

БЕСПРОВОДНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РАЗЪЕДИНИТЕЛЯМИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ И МЕТОДЫ КОДИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ

Халиков Содикжон Салихджанович

Tashkent State Transport University,

100167, Tashkent city, Uzbekistan

<https://doi.org/10.5281/zenodo.6553531>

Аннотация. Существующая система дистанционного управления разъединителями была разработана в шестидесятые годы прошлого столетия и является морально устаревшей. Поэтому требуется замена системы дистанционного управления, использующей дорогостоящую кабельную продукцию и кнопочно-коммутирующие контактно-релейные элементы, на новую систему диспетчерского управления и сбора информации на базе цифровой системы радиуправления. Важнейшими из основных исследовательских задач при внедрении цифровая радиуправления разъединителями контактной сети является исследование радиосовместимости с радиосредствами в выбранном диапазоне частот, помехоустойчивости системы в условиях промышленных помех электрифицированного железнодорожного транспорта и защиты устройств от несанкционированного доступа к контролю и управлению разъединителями, а также обеспечению высокой достоверности передаваемой информации. Ложные команды могут привести к значительному экономическому ущербу, и даже вызвать опасность для жизни людей. Известно, что электрическая тяга создает мешающие влияния в широком диапазоне радиочастот. Уровень помех резко возрастает при появлении асимметрии в линиях электроснабжения. Эти помехи могут вносить искажения в передаваемые кодовые комбинации. Для того чтобы решить некоторые из поставленных задач предлагается метод кодирования сигналов, который обеспечивает часть выше перечисленных требований. Поэтому данной статье предлагается система цифровой радиуправлении разъединителями контактной сети и методы передачи и приема управляющими цифровыми сигналами.

Ключевые слова: контакт, электрифицированные контактные сети, разъединитель, диспетчер, оператор, пост управления, телеуправление, телемеханика, водитель, арматура, канал связи, исполнительный орган, телемеханика, объект управления, орган управления, пульт управления, радиуправление, система радиуправления, радиостанция, базовая

радиостанция, исполнительная радиостанция, микропроцессор, IGBT транзистор, IGBT коммутатор, код Манчестер – II, код Баркера.

В мировой практике особое внимание уделяется внедрению ресурсосберегающих и энергосберегающих технических средств и технологий через интеллектуальные системы управления в различных областях, включая экономику, медицину, производство, промышленное строительство, транспорт. Быстрое развитие информационных технологий и связанных с ними пакетов программного обеспечения, самоконтроль технических средств, прогнозирование, принятие решений с использованием четко определенных математических моделей, алгоритмов и программного обеспечения без вмешательства человека, повышение возможностей раннего устранения неисправностей и предупреждения интеллектуальных систем управления. Применение телекоммуникационных систем в полностью цифровых системах, гарантированная передача и прием передаваемых потоков данных на высоких скоростях, и одновременное управление всеми техническими средствами производства зависят от технических и технологических достижений, создаваемых на основе сложных схематических решений. контактных сетей, являются одним из объектов стратегической важности [1].

В настоящее время большое значение придается реализации возможностей грузовых и пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, качеству обслуживания на уровне мировых требований. В этой связи одной из главных стратегических задач акционерного общества "Узбекские железные дороги" является расширение сети железных дорог с электрической тягой высокоскоростных пассажирских поездов и грузовых поездов. Диспетчеризация и управление составами поездов, работающими на электрифицированных железных дорогах, осуществляется при постоянном участии микропроцессорных автоматизированных и телекоммуникационных систем. Для обеспечения постоянного поддержания движения скоростных поездов требуется своевременный ремонт электрифицированных контактных сетей железных дорог. Автоматизированные системы дистанционного управления электрифицированными контактными сетями, то есть они состоят из оборудования для управления секционным соединением



электрических контактных сетей, что является одним из объектов стратегического значения [1].

Система дистанционного управления (remote control RU) соединениями контактных сетей железных дорог предназначена для проведения профилактических работ в процессе эксплуатации контактных сетей, обеспечения их ремонта и устранения случаев аварий. Структурная схема дистанционного управления коммутаторами, используемая в существующих системах, представлена на рисунке 1 [1].

При применении системы телемеханики для телемеханики с поста управления дежурство осуществляется путем подключения энергодиспетчера или оператора RU. Оператор или устройство телемеханики оказывают влияние на орган управления. В результате команда повторного подключения гарантирует, что контактные сети, выполняющие механические функции, переходят из одного состояния в другое, влияя на поведение исполнительного органа по каналу связи. В схему системы RU включен контроль за выполнением операции, то есть сигнализация состояния разъемов. Сигнализация о состоянии разъемов передается на пост управления по используемым линиям связи [1].



Рис. 1. Структурная схема дистанционного управления разъединителями контактных сетей

Одной из наиболее распространенных конструкций на электрифицированных участках железных дорог является система секционированного отключения контактной сети за счет приведения в действие разъединителей, которые получают питание от линий автоблокировки. Опыт эксплуатации разъединителей показывает, что на ряде участков при довольно высокой надежности аппаратуры автоматики и телемеханики контактной сети общая надежность системы оказывается недостаточной. Это из-за неудовлетворительной работы устройств дистанционного управления разъединителями контактной сети и линий автоблокировки, как наиболее часто переключаемых объектов.

Существующая система дистанционного управления разъединителями была разработана в шестидесятые годы прошлого столетия и является



морально устаревшей. Поэтому требуется замена системы RU, использующей дорогостоящую кабельную продукцию и кнопочно-коммутирующие контактно-релейные элементы, на новую систему диспетчерского управления и сбора информации, которая будет управляться по радио с помощью новой системы диспетчерского управления и сбора данных, управляемой современной микропроцессорной системой управления, и это является одним из актуальных задач [2, 3, 4].

Таклиф этилаётан микропроцессорли радиобошқарув тизими (МРТ) ёрдамида контакт тармоқлар улаб-узгичларини бошқаришнинг соддалаштирилган схемаси 2-расмда тасвирланган.

Предлагаемая система микропроцессорной радиоуправлений (microprocessor radio control system MRCS) показано на рисунке 2.

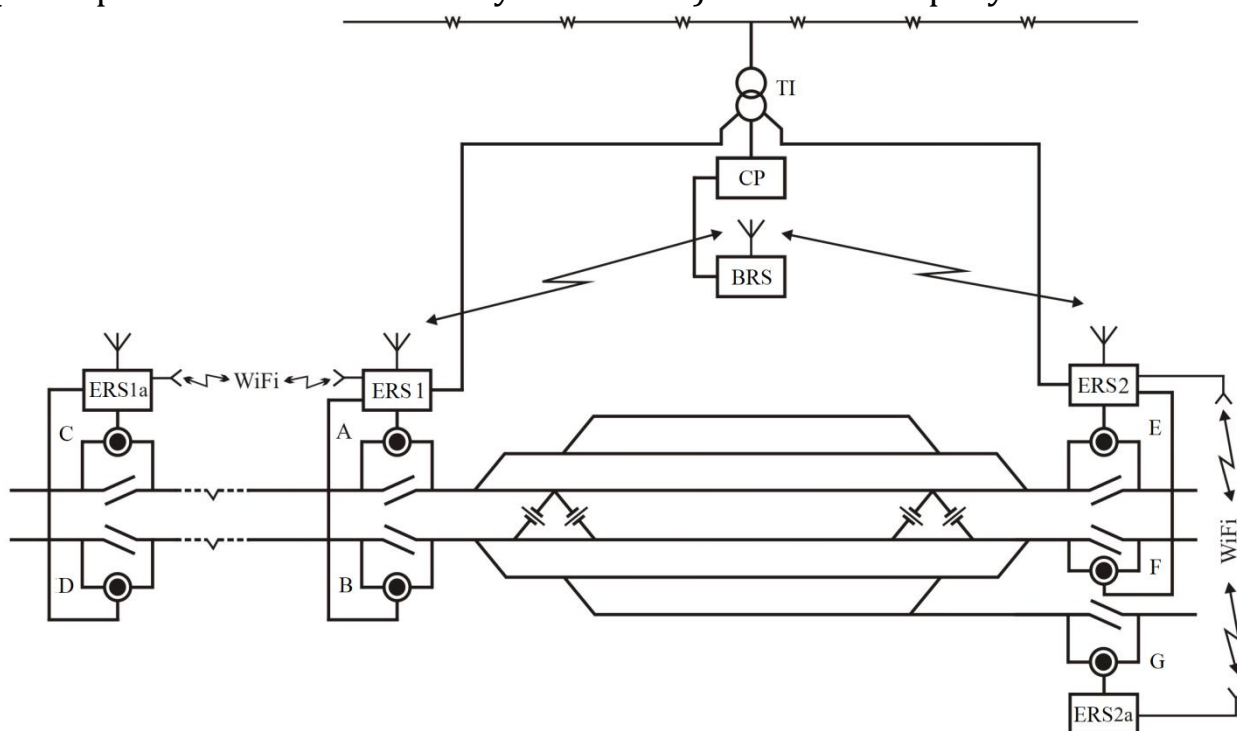


Рис. 2. Схема системы радиоуправление разъединителями контактной сети

На посту управления (control post CP) установлена микропроцессорная панель управления, через которую с базовой радиостанции (base radio station BRS) передаются возможности беспроводного управления и управления каждым из разъединителей (разъединители А÷Н). Каждый разъединитель оснащен исполнительным радиостанциям (например, executive radio stations ERS1). Исполнительных радиостанции который

находится в ближе является с вспомогательным (ERS1a). Они выполняются соединение в помощи сетей Wi-Fi. Переменный ток 220 В был распределен между устройствами BRS и ERS через трансформаторные пункт (Transformer item TI).

Обмен информацией между каждой BRS и ERS передается и принимается посредством цифровых сигналов. Поезда, курсирующие по контактным сетям, могут генерировать мощные электромагнитные поля, и в результате может произойти самопроизвольный запуск или прекращение запуска исполнительных радиостанций. Для этого сигналы контроля и управления, передаваемые BRS, преобразуются помехоустойчивые сигналы с помощью специальных средств кодирования. Обмен данными между BRS и ERS обеспечивает систему одновременной работы вспомогательных радиостанций на основе протоколов IP-адресов.

Разъединители контактной сети железной дороги состоят из электродвигателя типа UMP. В качестве привода используется однофазный коллекторный электродвигатель, который имеет последовательная соединения с обмоткой возбуждения (exciting windings EW) и якорям привода (drive armature DA). Электропривод обладает свойством изменять свое направление (реверсировать) с изменением EW. В существующих схемах дистанционного управления разъединителями контактной сети применяется сложные контактно-переключающие элементы, чтобы получить сигнал о состоянии разъединителя и управления электроприводом. Эти контакты в большинстве случаев выходить из строя, так что это не соответствует требованиям систем радиоуправление.

Исходя из вышеизложенного, на рисунке 3 представлена усовершенствованная блок-схема радиоуправления приводом разъединителя на основе современных бесконтактных элементов распределительного устройства.



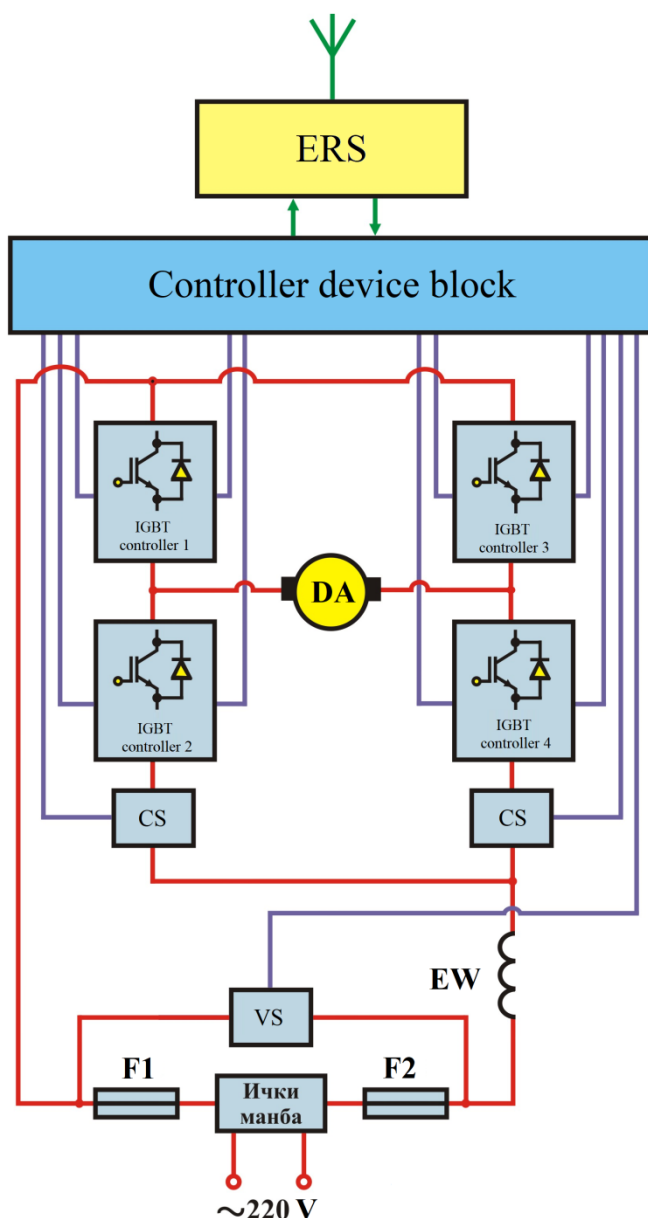


Рис. 3. Блок-схема радиуправления провода контактной сети разъединителя

Внутренний источник переменного тока (~ 220 В) в цепи управляется командами, передаваемыми от блока управления контроллера коммутационного комплекса IGBT-транзисторов изменяет направление тока, подключённые последовательно EW и DA. После, к точкам выхода переключателя IGBT 1 и переключателя IGBT 2, а также точкам входа переключателя IGBT 3 и IGBT 4 через EW подключаются ко второй фазе внутреннего источника. Для управления IGBT коммутаторами осуществляется сигналами команд строгого управления, который заранее запрограммированный в контроллере. Для защиты от перегрузки и

короткого замыкания в цепь включены предохранители F1 и F2. Радиоуправление приводом разъединителями контактной сети осуществляется следующим образом. Предположим, что разъединители контактной сети находятся в положении «подключено» (на схеме не показано). Ответственный оператор запускает программу, вводя пароль с панели управления в свой пользовательский раздел. Цифровой сигнал команды контроля управления передается от базовой радиостанции на исполнительную станцию, с касанием визуальную виртуальную схему контактной сети разъединителя. Переданный зашифрованный сигнал расшифровывается в блоке контроллера ERS. Устройство блока управления контроллера по цепи IGBT коммутатора 1 и IGBT коммутатора 2 изменяя направление передаёт аналоговый сигнал. В этом случае IGBT коммутатор 1 и IGBT коммутатор 2 будут находиться в закрытом положении. Якорь DA соединяется с другой полярности, в результате чего с движением привода обрывается цепь подключения. Датчик тока (current sensor CS), подключенный к протекающему току, подает сигнал на контроллер в отключенном состоянии. Датчик напряжения (voltage sensor VS) сигнализирует контроллеру, измеряя значение напряжения в цепи.

На рисунке 4 показан метод топологии передачи и управления на большие расстояния для управления разъединителями контактной сети с использованием цифровой системы радиоуправления. Напряжение переменного тока 220В подается на устройства BRS и ERS через трансформаторные подстанции (ТИ). BRS обмен данными между каждым ERS осуществляется через протокол IP-адресов.

Это техническое решение достигается за счет саморегулирующейся интеллектуальной системы радиоуправления в управлении разъемами электрифицированных контактных сетей на железнодорожном транспорте, обеспечения постоянного движения высокоскоростных поездов, курсирующих по строгому расписанию, прогнозирования и предупреждения событий в контактных сетях. Предлагаемая система представляет собой новый подход и технические решения в управлении разъемами контактной сети.

Важнейшими из основных исследовательских задач при внедрении цифровой радиоуправления разъединителями контактной сети является исследование радиосовместимости с радиосредствами в выбранном диапазоне частот, помехоустойчивости системы в условиях промышленных помех электрифицированного железнодорожного



транспорта и защиты устройств от несанкционированного доступа к контролю и управлению разъединителями, а также обеспечению высокой достоверности передаваемой информации.

Ложные команды могут привести к значительному экономическому ущербу, и даже вызвать опасность для жизни людей. Известно, что электрическая тяга создает мешающие влияния в широком диапазоне радиочастот. Уровень помех резко возрастает при появлении асимметрии в линиях электроснабжения. Эти помехи могут вносить искажения в передаваемые кодовые комбинации.

Для того чтобы решить некоторые из поставленных задач предлагается метод кодирования сигналов, который обеспечивает часть выше перечисленных требований. Кодирование в этом случае выполняется в соответствии со структурной схемой, приведенной на рисунке 5.

Из структурной схемы видно, что информационный сигнал кодируется двумя кодерами. Сначала от микропроцессора выходит сигнал NRZ для управления разъединителя, и затем поступает на входе кодера “Манчестер – II”. Правило кодирования кодера “Манчестер – II” можно сформулировать так: когда встречается логический 1, тактовый сигнал передается без инвертирования, а когда логический 0 – с инвертированием (рисунок 6). Код “Манчестер – II” не является относительным, поэтому на приемной стороне используется процедура определения правильной полярности сигнала; но его преимуществами является отсутствие подряд более двух нулей или единиц и отсутствие постоянной составляющей [5].

Затем этот код поступает на вход кодера Баркера. Кодер расширяет спектр сигнала прямой последовательностью – Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS). При методе DSSS каждый информационный символ представляется 11-разрядным кодом Баркера вида 11100010010. Для передачи единичного и нулевого символов сообщением используется прямая и инверсная последовательности соответственно, как показано на рисунке 6.

Основной принцип технологии расширения спектра (Spread Spectrum, SS) заключается в том, чтобы от узкополосного спектра сигнала, возникающего при обычном потенциальном кодировании, перейти к широкополосному спектру, что позволяет значительно повысить помехоустойчивость передаваемых данных [5].



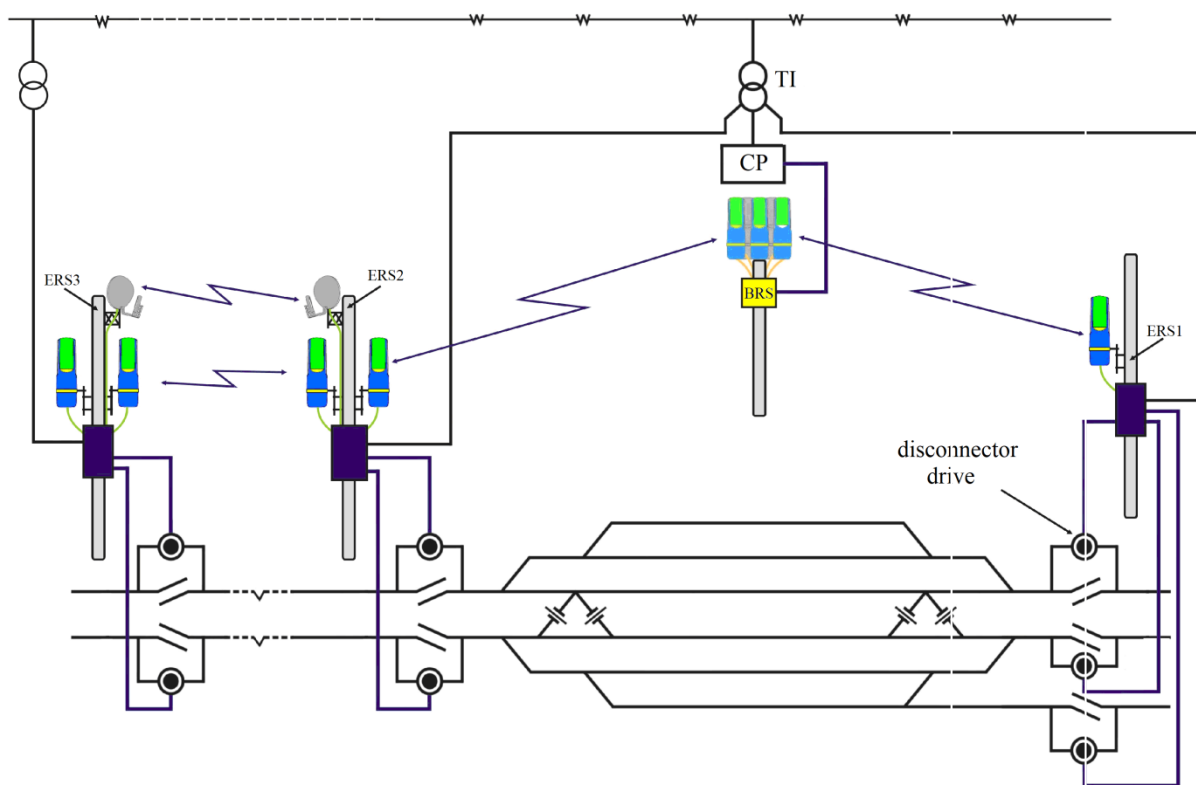


Рис. 4. Принципиальная схема системы цифровой радиопередачи разъединителей контактной сети

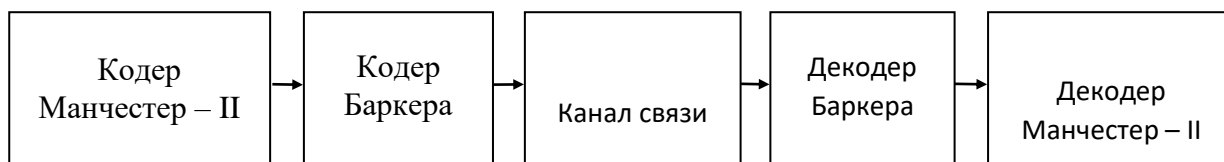


Рис. 5. Структурная схема кодирования сигналов управления разъединителями

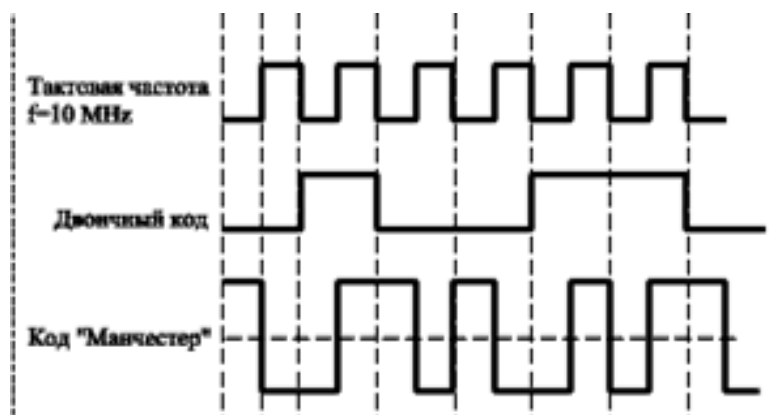


Рис. 6. Диаграмма кодирования кодера “Манчестер – II”

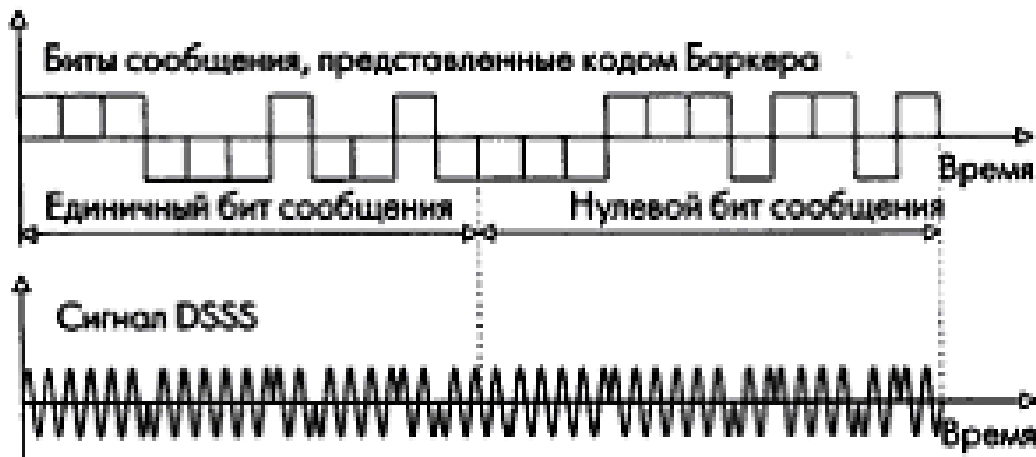


Рис. 7. Временная диаграмма кода Баркера

В приемном устройстве полученный сигнал умножается на код Баркера, в результате чего он становится узкополосным, поэтому его фильтруют в узкой полосе частот, равной удвоенной скорости передачи. Любая помеха после умножения на код Баркера, наоборот, становится широкополосной, поэтому в узкую информационную полосу попадает лишь часть помехи, примерно в 11 раз меньшая по мощности помехи, действующей на входе приёмника. В результате демодуляции обычным демодулятором выделяется передаваемое сообщение. После выхода декодера Баркера сигнал снова становится узкополосным и поступает на вход декодера “Манчестер – II”. Декодер “Манчестер – II” декодирует и выхода появляется сигналы NRZ.

Передача информации между двумя достаточно удаленными устройствами требует представления ее в виде последовательного потока битов, характеристики которого зависят от особенностей конкретной системы. Среда передачи информации может быть различной: витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно. В нашем случае это радиоканал.

Простейшим кодом представления информации является униполярный код NRZ (Non Return to Zero) – без возврата к нулю, при использовании

которого нули представлены отсутствием импульса (напряжение на выходе передатчика близко к нулю), а единицы – наличием некоторого положительного напряжения. Самый распространенный протокол RS232, применяемый для соединений через последовательный порт ПК, также использует код NRZ. Передача информации ведется байтами по 8 бит, сопровождаемыми стартовыми и стоповыми битами. Этот код имеет несколько недостатков:

- относительно большая средняя мощность, выделяемая на нагрузочном резисторе ($U^2/2R$, где U – амплитуда импульса);
- большинство линий связи сопрягаются с аппаратурой через реактивные элементы, например через трансформаторы. Поскольку униполярные сигналы всегда содержат в своем спектре постоянную составляющую и значительную долю низкочастотных компонентов при передаче длинной последовательности нулей или единиц, такое сопряжение затруднено или вовсе невозможно – реактивные элементы на этих частотах представляют собой почти “обрыв” или почти “короткое замыкание”;
- отличие синхронизирующих частот приемника и передатчика друг от друга вынуждает приемники все время “подстраиваться” под частоту передатчика, синхронизируя внутренний тактовый генератор с частотой поступающих импульсов. Если такую синхронизацию не осуществлять, ошибка будет накапливаться и в конечном счете приведет к сбою приема информации. Однако надежно корректировать сигнал синхронизации приемник способен, только если пауза между импульсами входного сигнала не очень большая. С увеличением паузы надежность синхронизации и, следовательно, вероятность правильного приема информации падает;
- полностью отсутствует возможность оперативной регистрации ошибок, связанных с появлением лишних импульсов или пропаданием нужных из-за помех.

Только первый из указанных недостатков можно уменьшить, если вместо униполярного сигнала использовать биполярный сигнал NRZ для кодирования информации. Одним из способов решения указанных проблем является введение избыточности, заключающейся в том, что частота кодирования выбирается выше частоты передачи информации. Примером такого избыточного кода является код “Манчестер – II” или



манчестерский код. Он относится к самосинхронизирующимся кодам и имеет два уровня, что обеспечивает лучшую помехозащищенность.

При использовании манчестерского кодирования, единица кодируется отрицательным перепадом сигнала в середине битового интервала, нуль – положительным перепадом. На границах битовых интервалов сигнал, если это необходимо, меняет значение, готовясь к отображению следующего битового интервала.

Логическому нулю соответствует переход на верхний уровень в центре битового интервала, логической единице – переход на нижний уровень. Логика кодирования хорошо видна на примере передачи последовательности единиц или нулей. При передаче чередующихся битов частота следования импульсов уменьшается в два раза.

Информационные переходы в середине бита остаются, а граничные (на границе битовых интервалов) – при чередовании единиц и нулей отсутствуют. Это выполняется с помощью последовательности запрещающих импульсов. Эти импульсы синхронизируются с информационными и обеспечивают запрет нежелательных граничных переходов.

Изменение сигнала в центре каждого бита позволяет легко выделить синхросигнал. Самосинхронизация дает возможность передачи больших пакетов информации без потерь из-за различий тактовой частоты передатчика и приемника.

Большое достоинство манчестерского кода - отсутствие постоянной составляющей при передаче длинной последовательности единиц или нулей. Благодаря этому гальваническая развязка сигналов выполняется простейшими способами, например, с помощью импульсных трансформаторов.

Частотный спектр сигнала при манчестерском кодировании включает только две несущие частоты. Для десятикилобитного протокола – это 10 кГц при передаче сигнала, состоящего из одних нулей или одних единиц, и 5 кГц - для сигнала с чередованием нулей и единиц. Поэтому с помощью полосовых фильтров можно легко отфильтровать все другие частоты.

Этот способ кодирования решает все перечисленные проблемы. Поскольку сигнал не “замирает” на одном логическом уровне, постоянная составляющая равна нулю. Подстройка системы синхронизации осуществляется при передаче каждого бита. Критерием ошибки в канале связи может являться “замирание” сигнала на одном из логических



уровней на время, превышающее время передачи одного информационного бита. Платой за эти полезные качества является удвоение требуемой пропускной способности канала связи.

Сигнал в коде “Манчестер – II” может быть получен суммированием по модулю двух сигналов: NRZ и C (сигнал синхронизации). Другими словами, сигнал в коде “Манчестер – II” принимает единичные значения в тех интервалах времени, в которых сигналы NRZ и C имеют противоположные логические значения (рисунок 7). Вследствие этого схема шифратора очень проста и легко может быть дополнена схемой подавления помех, предназначенной для подавления помех, возникающих из-за несовпадения фронтов суммируемых сигналов [6].

Схема дешифрации кода “Манчестер – II” несколько сложнее и содержит формирователь импульсов из входного потока информации и два триггера, счетный и D-триггер для декодирования информации (рисунок 8). В начальный момент выходной код не определен, но по приходу первого тактового импульса, соответствующего переходу из логического нуля в логическую единицу во входном коде NRZ, система начинает генерировать правильный выходной код NRZ, декодированный из входной последовательности “Манчестер – II” и совпадающий с исходным кодом. Дополнительно, декодер восстанавливает и сигнал синхронизации, что упрощает подстройку тактового генератора приемника.

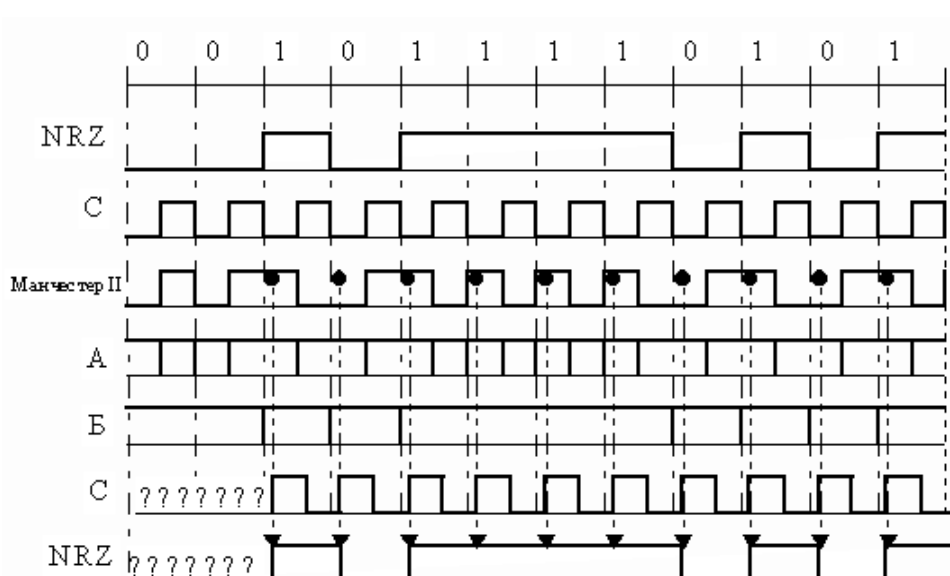


Рис. 27. Временные диаграммы кодирования и декодирования для кода “Манчестер – II”

Таким образом, можно сформулировать основные преимущества кода “Манчестер – II” перед кодом NRZ в дополнение к тому, что он устраняет недостатки кода NRZ, перечисленные выше.

– Синхросигнал и информация передаются по одному каналу связи, в то время как кодирование NRZ требует двух линий передачи.

– Диапазон частот при использовании кодирования “Манчестер – II” состоит из двух составляющих – $f_c / 2$ и f_c , в отличие от кодирования NRZ, в выходном спектре которого находятся частоты от нуля (постоянная составляющая) до $f_c / 2$.

Из недостатков можно отметить наличие схем шифрации и дешифрации, удвоенную по сравнению с кодированием NRZ, верхнюю частоту в канале связи и необходимость предустановки приемника посылкой перехода из нуля в единицу.

Методов кодирования и модуляции сигналов на сегодняшний день разработано достаточно много, причем для передачи данных в условиях помех с успехом используется технология расширения спектра (Spectrum Spread, SS).

Данная технология подразумевает, что первоначально узкополосный (в смысле ширины спектра) полезный информационный сигнал при передаче преобразуется таким образом, что его спектр оказывается значительно шире спектра первоначального сигнала. То есть спектр сигнала как бы «размазывается» по частотному диапазону. Одновременно с уширением спектра сигнала происходит и перераспределение спектральной энергетической плотности сигнала – энергия сигнала также «размазывается» по спектру. В результате максимальная мощность преобразованного сигнала оказывается значительно ниже мощности исходного сигнала. При этом уровень полезного информационного сигнала может в буквальном смысле сравниваться с уровнем естественного шума. В результате сигнал становится в каком то смысле «невидимым» — он просто теряется на уровне естественного шума [6].



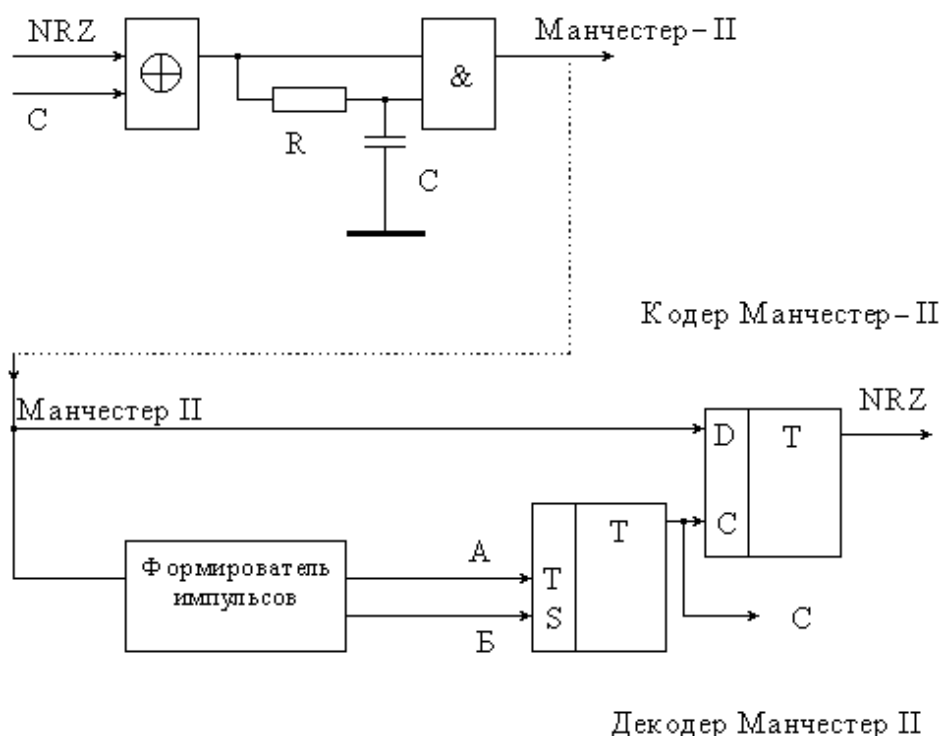


Рис. 8. Схема кодирования и декодирования кода “Манчестер – II”

Именно это позволяет значительно повысить помехоустойчивость передаваемых данных. Рассмотрим, как это происходит, более детально. Существует несколько различных технологий уширения спектра, однако для дальнейшего понимания нам необходимо детально познакомиться лишь с технологией уширения спектра методом прямой последовательности (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS).

При потенциальном кодировании информационные биты 0 и 1 передаются прямоугольными импульсами напряжений. Прямоугольный импульс длительности T имеет спектр, ширина которого обратно пропорциональна длительности импульса и описывается формулой

$$\frac{\sin(\pi \cdot f \cdot T)}{\pi \cdot f \cdot T}$$

Чем меньше длительность импульса, тем больший спектральный диапазон занимает такой сигнал. Чтобы повысить помехоустойчивость передаваемого сигнала (то есть увеличить вероятность безошибочного распознавания сигнала на приёмной стороне в условиях шума), можно воспользоваться методом перехода к широкополосному сигналу, добавляя избыточность в исходный сигнал. Для этого в каждый передаваемый

информационный бит встраивают определенный код, состоящий из последовательности так называемых чипов (рис. 9).

Информационный бит, представляемый прямоугольным импульсом, разбивается на последовательность более мелких импульсов-чипов. В результате спектр сигнала значительно расширяется, поскольку ширину спектра можно с достаточной степенью точности считать обратно пропорциональной длительности одного чипа. Такие кодовые последовательности часто называют шумоподобными кодами [6].

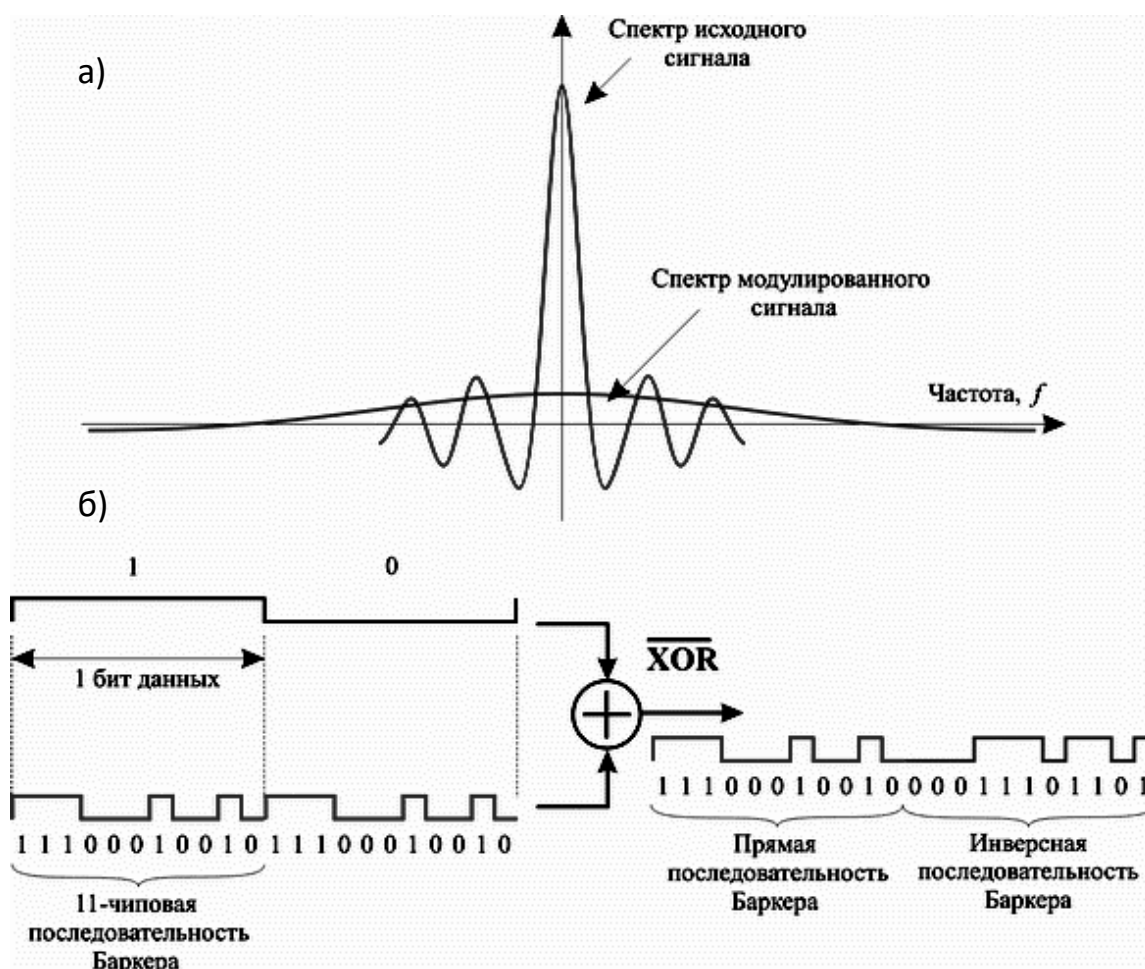


Рис. 9. Изменение спектра сигнала при добавлении шумоподобного кода.

Наряду с уширением спектра сигнала, уменьшается и спектральная плотность энергии, так что энергия сигнала как бы «размазывается» по всему спектру, а результирующий сигнал становится шумоподобным в том смысле, что его теперь трудно отличить от естественного шума. Возникает вопрос: для чего усложнять первоначальный сигнал, если в

результате он становится неотличимым от шума? Дело в том, что кодовые последовательности чипов обладают уникальным свойством автокорреляции, под этим термином в математике понимают степень взаимоподобия двух функций, то есть насколько две различные функции похожи друг на друга.

Соответственно под автокорреляцией понимается степень подобия функции самой себе в различные моменты времени. Например, если некоторая функция зависит (меняется) от времени и эта зависимость выражается в виде $f(t)$, то можно рассмотреть функцию в некоторый момент времени t_0 и в момент времени $t_0 + \tau$. Степень соответствия этих двух функций друг другу в различные моменты времени и называется автокорреляцией. С математической точки зрения функция автокорреляции выражается интегралом:

$$\varphi(t) = \int f(t) \cdot f(t + \tau) dt$$

При этом можно подобрать такую последовательность чипов, для которой функция автокорреляции, отражающая степень подобия функции самой себе через определённый временной интервал, будет иметь резко выраженный пик лишь для одного момента времени. Таким образом, функция будет подобна самой себе только для одного момента времени и совсем не похожа на самоё себя для всех остальных моментов времени.

Одна из наиболее известных (но не единственная) таких последовательностей – код Баркера длиной в 11 чипов: 11100010010. Коды Баркера обладают наилучшими среди известных псевдослучайных последовательностей свойствами шумоподобности, что и обусловило их широкое применение. Для передачи единичного и нулевого символов сообщения используются, соответственно, прямая и инверсная последовательности Баркера [7].

В целях упрощения вычисления автокорреляционной функции последовательности Баркера можно рассчитать разность между числом совпадений и несовпадений между отдельными чипами последовательности при их почиповом сдвиге друг относительно друга.

Таблица 3

Вычисление автокорреляционной функции последовательности Баркера

Сдвиг	Последовательность	Число совпадений	Число несовпадений	Степень корреляции
-------	--------------------	------------------	--------------------	--------------------



0	1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0	11	0	+11
1	0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1	5	6	-1
2	1 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0	5	6	-1
3	0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 0	5	6	-1
4	0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1	5	6	-1
5	1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0	5	6	-1
6	0 1 0 0 1 0 1 1 1 0 0	5	6	-1
7	0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 0	5	6	-1
8	0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1	5	6	-1
9	1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1	5	6	-1
10	1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1	5	6	-1

Как видно из приведенной таблице 3, последовательность Баркера обладает ярко выраженным автокорреляционным пиком, соответствующим наложению функции самой на себя. Проведя аналогичные расчеты, нетрудно убедиться, что другие последовательности не обладают аналогичным свойством, то есть имеют несколько пиков корреляции, значительно снижающими помехоустойчивость передаваемого сигнала.

В приемнике полученный сигнал умножается на код Баркера (вычисляется корреляционная функция сигнала), в результате чего он становится узкополосным. Поэтому его фильтруют в узкой полосе частот, равной удвоенной скорости передачи. Любая помеха, попадающая в полосу исходного широкополосного сигнала, после умножения на код Баркера, наоборот, становится широкополосной, поэтому в узкую информационную полосу попадает лишь часть помехи, примерно в 11 раз меньшая по мощности помехи, действующей на входе приемника.

Итак, использование кодов Баркера обеспечивает возможность передавать сигнал практически на уровне помех и при этом гарантирует высокую степень достоверности принимаемой информации. В этом основной смысл их применения.

Таким образом, внедрение системы управления разъединителями контактной сети на железнодорожном транспорте на базе современных микропроцессорных устройств обеспечивает высокую надежность и позволяет саморегулировать при управлении разъединителей, помехоустойчивая передача от электромагнитных полей, сохраняет

постоянное движение высокоскоростных поездов движущие по строгому графику.

Список использованных литератур

1. А.А.Халиков, С.С.Халиков. Разработка устройств систем радиоуправление разъединителями контактной сети железнодорожного транспорта. Изд-во «Fan va taraqqiyot».– Ташкент, 2015. 140 с.
2. Патент РУз. № IAP 04093, 2010 г. Устройство для управления разъединителем /Халиков А.А., Халиков С.С.// Бюллетень. – 2010. –№1.
3. Халиков А.А., Кривопишин В.А., Халиков С.С. Разработка средства для защиты устройства управления от несанкционированного доступа. //Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте: Тез. докл. Респ. Науч. Кон. – Ташкент, 2005. – С. 384-388.
4. Халиков А.А., Кривопишин В.А., Халиков С.С. Радиоуправления разъединителями контактной сети железнодорожного транспорта // Вестник ТашИИТа. – Ташкент, 2005. – №2. – С. 118-125.
5. <https://uz.denemetr.com/docs/768/index-482548-1.html>
6. http://kunegin.com/ref7/wifi/80211b_1.htm
7. Сергеев М.Б., Ненашев В.А., Сергеев А.М. Вложенные кодовые конструкции Баркера — Мерсенна — Рагхаварао. / Информационно-управляющие системы / №3, 2019, С. 71-81

