В.А. Сисин

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕЕЗДНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

**Известно, что пересечение железнодорожного полотна с автомобильными дорогами в одном уровне является зоной повышенной опасности. Даже переезд, оборудованный соответствующими средствами автоматики, представляет собой риски для безопасного движения поездов. Вместе с этим, введение на переездах известных средств автоматики требует определенных финансовых затрат. В наибольшей степени значимость этих затрат относится к малодеятельным участкам железных дорог, которые, в частности, не оборудованы перегонными системами автоматической блокировки. Поэтому представляет интерес рассмотрение технических решений, обеспечивающих функционирование систем автоматической переездной сигнализации при минимальных финансовых затратах.**

Столкновения, происходящие с участием автомобильного и железнодорожного транспорта, несет большие экономические потери. К примеру, в 2010 году полный перерыв в движении поездов на сети дорог ОАО «РЖД» требуемый для ликвидации последствий аварий на переездах составил более 199 часов, повреждено 143 единицы подвижного состава, компании причинен материальный ущерб в размере более 24,9 млн. рублей. Недопустимым последствием, возникающим в таких ситуациях, является причиняемый вред жизни или здоровью человека. Так, за прошлый год на железнодорожных переездах России особую тревогу вызывают 77 случаев столкновения автотранспорта с пассажирскими и пригородными поездами, а также 7 дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием автобусов, при которых были поставлены под угрозу жизнь и здоровье многих пассажиров (рис. 1). Приведенные данные соответствуют переездам различного типа, где значительная часть относится к переездам малодеятельных участков железных дорог, не оборудованных перегонными системами автоматической блокировки. Для этих переездов весьма критичным является вопрос наличия или отсутствия надежного электроснабжения, которое требуется не только для работы непосредственно переездной сигнализации, но и для функционирования рельсовых цепей (РЦ) участков приближения. Поэтому весьма актуальным является разработка устройств АПС универсального типа, обладающих при этом минимальными капитальными вложениями и эксплуатационными расходами и пригодными для применения, как на станциях, так и на перегонах.

*Рис. 1.* Статистика ДТП и их последствий на железнодорожных переездах России

Известны два основных типа устройств АПС. Первый основан на использовании РЦ, где в начале участка приближения поезда к переезду расположен релейный конец РЦ, а у переезда – питающий[5]. У второго типа АПС для контроля приближения поезда используются устройства счета осей. Как в первом, так и во втором случае для функционирования АПС в начале участка приближения требуется иметь источник электроснабжения, что обычно реализуется при помощи высоковольтно-сигнальной линии автоблокировки напряжением 10 кВ. Если участок оборудован автоблокировкой, то такая линия присутствует, а ближайший блок-участок выполняет функции участка приближения. В случае отсутствия автоблокировки эта линия может отсутствовать и для работы АПС требуется ее строительство, введение соответствующей силовой аппаратуры и их последующая эксплуатация.

Кроме того, в известных системах АПС [1] при необходимости определения скорости и ускорения поезда, приближающегося к переезду, требуется введение канала передачи информации от начала участка приближения до устройств переезда. Это реализуется введением проводных линий на той же высоковольтно-сигнальной линии.

Изложенное, свидетельствует о необходимости нахождения технических решений, в которых отсутствует проводная линия обеспечения электроснабжением аппаратуры начала участка приближения АПС и передачи требуемой информации на локальную аппаратуру переезда.

Вариант подобной АПС представлен на рис. 2, а ее функционирование иллюстрируется временными диаграммами рис. 3.

Схема работает следующим образом. На питающем конце РЦ, который располагается в непосредственной близости от переездных устройств АПС, от источника 2 поступает электрический сигнал переменного тока. В отсутствие поезда на участке приближения сигнал передается на вход выпрямителя 6 релейного конца, который обеспечивает заряд конденсатора. 7 служит источником питания генератора импульсов. Выходные импульсы генератора управляют замыканием или размыканием ключа, обладающего малым сопротивлением во включенном состоянии. Вследствие чего, при свободном участке приближения происходит периодическое шунтирование релейного конца РЦ. Мощность, поступающая на аппаратуру релейного конца РЦ от источника, лежит в переделах нескольких сотен милливатт. Поскольку современные средства микроэлектроники позволяют реализовать схему генератора импульсов с потребляемой мощностью не более 5-15 мВт, а в качестве ключа 9 возможно применение твердотельного реле на МОП транзисторах, мощность для управления которым пренебрежимо мала, то для функционирования рассматриваемой аппаратуры релейного конца вполне достаточно энергии поступающей на релейный конец РЦ. Так как коммутация релейного конца обусловливает импульсные изменения тока, потребляемого РЦ, то эти изменения через датчик тока 3 поступают на вход анализатора 4 импульсов тока РЦ. К выходу анализатора подключен динамический элемент, который реализуется на известных схемотехнических решениях [2]. Выходной сигнал элемента 5, соответствующий требованиям безопасности передается на управляющий вход схемы управления переездными светофорами, которая включает разрешающие показания переездных светофоров.



*1 –* устройство управления переездной сигнализацией*, 2 –* генератор тока, *3* и *4 –* датчик и анализатор импульсов тока РЦ, *5 –* безопасный динамический элемент*, 6 –* источник питания*, 7 –* накопитель энергии, *8 –* мультивибратор, *9 –* электронный ключ.

*Рис. 2* Функциональная схема АПС



*U*вх *–* напряжение на входе РЦ*, U*вых *–* напряжение на выходе РЦ, *U*6 *–* напряжение на выходе выпрямителя 6, *U*7 *–* напряжение на выходе пикового детектора 7*, U*8 *–* импульсы напряжение на выходе генератора 8*, I*вх *–* ток на входе РЦ.

*Рис. 3* Принцип работы переездной сигнализации с минимальным оборудованием

Таким образом, при свободной рельсовой цепи участка приближения на выходе анализатора будут присутствовать импульсы напряжения, что обусловит импульсную работу безопасного элемента и появление соответствующего разрешающего сигнала на входе схемы управления переездной сигнализацией.

При вступлении поезда на участок приближения рельсовая цепь шунтируется колесными парами подвижного состава, что определит отсутствие импульсного потребления тока от источника переменного напряжения. Это прекратит функционирование безопасного элемента и приведет к отключению разрешающего сигнала на входе схемы управления переездной сигнализацией.

Выполним анализ процессов работы схемы рис. 2 и возможностей ее практической реализации.

Для расчета возможной длины выше изложенной РЦ воспользуемся известными выражениями:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

где *A*, *B*, *C*, *D* – коэффициенты рельсового четырехполюсника определенные в [3]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Поскольку РЦ работает в импульсном режиме, то есть поочередно в режимах холостого хода и короткого замыкания, то выражение (1) для симметричной РЦ примет вид следующей двухзначной функции:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |
|  | (4) |

где: – характеристическое сопротивление рельсовой линии; – коэффициент распространения; – сопротивление рельсовой петли; *r*Б– сопротивление балласта; *l* – длина РЦ.

Условием свободности и целостности рельсовой линии служит наличие разности сигналов входного тока (3) и (4), при этом возможно выделять как разность амплитуд, так и разность фаз:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |
|  | (6) |

Тогда преобразовав уравнения (3) и (4) относительно модуля получим аналитические выражения для (5) (|*I*вых.кз |– *const*):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

На рис. 4 показаны графики изменения Δ*I*(*l*) функции (7) для двух значений сопротивления балласта.

Хотя вследствие относительно малой частоты переменного тока питания РЦ классическая рельсовая линия не является длинной линией, но из-за малых величин сопротивления *r*Б относится к линиям с большими потерями [4], то закономерность изменения тока, описываемого выражением (7) носит апериодический и быстро затухающий характер со сменой знака (рис. 4). При этом нули функция принимает при следующих значениях:

|  |  |
| --- | --- |
| *k*=1,2…*n* | (8) |



*Рис. 4* Зависимость изменения амплитуды тока в режимах короткого замыкания и холостого хода от длины РЦ.

Анализ функции (7) показывает, что отношение Δ*I* (при *r*Б=0,5 Ом·км) к амплитуде входного тока при длине рельсовой линии менее 1,1 км относительно невелико (около 10%), что делает малопригодным применение данного метода в реальных условиях. При этом величина порога, равная 10%, выбрана как уровень минимального коэффициента модуляции сигнала, выделение которого не вызывает принципиальных технических трудностей для достоверного выделения полезной информации.

Воспользовавшись (3), (4) и (6) возможно привести вид выражения для определения дельта сдвига фазы от длины рельсовой линии:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

Смена знака происходит при следующих значениях *l*:

|  |  |
| --- | --- |
| *k*=1,2…*n* | (10) |

На рис. 5 показаны изменения фазового сдвига сигнала функции (9) для двух значений сопротивления балласта

Анализируя полученные результаты (7) и (9) можно сделать вывод, что, возможная длина РЦ, при определении Δφ, по сравнению с Δ*I*, значительно увеличивается, так, например, при *r*Б=0.5 Ом·км достигает 1,9 км.



*Рис. 5* Зависимость изменения сдвига фазы тока в режимах короткого замыкания и холостого хода от длины РЦ.

Стоит отметить, при условии, что *l* – const: можно выражение (9) представить относительно *r*Б:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

что дает возможность определять изменения сопротивления балласта, возникающие, например, вследствие влияния климатических условий (рис. 6).



*Рис. 6* Зависимость изменения сдвига фазы тока в режимах короткого замыкания и холостого хода от сопротивления балласта РЦ.

Зная сопротивление балласта можно определить коэффициенты затухания α и фазы β, а по ним координату вступившего на участок приближения поезда по предварительно сформированным значениям[[1]](#footnote-1):

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

Если имеется информация о координате нахождения поезда в любой момент времени, то можно рассчитать его скорость и ускорение, а, следовательно, и время закрытия переезда.

Так же, используя рассмотренную РЦ, возможно определять параметры ее контрольного режима, когда при изломе рельса нет необходимости закрывать переезд для автомобильного транспорта, то есть Δφ=0, φ=φвх.хх.

В связи с изложенным, применение рассматриваемого устройства определяет возможность реализации АПС без применения источника электроснабжения в начале участка приближения к переезду и с возможностью передачи дополнительной информации на переезд по рельсовой линии. Следовательно, при этом наиболее информативным признаком является изменение фазы входного тока, нежели его амплитуды. Предложенный метод позволяет снизить затраты на строительство устройств АПС и их эксплуатацию, что позволит увеличить количество переездов, оборудованных устройствами АПС.

Литература

1. Тильк И.Г., Ляной В.В., Кривда М.А., Сергеев Б.С. Система управления переездной сигнализацией. – Заявка на изобретение № 2005120854/11. – Публ. 10.01.2007.
2. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы и принципы обеспечения безопасности микроэлектронных СЖАТ: РТМ 32 ЦШ 1115842.01-94. – С.Пб.: ПГУПС. – 120 с.
3. Брылеев А.М., Шишляков А.В., Кравцов Ю.А. Устройство и работа рельсовых цепей. – М.: Транспорт, 1966. – 264 с.
4. Каллер М.Я., Соболев Ю.В., Богданов А.Г. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. – М.: Транспорт, 1987. – 335 с.
5. Кравцов Ю.А., Нестеров В.Л., Лекута Г.Ф. и др. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики. – М.: Транспорт, 1996. – 400 с.

1. Δφ=0; аргумент входного тока короткого замыкания φвх.кз растет, поскольку шунт, наложенный колесной парой подвижного состава, приближается к питающему концу РЦ. [↑](#footnote-ref-1)