

С.В. Бушуев – кандидат технических наук (НИЛ КСА)

А.Н. Михалев – кандидат технических наук (УрГУПС)

Е.В. Паршина – ведущий инженер (НИЛ КСА)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АБ И АЛС С ПЕРЕДАЧЕЙ СИГНАЛОВ ПО РЕЛЬСОВОМУ ТРАКТУ

С развитием средств железнодорожной автоматики и телемеханики большое внимание уделяется повышению безопасности и надежности существующих и вновь проектируемых систем, а также снижению затрат на их обслуживание.

Достичь этого можно путем применения научных изысканий, позволяющих модернизировать существующие системы и создавать новые, более совершенные и технологичные.

Это в полной мере может затрагивать и системы автоматической локомотивной сигнализации, предназначенные для повышения безопасности движения и комфортности работы поездной бригады. Существующие разновидности этих систем (АЛСТ, АЛСЧ, АЛС-ЕН) [1, 2, 3], а также системы интервального регулирования с использованием системы счета осей [4], несмотря на постоянную работу инженеров и ученых в их совершенствовании, все же не лишены недостатков, и, тем самым, дают возможность поиска и применения в своей структуре новых технических решений, в том числе основанных на положениях теории связи и способах приема и передачи сигналов.

Теория связи [5, 6] устанавливает возможность оптимального (т.е. предельно достижимого по достоверности) обнаружения двоичного сигнала с известной структурой и «хорошей» автокорреляционной функцией (АКФ) в смеси сигнала с помехами, если для обнаружения применить корреляционный приемник в виде согласованного фильтра (СФ).

Такой способ обнаружения с успехом можно применить для достижения высокой помехоустойчивости как систем АЛС, так и АБ, и, отметим, такой подход к решению проблемы высокой помехоустойчивости систем АЛС и АБ пока не нашел применения ни в Российской Федерации, ни за границей.

Согласованный фильтр СФ – фильтр, импульсная характеристика которого определяется формой входного сигнала (говорят, что импульсная характеристика СФ «согласована» с сигналом). Последний будем называть согласованным. Особенностью СФ является то, что при поступлении на вход СФ согласованного сигнала, на его выходе появляется сигнал в виде автокорреляционной функции (АКФ) согласованного сигнала, при подаче любого другого сигнала – сигнал в виде взаимнокорреляционной функции (ВКФ) согласованного и другого сигнала.

Значит, если на вход СФ поступит аддитивная смесь согласованного сигнала и помехи, на выходе СФ появится сумма сигналов:

$$U_{СФ}(t) = U_{АКФ}(t) + U_{ВКФ}(t) \quad (1)$$

К сигналам с «хорошей» АКФ относятся такие, у которых сигнал АКФ содержит один треугольный импульс большой амплитуды, максимальное значение которой

приходится на момент T окончания действия на входе СФ двоичного сигнала, а вокруг треугольного импульса симметрично расположены несколько импульсов с малой амплитудой. Максимум амплитуды большого импульса, число и величины амплитуд малых импульсов зависят от структуры двоичного сигнала, согласованного с СФ.

Известно большое число двоичных сигналов, обладающий «хорошими» АКФ. К ним относятся сигналы Баркера, М-последовательности и др. сигналы [5].

На рис. 1 для примера приведен сигнал Баркера с числом импульсов $N = 13$ (а) и его АКФ (б).

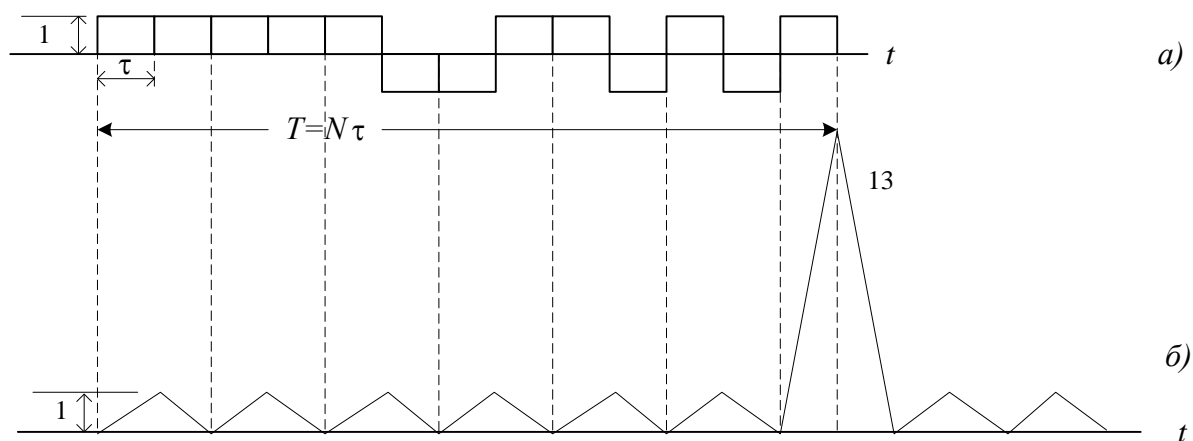


Рис.1

Нетрудно заключить, имея в виду (1) и рис.1, что при поступлении на вход СФ смеси сигнала Баркера (а в общем случае любого согласованного сигнала с «хорошей» АКФ) и помехи в момент времени T окончания согласованного сигнала на выходе СФ появится большой всплеск сигнала, возвышающегося среди других значений выходного сигнала СФ. Этот импульсный сигнал нетрудно выделить из выходного сигнала СФ.

Отсюда следует, что при поступлении на вход СФ периодической последовательности сигналов, каждый из которых, кроме помехи, будет содержать кодирующий текущее показание путевого светофора согласованный сигнал, из выходного сигнала СФ можно выделить периодическую последовательность коротких импульсов. Ее легко преобразовать в постоянное напряжение и подвести к лампе локомотивного светофора, соответствующей текущему показанию путевого светофора.

Сказанное позволяет обосновать функциональную схему помехоустойчивой системы АЛС, в которой для кодирования показаний путевых светофоров применены сигналы с «хорошей» АКФ. Последние после передачи по рельсовому каналу воспринимаются корреляционным приемником в виде СФ, выходной сигнал которых преобразуется к виду, удобному для индикации показаний путевых светофоров на локомотивном светофоре.

Функциональная схема помехоустойчивой АЛС приведена на рис. 2.

На рисунке 2 обозначены: 1 – дешифратор сигналов АБ, 2 – путевой светофор, 3 (3', 3'', 3''') – блоки формирователей двоичных сигналов с «хорошей» АКФ для каждого показания путевого светофора, 4 – блок «ИЛИ», 5 – модулятор, 6 – полосовой фильтр, 7 – усилитель мощности, 8 – локомотивные приемные катушки, 9 – колесная пара локомотива, 10 – полосовой фильтр, 11 – входной усилитель, 12 – демодулятор, 13 – блок, предотвращающий обратную работу приемного устройства, 14 – формирователь двоичного сигнала, 15 (15', 15'', 15''') – согласованные фильтры, 16 –

преобразователь импульсного напряжения в постоянное, 17 – локомотивный светофор.

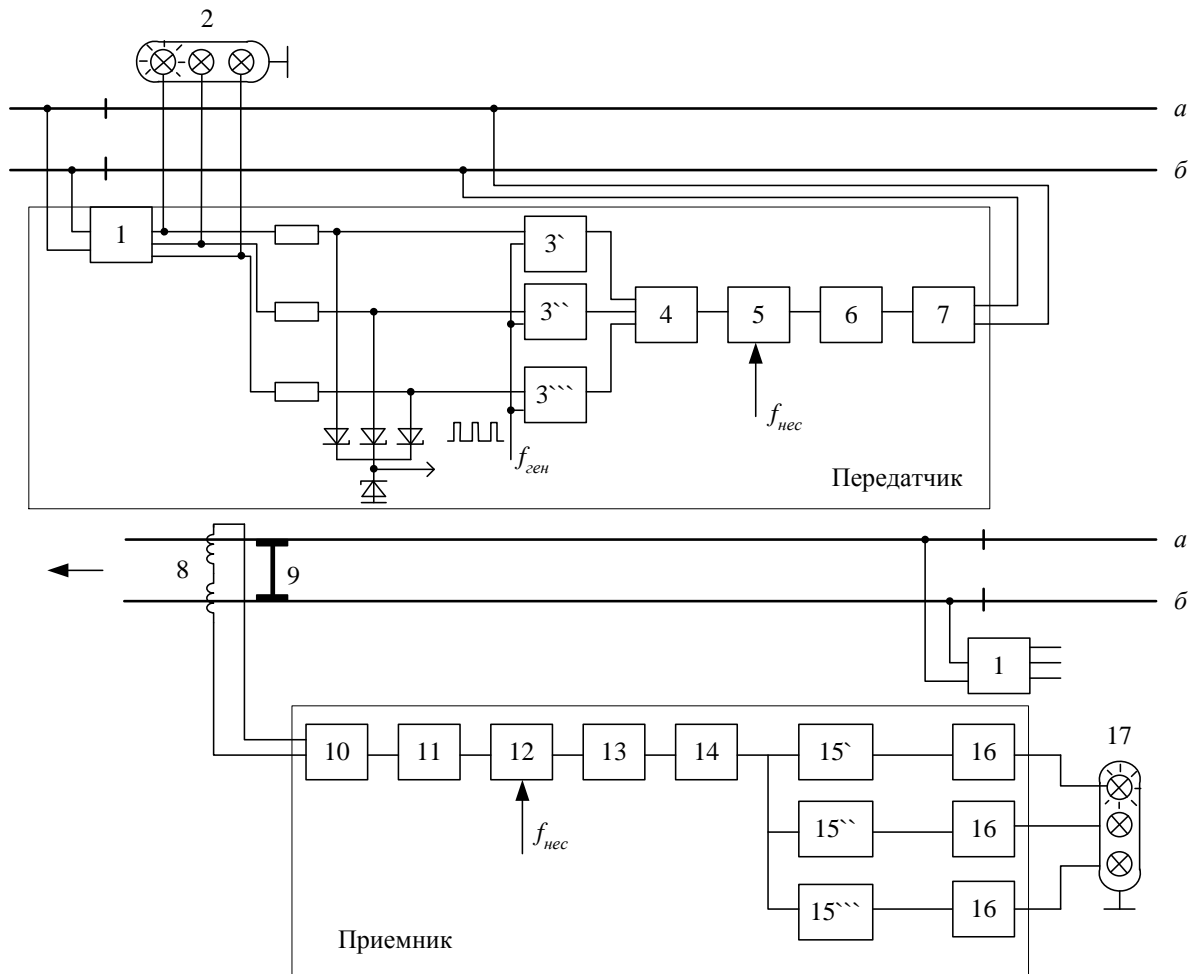


Рис.2 Функциональная схема помехоустойчивой АЛС

Систему АЛС составляют напольная (блоки 1-7) и локомотивная (блоки 8-17) части, соединенные рельсовым трактом передачи.

Напольная часть системы обеспечивает:

- управление показаниями светофора 2 по сигналам автоблокировки, осуществляемое блоком 1, вход которого подключен к концу рельсовой цепи блок-участка, расположенного после светофора 2;
- контроль занятости упомянутого блок-участка и исправности его рельсовой цепи; для этого используется сигнал, снимаемый со стабилитрона, включенного в цепь преобразователей уровней выходных сигналов блока 1 и входных уровней блоков 3', 3'', 3''';
- кодирование каждого показания путевого светофора 2 определенной периодической последовательностью двоичных сигналов с «хорошей» АКФ, осуществляемое тем блоком 3, на вход которого поступает сигнал с одного из выходов блока 1;
- преобразование упомянутой последовательности в периодическую последовательность сигналов двухфазной относительной модуляции (ДФОМн) блоками 4, 5, 6;

- доведение уровня мощности сигналов ДФОМн до необходимой величины блоком 7 и передача этих сигналов в рельсовую цепь.

Для кодирования показаний светофора предпочтительней использовать двоичные сигналы с постоянной амплитудой парциальных импульсов и с АКФ, боковые лепестки которой имеют одинаковую амплитуду в N раз меньшую амплитуды большого пика. Последнее требование является необходимым, потому что согласованный фильтр при таких сигналах обеспечивает значительное превышение отношения C/P (отношение мощности полезного сигнала к мощности сигнала помехи) на выходе СФ по сравнению с C/P на входе СФ:

$$\left(\frac{C}{P}\right)_{\text{вых}} \approx N^2 \left(\frac{C}{P}\right)_{\text{вх}}$$

В децибелах это превышение, например, при использовании сигнала Баркера с $N=13$, $(C/P)_{\text{вх}} = 1$ составит примерно $10 \lg 169 = 22,8$ дБ

Это соответствует практически безошибочному приему полезного сигнала.

Для передачи по рельсовой цепи каждый двоичный сигнал преобразуется в сигнал двоичной фазовой относительной манипуляции (ДФОМн), который выбирается из рельсовой цепи локомотивными катушками и через узкополосный фильтр с шириной пропускания, равной ширине спектра сигнала ДФОМн, передается на вход демодулятора. С выхода последнего демодулированный двоичный сигнал передается на вход корреляционного приемника в виде согласованного фильтра СФ. Из выходного сигнала СФ выделяется периодическая последовательность коротких импульсов, которая преобразуется в постоянное напряжение, необходимое для зажигания лампы локомотивного светофора, соответствующей текущему состоянию огней путевого светофора.

Построенную по представленному принципу систему АЛС можно реализовать интегральными микросхемами широкого применения, что при выполнении рекомендаций заводов-изготовителей позволяет создать надежную и недорогую систему АЛС. Из рис. 2 видно, что выполнение блока 1 в виде приемника АЛС и подключение его к концу рельсовой цепи позволяет реализовать систему АБ на той же основе, что и система АЛС.

Сейчас имеется очень большая часть железнодорожных участков с малой и средней грузонапряженностью. Эти участки можно было бы с успехом оборудовать предложенной системой АЛС, выпуск оборудования которой мог бы освоить любой электротехнический завод.

Список литературы

1. Бубнов В.Д., Дмитриев В.С. – Устройства СЦБ, их монтаж и обслуживание. Полуавтоматическая и автоматическая блокировка. – М.: Транспорт, 1989. – 336 с.
2. Казаков А.А., Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопы. – М.: Транспорт, 1975
3. Автоматическая локомотивная сигнализация частотного типа повышенной помехозащищенности и значности АЛС-ЕН. Издание всесоюзного научно-технического общества железнодорожных и транспортных строителей. – М.: Транспорт, 1990. - 47 с.
4. Пат. РФ № 2106993. Способ определения свободности от подвижного состава участка пути/И.Г. Тильк и др. – Публ. 1998. БИ №4 – 4с.

5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Высшая школа, 1998. – 448 с.
6. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Радио и связь, 1982. – 624 с.