

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОДОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Изобретение относится к технике связи и может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих систем передачи дискретной информации.

Известны устройства восстановления стираний и исправления ошибок, использующие оценки надежности символов для повышения достоверности приема информации (см. Л.Ф. Бородин. Введение в теорию помехоустойчивого кодирования. М., Советское радио, 1968 г. стр. 281,...,284).

Наиболее близким устройством такого же назначения является устройство для восстановления стираний и исправления ошибок в кодовой последовательности (см. а.с. СССР № 658757, 1979 года) содержащее блок приема, один из выходов которого через анализатор сигналов и накопитель подключен к блоку восстановления стираний, первый выход которого подключен к управляющему входу накопителя, а второй выход к одному из выходов блока исправления стираний, другой вход которого подключен к другому выводу блока приема.

К причинам, препятствующим достижению указанного ниже технического результата относится то, что устройство для восстановления стираний и исправления ошибок в кодовой последовательности обладает низкой достоверностью одновременного восстановления ошибок и стираний.

Технический результат - повышение достоверности восстановления стираний и исправления ошибок в кодовой последовательности. Для достижения технического результата в устройство восстановления кодовой

последовательности, содержащее блок приема, один из выходов которого через анализатор сигналов и накопитель подключен к блоку восстановления стираний, первый выход которого подключен к управляющему входу накопителя, а второй выход к одному из входов блока исправления стираний, другой вход которого подключен к другому выходу блока приема. Особенностью является то, что *введены* блок выделения повторяющихся импульсов, вход которого подключен к другому выходу блока приема, а один из выходов к другому входу блока исправления стираний и регистр корректирующих оценок, один из входов которого подключен к другому выходу блока выделения повторяющихся импульсов, а другой вход к дополнительному выходу блока восстановления стираний, при этом выход регистра корректирующих оценок подключен к корректирующему входу накопителя.

На чертеже приведена структурная электрическая схема предложенного устройства.

Устройство для восстановления кодовой последовательности содержит блок приема 1, один из выходов которого через анализатор сигналов 2, накопитель 3 подключен к блоку восстановления стираний 4, первый выход которого подключен к управляющему входу накопителя 3, а второй выход к одному из входов блока исправления стираний 5, другой вход которого подключен к одному из выходов блока выделения повторяющихся импульсов 6, а другой выход подключен к одному из входов регистра корректирующих оценок 7, другой вход которого подключен к дополнительному выходу блока восстановления стираний 4, а выход к корректирующему входу накопителя 3, при этом вход блока выделения повторяющихся импульсов 6 подключен к другому выходу блока приема 1.

Устройство работает следующим образом.

Блок приема 1 регистрирует поступающие сигналы и передает их текущие значения R в блок выделения повторяющихся импульсов 6 и далее

в двоичной форме в блок исправления стираний 5. Кроме того, в блоке приема 1 вырабатывается сигнал стирания, поступающий в анализатор сигналов 2 по интервалу стирания  $h$ .

Анализатор сигналов 2 вырабатывает оценку надежности для символа кодовой последовательности с номером  $i$ . Для этого от символа с номером  $i$  отсчитываются  $j_v$  символов в сторону возрастания номеров и одновременно  $j_y$  – в сторону их убывания. Общая оценка надежности  $i$  – го символа определяется как

$$F_i = (j_v + 1 - S) + (j_y + 1 - S) ,$$

где  $S$  – число стираний, попавших в зону анализа  $j_v$  и  $j_y$ .

Установлено, что группирование стираний приводит к низкому значению оценки  $F_i$ . Напротив, одиночное стирание зафиксированное среди большой группы правильно принятых символов получает высокое значение оценок. Такой подход позволяет совершенствовать методы исправления стираний и ошибок в кодовой последовательности, используя полученные оценки надежности.

Накопитель 3 накапливает оценки надежности для каждого символа кодовой комбинации.

Блок восстановления стираний 4 определяет возможность физического восстановления комбинации при конкретной конфигурации стираний.

Это блок выбирает  $d - 1$  (здесь  $d$  – расстояние Хэмминга) символ кодовой комбинации с наименьшими оценками надежности и осуществляет анализ возможности их однозначного исправления. Если результат анализа положительный, то соответствующие символы в блоке исправления стираний 5 стираются и информационные значения символов кодовой комбинации восстанавливаются за счет регулярных методов исправления стираний (например, решением системы линейных уравнений). В случае отрицательного исхода анализа конфигурация стираний изменяется за счет

не стирания символа, имеющего наиболее высокую оценку из группы выбранных на первом этапе. Однако при выборе таких оценок с высокой вероятностью возникает ситуация неопределенности, когда несколько оценок окажутся с одинаковым значением. Разрешение такой ситуации требует применение математического аппарата вариационных рядов, что в условиях реального времени обработки информации неприемлемо. Главной причиной возникновения ситуации неопределенности являются ложные стирания, вероятность появления которых всегда значительно выше вероятности правильных стираний. Появление ложных стираний увеличивает разброс оценок надежности в пределах одной кодовой комбинации, особенно для длинных кодов, что снижает общую эффективность метода восстановления информации с использованием оценок надежности.

Блок выделения повторяющихся импульсов 6 предназначен для выделения повторяющихся импульсов в информационной последовательности и вычисления коэффициента доверия решению о стирании таких символов. Так как в каналах со случайной структурой характеристики изменяются достаточно медленно по сравнению с длительностью элемента сигнала, то подоптимальным способом приема, будет оценка этих параметров на некотором предшествующем временном интервале и использование этих оценок при принятии решений. (В.И. Коржик, Л.М. Финк, К.Н. Шелкунов. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений. Справочник. - М.: Радиосвязь 1981 г. стр. 136). Таким образом, подоптимальная обработка распадается на две процедуры – оценку параметров (характеристик) и собственно принятие решения. Блок работает следующим образом. Он не изменяет своего состояния при знакопеременах в информационной последовательности, но фиксирует повторное появление на  $i$ -ом шаге символа такой же полярности, которая была зафиксирована на  $i - 1$  шаге. Если при этом на  $i$ -ом шаге в блоке приема 1 было зафиксировано стирание, то

осуществляется подсчет коэффициента доверия данному решению о стирании. Для этого на  $i - 1$  шаге подсчитывается  $\Delta$ - отношение уровня принятого сигнала  $R_{i-1}$  к некоторому номинальному уровню  $M$ .

$$\Delta = \frac{R_{i-1}}{M}.$$

Тогда коэффициент доверия решению о стирании  $K$  для стирания на  $i$ -ом шаге определяется как

$$K = h(1 - \Delta).$$

Если на  $i$ -ом шаге значение  $R_i$  попадает в зону  $h * K < R_i < h$ , то можно утверждать, что  $i$ -ый символ с высокой вероятностью стерт ложно, так как часть сигнала принятого на  $i - 1$  шаге при повторе символа сохраняется и на  $i$ -ом шаге. Тогда условие правильного стирания принимает вид  $0 < R_i < h * K$ .

Например: Пусть  $M = 4$ ,  $h = 1$ ,  $R_{i-1} = 4$ . Пусть далее на  $i$ -ом шаге в блоке приема 1 было зафиксировано стирание, тогда в условиях повторяющихся по полярности импульсов  $\Delta = \frac{R_{i-1}}{M} = 1$ , а  $K = 0$ , следовательно степень доверия решению о стирании  $i$ -го символа равна нулю и стирание считается ложным. При других условиях  $M = 4$ ,  $h = 1$ ,  $R_{i-1} = 1,5$ . Пусть далее на  $i$ -ом шаге в блоке приема 1 зафиксировано стирание, тогда в условиях повторяющегося по полярности импульса  $\Delta = \frac{R_{i-1}}{M} = 0,375$ , а  $K = 0,625$ . Если параметр  $R_i$  оказался в пределах  $0 < R_i < 0,625$ , то стирание правильное.

Регистр корректирующих оценок 7 предназначен для хранения информации о ложных стираниях, выработанных блоком выделения повторяющихся импульсов 6. В случае отрицательного исхода анализа конфигурации стираний в блоке восстановления стираний 4 по команде из этого блока блок 7 принудительно увеличивает оценки надежности, хранящиеся в накопителе 3 через корректирующий вход на единицу на тех местах, где с высокой вероятностью оказались ложные стирания. Тогда в

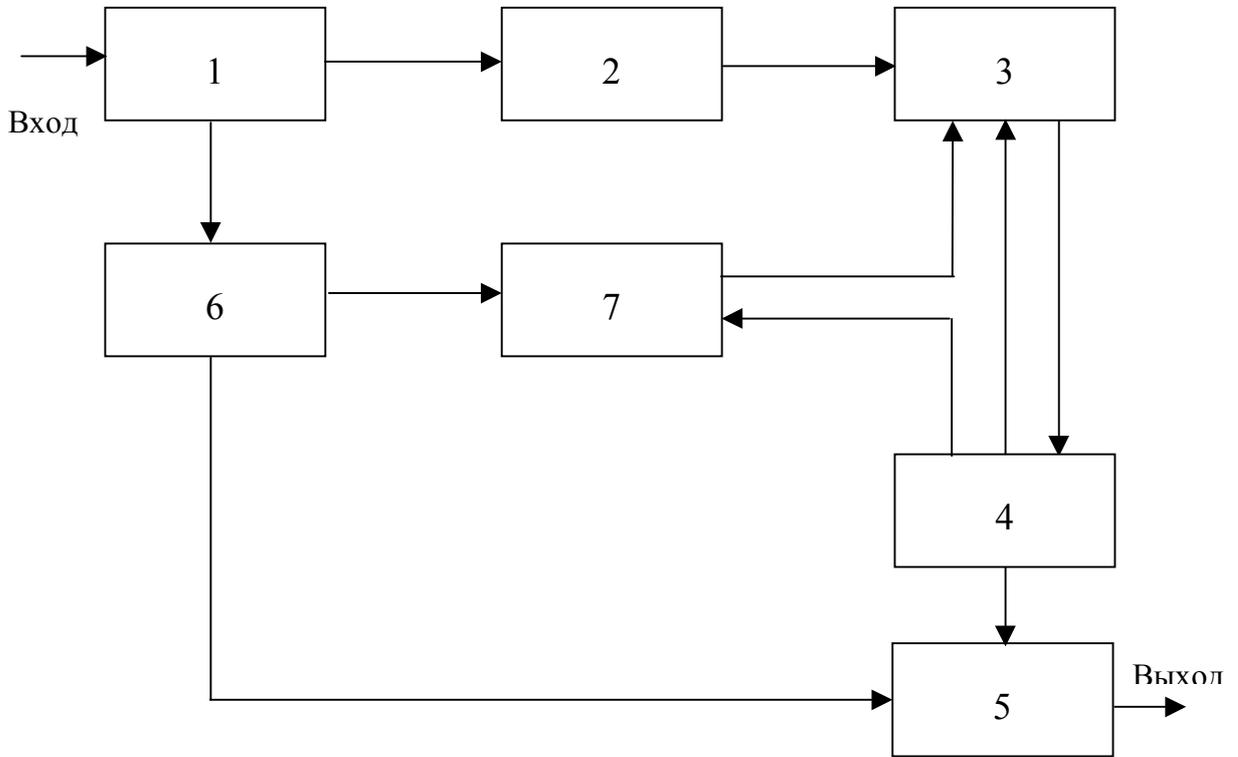
блоке восстановления стираний 4 осуществляется проверка возможности физического восстановления комбинации при новых оценках всего за один шаг, что позволяет избежать применение аппарата вариационных рядов и обеспечить темп обработки информации в реальном масштабе времени.

Моделирование указанной процедуры восстановления кодовой последовательности показало снижение уровня доли ложных стираний от 30% до 47% на каналах различного качества.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для восстановления кодовой последовательности, содержащее блок приема, один из выходов которого через анализатор сигналов и накопитель подключен к блоку восстановления стираний первый выход которого подключен к управляющему входу накопителя, а второй выход к одному из входов блока исправления стираний, другой вход которого подключен к другому выходу блока приема *отличающееся тем*, что дополнительно введены блок выделения повторяющихся импульсов, вход которого подключен к другому выходу блока приема, а один из выходов к другому входу блока исправления стираний, и регистр корректирующих оценок, один из входов которого подключен к другому выходу блока выделения повторяющихся импульсов, а другой к дополнительному выходу блока восстановления стираний, при этом выход регистра корректирующих оценок подключен к корректирующему входу накопителя.

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОДОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ



# РЕФЕРАТ

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОДОВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Изобретение относится к технике связи и может использоваться при проектировании новых и модернизации существующих систем передачи дискретной информации.

Технический результат - повышение достоверности восстановления стираний и исправления ошибок в кодовой последовательности.

Предлагается устройство для восстановления кодовой последовательности, содержащее блок приема, один из выходов которого через анализатор сигналов и накопитель подключен к блоку восстановления стираний первый выход которого подключен к управляющему входу накопителя, а второй выход к одному из входов блока исправления стираний, другой вход которого подключен к другому выходу блока приема *отличающееся тем*, что дополнительно введены блок выделения повторяющихся импульсов, вход которого подключен к другому выходу блока приема, а один из выходов к другому входу блока исправления стираний, и регистр корректирующих оценок, один из входов которого подключен к другому выходу блока выделения повторяющихся импульсов, а другой к дополнительному выходу блока восстановления стираний, при этом выход регистра корректирующих оценок подключен к корректирующему входу накопителя.