

УДК 550.832

А. С. Бувич
ООО «Нефтегазгеофизика»

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГРАНИТ

Программно-аппаратный комплекс ГРАНИТ-ОНИКС с использованием описанной здесь телеметрической системы проверен и много лет успешно работает на ряде геофизических предприятий России, Казахстана, Туркмении, Узбекистана. Однако используемый в модульной скважинной аппаратуре ГРАНИТ принцип автосинхронизации модулей автором ранее не раскрывался, при своей эффективности он очень прост в реализации и может быть интересен разработчикам аппаратуры.

Ключевые слова: модульная скважинная аппаратура, телеметрическая система, автосинхронизация модулей.

Введение

Телеметрическая система (ТЛС) ГРАНИТ разрабатывалась в первую очередь для скважинных приборов, предназначенных для исследования скважин эксплуатационного фонда. Особенностью таких приборов является использование одножильного каротажного кабеля, ограничения по габаритам и одновременное измерение значительного комплекса параметров. Обычно используется модульное построение комплекса в виде главного модуля с передатчиком и не более двух модулей-приставок. Использование ТЛС ГРАНИТ позволяет снять ограничения на компоновку скважинной аппаратуры в виде независимых модулей с простым одножильным интерфейсом. Количество модулей практически не ограничено (в комплексе ГРАНИТ принят максимум 12). Единственное условие – все модули, кроме нижнего в связке, должны иметь транзитный провод ЦЖК (центральная жила кабеля). Взаимное расположение модулей в связке любое, но должно быть указано при сдаче результатов интерпретаторам для учета точек записи регистрируемых параметров. В регистраторе ОНИКС это учитывается автоматически.

Программно-аппаратный комплекс ГРАНИТ-ОНИКС с использованием описанной здесь ТЛС проверен и много лет успешно работает на ряде геофизических предприятий России, Казахстана, Туркмении, Узбекистана. Модульная скважинная аппаратура ГРАНИТ, кроме штатного регистратора ОНИКС, совместима также с другими каротажными регистраторами.

Формат передачи кода

Формат передачи кода телеметрии ГРАНИТ (рис. 1) выглядит как формат традиционно используемой в скважинной аппаратуре ТЛС «Манчестер-2». Отличается принципом кодировки. В последнем используется фазоимпульсная кодировка, а в ТЛС ГРАНИТ – время-импульсная кодировка. Бонус такой кодировки состоит в том, что интервал времени между передними фронтами импульсов на линии связи (далее период T) используется не только как средство передачи кода, но и как дополнительная информация для формирования очереди в связке модулей по длительности межмодульной паузы. Для реализации этой идеи каждый модуль снабжен приемником, позволяющим контролировать ситуацию на линии связи и посредством программного обеспечения контроллера организовать пассивное взаимодействие с другими модулями по транзитной жиле кабеля.

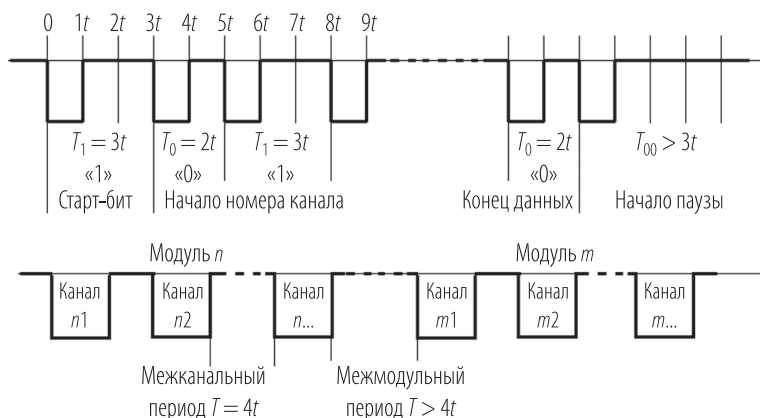


Рис. 1. Формат передачи кода телеметрии (ТЛС) ГРАНИТ

В качестве единицы времени в системе используется квант $t = 64 \text{ мкс}$, который формируется делителем из опорной частоты контроллера. Для передачи кода служат отрицательные импульсы на линии связи длительностью 1 квант с соответствующим периодом T . Для передачи пакета данных модуля служат периоды $T = 2t \dots 4t$ (рис. 1), периоды $T = 5t \dots 16t$ зарезервированы для организации очереди из $N = 12$ модулей (принят как максимум в данной системе). Период $T = 2t$ – это бит «0», $T = 3t$ – бит «1». Код передачи данных

состоит из слов (каналов) длительностью 22 бит, включая стартовый. Слово начинается стартовым битом «1», далее номер канала 5 бит, 16 бит информации и заканчивается импульсом последнего бита. После этого следуют межканальная пауза $T_k = 4t$ и передача данных следующего канала в пакете. После завершения передачи пакета модуль переходит в режим ожидания в соответствии с алгоритмом ТЛС. Таким образом, период $T > 4t$ является признаком того, что линия связи свободна.

Приемопередатчик

Схема формирования отрицательных импульсов напряжения на центральной жиле кабеля (ЦЖК) изображена на рис. 2.

Последовательность импульсов нулевого уровня относительно питания +5 В и длительностью 1 квант t формируется на выходном порте контроллера. Порт подключен через резистор R1 к стабилизатору питания +5 В. В результате в кабеле генерируются импульсы тока, величина которых определяется резистором R1, в данном случае – около 20 мА. Соответственно, возникают отрицательные импульсы напряжения на жиле кабеля, амплитуда которых определяется сопротивлением кабеля и входным сопротивлением измерительной цепи на верхнем конце кабеля. Использование принципа генератора токовых импульсов, имеющего высокое выходное сопротивление, в отличие, например, от сигнального трансформатора, позволяет избежать взаимного шунтирования сигналов в линии связи при параллельном подключении к транзитной ЦЖК нескольких модулей.

Возникает вопрос о возможном перегреве электронных компонентов при формировании импульсов тока. При напряжении питания на линии 50 В мощность импульса – 1 Вт, при непрерывной генерации сигнала получается в среднем до 0,5 Вт. На контроллер в данном случае это не влияет, поскольку ток в импульсе протекает при нулевом уровне напряжения на выходе порта. Тепловая нагрузка приходится на резистор R1 и на стабилизатор. Последний выполнен двухкаскадным, исходя из потребностей измерительной схемы модулей.

Кроме цепи формирования сигналов (передатчика), имеется еще цепь контроля импульсов на жиле кабеля (приемник). Передний фронт отрицательных (относительно уровня +5 В стабилизатора) импульсов на кабеле через конденсатор поступает на вход компаратора, имеющегося в контроллере.

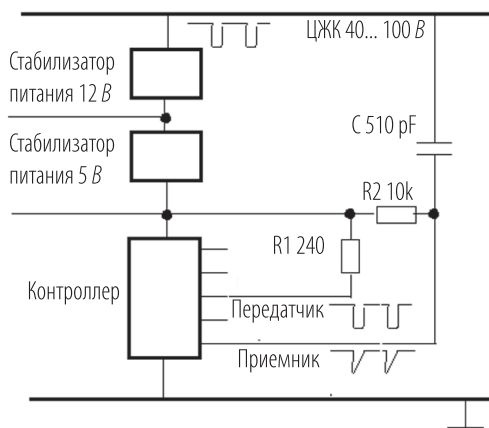


Рис. 2. Схема формирования импульсов на центральной жиле кабеля

Приемник предназначен для контроля сигналов на линии связи и позволяет реализовать две функции. Первая заключается в измерении длительности периода импульсов T на кабеле. Вторая функция – оценка сигнала по принципу «свой–чужой». Эта функция реализована путем блокировки порта приемника на время формирования своего импульса на порте передатчика. Незаблокированные сигналы являются чужими и используются для контроля за линией связи.

Стабилизатор питания и контроллер являются штатными компонентами любого модуля системы. Поэтому схемотехническая реализация функции ТЛС является предельно простой и сводится к добавлению двух резисторов и конденсатора к схеме модуля.

Алгоритм программного блока ТЛС

Константы:

- квант времени $t = 64 \text{ мкс}$;
- межканальная пауза $T_k = 4t$;
- максимальное количество модулей $N = 12$.

Переменные:

- позиция модуля очереди $n = (0 \dots 11)$;
- период между передними фронтами импульсов $T = (2t \dots 16t)$;
- флаг передачи данных $F = (0,1)$.

При включении питания все указанные переменные равны нулю.

A0. Во всех случаях при $F = 0$ формирователь квантов ожидающих модулей синхронизируется с передающим модулем по переднему фронту импульсов на линии.

A1. Если $n = 0$ и период на линии $T > T_k$ (то есть линия свободна).

1.1. Устанавливается флаг $F = 1$ и начинается передача пакета данных. Во время формирования передатчиком каждого импульса приемник блокируется и свои импульсы на линии игнорируются. После успешной передачи полного пакета данных откат модуля в конец очереди ($n = (N - 1)$, $F = 0$).

1.2. Если во время передачи приемник обнаружит чужой импульс на линии (в паузе между своими импульсами), передача немедленно прерывается, $F = 0$ и модуль переходит в режим ожидания освобождения линии, то есть условия A1.

A2. Если $n > 0$ и период на линии $T > T_k$, то с каждым квантом увеличения периода $T = (T + t)$ производится декремент позиции в очереди $n = (n - 1)$. При достижении начала очереди ($n = 0$) осуществляется переход к выполнению A1.

Примечание. Программный блок ТЛС, реализующий данный алгоритм, является стандартным для всех модулей системы ГРАНИТ и не имеет индивидуальных особенностей, привязанных к конкретному модулю.

Процесс формирования очереди при включении питания на линии связи на примере четырех модулей в связке изображен на рис. 3. Номера модулей показаны для пояснения и в алгоритме не задействованы. В данном примере очередь формируется по номеру первого канала в пакетах данных, передаваемых модулями. Но это необязательно, алгоритм «свой–чужой» работает при любом содержании пакета. Если обнаружен чужой импульс, значит, дальнейшая передача своего кода (в отличие от чужого) будет безнадежно испорчена, нужно освободить линию. Принцип толерантности в этом случае работает весьма кстати.

Старт. При включении питания модули начинают работать с различной задержкой более нескольких миллисекунд, в основном зависящей от потребляемого тока. Формирователи квантов времени расфазированы. В результате на передачу данных первым выходит один из модулей. Как говорится, «кто раньше встал, того и тапки», линия занята. Пока идет передача пакета данных, просыпаются остальные модули и, поскольку линия занята, ожидают окончания передачи $T > T_k$. В процессе ожидания формирователи квантов синхронизируются по передающему модулю (A0). Далее в соответствии

с п.1.1 передающий модуль освобождает линию и занимает позицию в очереди $n = (N - 1)$.

Забег 1. В соответствии с А2 ранее отработавший модуль после периода $T = 4t$ сдвигается на позицию $n = (N - 2)$. Оставшиеся в начале очереди три модуля выполняют программу в соответствии с А1. Два из них отсеиваются согласно п.1.2. Последний оставшийся завершает передачу пакета и занимает место в конце очереди $n = (N - 1)$.

Забег 2. Разборка между двумя оставшимися на позиции $n = 0$ модулями аналогична предыдущему пункту.

Финиш. Последний оставшийся на позиции $n = 0$ модуль осуществляет передачу пакета и занимает место в конце очереди. На этом формирование очереди закончено.

После этого, согласно А2, во всех модулях номера n в очереди с каждым квантом увеличения межмодульной паузы уменьшаются, пока в одном из модулей номер в очереди не достигнет $n = 0$. Далее процесс идет циклически в порядке очереди. При числе модулей M полный цикл передачи данных характеризуется короткими межмодульными периодами $T = 5t$ количеством $(M - 1)$ и одним длинным $T = 5t + (N - M)$.

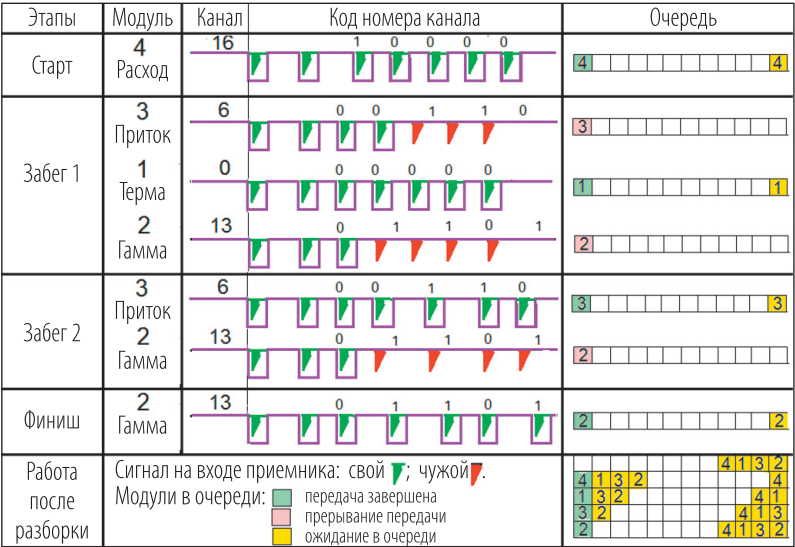


Рис. 3. Процесс формирования очереди при включении питания

Заключение

ТЛС ГРАНИТ при желании можно использовать как дуплексную для передачи сигналов скважинным приборам с поверхности. Для этого аналог приемопередатчика скважинных модулей подключается к верхнему концу кабеля (в регистраторе) и при включении на общих основаниях вписывается в общую сеть под управлением регистратора. В этом случае наличие приемника в модулях позволяет идентифицировать адресную передачу команды сверху с помощью дополнительного блока дешифрации кода приемника в программе соответствующего модуля.

Описанный алгоритм автосинхронизации модулей применим и при использовании кода «Манчестер-2». При этом содержание пакетов данных в модулях может быть произвольным, например, содержать относительные точки записи параметров, номера модулей и другую информацию. Важно соблюдение паузы $T_k = 4t$ между словами в коде, поскольку $T > 4t$ является признаком межмодульной паузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровая скважинная аппаратура для геофизических исследований скважин «ГРАНИТ» // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. ГЕРС. 1997. Вып. 31. С. 118–120.

*Рецензенты доктор геол.-минер. наук, проф. Ю. И. Кузнецов,
канд. техн. наук А. А. Абросимов*

Поступление рукописи в редакцию 07.08.25 г., принятие в печать 04.12.25 г.