К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В АСИНХРОННЫХ СИСТЕМАХ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Ф. А. Катков, В. М. Вышняков, В. И. Захарченко

Киев

Обратная связь является одним из наиболее распространенных методов повышения верности передачи информации. В системах с попосылочным квитированием обратная связь позволяет автоматически приспосабливать скорость передачи к состоянию канала связи. В этих системах сигнал передается до тех пор, пока не будет получена квитанция по противоположному каналу. Анализ принимаемой информации заканчивается после посылки квитанции, однако если его продолжать, то верность передачи можно повысить. Это достигается при двойном анализе сигнала.

На рис. 1 приведена блок-схема анализатора с двойным анализом для параллельного кода передачи. С его помощью сигнал анализируется в две стадии. Первая — предварительный анализ — представляет собой обычную фильтрацию сигнала с накоплением энергии до уровня сраба-

тывания порогового устройства ($ПУ_1$). По окончании этого анализа появится сигнал на выходе ПА. На второй стадии (вторичный анализ) интегрируется сигнал выхода ПА до уровня срабатывания $ПУ_2$, которое будет окончанием анализа. При этом появится сигнал на выходе ОА. На выходе *3* анализатора сигнал появляется в случае пропадания сигнала на выходе ПА за время вторичного анализа. Сигнал выхода *3* может служить для сброса интеграторов (только вторичного или обоих, в зависимости от требуемой верности приема).

Легко заметить, что время предварительного анализа более короткое, оно обеспечивает меньшую верность приема по сравнению с полным двойным анализом.

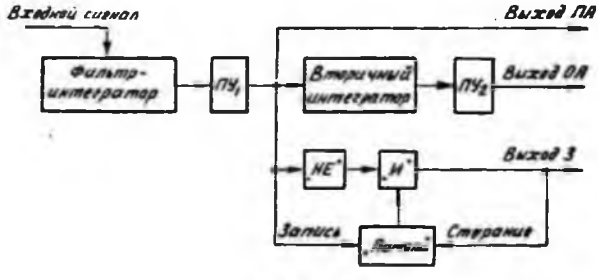

Рис. 1.

В результате анализа принимаемых сигналов должны вырабатываться следующие команды управления передачей:

К1а — разрешение передачи следующего сигнала по прямому каналу (в передающем полукомплекте);

К2а — разрешение передачи следующего сигнала-квитанции (в приемном полукомплекте),

а также команды обмена информацией с внешними устройствами:

К1б — запоминание следующего символа источника сообщений вместо передаваемого ранее (в передающем полукомплекте);

К2б — выдача принятой информации получателю (в приемном полукомплекте).

Ошибочная выработка команд К1б и К2б опасна; по этим командам производится необратимое стирание информации. Ошибка в выработке команд К1а и К2а менее опасна, поскольку существует запас времени, в течение которого можно отменить действие поданной команды, не снижая верность передачи.

Используя анализатор с двойным анализом (рис. 1), можно подавать команды К1а и К2а по окончании предварительного анализа и отменять их в случае необходимости сигналом выхода *3* анализатора. Для подачи команд К1б и К2б можно использовать соответствующие сигналы завершения вторичного (окончательного) анализа. Такое решение в организации последовательности работы системы вполне согласуется с высказанными соображениями.

Временная диаграмма работы системы передачи информации с обратной связью при использовании двойного анализа сигналов прямого и обратного каналов приведена на рис. 2. На ней обозначены следующие моменты и отрезки времени:

$\tau_к$ — длительность задержки сигнала каналом связи;

$\tau_{па}$ — время предварительного анализа сигналов прямого канала;

T_c — длительность сигнала (в случае работы системы по чистому каналу);

$\tau_{ва}$ — время вторичного анализа прямого канала;

$\tau_{пао}$ и $\tau_{вао}$ — время предварительного и вторичного анализа сигналов обратного канала;

t_1 — момент прихода сигнала «запрет передачи следующих сигналов по прямому каналу»;

t_2 — момент прихода сигнала «запрет передачи следующих сигналов по обратному каналу»;

t_3 и t_4 — моменты снятия запрета передачи следующих сигналов по прямому и обратному каналам;

C_1, C_2, C_3 и K_1, K_2 — основные сигналы и сигналы-квитанции на входе в канал;

C_1', C_2', C_3' и K_1', K_2' — основные сигналы и сигналы-квитанции на выходе из канала.

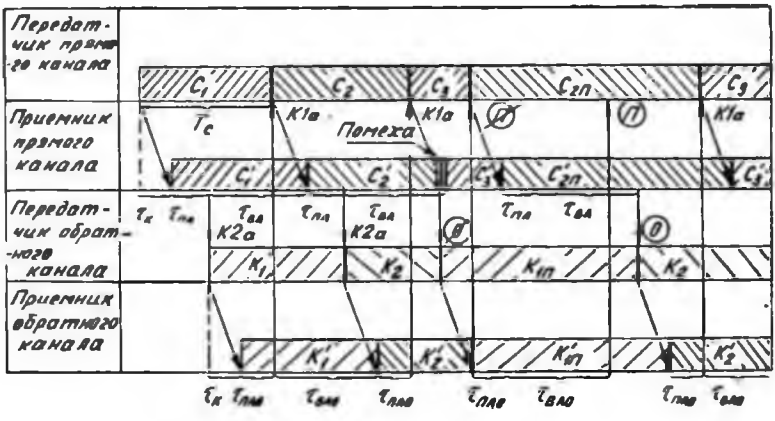

Рис. 2.

Индекс *П* означает повторную передачу данного сигнала. Стрелки указывают на причинно-следственную связь событий, косые стрелки указывают на задержку сигналов в канале связи.

На временной диаграмме рис. 2 показана передача сигнала C_1 в режиме отсутствия помех и передача сигнала C_2 в случае прихода помехи в самый неблагоприятный момент (момент окончания вторичного анализа). Обычно сигнал окончания предварительного анализа соответствует команде К1а или К2а, а вторичного анализа — команде К1б или К2б. Отклонения наблюдаются после прихода сигналов «запрет» (последние всегда соответствуют появлению сигнала на выходе *3* анализатора). После получения сигнала «запрет» передатчик прекращает передачу данного сигнала и начинает передачу предыдущего, кроме этого, он прекращает реагировать на повторные сигналы «запрет» и на сигналы окончания предварительного анализа. В таком состоянии передатчик находится до получения сигналов «снятие запрета». Этот сигнал формируется из ближайшего последующего сигнала окончания вторичного анализа вместо К1б или К2б. После снятия запрета устанавливается обычный режим работы. Если помехи отсутствуют, то среднее время передачи сигнала

$$T_e = \tau_{па} + \tau_{пао} + 2\tau_{ш}. \qquad (1)$$

Длительность вторичного анализа выбираем из условий

$$\tau_{вао} \leqslant 2\tau_к + \tau_{па}; \quad (2)$$

$$\tau_{ва} \leqslant 2\tau_к + \tau_{пао}. \quad (3)$$

Знаки равенства допустимы лишь в случае стабильности значений $\tau_к$, $\tau_{па}$ и $\tau_{пао}$. При нестабильности необходимо наложить ограничения на вероятности невыполнения условия (2) и (3).

$$P(\tau_{вао} > 2\tau_к + \tau_{па}) < P(З_п); \quad (4)$$

$$P(\tau_{ва} > 2\tau_к + \tau_{пао}) < P(З_о), \quad (5)$$

где $P(З_п)$ и $P(З_о)$ — вероятности появления сигналов «запрет» прямого и обратного канала в результате действия помех.

Следует отметить, что введение вторичного анализа как дополнительного снижает требования к предварительному анализу. Уменьшение времени предварительного анализа дает возможность повысить скорость передачи.

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ

Ю. П. Жураковский, В. В. Маслов

Киев

Помехоустойчивость систем передачи дискретной информации с обратной связью можно повысить, используя помехоустойчивое кодирование. Повышение же помехоустойчивости кодов достигается в основном в результате увеличения избыточности. В отличие от временных систем, где увеличение избыточности кодов отрицательно сказывается на скорости передачи, в частотно-временных системах скорость передачи уменьшается незначительно. Это объясняется сохранением количества посылок в кодовой комбинации без изменения.

В частотно-временных системах передачи, как правило, используется неприводимый сменнопосылочный код [1]. Вероятность возникновения ошибки в таких системах определится [2] следующим образом.

1. Для систем с решающей обратной связью (РОС) при квитировании кодовых комбинаций «в целом»

$$P_{ош} = n_в m_ч S_1 P_{пэ} P_{лэ} [1 + m_ч P_{пэ} + (n_ч - m_ч) P_{лэ}] \approx$$

$$\approx n_в m_ч S_1 P_{пэ} P_{лэ}, \quad (1)$$

где $n_в$ — количество посылок в кодовой комбинации;

$m_ч$ — количество частотных сигналов в посылке;

S_1 — коэффициент взаимных переходов, который оценивается количеством взаимных переходов одной посылки в другую при подавлении сигнала на одной частотной позиции и одновременном появлении частоты на другой разрешенной частотной позиции;

$P_{пэ}$ — вероятность подавления элементарного сигнала;

$P_{лэ}$ — вероятность ложного срабатывания на какой-либо из частотных позиций.

2. Для системы с решающей обратной связью при квитировании каждой посылки кодовой комбинации

$$P_{ош} = m_ч S_1 P_{пэ} P_{лэ} [n_в + m_ч P_{пэ} + (n_ч - m_ч) P_{лэ}] \approx n_в m_ч S_1 P_{пэ} P_{лэ}. \quad (2)$$