

## **ДЕМОДУЛЯТОРЫ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

*В статье описаны особенности технической реализации демодуляторов в каналах устройств обработки сигналов, обеспечивающих реализацию задачи приема сигналов и определяющих точность и надежность радиоэлектронного средства.*

*Прием сигналов, точность и надежность комплекса передачи и приема сигналов.*

**Plaksienko Vladimir Sergeevith**

## **DEMODULATORS IN SIGNAL PROCESSING SYSTEMS**

*The article describes the features of the technical implementation of demodulators in the channels of signal processing devices that ensure the implementation of the task of receiving signals and determine the accuracy and reliability of the radio-electronic facility*

*Signal reception, accuracy and reliability of the signal transmission and reception complex.*

**Введение.** Демодулятор является устройством, которое обеспечивает реализацию задачи приема сигналов и от качества его работы зависит точность и надежность любого радиоэлектронного комплекса передачи и извлечения информации. В настоящее время радиоприемные устройства широко используют аналоговую и цифровую реализацию отдельных функциональных узлов, в том числе демодуляторов. Применяют цифровые схемы, которые могут либо повторять принципы аналогового демодулирования, либо реализовывать алгоритмы, отличающиеся от алгоритмов, реа-

лизуемых аналоговыми демодуляторами, широко применяемыми на практике.

Все многообразные схемы демодуляторов можно разбить на синхронные и асинхронные или нелинейные. Установившегося названия демодуляторам, выполняющим операцию сравнения и одновременного преобразования одного вида сигнала в другой нет. В зависимости от области применения используют понятия: демодулятор, различитель, дискриминатор, детектор, при этом понятие демодулятор является обобщающим, а остальные целесообразно использовать как частные случаи понятия демодулятор.

**Основная часть.** Термин детектор широко применяется в литературе по радиоприемным устройствам как устройство, выделяющее на выходе модулирующую функцию входного сигнала, однако этот же термин в литературе по обнаружению сигналов используется как обнаружитель.

Дискриминатором (от латинского *discriminato* – различать) – различителем называют устройство, преобразующее отклонение параметра некоторого входного воздействия  $x_{\text{ВХ}}$  от заданной (эталонной) величины  $x_0$  в выходное напряжение  $U_{\text{ВЫХ}} = F(x_{\text{ВХ}} - x_0)$ .

Проведем классификацию аналоговых демодуляторов (детекторов) на основе анализа ряда установившихся терминов и понятий.

Частотные детекторы (ЧД) преобразуют отклонение частоты входного воздействия  $f_{\text{ВХ}}$  относительно некоторой эталонной частоты  $f_0$  в выходное напряжение

$$U_{\text{ВЫХЧД}} = F(f_{\text{ВХ}} - f_0) = F(f_{\text{Д}}).$$

Например ЧД классифицируют по величине  $f_{\text{Д}}$ , по способу задания  $f_0$  и т.д. Классификация ЧД приведена на рис. 1.

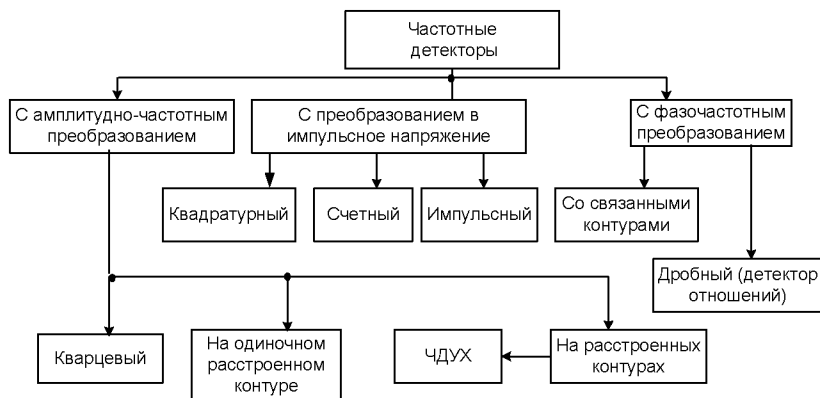


Рис. 1

При работе в условиях действия случайных возмущений, обусловленных внутренними шумами приемного устройства, амплитудными флуктуациями входного сигнала и другими причинами, на вход детектора в радиоприемном устройстве поступает радиосигнал, смешанный с шумами.

При больших расстройках помехозащищенность сигналов с ЧМ резко падает. Одним из широко применяемых эффективных методов борьбы с этим недостатком ЧД является введение предискажений ЧМ сигналов на передаче путем подъема высокочастотных составляющих. Для выравнивания сигнала на передающем конце предискажения должны быть введены с АЧХ обратной АЧХ приемника.

Эффективным методом повышения крутизны является применение дискриминаторов с взаимными обратными связями (ДВОС), реализующих управляемую характеристику [1, 3, 4].

По способу задания эталонной частоты  $f_0$  все ЧД можно разделить на две группы: – с настройкой эталонного фильтра (колебательного контура); – с подачей на один из входов ЧД гармонического колебания эталонной частоты.

К резонансным ЧД относятся детекторы на расстроенных контурах, с фазовым сравнением, кварцевые, дробные (детектор отношений), резонансные, индуктивные с фазовым автовыбором.

Аналогично с амплитудными (АДУХ) при демодуляции сигналов, модулированных по частоте применяют частотные дискриминаторы с

управляемой характеристикой (ЧДУХ), построенные на основе дискриминаторов с взаимными обратными связями (ДВОС), они реализуют способ некогерентного приема двоичных сигналов [4], реализованы в устройствах [6,7,9,11] и также позволяют значительно повысить помехоустойчивость приема дискретных сигналов с изменяющейся длительностью [3].

В общем случае ЧД можно рассматривать как последовательное включение преобразователя входного сигнала в изменение амплитуд и два АД. При этом преобразователь или устройство отождествления и разделения сигналов можно рассматривать как блок, задающий входные величины для АД, что и определяет повышение эффективности при использовании схем основанных на ДВОС.

**Цифровые детекторы** могут быть реализованы как прототипы известных аналоговых, например, амплитудных детекторов. Однако повторение в цифровых детекторах решений известных аналоговых схем не всегда является наилучшим.

**В цифровых нефазочувствительных АД** различают линейные и квадратичные.

Различают 3 принципа построения **цифровых ЧД** (ЦЧД):

1-й принцип – ЧМ-сигнал преобразуется в сигнал с АМ с последующим амплитудным детектированием – это ЦЧД на расстроенных резонаторах;

2-й принцип – в ЧМ-сигнале создается дополнительная ФМ относительно входного ЧМ сигнала с последующим фазовым детектированием, причем опорным для ФД является исходный ЧМ-сигнал; в автокорреляционном квадратурном ЧД также реализуется этот принцип. Различают также и обычные автокорреляционные ЦЧД.

По 3-му принципу построен цифровой синхронно-фазовый детектор (ЦСФД). Различают обычную и квадратурную схемы ЦСФД, в них детектированный сигнал создается в цепи управления частотой управляемого генератора.

### **Выводы.**

Таким образом, наиболее часто в литературе встречается термин *детектор*, поэтому следует обращать внимание в первую очередь на то какие задачи решает демодулятор. Представляется целесообразным в тех случаях, когда нет необходимости в реализации протяженного линейного участка характеристики демодулятора, а необходимо различить факт перехода характеристики через некоторое значение – применять термин дискриминатор. Это в первую очередь относится к детекторам манипулиро-

ванных сигналов. Термин детектор, обычно адекватный термину демодулятор следует применять в случаях когда реализуется взаимно-однозначное соответствие между модулирующей функцией подаваемого на вход сигнала и напряжением на выходе, например линейный, либо квадратичный детектор. При этом соответствие обеспечивается в неограниченном диапазоне уровней сигналов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радиоприемные устройства: Учебник для вузов/ Н.Н. Фомин, Н.Н. Буга, О.В. Головин, В.С. Плаксиенко и др.; Под ред. Н.Н. Фомина. М.: Горячая линия – Телеком 2007, – 520 с.
2. *Финк Л.М.* Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. – 728 с.
3. *Плаксиенко В.С.* Уровневая статистическая обработка дискретных сигналов. М.: Учебно-методический и издательский центр УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, 2006. –274 с.. Монография.
4. А.с. 1067613 СССР, МКИ н 04 27/00. Способ некогерентного приема двоичных сигналов//Плаксиенко В.С. (СССР). – № 3436672/18-07. Заявл. 07.05.82. Оpubл. в Б.И., 1984, № 2.
5. А.с. 801302 СССР, МКИ Н 04 L 27/22. Устройство для приема сигналов двукратной фазовой телеграфии//Плаксиенко В.С., Даниленко А.И., Плаксиенко Н.Е., Хомчук А.В. (СССР). – № 2744515. Заявл. 28.03.1979. Оpubл. в Б.И., 1981, № 4.
6. А.с. 809641 СССР, МКИ Н 04 L 27/14. Устройство для детектирования сигналов двойной частотной телеграфии//Плаксиенко В.С., Даниленко А.И., Плаксиенко Н.Е., Хомчук А.В. (СССР).– № 2717172/18-09. Заявл. 29.01.1979. Оpubл. в Б.И., 1981, № 8.
7. А.с. 1164900 А СССР, МКИ Н 04 L 27/14. Устройство для детектирования сигналов многопозиционной частотной телеграфии//Плаксиенко В.С., Загородский В.А., Плаксиенко Н.Е., Сучков П.В.,(СССР).– № 3614411/24-09. Заявл. 29.06.1983. Оpubл. в Б.И., 1985. № 24.
8. *Плаксиенко В.С., Сучков П.В., Плаксиенко Н.Е.* Исследование системы ФАПЧ с ФД с обратными связями//Проблемы повышения эффективности и качества систем синхронизации: Тезисы докладов и сообщений Всесоюзной НТК. – Каунас-Москва: Радио и связь, 1982. – С. 27-28.

9. Даниленко А.И., Плаксиенко В.С. О повышении достоверности при некогерентном приеме сигналов частотной телеграфии//Изв. вузов СССР: Радиоэлектроника.– 1971. Т. 14, № 7. – С. 790-794.

10. А.с. 320009 СССР, МКИ Н 03 в 7/10. Устройство для выделения частотномодулированных радиоимпульсов на фоне помех/Даниленко А.И., Плаксиенко В.С. (СССР). – № 1211125/26-9. Заявл. 17.01.1968. Опубл. в Б.И. 1971, № 33.

**Плаксиенко Владимир Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры ВиРС ИРТСУ ИТА Южного федерального университета, Россия, город Таганрог, улица Чехова, 22, 347900, телефон: 8-928-956-34-59, email: [vsplaksienko46@sfedu.ru](mailto:vsplaksienko46@sfedu.ru).

**Plaksienko Vladimir Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences (DSc), professor of Department of VIRS Southern Federal University, 347900, Russia, Taganrog, 22 Chekhova street, phone: 8-928-956-34-59, email: [vsplaksienko@sfedu.ru](mailto:vsplaksienko@sfedu.ru).