

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШУМОПОДОБНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ПОЛОЖЕНИЯ ШТОКА ТАМПОНА ГЕРМЕТИЗАТОРА

В. О. Старостенко

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. А. Храбров

Целью работы является повышение надежности канала связи для системы поиска, управления и контроля состояния внутритрубного герметизатора (СПУиК). Система предназначена для облегчения поиска внутритрубного герметизатора, а также для автоматизации и мониторинга процесса герметизации нефтепровода. СПУиК состоит из наземного (НУ) и внутритрубного устройства (ВУ). В момент подхода ВУ к месту герметизации НУ отдает команду открытия клапана, после чего под действием давления потока нефти передвигаются шток и манжеты герметизатора, и он фиксируется в трубопроводе.

В настоящее время для передачи положения штока используются простые радиоимпульсы частотой 22 Гц и продолжительностью 8 периодов. Принцип кодирования следующий: сначала посылается стартовый бит, относительно которого происходит синхронизация, а далее через равные промежутки времени посылаются 4 бита, кодирующие положение штока, и бит паритета для простейшей проверки правильности приема данных. На рис. 1 приведена временная диаграмма пакета импульсов с кодом.

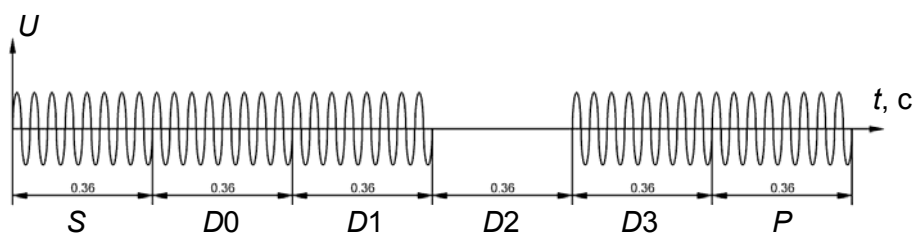


Рис. 1. Пример посылки данных о положении штока

Таким образом, для передачи положения штока необходимо затратить $8 \times 6/22 = 2,18$ с.

Для передачи положения штока с использованием псевдослучайных последовательностей предлагается два способа:

1. Для передачи любого из 10 положений штока отводится своя псевдослучайная последовательность (ПСП) определенной длины. На передающей стороне формируется сложный сигнал (рис. 2), форма которого определяется ПСП. На приемной стороне 10 согласованных фильтров параллельно обрабатывают поступающий сигнал. Каждый фильтр согласован только с одним из 10 сигналов. Положение штока определяется по номеру согласованного фильтра, на выходе которого сигнал превысил заданный порог. На рис. 3 приведены диаграммы сигналов на выходах фильтров, согласованного с передаваемой последовательностью и несогласованного с ней.

Приняв длину последовательности равной $T = 15$ символов, рассчитаем время передачи и выигрыш по вероятности неприема сигнала.

Время передачи: $t = 15/22 = 0,682$ с.

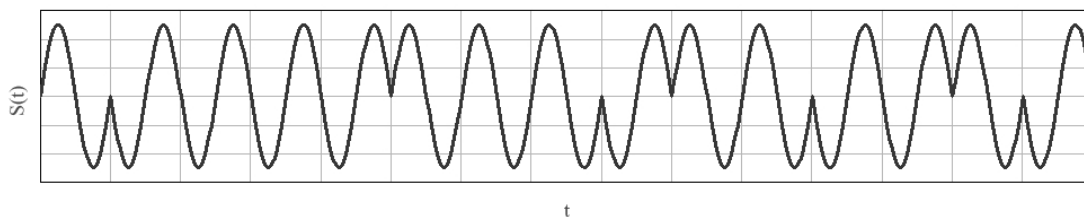


Рис. 2. Вид сложного фазоманипулированного сигнала

Так как при стандартной передаче по существующему протоколу используется корреляционный способ приема, то уменьшение вероятности неприема сигнала будет равно отношению энергий сложного и простого сигналов:

$$\rho = \frac{E_m}{E_s} = \frac{\int_0^{\frac{T}{f}} [a(t)\sin(\omega t)]^2 dt}{\int_0^{\frac{T}{f}} \sin^2(\omega t) dt} = \frac{T}{8} = \frac{15}{8} = 1,875, \quad (1)$$

где E_m – энергия сложного сигнала; E_s – энергия простого синусоидального сигнала; $a(t)$ – огибающая сложного сигнала.

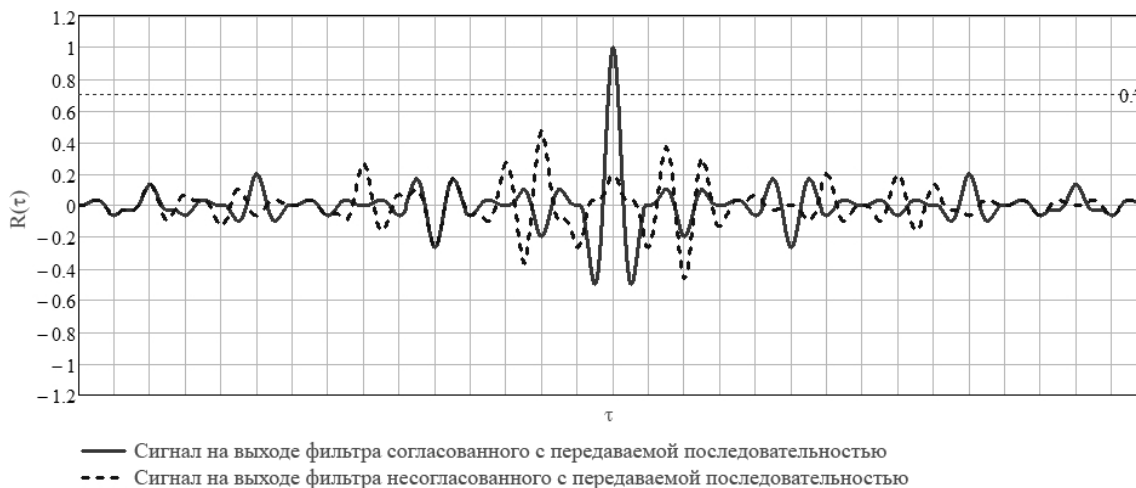


Рис. 3. Сигналы на выходах согласованных фильтров при первом способе передачи

Достоинства: время передачи уменьшилось в 3,2 раза; вероятность неприема уменьшилась почти в 2 раза, но данная оценка получена без учета того, что в пакете не один, а шесть битов, вследствие этого, даже если стартовый бит был принят правильно, не факт, что все остальные биты будут приняты безошибочно.

Недостатки: необходимо количество уникальных последовательностей, равное числу передаваемых положений штока, а при такой небольшой длине последовательности их ансамбль довольно мал.

2. Для передачи положения штока выбираются две ПСП с хорошими взаимно-корреляционными свойствами. На приемной стороне 2 согласованных фильтра (один из которых согласован с одной последовательностью, другой – со второй) одновременно обрабатывают поступающий сигнал. Передаваемое положение штока определяется по промежутку времени между срабатываниями согласованных фильтров, т. е. на передающей стороне посылается сначала одна последовательность, потом вторая, время между посылками и будет определять положение штока. На рис. 4 приведены диаграммы сигналов на выходах согласованных фильтров при передаче некоторого положения штока.

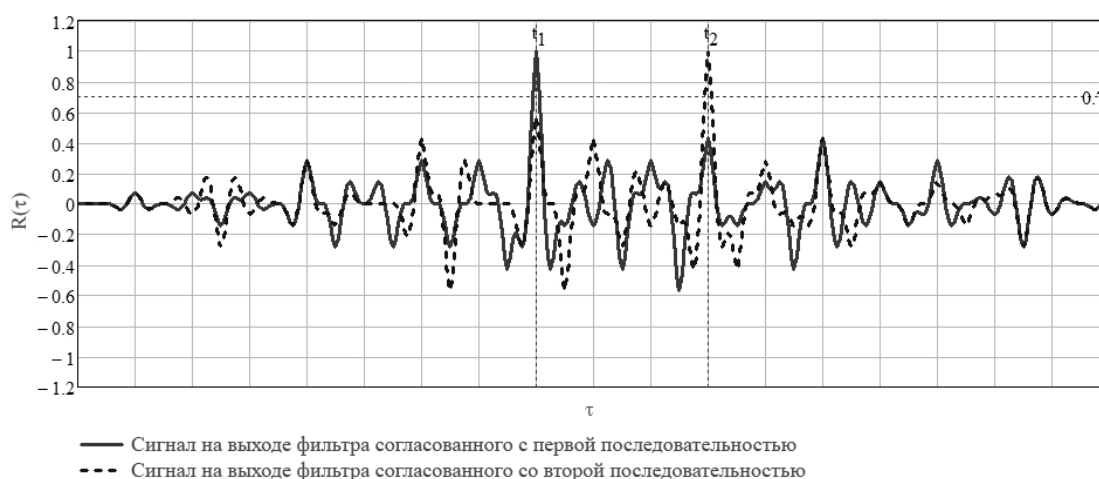


Рис. 4. Сигналы на выходах согласованных фильтров при втором способе передачи

Время передачи равно длительности последовательности с учетом времени между посылками:

$$t = \frac{15 + L}{22}, \quad (2)$$

где L – количество передаваемых положений штока.

Если задаться точностью определения положения штока 10 %, то максимальное время передачи $t = 25/22 = 1,136$ с. Вероятность неприема каждой последовательности такая же, как и в предыдущем варианте.

Достоинства: возможность передавать положение штока с любой точностью; время передачи и вероятность неприема уменьшаются как минимум в 2 раза; для передачи положения штока нужно всего 2 последовательности.

Недостатки: большее время передачи по сравнению с первым способом; есть прямая зависимость времени передачи от количества передаваемых значений.

Литература

1. Ипатов, В. П. Периодические дискретные сигналы с оптимальными корреляционными свойствами / В. П. Ипатов – М. : Радио и связь, 1992. – 152 с.
2. Маковеева, М. М. Системы связи с подвижными объектами / М. М. Маковеева, Ю. С. Шинаков. – М. : Радио и связь, 2002. – 440 с.
3. Солонина, А. И. Основы цифровой обработки сигналов / А. И. Солонина [и др.]. – СПб. : БХВ–Петербург, 2005. – 768 с.