэффициент безопасности СЖАТ), а показателями верхнего уровня должны являться показатели безопасности и бесперебойности движения поездов. Предложенная в диссертации система показателей (рисунок 3), базируется на сформулированной выше концепции и позволяет наиболее

полно оценить СТДМ в соответствии с ее назначением. Система является иерархической и включает 6 уровней.

В соответствии с разработанной системой показателей эффективности внедрения СТДМ на базе АПК-ДК разработан алгоритм их расчета, по предложенным на рисунке 3 уровням снизу вверх.

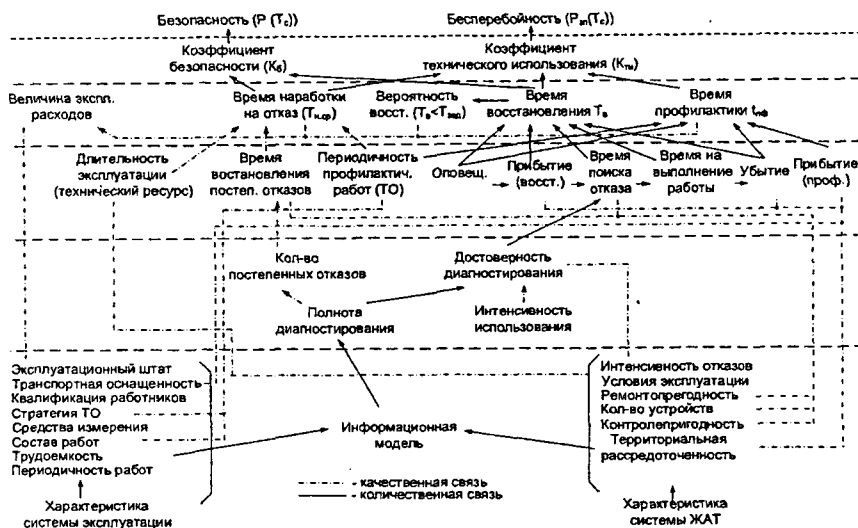


Рис. 3. Система показателей эффективности внедрения СТДМ

Алгоритм позволил оценить показатели безопасности и бесперебойности движения без учета и с учетом СТДМ. Вероятность проследования поезда без перехода в опасное состояние $P(T_d)$ без СТДМ составила $P(T_d)=0,9997$, а с учетом СТДМ – $P(T_d)=0,9998$.

Снижение вероятности задержки поездов достигается только при определенных интенсивности движения и количестве СПУ по маршруту следования. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения новых разработок в СТДМ по Московской ж. д. составляет 7407295,42 руб.

В заключении представлены выводы и основные результаты исследования:

1. Установлено, что в дополнение к существующим ДМ СПУ необходимым для достоверности диагностирования СПУ является разработка ДМ по току перевода и по напряжению в линейных проводах.
2. Доказано, что для синтеза ДМ СПУ по напряжению в линейных проводах достаточно два ДКП: площадь и амплитуда напряжения, а для синтеза ДМ СПУ по току перевода – три ДКП: среднее значение тока перевода, отклонение от среднего, среднее приведенное колебание.
3. В предложенном методе многокритериальной оценки диагностического параметра для синтеза ДМ СПУ выбор ДКП осуществляется путем анализа изменений диагностического параметра в различных технических состояниях и СТ и выделения диагностических областей.
4. В предложенном нейросетевом методе ДКП для синтеза ДМ СПУ подбираются автоматически и диагностические области не выделяются, но при этом необходимо нормировать массив входных данных.
5. В разработанном комбинированном методе ДКП для синтеза ДМ СПУ подбираются в явном виде, не требуя нормирования входных данных и выделения диагностических областей, обеспечивается повышение достоверности диагностирования СПУ.
6. Установлено, что синтезированные алгоритмы поиска отказов в схеме управления СЭП с ЭД постоянного тока с использованием ДМ СПУ приводят к сокращению времени восстановления работоспособности СПУ с 3,3 часов до 2,12 часов.
7. Доказано, что анализ тенденции изменения напряжения в линейных проводах к границе допустимых значений позволяет разработать алгоритм фиксации предотказного состояния СПУ.
8. Разработанная на основе предложенной комплексной системы расчета показателей эффективности внедрения СТДМ методика позволила оценить изменения показателей безопасности и бесперебойности движения поездов до внедрения СТДМ и после.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях:

1. **Бочкарев, С.В.** Метод определения технического состояния устройств железнодорожной автоматики / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – №4(33). – С. 45-50. – ISSN 1815-588X.
2. **Бочкарев, С.В.** Автоматизация алгоритмов поиска отказов в стрелочном электроприводе с двухпроводной схемой управления / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – №3. – С. 100-106. – ISSN 1815-588X.
3. **Зуев, Д.В.** Анализ диагностической информации / Д.В. Зуев, С.В. Бочкарев, В.В. Дмитриев // Автоматика, связь и информатика. – 2013. – №9. – С. 16-18.

Другие публикации:

4. **Zuev, D.** Solution of the problem of noninvariance of using connectionist method for image recognition / D. Zuev, S. Bochkarev // Materials of the II international research and practice conference, Vol. I, Munich, December 18-19, 2012; Germany. – 2012. – P. 257-259.
- Зуев, Д.В.** Решение проблемы неинвариантности использования нейросетевого метода для распознавания изображений / Д.В. Зуев, С.В. Бочкарев // Материалы II международной научно-практической конференции. Том 1, Мюнхен, 18-19 декабря 2012г., Германия. – 2012. – С.257-259.
5. **Бочкарев, С.В.** Автоматизация выявления отказов в схемах управления стрелочными электроприводами / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков // Сборник материалов I международной научно-практической конференции «Интеллект Транс-2011». – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, – 2011. – С.46-48.
6. **Бочкарев, С.В.** Выявление предотказных состояний устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков // Сборник материалов II международной научно-практической конференции «Интеллект Транс-2012». – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, – 2012. – С. 82-88.
7. **Бочкарев, С. В.** Методика комплексной оценки показателей эффективности систем технического диагностирования и мониторинга / С.В. Бочкарев, А.А. Лыков, Д.С. Марков // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. научн. трудов; под. ред. Вл.В. Сапожников. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 14-22. – ISBN 978-5-7641-0597-0.

Подписано к печати
Печать – изогRAFия
Тираж – 100 экз.

15 октября 2014
Бумага для множ. апп.
Зак. 907.

Печ. л. 1,25.
Формат 60 × 84 1/16.