

В.А. Целищев, О.И. Монид

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Российская Федерация

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВКИ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Аннотация. Рассмотрена структурная схема рельсовой цепи и особенности ее работы, а именно выявлена проблема, которую создает изменение сопротивления изоляции для РЦ и обоснована необходимость её устранения. Авторами предложено решение данной проблемы.

Ключевые слова: Рельсовая цепь, сопротивление изоляции, система автоматического регулирования.

V.A. Tselishchev, O.I. Monid

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

ON THE ISSUE OF AUTOMATING THE ADJUSTMENT OF SIGNAL TRACK CIRCUIT

Annotation. The schematic diagram of the rail circuit and the peculiarities of its work, namely the identified problem, necessitate the elimination of resistance. The authors proposed a solution to this problem.

Keywords: rail circuit, insulation resistance, automatic regulating system.

Введение. Совокупность рельсовой линии и аппаратуры, подключаемой к ней в начале и конце называют рельсовой цепью (рис. 1). Ее основное функциональное назначение: контроль занятости, свободности и целостности рельсового пути, а также передача информации о показаниях путевых светофоров на локомотив и увязка показаний между проходными светофорами в системах числовой кодовой автоматической блокировки [1, 2].

В состав рельсовой линии входят: стыковые соединители (1), рельсы (2), изолирующие стыки (3). Если присутствует электротяга на постоянном или переменном токе для пропуска обратного тягового тока устанавливают дроссель-трансформаторы.

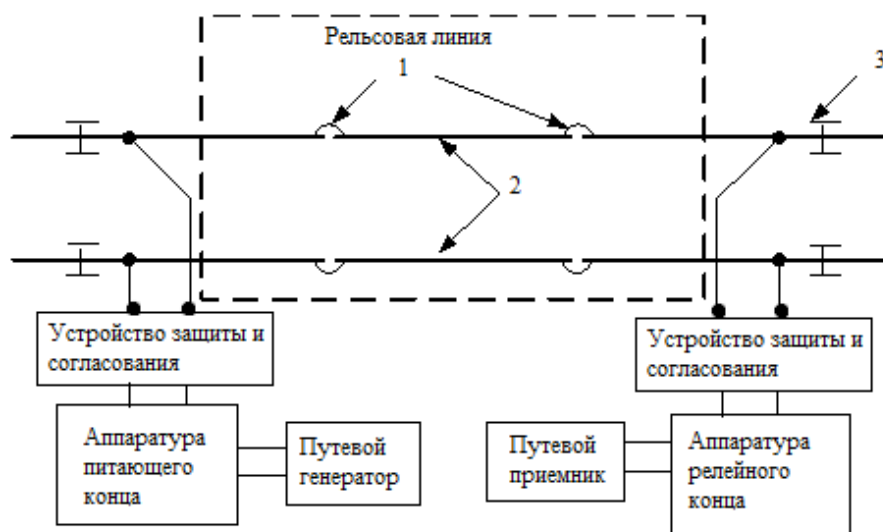


Рис.1. Структурная схема РЦ

Рельсовая цепь работает в трех основных режимах (нормальном, шунтовом и контрольном) и двух дополнительных (короткого замыкания и АЛС). Важным условием надежной работы рельсовых цепей является их правильная регулировка перед включением в эксплуатацию, а также техническое обслуживание. Наибольшее влияние на работу рельсовых цепей во всех режимах оказывает величина удельного сопротивления изоляции и удельного сопротивления рельсов. При правильном техническом обслуживании и содержании рельсовых нитей удельное сопротивление рельсов в процессе эксплуатации не значительно влияет на работу рельсовой цепи. При этом удельное сопротивление рельсов может меняться в зависимости от внешних условий в пределах от 0,1 до 0,8 Ом/км [3, 4, 5].

Под удельным сопротивлением изоляции между рельсовыми нитями понимают сопротивление току утечки из одной рельсовой нити в другую через шпалы, балласт и грунт, отнесенное к 1 км рельсовой линии. Значение удельного сопротивления изоляции зависит от типа и состояния шпал, балласта, грунта под полотном дороги. При изменении сезона года, погодных условий, загрязненности балласта и т.д. удельное сопротивление изоляции в условиях эксплуатации может меняться в зависимости от температуры и влажности окружающей среды. При низких температурах и низкой влажности (сухой или промерзший балласт) сопротивление изоляции может превышать 100 Ом·км, а при высокой температуре и высокой влажности (влажный балласт) быть менее 1 Ом·км. В то же время загрязнение железнодорожного полотна приводит к снижению сопротивления изоляции.

Опыт эксплуатации и результаты моделирования РЦ в нормальном режиме работы установили функциональную зависимость величины напряжения на обмотке путевого реле от изменения сопротивления изоляции (рис. 2).

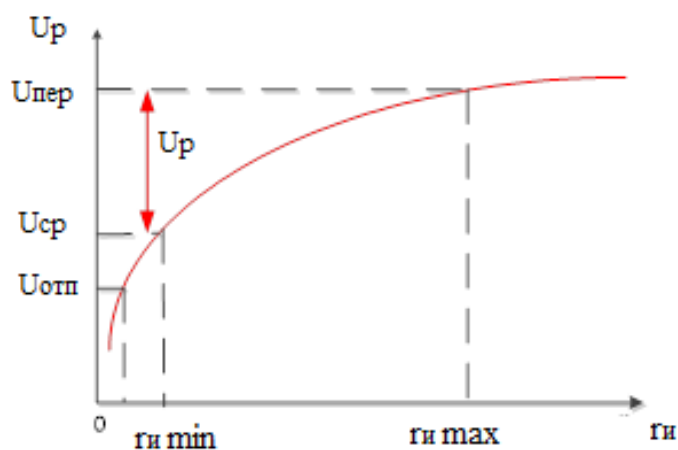


Рис. 2. График зависимости изменения величины напряжения на обмотке путевого приемника от сопротивления изоляции

Анализ графика изменения напряжения на обмотке путевого приемника в зависимости от сопротивления изоляции рельсов позволяет определить диапазон изменения напряжения $U_{р}$ на обмотке путевого приемника, при котором будет выполнен нормальный режим работы рельсовой цепи. Следует так выбирать значение напряжения $U_{р}$ на обмотке путевого приемника, чтобы при минимальном сопротивлении изоляции и максимальном сопротивлении рельсов напряжение на обмотке путевого приемника было равно рабочему напряжению. А при максимальном сопротивлении изоляции и минимальном сопротивлении рельсов не превышало напряжения перегрузки $U_{пер}$.

Электромеханик СЦБ осуществляет регулировку рельсовых цепей, используя регулировочные таблицы (нормали), при пуске в эксплуатацию. А в условиях эксплуатации поддерживает заданные параметры в соответствии нормальями.

Пример регулировочной таблицы (табл. 1) содержит сведения о допустимом минимальном и максимальном напряжении на обмотке путевого приемника в условиях эксплуатации. Минимальное напряжение на обмотке путевого приемника соответствует минималь-

ному напряжению в сети питания и минимальному значению сопротивления изоляции. Максимальное значение напряжения на обмотке путевого приемника соответствует максимальному напряжению источника питания и максимальному сопротивлению изоляции. Величина напряжения на обмотке путевого приемника является определяющей при регулировке рельсовой цепи.

Таблица 1

$l_{рц}$, м	Регулировочная таблица			
	Напряжение источника питания частотой 25 Гц, В			
	$U_{пч}$	$U_{р\text{рк}}$	U_{ϕ}	$U_{р}$
До 500	33	0.89/0.70	8.7/6.6	4.7/3.9
500-1000	47	1.16/0.70	11.2/6.6	5.7/3.9
1000-1500	66	1.49/0.70	14.5/6.6	6.6/3.9
1500-2000	92	1.92/0.70	18.6/6.6	7.3/3.9
2000-2250	110	2.18/0.70	21.2/6.6	8.0/3.9
2250-2500	129	2.48/0.70	24.0/6.6	8.2/3.9
2500-2600	138	2.60/0.70	25.3/6.6	8.5/3.9

где $l_{рц}$ – длина рельсовой линии, $U_{пч}$ – напряжение на выходе преобразователя частоты, $U_{р\text{рк}}$ – напряжение на рельсах релейного конца, U_{ϕ} – напряжение на фильтре, $U_{р}$ – напряжение на обмотке путевого приемника, в числителе напряжения при максимальном сопротивлении изоляции, в знаменателе напряжения при минимальном сопротивлении изоляции.

Регулировка рельсовой цепи заключается в том, что в соответствии с ее схемой, длиной и состоянием изоляции на обмотке путевого приемника устанавливается напряжение, которое для определенного типа путевого реле нормируется регулировочной таблицей.

В регулировочных таблицах все рельсовые цепи объединены в группы по длинам. Указаны максимальное и минимальное напряжение питания для групп при минимальном и максимальном сопротивлении изоляции [6, 7]. При этом условия работы двух рельсовых цепей с одинаковой длиной могут сильно отличаться. Кроме этого, параметры элементов рельсовых цепей могут отличаться в пределах заводских допусков. Это приводит к тому, что в условиях эксплуатации произвести точную регулировку рельсовых цепей по регулировочным таблицам проблематично. Особенно для рельсовых цепей, попавших на граничные параметры по длине. То есть возникает неопределенность в регулировках рельсовых цепей. Стоит заметить, что при всех видах рельсовых цепей колебание напряжения на обмотке путевого приемника в зависимости от состояния изоляции тем больше, чем больше длина рельсовой линии.

При увеличении сопротивления изоляции ($r_{из}$) выше максимального значения есть риск получить отказ типа ложная свобода. Отказ, причиной которого является не обеспечение шунтовой чувствительности рельсовой цепи. При уменьшении $r_{из}$ ниже минимального значения возможен отказ типа ложная занятость. В первом случае при занятой рельсовой линии подвижным составом путевого приемника не опускает свой якорь, при отсутствии – не притягивает свой якорь. В итоге – нарушается безопасность движения поездов.

Чтобы обеспечить нормальный и шунтовой режим работы рельсовой цепи необходимо поддерживать заданное регулировочной таблицей значение напряжения на обмотке путевого приемника при изменении сопротивления изоляции.

Как решается проблема регулировки рельсовой цепи с учетом изменения сопротивления изоляции? Если в рельсовой цепи напряжение на обмотке путевого реле с учетом состояния изоляции и напряжения питающей сети ниже или выше установленной нормы необходимо увеличивать или уменьшать напряжение на выходе источника питания [3, 5, 8]. Напряжение на выходе источника питания изменяют путем переключения обмоток путевого трансформатора. Если изменением в пределах установленного допуска напряжения на выхо-

де источника питания не удастся привести напряжение на обмотке путевого приемника к норме, то, используя измерительные приборы, проверяют прохождение сигнального тока через элементы рельсовой цепи и величину сопротивления изоляции.

Эта проверка имеет ряд недостатков:

- регулировочные таблицы и источники питания рельсовых цепей нормируют значения напряжения с шагом дискретности, исключающим точную настройку;
- измерение сопротивления изоляции рекомендуется проводить в теплую дождливую погоду, т. е. когда сопротивление изоляции имеет минимальное сопротивление;
- проблема удаленности участка пути с пониженным сопротивлением изоляции;
- правила техники безопасности требуют привлечения минимум двух специалистов для проведения работ.

Для решения и минимизации отмеченных недостатков предлагается применить автоматизированную систему мониторинга и регулировки напряжения на обмотке путевого приемника. Возможная структура предлагаемой системы может выглядеть как на рис. 3 [9].

Как предлагаемая структурная схема может участвовать в поддержании напряжения на обмотке путевого реле в пределах заданных значений?

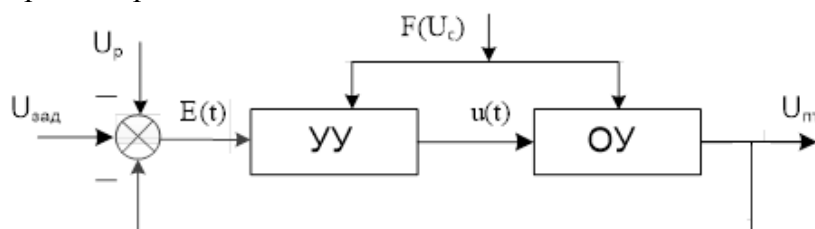


Рис.3. Структурная схема системы автоматизированного регулирования:

УУ – устройство управления, ОУ – объект управления, $U_{\text{зад}}$, U_p , $U_{\text{пт}}$ – соответственно напряжение заданное регулировочной таблицей, напряжение на обмотке путевого реле, напряжение на выходе источника питания рельсовой цепи, $F(U_c)$ – помеха в функции изменения напряжения в питающей сети.

Источником исходной информации выступает регулировочная таблица для данной рельсовой цепи. В соответствии с ней на входе системы устанавливается напряжение $U_{\text{зад}}$. Оно определяет напряжение $U_{\text{пт}}$ на выходе источника питания и напряжение U_p на обмотке путевого приемника. При этом должны выполняются все режимы работы рельсовой цепи при наилучших условиях. В случае изменения напряжения на обмотке путевого приемника по причине изменения сопротивления изоляции, изменения сопротивления рельсовых нитей или колебаний напряжения в питающей сети U_c предлагаемая система автоматически обнулит возникшее отклонение. Исходя из положений теории регулирования, на входе устройства управления действует сигнал рассогласования: $E(t) = U_{\text{зад}} - U_{\text{пт}} - U_p$. Он равен нулю, если выполнены условия нормального режима работы при расчетном для рельсовой цепи сопротивлении изоляции. При отклонении сопротивления изоляции от расчетного значения изменяется величина напряжения на обмотке путевого приемника, что приведет к появлению сигнала рассогласования. На основе сигнала рассогласования устройство управления сформирует управляющее воздействие $u(t)$ на входе объекта управления. В результате напряжение на выходе объекта управления будет повышено в случае понижения сопротивления изоляции, либо понижено, если сопротивление изоляции возрастет.

В качестве объекта управления предлагается использовать вместо традиционного путевого трансформатора с секционированной вторичной обмоткой магнитоуправляемый трансформатор [9, 10]. Трансформаторы, у которых изменение магнитной проницаемости сердечника позволяет менять коэффициента трансформации и, следовательно, плавно менять напряжение на его выходе.

Вывод. Разработка и применение автоматизированная система регулировки напряжения на обмотке путевого приемника в зависимости от изменения сопротивления изоляции должна обеспечить поддержание напряжения на обмотке путевого приемника.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рельсовые цепи магистральных железных дорог: Справочник – 3-е издание, перераб. и доп. / В.С. Аркатов, Ю.В. Аркатов, С.В. Казеев, Ю.В. Ободовский. – М.: «ООО Миссия-М», 2006. – 496 с.
2. Рельсовые цепи: теоретические основы и эксплуатация. Монография / А.В. Бушуев, В.И. Бушуев, С.В. Бушуев. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2014. – 311 с.
3. Устройства СЦБ. Технология обслуживания. В 3-х частях – М.: ОАО «РЖД», 2013. – 1063 с.
4. Пультяков А.В. Повышение эффективности эксплуатации рельсовых цепей / А.В. Пультяков, В.П. Мартыновский, А.Ф. Наталин // Транспортная инфраструктура сибирского региона. Мат-лы V междунар. научн.-практ. конф. В 2 т. Т. 1. – Иркутск: ИрГУПС, 2014. С. 327-331.
5. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки. / Утв. и введ. в действ. распор. ОАО «РЖД» от 30.12.2015 г. № 3168р. – М.: ОАО «РЖД», 2015. – 125 с.
6. Борисенко Д.В. Машинная классификация режима работы электрической рельсовой цепи на основе логистической регрессии / Д.В. Борисенко, И.В. Присухина, С.А. Лунёв // Омский научный вестник. 2018. – № 4 (160). С. 67-72.
7. Селезнев А.Н., Целищев В.А. Проблемы регулировочных таблиц рельсовых цепей и их возможные пути решения. / Наука и молодежь. Сб. тр. III всерос. науч.-практ. конф. - Иркутск, ИрГУПС, 2017 г. – С. 304 – 306.
8. Архипов Е.В., Гуревич В.Н. Справочник электромонтера СЦБ. – М.: Транспорт, 1990 г. – 287 с.
9. Теория автоматического управления: Учеб. для вузов / Душин С.Е., Зотов Н.С., Имаев Д.Х. и др.; Под ред. Яковлева В.Б. – М.: Высшая школа, 2005 г. – 567 с.
10. Бамдас А.М., Шапиро С.В. Трансформаторы регулируемые подмагничиванием. М.: Энергия, 1965 г. – 160 с.

REFERENCES

1. Rail chains of the main Railways: reference Book-3rd edition, revised and additional / V. S. Arkatov, Yu. V. Arkatov, S. V. Kazeev, Yu.V. Obodovsky. - M.: "LLC Mission-M", 2006. – 496 p.
2. Rail chains: theoretical foundations and operation. Monograph / A.V. Bushuev, V.I. Bushuev S.V. Bushuev. - Yekaterinburg. 2014. - 311 p.
3. SCB devices. Service technology. In 3 parts-Moscow: JSC "RZD", 2013. - 1063 p.
4. Pultyakov A.V. Improving the efficiency of operation of rail chains / A.V. Pultiakov, V.P. Martynovsky, A.F. Natalin // Transport infrastructure of the Siberian region. 2014. P. 327-331.
5. Instructions for maintenance and repair of devices and systems of alarm, centralization and blocking. - M.: JSC "RZD", 2015. - 125 PP.
6. Borisenko D.V. Mathematical model of a rail chain for generating a training set for solving machine classification problems / D.V. Borisenko, I.V. Prisukhina, S.A. Lunev // Bulletin of the Trans-Siberian Railway. 2017. - No. 4 (32). S. 111-121.
7. Seleznev A. N., Tselishchev V. A. Problems of adjustment tables of rail chains and their possible solutions. / Science and young people. – Irkutsk, ISTU, 2017 – S. 304 – 306.
8. Arkhipov E. V., Gurevich V. N. Reference book of STSB electrician. – M.: Transport, 1990. – 287 p.
9. Theory of automatic control: Studies. for universities / Dushin S. E., Zotov N. S., Imaev D. H., etc.; edited by Yakovlev V. B.-M.: Higher school, 2005-567 p.
10. Bamdas A. M., Shapiro C. V. Transformers controlled by magnetization. M: Energiya, 1965. – 160 p.

Информация об авторах

Целищев Владимир Александрович - доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: celishhev-vladimir@rambler.ru.

Монид Ольга Ивановна - студентка группы СОД.2-16-1 факультета «Системы обеспечения транспорта» Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: monid_olya1998@mail.ru.

Authors

Tselishchev Vladimir Aleksandrovich - Associate Professor, Subdepartment of Automation, Telemechanics and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: celishhev-vladimir@rambler.ru.

Monid Olga Ivanovna - student of the SOD.2-16-1 group of the faculty “Transport Support Systems” of Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: monid_olya1998@mail.ru.

Для цитирования

Целищев В.А. К вопросу автоматизации регулировки параметров рельсовых цепей [Электронный ресурс] / В.А. Целищев, О.И. Монид // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2019. – №3. – Режим доступа: –<http://mnv.irgups.ru/toma/35-2019>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

For citation

Tselishchev V.A. On the issue of automating the adjustment of signal track circuit [Electronic resource] / V.A. Tselishchev, O.I. Monid [On the issue of automating the adjustment of signal track circuit [Electronic resource]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2019, no. 3.