

6
А-43
ОМСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи.

В. Я. ТРЕБИН

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ИМПУЛЬСНОЙ ВЕНТИЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ
ЦЕПИ ДЛЯ ПЕРЕЕЗДОВ ПОДЪЕЗДНЫХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

303. СЕТИ И КАНАЛЫ СВЯЗИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ОМСК — 1968

ОМСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

В. Я. ТРЕБИН

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
ИМПУЛЬСНОЙ ВЕНТИЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ
ЦЕПИ ДЛЯ ПЕРЕЕЗДОВ ПОДЪЕЗДНЫХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

303. СЕТИ И КАНАЛЫ СВЯЗИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

О М С К — 1 9 6 8

ВВЕДЕНИЕ

В текущем пятилетии (1966 — 1970 гг.) директивами XXIII съезда КПСС предусматривается дальнейший рост грузоборота всех видов транспорта, в том числе железнодорожного на 23 %. Удельный вес железнодорожных перевозок, выполненных внутри страны, к 1970 году составит в тонно-километрах около 76 %, оставаясь и далее преобладающим в общетранспортной системе. Эта задача повышения пропускной и провозной способности железных дорог может быть полностью решена лишь при широком внедрении совершенных систем автоматики и телемеханики.

Наряду с развитием железных дорог все большую роль в общей системе приобретает автомобильный транспорт. В настоящее время намечается максимально переключить короткопробежные перевозки с железнодорожного транспорта на автомобильный, грузооборот которого за пятилетие возрастет в 1,7 раза.

Увеличение протяженности железнодорожных линий и автомагистралей приводит к увеличению количества мест пересечения этих двух видов транспорта; а рост пропускной способности, связанный с расширением парка и повышением скоростей движения — к большой напряженности работы переездов.

Известно, что организация пересечений в разных уровнях в большинстве случаев нецелесообразна из-за огромного объема земляных работ, а иногда вообще невозможна. Именно поэтому уделяется такое большое внимание вопросам автоматизации ограждающих устройств, которые имеют целью:

- 1) повысить безопасность движения на переездах;
- 2) сократить простои автомобильного и железнодорожного транспорта у переездов;

3) повысить производительность труда обслуживающего персонала.

Автоматические устройства, которыми оборудуются в настоящее время переезды магистральных железных дорог, отвечая предъявляемым к ним требованиям, являются надежными и эффективными в работе. В этом большой вклад института Гипротрансигнализация, конструкторского бюро главного управления сигнализации и связи МПС, других проектных, исследовательских и учебных институтов, работников железных дорог и промышленных предприятий. Развитие переездных устройств магистральных дорог идет в направлении создания автономных систем с тональными рельсовыми цепями и систем с фиксированным временем извещения в отличие от ранее применявшихся — с фиксированной длиной участка извещения.

Вопросы автоматизации переездов подъездных железнодорожных путей имеют особо важное значение, поскольку они располагаются в черте города. В настоящее время большинство таких переездов оборудовано механизированными шлагбаумами с круглосуточным дежурством обслуживающего персонала. Отставание в развитии переездных устройств подъездных путей объясняется тем, что как автомобильный парк, так и сами подъездные пути до недавнего прошлого были распределены по ведомственному признаку. Из-за большой раздробленности отдельными предприятиями было экономически невозможно и невыгодно проводить работы по переустройству и оборудованию переездов совершенными системами. Организация укрупненных железнодорожных хозяйств, эффективность которых доказана, коренным образом изменила существовавшее ранее положение.

Перенести механические достижения техники переездной сигнализации магистральных дорог МПС на переезды подъездных путей не представляется возможным из-за целого ряда особенностей их работы.

Учитывая практическую важность данного вопроса, были поставлены задачи:

1) рассмотреть основные принципиальные и схемные решения;

2) обосновать целесообразность внедрения автоматических устройств и оценить их экономическую эффективность;

3) произвести разработку и исследование более эффективного (применительно к переездам подъездных путей) путевого датчика;

4) рассмотреть вопросы, связанные с дальнейшим перспективным развитием переездных устройств.

I. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПЕРЕЕЗДНЫХ УСТРОЙСТВ

Решение поставленных вопросов произведено применительно к городам областного значения, имеющим в местах пересечения промышленных железнодорожных путей с городскими улицами интенсивное грузовое и пассажирское движение. Преобладающее большинство переездов относится к 1 категории — это наиболее загруженные и ответственные переезды.

Как правило, особенностями таких переездов являются следующие:

1) преобладающая роль принадлежит автотранспорту;

2) двухстороннее движение поездов с преобладанием маневровой работы над поездной;

3) трудность выделения участков извещения достаточной длины из-за близко расположенных разветвлений путей, находящихся на территории предприятий;

4) неблагоприятные условия видимости переездов, особенно со стороны железнодорожных путей с кривыми малого радиуса;

5) ненадежная система электроснабжения и отсутствие резервирования по переменному току;

6) весьма низкое сопротивление изоляции балласта и большое разнообразие типов рельсов.

Для примера в таблице приведена характеристика работы десяти переездов с точки зрения их пропускной способности.

Таблица

Наименование переезда	Количество проездов в среднем за сутки				Кол-во поездо-эки- пажей в сутки	Серия локомотива	Максимальная дли- на составов в уч. вагонах	Средняя длина сос- тавов в уч. вагонах	Максимальная ско- рость, км/час
	автобусов	троллейбусов	автомашин	поездов					
«1»	144	—	1680	2,4	4378	Э, ТГМ-1	20	10	5
«2»	1320	768	7152	37,4	307802	Э, ТГМ-1	44	12	5
«3»	1080	768	3120	12	58416	Э,	100	80	15
«4»	1080	768	1892	2,4	8976	ТГМ-1	20	8	5
«5»	1320	768	7152	13,4	110416	Э,9П	30	20	5
«6»	1080	768	1892	2,4	8976	ТГМ-1	20	6	5
«7»	96	—	3120	7,2	23155	Э	100	80	15
«8»	96	—	3120	7,2	23155	Э	100	80	10
«9»	72	—	1460	16	24512	Эм	30	14	10
«10»	8	—	6840	10	68480	Эм	30	14	25

На основании проведенных исследований все рассматриваемые переезды предлагается оборудовать автоматическими полушлагбаумами с акустическими и световыми сигналами, которые, по согласованию с городской автоинспекцией, дополняются светофорами городского типа. Перед переездами в обе стороны железнодорожных путей устанавливаются мачтовые двухзначные светофоры прикрытия.

В работе даны рекомендации и определены длины участков извещения, гарантийные расстояния и места установки светофоров прикрытия. Так как не всегда оказывается возможной организация достаточных по длине участков извещения, схемная часть управления работой автошлагбаумами выполняется в двух вариантах:

1) с помощью двух рельсовых цепей; сигналы прикрытия располагаются ближе изолирующих стыков по отношению к переезду;

2) с помощью двух рельсовых цепей и вспомогательной кнопки там, где длина участка приближения недостаточна;

сигнал прикрытия располагается в створе с изолирующими стыками.

Наиболее ответственным звеном автоматических ограждающих устройств, определяющим надежность системы в целом, является путевой датчик. Педали по опыту эксплуатации признаны неудовлетворяющими условиям безопасности и ненадежными. На переездах непосредственно или косвенно используется большое разнообразие рельсовых цепей, различающихся по роду питающего тока (постоянного и переменного, промышленной и тональной частоты), по способу работы (нормально замкнутые и нормально разомкнутые), по способу питания (непрерывные, импульсные и кодовые), по применяемой аппаратуре и т. д.

Сравнительная оценка и последующий выбор рельсовой цепи производились с учетом следующих основных положений:

1) длины рельсовых цепей на всех переездах составляют 20—300 м;

2) в эксплуатации находятся рельсы типов Р-50, Р-43, Р-38 и III-а;

3) балласт песчаный, ожидаемое минимальное сопротивление изоляции 0,25 Ом·км;

4) переезды расположены вблизи участка с электротягой постоянного тока, а часть — недалеко от трамвайных линий.

Наиболее выгодный с экономической точки зрения вид цепи — непрерывного питания постоянного тока — использовать нельзя из-за наличия блуждающих токов. Цепь тональной частоты не имеет точной границы шунтирования, относительное изменение которой при короткой длине и низком сопротивлении изоляции будет велико. Кроме того, все рельсовые цепи с однократным использованием тракта передачи требуют укладки кабеля на дальний конец, что весьма нежелательно в черте города. На основании этого в работе предлагается использовать импульсный вариант рентгеновской рельсовой цепи, обладающий достоинствами аналогичных цепей непрерывного питания и имеющий хорошую защищенность от опасного влияния блуждающих токов. По сравнению с обычной рельсовой цепью при этом потребуется некоторое увеличение жилности кабеля, но расход его резко сократится и, следовательно, уменьшатся

объем земляных работ и затраты на эксплуатацию. Экономия денежных средств только по кабелю на примере десяти рассматриваемых переездов составляет около 800 рублей.

Предложенный вариант автоматизации переездных устройств позволяет в значительной степени сократить число вынужденных остановок и тем самым повысить эксплуатационные показатели железнодорожного транспорта. Расходы, обусловленные остановками поездов для согласования работы между составителем и дежурным, определяются по формуле:

$$P = 16,8 \left(p_{\text{л}} \sum_1^i N_i + p_{\text{в}} \sum_1^i N_i n_i \right) \left(\frac{2l}{v} + t_c \right), \quad (1)$$

где

$p_{\text{л}}$ — стоимость эксплуатации одного локомотива;

$p_{\text{в}}$ — стоимость эксплуатации одного вагона;

$\sum_1^i N_i$ — суммарное число проездов в среднем по всем переездам;

n_i — среднее число учетных вагонов в составе по каждому переезду;

l — расстояние между головой маневрового локомотива и постом дежурного по переезду;

v — скорость движения составителя вагонов;

t_c — время согласования программы маневровой работы.

При этом считалось, что с остановкой локомотива связано 70 процентов пересечений.

На примере конкретно рассматриваемых переездов подсчитано, что внедрение автоматических устройств ограждения даст годовую экономию по локомотивному парку 16300 и по вагонному — 630 руб. Близкое расположение переездов после пуска устройств позволит объединить охрану двух соседних переездов одним дежурным, что составит 11275 руб. экономии в год. Сметная стоимость оборудования десяти переездов исчисляется в 45640 руб., а срок окупаемости с учетом полной экономии — 1,5—2 года.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ИМПУЛЬСНОЙ ВЕНТИЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

На работу рельсовой цепи и выбор элементов определяющее влияние оказывают первичные параметры линии. Условия работы рельсовых цепей на подъездных путях более тяжелые по сравнению с магистральными дорогами из-за низкого сопротивления изоляции. Кроме того, на подъездных путях используется большее разнообразие типов рельсов от III-а до Р-50. Ввиду отсутствия для некоторых из них систематизированных данных по параметрам в диапазоне частот 0—10 кгц были проведены соответствующие исследования и измерения. При этом использовалась методика, предложенная Н. Ф. Пенкиным, а измерения производились методом холостого хода и короткого замыкания. Для дальнейших исследований и расчетов приняты среднеарифметические значения модулей и аргументов этих величин для рельсов типов Р-50 и III-а. Средние значения на верхних частотах отличаются незначительно и могут быть приняты за истинные. На постоянном токе разница составляет 19,6 процентов. Поэтому рекомендуется и на постоянном токе расчет вести по средним значениям, т. е. без учета типа рельсов, но в дальнейшем произвести корректировку результатов. В качестве минимального сопротивления изоляции принята величина, равная 0,25 ом·км.

На основании анализа существующих методов измерения первичных параметров рельсовых цепей предлагается новый метод — с использованием радиоканала. Для электрически длинных линий из-за незначительных отклонений измеряемых величин любой метод, предусматривающий измерение с одного места цепи, только из-за погрешности приборов может привести к значительным ошибкам. Примером является рельсовая линия распространенной кодовой цепи, для которой при $r_{\text{н}} = 1 \text{ ом} \cdot \text{км}$ отличие во входных сопротивлениях холостого хода и короткого замыкания составляет 6,3 процента по модулю и $1^\circ 46'$ по аргументу, тогда как коэффициент передачи по напряжению, току и сопротивлению передачи составляют значительные величины:

$$\frac{U_{\text{х. х. н}}}{U_{\text{х. х. к}}} = \frac{I_{\text{к. з. н}}}{I_{\text{к. з. к}}} = 3,9 e^{j74^\circ 57'} ; \quad \frac{U_{\text{к. з. н}}}{I_{\text{к. з. к}}} = 3,42 e^{j108^\circ 20'}$$

В предлагаемом методе с помощью радиоканала определяется относительная фаза измеряемого сигнала, которую можно в любой точке цепи (целесообразно по концам и посередине). Расчетные соотношения принимают наиболее простой вид, если измерения производятся при холостом ходе:

$$\gamma = \frac{1}{l} \operatorname{arch} \frac{U_H}{U_K};$$

$$Z_B = \frac{\sqrt{U_H^2 - U_K^2}}{I_H}; \quad (2)$$

$$r = \operatorname{Re} Z_B \gamma; \quad L = \frac{\operatorname{Im} Z_B \gamma}{\omega};$$

$$g = \operatorname{Re} \frac{\gamma}{Z_B}; \quad C = \frac{\operatorname{Im} \frac{\gamma}{Z_B}}{\omega},$$

где

γ, Z_B — волновые параметры линии;

r, L, g, C — первичные параметры линии;

U_K, U_H, I_H — комплексы напряжений и токов, соответственно на конце и в начале линии при холостом ходе.

В реферируемой работе сформулированы основные требования к радиостанциям для измерения первичных параметров и предложен способ расширения диапазона измеряемых частот без переделки самой радиостанции.

Выбор аппаратуры питающего конца рельсовой цепи произведен из условий наименьшей потери мощности. На основании проведенных исследований рекомендуется использовать в качестве путевого реле ИР1-0,3, ограничителя — активное сопротивление 1 ом, вентиля — диод типа Д-303; форма питающего напряжения — прямоугольная. Экспериментальным путем определена частотная характеристика сопротивления обмотки реле, получены зависимости напряжения от частоты, при которых якорь реле первоначально зуммирует не отрываясь от тылового контакта, а в дальнейшем, увеличивая амплитуду колебаний, на частоте субгармоники поочередно переключает контакты. На частоте 600 гц вибрация якоря происходит при напряжении 10 в.

При этом сопротивление обмотки реле составляет 5 $\cdot 10^6$ ом.

Повышенная частота и прямоугольная форма питающего напряжения благоприятствовали выбору схемы преобразователя, надобность в котором имеется при любой, даже промышленной, частоте ввиду нерегулярности питания. В схемном исполнении он представляет двухтактный генератор с трансформаторной обратной связью, собранный на триодах П4 с общим эмиттером.

Схема преобразователя дополнена мультивибратором, позволяющим манипулировать выходное напряжение с частотой 2 гц. Экспериментальное исследование показало хорошую работоспособность преобразователя и соответствие с результатами расчетов. В лабораторных условиях для объединенных железнодорожных хозяйств было изготовлено 20 комплектов преобразователей.

III. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОЙ ВЕНТИЛЬНОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

Принцип действия и расчет рельсовых цепей с вентилем в значительной степени отличаются от обычных рельсовых цепей. Вентильные цепи имеют два тракта передачи. Один тракт прямой; по нему энергия от источника питания передается к преобразователю — вентилю. От преобразователя поступивший и качественно измененный сигнал возвращается вновь к питающему концу цепи, где на его уровень реагирует путевое реле. В связи с этим расчетная схема замещения может быть представлена состоящей из двух цепей, соответственно с параметрами по переменному и постоянному току, соединенных между собой четырехполюсником, характеризующим работу преобразователя — вентиля.

По обмотке реле наряду с постоянным током — полезным сигналом — будут протекать ток первой гармоники от источника питания и токи кратных гармоник, возникающих при однополупериодном выпрямлении. Сила притяжения якоря F пропорциональна квадрату магнитного потока Φ в воздушном зазоре:

$$F = c \left[\left(\Phi_0^2 + \frac{1}{2} \Phi_1^2 \right) + 2\Phi_0 \Phi_1 \sin \omega t - \frac{1}{2} \Phi_1^2 \cos 2\omega t \right], \quad (3)$$

где

$$c = \frac{1}{2\mu_0 s} \text{ — постоянная;}$$

μ_0 — магнитная проницаемость воздуха;

s — площадь сечения полюсного наконечника.

Из выражения (3) видно, что реле может притянуть якорь и при отсутствии постоянной составляющей, но при большой амплитуде тока первой гармоники (высшие составляющие опущены из-за их относительной малости). Следовательно, максимальная величина питающего напряжения не должна превышать экспериментально полученного значения, при котором реле притягивает свой якорь.

Используя развернутую схему замещения при исследовании, оказывается возможным применение основных положений теории рельсовых цепей. Неизвестными остаются коэффициенты передачи вентиля преобразователя, которые представляют собой отношение действующих значений первых гармоник токов и напряжений к постоянным составляющим и зависят от соотношения и взаимного расположения активно-реактивных элементов схемы. Исследованию подобных электрических схем посвящен ряд работ Карпова Е. А., в которых получены коэффициенты, обратные принятым для идеального вентиля. В реферируемой работе использовался несколько иной подход к определению этих зависимостей, в частности вентиль представлялся в виде проводимости $g(t)$, и токи в его цепи определялись перемножением напряжения на входе на эту проводимость, разложенную в ряд Фурье.

Полученные параметрические зависимости имеют вид:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1 + \frac{\pi \cos \theta}{\sin \theta - \theta \cos \theta}; \\ \gamma_1 &= \frac{2\sqrt{2} (\theta \cos \theta - \sin \theta)}{\sin 2\theta - 2\theta}; \\ \beta_1 &= \frac{\sqrt{2} \left[\frac{\sin 2\theta}{\pi} - \cos \theta \left(\frac{\theta}{\pi} - 1 \right) \right]}{\frac{\sin 2\theta}{2\pi} - \left(\frac{\theta}{\pi} - 1 \right)}, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\alpha_1 = \left| \frac{r_{0.к.з}}{Z_{1.о.к.з}} \right|; \quad \gamma_1 = \left| \frac{I_{0.в}}{I_{1.в}} \right|; \quad \beta_1 = \left| \frac{U_{0.в}}{U_{1.в}} \right|;$$

θ — угол отсечки тока вентиля;

$r_{0.к.з}$, $Z_{1.о.к.з}$ — обратные входные сопротивления цепи со стороны идеального вентиля по постоянному току и току первой гармоники;

$I_{0.в}$, $I_{1.в}$, $U_{0.в}$, $U_{1.в}$ — токи и напряжения постоянной составляющей и первой гармоники на идеальном вентиле.

В работе приводятся соотношения, позволяющие учитывать при расчетах токи и напряжения до четвертой гармоники включительно. Аналитическое исключение параметра θ , общего для всех выражений, затруднительно. Поэтому в результате расчетов на вычислительной машине «Наири» были составлены табличные зависимости γ_1 , β_1 и т. д. от α_1 — отношения обратных входных сопротивлений. Для удобства проверки результатов расчетов и эксперимента целесообразнее пользоваться коэффициентами передачи реального вентиля, которые определяются по формулам:

$$\begin{aligned} k_T &= \frac{1}{\gamma_1}; \\ k_H &= \frac{\frac{\gamma_1}{\beta_1} R_{0.вх} + r_B}{\gamma_1 (R_{0.вх} - r_B)}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $R_{0.вх}$ — обратное входное сопротивление цепи по постоянному току со стороны реального вентиля.

С использованием полученных соотношений найдены зависимости коэффициентов передачи и к. п. д. преобразователя в функции от сопротивления изоляции при $l = 300$ м, а также от длины при $r_H = 0,25$ ом·км и $r_H = \infty$. Коэффициент k_T изменяется во всех случаях незначительно. Можно также считать, что k_H остается постоянным при $r_H > 4$ ом·км, и зависимость $k_H = f(l)$ близка к линейной. Наибольшее изменение коэффициент передачи k_H претерпевает при $r_H \approx 1$ ом·км.

На работу рельсовых цепей с вентилем значительное влияние оказывает сопротивление кабеля. Для исследования этого влияния были измерены параметры применяемых в устройствах железнодорожной автоматики сигнальных кабелей при различных вариантах включения жил и определены их среднеарифметические значения. На частоте

600 гц первичные параметры оказались равными $R=42,7$ ом/км, $G=0$, $L \approx 0$, $C=0,354$ мкф/км. Емкость невелика и заметного влияния не оказывает. Активное сопротивление в 1,8 раза больше этой же величины на постоянном токе, что при расчетах необходимо учитывать.

В результате проведенных исследований установлено, что мощности преобразователя (30 вт) достаточно для питания одной рельсовой цепи, если сопротивление кабеля не превышает 0,85 ом. Рекомендуется при больших длинах кабеля (30 ÷ 100 м) выносить реле в путевую коробку. Благодаря этому значительно сокращается потребляемая рельсовой цепью мощность и отсутствует необходимость в дублировании жил, так как их сопротивление частично или полностью будет выполнять роль ограничителя.

Исследование оптимальной величины ограничителя подтвердило ориентировочно выбранную величину 1 ом. Применение емкостного ограничителя оказалось нецелесообразным.

Очевидным достоинством вентиляных рельсовых цепей является их сравнительно высокая шунтовая чувствительность. Шунтовой режим обеспечивается, если выполняется неравенство:

$$k_{вн}' \geq \left| \frac{Z_{п}}{Z_{п.ш}} \right|, \quad (6)$$

где

$k_{вн}'$ — коэффициент надежного возврата;

$Z_{п}$, $Z_{пш}$ — сопротивление передачи рельсовой цепи соответственно при нормальном и шунтовом режимах.

Определение предельной шунтовой чувствительности $R_{ш}$ сводится к решению уравнения четвертой степени, получаемого из выражения (6) и имеющего вид:

$$k R_{ш}^4 + d R_{ш}^3 + c R_{ш}^2 + b R_{ш} + a = 0, \quad (7)$$

где

$$k = \frac{|Z_{п}|}{k_{вн}'},$$

a , b , c , d — вещественные коэффициенты, зависящие от параметров рельсовой линии, аппаратуры и коэффициентов передачи вентиляльного преобразователя.

В результате проведенных исследований оказалось, что шунтовая чувствительность минимальна на вентильном конце. Ее расчетная величина довольно высокая — 0,4 ом, что особенно благоприятно для подъездных железнодорожных путей.

Проведенные исследования сравнивались с результатами физического моделирования. Рельсовая линия замещалась тремя П-образными звеньями. Получено хорошее совпадение результатов экспериментальных и теоретических исследований.

Для проверки некоторых результатов расчетов был применен более точный метод уравнений переходов. В приложении к реферируемой работе приводится обоснование его применимости к расчету рельсовых цепей.

Рассматриваются два возможных варианта расчета. Первый заключается в переходе от схемы с равномерно распределенными параметрами к схеме с сосредоточенными параметрами. Порядок дифференциального уравнения при числе звеньев 3—5 ориентировочно будет равен 5—7. Применение этого способа целесообразно при разработке физической модели рельсовой цепи.

При втором способе расчета в качестве исходных используются уравнения, связывающие напряжения и токи начала и конца линии. Несмотря на то, что такая функция, как $\text{sh } \gamma l(p)$, после разложения в ряд Маклорена иррациональна, все коэффициенты, включая $B(p)$ и $C(p)$, являются целыми функциями оператора дифференцирования p . Поэтому в дальнейшем, при определении моментов переключения вентиля, они представляются в усеченном виде, или, что более удобно, находятся как гиперболические функции от комплексного аргумента.

Исследованиями и расчетами установлено, что из-за больших потерь в рельсовой линии в окончательном выражении достаточно ограничиться членами, соответствующими лишь первой гармонике и постоянной составляющей. Это не приводит к заметной погрешности, но в значительной мере облегчает определение моментов переключения вентиля.

IV. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ОГРАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Внедрение автоматических ограждающих устройств и близкое расположение переездов позволяют объединить охрану двух соседних переездов одним дежурным. В реферируемой работе предложены схемы контроля исправного состояния устройств, а также извещения о начале маневровой работы на другом переезде, что позволяет облегчить труд дежурного, особенно при неблагоприятных погодных условиях.

В отдельных случаях, при больших длинах участков приближения и высокой интенсивности движения на переездах, решения с устройством двух рельсовых цепей могут сказаться малозффективными. Это положение можно устранить введением третьей рельсовой цепи, что не потребует значительных затрат.

Применительно к подъездным железнодорожным путям весьма перспективным направлением могут являться системы автоматизированных переездов, управление которыми осуществляется с маневрового локомотива по радиоканалу. В работе сформулированы основные требования, предъявляемые к управляющей (локомотивной) и приемной (переездной) радиостанциям, к управляющему сигналу и рельсовым цепям.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. С учетом специфических особенностей подъездных железнодорожных путей решены основные принципиальные и схемные вопросы автоматизации работы переездов.

2. Предложено в качестве путевого датчика использовать импульсную вентиляющую рельсовую цепь, которая обладает всеми достоинствами цепей с двухчастотным двукратным трактом передачи и дополнительно имеет надежную защищенность от помех, создаваемых блуждающим постоянным током.

3. Расчетным и экспериментальным путем определены первичные параметры рельсовых цепей подъездных железнодорожных путей. Рекомендуются пользоваться при расче-

тах среднеарифметическими значениями сопротивлений рельсов без учета их типа.

4. Разработан и предложен новый метод измерения параметров рельсовых цепей с использованием радиоканала, который служит для получения относительной фазы токов и напряжений в любом месте рельсовой линии. При этом уменьшается влияние погрешности приборов на результаты измерения.

5. Произведен выбор основных элементов импульсной вентиляющей рельсовой цепи (реле, ограничителя, диода) и их экспериментальное исследование.

6. Разработана и конструктивно выполнена схема преобразователя, предназначенного для питания рельсовой цепи напряжением частотой 600 гц, модулированным низкочастотными колебаниями 2 гц.

7. Получены аналитические зависимости коэффициентов передачи вентиляющего четырехполюсника и предложена методика расчета импульсной вентиляющей рельсовой цепи.

8. Выполнено физическое моделирование предлагаемой схемы рельсовой цепи. Получено достаточно близкое совпадение результатов теоретических и экспериментальных исследований.

9. Рассмотрены вопросы перспективного развития автоматических переездных устройств промышленного транспорта.

10. Исследование экономической эффективности внедрения предлагаемых разработок на примере десяти переездов показало, что при общей стоимости оборудования одного переезда 4564 руб. средняя годовая экономия равна 1127 руб. по заработной плате и 1693 руб. в результате сокращения простоев подвижных единиц. Срок окупаемости устройств приблизительно составляет 1,5—2 года.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Цыганков В. И., Требин В. Я., Заколяжский В. Н. Особенности автоматизации переездов подъездных железнодорожных путей. Научные труды ОМИИТа, т. 71, Омск, 1967.
2. Требин В. Я. Определение коэффициентов передачи вентиляющего четырехполюсника для приближенного расчета вентиляющих рельсовых цепей. Научные труды ОМИИТа, т. 71, Омск, 1967.

3. Требин В. Я., Заколядажный В. Н. Измерение параметров рельсовых цепей с использованием радиоканала. Научные труды ОМИИТа, т. 71, Омск, 1967.
4. Требин В. Я. Расчет сложных электрических цепей с вентилем. Материалы V научно-технической конференции, посвященной 50-летию Великого Октября, УО ЦНИИ МПС, Свердловск, 1967.
5. Соколов В. И., Требин В. Я. Параметры сигнальных кабелей в диапазоне тональных частот. Научные труды ОМИИТа, т. 51, Омск, 1964.

В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИИ ДОКЛАДЫВАЛИСЬ АВТОРОМ

1. На III инженерно-технической конференции Сибгипротранса, г. Новосибирск, 1966.

2. На V научно-технической конференции, посвященной 50-летию Великого Октября, УО ЦНИИ МПС, г. Свердловск, 1967.

3. На XXIX научно-технической конференции ОМИИТа и научно-технического общества Западно-Сибирской железной дороги, г. Омск, 1967.

Материалы диссертации использовались в работе, выполняемой по договору с Западно-Сибирским территориально-транспортным управлением и в соответствии с приказом МПС № 4Ц от 31 января 1966 г. и № 6Ц от 28 февраля 1967 г. (тема № 92 «Исследование и выбор метода сигнализации железнодорожных переездов и внедрение разработок»).