

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И КРИТЕРИЕВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

На основі аналізу існуючих методів контролю тональних рейкових кіл проведено вибір параметрів та критеріїв для автоматизації контролю параметрів тональних рейкових кіл.

На основе анализа существующих методов контроля тональных рельсовых цепей проведен выбор параметров и критериев для автоматизации контроля тональных рельсовых цепей

Based on the analysis of existing methods of checking the tonal frequency track circuits, the choice of parameters and options for check automation of tonal frequency track circuits is conducted.

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 оформлению 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 $R_{\text{и min}}$ и $U_{\text{с}}$		Режим АЛС		Выходы ФПУ	Наличие УТЗ
							мин	макс	$S_{\text{кт}}$	$U_{\text{кт}}$		
							В	В	ВА	В		
	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; $U_{\text{пп min}}$ и $U_{\text{пп max}}$ – наименьшее и наибольшее напряжения на входе путевого приемника (ПП); $S_{\text{кт}}$ и $U_{\text{кт}}$ – мощность и напряжение на выходе кодового трансформатора в режиме АЛС.

Согласно табл. 1, для каждой рельсовой цепи напряжение на выходе генератора и фильтра

и мощность генератора рельсовой 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:

$U_{\text{Г}}$, $U_{\text{Ф}}$, $U_{\text{пп}}$, напряжение на обмотках путевых реле, остаточное напряжение $U_{\text{пп}}$ 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 табл. 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 ТРЦ

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_r , U_ϕ , $U_{\text{пт}}$, напряжение на обмотке путевого реле $U_{\text{прл}}$, напряжение пульсации тока электропитания генератора $U_{\text{птг}}$, остаточное напряжение на входе путевого приемника при наложении шунта $U_{\text{опп}}$, остаточное напряжение на обмотке путевого реле при наложении шунта $U_{\text{опрл}}$; а к дополнительным: сопротивление балласта R_6 ; напряжение сети питания $U_{\text{пит}}$; напряжение кодового трансформатора $U_{\text{кт}}$.

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

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_r описан критерием $k1$, показанным на рис. 1.

Согласно рис. 1, при данном изменении напряжения на выходе генератора критерий $k1$ присваивается только при разрешенном значе-

нии. Если $k1 = 0$, то генератор неисправен либо неотрегулирован (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.

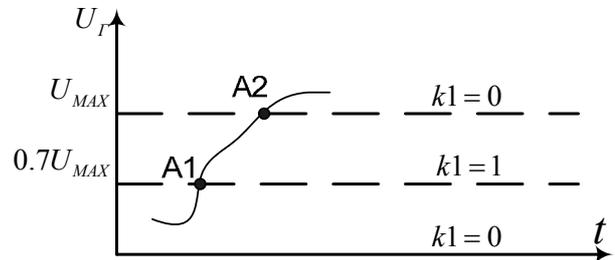


Рис. 1. Критерий напряжения на выходе генератора

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.

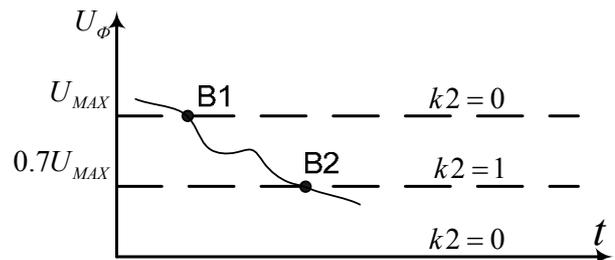


Рис. 2. Критерий напряжения на выходе фильтра

Аналогично рис. 1, параметр $k2 = 1$ при наличии напряжения на выходе фильтра в пределах нормативных значений между точками B1 и B2.

Электрическое напряжение на входе путевого приемника в различных состояниях рельсовой цепи может принимать противоречивые значения (так, низкое напряжение 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 $U_{\text{пт}}$.

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

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

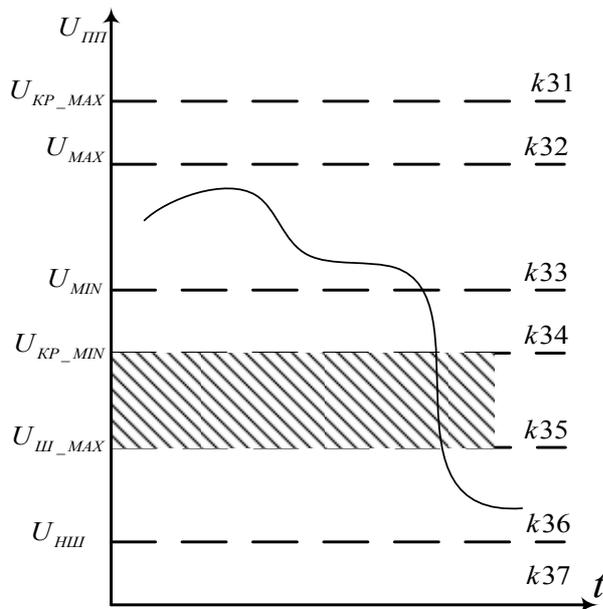


Рис. 3. Критерий напряжения на входе путевого приемника

К примеру, рельсовая цепь работает в нормальном режиме, тогда для U_{III} $k33 = 1$. 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_{III} при нахождении на рельсовой линии шунта и наихудших условиях передачи сигнала по РЛ.

Как правило, данные подкритерии характерны для таких ситуаций:

$k31$ – напряжение на входе ПП выше допустимого значения;

$k32$ – приближение значения U_{III} к верхнему допустимому пределу;

$k33$ – напряжение на входе ПП находится в пределах нормы;

$k34$ – приближение U_{III} к нижнему допустимому пределу;

$k35$ – недопустимые значения напряжений, возможны только при изменении состояния рельсовой цепи;

$k36$ – напряжение на входе ПП находится в пределах нормативных значений;

$k37$ – напряжение U_{III} указывает на возможность неисправности рельсовой линии либо другого элемента РЛ.

Значения $k32...k34$ свойственны нормальному, а $k36$ и $k37$ – 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 $k4$ описывает параметр $U_{прл}$, как показано на рис. 4.

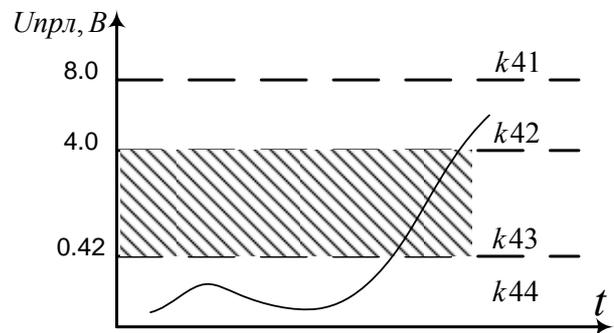


Рис. 4. Критерий напряжения на обмотке путевого реле

На рис. 4 показаны 4 подкритерия, которые описывают все состояния параметра $U_{прл}$, которые соответствуют следующим состояниям: $k41$ – параметр превышает максимально допустимое значение; $k42$ – параметр в пределах нормы (при работе системы в нормальном режиме); $k43$ – недопустимое значение параметра, наблюдается при переходе системы (ТРЦ) из одного основного режима работы в другой; $k44$ – параметр в пределах нормы (при работе системы в шунтовом режиме).

Как и $k3$, для подкритериев $k41...k44$ справедливо выражение:

$$\sum_{i=1}^4 k4i = 1, \quad (2)$$

которое значит, что в один момент времени может присутствовать только один подкритерий параметра $U_{прл}$.

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 $k5$ 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 $k3$ и $k4$ 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 $k36$ (или $k37$) и

k44. Таким образом, количество контролируемых электрических параметров уменьшается за счет объединения критериев контроля. Данное сокращение 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_6 , напряжение сети питания $U_{\text{пит}}$ и напряжение кодowego трансформатора $U_{\text{кт}}$. Согласно ЦШ/0034 (п. 3.9.11), напряжение на кодových трансформаторах (КТ) должно быть не менее значения, указанного в регулировочной таблице, следовательно, критерий *k6*, который описывает параметр $U_{\text{кт}}$, должен быть «1» при превышении данного табличного значения и «0» в других случаях. Параметр $U_{\text{кт}}$ считается в пределах нормы, если $k6 = 1$, 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 и 380 В. Значение критерия *k7* будет «1» только при соответствии напряжения $U_{\text{пит}}$ нормативному.

Критерий *k8*, описывающий параметр сопротивления балласта, приравнивается к «1» при значении $R_6 \geq 1 \text{ Ом}\cdot\text{км}$, однако определение данного значения может потребовать проведения вспомогательных измерений на станции.

В результате дискретизации автоматически измеряемых параметров полученные значения критериев *k1...k8* позволяют непрерывно контролировать состояние основных и дополнительных электрических параметров тональной рельсовой цепи.

Описание одиночных неисправностей с помощью критериев подконтрольных электрических параметров ТРЦ

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

$$FK = k1 \cap k2 \cap (k32 \cup k33 \cup k34) \cap \\ \cap k42 \cap k5 \cap k6 \cap k7 \cap k8 \cup \\ \cup k1 \cap k2 \cap k36 \cap k44 \cap \\ \cap k5 \cap k6 \cap k7 \cap k8 \cap k9, \quad (4)$$

где FK – функция контроля; $k9$ – вспомогательный критерий, указывающий на состояние реле последовательной занятости рельсовой цепи ($k9 = 1$, когда ПЗ находится под током).

Фактически, наиболее часто встречающимися неисправностями являются одиночные неисправности, когда выходит из-под контроля только один параметр [5]. Функции простейших состояний неисправностей ТРЦ сведены в табл. 2, где знаком «х» указывается 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 $U_{\text{пп}}$ приближается к верхней (нижней) допустимой границе, возможно невыполнение шунтового (либо нормального) режима;

$FR7$ – напряжение $U_{\text{пп}}$ находится в запрещенной зоне, возможно несоответствие состояния путевого реле состоянию ПП;

$FR8$ – $U_{\text{пп}}$ 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 $U_{\text{кт}}$;

$FR15$ – неисправность в цепи питающей панели (статива);

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

Функции простейших неисправностей ТРЦ

№ функции неисправности	Критерии								
	$k1$ U_T	$k2$ U_ϕ	$k3$ $U_{ш}$	$k4$ $U_{прл}$	$k5$ $U_{птэг}$	$k6$ $U_{кт}$	$k7$ $U_{пит}$	$k8$ R_6	$k9$ ПЗ
FR1	0	0	k33	k42	1	x	1	1	0
FR2	0	0	k36	k44	1	x	1	1	1
FR3	1	0	x	x	x	x	x	x	x
FR4	x	x	k31	x	x	x	x	x	x
FR5	x	x	k32	x	x	x	x	x	x
FR6	x	x	k34	x	x	x	x	x	x
FR7	x	x	k35	x	x	x	x	x	x
FR8	x	x	k37	x	x	x	x	x	x
FR9	x	x	k33	x	x	x	x	x	1
FR10	x	x	k36	x	x	x	x	x	0
FR11	x	x	x	k41	x	x	x	x	x
FR12	x	x	x	k43	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

Выводы

В результате проведенной работы на основе анализа существующих методов контроля 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 нагрузку 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. ЦШ0042 [Текст] : Затв.: Наказ Держ. адміністрації залізн. трансп. України від 26.04.2006 №347-ЦЗ.
2. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ). ЦШЕОТ 0012 [Текст] : Затв.: Наказ Держ. адміністрації залізн. трансп. України від 05.10.1998 №243-Ц.
3. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл ЦЦ/0034 [Текст] / Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку. – К.: Видавничий дім «Мануфактура», 2004. – 48 с.
4. Сапожников, В. В. Основы технической диагностики [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов ж/д трансп. / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников. – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.
5. Сафарбаков, А. М. Основы технической диагностики деталей и оборудования [Текст] : учеб. пособие / А. М. Сафарбаков, А. В. Лукьянов, С. В. Пахомов. – Ч. 1. – Иркутск: ИрГУПС, 2007. – 128 с.

Поступила в редколлегию 07.12.2009.
Принята к печати 23.12.2009.