

1. Определение температуры, давления и состав поступающего воздуха. Регулировка работы компрессоров и воздухоохладителей, исходя из анализа полученных данных.

2. Анализ и регулировка этих же параметров в процессе непосредственного разделения воздуха.

3. Контроль и регулировка параметров отпускаемых потребителям кислорода и азота.

4. Наблюдение за работой основных узлов и предотвращение аварийных ситуаций.

На данный момент система управления в целом справляется с возложенными на неё задачами. Основным недостатком существующих систем является плохое качество измерительных приборов и запирающей арматуры. Это приводит к нестабильной работе контролеров, работающих с данными компонентами, в частности большим колебаниям процесса.

Улучшение системы управления следует проводить по нескольким направлениям: во-первых, повысить качество контрольно-измерительных приборов, используемых на предприятии; во-вторых, оптимизировать алгоритмы управления, применяемые в контроллерах. Вторую задачу можно решить, составив математическую модель процесса разделения воздуха. На базе полученной модели подобрать параметры, обеспечивающие наилучший выход готовой продукции.

АЛГОРИТМЫ ПРИЕМА МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ С НЕПРЕРЫВНОЙ ФАЗОЙ В КАНАЛАХ С МЕЖСИМВОЛЬНОЙ ИНТЕРФЕРЕНЦИЕЙ

Пак А.А.

*Московский государственный институт
радиотехники, электроники и автоматики
(технический университет)
Москва, Россия*

При передаче дискретных сигналов по каналу связи вследствие амплитудных и фазовых искажений может возникать межсимвольная интерференция (МСИ), которая ведет к разрушению структуры сигнала, что неизбежно приводит к ухудшению качества приема. В такой ситуации повышение мощности сигнала без дополнительной обработки не всегда улучшает достоверность приема. Разработка новых методов борьбы с МСИ, направленных на повышение помехоустойчивости приема, является актуальной задачей.

Одним из эффективных методов борьбы с МСИ является применение адаптивных выравнителей (АВ). АВ представляет собой цифровой фильтр с перестраиваемыми весовыми коэффициентами (ВК), который добавляется перед демодулятором. Перестройка ВК осуществляется в соответствии с алгоритмами выравнивания, которые можно разделить на две группы: выравнивание с применением обучающей последовательности и выравнивание вслепую.

В первом случае в начале сеанса связи передается дополнительная обучающая последовательность, которая также известна на приемной стороне и используется как эталонная. В процессе приема сигнала возможны случайные сбои, вследствие чего необходима повторная передача обучающей последовательности.

Во втором случае настройка ВК происходит в результате анализа сигнала на выходе АВ на соответствие определенному критерию. Одним из наиболее известных и эффективных критериев выравнивания вслепую является критерий (функция стоимости) Годара.

Функция стоимости Годара может быть записана в виде [1]:

$$J_p = \left(|y_k|^p - R_p \right)^2, \quad (1)$$

где y_k – k -ый отсчет сигнала на выходе АВ; $p > 0$ – целое число; R_p – положительная константа.

При этом алгоритм выравнивания выглядит следующим образом [1]:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta \left(|y_k|^p - R_p \right) |y_k|^{p-2} y_k X_k^*, \quad (2)$$

где C_k – текущий вектор ВК АВ; C_{k+1} – вычисляемый вектор ВК АВ; Δ – шаг подстройки; X_k^* – вектор входных комплексно-сопряженных отсчетов.

Алгоритм Годара (2) показывает хорошие результаты при обработке сигналов с постоянной огибающей.

Также стоит отметить, что помехоустойчивость приема во многом зависит от выбора сигнальных форматов. Модулированные сигналы с непрерывной фазой (МНФ) представляются

перспективными к использованию в системах передачи цифровой (дискретной) информации вследствие хороших спектральных и энергетических характеристик.

Математически сигналы семейства МНФ описываются следующей формулой [2]:

$$s(t, \mathbf{C}_i) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(\omega_0 t + \varphi(t, \mathbf{C}_i) + \varphi_0) \quad (3)$$

где E – энергия сигнала на одном тактовом интервале, T – длина тактового интервала, ω_0 – несущая частота сигнала, φ_0 – начальная фаза сигнала.

Функция $\varphi(t, \mathbf{C}_i)$ описывает поведение фазы сигнала МНФ:

$$\varphi(t, \mathbf{C}_i) = 2\pi \sum_{k=1}^i h_k c_k q[t - (k-1)T] \quad (4)$$

где h_k – индекс модуляции на k -ом тактовом интервале, $q(t)$ – функция фазового импульса (ФИ), $\mathbf{C}_i = [c_1, c_2, \dots, c_i]$ – последовательность m -ичных информационных символов.

Сигнал МНФ с индексом модуляции $h_k =$

0,5 и фазовым импульсом $q(t) = \frac{1}{2LT}$ имеет

собственное название – манипуляция минимальным сдвигом (ММС) и широко применяется в современных системах связи.

На основе алгоритма Годара (2) разработан новый алгоритм выравнивания, в котором дополнительно учитывается фазовая структура ММС-сигнала. Алгоритм основан на нескольких функциях стоимости, которые могут быть записаны в виде:

$$J_1 = \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{4} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^Q + \left(|y_k|^p - R_p \right)^2 \right) \quad (5)$$

$$J_2 = \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{2} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^Q + \left(|y_k|^p - R_p \right)^2 \right) \quad (6)$$

где $Q = 2, 4, \dots$; R_p – константа ($R_p > 0$); $p = 2, 4, \dots$; y_k – очередной отсчет на выходе АВ.

На основании функций стоимости (5) подстройка вектора ВК осуществляется по формуле:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta Q i S \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{4} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^{Q-1} \frac{1}{|y_k|^2} y_k X_k^* - 2\Delta p \left(|y_k|^p - R_p \right) |y_k|^{p-2} y_k X_k^* \right) \quad (7)$$

где $S = 1$ при $\arg(y_k) - \frac{\pi}{4} \geq 0$; $S = -1$ при $\arg(y_k) - \frac{\pi}{4} < 0$; i – комплексное число: $\text{Re}(i)=0$; $\text{Im}(i)=1$.

На основании функции стоимости (6) подстройка вектора ВК осуществляется по формуле:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta Q i S \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{2} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^{Q-1} \frac{1}{|y_k|^2} y_k X_k^* - 2\Delta p \left(|y_k|^p - R_p \right) |y_k|^{p-2} y_k X_k^* \right) \quad (8)$$

Для предлагаемого алгоритма определен следующий порядок обработки отсчетов входного ММС-сигнала:

1. На границах соседних информационных символов применяется формула (7).

2. В середине информационных символов применяется формула (8).

3. Для остальных отсчетов применяется формула (2).

Применение предложенного алгоритма показало при компьютерном моделировании по-

вышение помехоустойчивости приема ММС-сигнала в условиях двулучевого распространения на 1,7 дБ при вероятности ошибочной демодуляции информационного символа $1 \cdot 10^{-5}$ по сравнению с известным алгоритмом Годара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Dominique N. Godard Self-recovering equalization and carrier tracking in two-dimensional data communication systems // IEEE Transactions on communications, Vol. COM-28, №11, Nov. 1980. – PP. 1867-1875.

2. Емельянов П.Б., Парамонов А.А. Дискретные сигналы с непрерывной фазой // Зарубежная радиоэлектроника. – 1990. – №12. – с.17-34.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛА АДАПТИВНЫМ ВЫРАВНИВАТЕЛЕМ

Пак А.А.

*Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)
Москва, Россия*

Адаптивный выравниватель (АВ) предназначен для корректировки частотной характеристики канала связи и представляет собой цифровой фильтр с изменяемыми весовыми коэффициентами (ВК), перестройка которых осуществляется

в соответствии с алгоритмом выравнивания. Если у канала связи частотная характеристика неравномерна в полосе частот, занимаемой спектром сигнала, то неизбежно возникают искажения, что в свою очередь влияет на качество приема. При сильных искажениях правильное детектирование становится невозможным, а увеличение мощности передаваемого сигнала не дает положительных результатов.

Все алгоритмы выравнивания можно разделить на две группы: с применением обучающей последовательности и выравнивание вслепую. В первом случае в передаваемый сигнал необходимо вносить дополнительную служебную последовательность, по которой АВ «обучается». В процессе приема сигнала возможны случайные сбои, вследствие чего необходима повторная передача обучающей последовательности, что усложняет протоколы связи. Во втором случае «обучение» АВ осуществляется только на основе анализа параметров сигнала, при этом обучающей последовательности в сигнал не добавляется. Все алгоритмы выравнивания вслепую направлены на минимизацию определенного критерия (функции стоимости), параметры которого выбираются в зависимости от передаваемого сигнала.

Одним из наиболее известных и эффективных критериев выравнивания вслепую является критерий (функция стоимости) Годара.

Функция стоимости Годара может быть записана в виде [1]:

$$J_p = \left(|y_k|^p - R_p \right)^2, \quad (1)$$

где y_k – k -ый отсчет сигнала на выходе АВ; $p > 0$ – целое число; R_p – положительная константа.

При этом алгоритм выравнивания выглядит следующим образом [1]:

$$C_{k+1} = C_k - \Delta \left(|y_k|^p - R_p \right) y_k^{p-2} X_k^*, \quad (2)$$

где C_k – текущий вектор ВК АВ; C_{k+1} – вычисляемый вектор ВК АВ; Δ – шаг подстройки; X_k^* – вектор входных комплексно-сопряженных отсчетов.

Алгоритм Годара (2) показывает хорошие результаты при обработке сигналов с постоянной огибающей.

На основе алгоритма Годара (2) разработан новый алгоритм выравнивания, ориентированный на структуру ММС-сигнала (манипуляция минимальным сдвигом), являющегося одним из видов семейства модулированных сигналов с непрерывной фазой (МНФ) и широко применяющегося в современных системах связи. Алгоритм основан на нескольких функциях стоимости, которые могут быть записаны в виде:

$$J_1 = \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{4} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^Q + \left(|y_k|^p - R_p \right)^2 \right), \quad (3)$$

$$J_2 = \left(\left| \left(\arg(y_k) - \frac{\pi}{2} \right) \bmod \left(\frac{\pi}{2} \right) - \frac{\pi}{4} \right|^Q + \left(|y_k|^p - R_p \right)^2 \right), \quad (4)$$

где $Q = 2, 4, \dots$; R_p – константа ($R_p > 0$); $p = 2, 4, \dots$; y_k – очередной отсчет на выходе АВ.

На основании функций стоимости (3) подстройка вектора ВК осуществляется по формуле: