

УДК 621.396

© Войналович В.В., Половников А.Ю.  
Voinalovich V.V., Polovnikov A.J.

## МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННОСТИ ПРИЕМА ЦИФРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ДОКУМЕНТАЛЬНОЙ СВЯЗИ

## METHOD OF INCREASING TO NOISEPROOF FACTOR OF THE RECEIVING THE DIGITAL EQUIPPING THE SYSTEMS DOCUMENTARY RELATIONSHIP

**Аннотация.** Рассматривается вопрос повышения помехозащищенности приема цифрового оборудования систем документальной связи методом синхронизации амплитудного и временного анализа принимаемого сигнала.

**Annotation.** It is considered question of increasing to noiseproof factor of the receiving the digital equipping the systems documentary relationship by method to synchronizing амплитудного and temporary analysis of the taken signal.

**Ключевые слова.** Документальная связь, телеграфия, помехозащищенность.

**Key words.** Documentary relationship, telegraphy, noiseproof factor.

### 1. Актуальность решаемой задачи

Особенностями систем связи, обеспечивающих обмен по телеграфным каналам связи, являются: низкая скорость передачи информации, применение амплитудной модуляции сигналов и кодирование информации при помощи международного телеграфного кода МТК-2, имеющего пятиразрядную структуру. Основными проблемами, возникающими при эксплуатации этих систем, являются: высокая подверженность воздействию импульсных помех (преднамеренных и случайных), а также искажению амплитудных фронтов сигналов, приводящих к изменению длительности элементарного импульса. Данные проблемы обостряются при организации приема/передачи информации по «длинным» физическим линиям связи. В настоящее время именно такие линии связи эксплуатируются на большинстве объектов Минобороны России для организации систем сбора, передачи и обработки измерительной и баллистической информации. Кроме того, системы функционируют в условиях постоянно действующих электромагнитных помех, создаваемых другими радиотехническими средствами, это ограничивает максимально допустимую скорость обмена на уровне 50-75 Бод.

Аналогичные проблемы возникают в процессе эксплуатации гражданских систем документальной связи, систем управления воздушным движением и других систем, обеспечивающих обмен по телеграфным линиям связи.

Таким образом, задача повышения помехозащищенности оборудования документальной связи является актуальной, а ее решение востребованным.

### 2. Восстановление амплитуды информационного бита при воздействии импульсных помех

В настоящее время значение информационного бита (полярность тока) определяется путем анализа результатов стробирования сигнала, получаемого из канала связи, и сравнением сумм результатов, полученных при измерении полярности тока в линии связи, на длительности элементарного импульса  $\tau_0$  [1, 2].

Результатом воздействия импульсной помехи на сигнал является искажение типа «дробление» (изменение полярности входного тока линии связи, равное или близкое к длительности помехи). Так как значение бита определяется только по знаку суммы, полученной в результате измерений (рис. 1), то дробление существенно влияет

---

Войналович Владимир Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник 4 ЦНИИ Минобороны России, тел.+7(495)502-84-23;

Половников Алексей Юрьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника управления 4 ЦНИИ Минобороны России, тел. +7(495)502-84-23.

Voinalovich Vladimir Vladimirovich – Ph., the senior scientific employee 4 Central Scientific Research Institute Ministry of Defence of Russia, tel. +7(495)502-84-23;

Polovnikov Aleksey Jurievich – Ph., the senior scientific employee, the deputy chief of department 4 Central Scientific Research Institute Ministry of Defence of Russia, the senior scientific employee, tel. +7(495)502-84-23.

на правильность распознавания информационного бита. Очевидно, что при использовании описанного алгоритма восстановления значения информационного бита в условиях воздействия импульсных помех могут возникать ошибки распознавания битов, которые в свою очередь могут приводить к одиночным и пакетным ошибкам (если ошибка распознавания возникла на регистровом символе). Единственным методом борьбы с импульсными помехами (в данном случае) является увеличение длительности элементарного импульса, т.е. снижение скорости телеграфирования.

Как показывает практика, на большинстве объектов Минобороны России максимально достижимая скорость обмена по телеграфным каналам связи составляет 75 Бод. С учетом этого при проектировании и разработке перспективного цифрового оборудования документальной связи необходимо введение адаптивных алгоритмов обработки и восстановления бита информации, обеспечивающих возможность повышения скорости информационного обмена.

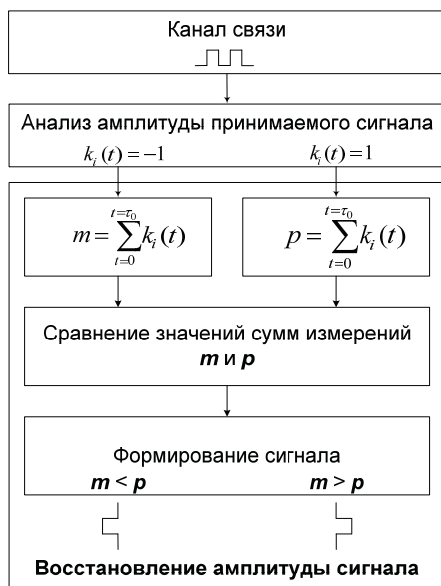


Рис.1. Стандартный алгоритм восстановления амплитуды сигнала [1,2]

Решение данной задачи может быть достигнуто введением дополнительных этапов анализа. В частности, введением анализа и формирования огибающей амплитуды принимаемого сигнала.

### 3. Восстановление огибающей амплитуды принимаемого сигнала

Восстановление огибающей амплитуды принимаемого сигнала производится в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 2.

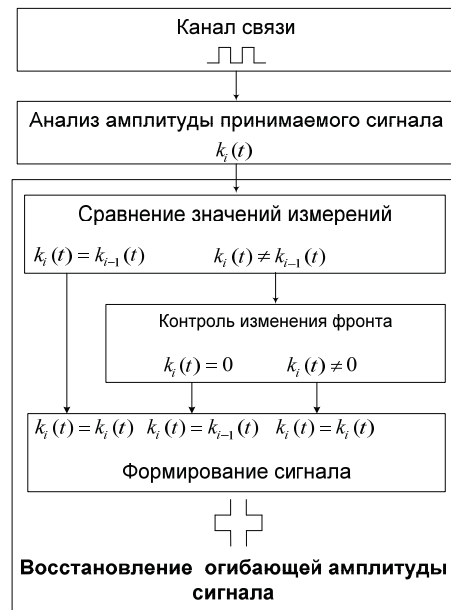


Рис. 2. Алгоритм восстановления длительности сигнала

Новизной данного алгоритма является изменение порога срабатывания компаратора при определении значения амплитуды принимаемого сигнала.

В известных алгоритмах восстановления огибающей амплитуды порог срабатывания фиксируется на уровне порога чувствительности (в зонах перехода положительного и отрицательного значений амплитуды в зону неопределенности – «0») принимаемого устройства, определенного в работах [1,2]. Пример формирования огибающей амплитуды принимаемого сигнала для данного метода показан на рис. 3а.

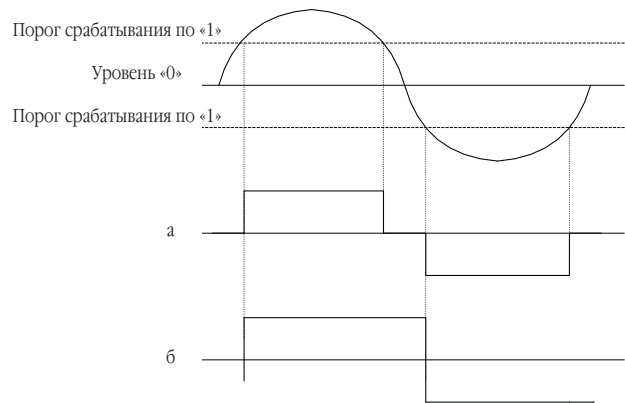


Рис.3. Формирование огибающей амплитуды принимаемого сигнала

В предлагаемом способе формирования огибающей амплитуды порог срабатывания при изменении знака значения амплитуды, как показано на рис. 3б, изменен и установлен после зоны неопределенности при превышении пороговых уровней «1» и «-1».

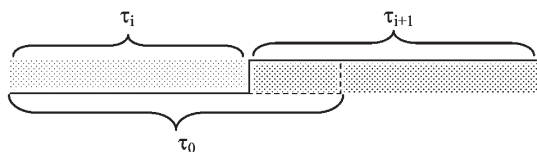
Применение данного способа формирования огибающей амплитуды не дает какого-либо преимущества перед известными способами. Выигрыш проявляется на

этапе цифровой обработки суммы результатов, полученных на этапах восстановления амплитуды и восстановления огибающей амплитуды принимаемого сигнала. То есть для достижения выигрыша в точности восстановления принимаемых сигналов необходимо синхронизировать этапы восстановления амплитуды и восстановления огибающей амплитуды. Синхронизация описанных этапов возможна лишь при введении буферизации принимаемой информации. В общем случае необходимое время буферизации результатов анализа не превышает значения  $3\tau_0$ .

#### 4. Коррекция длительности бита принимаемого сигнала

Алгоритм коррекции длительности искаженного или смещенного фронта бита (импульса) реализуется следующим образом. Вначале вычисляется значение бита на номинальном интервале одного бита –  $\tau_0$ . Затем проверяется смещение фронта и возможность его восстановления. При этом возможны два варианта искажения длительности импульса.

Первый вариант – длительность импульса короче номинального.



где  $\tau_0$  – номинальная длительность элементарного импульса (бита);

$\tau_i$  – длительность предпоследнего принятого элементарного импульса;

$\tau_{i+1}$  – длительность последнего принятого элементарного импульса;

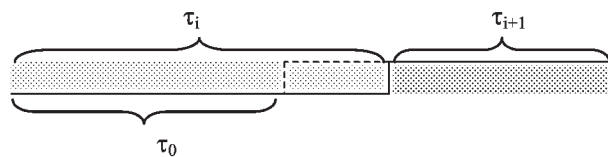
Пунктиром обозначена предполагаемая граница импульса бита.

Условия для перемещения указателя назад следующие:

$$\begin{cases} \tau_i > \frac{1}{2} \tau_0; \\ \tau_{i+1} > \frac{3}{4} \tau_0; \\ \tau_0 - \tau_i < \frac{1}{2} \tau_0; \\ \tau_0 < \tau_i + \frac{1}{2} \tau_{i+1}. \end{cases}$$

Если любое из этих условий не выполнено, указатель не перемещается. Указатель границы бита может быть перемещен вправо не более, чем на  $1/4\tau_0$ . То есть, если  $\tau_0 - \tau_i$  больше  $1/4\tau_0$ , то указатель границы бита перемещается влево на  $1/4\tau_0$ .

Второй вариант – длительность импульса длиннее номинального.



где  $\tau_0$  – номинальная длительность элементарного импульса (бита);

$\tau_i$  – длительность предпоследнего принятого элементарного импульса;

$\tau_{i+1}$  – длительность последнего принятого элементарного импульса;

Пунктиром обозначена предполагаемая граница импульса бита.

Условия для перемещения указателя вперед следующие:

$$\begin{cases} \tau_{i+1} > \frac{1}{2} \tau_0; \\ \tau_i > \frac{3}{4} \tau_0; \\ \tau_i - \tau_0 < \frac{1}{2} \tau_0; \\ \tau_0 > \tau_i - \tau_0. \end{cases}$$

Если любое из этих условий не выполнено, указатель границы бита не перемещается. Указатель может быть перемещен влево не более, чем на  $1/4\tau_0$ . То есть, если  $\tau_i - \tau_0$  больше  $1/4\tau_0$ , то указатель границы бита перемещается вправо на  $1/4\tau_0$ .

Таким образом, при возникновении искажений длительности импульса указатель границы фронта бита перемещается в ту или иную сторону. Это обеспечивает возможность более точного вычисления его границ и, как следствие, повышает помехозащищенность приема информации.

#### 5. Заключение

Необходимо отметить, что применение данного метода для обработки информации, принимаемой по телеграфным каналам связи, имеет ограничения:

- возможность реализации исключительно в цифровом оборудовании документальной связи;
- внесение задержки  $t$  при обработке информации, необходимой для синхронизации результатов анализа,  $t \leq 3\tau_0$ .

Реализация предлагаемого метода обеспечивает повышение помехозащищенности систем документальной связи за счет применения адаптивного алгоритма обработки и восстановления бита информации, принятого из канала связи.

Внедрение метода синхронизации амплитудного и временного анализа позволило обеспечить:

- восстановление сигнала при воздействии импульсных помех, длительность которых составляет до 40% от длительности бита информации ( $\tau_n = 0,4\tau_0$ );

- восстановление сигнала при искажениях длительности сигнала до 49% от длительности бита информации ( $0,49\tau_0$ );

- коррекцию скорости сигнала при отклонениях до 20%.

Предлагаемый метод синхронизации амплитуд-

ного и временного анализа реализован в цифровом телеграфном оборудовании: ЦТА-0124, ЦТА-0144, БАП ЦТА, СТА-0244.

Полученные результаты подтверждены сертификатами соответствия Минсвязи России (ОС/1-ТГ-109, ОС/1-ТГ-110 от 29.06.2004 г.).

#### *Литература*

1. ГОСТ 15607-84. Аппараты телеграфные буквопечатающие стартстопные пятиэлементного кода. Основные параметры и общие технические требования.

2. Правила применения оконечных установок телеграфной связи. Утверждены приказом Министерства информационных технологий и связи России от 16 мая 2006 г. № 60 (зарегистрированы Министерством юстиции России 29 мая 2006 г., регистрационный № 7880).

Материал поступил в редакцию 10. 08. 2009 г.