

СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КОРРЕКЦИИ В ТЕРМОСТОЙКОМ ПЕРЕДАТЧИКЕ.

Е.А. Виноградов, Ю.В. Антипкин.

ООО «НИИ моргеофизика-Интерсервис» г. Мурманск

A WAY OF REGULATION OF SIZE OF PRELIMINARY CORRECTION IN THE HEAT-RESISTANT TRANSMITTER.

E.A. Vinogradov, J.V. Antipkin,

LLC "NIImorgeofizica-Interservis", Murmansk

Аннотация

Метод предварительной коррекции цифрового сигнала в передатчике скважинного прибора путем изменения не амплитуды, а ширины корректирующего импульса.

Abstract

Method of a digital signal preemphasis in the transmitter of the downhole device by change of width of an corrective pulse instead of change of amplitude.

Передача данных в кодах АМІ (HDB3) и NRZ много лет используется в скважинной телеметрии на скорости 300кБод [1,2]. Однако дальнейшее требуемое увеличение скорости передачи данных до величин (500-800)кБод наталкивается на большую сложность настройки аналогового корректора при смене кабеля.

Задача настройки корректора приемника может быть упрощена путем применения предварительного корректора (ПК) в передатчике скважинного прибора. ПК позволяет заранее выровнять АЧХ участка кабеля длиной порядка 2-3км и одновременно обеспечивает энергетический выигрыш в отношении сигнал/помеха на входе приемника [3].

За рубежом ПК широко используются при передаче данных по витой паре в коде NRZ [4,5]. Корректирующее звено ПК обычно представляет собой однополюсный фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) на выходе передатчика. Передаточная функция КИХ фильтра описывается выражением: $F(\omega) = 1 - a \cdot e^{-j\omega\Delta t}$, где a - коэффициент передачи программируемого усилителя, а Δt - длительность программируемой задержки. Желательный вид АЧХ фильтра получают раздельным, или совместным программированием длительности задержки и коэффициента передачи усилителя.

Эффективность ПК на основе КИХ фильтра во многом определяется рациональным выбором величины задержки Δt , которую выбирают как целую или дробную часть тактового интервала (T). На рис.1 представлены АЧХ корректирующих фильтров при различных значениях Δt : T , $T/2$, $T/4$ и постоянной величине коэффициента коррекции ($a=0.6$). В

докладе будет показано, что величина задержки $\Delta t = T/2$ является оптимальной и не требует изменения в процессе настройки.

Обычно каротажный кабель имеет длину 4-7км. Если данные передаются с тактовой частотой $F_T = 1/T = 500\text{КГц}$, то крутизна АЧХ кабеля на полутаковой частоте $F_T/2$ превысит величину 18дБ/окт. Для выравнивания подобной характеристики необходим корректор с соответствующей крутизной. Крутизна АЧХ рассматриваемых ПК ограничена величиной 6дБ/окт. Следовательно, полностью выровнять АЧХ всего кабеля с их помощью невозможно. Поэтому, демонстрация эффективности ПК, будет показана на примере выравнивания формы сигнала с выхода короткого отрезка кабеля длиной 2км. АЧХ кабеля приведена на Рис.2.

АЧХ рассмотренных ПК имеют обратный вид по отношению к АЧХ кабеля, что способствует снижению межсимвольных искажений(МСИ). Эффект применения известных ПК виден из сравнения формы не скорректированного (рис.3) и откорректированного (рис.4) сигналов на выходе короткого кабеля при передаче слова данных (0110100...) в коде NRZ. Видно, что в откорректированном сигнале МСИ практически отсутствуют.

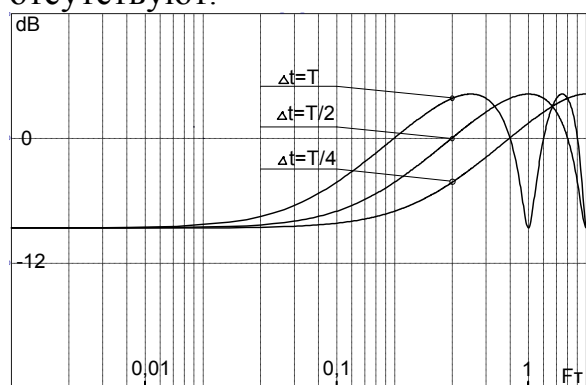


Рис.1 Семейство АЧХ КИХ фильтра.

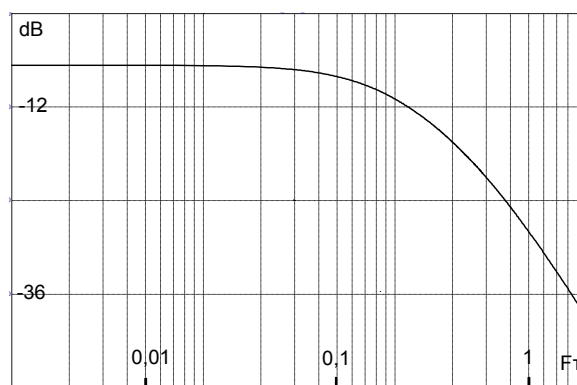


Рис.2 АЧХ короткого кабеля.

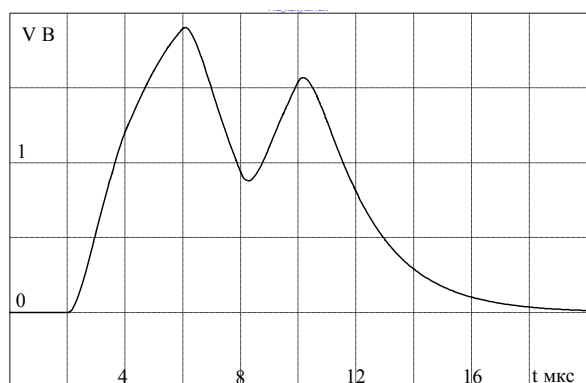


Рис. 3. Не скорректированный сигнал.

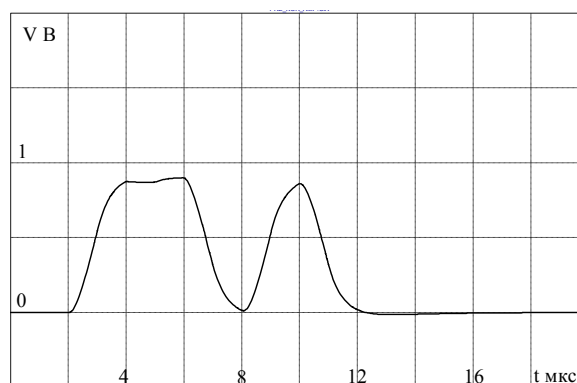


Рис. 4. Откорректированный сигнал.

Выходной сигнал рассматриваемых ПК аналоговый. Его получают путем комбинирования входного и изменяемой доли задержанного

сигналов на линейном звене (схема вычитания). Очевидной основой схемы вычитания может служить мощный операционный усилитель. Термостойкость последнего недостаточна для использования в скважинном приборе, где температура превышает 150°C. Это является существенным недостатком известных способов регулировки величины предварительной коррекции.

С целью устранения указанного недостатка в качестве входного сигнала ПК предлагается использовать двоичные импульсы с укороченной длительностью. Это позволяет формировать задержанные корректирующие импульсы без временного перекрытия с входными импульсами. Для выполнения операции вычитания входные и разнополярные с ними задержанные импульсы посылаются в кабель поочередно. В этом случае основой схемы вычитания может служить ключевой формирователь, имеющий простую реализацию и обладающий высокой термостойкостью. В жиле кабеля импульсы фильтруются, перекрываются по времени, в результате чего происходит их желаемое комбинирование. Меняя ширину задержанного импульса, меняют его энергию, тем самым регулируют степень коррекции выходного сигнала.

На рис. 5 приведена одна из возможных схем ПК реализующего предлагаемый способ регулирования при передаче данных в коде NRZ. Временные диаграммы работы ПК приведены на рис. 6.

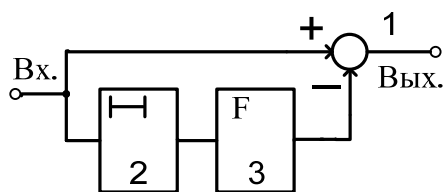


Рис. 5. Схема ПК для кода NRZ

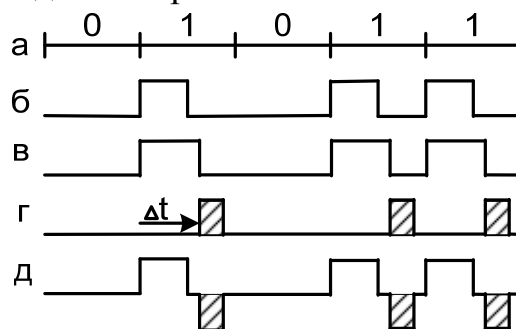


Рис. 6. Временные диаграммы работы.

Схема предлагаемого ПК подобна схеме КИХ фильтра, в которой усилитель с регулируемым коэффициентом передачи заменен одновибратором 3 с регулируемой длительностью импульса. Элемент задержки 2 также может быть одновибратором. Схема вычитания 1 может быть выполнена в виде формирователя разнополярных импульсов на двух ключах, которые запитаны от источников тока с противоположной полярностью и нагружены на общую нагрузку - линию связи.

На вход ПК поступает слово данных: 01011 в виде укороченных импульсов (рис. 6б). Длительность входных импульсов (рис. 6б) равна половине длительности тактового интервала, границы которого обозначены на рис. 6а. Элемент задержки 2 запускается от фронта входных импульсов (рис. 6б) и формирует на своем выходе расширенные импульсы

(рис. 6в). От заднего фронта расширенных импульсов (рис. 6в) запускается формирователь 3, вырабатывающий импульсы (рис. 6г), задержанные относительно входных импульсов (рис. 6б) на время величиной около $T/2$. Входные импульсы (рис. 6б) и задержанные импульсы (рис. 6г) поочередно поступают на противоположные входы схемы вычитания 1. В результате на выходе ПК формируется трех уровневый скорректированный сигнал (рис. 6д).

На рис. 7, 8 приведены сигналы на выходе короткого кабеля с характеристикой, изображенной на рис. 2. В первом случае (рис. 7) на вход кабеля подается сигнал: 0101100... в коде NRZ. Во втором случае (рис. 8), сигнал с выхода ПК (рис. 6д). Сравнение между собой сигналов изображенных на рис. 7 и рис. 8 показывает эффект применения предлагаемого способа. Видно, что в откорректированном сигнале, при величине коэффициента коррекции, $a=0.6$, практически отсутствуют межсимвольные искажения. Нижние частоты спектра сигнала в желаемой мере подавлены, а верхние частоты усилены. Заметно, что на отрезке сигнала расположенного между двумя единичными импульсами проявляется тактовая компонента, что является полезным свойством сигнала применительно к асинхронным системам связи.

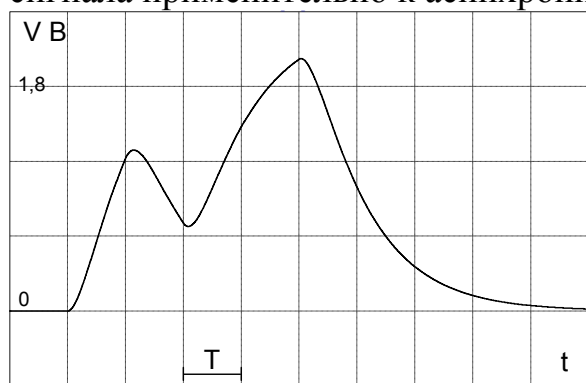


Рис. 7. Не корректируемый сигнал.

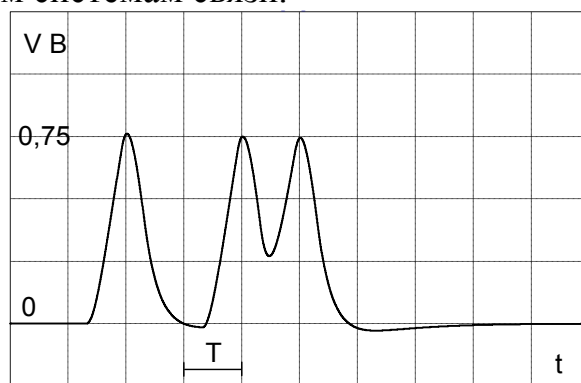


Рис. 8. Откорректированный сигнал.

Передача данных в коде NRZ в современной скважинной аппаратуре используется редко, поскольку для этого требуется отдельная жила кабеля. Гораздо чаще данные передают в балансном коде AMI(HDB3) позволяющем совмещать жилы канала связи с цепями питания прибора. Поэтому предварительная коррекция линейного сигнала в коде AMI представляет большой практический интерес.

На рис. 9 приведено устройство, где реализован один из возможных вариантов использования предлагаемого способа для формирования откорректированного сигнала в коде AMI. Временные диаграммы работы устройства приведены на рис. 10.

Устройство (рис.9) содержит элемент задержки 4, одновибратор с изменяемой длительностью импульса 5, триггер 6, ключи 7,8,9,10, две схемы ИЛИ 11,12, и выходной формирователь 13, выполняющий функцию

схемы вычитания. В качестве элемента задержки 4 может использоваться одновибратор, а в качестве ключей 7,8,9,10 - элементы 2И. Выходной формирователь 13 может быть выполнен на двух ключевых транзисторах, нагруженных на встречно включенные первичные обмотки выходного трансформатора.

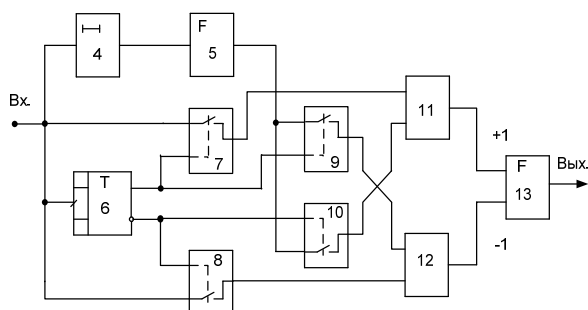


Рис. 9. Схема ПК для кода АМІ.

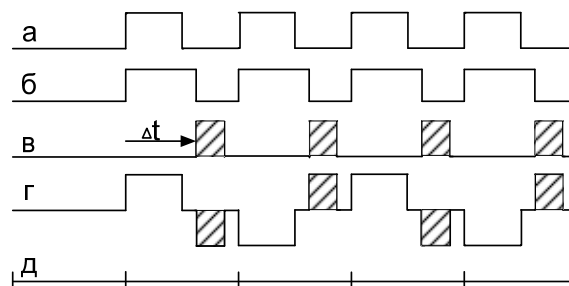


Рис. 10. Временные диаграммы работы.

При поступлении единичного импульса (рис.10а) во входных данных запускается элемент задержки 4, от заднего фронта импульса с выхода элемента задержки 4 (рис.10б), запускается одновибратор 5, на выходе которого в границах тактового интервала (рис.10д) вырабатывается соответствующий ему корректирующий импульс (рис.10в). Так образуется пара импульсов подлежащих передаче.

Входы управления ключа 7, коммутирующего входные импульсы (рис.10а) и ключа 9, коммутирующего корректирующие импульсы (рис.10в) объединены между собой, а их выходы связаны через схемы ИЛИ 11, 12 с противоположными по знаку(+1,-1) входами выходного формирователя 13. Аналогичным образом организовано управление и прохождение указанных сигналов в ключах 8,10. Тем самым в рамках конкретного тактового интервала обеспечивается однозначная - противоположная полярность между входным (рис.10а) и соответствующим ему корректирующим импульсом(рис.10в).

Триггер 6 изменяет свое состояние на границе тактового интервала (рис.10д) при поступлении очередного единичного входного бита (рис.10а). Своими выходными сигналами с прямого и инверсного выходов он управляет работой ключей 7,8,9,10, поочередно направляя пару импульсов через схемы ИЛИ 11, 12 на те, или иные входы выходного формирователя 13. В результате на выходе формирователя 13 образуется откорректированный 3-х уровневый сигнал содержащий импульсы с чередующейся полярностью пар импульсов (рис.10г).

На рис. 11 и рис. 12 показаны сигналы в коде АМІ полученные на выходе отрезка кабеля с увеличенной до 3-х км длиной.

Данные передаются со скоростью 500кБод, коэффициент коррекции, $a=0,7$. Видно, что использование предлагаемого способа позволяет хорошо

выровнять форму сигнала в линии. В спектре откорректированного сигнала заметно выросла доля полезных высокочастотных составляющих. Понятно, что при дальнейшем распространении по кабелю сигнал вновь исказится, но восстановить его форму в приемнике теперь будет значительно легче.

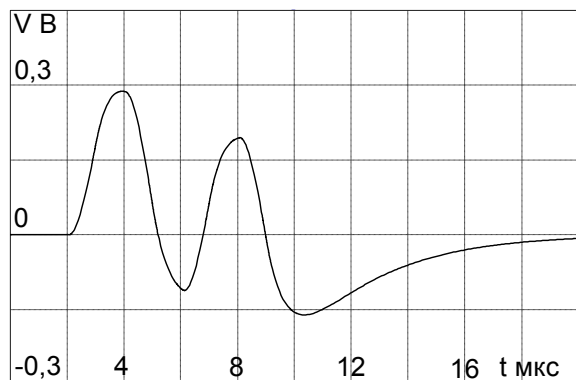


Рис. 11. Не корректированный сигнал.

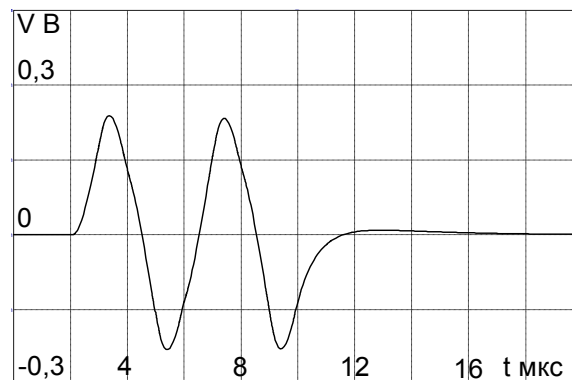


Рис. 12. Откорректированный сигнал.

Данный пример показывает, что использование предложенного способа коррекции достигается при незначительном усложнении схемы кодера АМІ. Важно отметить тот факт, что изменения не коснулись схемы формирователя разнополярных импульсов, следовательно, термостойкость кодера не понизилась.

Аналогичным образом уравнивающие импульсы можно вставить в сигнал с амплитудной манипуляцией, содержащий 4,5, и т. д. уровней. В результате сигнал в линии приобретет желаемое качество.

Список литературы

1. Е.А. Виноградов, Ю.В. Антипкин, А.В. Торцев. Скважинная телеметрия. Журнал «Технологии сейсморазведки» №2, 2006. с 48-53
2. Т.Н. Ишуев, А.К. Доронкин, Р.К. Сагдеев. Развитие техники и методики ВСП на основе разработки скважинных телеметрических систем регистрации с распределенных датчиков. Гальперинские чтения – 2006. Москва, ЦГЭ. Сборник рефератов. с 90-93
3. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ./ Под ред. Д.Д. Кловского. - М.: Радио и связь. 2000.-800 с.: ил.
4. Baig, et al. Pre-emphasis circuitry and methods. Патент США 6,956,407
5. Savoj. Method and apparatus for performing transmit pre-emphasis. Патент США 7,155,164
