

Аурика Луковкина

# Радиотехника. Шпаргалка



Аурика Луковкина  
**Радиотехника. Шпаргалка**

«Научная книга»

2009

**Луковкина А.**

Радиотехника. Шпаргалка / А. Луковкина — «Научная книга»,  
2009

Настоящее издание поможет систематизировать полученные ранее знания, а также подготовиться к экзамену или зачету и успешно их сдать.

© Луковкина А., 2009  
© Научная книга, 2009

# Содержание

1. Структурная схема канала связи. Радиосигналы	5
2. Сообщения и сигналы сообщения	7
3. Амплитудно-модулированный и частотно-модулированный сигналы	8
4. Частотно-модулированный сигнал	10
5. Выбор частоты несущих колебаний в радиосвязи	12
6. Спектр несущих частот. Особенности распространения радиоволн разных диапазонов	13
Конец ознакомительного фрагмента.	15

# Радиотехника. Шпаргалка

## 1. Структурная схема канала связи. Радиосигналы

Передачу сообщений с помощью электромагнитных волн с относительно узкой шириной спектра можно осуществить, если подвести усиленный сигнал к передающей антенне, которая создаст в окружающем пространстве электромагнитную волну. Достигнув приемной антенны, волна возбудит в ней электромагнитные колебания, спектральный состав которых такой же, как у сигнала сообщения.

Однако при таком способе передачи сообщений возможен лишь один канал связи. Одновременная работа нескольких (даже двух) радиостанций была бы недопустимой, так как спектры сигналов всех радиостанций лежали бы в этом случае в одном и том же интервале частот и разделить их во время приема сообщений разных радиостанций было бы невозможно.

Для обеспечения многоканальной радиосвязи электрический сигнал сообщения не излучается в пространство непосредственно, а используется для модуляции высокочастотных колебаний. **Модуляция** – это процесс, при котором электрический сигнал сообщения воздействует на колебания высокой частоты (несущие колебания) так, что их амплитуда, частота или начальная фаза изменяются во времени по тому же закону, что и напряжение сигнала сообщения. Модулированные высокочастотные колебания называют **радиосигналом**, так как он излучается в окружающее пространство передающей антенной. Структурная схема канала связи показана на рисунке 1.

Чтобы выделить радиосигнал нужной станции, на входе приемника станции ставится частотно-избирательный фильтр, который можно настроить так, чтобы он пропускал только частоту этого радиосигнала.

Переход от одного канала связи на другой производится перестройкой входного фильтра приемника. Приемник должен обеспечить усиление радиосигнала. Эту функцию выполняет совокупность устройств, которая на структурной схеме обозначена как радиочастотный тракт.



Рис. 1

Усиленный радиосигнал поступает на детектор, задача которого заключается в обнаружении передаваемого сигнала сообщения, закодированного в радиосигнале. Полученный на

выходе детектора сигнал сообщения усиливается усилителем звуковой частоты (УЗЧ) и подается на оконечное устройство, преобразующее электрический сигнал в сообщение, воспринимаемое человеком или автоматическим устройством, для которого это сообщение является командой управления. В случае радиовещательного приемника оконечным устройством является громкоговоритель, выполняющий функцию, обратную функции микрофона.

## 2. Сообщения и сигналы сообщения

Задачей радиотехники является передача информации с помощью электромагнитных волн.

Совокупность устройств, предназначенных для передачи информации, а также среда, в которой распространяются электромагнитные волны, образуют **канал связи**.

В случае радиовещания передаваемая информация (сообщение) представляет собой речь, музыку и иное и предназначена для большого числа потребителей.

Чтобы обеспечить передачу сообщений, их сначала преобразуют в электрические сигналы (напряжение или ток), называемые **сигналами сообщений**. В радиовещании это производится с помощью микрофона. Колебания мембраны микрофона, вызываемые звуковой волной, преобразуются в электрические колебания звуковой частоты, форма которых повторяет форму звукового давления. Звуковые сигналы в общем случае являются **непрерывными случайными сигналами**.

В радиосвязи находят все большее применение цифровые методы передачи информации. Электрический сигнал сообщения в цифровых системах связи представляет собой последовательность импульсов, чаще всего имеющих прямоугольную или колоколообразную форму. Такие сигналы называют **дискретными**.

Важной характеристикой сигнала сообщения является его спектр, который представляет собой **преобразование Фурье** функции  $u(t)$ , описывающей зависимость напряжения сигнала сообщения от времени. Спектр сигнала удобно изображать графически в виде спектрограммы. Бывают амплитудно-частотные спектрограммы и фазочастотные спектрограммы.

Так как ухо человека не реагирует на фазы колебаний, в звуковом радиовещании используются только амплитудно-частотными спектрограммами. В том случае, когда спектры сигналов занимают много октав, при построении спектрограмм обычно пользуются логарифмической шкалой частот, на которой откладываются не частоты, а их десятичные логарифмы.

Ширина спектра сообщения определяет интервал частот, отводимый данному каналу связи.

При передаче речи или музыки ширина спектра сигнала сообщения определяется спектром звуковых частот, т. е. занимает интервал от 20 Гц до 20 кГц. В тех случаях, когда это необходимо, ограничивают ширину спектра сигнала сообщения. При этом ухудшается качество воспроизведения передаваемого сообщения, зато увеличивается число возможных каналов связи. При создании служебной радиосвязи между двумя объектами (например, между Землей и летящим самолетом, двумя кораблями и т. д.) качество воспроизведения передаваемого сообщения должно быть таким, чтобы обеспечить разборчивость речи. Для этого достаточно передавать сигнал сообщения в интервале частот от 200 Гц до 3 кГц. При высококачественном радиовещании, когда важно сохранять не только информацию, содержащуюся в речи, но и тембр голоса, а также обеспечить неискаженную передачу музыки, спектр частот сообщения должен быть значительно шире (например, от 30 Гц до 4,5 кГц).

### 3. Амплитудно-модулированный и частотно-модулированный сигналы

**Амплитудная модуляция (АМ)** – это воздействие на амплитуду несущих колебаний. Приняв начальную фазу равной нулю, несущее колебание запишем в виде:

$$u(t) = U_m \cos \omega_0 t. \quad (1)$$

При наличии сигнала сообщения  $u_c(t)$ , воздействующего на амплитуду несущих колебаний, представим последнюю в виде:

$$U_m = U_0 + \Delta U = U_0 + k u_c(t), \quad (2)$$

где  $U_0 = \text{const}$ ; а  $\Delta U = k u$  – приращение амплитуды, пропорциональное напряжению сигнала сообщения ( $k$  – постоянный коэффициент).

Обычно сигнал сообщения  $u_c(t)$  является сложной функцией времени. Рассмотрим простейший случай, когда сигнал является гармоническим:

$$u(t) = U_{mc} \cos \Omega t. \quad (3)$$

Начальная фаза сигнала сообщения в звуковом радиовещании принимается равной нулю.

На основе (1) и (2) амплитуда АМ может быть представлена в виде:

$$U_m = U_0(1 + m \cos \Omega t), \quad (4)$$

$$m = \frac{k U_{mc}}{U_0}$$

где коэффициент модуляции.

При осуществлении АМ коэффициент модуляции не должен превышать единицу ( $m \leq 1$ ). Коэффициент модуляции можно выразить так:

$$m = \frac{U_{m \max} - U_{m \min}}{U_{m \max} + U_{m \min}},$$

где  $U_{m \max}$  и  $U_{m \min}$  – наибольшее и наименьшее значения амплитудно-модулированных колебаний.

Коэффициент модуляции часто называют глубиной модуляции.

Подставив (4) в (1), получим аналитическое выражение для АМ колебания:

$$u_{AM}(t) = U_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t. \quad (5)$$

В модулированном колебании амплитуда меняется во времени по закону изменения сигнала сообщения. Для определения спектрального состава АМ радиосигнала представим (5) в виде:

$$u_{AM}(t) = U_0 \cos \omega_0 t + \frac{m U_0}{2} \cos(\omega_0 - \Omega) + \frac{m U_0}{2} \cos(\omega_0 + \Omega) t. \quad (6)$$

В соответствии с (6) спектр простейшего АМ колебания представляет собой сумму гармонических составляющих с частотами  $\omega_0$ ,  $\omega_0 - \Omega$ ,  $\omega_0 + \Omega$  и амплитудами  $U$  и  $\frac{m U_0}{2}$ .

При импульсной модуляции радиосигнал имеет вид последовательности цугов колебаний радиочастоты, которые носят название **радиоимпульсов**.

**Четыре вида импульсной модуляции:**

- 1) амплитудно-импульсную;
- 2) широтно-импульсную;
- 3) частотно-импульсную;
- 4) фазоимпульсную.

## 4. Частотно-модулированный сигнал

При **частотной модуляции (ЧМ)** амплитуда несущих колебаний постоянна, а частота меняется пропорционально напряжению сигнала сообщения. Для гармонического сигнала сообщения мгновенное значение угловой частоты ЧМ сигнала можно записать в виде:

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega(t) = \omega_0 + kU_m \cos\Omega t = \omega_0 + \Delta\omega \cos\Omega t, \quad (7)$$

где  $\omega_0$  – частота несущих колебаний в отсутствие ЧМ;

$\Delta\omega(t)$  – приращение частоты, зависящее от напряжения сигнала сообщения;

$k$  – коэффициент пропорциональности;

$\Delta\omega_{\max} = \Delta\omega_{\text{дев}} = kU_{\text{мс}}$  – максимальное изменение (или **девиация**) частоты.

Мгновенная фаза сигнала

$$\varphi(t) = \int \omega(t) dt + \varphi_0 = \int (\omega_0 + \Delta\omega_{\max} \cos\Omega t) dt + \varphi_0 \quad (8)$$

Выбирая начало отсчета времени так, чтобы при  $t = 0$ ,  $\varphi(t) = 0$ , получим  $\varphi_0 = 0$ .

Величину

$$m_{\Omega} = \frac{\Delta m_{\max}}{\Omega} = \frac{kU_c}{\Omega}$$

называют **индексом частотной модуляции**. Его значение зависит не только от амплитуды, но и от частоты сигнала сообщения. На рисунке 2 показаны значения частоты и мгновенной фазы колебаний ЧМ сигнала от времени.

Мгновенное значение напряжения ЧМ сигнала можно записать в виде:

$$u_{\text{чм}}(t) = U_0 \cos\omega_0 t \cos(m_{\Omega} \sin\Omega t) - U_0 \sin\omega_0 t (m_{\Omega} \sin\Omega t).$$

Для нахождения спектра ЧМ радиосигнала надо в (9) множители  $\cos(m_{\Omega} \sin\Omega t)$  и  $\sin(m_{\Omega} \sin\Omega t)$  разложить в **ряд Фурье**. В ЧМ сигнале существенно большая доля энергии сосредоточена в боковых частотах, т. е. частотная модуляция несущих колебаний энергетически более выгодна, чем амплитудная модуляция. До сих пор мы рассматривали спектр ЧМ сигнала при гармоническом сигнале сообщения

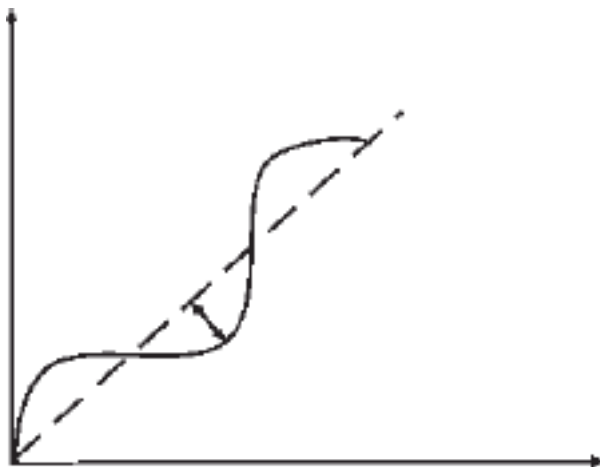


Рис. 2

В случае реального сигнала сообщения спектр ЧМ сигнала является более сложным, так как каждой гармонической составляющей сигнала сообщения соответствует своя серия боко-

вых спектральных составляющих ЧМ сигнала. Это ограничивает возможность применения ЧМ областью достаточно высоких несущих частот, так как при этом радиостанции проще отвести широкий интервал частот.

Основным преимуществом ЧМ перед АМ является лучшая помехозащищенность канала радиосвязи, так как помехи в большей степени воздействуют на амплитуду колебаний, а информация о передаваемом сообщении содержится в изменении частоты ЧМ сигнала.

**Фазовая модуляция (ФМ)** во многом похожа на частотную. Как при ЧМ, так и при ФМ меняется мгновенная фаза радиосигнала  $\varphi(t)$ , поэтому ту и другую модуляции называют **угловыми**.

## 5. Выбор частоты несущих колебаний в радиосвязи

Для передачи сообщений с помощью модулированных колебаний требуется выделить вблизи несущей частоты полосу частот шириной  $\Delta\omega_{\text{AM}} = 2\Omega_{\text{max}}$  при амплитудной модуляции или  $\Delta\omega \approx 2\Delta\omega_{\text{дев}}$  при частотной модуляции.

В радиовещании при амплитудной модуляции  $\Omega_{\text{max}} \approx 2\pi \times 5 \text{ кГц}$ .

Ширина канала радиосвязи определяет число радиостанций, которые могут работать в данном относительном интервале частот, не мешая друг другу.

Например, при  $f_{\text{нес}} = 200 \text{ кГц}$  в 20 %-ном интервале частот при использовании АМ можно разместить более чем 4 радиостанции:

$$n_1 \approx \frac{0,2 \cdot 200 \text{ кГц}}{2 \cdot 5 \text{ кГц}}.$$

При переходе к более высоким частотам число допустимых каналов связи резко увеличивается.

Так, при  $f_{\text{нес}} = 200 \text{ МГц}$  в том же 20 %-ном интервале частот при использовании АМ можно разместить  $4 \times 10^3$  радиостанций:

$$n_2 \approx \frac{0,2 \cdot 200 \cdot 10^3 \text{ кГц}}{2 \cdot 5 \text{ кГц}}.$$

Так как в данной полосе частот могут быть размещены спектры частот конечного числа станций, не мешающих друг другу, существует международное и государственное законодательство, определяющее распределение несущих частот между разными видами систем связи и вещания.

Законодательством запрещается даже в лабораторных условиях использовать мощные генераторы без соответствующей экранировки, устраняющей помехи от них.

В связи с большим числом видов систем радиосвязи, радиолокации и иного, использующих прием и передачу электромагнитных волн, возникает противоречие между числом требуемых каналов связи и конечностью ширины используемого спектра частот – «теснота в эфире». Непрерывно продолжаются работы по освоению радиотехникой новых диапазонов несущих частот.

## 6. Спектр несущих частот. Особенности распространения радиоволн разных диапазонов

Существует определенная классификация диапазонов несущих частот. В таблице 1.1 приведено распределение радиочастот по диапазонам согласно ГОСТу 24375-80 и указаны области их технического применения.

Название диапазона	Частоты	Длина волны	Основные применения
Мириаметровые (сверх длинные) волны	3 — 30 кГц	100 — 10 км	Служебная связь, Связь с подводными лодками
Километровые (длинные волны)	30 — 300 кГц	10 — 1 км	Радиовещание, радионавигация, служебная связь
Гектометровые (средние волны)	300 кГц — 3 МГц	1000 — 100 м	Радиовещание, радионавигация, служебная связь
Декаметровые (короткие волны)	3 — 30 МГц	100 — 10 м	Радиовещание, дальняя связь с движущимся объектом
Метровые волны	30 — 300 МГц	10 — 1 м	Радиовещание, телевидение, радиолокация, ближняя связь
Дециметровые волны	300 МГц — 3 ГГц	100 — 10 см	Радиорелейная связь, телевидение
Сантиметровые волны	3 — 30 ГГц	10 — 1 см	Радиолокация, радиоспектроскопия, радиоастрономия.
Миллиметровые волны	300 ГГц — 3 ТГц	1 — 0,1 мм	Космическая связь
Децимиллиметровые волны	3 — 30 ТГц	0,1 мм — 10 мкм	ИК — локальная связь
Длинные инфракрасные волны	3 — 30 ТГц	10 — 1 мкм	ИК — локация, физические исследования
Короткие инфракрасные волны	30 — 300 ТГц	1 мкм — 100 А	Оптические устройства, связь
Ближние инфракрасные волны, видимое излучение, мягкий ультрафиолет	300 — 3000 ТГц		

При практическом использовании различных диапазонов волн должны учитываться специфика распространения волн различных диапазонов и возможные помехи в этих диапазонах.

В распространении радиоволн всех диапазонов (за исключением очень коротких, длиной  $\lambda < 10$  м) важную роль играет ионосфера. Это верхние сильно разряженные слои атмосферы, находящиеся на высоте свыше 100 км над поверхностью Земли и в значительной степени ионизированные под действием солнечного и космического излучения. Особенности распространения радиоволн в ионосфере практически полностью определяются концентрацией в ней сво-

бодных электронов, подвижность которых на несколько порядков выше подвижности ионов. Концентрация электронов в ионосфере зависит не только от высоты над поверхностью Земли, но также от времени года, времени суток, солнечной активности; кроме того, она подвержена быстрым изменениям случайного характера.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.