**Лекция - Радиопередающие устройства**

**Радиопередающее устройство** (**радиопередатчик**) – это электронное устройство для формирования  **(генерации)** радиочастотного сигнала различной формы (**гармонической, импульсной),** подлежащего   
 **излучению** с помощью **антенны,  
 передачи по каналам связи без излучения** и **других целей**

**Области использования радиопередающих устройств**

**1.** **Передача информации:  
 связь** (телеграфная, телефонная, фототелеграфная, телевизионная),  
 **широковещание** (телефонное и телевизионная),  
 **радиолокация**,  
 **радионавигация** и   
 **радиоуправление.**

**2.** **Обеспечение различных технологических процессов в промышленности**:  
 **плавка металлов**,  
 **нагрев металлических деталей**,  
 **нагрев диэлектрических и полупроводниковых материалов** и деталей из них с целью сушки, химических и физических превращений и т.д.

**3.** **Проведение агротехнических мероприятий в сельском хозяйстве**:   
 **сушка зерна**,  
 **облучение семян для улучшения их всхожести и уничтожения вредителей**, **облучение посевов для повышения их биологической активно**сти.

**4.** **Осуществление лечебных мероприятий в медицине:** **прогрев внутренних органов**,  
 **ВЧ** и **УВЧ - терапия**),  
 **выполнение сложных хирургических операций** (лазерный скальпель).

**5.** **Проведение экспериментов** и осуществление необходимых **технологических процессов** ядерной физике и технике питания электродовускорителей заряженных частиц, нагрев плазмы т.д**.**

**6.** **Обеспечение высокочастотного питания измерительных схем и приборов** (свип–генераторы, мосты переменного тока).

## **Классификация радиопередающих устройств (РПДУ)**

**РПДУ классифицируют по назначению, объекту использования, диапазону частот, мощности и виду излучения**.

**По назначению различают**:   
 **радиосвязные**,   
 **радиовещательные**,   
 телевизионные,   
 **радиолокационные**,   
 **радиотелеметрические**,  
 **радионавигационные** и другие.

**По месту местом установки РПДУ** различают:  
 **наземные стационарные**,  
 **самолетные**,  
 **спутниковые**,   
 **корабельные**,   
 **носимые**,  
 **мобильные**, т.е. устанавливаемые на **автомобилях**, **железнодорожном транспорте** и т.д.

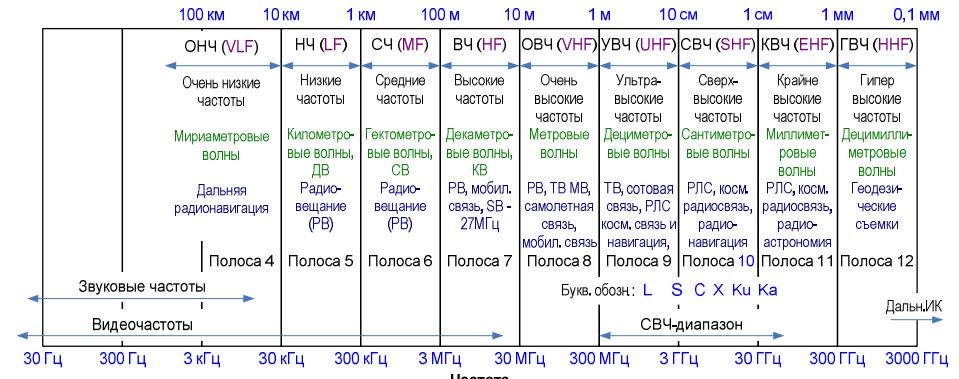
**По диапазону частот РПДУ различают**:  
 **сверхдлинноволновые (СДВ)**,   
 **длинноволновые (ДВ),  
 средневолновые (СВ),   
 коротковолновые (КВ),   
 ультракоротковолновые (УКВ),  
 дециметровые,  
 сантиметровые,   
 миллиметровые**.   
Передатчики пяти первых диапазонов объединяются общим названием - **высокочастотные**, трех последних - **сверхвысокочастотные**.

**По мощности ВЧ сигнала**, подводимого к антенне, **РПДУ** различают:  
 **малой - до 10 Вт,  
 средней - 10...500 Вт,  
 большой - 500 Вт...10 кВт,   
сверхбольшой - выше 10 кВт.**

**По виду излучения** подразделяют РПДУна работающие в:  
 **непрерывном,   
импульсном режимах.**

## **Частота или диапазон частот генерируемых колебаний**

Международным соглашением “**Регламент радиосвязи**”, подписанным в 1986 г., диапазоны частот от 3\*10^3 Гц до 3\*10^12 разбит на полосы:



4 полоса: **3кГц-30кГц** – диапазон очень низких частот; 10км – 100км – мириаметровые волны (мощные передатчики радионавигационных установок, системы точного времени).

5 полоса: **30-300кГц** – диапазон низких частот; **1-10км -** километровые волны (радионавигационные системы**, от 100 кГц** – радиовещательный диапазон (ДВ), для связи на средние расстояния (500 км).

6 полоса: **300кГц-3МГц** – средние частоты; 1км – 100м - гектометровые волны (связь (1-2МГц), до 1,5 МГц – вещание (СВ).

7 полоса: **3-30МГц** – высокие частоты; 100м – 10м – декаметровые волны (КВ) радиовещание (КВ), СВ – системы личной связи (27МГц), системы морской связи, радиолокация (загоризонтная).

8 полоса: **30-300МГц** – очень высокие частоты (ОВЧ); 10м – 1м – Метровые волны (телевизионное вещание МВ-диапазона, УКВ – вещание, до 60МГц – для систем связи, свыше 100МГц – также системы связи – спец. связь.

9 полоса: **300МГц – 3ГГц** – ультравысокая частота (УВЧ) 1м – 10см – дециметровых волн. (ДМВ-Т; 450-460МГц, 900 и 1800МГц - сотовые системы связи; 2400МГц – печи СВЧ. Системы навигации, радиорелейная связь, некоторые классы спутниковых систем).

10 полоса: **3ГГц – 30ГГц** – сверхвысокие частоты (**СВЧ**); 10см – 1см – сантиметровые волны (радиорелейные линии связи до 16ГГц, радиолокационные системы, спутниковая связь, спутниковое ТВ – 12ГГц).

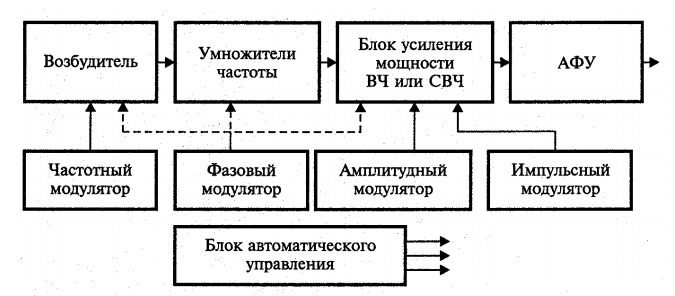
11 полоса: **30-300ГГц –** крайне высокие частоты (**КВЧ**) 10 мм — 1 мм – миллиметровые волны ([радиоастрономия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F), высокоскоростная [радиорелейная связь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D1%8C), [метеорологические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) [радиолокаторы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%80), [медицина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%92%D0%A7-%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%8F))

12 полоса: **300Гц – 3000ГГц** – гипервысокие частоты (**ГВЧ**) 1 мм — 0,1 мм –Децимиллиметровые волны (геодезические съемки).

## **Примеры выделенных радиодиапазонов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название | **[Полоса частот](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82" \o "Полоса частот)** | **[Длины волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B" \o "Длина волны)** |
| Диапазон [средних волн(MW)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B" \o "Средние волны) | 530—1610 кГц | 565,65—186,21 м |
| Диапазон [коротких волн](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B" \o "Короткие волны) | 5,9—26,1 МГц | 50,8—11,49 м |
| [Гражданский диапазон](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8-%D0%91%D0%B8" \o "Си-Би) | 26,965—27,405 МГц | 11,118—10,940 м |
| [Телевизионные каналы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB_(%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82)" \o "Телевизионный канал (полоса радиочастот)): с 1 по 5 | 48—100 МГц | 6,25—3,00 м |
| Кабельное телевидение | 100-174 МГц |  |
| Телевизионные каналы: с 6 по 12 | 174—230 МГц | 1,72—1,30 м |
| Кабельное телевидение | 230-470 МГц |  |
| Телевизионные каналы: с 21 по 39 | 470—622 МГц | 6,38—4,82 дм |
| Диапазон [ультракоротких волн(UKW)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B" \o "Ультракороткие волны) | 62—108 МГц (кроме 76—90 МГц в [Японии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%8F" \o "Япония)) | 1м |
| Диапазоны военных частот | 29.50-31.75 МГц |  |
| Диапазоны частот гражданской авиации | 108—136 МГц |  |

## **Типовая структурная схема радиопередатчика**



**Возбудитель -**  это,как правило, цифровой синтезатор частот (**кварцевый** (опорный) **автогенератор** (**КАГ**), **делитель** с переменным коэффициентом деления (ДПКД) и устройство автоматической подстройки частоты - **АПЧ**). Частота КАГ обычно не превышает 100 МГц. Поэтому в РПДУ включаются **умножители частоты**. Получение требуемой выходной мощности радиопередатчика осуществляется с помощью блока **усиления мощности**. При выходной мощности передатчика, превышающей мощность одного прибора, в выходном каскаде происходит суммирование мощностей генераторов.

**Антенно-фидерное устройство** (**АФУ**) (фильтр для подавления побочных излучений радиопередатчика, датчики падающей и отраженной волны и согласующее устройство). При работе в СВЧ диапазоне вместо согласующего устройства обычно применяется **ферритовое однонаправленное устройство** - **вентиль или циркулятор**.

**Частотная модуляция** осуществляется в возбудителе радиопередатчика, фазовая - в возбудителе или ВЧ умножителях и усилителях, амплитудная и импульсная - в ВЧ усилителях.

**Блок автоматического управления** - для автоматической стабилизации параметров РПДУ (мощности и температурного режима), защиты при нарушении нормальных условий эксплуатации (например, при обрыве антенны) и управлении (включение-выключение, перестройка по частоте).

## **Параметры радиопередающих устройств**

* **Диапазон частот несущих колебаний**
* **Число частот внутри этого диапазона**. В самом простом случае радиопередатчик может быть одночастотным
* **Шаг сетки рабочих частот в заданном диапазоне**. Радиопередатчик может работать на любой из фиксированных частот внутри диапазона. Недопустимо излучение радиопередатчика вне закрепленного за ним диапазона частот и на частоте, отличной от фиксированной сетки частот.
* **Нестабильность частоты несущих колебаний**. Различают абсолютную и относительную нестабильность частоты, долговременную и кратковременную. Абсолютная нестабильность частоты - отклонение частоты излучаемого сигнала от номинального значения частоты. Относительная нестабильность частоты - отношение абсолютной нестабильности частоты к ее номинальному значению (обычно не превышает 6 (2...3)10-6). При любом виде модуляции - **амплитудной**, **частотной**, **фазовой** и **импульсной** - **спектр сигнала становится или линейчатым** **или сплошным**, занимая определенную полосу частот. При этом **спектр должен укладываться в выделенную для него полосу. Иначе излучения одного радиопередатчика могут мешать другим радиопередатчикам.**
* **Выходная мощность несущих колебаний** - активная мощность, поступающая из радиопередатчика в антенну. Антенна имеет входное комплексное сопротивление. Мощность, рассеиваемая в активной составляющей сопротивления, и есть выходная мощность радиопередатчика, излучаемая антенной.
* **Суммарная мощность, потребляемая радиопередатчиком от источника** или блока питания по всем цепям.
* **Коэффициент полезного действия**, или **промышленный КПД** - отношение выходной мощности радиопередатчика к потребляемой.

**Вид модуляции и его параметры**.  
 При **амплитудной модуляции** таким параметром является **коэффициент модуляции,**   
при **частотной - девиация частоты**,   
при **фазовой - девиация фазы**,   
при **импульсной - длительность импульса** и **период их повторения**. **:** (речевого, факсимильного, телевизионного, телеметрического, в т.ч. считываемого с компьютера и др.).  
 Сообщение может передаваться в форме **аналогового** или **цифрового сигнала**.   
При аналоговом сообщении основным характеризующим его параметром является **полоса частот спектра сигнала**,  
 **при цифровом — число бит** в секунду.

Параметры, характеризующие допустимые искажения передаваемого сообщения.

**В результате процесса модуляции** исходное сообщение претерпевает **некоторые изменения (искажается**).   
А имеено :  
 при передаче сообщения в виде **синусоидального сигнала** таким параметром является **коэффициент нелинейных искажений**, определяющий появление в исходном сигнале **2, 3-й и последующих гармоник.** Их появление связанонелинейностью вольт-амперных характеристик электронных элементов , входящих в каскады РПДУ (полупроводниковые и полевые транзисторные структуры).  
   
 при передаче **импульсных сигналов** искажения можно характеризовать по **изменению формы сигнала** - допустимой длительности фронта.

* **Побочные излучения радиопередатчика**.  
   **Побочные излучения, лежащие за пределами, но вблизи выделенной полосы частот**, **называются внеполосными**.   
  Кроме них радиопередатчик **может излучать высшие гармоники и субгармоники**.   
  В РПДУ устанавливается норма на их значение в абсолютных или в относительных единицах к мощности основного излучения. Обычно эта норма составляет не менее - **10 дБ**, т.е. **по мощности** побочное излучение не должно быть меньше мощности основного не менее чем в 10 раз.
* **Нормы, связанные с управлением радиопередатчика**:  
   время установления в нем нормального режима работы после включения,  
   время перехода с одной частоты несущей на другую,  
   режим полной или частичной мощности излучения и другие требования.
* **Нормы на надежность и долговечность, массу и габаритные размеры** **радиопередатчика** устанавливают в соответствии с общими нормами для радиотехнической аппаратуры (в РПДУ повышенной мощности устанавливаются специальные нормы, диктуемые техникой безопасности).

**6.Виды модуляции и возможности управления**

**Модуляция** — процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного [сигнала](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB) (сообщения).

Передаваемая информация заложена в управляющем (модулирующем) сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое [несущим](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D1%81%D1%83%D1%89%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB).  
 **Модуляция, таким образом, представляет собой процесс «посадки» информационного колебания на заведомо известную несущую частоту**.

**В результате модуляции**[**спектр**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80)**низкочастотного управляющего сигнала переносится в область высоких частот.** Это позволяет при организации вещания настроить функционирование всех приёмо-передающих устройств на разных частотах с тем, чтобы они «не мешали» друг другу.

**Аналоговые методы модуляции (непрерывным сигналом)**

1**. Амплитудная модуляция (АМ**) Двухполосная модуляция (ДБП). Однополосная модуляция (ОБП (SSB)).

2. **Угловая модуляция**. Если управляем частотой – **частотная (ЧМ),** фазой – **фазовая модуляция (ФМ).**

**Импульсные методы модуляции**.  
 Если скважность невелика (несколько единиц), то такой вид модуляции называется **манипуляцией.** С помощью импульсов мы изменяем какой-либо параметр сигнала.

* **Амплитудная манипуляция**,
* **Частотная манипуляция с непрерывной фазой**.
* **Фазовая манипуляция.**
* **7.Применение крайне высоких частот**

**Миллиметровые волны** — частотный диапазон радиоволн с длиной волны в пределах от 1 до 10 мм и частотой от **30 до 300 ГГц**.

Особенностями использования этих волн связаны с условиями их **распространения.**  
 А имеено,по сравнению с более низкочастотными диапазонами, **радиоволны в** **этом спектре быстро затухают**, **поглощаясь атмосферными газами и водяным** **паром**.  
 Вследствие этого они имеют малую дальность распространения и могут быть использованы только для наземной связи на расстояния не более **1 км**.  
 В частности, излучение на частотах **57—64 ГГц** сильно ослабляется **молекулами кислорода**. Также, даже на относительно коротких расстояниях, **дождь является серьёзным препятствием для распространения сигнала**.

### **8 Радиорелейная связь**

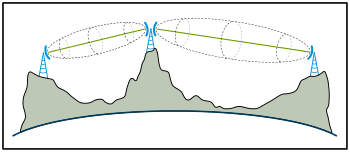
**Радиорелейная связь** — один из видов наземной радиосвязи, основанный на многократной **ретрансляции радиосигналов**. Радиорелейная связь осуществляется как правило, между стационарными объектами.

Исторически радиорелейная связь между станциями осуществлялась с использованием цепочки ретрансляционных станций, которые могли быть как **активными, так и пассивными**.

**Отличительной особенностью** радиорелейной связи от всех других видов наземной радиосвязи является **использование узконаправленных антенн**, а **также дециметровых, сантиметровых или миллиметровых радиоволн**.



Антенны радиорелейной связи



Радиорелейная линия связи прямой видимости

Одними из особенностей использования радиорелейных линий связи является:

* необходимость передачи больших объёмов информации в сравнительно узкой полосе частот,
* ограниченная мощность сигнала, накладываемые на радиорелейные станции.

Из всех видов радиосвязи радиорелейная связь обеспечивает наибольшее отношение сигнал/шум на входе приёмника при заданной вероятности ошибки. Именно поэтому при необходимости организации надёжной радиосвязи между двумя объектами чаще всего используются радиорелейные линии связи.

Исторически радиорелейные линии связи использовались для организации каналов связи телевизионного и радиовещания, а также для связи телеграфных и телефонных станций на территории со слабо развитой инфраструктурой.

### **9 КВЧ-терапия**

**КВЧ-терапия** — медицинская практика, использующая облучение живых организмов и их частей электромагнитным излучением (ЭМИ) низкой интенсивности в миллиметровом диапазоне (1 — 10 мм; также крайне высокой частоты, 30 — 300 ГГц), в качестве лечебного воздействия.

**Электромагнитные волны миллиметрового диапазона обладают низкой** **проникающей способностью в биологический ткани (0,2 — 0,8 мм),** практически полностью поглощаются поверхностными слоями кожи (молекулами воды, клетками соединительной ткани), не оказывая при этом теплового воздействия. Таким образом, КВЧ-волны не воздействуют непосредственно на внутренние органы пациента.



Лечение с помощью КВЧ-терапии заболевания лучезапястного сустава

Основоположники КВЧ-терапии (академик [Н. Д. Девятков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%B2%D1%8F%D1%82%D0%BA%D0%BE%D0%B2,_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9_%D0%94%D0%BC%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87) с сотрудниками) объясняли «высокую эффективность» воздействие **волн 5,6 мм или 7,1 мм** на **организм человека тем**, **осуществляется согласованное управление клеток и** **органов организма**.  
 **КВЧ** сигналы генерируются клеточными мембранами, эти сигналы ускоряют те или иные **биохимические процессы и именно на этих дискретных «резонансных» частотах** реакции изменяют [ферментативную активность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82), усиливают или ослабляют межклеточные связи. Облучение на этих частотах позволяет нормализовать нарушенные из-за болезни или возрастных изменений «управляющие» связи между клетками и органами.

В настоящее время распространено мнение, что основным механизмом КВЧ-терапии является воздействие КВЧ волн на биологически активные точки кожи, являясь, по своей сути, вариантом [рефлексотерапии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%8F).

Для КВЧ-терапии применяют электромагнитное излучение в диапазоне частот от 40 до 80 ГГц несколькими способами — [монохроматическое излучение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B8%D0%B7%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) с фиксированными параметрами: 7,1 мм (42,25 ГГц), 5,6 мм (53,57 ГГц), 4,9 мм (61,22 ГГц), или 2,53 мм (118,57 ГГц); в режиме «КВЧ-шум» в диапазоне 40 — 80 ГГц; в режиме подбора индивидуальной терапевтической частоты в диапазоне 58 — 63 ГГц. Плотность потока энергии КВЧ-излучения не превышает 10 мВт/см², [амплитудная модуляция](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F) до 200 МГц, частотная модуляция в некоторых аппаратах 0,1 — 125 Гц.