



# Интервальное регулирование с временным разделением каналов



Петр БЕСТЕМЬЯНОВ  
Petr F. BESTEMYANOV

Денис ЗАХАРОВ  
Denis P. ZAKHAROV



*Бестемьянов Петр Филимонович – доктор технических наук, профессор, директор института транспортной техники и систем управления Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

*Захаров Денис Павлович – аспирант кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» МИИТ, Москва, Россия.*

## Interval Regulation with Temporary Channel Division

(Текст статьи на англ.яз. – English text of the article – p. 158)

**С учетом требований о сокращении энергопотребления в системе управления движением поездов предлагается использовать сигнал контроля рельсовой линии в качестве сигнала для автоматической локомотивной сигнализации при временном разделении канала опроса рельсовых цепей и передачи информации на локомотив.**

**Определены параметры полезного сигнала в зависимости от времени опроса участка (инерционности системы). Показано, что при временном контроле рельсовой линии необходимо стремиться иметь подбор цепей с примерно равной длиной и соблюдать еще ряд условий, о которых идет речь в статье.**

*Ключевые слова:* железная дорога, система управления, интервальное регулирование движения поездов, автоматическая блокировка, автоматическая локомотивная сигнализация, временное разделение канала.

Известные системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН, АЛС–ЕН) предполагают построение отдельного канала передачи сигналов в рельсовую линию, что является их недостатком с точки зрения затрат материало- и энергоресурсов. За исключением зоны действия числовой кодовой автоблокировки локомотивная сигнализация сохраняет присущие ей слабости, в частности, проблемы с электромагнитной совместимостью тракта приема/передачи рельсовых цепей при параллельной работе систем АБ и АЛС.

Кроме того, многолетний опыт эксплуатации подобных систем, когда совершенствовались схмотехнические решения, проводились экспериментальные и теоретические исследования, направленные на снижение количества сбоев кода в локомотивной сигнализации, так и не позволил устранить существующие недостатки. На сети железных дорог по-прежнему имеет место большое количество нарушений в работе АЛС [1].

Многие сбои связаны с помехами от обратного тягового тока подвижного состава. Зачастую их нейтрализуют повы-

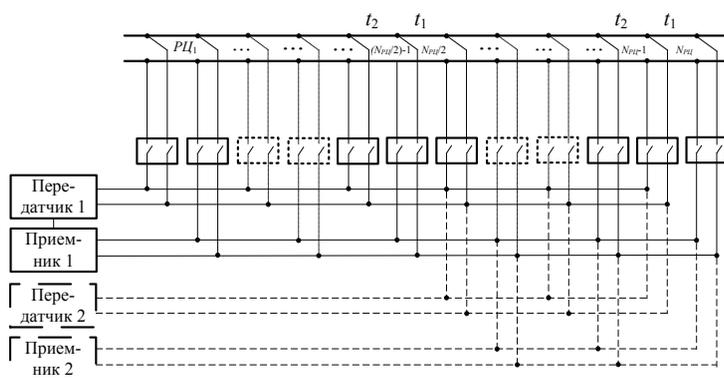


Рис. 1. Организация опроса рельсовых цепей участка.

шением амплитуды полезного сигнала на входном конце рельсовой цепи. В целом же сложившаяся ситуация с неизбежностью ведет к поиску адекватных решений.

Одним из них видится организация временного разделения канала опроса рельсовой линии. При этом напрашивается изменение требований к параметрам сигнала контроля рельсовой линии и локомотивной сигнализации. В первую очередь – к несущей частоте сигнала.

В [2] даны результаты исследования, показывающие возможность передачи информации на локомотив с использованием сигналов, частота которых лежит в тональном диапазоне.

В [3] обоснован выбор минимального значения тока АЛС для рельсовой цепи системы микропроцессорной автоматической блокировки ЦАБ-Е. А также сделаны расчеты режима АЛС при временном разделении канала опроса/передачи.

В нашей статье рассматриваются варианты организации опроса/передачи, исходя из требований к инерционности системы интервального регулирования с временным разделением каналов.

## 1. КАНАЛ ОПРОСА РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

Основная идея метода временного разделения канала заключается в циклическом опросе рельсовых цепей участка с использованием одного передатчика и приемника для нескольких рельсовых цепей, которые переключаются коммутатором [4] (рис. 1).

При построении систем интервального регулирования необходим учет инерционности системы, так как данный параметр

в значительной мере влияет на пропускную способность участка.

Для временного контроля рельсовой линии важнейшим параметром является время опроса контролируемого участка  $T_{опр}$ , за которое будут опрошены все рельсовые цепи перегона. Это же и максимально возможный интервал времени, когда произойдет смена решения о поездной ситуации, при условии, что фактическая смена состояния рельсовой цепи (блок–участка) прошла сразу же после снятия с нее контроля и перехода к следующей. Такой интервал характеризует инерционность системы.

Под временем опроса рельсовой цепи  $\tau_{РЦ} = \tau_{КОМ} + \tau_{ПП} + \tau_{РУ}$  будем понимать:

$\tau_{КОМ}$  – время, необходимое на срабатывание коммутационных устройств передатчика и приемника;

$\tau_{ПП}$  – время на передачу, прием и обработку сигнала;

$\tau_{РУ}$  – время на принятие решения о поездной ситуации.

При фиксированном времени опроса одной рельсовой цепи  $\tau_{РЦ} = const$  время опроса участка:

$$T_{опр} = \frac{N_{РЦ}}{\tau_{РЦ}}, \quad (1)$$

где  $N_{РЦ}$  – количество рельсовых цепей на участке.

Для определения смены режима работы каждой рельсовой цепи время следования поезда с максимальной скоростью по самой короткой цепи перегона должно быть больше времени опроса всего участка:

$$T_{опр} < \frac{l_{РЦ\min}}{V_{\max}}, \quad (2)$$

где  $V_{\max}$  – максимальная скорость движения поезда по участку,  $l_{РЦ\min}$  – минимальная





длина рельсовой цепи на контролируемом участке.

Это требование налагает ограничение на количество рельсовых цепей, которые могут контролироваться одним передатчиком и одним приемником:

$$N_{PC} < \frac{l_{PC\min}}{V_{\max} \cdot \tau_{PC}}. \quad (3)$$

Иначе говоря, если в пределах контролируемого участка имеется рельсовая цепь, длина которой значительно меньше всех остальных, это влечет за собой уменьшение времени опроса и, как следствие, количества рельсовых цепей, могущих опрашиваться одной парой передатчик/приемник.

В большей степени на сроки опроса влияет время на передачу, прием и обработку сигнала  $\tau_{ПП}$  [5]. При наличии на участке количества рельсовых цепей, не удовлетворяющих условию (3), следует использовать еще одну пару передатчик–приемник. Для этого первой парой передатчик–приемник будет производиться опрос рельсовых цепей с  $N_{PC}/2$ , (при нечетном их количестве –  $(N_{PC} \pm 1)/2$ ) по  $N_{PC}$ . Второй парой передатчик–приемник контролируются остальные рельсовые цепи с первой по  $N_{PC}/2$  ( $(N_{PC} \pm 1)/2$ ).

Для рельсовых цепей без изолирующих стыков надо исключить взаимное влияние сигналов опрашиваемых одновременно рельсовых цепей. Один из наиболее простых вариантов заключается в синхронном опросе цепей, максимально удаленных друг от друга. С этой целью необходимо в момент опроса  $t_1$  (рис. 1) рельсовой цепи  $N_{PC}$  опрашивать рельсовую цепь  $N_{PC}/2$  ( $(N_{PC} \pm 1)/2$ ), в момент опроса  $t_2$  – рельсовую цепь  $N_{PC}-1$  и  $(N_{PC}/2)-1$  ( $(N_{PC} \pm 1)/2 - 1$ ) и так далее. При нечетном количестве рельсовых цепей парой передатчик-приемник будет контролироваться на одну рельсовую цепь больше, чем другой. Следовательно, нужна выдержка времени для начала следующего цикла второй парой ( $\tau_{PC}$ ), что не сократит время опроса всего участка. Количество коммутаторов при опросе участка составит  $N_{PC} + 1$ .

Чтобы исключить взаимное влияние, можно использовать изолирующий стык, тогда выдержка времени, предшествующая

началу нового цикла опроса одной из пар передатчик-приемник, не нужна.

Для увеличения максимально возможного времени на опрос участка с использованием приемника и передатчика лучше задаваться не временем опроса одной рельсовой цепи, а одного блок-участка.

Время следования поезда с максимальной скоростью по блок-участку с наименьшей длиной  $l_{БУ\min}$  должно быть больше времени опроса контролируемого участка:

$$T_{опр} < \frac{l_{БУ\min}}{V_{\max}}. \quad (4)$$

Наибольшее время требуется на опрос блок-участка с наибольшим количеством рельсовых цепей. При этом накладывается ограничение на количество рельсовых цепей, лежащих как в пределах всего контролируемого участка –

$$N_{PC} < \frac{l_{БУ\min}}{V_{\max} \cdot \tau_{PC}}, \quad (5)$$

так и на их количество в пределах каждого из блок-участков. Если количество цепей одного блок-участка будет значительно отличаться от своих аналогов в другом, то это приведет к снижению количества рельсовых цепей, способных контролироваться одной парой передатчик-приемник. Оптимальным вариантом выступает случай, когда число цепей в пределах блок-участка  $N_{PCБУ}$  стремится к среднему по всему участку:

$$N_{PCБУ} < \frac{l_{БУ\min}}{V_{\max} \cdot N_{БУ} \cdot \tau_{PC}}, \quad (6)$$

где  $N_{БУ}$  – количество контролируемых блок-участков.

Такой способ контроля характеризуется повышенной инерционностью в сравнении с предыдущим, поскольку время следования поезда по блок-участку больше времени следования по одной рельсовой цепи.

## 2. ПЛЮС КАНАЛ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ НА ЛОКОМОТИВ

Рассмотрим варианты передачи сигнала на локомотив на фоне временного разделения канала опроса/передачи, то есть при использовании сигнала КРЛ в качестве информационного для АЛС.

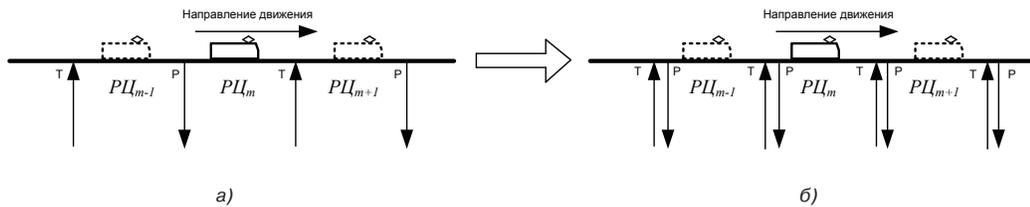


Рис. 2. Варианты передачи сигнала на локомотив с использованием рельсовых цепей при временном разделении канала опроса/передачи.

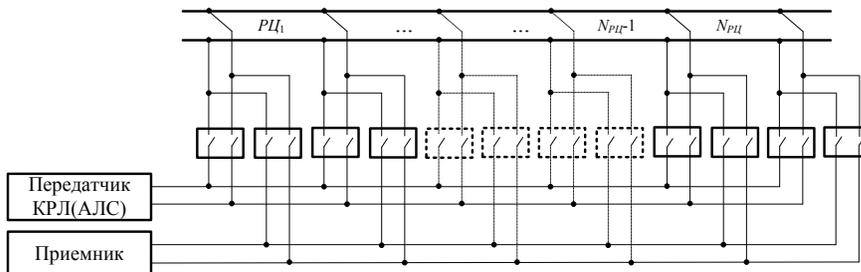


Рис. 3. Организация опроса рельсовых цепей при использовании сигнала КРЛ=АЛС.

От питающего конца рельсовой линии сигнал передается на локомотивные устройства поезда.

При временном разделении канала опроса рельсовой линии с использованием рельсовых цепей без изолирующих стыков прием сигнала возможен при его нахождении на  $PC_m$  (рис. 2а), то есть при движении поезда к питающему концу рельсовой цепи и в момент опроса  $PC_{m+1}$  или  $PC_m$ .

Находясь на рельсовой цепи  $PC_{m-1}$ , локомотив лишается возможности качественного приема сигнала, возникает ряд ограничений, поскольку в момент опроса  $PC_{m+1}$  и  $PC_m$  поезд движется к релейному концу.

Следовательно, при циклическом опросе рельсовых цепей по направлению к движению поезда локомотив не принимает информацию о поездной ситуации на  $PC_{m-1}$  и  $PC_{m+1}$  и два раза подряд получает информацию на  $PC_m$ .

Чтобы локомотивные устройства имели возможность приема сигнала, находясь на любой из рельсовых цепей участка, следует изменить организацию опроса так, как показано на рис. 2б, при способе подключения приемопередающей аппаратуры

(рис. 3). Такая организация опроса рельсовых цепей позволит передавать на локомотив информацию при его движении в обоих направлениях. Количество коммутаторов составляет  $2N_{PC} + 2$ .

При использовании рельсовых цепей с изолирующими стыками в пределах рельсовой цепи необходимо иметь возможность подключения передатчика и приемника на каждом из ее концов. Тогда количество необходимых коммутаторов будет  $4N_{PC}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горенбейн Е. В., Лукоянов С. В., Вологжанин В. В. Сбои кодов АЛСН и их учет // Автоматика, связь и информатика. – 2012. – № 7. – С.18–22.
2. Бестемьянов П. Ф., Захаров Д. П. К исследованию тракта передачи сигналов с пути на локомотив // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2013. – № 5. – С.5–11.
3. Бестемьянов П. Ф., Захаров Д. П. Методика выбора параметров сигналов автоматической локомотивной сигнализации в системе интервального регулирования движения поездов с временным разделением каналов // Электротехника. – 2014. – № 8. – С.3–11.
4. Бестемьянов П. Ф., Лисенков В. М. Устройство автоматической блокировки // Патент RU 2341394 С2, В61L1/00. Опубликовано 27.09.2007 Бюл. № 27/2007.
5. Павлов Е. В. Методы повышения безопасности функционирования централизованных систем автоблокировки / Дис... канд. техн. наук. – М., 2005. – 154 с. ●

Координаты авторов: Бестемьянов П. Ф. – bestpetr4@gmail.com, Захаров Д. П. – dannyz@bk.ru. Статья поступила в редакцию 15.10.2014, принята к публикации 27.12.2014.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 13–08–13138.

