

графики зависимостей вещественной и мнимой компонент поля от пройденного волной расстояния. Рассчитываются значения интенсивности излучения при различных значениях электрофизических параметров среды. Полученные зависимости характеризуют влияние диспергирующей среды на возбуждающее поле и открывают направление исследований качества продуктов в заводских и бытовых условиях.

#### Библиографический список

1. Краснов А.Е., Воробьева А.В., Кузнецова Н.А., Красников С.А., Краснова Н.А., Анискин Д.Ю. Основы спектральной компьютерной квадиметрии жидких сред. Научное издание - Москва: Юриспруденция, 2006.- 264с.
2. Шашлов А.Б., Уарова Р.М., Чуркин А.В. Основы светотехники. Учебник для вузов - Москва: МГУП, 2002.- 280 с.
3. Ахманов С. А. Физическая оптика: Учебник. 2-е изд./С. А. Ахманов, С. Ю. Никитин. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 656с. – (Классический университетский учебник).
4. Кузовкин В.А. Теоретическая электротехника. Учебник - Москва: Логос, 2005.- 480с.
5. Пименов Ю. В. и др. Техническая электродинамика/Пименов Ю. В., Вольман В. И., Муравцов А. Д. Под ред. Ю. В. Пименова: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2000. – 536с.

УДК 621.488

**Д.В. Казарин, аспирант ОмГУПС**

**Ал.В. Костюков, к.т.н.**

**НПЦ «Динамика», г. Омск**

#### **ВЫБОР ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ**

В сложившихся экономических условиях проблеме сокращения издержек на техническое обслуживание и текущие ремонты электропоездов при безусловном обеспечении безопасности и качества перевозочного процесса уделяется повышенное внимание, однако достижение этой цели невозможно без использования надлежащих средств технического диагностирования [1, 2].

Наиболее сложной и вместе с тем наиболее ответственной системой электропоезда, от которой напрямую зависит безопасность и выполнение графика движения поездов, являются его электрические цепи, представляющие собой совокупность цепей управления, силовых и вспомогательных электрических цепей. По статистике на поиск откавшего элемента в электрических цепях затрачивается до 50 % времени восстановления работоспособности электропоезда. В связи с этим при разработке системы технического диагностирования необходимо осущ-

ствить выбор ортогональных диагностических признаков, адекватно отражающих техническое состояние элементов электрических цепей [3].

Появление большинства дефектов в цепях управления приводит к функциональным нарушениям в их работе: несрабатыванию аппарата или его несвоевременному включению либо отключению. Часть дефектов, вызванная нарушениями регулировок, отражается на электрических и временных характеристиках работы элементов, что, в свою очередь, негативно сказывается на работе силовых коммутационных аппаратов. Дефекты в высоковольтных цепях приводят, как правило, к ухудшению показателей эффективности работы электропоезда на линии (повышенный расход электроэнергии, невыполнение скоростных режимов). Для выбора диагностических признаков проведем исследование влияния неисправностей на изменение параметров электрических цепей.

На рис. 1 в упрощенном виде представлена электрическая цепь управления линейным контактором и часть силовой цепи,ключающей контакты быстродействующего выключателя  $BV_{СЦ}$  и линейного контактора  $LK_{СЦ}$ . Цепь управления содержит контактную пару контроллера машиниста  $KM$ , замыкающие и размыкающие контактные группы  $ABU$ ,  $BV_2$ ,  $PK1$ ,  $M_1$ ,  $P1-2_1$ , и катушку электропневматического вентиля линейного контактора  $LK1-2$ . Контактные группы  $LK1-2_1$ ,  $LK1-2_2$ ,  $LK1-2_3$ ,  $LK1-2_4$ , а также  $PK1$ ,  $M_1$ ,  $P1-2_1$ ,  $BV_1$ ,  $BV_2$ ,  $BV_3$ ,  $BV_4$  и их катушки управления (на данном рисунке не показаны) входят в состав других ветвей цепей управления. Контактная пара автоматического выключателя управления  $ABU$ , имеющего пневматический привод, замыкается при давлении воздуха в тормозной магистрали поезда больше 3,5 атмосфер.

Условием срабатывания линейного контактора является наличие необходимого давления воздуха в пневматической магистрали управления и замыкание цепи контактами  $KM$  на участке « $Ш$ » – « $M$ » (« $Ш$ » – шина питания, « $M$ » – поездная магистраль цепей управления),  $ABU$  и контактными группами  $BV_2$ ,  $PK1$  на участке « $M$ » – « $-50B$ » (« $-50B$ » – поездной минусовой провод цепей управления).

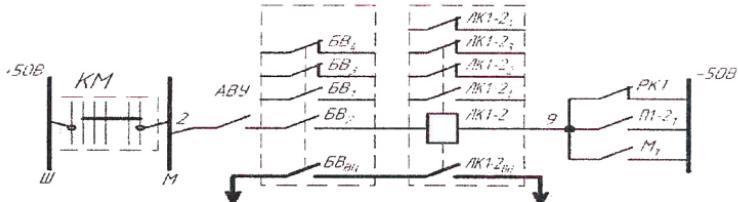


Рис.1 – Цепь управления линейным контактором

Поскольку электрическая цепь имеет два устойчивых состояния, то условие включения контактора  $LK$  составим, применив математический

аппарат булевой алгебры [4]. Логическое условие включения линейного контактора, записанное в соответствии с обозначениями, принятыми на электрической схеме, выглядит следующим образом и соответствует функции проводимости данной цепи:

$$ЛК1-2 = KM \wedge ABV \wedge BB_2 \wedge (PK1 \vee M_1 \vee П1-2). \quad (1)$$

Если все элементы электрической цепи функционируют правильно, то при выполнении логического условия (1), т.е. при замыкании цепи на участках «Ш» – «М» и «М» – «-50В», через катушку электропневматического вентиля  $ЛК1-2$  будет протекать ток. При этом основное падение напряжения будет находиться на катушку вентиля, поскольку у нее наибольшее сопротивление в данной цепи. При надлежащем качестве контактных пар  $KM$ ,  $ABV$ ,  $BB_2$ ,  $PK1$ ,  $M_1$ ,  $П1-2_1$ , коммутирующих данный участок цепи, суммарное падение напряжения на них не превышает 1 – 2 % от напряжения, приложенного к данной цепи. При включении линейного контактора будут выполнены соответствующие логические условия в других цепях, имеющих блокировочные контакты представленных аппаратов. При приложении напряжения к участку силовой цепи, содержащему контактные пары  $BB_{СЦ}$  и  $ЛК1-2_{СЦ}$ , по нему будет также протекать ток:

$$СЦ_{БВ-ЛК} = BB_{СЦ} \wedge ЛК1-2_{СЦ}. \quad (2)$$

При возникновении той или иной неисправности, как правило, происходит отклонение одного или нескольких параметров, характеризующих работу этих цепей. Каждая из возможных неисправностей имеет один или несколько характерных признаков.

Обрыв в цепи управления, в т.ч. полный обрыв катушки, проявится в том, что при выполнении логического условия включения контактора (т.е. при замыкании контактных групп на участках «Ш» – «М» и «М» – «-50В») ток через данный участок цепи не протекает, т.е. функция проводимости цепи  $ЛК1-2 = 0$  (1). Линейный контактор при этом не включится и логические условия в других цепях выполнены не будут  $СЦ_{БВ-ЛК} = 0$  (2).

При наличии в ветви нескольких включенных параллельно катушек характерным признаком обрыва цепи одной из них будет уменьшение суммарного тока в данной ветви на величину, равную номинальному току неисправной катушки. Характерным признаком обрыва цепи на участке «М» – «-50В» является то, что все напряжение будет приложено к данному участку, при наличии обрыва на участке «Ш» – «М», напряжение к участку «М» – «-50В» прикладываться не будет.

Для однозначного обнаружения данных неисправностей в рассматриваемой цепи необходим датчик тока и датчик напряжения на участке «М» – «-50В».

Наличие короткозамкнутых витков в катушке аппарата ведет к уменьшению ее активного и реактивного сопротивления. Данная неисправность проявляется в первую очередь в увеличении, относительно номинального значения, тока на участке цепи, содержащем эту катушку. При этом повышается температура катушки, уменьшается магнитодвижущая сила и, как следствие, увеличивается время срабатывания аппарата, уменьшается прижимная сила контактных пар, что ведет к увеличению переходного сопротивления контактов, включенных в силовой цепи (справедливо для электромагнитных контакторов или реле). Чем больше короткозамкнутых витков содержит катушка, тем большее приращение тока будет наблюдаться.

Обнаружение данной неисправности возможно с помощью измерения сопротивления участка цепи содержащего катушку, т.е. отношения напряжения источника питания к току, протекающему в данной ветви.

Для последующей идентификации в качестве признака межвиткового замыкания катушки аппарата принято уменьшение активного сопротивления более чем на 10 % от номинального.

Неисправности контактных пар и других контактных элементов имеют несколько разновидностей: плохой контакт или полное его отсутствие, залипание контактов. Перечисленные неисправности могут быть идентифицированы путем анализа падения напряжения на участке «*M*» – «-50В» или измерения сопротивления цепи содержащей эти контакты.

Увеличение активного сопротивления более чем на 10 % от номинального значения принимается в качестве признака ухудшения состояния цепи (плохой контакт).

Залипание контактов для нормально разомкнутых контактов выражается в том, что при невыполнении логического условия срабатывания соответствующего контактора или реле, т.е. при отсутствии протекания тока через катушку аппарата, его контактная группа находится в замкнутом состоянии. Залипание нормально замкнутых контактов выражается в том, что при выполнении логического условия срабатывания контактора или реле, контактная группа этого аппарата остается в замкнутом состоянии.

Отсутствие контакта (обрыв) для нормально разомкнутых контактов проявляется в том, что при выполнении логического условия срабатывания соответствующего аппарата и протекании тока через его управляющую катушку, контактная группа этого аппарата остается в разомкнутом состоянии. Для нормально замкнутых контактов эта неисправность проявляется в том, что при невыполнении логического условия срабатывания аппарата, его контактная группа находится в разомкнутом состоянии.

Для цепи, представленной на рис. 1, рассмотренные неисправности могут быть обнаружены путем оценки сопротивления ветви цепи управления, напряжения на участке «*M*» – «-50В» (для контактных групп ор-

ганов управления и цепи катушки), и путем анализа сопротивления участка силовой цепи, содержащего контактные пары  $BV_{СЦ}$  и  $LK1-2_{СЦ}$ .

Для выявления неисправностей поездных и секционных проводов вида: замыкание проводов между собой – «ложное соединение», перепутывание соединений (неправильный монтаж), обрыв проводов, необходимо измерение напряжений на участке « $M$ » – «-50В» для всех ветвей цепей управления.

В качестве признака неисправности типа «ложное соединение проводов» принимаем увеличение напряжения более чем на 50 % от напряжения источника питания на участке « $M$ » – «-50В» ветви, условие питания для которой не выполняется. Признаком неисправности типа «перепутывание соединений» будем считать увеличение напряжения более чем на 50 % от напряжения источника питания на участке « $M$ » – «-50В» ветви, условие питания для которой не выполняется, при этом снижение напряжения на участке « $M$ » – «-50В» ветви, условие питания для которой выполняется, превышает 50 %.

Признаком частичного замыкания плюсовых проводов на минусовые провода или на корпус принимаем увеличение тока более чем на 25 % от номинального значения для данной цепи.

Обрыв в высоковольтных цепях проявит себя невыполнением условия сбора схемы (протекания тока по силовой цепи) при выполнении условий включения аппаратов этой цепи. Признаком обрыва высоковольтной цепи принимаем отсутствие протекания тока ( $I_{СЦ} = 0$ ), при этом все напряжение источника внешнего воздействия будет приложено к участку высоковольтной цепи, на котором имеется обрыв.

Признаками неисправностей элементов высоковольтных цепей являются отклонения сопротивлений участков цепей от регламентированных технической документацией значений, как в большую, так и в меньшую сторону.

Таким образом, обеспечить необходимую полноту и глубину диагностирования электрических цепей электропоездов можно путем оценки сопротивлений всех исследуемых ветвей цепей управления, участков высоковольтных силовых и вспомогательных цепей. Очевидно, что установка датчиков тока в каждую ветвь цепей управления нецелесообразна, т.к. сложность диагностического комплекса в этом случае в несколько раз превысит сложность диагностируемого объекта.

Для определения указанных параметров при минимальном числе датчиков и линий связи диагностического комплекса с объектом разработан принцип функционально-тестового диагностирования цепей управления, заключающийся в определении диагностических признаков каждой ветви путем своевременного включения ее в процесс функционирования, организованного посредством подачи на основные и дополнительные входы тестовых воздействий, определенная последовательность которых формирует воздействия идентичные рабочим.

При этом обеспечивается выполнение коммутационными аппаратами высоковольтных цепей возложенных функций во всем диапазоне возможных комбинаций [5]. Использование для подачи тестовых воздействий дополнительных входов, т.е. входов, подача воздействий на которые не предусмотрена рабочим алгоритмом функционирования, позволяет даже при наличии функциональных нарушений в ветвях цепей управления, соответствующих основным входам, обеспечить передачу воздействия на исполнительный элемент, тем самым, реализовав выполнение им основной функции.

Предложенные правила идентификации неисправностей и принцип функционально-тестового диагностирования были реализован в системе комплексной диагностики секций электропоездов, успешно эксплуатирующейся на сети железных дорог ОАО «Российские железные дороги» с 2005 года [6, 7]. Результаты эксплуатации системы подтверждают адекватность заложенных правил, позволяющих оперативно с высокой достоверностью выявлять различные классы неисправностей цепей управления, силовых и вспомогательных электрических цепей электропоездов. Таким образом, данная система позволяет существенно снизить временные и материальные затраты на диагностику технического состояния электрических цепей электропоездов при проведении предремонтного и послеремонтного контроля.

#### Библиографический список

1. Сизов С.В., Аристов В.П., Костюков В.Н., Костюков А.В. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени // Наука и транспорт. 2008. С. 8-13.
2. Сизов С.В., Аристов В.П., Костюков В.Н., Костюков А.В. Непрерывный мониторинг состояния моторвагонного подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2008. №6. С. 41-42.
3. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002.-224 С.
4. Казарин Д.В., Костюков В.Н., Кашкаров П.Б. Диагностическая модель электрических цепей управления тяговым электроприводом электропоезда / Тезисы докладов региональной научно-практической конференции "Наука, образование, бизнес", Омск, 2007. С. 80-84.
5. Костюков В.Н., Костюков А.В., Стариков В.А., Лагаев А.А., Казарин Д.В. Заявка на изобретение №2008138513 от 26.09.2008. Система комплексной диагностики электросекций мотор-вагонного подвижного состава.
6. Костюков В.Н., Костюков А.В., Стариков В.А., Лагаев А.А., Казарин Д.В. Комплексная система диагностики электропоездов КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-ТРЗ // Наука и транспорт. 2008.
7. Сундукова И. Зри в узел. «Гудок», №175 от 26 сентября 2008 года.



**МАТЕРИАЛЫ  
РЕГИОНАЛЬНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, БИЗНЕС**

**ученых, преподавателей, аспирантов, студентов,  
специалистов промышленности и связи,  
посвященной Дню радио**

**Омск – 2009**