

К.М. Сансызбай², Б.М. Ведерников², Л.Т. Тасболатова¹ ,
М.Б. Орунбеков², Ж.Е. Шукманов²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан

E-mail: l.tasbolatova@alt.edu.kz

ВЛИЯНИЕ АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ АППАРАТУРЫ РЦ И АЛС

Аннотация. Наиболее сильное влияние на устойчивость работы рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации оказывают помехи от тягового, создаваемые разностью тяговых токов (асимметрией) в рельсовых нитях. Причиной возникновения такой асимметрии является продольная и поперечная асимметрия сопротивлений рельсовых нитей. Представлены аналитические выражения для вычисления продольных сопротивлений рельсовых нитей в рельсовой линии согласно предложенной методике рельсовой тяговой сети. Отмечено важность проведения измерений в задачах электромагнитной совместимости аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации с тяговыми сетями для выявления причин увеличения интенсивности сбоев в работе этой аппаратуры при воздействии помех от тягового тока на определенном участке для разработки мер для ее снижения. Сложность измерений параметров рельсовых линий при эксплуатации заключается, прежде всего, в невозможности выделения из линий многочисленных элементов для определения их электрического сопротивления. Поэтому предложено широко использовать методы косвенных измерений и способы неразрушающего контроля. Рассмотрены запатентованные способы измерения и/или контроля параметров при эксплуатации тяговой рельсовой сети, в частности способы контроля цепей заземления опор контактной сети, подключаемых к рельсам.

Ключевые слова. Рельсовая линия, измерение асимметрии тягового тока, помехи, электрические сопротивления.

Введение.

Безопасность на железнодорожном транспорте одна из центральных понятий, которая обеспечивается комплексом организационных и технических мероприятий, направленных на защиту жизни и здоровья граждан, охрану окружающей среды, создание условий безаварийной работы организаций железнодорожного транспорта, содержание в исправном состоянии железнодорожных путей, подвижного состава, сооружений, оборудования, механизмов и приспособлений.

Для достижения требуемого уровня полноты безопасности должны применяться соответствующие конструкционные, производственные и эксплуатационные способы в оптимальном их сочетании, например защита систем от влияния внешних воздействующих факторов, виды и кратности резервирования, защита от деградации и реконфигурации структуры систем, требования к импортируемому оборудованию, защита информации, требования к процессу разработки и сопровождения программного обеспечения, к квалификации эксплуатационного и обслуживающего персонала.

В общем случае с учетом степени риска системы должны обеспечивать выполнение следующих минимально необходимых требований: функциональная и

информационная безопасность; надежность; электромагнитная совместимость; требования к органам управления, к сигнальным устройствам и устройствам защитных ограждений; электро-, механическая и пожарная безопасность, безопасность излучений.

Из этого неполного перечня требований в этой статье будут затронуты вопросы обеспечения электромагнитной совместимости систем железнодорожной автоматики и телемеханики и их элементов. Ведь модернизация существующих систем автоматики и телемеханики, которая сейчас ведется в АО «НК «КТЖ» в рамках стратегии инновационного развития железнодорожного транспорта «Цифровая железная дорога» (2019-2023 гг.) [1] требует немалых затрат сил и ресурсов. Внедрение микропроцессорных систем требуют огромных средств, их внедрение на определенных участках должно быть обосновано объемами перевозок на данном участке (вопросы окупаемости и целесообразности) и для их полного внедрения нужно время: начиная со стадии проектирования, строительства, проведения пусконаладочных работ и т.д. Поэтому повышение работы рельсовых цепей является одним из основных задач на сегодняшний день, о чем говорит приведенная статистика в [2, 3].

Устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, являясь важнейшими элементами технического вооружения железнодорожного транспорта, позволяют эффективно решать задачи перевозочного процесса, способствуя увеличению пропускной способности железнодорожных линий, бесперебойную связь между всеми подразделениями железнодорожного транспорта, также должны обеспечивать безопасность движения поездов. И одним из таких элементов систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) являются рельсовые цепи и устройства автоматической локомотивной сигнализации, которые являются основным каналом передачи информации на локомотив о состоянии впереди лежащего блок-участка, о целостности рельсовой нити и т.д.

Таким образом, статья посвящена увеличению безопасности движения поездов, путем обеспечения надежной работы рельсовых цепей, обеспечения функционирования в пределах установленных требований в сложной электромагнитной обстановке вокруг них.

Материалы и методы.

Для анализа работы рельсовых цепей в различных режимах работы применяются способы измерения электрических параметров рельсовых линий [4], которые проводятся с целью определения значения сопротивления рельсовой цепи, ограниченного изолирующими стыками для сигнального тока. Использование данных способов на участках с электротягой усложняется в связи с необходимостью предусматривать меры для исключения влияния помех от тягового тока на результаты измерений.

Появление сильных помех на работу приемо-передающей аппаратуры автоматики связано использованием рельсовых цепей для одновременного пропуска сигнальных и тяговых токов, величина последнего которых на порядок больше сигнальных. Возникновение помех может вызвать ложно переключение огней светофоров, перекрытие перед движущимся поездом разрешающего показания сигнала на запрещающее показание вызывает необходимость применения экстренного торможения состава, что в свою очередь приводит к увеличению вероятности появления аварийных ситуаций, снижению пропускной, соответственно провозной способности участков железных дорог [5, 6].

Целью измерений в задачах электромагнитной совместимости аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации с тяговыми сетями

является выявление причин увеличения интенсивности сбоев в работе этой аппаратуры при воздействии помех от тягового тока на определенном участке для разработки мер для ее снижения. К тому же процессы растекания тяговых и сигнальных токов по рельсовым линиям значительно различаются: сигнальный ток протекает в пределах одной рельсовой цепи, ограниченной изолирующими стыками, в то время как для пропуска обратного тягового тока, которые отличаются частотой от сигнального тока, предусмотрены дроссель-трансформаторы. В связи с этим необходимо разработать специальные способы электрических измерений в рельсовых линиях.

Для сигнального тока рельсовую линию рассматривают как два электрических провода, обладающих низким сопротивлением между собой r_1 и r_2 и низким сопротивлением изоляции по отношению к земле $r_{нз}$, которая имеет источник питания и приемник. В каждой рельсовой нити РЦ протекают разнонаправленные сигнальные токи, что позволяет нам сделать вывод о влиянии взаимной индукции между ними на их сопротивление при наличии излома одной из рельсовых нитей.

При этом для тягового тока рельсовую линию необходимо представить в виде однонаправленных электрических линий, из чего можно заключить что в протекающие в каждом из рельсовых нитей тяговые токи имеют одно и то же направление, поэтому на сопротивления каждого провода существенно влияют взаимные индуктивности с другими ток несущими линиями тяговой сети [6, 7].

Тяговую рельсовую сеть можно представить в виде электрической схемы, которая приведена на рисунке 1.

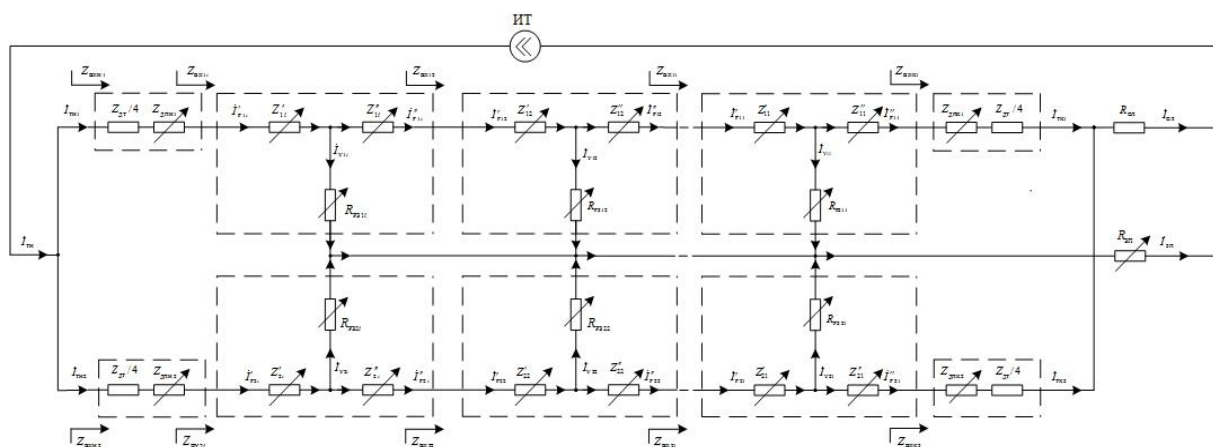


Рисунок 1 – Расчетная модель рельсовой тяговой линии

Отрезки рельсовых нитей рельсовой линии представлены в виде Т-образных схем замещения, т.е. в виде трехполюсников для протекающего тягового тока. Между центром трехполюсника и его началом слева на схеме расположено сопротивление Z_{1n}^1 , моделирующее сопротивление половины отрезка рельсовой нити с того её конца, в которую тяговый ток втекает. Между центром трехполюсника и его концом справа на схеме расположено сопротивление Z_{1n}^2 , моделирующее сопротивление половины того конца отрезка рельсовой нити, из которого тяговый ток вытекает. В общем случае $Z_{1n}^1 \neq Z_{2n}^2$. Сопротивлениями $R_{пз}$ моделируются электрические сопротивления отрезков рельсов по отношению к земле.

На рисунке 1 приняты следующие условные обозначения: $Z_{ВХН1}$, $Z_{ВХН2}$ – входные сопротивления соответственно первой и второй рельсовых нитей в начале рельсовой линии;

$Z_{ВХ11}$, $Z_{ВХ12}$, ..., $Z_{ВХ1i}$, – входные сопротивления первого, второго, ..., i -го отрезков первой рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{ВХ21}$, $Z_{ВХ22}$, $Z_{ВХ2i}$, – входные сопротивления первого, второго, ..., i -го отрезков второй рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{ВХК1}$, $Z_{ВХК2}$ – входные сопротивления двухполюсников на концах соответственно первой и второй рельсовых нитей;

$Z_{ДТ}$ – сопротивление основной обмотки дроссель-трансформатора;

$Z_{ДПН1}$, $Z_{ДПК1}$ – сопротивления дроссельных перемычек соответственно в начале и конце первой рельсовой нити;

$Z_{ДПН2}$, $Z_{ДПК2}$ – сопротивления дроссельных перемычек соответственно в начале и конце второй рельсовой нити;

$Z_{Р311}$, $Z_{Р312}$, ..., $Z_{Р31i}$, – сопротивления рельсов по отношению к земле первого, второго, ..., i -го отрезков первой рельсовой нити рельсовой линии;

$Z_{Р321}$, $Z_{Р322}$, ..., $Z_{Р32i}$, – сопротивления рельсов по отношению к земле первого, второго, ..., i -го отрезков второй рельсовой нити рельсовой линии;

Z'_{11} , Z''_{11} ; Z'_{12} , Z''_{12} ; ...; Z'_{1i} , Z''_{1i} – сопротивления половин первого, второго, ..., i -го отрезков рельсовых нитей первой рельсовой нити в Т-образной схеме её замещения;

Z'_{21} , Z''_{21} ; Z'_{22} , Z''_{22} ; ...; Z'_{2i} , Z''_{2i} – сопротивления половин первого, второго, ..., i -го отрезков рельсовых нитей второй рельсовой нити в Т-образной схеме замещения.

$R_{ол}$ – сопротивление отсасывающей линии тяговой подстанции;

$R_{зп}$ – сопротивление контура заземления тяговой подстанции.

Встречное протекание тяговых токов по секциям основных обмоток дроссель-трансформаторов и встречное включение приемных локомотивных катушек является одним из способов защиты аппаратуры рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. И если протекаемые тяговые токи равны между собой, то они не оказывают влияние на аппаратуру РЦ и АЛС. Однако на практике равенство тяговых токов в рельсовых нитях рельсовой линии всегда различается. Такая разность тяговых токов может возникнуть из-за наличия продольного или поперечного сопротивлений. С этой целью проводятся измерения сопротивлений токопроводящих и изолирующих элементов рельсовых линий, отличающихся определенной специфичностью.

При определении уровня помех на аппаратуру РЦ из-за того что при одном и том же значении коэффициента асимметрии тягового тока абсолютное значение может быть разной, поэтому нормирование допустимого уровня помех по величине асимметрии тягового тока не используется. На практике для этой цели пользуются относительной асимметрией тягового тока, которая определяется отношением разности сопротивлений рельсовых линий ограниченной изолирующими стыками рельсовой цепи к их сумме. По нижеприведенному выражению можно найти сопротивление рельсовых нитей с учетом физических и электрохимических процессов, происходящих в них [5]:

$$Z_{РН1} = z_p l + \sum_k \frac{l_{\tau m}}{l_{\tau 1}} Z_{M1m} l + \sum_p \frac{l_{kj}}{l_{\tau 1}} Z_{M1kj} l + \sum_{l_{\tau 1}} \frac{l_{\tau l}}{l_{\tau 1}} Z_{M1\tau l} l + \sum_q Z_{\tau c1i} + Z_{дп11} + Z_{дп12} + 0,25Z_{дт} \quad (1)$$

$$Z_{\text{РН2}} = z_p l + \sum_k \frac{I_{\tau m}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2m}} l + \sum_p \frac{I_{kj}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2kj}} l + \sum_{\text{ВЛ}} \frac{I_{\text{ВЛ}}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2ВЛ}} l + \sum_q Z_{\text{Тс2i}} + Z_{\text{дп21}} + Z_{\text{дп22}} + 0,25Z_{\text{дт}}; \quad (2)$$

где, l – длина рельсовой цепи;

z_p – удельное сопротивление сплошных рельсов;

$\sum_k \frac{I_{\tau m}}{I_{\tau 1}} Z_{\text{M1m}}, \sum_k \frac{I_{\tau m}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2m}}$ - суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с другими рельсовыми нитями;

$Z_{\text{M1m}} = Z_{\text{M2m}}$ - удельные сопротивления взаимной индуктивности между рельсовыми нитями;

$\sum_p \frac{I_{kj}}{I_{\tau 1}} Z_{\text{M1kj}}, \sum_p \frac{I_{kj}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2kj}}$ - суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с контактными проводами;

$Z_{\text{M1kj}}, Z_{\text{M2kj}}$ – удельные сопротивления взаимной индуктивности рельсовых нитей с контактными проводами;

$\sum_{\text{ВЛ}} \frac{I_{\text{ВЛ}}}{I_{\tau 1}} Z_{\text{M1ВЛ}}, \sum_{\text{ВЛ}} \frac{I_{\text{ВЛ}}}{I_{\tau 2}} Z_{\text{M2ВЛ}}$ – суммы сопротивлений взаимной индуктивности первой и второй рельсовых нитей рассматриваемой рельсовой линии с эквивалентным средним проводом высоковольтной линии электроснабжения;

$Z_{\text{M1ВЛ}}, Z_{\text{M2ВЛ}}$ - удельные сопротивления взаимной индуктивности рельсовых нитей с эквивалентным средним проводом высоковольтной линии электроснабжения;

$\sum_q Z_{\text{Тс1i}}, \sum_q Z_{\text{Тс2i}}$ - суммы сопротивлений токопроводящих стыков в первой и второй рельсовых нитях;

$Z_{\text{дп11}}, Z_{\text{дп12}}, Z_{\text{дп21}}, Z_{\text{дп22}}$ - сопротивления дроссельных перемычек в первой и второй рельсовой нити;

$Z_{\text{дт}}$ - сопротивление основной обмотки дроссель-трансформатора;

$I_{\tau 1}, I_{\tau 2}$ – тяговые токи в первой и второй рельсовых нитях.

$I_{\tau m}$ - тяговый ток в m -й рельсовой нити;

I_{kj} - тяговый ток в j -ом контактном проводе;

$I_{\text{ВЛ}}$ - ток в эквивалентном среднем проводе высоковольтной линии электроснабжения;

k - количество рельсовых нитей, не считая рассматриваемой;

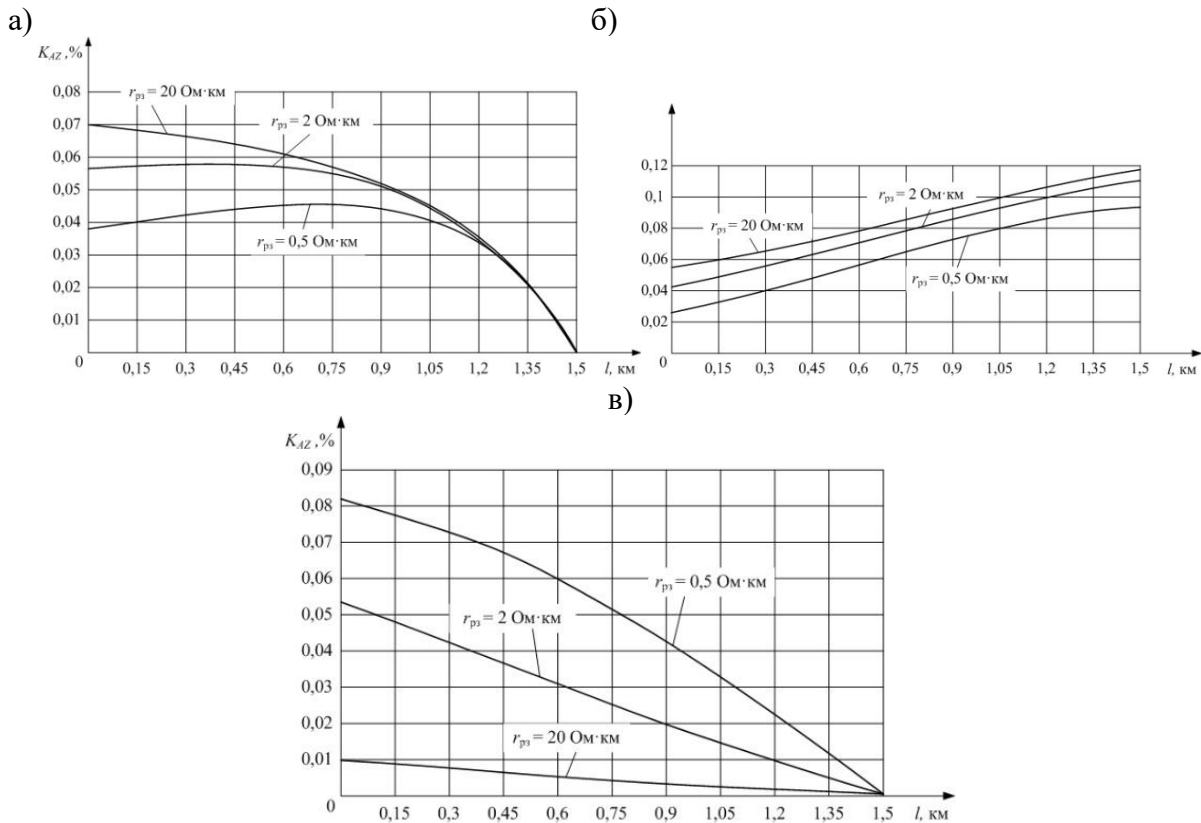
p - количество контактных проводов;

q - количество токопроводящих стыков.

Указанная расчетная модель и приведенные выражения позволяют определить значение продольной и поперечной асимметрии тягового тока в рельсовых цепях.

Результаты и обсуждения.

Результаты расчета поперечной и продольной асимметрии тягового тока согласно эквивалентной схеме (рисунок 1) показаны на рисунке 2.



а) изменение коэффициента асимметрии входных сопротивлений рельсовых нитей при их продольной асимметрии; б) изменение асимметрии тягового тока в рельсовых цепях с продольной асимметрией рельсовых нитей; в) распределение коэффициента асимметрии входных сопротивлений рельсовых нитей при их поперечной асимметрии.

Рисунок 2 – Расчет продольной и поперечной асимметрий тягового токов:

Результаты измерения получены при различных значениях сопротивления балласта $r_{рз} = 0,5/2/20$ Ом·км. В случае, когда сопротивление по отношению к земле максимально влияние продольной асимметрии рельсовой цепи проявляется наиболее сильно, обратная картина имеет место при учете поперечной асимметрии тягового тока. Во всех случаях видно, что полученные значения превышают допустимые уровни, поэтому разработка способов измерения электрических параметров РЦ и определение причины появления продольной/поперечной асимметрии РЦ имеет важное значение. Ниже приведен один из таких запатентованных способов контроля состояния цепей заземления, подключаемых к рельсам.

Уменьшение входных сопротивлений цепей заземления в цепях включения различных конструкций к рельсам является причиной возникновения поперечной асимметрии [5-7]. Это связано с пробитием искровых промежутков, которые служат для разделения рельсов от цепей заземления. Нахождение в пробитом состоянии неопределенно долгое время связано с тем, что в таких цепях нет устройств дистанционного контроля их состояния. Кроме того, входного контроля исправности искровых промежутков, приходящих с заводов и устанавливаемых в эксплуатацию, нет. Поэтому пробитые искровые промежутки могут заменяться новыми уже неисправными.

При подключении цепей заземления опор контактной сети к одной из рельсовых нитей искровые промежутки служат для разделения рельсов от высоковольтной тяговой сети. В результате все работы по ручному контролю состояния цепей рассматриваемых цепей заземления отличаются относительной сложностью и большой трудоемкостью,

так как они должны проводиться с выполнением всех требований к работам в высоковольтных сетях электроснабжения. Это определяет необходимость разработки более простых и менее трудоемких способов выполнения рассматриваемых работ.

Существующий способ контроля поперечной асимметрии рельсовой линии в РЦ по состоянию ее токопроводящих элементов не дает возможность определить точное местоположение неисправного элемента, т.е. не позволяет определять, в каких именно опорах контактной сети понижение входных сопротивлений их цепей заземления вызвали это.

Существует также метод контроля состояния цепей заземления опор контактной сети, подключаемых к рельсам, который имеет ряд недостатков: реализация способа контроля достаточно трудоемкий процесс, который требует наличия высококвалифицированных работников других служб, в частности энергетического снабжения [9]. Определить, что именно пониженное сопротивление измеряемых цепей заземления послужило причиной появления асимметрии тягового тока по этому методу нельзя.

С целью диагностики и мониторинга состояния цепей заземления на рельсы опор контактной сети предлагается следующий способ [10], реализация которого основана на использовании более простых электрических измерений в низковольтных сетях с последующими несложными вычислениями. Способ позволяет выявлять неисправную цепь заземления и определить ту степень влияния выявленной неисправности на величину асимметрии тягового тока в рельсовой линии.

Измерение падения напряжения на отрезках рельсов осуществляется на фиксированных длинах как это показано на рисунке 3.

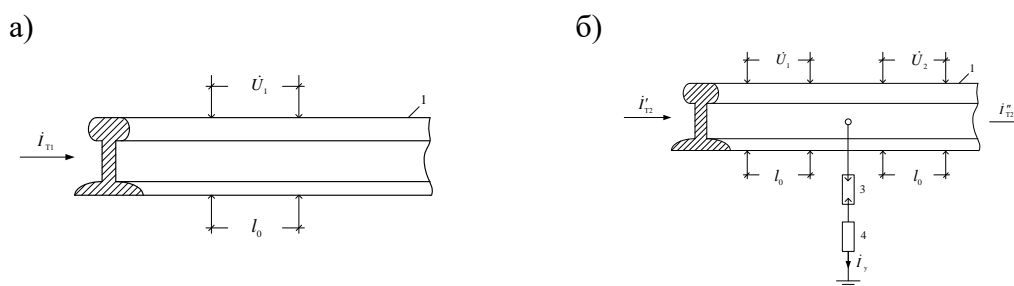


Рисунок 3 – Способ измерения цепей заземления в рельсовых нитях: а) в первой рельсовой нити; б) во второй рельсовой нити

Ко второму рельсу рельсовой линии, состоящей из рельсовых нитей 1 и 2, подключается цепь заземления 4 опор контактной сети через искровой промежуток 3. Для диагностики состояния этой цепи заземления измеряют падения напряжения U_1 и U_2 на участках рельса 2 фиксированной длины l_0 по разные стороны от места подключения к рельсу цепи заземления 4. Измеряют также падение напряжения U_3 на участке фиксированной длины l_0 рельса 1.

Величина напряжения U_1 пропорциональна величине тягового тока i'_{T2} в рельсе 2 при указанном направлении его движения перед местом подключения к этому рельсу цепи заземления 4

$$U_1 = z_p \cdot i'_{T2}, \quad (3)$$

где z_p - сопротивление отрезка рельса длиной l_0 .

Величина напряжения U_2 пропорциональна величине тягового тока i''_{T2} в рельсе 2 после места подключения к этому рельсу, цепи заземления 4

$$U_2 = z_p \cdot i''_{T2} = z_p (i'_{T2} - i_{TY}), \quad (4)$$

где i_{TY} - величина утечки тягового тока в землю через цепи заземления 4.

Величина напряжения U_3 пропорциональна величине тягового тока i'_{T1} в рельсе 1

$$U_3 = z_p \cdot i'_{T1}. \quad (5)$$

При рассматриваемом на фигуре направлении протекания тягового тока в рельсах и наличии утечки тягового тока в землю через цепь заземления, когда $U_1 > U_2$. В таком случае после измерения напряжений, используя полученные данные по величинам U_1 и U_2 , находят отношение разности этих напряжений к напряжению с большей величиной

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1} = \frac{z_p \cdot i'_{T2} - z_p (i'_{T2} - i_{TY})}{z_p \cdot i'_{T2}} = \frac{i_{TY}}{i'_{T2}}. \quad (6)$$

Следовательно, эти несложные измерения и вычисления позволяют найти, какая относительная часть тягового тока из рельса 2 утекает в землю через цепь заземления 4 опоры контактной сети.

Далее для определения разности в величинах коэффициентов асимметрии тягового тока и в рельсовой линии с рельсами 1 и 2 до k'_{AT} и после k''_{AT} места подключения к рельсам 2 цепи заземления 4, а также разности этих коэффициентов Δk_{AT} проводят, с учетом (3), (4) и (5), следующие вычисления

$$\left| \frac{U_3 - U_2}{U_3 + U_2} \right| - \left| \frac{U_3 - U_1}{U_3 + U_1} \right| = \left| \frac{z_p i_{T1} - z_p i''_{T2}}{z_p i_{T1} + z_p i''_{T2}} \right| - \left| \frac{z_p i_{T1} - z_p i'_{T2}}{z_p i_{T1} + z_p i'_{T2}} \right| = \left| \frac{i_{T1} - i''_{T2}}{i_{T1} + i''_{T2}} \right| - \left| \frac{i_{T1} - i'_{T2}}{i_{T1} + i'_{T2}} \right| = k''_{AT} - k'_{AT} = \Delta k_{AT}. \quad (7)$$

Таким образом, применение запатентованного способа [10] обеспечивает возможность достаточно просто устанавливать не только состояние подключаемой к рельсам цепи заземления опоры контактной сети. Способ [10] позволяет также определять степень влияния утечки тягового тока через неисправную цепь заземления на величину асимметрии тягового тока в рельсовой линии в этой точке пути а, следовательно, и на устойчивость работы аппаратуры автоматической локомотивной сигнализации при проследовании головным электровозом поезда мимо этой точки.

Эта информация получается проведением простых измерений в низковольтных электрических цепях с последующими простейшими вычислениями вместо трудоемких прямых измерений входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети с выполнением всех требований к работам в высоковольтных электрических сетях.

Использование рассматриваемого способа в условиях эксплуатации рельсовых цепей на участках железных дорог, электрифицированных на переменном токе, подтвердили его корректность, простоту и высокую эффективность.

Заклучение.

В статье рассмотрены вопросы увеличения безопасности движения поездов, путем обеспечения надежной работы рельсовых цепей, обеспечения функционирования

в пределах установленных требований в сложной электромагнитной обстановке вокруг них.

Приведенная схема рельсовой тяговой сети и выражения для измерения продольных и поперечных асимметрий позволяет учитывать множество факторов, которые влияют на их работу. Простота измерения в низковольтных электрических цепях с последующими простейшими вычислениями вместо трудоемких прямых измерений входных сопротивлений цепей заземления опор контактной сети в предложенном способе контроля состояния цепей заземления контактных опор является достоинством данного метода.

Алгоритмы расчетов по результатам измерений предлагаемыми способами просты. В связи с этим для обслуживающего персонала следует разработать универсальный измерительный прибор с применением микропроцессоров, обеспечивающих автоматическую интерпретацию результатов измерения.

Финансирование. Статья выполнена в рамках проекта AP13068231 «Исследование и разработка алгоритмов работы национальной системы микропроцессорной централизации стрелок и сигналов».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Программа «Цифровая железная дорога» АО «НК «ҚТЖ» (2019-2023гг.) <http://miid.gov.kz/ru/>

[2] Концепции модернизации и производства систем железнодорожной автоматики и телемеханики. – Астана, 2018. – С. 16-31.

[3] Сансызбай К.М., Орунбеков М.Б., Шукманов Ж.Е., Тасболатова Л.Т., Сагмединов Д.Б. Общие тенденции развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики на сети железных дорог Казахстана // Вестник КазАТК. – 2022. – № 2 (121). – С. 414-424.

[4] Дмитренко И.Е., Сапожников В.В., Дьяков Д.В. Измерения и диагностирование в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. –М.: Транспорт, 1994. -263 с.

[5] Шаманов В.И., Денежкин Д.В. Измерения параметров рельсовых линий в задачах электромагнитной совместимости//Автоматика, связь, информатика, РФ. – 2022. – №8. – С. 10-16.

[6] Шаманов В. И., Ваньшин А. Е., Денежкин Д. В., Тасболатова Л.Т. Измерение электрических сопротивлений в неоднородных рельсовых линиях на участках с электротягой//Автоматика, связь, информатика, РФ. – 2020. – №3. – С. 15-17.

[7] Шаманов В. И., Ведерников Б. М., Тасболатова Л.Т. Влияние распределения сопротивления рельсовых линий по их длине//Вестник КазАТК. – 2021. – № 2 (117). – С. 112-119.

[8] Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог. Книга II//Техническое обслуживание и текущий ремонт. - М.: Трансиздат, 1999. - 427 с.

[9] Балугев Н.Н., Шаманов В.И. Способ диагностики состояния электрического сопротивления рельсовых линий в рельсовых цепях на участках с электротягой переменного тока. Патент РФ на изобретение №2514027 от 27.10.2014 г.

[10] Шаманов В. И., Ведерников Б. М., Тасболатова Л.Т. Способ контроля состояния цепей заземления, подключаемых к рельсам//Пат. на изобретение № 33844 Казахстан; заявитель и патентообладатель Акционерное общество «Казахская Академия

транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева» (KZ). Опубл. 16.08.2019, бюл. №33. –4 с.: ил.

Қанибек Сансызбай, PhD, қауымдастырылған профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, k.sansizbay@alt.edu.kz

Борис Ведерников, т.ғ.к., профессор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, vedernikov_b@mail.ru

Лаура Тасболатова, докторант, Логистика және көлік академиясы, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, l.tasbolatova@alt.edu.kz

Мақсат Орунбеков, магистр, сениор-лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, m.orunbekov@alt.edu.kz

Жанибек Шукаманов, магистр, сениор-лектор, Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан, zh.shukamanov@alt.edu.kz

ТАРТЫМ ТОҒЫ АСИММЕТРИЯСЫНЫҢ РТ ЖӘНЕ АЛС АППАРАТУРАСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа. Рельс тізбектері (РТ) мен автоматты локомотивті сигналдау (АЛС) тұрақтылығына ең күшті әсер рельс жіптеріндегі тартым тоқтарының айырмашылығынан (асимметриядан) туындаған тартым тоғының кедергілерінен болады. Мұндай асимметрияның себебі - рельс жіптерінің кедергісінің бойлық және көлденең асимметриясы. Ұсынылған рельсті тартым желісінің әдістемесіне сәйкес рельс сызығындағы рельс жіптерінің бойлық кедергілерін есептеу үшін аналитикалық өрнектер ұсынылған. Рельс тізбегі және автоматты локомотив сигналдау аппаратурасының тартым желілерімен өзара электромагниттік үйлесімділігі міндеттерінде осы аппаратураның жұмысындағы іркілістердің қарқындылығын арттыру себептерін анықтау үшін және оларды төмендету шараларын әзірлеу үшін өлшеулер жүргізудің маңыздылығы атап өтілді. Жұмыс кезінде рельс желілерінің параметрлерін өлшеудің қиындығы, ең алдымен, олардың көптеген элементтерінің электр кедергісін анықтау үшін оларды оқшаулау мүмкін еместігінде болып табылады. Сондықтан жанама өлшеу әдістерін және бұзбайтын бақылау әдістерін кеңінен қолдану ұсынылады. Тартым рельс желісін пайдалану кезінде параметрлерді өлшеудің және/немесе бақылаудың патенттелген тәсілдері, атап айтқанда рельстерге қосылатын түйіспелі желі тіректерінің жерге тұйықтау тізбектерін бақылау тәсілдері қарастырылған.

Түйінді сөздер. Рельс тізбегі, тартым тоғының асимметриясын өлшеу, ақаулар, электр кедергісі.

Kanibek Sansyzbay, PhD, associate professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, k.sansizbay@alt.edu.kz

Boris Vedernikov, candidate of technical sciences, professor, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, vedernikov_b@mail.ru

Laura Tasbolatova, doctoral student, Academy of logistics and transport, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, l.tasbolatova@alt.edu.kz

Maxat Orunbekov, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, m.orunbekov@alt.edu.kz

Zhanibek Shukamanov, master, senior lecturer, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, zh.shukamanov@alt.edu.kz

THE EFFECT OF THE TRACTION CURRENT ASYMMETRY ON THE STABILITY OF THE RC AND ALS EQUIPMENT

Annotation. The strongest influence on the stability of the operation of rail circuits (RC) and automatic locomotive signaling (ALS) is caused by interference from traction, created by the difference in traction currents (asymmetry) in the rail threads. The cause of such asymmetries is the longitudinal and transverse asymmetry of the resistances of the rail threads. Analytical expressions are presented for calculating the longitudinal resistances of rail threads in a rail line according to the proposed method of a rail traction network. The importance of measurements in the problems of electromagnetic compatibility of equipment of rail circuits and automatic locomotive signaling with traction networks is noted in order to identify the causes of an increase in the intensity of failures in the operation of this equipment when exposed to interference from traction current in a certain area for the development of measures to reduce it. The complexity of measuring the parameters of rail lines during operation lies, first of all, in the impossibility of separating numerous elements from the lines to determine their electrical resistance. Therefore, it is proposed to widely use indirect measurement methods and non-destructive testing methods. Patented methods of measuring and/or monitoring parameters during the operation of a traction rail network are considered, in particular, methods for monitoring the grounding circuits of the contact network supports connected to the rails.

Keywords. Rail circuits, measurement of traction current asymmetry, interference, electrical resistances.
