

лов В. В., Борисов В. В. – М. : Горячая линия, 2002. – 382 с.

**Ключові слова:** безпека функціонування, задачі контролю заповнення колій, методу корекції спектрів.

**УДК : 656.25 : 621.318**

РАЗГОНОВ А. П. – д.т.н., профессор (ДНУЖТ)  
БОНДАРЕНКО Б. М. – преподаватель (ДНУЖТ)  
ПРОФАТИЛОВ В. И. – к.т.н., доцент (ДНУЖТ)

## **МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТАКТНОГО ДАВЛЕНИЯ РЕЛЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ**

### **Введение и постановка задачи**

Основной элементной базой в устройствах железнодорожной автоматики в Украине являются электромагнитные реле первого класса надежности типа НМШ и РЭЛ. Данные реле используются при построении устройств, обеспечивающих безопасность движения поездов с учетом специальных эксплуатационно-технических требований (ЭТТ) [1]. Для обеспечения соответствия ЭТТ реле железнодорожной автоматики периодически проверяются и регулируются по всему комплексу параметров. Все основные работы по ремонту, регулировке и проверке параметров реле производятся в соответствии с «Инструкцией по техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ)» в ремонтно-технологических участках (РТУ) СЦБ [2]. При проверке реле железнодорожной автоматики измерению подлежат электрические, временные и механические параметры. Наиболее сложным процессом является измерение механических параметров реле: совместного хода контактов, межконтактного зазора в крайних положениях якоря и при перелете контактов, высоты

**Ключевые слова:** безопасность функционирования, задачи контроля заполнения путей, метод коррекции спектров.

**Key words:** functioning safety, track occupancy control task solution, spectrums correction method.

Надійшла до редколегії 21.10.2010.

Прийнята до друку 25.10.2010.

антимагнитного штифта, неодновременности замыкания контактов и контактного давления.

Существующая технология проверки механических параметров реле железнодорожной автоматики отличается низкой точностью и субъективностью, из-за большого количества ручных операций, которые осуществляются различного рода приспособлениями: щупами, шаблонами, грамометрами и т.п. Кроме того, часть механических параметров, таких как неодновременность замыкания контактов и совместный ход контактов, вообще не измеряются, так как в РТУ отсутствуют для этого измерительные средства. Для контроля данных параметров используется субъективный метод визуальной оценки, который не позволяет измерить реальное значение параметра, а только фиксирует, соответствие нормативному значению. Статистические исследования, проведенные на кафедре «Автоматики, телемеханики и связи» ДИИТа, показали, что до 10% реле первого класса надежности выпускаются в эксплуатацию с нарушением ЭТТ [3].

Измерение контактного давления в РТУ производится с помощью граммометра часового типа Г-10-60. Контактное давление измеряют путем оттягивания фронтального или тылового контакта от общего, и отсчета показаний в момент их размыкания. Статистические наблюдения показывают, что недостатком данного способа измерения контактного давления является достаточно высокая погрешность (до 30%), которая обусловлена как субъективностью при определении момента отсчета показаний, так и погрешностью самого граммометра.

Резервы повышения качества проверки реле и производительности труда при использовании существующей технологии практически исчерпаны, поэтому задача автоматизации процесса измерения параметров электромагнитных реле железнодорожной автоматики является актуальной.

Целью работы являлась разработка метода автоматизированного определения контактного давления реле железнодорожной автоматики типов НМШ и РЭЛ для использования его в составе измерительного диагностического комплекса для контроля параметров реле железнодорожной автоматики [4].

Разработанный метод автоматизированного определения контактного давления основывается на особенностях конструкции электромагнитных реле железнодорожной автоматики типов НМШ и РЭЛ, в которых отпадание якоря осуществляется не под действием возвратной пружины, а под действием собственного веса якоря, значение которого известно.

### Описание метода

Исходными данными для определения контактного давления являются параметры элементов конструкции реле НМШ (рис. 1): вес якоря  $F_g$ , соотношение плеч якоря  $K_y = b/a = 1,324$  и контактной пружины  $K_k$ , конструкция контактной системы, а также параметры, которые определяются с помощью автоматизированного измерительного диагностического комплекса для контроля параметров реле [4]:

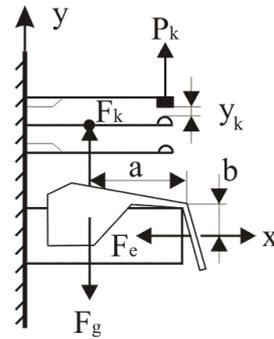


Рис. 1. Конструкция контактной системы реле НМШ

- зависимость зазора между якорем и сердечником от времени  $x(t)$  во время включения реле, позволяющая определить моменты трогания и останова якоря, а также совместный ход каждой контактной группы;
- зависимость тока в обмотке реле от времени  $i(t)$  при включении реле;
- моменты размыкания тыловых контактов и замыкания фронтальных контактов при включении реле ( $T_i$  и  $F_i$  – где  $i$  – номер контакта).

Все данные оцифровываются с помощью аналого-цифрового преобразователя и записываются в память компьютера для дальнейшей математической обработки с помощью программного обеспечения, реализованного на языке высокого уровня C++.

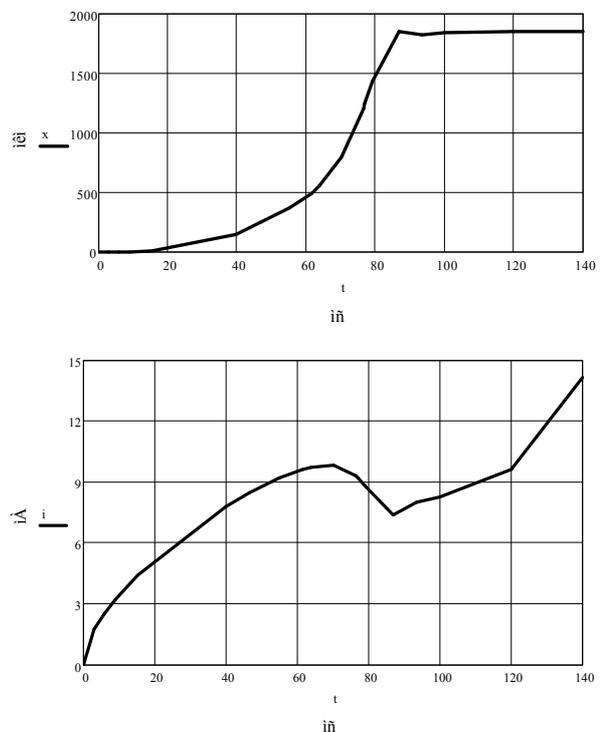


Рис. 2. Исходные данные  $x(t)$  и  $i(t)$

Исходные данные  $x(t)$  и  $i(t)$  представлены дискретными значениями, поэтому для определения значений функций между узловыми точками необходимо провести интерполяцию. Так как частота дискретизации измерительного комплекса позволяет получить несколько тысяч точек за время включения реле, то можно для интерполяции использовать простейшую одномерную линейную аппроксимацию.

На рис. 2. представлены зависимости  $x(t)$  и  $i(t)$  полученные с использованием интерполяционной формулы Ньютона [5].

Для определения ускорения якоря во время включения реле необходимо вычислить вторую производную от функции  $x(t)$ . Но данная зависимость представлена в виде кусочно-линейной аппроксимации имеет разрывы в узловых точках. Поэтому исходная зависимость  $x(t)$  на участке движения якоря заменяется гладкой функцией  $fx1(t1)$  с помощью полиномиальной регрессии четвертой степени. При таком коэффициенте полиномиальной регрессии функции  $x(t)$  и  $fx1(t1)$  имеют минимальное расхождение (см. рис. 3). Значения функции  $fx1(t1)$  необходимы только до момента замыкания последнего фронтального контакта, поэтому данную функцию можно не продлевать до момента остановки якоря, что повышает точность совпадения функций  $x(t)$  и  $fx1(t1)$ .

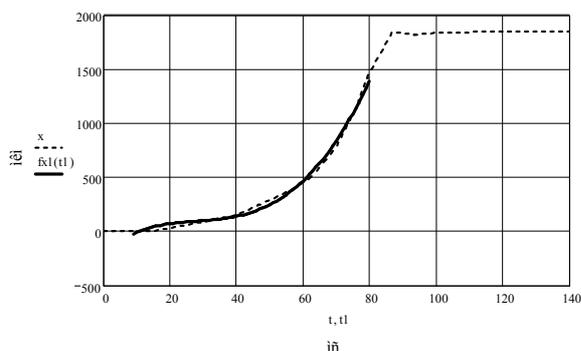


Рис. 3. Зависимости  $x(t)$  и  $fx1(t1)$

Вычисление второй производной функции  $fx1(t1)$  осуществляется с помощью итерационного метода Риддера [5]. На рис. 4. представлен график полученной зависимости ускорения якоря от времени при включении реле.

Определение совместного хода тыловых  $LT_n$  и фронтальных контактов  $LF_n$  осуществ-

ляется путем сопоставления зависимости движения якоря во время включения реле  $x(t)$  и моментов размыкания тыловых и замыкания фронтальных контактов:

$$LT_n = x(T_n), LF_n = \delta_{\max} - x(F_n) - \delta_0, \quad (1)$$

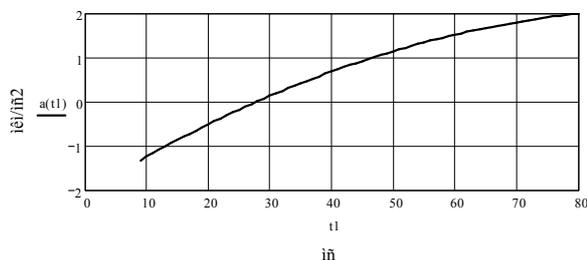


Рис. 4. Ускорение якоря во время включения реле

где  $n$  – номер контактной группы,  $\delta_{\max}$  – максимальное расстояние между якорем и сердечником,  $\delta_0$  – остаточный зазор между якорем и сердечником.

Определение электромагнитной силы притяжения якоря осуществляется с помощью следующего выражения

$$F_e = \frac{\mu_0 i(t) w^2 S}{8 \delta(t)^2} \quad (2)$$

где  $\mu_0$  – магнитная проницаемость воздушного зазора,  $w$  – количество витков в обмотке реле,  $S$  – площадь полюса сердечник реле,  $\delta(t)$  – зависимость зазора между якорем и сердечником во время включения реле от времени.

Контактное давление  $P_k$  в реле НМШ и РЭЛ создается предварительным нажатием регулировочных пластин на фронтальные и тыловые контакты  $P_0$  и силой реакции совместного хода контактных пружин  $\Delta P_k$ :

$$P_k = P_0 + \Delta P_k = c y_{скр} + c y_{совм}, \quad (3)$$

где  $c$  – жесткость контактных пружин,  $y_{скр}$  – скрытый ход контакта, который он бы прошел, если бы не опирался на регулировочную пластину,  $y_{совм}$  – совместный ход фронтального (тылового) и общего контактов.

Контактная пружина в реле НМШ представляет собой упругую балку, заделанную одним концом и нагруженную сосредоточенной силой  $F_k$  на расстоянии  $L_F$  от места заделки пружины (рис. 5). Прогиб контактных пружин в сравнении с их длиной мал и

не выходит за пределы упругой деформации, поэтому для расчетов можно использовать теорию изгиба упругой балки.

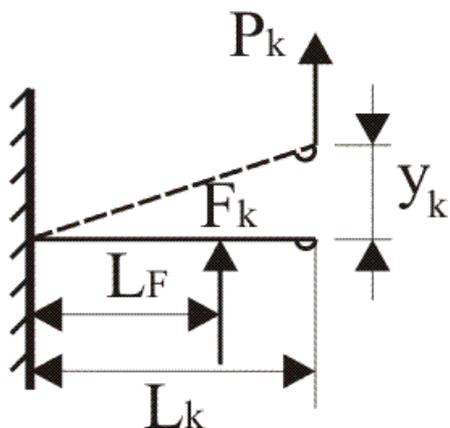


Рис. 5. Конструкция одного контакта реле НМШ

Величина изгиба конца контактной пружины будет равна:

$$y_k = F_k / C, \quad (4)$$

где  $C$  – жесткость контактной пружины на единицу силы, которая определяется следующим выражением [6]

$$C = \frac{6EJ}{L_F^2(3L_k - L_F)}, \quad (5)$$

где  $E$  – модуль упругости материала (контактные пружины в реле НМШ и РЭЛ изготавливаются из фосфористой бронзы с  $E = 11 \cdot 10^4$  Н/мм<sup>2</sup>),  $J$  – момент инерции пружины,  $L_F$  – расстояние от места заделки пружины до места приложения силы  $F_k$ ,  $L_k$  – длина контакта. Момент инерции сечения плоской пружины равен

$$J = \frac{bh^3}{12}, \quad (6)$$

где  $b$  – ширина пружины,  $h$  – толщина пружины.

Соотношение изгиба пружины контакта в точке приложения силы  $F_k$  и на конце пружины контакта  $P_k$ , где создается контактное давление, определяется следующим выражением

$$K_k = \frac{\Delta y_k}{\Delta y_F} = \frac{3L_k - L_F}{2L_F}, \quad (7)$$

и для реле НМШ  $K_k$  составляет 1,666.

Таким образом, коэффициент передачи между ходом якоря  $x$  и ходом контакта  $y_k$  составляет для реле НМШ

$$K_{yk} = K_y K_k = 2,21 \quad (8)$$

Для механической системы реле НМШ (см. рис. 1) можно составить следующее соотношение сил

$$F_e = (F_k + F_g)K_y = (y_k C + mg)K_y, \quad (9)$$

где  $m$  – масса якоря,  $g$  – ускорение якоря при его движении во время включения реле.

В электромагнитном реле железнодорожной автоматики типа НМШ тыловые контакты расположены в два ряда, между которыми отсутствует жесткая связь, к тому же каждый тыловой контакт имеет свою регулировочную пластину. Давление тыловых контактов в реле НМШ создается двумя составляющими:  $u_{скр}$  и  $u_{совм}$ . Значение скрытого хода контактов не поддается измерению косвенным методом. Для определения скрытых ходов контактов необходимо решить две системы из  $n$ -уравнений, полученные на основании выражения (9), где  $n$  – количество контактов в данном реле.

Система уравнений для реле НМШ2-900 с четырьмя группами контактов будет иметь следующий вид:

- для тыловых контактов

$$\begin{cases} F_e(T_1) = K_y(mg(T_1) + (C_T + C_O)4y_{T1} + C_T y_{TC1}) \\ F_e(T_2) = F_e(T_1) + K_y(mg(T_2) + (3C_T + 4C_O) \times (y_{T2} - y_{T1}) + C_T y_{TC2}) \\ F_e(T_3) = F_e(T_2) + K_y(mg(T_3) + (2C_T + 4C_O) \times (y_{T3} - y_{T2}) + C_T y_{TC3}) \\ F_e(T_4) = F_e(T_3) + K_y(mg(T_4) + (C_T + 4C_O) \times (y_{T4} - y_{T3}) + C_T y_{TC4}) \end{cases}$$

- для фронтальных контактов

$$\left\{ \begin{array}{l} F_e(F_1) = F_e(T_4) + K_{\text{я}}(m g(F_1) + 4C_o \times \\ \quad \times (\delta_{\text{max}} - \delta_0 - y_{T4} - y_{F1}) + C_F y_{FC1}) \\ F_e(F_2) = F_e(F_1) + K_{\text{я}}(m g(F_2) + (C_F + 4C_o) \times \\ \quad \times (y_{F1} - y_{F2}) + C_F y_{FC2}) \\ F_e(F_3) = F_e(F_2) + K_{\text{я}}(m g(F_3) + (2C_F + 4C_o) \times \\ \quad \times (y_{F2} - y_{F3}) + C_F y_{FC3}) \\ F_e(F_4) = F_e(F_3) + K_{\text{я}}(m g(F_4) + (3C_F + 4C_o) \times \\ \quad \times (y_{F3} - y_{F4}) + C_F y_{FC4}) \end{array} \right.$$

где  $T_i, F_i$  – это моменты времени в порядке размыкания тыловых и замыкания фронтных контактов при включении реле,  $C_T, C_o, C_F$  – жесткость пружин, соответственно тыловых, общих и фронтных контактов,  $y_{T_i}, y_{F_i}$  – совместный ход тыловых и фронтных контактов,  $y_{TC_i}, y_{FC_i}$  – скрытый ход тыловых и фронтных контактов.

Решив данные системы уравнений можно определить скрытый ход каждого контакта реле, и следовательно определить предварительное нажатие контактов реле  $P_0$ .

В реле железнодорожной автоматики типа РЭЛ все тыловые контакты расположены в один ряд и для них отсутствуют регулировочные пластины, поэтому давление тыловых контактов определяется только величиной совместного хода.

### Результаты экспериментальных измерений

В таблице 1 приведены обобщенные результаты экспериментальных измерений контактного давления граммометром часового типа и результаты вычислений контактного давления по предлагаемому методу для реле НМШ. Так как измерение контактного давления граммометром часового типа дает достаточно большую погрешность, то для получения более достоверных результатов измерение для каждого контакта проводилось 50 раз, после чего вычислялось среднее значение. Для получения расчетных данных использовался экспериментальный образец автоматизированного измерительного комплекса для проверки параметров реле железнодорожной автоматики. Сравнительный анализ данных результатов показал, что отклонение вычисленно-

го и измеренного значений контактного давления не превышает 12,6% для фронтных контактов и 10,3% для тыловых контактов.

Данный метод позволяет достаточно точно решить задачу автоматизации определения контактного давления для нормальнодействующих реле железнодорожной автоматики типов НМШ и РЭЛ. К достоинствам данного метода определения контактного давления можно отнести увеличение точности получаемых результатов, а также уменьшение времени на измерение контактного давления, за счет того, что отпадает необходимость проводить измерения для каждого контакта отдельно и снимать кожух реле.

Метод автоматизированного определения контактного давления, рассмотренный в данной статье, не подходит для медленнодействующих реле железнодорожной автоматики, парк которых составляет около 15 % от всех реле находящихся в эксплуатации. Это связано с особенностями конструкций таких реле, в которых на сердечнике размещается медная гильза (короткозамкнутый виток), что снижает индуктивность обмотки реле и поэтому они имеют другую форму тока в обмотке реле  $i(t)$ . Она практически совпадает с формой напряжения подаваемого на обмотку реле при включении, т.е. имеет форму близкую к прямоугольному импульсу. Определение контактного давления в медленнодействующих реле, осуществляется другим методом, который основан на расчете магнитной цепи реле.

### Выводы

Разработанный метод автоматизированного определения контактного давления реле железнодорожной автоматики типа НМШ и РЭЛ реализован в виде программного обеспечения, функционирующего в составе измерительного диагностического комплекса для контроля параметров реле. Метод позволяет решить комплексную задачу автоматизации определения механических параметров электромагнитных реле железнодорожной автоматики без снятия кожуха в соответствии с эксплуатационно-

техническими требованиями к реле первого класса надежности. Анализ полученной погрешности вычисления контактного давления реле позволяет использовать метод на практике вместо существующей технологии проверки реле.

### Библиографический список

1. Подгайченко, М. С., Ягудин, Р. Ш. Эксплуатационно-технические требования к реле СЦБ [Текст] / М. С. Подгайченко, Р. Ш. Ягудин // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – №9. – С. 19-20.
2. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ): ЦШЕОТ/0012: Затв. Гол. упр. зв'язку, енергетики та обчислювальної техніки М-ва транспорту України 05.10.1998. – Київ, 1998. – 72 с.
3. Стенд для проверки реле СЦБ. Разработка предложений по созданию стенда на базе КТС-ЛИУС-2. Отчет по НИР / ДИИТ. - № 353/3803. – Днепропетровск, 1983. – 54 с.
4. Профатилов, В. И., Разгонов, А. П., Андреевских, А. В., Бондаренко, Б. М. Измерительный диагностический комплекс для проверки реле [Текст] / В. И. Профатилов, А. П. Разгонов, А. В. Андреевских, Б. М. Бондаренко // Автоматика, связь и информатика – 2009. - № 10. – с. 14 – 17.
5. Калитки, Н. Н. Численные методы [Текст] / Н. Н. Калитки – М.: Наука, 1978. – 512 с.
6. Витенберг, М. В. Расчет электромагнитных реле [Текст] / М. В. Витенберг – М.: Энергия, 1975. – 416 с.

**Ключові слова:** контактний тиск, реле залізничної автоматики, якор, вимірювання механічних параметрів.

**Ключевые слова:** контактное давление, реле железнодорожной автоматики, якорь, измерения механических параметров.

**Key words:** contact pressure, railway automation relay, anchor, measuring automation of mechanical parameters.

Надійшла до редколегії 23.12.2010.

Прийнята до друку 24.12.2010.

Таблица 1

Результаты измерения контактного давления для реле НМШ2-900

№ контакта	Совместный ход контактов		Экспериментальные данные		Расчетные данные	
	тыловых	фронтowych	тыловые	фронтowych	тыловые	фронтowych
	$У_{т\delta}$ , мм	$У_{ф\delta}$ , мм	$P_{кт}$ , гр	$P_{кф}$ , гр	$P_{кт}$ , гр	$P_{кф}$ , гр
21-23	0,484	0,649	44	50	48	57
41-43	0,546	0,419	36	65	39	60
61-63	0,363	1,364	37	70	40	64
81-83	0,244	0,598	18	65	20	61

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И КРИТЕРИЕВ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЙ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

*Представил д.ф.-м.н., проф. Гаврилюк В. И.*

### Введение

Рельсовая цепь на данный момент является основным датчиком состояния участка пути, информация о состоянии которого позволяет организовать движение на железнодорожном транспорте. Тональная рельсовая цепь как ответственный элемент регламентирована по периодичности контроля состояния технологическими картами, согласно которым состояние ТРЦ определяется косвенным методом через электрические параметры. Обслуживание рельсовой цепи требует временных и ресурсных затрат не только по самой проверке, но и по оформлению соответствующей документации. Автоматизация контроля состояния ТРЦ способствует уменьшению влияния человеческого фактора, затрат на организацию проверки и оформление документации.

### Цель работы

Целью научной работы является анализ существующих методов контроля тональных рельсовых цепей и выбор параметров и

критериев оценки технического состояния рельсовых цепей для дальнейшей разработки методов и средств автоматизированного контроля ТРЦ

### Анализ существующих методов контроля тональных рельсовых цепей

В настоящее время при эксплуатации тональной рельсовой цепи необходимо руководствоваться инструкцией ЦШЕОТ/0012, ЦШ/0042. Основным документом для регулировки ТРЦ является регулировочная таблица (табл.1), в которой указаны основные электрические параметры конкретной рельсовой цепи. Периодичность и порядок проверки состояний ТРЦ регламентированы пунктами 10.2-10.4 инструкции ЦШЕОТ/0012 и технологическими картами ТК34-ТК37 инструкции ЦШ/0042 при непрерывной эксплуатации. Проверка блоков ТРЦ реализуется согласно инструкции по проверке аппаратуры ТРЦ ТК1-ТК4, ТК6, ТК8.

Таблица 1

Заголовок регулировочной таблицы

ТРЦ	$L_{\text{общ.}}$	$F_{\text{н}}/F_{\text{мод}}$	$U_{\text{г}}$	$S_{\text{г}}$	$U_{\text{ф}}$	$U_{\text{н}}$	$U_{\text{пп}}$ при $R_{\text{н}}$		Режим АЛС		Выводы ФПУ	Наличие УТЗ
							$\min$ и $U_{\text{с}}$		$S_{\text{кт}}$	$U_{\text{кт}}$		
							мин	макс				
	м	Гц	В	ВА	В	В	В	В	ВА	В		

В табл. 1 указано:  $L_{\text{общ}}$  – длина рельсовой цепи;  $F_{\text{н}}/F_{\text{мод}}$  – значения несущих и модулирующих частот;  $U_{\text{г}}$ ,  $S_{\text{г}}$  – напряжение и мощность на выходе генератора;  $U_{\text{ф}}$  – напряжение на выходе фильтра;  $U_{\text{н}}$  – напряжение на входе рельсовой линии;  $U_{\text{пп}}$  мин и  $U_{\text{пп}}$  макс – наименьшее и наиболь-

шее напряжения на входе путевого приемника (ПП);  $S_{\text{кт}}$  и  $U_{\text{кт}}$  – мощность и напряжение на выходе кодового трансформатора в режиме АЛС.

Согласно таблице 1, для каждой рельсовой цепи напряжение на выходе генератора и фильтра и мощность генератора рельсо-

вой цепи должны быть не больше указанного значения, напряжение на путевом приемнике – в пределах минимума и максимума, фактические значения режима АЛС – не меньше указанных [3].

Таким образом, вышеуказанные инструкции регламентируют проверку следующих параметров:

$U_g$ ,  $U_f$ ,  $U_{пп}$ , напряжение на обмотках путевых реле, остаточное напряжение  $U_{пп}$  при наложении шунта, остаточное напряжение на обмотках путевых реле при наложении шунта – 1 раз в квартал; напряжение пульсации постоянного тока электропитания генераторов – 1 раз в 6 месяцев (весной и осенью); сопротивление балласта и шпал – 1 раз в год (весной) [3].

Дополнительно, при замене аппаратуры ТРЦ или кабеля производят вспомогательную проверку параметров, указанных в таблице 36.4 инструкции ЦШ/0042 [1].

Таким образом, глобальный контроль параметров рельсовой цепи предполагает: контроль электрических параметров; расширенную проверку электрических параметров при замене блоков или ремонте кабеля; визуальный осмотр элементов ТРЦ.

Несмотря на указанные сроки, периодичность проверки электрических параметров рельсовой цепи может быть увеличена в 3-4 раза, что создает большую рутинную работу для обслуживающего персонала.

### Выбор параметров и критериев оценки технического состояния тональной цепи

Для автоматизации контроля рельсовой цепи предлагается разделить все параметры на основные и дополнительные. К основным параметрам относятся те, контроль которых предусмотрен периодически технологическими картами и инструкциями службы Ш, а к дополнительным – контроль которых осуществляется при регулировке, замене или ремонте аппаратуры ТРЦ.

С учетом вышесказанного, к основным параметрам относятся: напряжения  $U_g$ ,  $U_f$ ,  $U_{пп}$ , напряжение на обмотке путевого реле  $U_{прл}$ , напряжение пульсации тока электропитания генератора  $U_{птэг}$ , остаточное напряжение на входе путевого приемника при

наложении шунта  $U_{опп}$ , остаточное напряжение на обмотке путевого реле при наложении шунта  $U_{опрл}$ ; а к дополнительным: сопротивление балласта  $R_b$ ; напряжение сети питания  $U_{пит}$ ; напряжение кодового трансформатора  $U_{кт}$ .

Моделирование прохождения подвижного состава позволяет определить параметры  $U_{опп}$  и  $U_{опрл}$ .

Для организации системы контроля необходимо провести дискретизацию аналоговых электрических параметров тональной рельсовой цепи и определить пороговые значения всех параметров [4, с. 295].

### Дискретизация параметров

Непрерывный сигнал напряжения на генераторе  $U_g$  описан критерием  $k_1$ , показанным на рис. 1.

Согласно рис. 1, при данном изменении напряжения на выходе генератора критерий  $k_1$  присваивается только при разрешенном значении. Если ( $k_1=0$ ), то генератор неисправен, либо не отрегулирован (при условии исправности всех остальных элементов РЦ). По инструкции ЦШ/0034, п. 4.7.3 данное напряжение при регулировке устанавливается на 20-30% ниже значения, указанного в регулировочной таблице, и не должно превышать его.

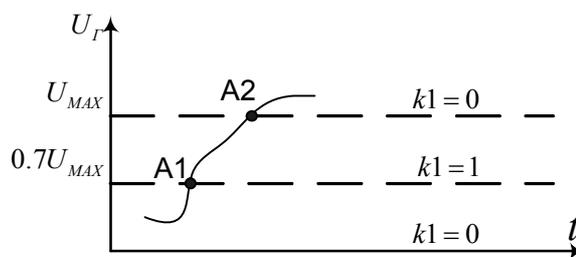


Рис. 1. Критерий напряжения на выходе генератора

Напряжение на выходе фильтра напрямую зависит от напряжения на генераторе и может быть в 4.0-9.5 раз больше (ШЦ/0034, п. 4.7.5). Критерий, описывающий данный параметр, показан на рис. 2.

Аналогично рис. 1, параметр ( $k_2=1$ ) при наличии напряжения на выходе фильтра в пределах нормативных значений между точками В1 и В2.

Электрическое напряжение на входе путевого приемника в различных состояниях рельсовой цепи может принимать противоречивые значения (так, низкое напряжение

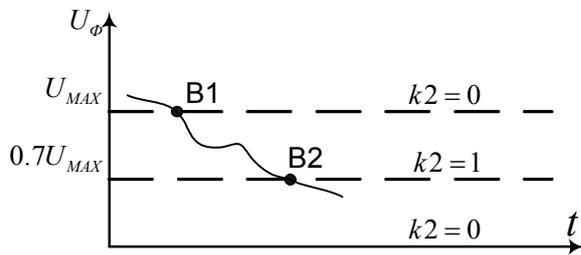


Рис. 2. Критерий напряжения на выходе фильтра

указывает нормальное состояние РЦ в шунтовом режиме или неисправное состояние при нормальном режиме, а допустимо высокое из регулировочной таблицы – исправное состояние нормального режима или наличие подпитки из постороннего источника). Критерий k3 (рис. 3) описывает параметр U<sub>пп</sub>.

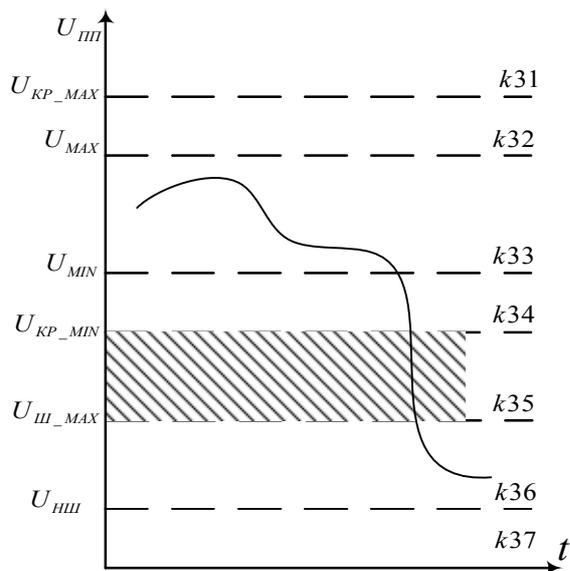


Рис. 3. Критерий напряжения на входе путевого приемника

На рис. 3 показаны границы критерия k3, который принимает только одно из показанных значений k31-k37, следовательно:

$$\sum_{i=1}^7 k3i = 1 \quad (1)$$

К примеру, рельсовая цепь работает в нормальном режиме, тогда для U<sub>пп</sub> (k<sub>33</sub>=1).

Значения  $U_{KP\_MAX}$  и  $U_{KP\_MIN}$  соответствуют указанным в регулировочной таблице,  $U_{III\_MAX}$  – максимальное напряжение на входе ПП при наличии шунта для любой ординаты размещения поездного шунта,  $U_{III}$  – минимальное напряжение U<sub>пп</sub> при нахождении на рельсовой линии шунта и наихудших условиях передачи сигнала по РЛ.

Как правило, данные подкритерии характерны для таких ситуаций:

- k<sub>31</sub> – напряжение на входе ПП выше допустимого значения;
- k<sub>32</sub> – приближение значения U<sub>пп</sub> к верхнему допустимому пределу;
- k<sub>33</sub> – напряжение на входе ПП находится в пределах нормы;
- k<sub>34</sub> – приближение U<sub>пп</sub> к нижнему допустимому пределу;
- k<sub>35</sub> – недопустимые значения напряжений, возможны только при изменении состояния рельсовой цепи;
- k<sub>36</sub> – напряжение на входе ПП находится в пределах нормативных значений;
- k<sub>37</sub> – напряжение U<sub>пп</sub> указывает на возможность неисправности рельсовой линии, либо другого элемента РЛ.

Значения k<sub>32</sub>-k<sub>34</sub> свойственны нормальному, а k<sub>36</sub> и k<sub>37</sub> – шунтовому режиму работы рельсовой цепи.

Напряжение на обмотке путевого реле в нормальном режиме работы РЦ должно быть в пределах от 4.0 до 8.0 В (ЦШ/0034, п. 4.7.7), и не более 0.42 В (ЦШ/0034, п. 3.9.8) в шунтовом режиме работы. Дополнительно, режим работы рельсовой цепи можно проверить по состоянию реле последовательного занятия ПЗ и последовательного освобождения ПО. Критерий k<sub>4</sub> описывает параметр U<sub>прл</sub> как показано на рис. 4.

На рис. 4 показаны 4 подкритерия, которые описывают все состояния параметра U<sub>прл</sub>, которые соответствуют следующим состояниям: k<sub>41</sub> – параметр превышает максимально допустимое значение; k<sub>42</sub> – параметр в пределах нормы (при работе системы в нормальном режиме); k<sub>43</sub> – недопустимое значение параметра, наблюдается

при переходе системы (ТРЦ) из одного основного режима работы в другой;  $k_{44}$  – параметр в пределах нормы (при работе системы в шунтовом режиме).

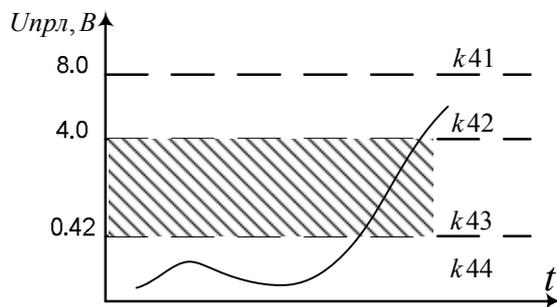


Рис. 4. Критерий напряжения на обмотке путевого реле

Как и  $k_3$ , для подкритериев  $k_{41}$ - $k_{44}$  справедливо выражение:

$$\sum_{i=1}^4 k_{4i} = 1, \quad (2)$$

которое значит, что в один момент времени может присутствовать только один подкритерий параметра Упрл.

Напряжение  $U_{птэг}$  находится следующим образом:

$$U_{птэг} = \frac{\bar{U}_{тэг} - \underline{U}_{тэг}}{2}, \quad (3)$$

где  $U_{тэг}$  – максимальное и минимальное напряжение тока электропитания генератора соответственно за один период. Критерий  $k_5$  описывает параметр  $U_{птэг}$ , при превышении данного напряжения значения 0.9 В будет равен «0», в остальных случаях – «1».

Остаточные напряжения на входе ПП и на обмотках путевых реле могут быть описаны критериями  $k_3$  и  $k_4$  при прохождении поезда с условием того, что реле ПЗ данной рельсовой цепи стали под ток. Тогда нормативным значениям параметров  $U_{опп}$  и  $U_{прл}$  будут соответствовать значения подкритериев  $k_{36}$  (или  $k_{37}$ ) и  $k_{44}$ . Таким образом, количество контролируемых электрических параметров уменьшается за счет объединения критериев контроля. Данное со-

кращение уменьшает объем периодически выполняемых работ по измерению остаточных напряжений путевого приемника и путевого реле, несмотря на то, что необходимо производить контроль состояния реле последовательного занятия рельсовой цепи.

Как было указано, к дополнительным параметрам контроля относятся сопротивление балласта  $R_б$ , напряжение сети питания  $U_{пит}$  и напряжение кодowego трансформатора  $U_{кт}$ . Согласно ЦШ/0034 (п. 3.9.11) напряжение на кодowych трансформаторах (КТ) должно быть не менее указанного значения в регулировочной таблице, следовательно, критерий  $k_6$ , который описывает параметр  $U_{кт}$  должен быть «1» при превышении данного табличного значения и «0» в других случаях. Параметр  $U_{кт}$  считается в пределах нормы, если ( $k_6=1$ ), измерение необходимо проводить в момент занятия рельсовой цепи подвижной единицей.

Напряжение сети питания, согласно ТК 73 и ЦШЕОТ/0012 п. 18.1.8 [2] может допускать изменение в пределах от +5% до -10% для номиналов 230 В и 380 В. Значение критерия  $k_7$  будет «1» только при соответствии напряжения  $U_{пит}$  нормативному.

Критерий  $k_8$ , описывающий параметр сопротивления балласта, приравнивается к «1» при значении  $R_б \geq 1$  Ом·км, однако определение данного значения может потребовать проведение вспомогательных измерений на станции.

В результате дискретизации автоматически измеряемых параметров полученные значения критериев  $k_1$ - $k_8$  позволяют непрерывно контролировать состояние основных и дополнительных электрических параметров тональной рельсовой цепи.

### Описание одиночных неисправностей

В результате описания критериями всех контролируемых параметров составляется булева функция контроля  $F_K$ , которая описывает исправное состояние рельсовой цепи. Данная функция принимает значение «1» при нахождении всех подконтрольных параметров в пределах нормы.

$$FK = k_1 \cap k_2 \cap (k_{32} \cup k_{33} \cup k_{34}) \cap k_{42} \cap k_5 \cap k_6 \cap k_7 \cap k_8 \cup k_1 \cap k_2 \cap k_{36} \cap k_{44} \cap k_5 \cap k_6 \cap k_7 \cap k_8 \cap k_9 \quad (4)$$

где FK – функция контроля;  $k_9$  – вспомогательный критерий, указывающий на состояние реле последовательной занятости ре-

льсовой цепи ( $k_9=1$  когда ПЗ находится под током).

Фактически, наиболее часто встречающимися неисправностями являются одиночные неисправности, когда выходит из-под контроля только один параметр [5]. Функции элементарных состояний неисправностей ТРЦ сведены в табл. 2.

Таблица 2

Функции элементарных неисправностей ТРЦ

№ функции неисправности	Критерии								
	$k_1$ $U_r$	$k_2$ $U_\phi$	$k_3$ $U_{пп}$	$k_4$ $U_{прл}$	$k_5$ $U_{птэг}$	$k_6$ $U_{кт}$	$k_7$ $U_{пит}$	$k_8$ $R_6$	$k_9$ ПЗ
FR1	0	0	$k_{33}$	$K_{42}$	1	x	1	1	0
FR2	0	0	$k_{36}$	$K_{44}$	1	x	1	1	1
FR3	1	0	x	x	x	x	x	x	x
FR4	x	x	$k_{31}$	x	x	x	x	x	x
FR5	x	x	$k_{32}$	x	x	x	x	x	x
FR6	x	x	$k_{34}$	x	x	x	x	x	x
FR7	x	x	$k_{35}$	x	x	x	x	x	x
FR8	x	x	$k_{37}$	x	x	x	x	x	x
FR9	x	x	$k_{33}$	x	x	x	x	x	1
FR10	x	x	$k_{36}$	x	x	x	x	x	0
FR11	x	x	x	$K_{41}$	x	x	x	x	x
FR12	x	x	x	$K_{43}$	x	x	x	x	x
FR13	x	x	x	x	0	x	x	x	x
FR14	x	x	x	x	x	0	x	x	x
FR15	x	x	x	x	x	x	0	x	x
FR16	x	x	x	x	x	x	x	0	x

В таблице 2 знаком «х» указывает на то, что данный признак не играет роли при определении этой неисправности.

В табл. 2 функции неисправности указывают на следующее:

FR1 и FR2 – напряжение на выходе генератора находится вне пределов нормативных значений, необходима регулировка, т.к. возможно невыполнение нормального и шунтового режима работы РЦ соответственно;

FR3 – напряжение на выходе фильтра находится вне нормативных значений из-за неисправности внутренних элементов, необходимо заменить его;

FR4 – напряжение на входе путевого приемника выше разрешенного значения, негарантированное выполнение шунтового режима либо выход из строя ПП;

FR5 (FR6) – напряжение Упп приближается к верхней (нижней) допустимой границе, возможно невыполнение шунтового (либо нормального) режима;

FR7 – напряжение Упп находится в запрещенной зоне, возможно несоответствие состояния путевого реле состоянию ПП;

FR8 – Упп ниже расчетного значения в шунтовом режиме, возможна неисправность в рельсовой линии;

FR9 и FR10 – несоответствие показаний реле занятости с напряжением на входе путевого приемника, возможна неисправность схемы реле ПЗ;

FR11 – неисправное состояние ПП либо внешняя подпитка путевого реле;

FR12 – неисправное состояние путевого приемника;

FR13 – неисправна схема питания генератора, либо сам генератор;

FR14 – возможно невыполнение режима локомотивной сигнализации, необходимо увеличить Укт;

FR15 – неисправность в цепи питающей панели (статива);

FR16 – неудовлетворительное состояние балласта, возможно невыполнение нормального или АЛС режима.

### **Выводы**

В результате проведенной работы на основе анализа существующих методов кон-

троля тональных рельсовых цепей проведен выбор параметров и критериев оценки технического состояния рельсовых цепей для дальнейшей разработки методов и средств автоматизированного контроля ТРЦ, что позволит:

- автоматически проверять состояние всех рельсовых цепей перегона;
- уменьшить время на проведение измерительных работ;
- снизить загрузку работников службы «Ш»;
- проводить сравнительный анализ работы контролируемых ТРЦ;
- проводить автоматический сбор статистических данных и их простую передачу по каналу связи при необходимости на диспетчерский пункт;
- уменьшить время устранения неисправностей;
- организовать систему диспетчерского контроля рельсовых цепей тональной частоты на участке любой длины и сложности.

### **Библиографический список**

1. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. ЦШ-0042 [Текст]: Затв.: наказ Державної адміністрації залізничного транспорту України 26.04.2006р. № 347-ЦЗ/Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2006. – 461 с.
2. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). ЦШЕОТ-0012 [Текст]: Затв.: наказ Державної адміністрації залізничного транспорту України 05.10.1998 № 243-Ц/Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 1998. – 72 с.
3. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл ЦЦ-0034 [Текст]: Затв.: наказ Державної адміністрації залізничного транспорту України 23.02.2004 № 030-Ц/Мін-во транспорту України. – К., 2004. – 48.
4. Сапожников, В.В. Основы технической диагностики [Текст]: Учебное пособие для студентов вузов ж-д. транспорта / В.

В. Сапожников, Вл. В. Сапожников – М.: Маршрут, 2004. – 318с.

5. Сафарбаков, А. М. Основы технической диагностики деталей и оборудования: учебное пособие [Текст] / А. М. Сафарбаков, А. В. Лукьянов, С. В. Пахомов. – Ч.1 – Иркутск: ИрГУПС, 2007. – 128 с.

**Ключевые слова:** методы контроля, тональные рельсовые цепи, автоматизация.

**Ключові слова:** методи контролю, тональні рейкові кола, автоматизація.

**Key words:** control methods, tonal frequency railway circuit, automatization.

Надійшла 20.12.2010.

Прийнята до друку 23.12.2010.

УДК656.25: 621.318.5

МАЛОВІЧКО В. В. – ст. викладач (ДНУЗТ)

ГАВРИЛЮК В. І. – д.ф.-м.н., професор (ДНУЗТ)

РИБАЛКА Р. В. – асистент (ДНУЗТ)

## КОНТРОЛЬ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ СТРІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ ПО ЧАСОВІЙ ЗАЛЕЖНОСТІ СТРУМУ ПЕРЕВОДУ СТРІЛКИ БЕЗ ВИКЛЮЧЕННЯ СТРІЛОЧНОГО ПЕРЕВОДУ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### Вступ

В даній роботі авторами запропонований метод непрямого діагностування та контролю деяких відмов стрілочних переводів з електроприводами постійного струму.

Зовнішня перевірка стану електроприводів і стрілочних гарнітур виконується електромеханіком один раз на тиждень на стрілках, що беруть участь в маршрутах приймання та один раз на два тижні на решті стрілок [1]. При використанні системи автоматичного діагностування стрілочних електричних двигунів з послідовним збудженням, в котрій для контролю стану двигуна використовується крива споживання струму ми маємо змогу частково контролювати стан стрілочного переводу по не прямим даним. Таку можливість ми одержуємо завдяки тому, що між кривою споживання струму двигуном, та навантаженням на валу двигуна існує пряма залежність, і зміни навантаження на валу відбиваються на кривій споживання струму [2].

Метою даної роботи є визначення необхідних діагностичних ознак для аналізу

стану стрілочних переводів з електричними двигунами з послідовним збудженням без виключення стрілок з поїздної і маневрової роботи по котрих автоматична система діагностування та контролю визначатиме та класифікуватиме несправності.

### Методика вимірювання

Для діагностування стану стрілочного переводу ми користуємося тією самою методикою, що використовувалась для діагностування стрілочних двигунів [3]. Єдиною відмінністю при діагностуванні та контролі стрілочного переводу є те, що в випадку діагностування всього переводу нас цікавить не лише друга ділянка (рис. 1), а весь процес переводу стрілки [4], починаючи від моменту спрацьовування реле ППР в схемі керування стрілкою (окремий всплеск рівня сигналу до початку переведення стрілки) [5].

При аналізі відмов стрілочного переводу по кривих споживання струму у нас з'являється можливість контролювати та діагностувати всі вище перелічені несправності стрілочного двигуна постійного струму без зняття його з стрілочного переводу. Крім