

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

А	– антенна
АГ	– автогенератор
АД	– амплитудный детектор
АДМХ	– амплитудная динамическая модуляционная характеристика
АК	– антенный контур
АМ	– амплитудная модуляция
АМн	– амплитудная манипуляция
АО	– амплитудный ограничитель
АПЧ	– автоматическая подстройка частоты
АР	– антенная решетка
АРМ	– автоматическая регулировка мощности
АРУ	– автоматическая регулировка уровня (усиления)
АСУ	– автоматическое согласующее устройство
АФУ	– антенно-фидерное устройство
АХ	– амплитудная характеристика
АЦП	– аналого-цифровой преобразователь
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика
АЭ	– активный элемент
БМ	– балансная модуляция
БОЧ	– блок опорных частот
БТ	– биполярный транзистор
В	– вольт
ВАХ	– вольт-амперная характеристика
ВК	– выходной каскад
ВКС	– выходная колебательная система
Вт	– ватт
Вх	– вход
ВЧ	– высокие частоты (3...30 МГц)
ВЧТ	– высокочастотный тракт
Вых	– выход
ВЦ	– входная цепь
ВЧ	– высокие частоты (3...30 МГц)
ВЧТ	– высокочастотный тракт
ВЩА	– волноводно-щелевая антенна
ГВВ	– генератор с внешним возбуждением (усилитель мощности радиочастотных колебаний)
ГВЧ	– гипервысокие частоты (300...3000 ГГц)
ГГ	– генератор гармоник
ГГц	– гигагерц
Гн	– генри

ГрР	– граничный режим
Гц	– герц
дБ	– децибел
ДКМВ	– декаметровые волны
ДКСЧ	– диапазонная кварцевая стабилизация частоты
ДМВ	– дециметровые волны
ДПКД	– делитель частоты с переменным коэффициентом деления
ДПФ	– двухконтурный полосовой фильтр
ДХ	– динамическая характеристика
ЗА	– зеркальная антенна
ЗС	– замедляющая система
ИМУ	– импульсное модуляционное устройство
ИП	– источник питания
ИСЗ	– искусственный спутник Земли
ИФД	– импульсно-фазовый детектор
КБВ	– коэффициент бегущей волны
кВт	– киловатт
КВЧ	– крайне высокие частоты (30...300 ГГц)
КК	– колебательный контур
КНИ	– коэффициент нелинейных искажений
КПН	– коэффициент передачи напряжения
КПД	– коэффициент полезного действия
КР	– кварцевый резонатор
КСВ	– коэффициент стоячей волны
КУ	– коэффициент усиления
ЛА	– летательный аппарат
ЛБВО	– лампа бегущей волны типа О
ЛБВМ	– лампа бегущей волны типа М
ЛГР	– линия граничного режима
ЛОВО	– лампа обратной волны типа О
ЛОВМ	– лампа обратной волны типа М
ЛП	– линия передачи
ЛПА	– логарифмически периодическая антенна
МВ	– метровые волны
мВ	– милливольт
МВт	– мегаватт
мВт	– милливатт
мГн	– миллигенри
МГц	– мегагерц
МУ	– модуляционное устройство
НСВ	– несимметричный вибратор
ННР	– недонапряженный режим

НЧ	– низкие частоты (30...300 кГц)
НЧТ	– низкочастотный тракт
НЭ	– нелинейный элемент
ОБ	– общая база
ОВЧ	– очень высокие частоты (30...300 МГц)
ОГ	– опорный генератор
ОК	– общий коллектор; общий катод
ОМ	– однополосная модуляция
ОНЧ	– очень низкие частоты (3...30 кГц)
ОР	– объемный резонатор
ООС	– отрицательная обратная связь
ОС	– общая сетка; обратная связь
ОУ	– оконечное устройство
ОФТ	– относительная фазовая телеграфия
ОЭ	– общий эмиттер
ПАВ	– поверхностные акустические волны
ПАГ	– перестраиваемый автогенератор
ПК	– промежуточный контур; предварительный каскад
ПКФ	– пьезокерамический фильтр
ПЛП	– полосковая линия передачи
ПНР	– перенапряженный режим
ППУ	– приемник прямого усиления
ПОС	– положительная обратная связь
ПУМ	– предварительный усилитель мощности
ПФ	– полосовой фильтр
ПЧ	– промежуточная частота; преобразователь частоты
РА	– рупорная антенна
РЛС	– радиолокационная станция
РПдУ	– радиопередающее устройство
РПУ	– радиоприемное устройство
РТ	– рабочая точка
РТС	– радиотехническая система
РЧ	– радиочастота: собирательный термин ОНЧ-ГВЧ (3 кГц...3000 ГГц)
РЭС	– радиоэлектронное средство
СВ	– симметричный вибратор
СВЧ	– сверхвысокие частоты (3...30 ГГц)
СПП	– супергетеродинный приемник
СМ	– смеситель частот
СМВ	– сантиметровые волны
СМХ	– статическая модуляционная характеристика
СД	– синхронный детектор
СС	– средство связи

ССЧ	– синтезатор сетки частот
СУ	– согласующее устройство
СХ	– статическая характеристика
СЧ	– средние частоты (300...3000 кГц)
ТКЕ	– температурный коэффициент емкости
ТКИ	– температурный коэффициент индуктивности
ТКЛР	– температурный коэффициент линейного расширения
ТКЧ	– температурный коэффициент частоты
ТПЧ	– тракт переноса частоты
ТРЧ	– тракт радиочастоты
УБЛ	– уровень боковых лепестков
УВЧ	– ультравысокие частоты (300...3000 МГц)
УЗЧ	– усилитель звуковой частоты
УМ	– усилитель мощности
УМК	– усиление модулированных колебаний
УО	– устройство охлаждения
УОС	– устройство обработки сигналов
УПТ	– усилитель постоянного тока
УПЧ	– усилитель промежуточной частоты
УРЧ	– усилитель радиочастоты
УУ	– устройство управления
Ф	– фарада
ФАПЧ	– фазовая автоподстройка частоты
ФАР	– фазированная антенная решетка
ФВ	– фазовращатель
ФД	– фазовый детектор
ФМ	– фазовая модуляция
ФМн	– фазовая манипуляция
ФНЧ	– фильтр нижних частот
ФСС	– фильтр сосредоточенной селекции
ФЦ	– ферритовый циркулятор
ФЧХ	– фазочастотная характеристика
ЦАП	– цифроаналоговый преобразователь
ЦСЧ	– цифровой синтезатор частоты
ЦФ	– цифровой фильтр
ЧД	– частотный детектор
ЧДМХ	– частотная динамическая модуляционная характеристика
ЧМ	– частотная модуляция; частотный модулятор
ЧМн	– частотная манипуляция
ЩА	– щелевая антенна
ЭГ	– эталонный генератор
ЭДС	– электродвижущая сила

ЭМВ	– электромагнитная волна
ЭМП	– электромагнитное поле
ЭМС	– электромагнитная совместимость
ЭМФ	– электромеханический фильтр
ЭП	– электронный прибор
ЭПР	– эффективная площадь раскрыва

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широкое развитие средств радиосвязи радиодоступа требует глубокого знания радиопередающих устройств и их принципов функционирования в различных частотных областях. В большинстве случаев в состав радиопередающих устройств и систем входят автогенераторы и усилители мощности, которые вместе с модуляторами являются основными узлами.

Однако особенностью настоящего учебного пособия является то, что оно направлено на изучение этих устройств, используемых в передатчиках как стационарной, так и подвижной радиосвязи.

Поэтому к данному типу устройств предъявляются высокие требования, касающиеся массогабаритных показателей, энергопотребления, воздействия дестабилизирующих факторов (климатические и механические воздействия), а также повышенные требования к стабильности выходной мощности при изменении параметров антенно-фидерного тракта и параметрам электромагнитной совместимости, в частности, уровню побочных, внеполосных и шумовых излучений. В этом и заключается сложность построения радиопередающих устройств, поскольку их основные электрические характеристики должны быть на порядок выше, чем у остальной аппаратуры связи.

Таким образом в настоящем учебном пособии наряду с общими вопросами проектирования и разработки автогенераторов и усилителей мощности рассматриваются пути совершенствования этих устройств, направленные на их использование в составе передатчиков как магистральной, так и подвижной радиосвязи.

Освещение этих и других вопросов в учебном пособии проводится путем анализа работы радиотехнических устройств с получением необходимых соотношений и изложением соответствующих методик, порядка и примеров их расчета, а в ряде случаев – описанием практической реализации самих устройств и их вспомогательных цепей. Приводимые расчетные соотношения универсальны: они пригодны для расчета усилителей мощности и автогенераторов не только на МДП транзисторов, но и на биполярных приборах, а также на электровакуумных приборах.

В целом настоящее учебное пособие предназначено для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям 11.03.03 (11.04.03) «Конструирование и технология электронных средств», 11.03.02 (11.04.02) «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», 11.03.01 (11.04.01) «Радиотехника», может быть полезно при изучении дисциплин «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства в системах радиосвязи и радиодоступа», «Радиопередающие устройства

систем радиосвязи и радиодоступа», «Космические и наземные системы радиосвязи», «Электромагнитная совместимость и управление радиочастотным спектром», «Основы управления техническими системами», «Автоматические устройства согласования антенн», «Системы и сети связи с подвижными объектами», «Устройства формирования, приема и обработки сигналов в телекоммуникационных системах». Также пособие может быть использовано для углубленного изучения изложенных вопросов и студентами других специальностей. В то же время данное пособие может оказаться полезным для инженерно-технических работников и ученых, работающих над созданием перспективной аппаратуры связи нового поколения.

Основой излагаемого материала послужил курс лекций, читаемых на протяжении нескольких лет в Тамбовском государственном техническом университете и Военном учебно-научном центре военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). В то же время нельзя утверждать, что настоящее пособие получилось совершенным, чтобы все изложенные вопросы воспринимались без пояснений. Поэтому все замечания и предложения по его совершенствованию будут приняты авторами с огромной благодарностью.

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАТОРОВ С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

1.1. Назначение, структурные схемы и характеристики РПДУ

Радиопередающее устройство предназначено для формирования модулированных электромагнитных колебаний, излучаемых через антенну в пространство в виде электромагнитных волн на заданное расстояние.

В многообразной радиопередающей аппаратуре, работающей в комплексах воздушной разведки, используется широкий диапазон частот, различные генераторные приборы, различные виды управления колебаниями и стабилизации частоты.

РПДУ можно классифицировать по ряду признаков.

По назначению различают передатчики связные, радиолокационные, навигационные, средств воздушной разведки, радиовещательные и др.

По диапазону радиочастот – согласно приведенной таблице 1.1.

Таблица 1.1

Классификация диапазонов радиочастот

Диапазон радиочастот	Обозначение диапазонов	Длина волны	Наименование волн
3...30 кГц	Очень низкие частоты (ОНЧ)	10...100 км	Мириаметровые волны
30...300 кГц	Низкие частоты (НЧ)	1...10 км	Километровые волны
300...3000 кГц	Средние частоты (СЧ)	100...1000 м	Гектометровые волны
3...30 МГц	Высокие частоты (ВЧ)	10...100 м	Декаметровые волны
30...300 МГц	Очень высокие частоты (ОВЧ)	1...10 м	Метровые волны
300...3000 МГц	Ультравысокие частоты (УВЧ)	10...100 см	Дециметровые волны
3...30 ГГц	Сверхвысокие частоты (СВЧ)	1...10 см	Сантиметровые волны
30...300 ГГц	Крайне высокие частоты (КВЧ)	1...10 мм	Миллиметровые волны
300...3000 ГГц	Гипервысокие частоты (ГВЧ)	0,1...1 мм	Децимиллиметровые волны
Выше 3000 ГГц	Частоты оптического диапазона	Менее 0,1 мм	Световые волны

По выходной мощности передатчики разделяются на маломощные (менее 100 Вт), средней мощности (100 Вт...10 кВт), мощные (10...1000 кВт) и сверхмощные (более 1000 кВт).

По виду излучения (роду работы) различают передатчики: непрерывные и импульсные (модулированные, манипулированные, однопо-

лосные, импульсные и т.д.). Виды излучения обозначаются пятью индексами. Первый индекс (буква) характеризует вид модуляции: N – немодулированная несущая; A – амплитудная модуляция; H – однополосная модуляция с ослабленной (до –6 дБ) несущей; R – однополосная модуляция с частично подавленной (до –12 дБ) несущей; J – однополосная модуляция с подавленной (до –40 дБ) несущей; B – независимые боковые полосы; F – частотная модуляция; G – фазовая модуляция; P – импульсная модуляция и др. Второй индекс (цифра) обозначает характер модулирующего сигнала: 0 – модулирующий сигнал отсутствует; 1 – телеграфирование без модулирующей звуковой частоты; 2 – тональная телеграфия; 3 – аналоговый модулирующий сигнал; 6, 7 – два или более дискретных канала; 8 – аналоговая информация и др. Третий индекс (буква) обозначает вид передаваемой информации: N – информация не передается; A – телеграфия (прием на слух); E – телефония; D – прием автоматический; F – телевидение и др. Код из трех индексов характеризует основные признаки излучения.

По способу транспортировки передатчики подразделяют на стационарные и подвижные (переносные, бортовые, корабельные и т.д.).

Обобщенные структурные схемы РПДУ изображены на рисунке 1.1. Структура РПДУ радиолокационной станции, представленная на рисунке 1.1а, отличается простотой. Его основу составляет высокочастотный генератор. Режим работы высокочастотного генератора (непрерывный или импульсный) формируется устройством управления (УУ).

Структура РПДУ современных средств связи (СС) выполняется по многокаскадной схеме (рис. 1.1б). Возбудитель формирует высокостабильные колебания в заданном диапазоне частот.

Далее эти колебания усиливаются в предварительных каскадах ($ПК_1...ПК_n$) и поступают на выходной каскад (ВК) усилителя мощности (УМ). ВК обеспечивает в антенне заданную мощность. Антенна излучает радиоволны в пространство.

Для управления колебаниями, формируемыми в возбудителе, служит модуляционное устройство (МУ). В зависимости от назначения передатчика модуляция может осуществляться в возбудителе (на низком энергетическом уровне) либо в ВК (на высоком энергетическом уровне). Модуляция может быть осуществлена и в предварительных каскадах УМ.

Устройство охлаждения (УО) поддерживает заданный тепловой режим передатчика, а устройство блокировки и сигнализации (УБС) дает информацию о режиме работы передатчика и обеспечивает его включение и выключение. Источники питания (ИП) необходимы для подачи заданных напряжений на соответствующие каскады передатчика.

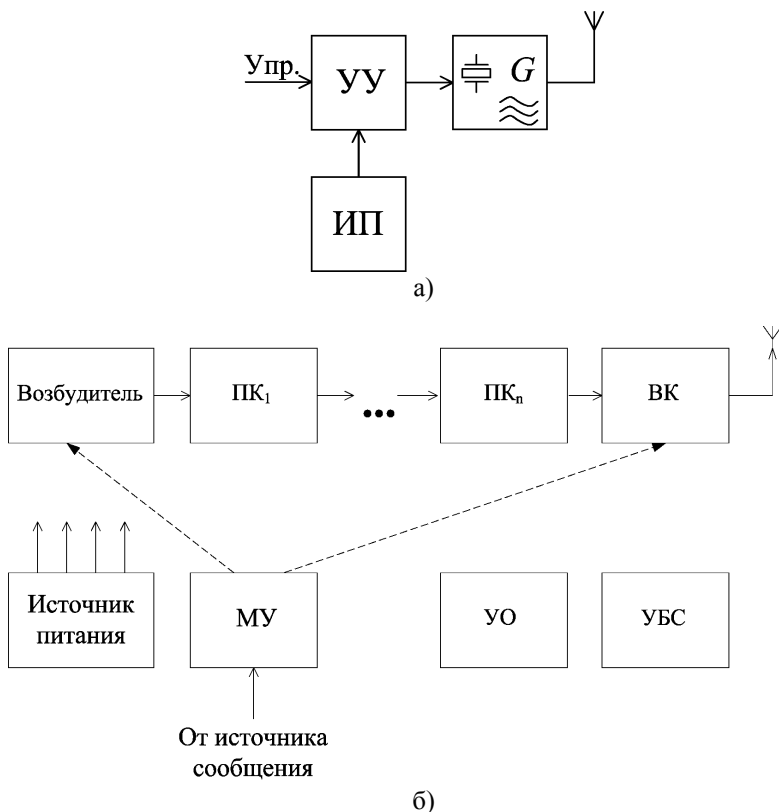


Рис. 1.1 – Обобщенные структурные схемы РПДУ

Наиболее перспективными в настоящее время являются цифровые системы связи [1, 9] (рис. 1.2), в которых информация передается в цифровом виде. В состав таких систем входит цифровой канал, включающий кодек и модем. Преимуществом цифровой СС является то, что цифровой канал связи может быть унифицированным и использоваться для передачи различных видов сообщений: телефонных, телеграфных, факсимильных, изображений и т.д. Такими являются СС с импульсно-кодовой модуляцией и дельта-модуляцией. Структура радиостанции должна содержать аналогово-цифровой преобразователь (кодер) и цифро-аналоговый преобразователь (декодер), которые объединяются в единый блок – КОДЕК. При этом в качестве вторичной модуляции в радиостанции цифрового канала связи может применяться частотная или относительно-фазовая манипуляция, которая может осуществляться в функционально выделенном блоке – МОДЕМе.

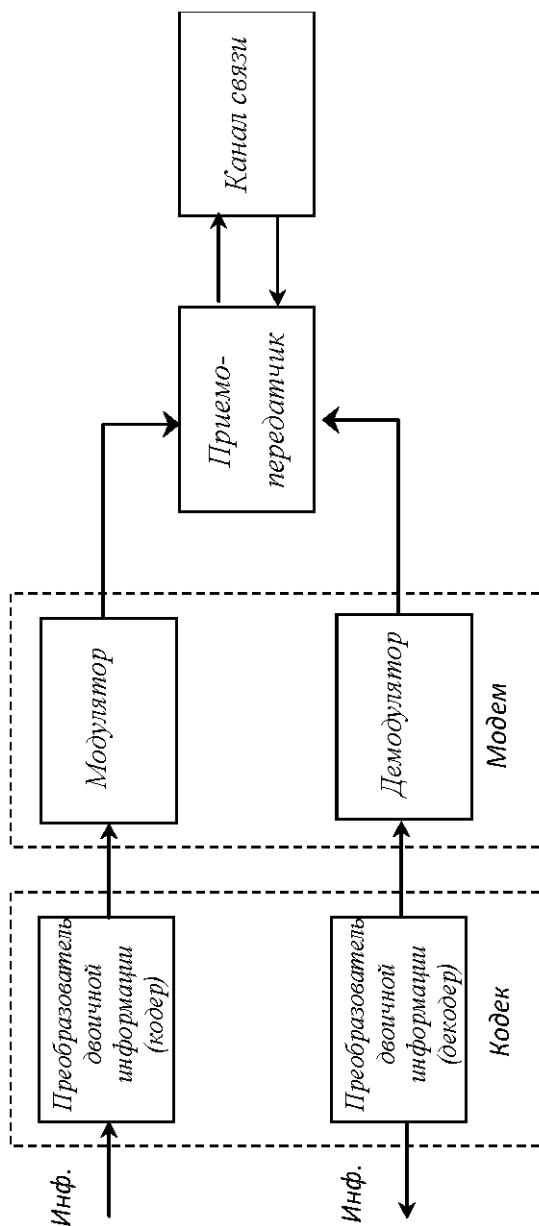


Рис. 1.2 – Цифровая система связи

Основные характеристики РПДУ

1. Рабочая частота f_p , или диапазон рабочих частот $f_{\min} \dots f_{\max}$. Определяются в зависимости от назначения радиолинии, расположения пунктов передачи и приема, международного распределения радиочастот, условий распространения радиоволн и др.

2. Вид модуляции. Эта характеристика определяется назначением передатчика. В передатчиках, предназначенных для средств воздушной разведки, используется в основном передача телекодовой информации. При этом осуществляется частотная манипуляция (ЧМн) или относительная фазовая манипуляция (ОФМн). Вид модуляции определяет, прежде всего, помехоустойчивость и пропускную способность каналов связи.

3. Выходная мощность – активная мощность, передаваемая передатчиком в антенно-фидерное устройство или эквивалент нагрузки. Во многих случаях передатчики характеризуются пиковой мощностью, под которой понимают выходную мощность, соответствующую максимальной амплитуде радиочастотного сигнала.

4. Стабильность частоты. Современные передатчики диапазонов ВЧ и ОВЧ имеют относительную нестабильность частоты около $10^{-6} \dots 10^{-7}$. С увеличением рабочей частоты требуется и более высокая стабильность частоты.

5. Уровень побочных излучений. Допустимый уровень средней мощности побочного излучения передатчика должен быть на 40...60 дБ меньше средней мощности основного (полезного) излучения.

6. Коэффициент полезного действия (КПД) – отношение выходной мощности передатчика к полной мощности, потребляемой от источников питания. КПД определяет стоимость производства и эксплуатации передатчика, его массу и габаритные размеры. Повышение КПД позволяет повысить надежность работы передатчика.

7. Электроакустические показатели. К ним относятся: коэффициент (индекс) модуляции, коэффициент нелинейных искажений, уровень шума и т.д.

8. Эксплуатационные характеристики. К этим характеристикам относятся: габариты, масса передатчика, удобство эксплуатации и ремонта, надежность, устойчивость к внешним воздействиям и др.

В связи с ростом числа радиостанций и повышением требований к качеству передачи информации электроакустические и технические показатели радиопередатчиков постоянно совершенствуются.

1.2. Активные элементы радиопередающих устройств и их характеристики

В качестве активных элементов (АЭ) радиопередающих устройств используются транзисторы (полевые и биполярные), электронные лампы, полупроводниковые диоды (диоды Ганна, лавинно-пролетные диоды, варакторы) и электронные СВЧ приборы (магнетроны, платинотроны, клистроны, лампы бегущей и обратной волны).

В последние годы РПДУ ВЧ и ОВЧ диапазонов стали строить на транзисторах. Использование транзисторов в передатчиках вместо ламп позволяет повысить их механическую прочность, надежность, обеспечить мгновенную готовность к работе и благодаря низковольтному питанию повысить безопасность обслуживания. Созданные транзисторы позволяют получить мощность высокочастотных колебаний на его выходе порядка 400 Вт на частотах до 30 МГц и 100 Вт на частотах до 600 МГц. С использованием различных методов суммирования мощностей отдельных генераторов созданы РПДУ с выходной мощностью в единицы киловатт.

До появления таких транзисторов передатчики выполнялись на лампах или по комбинированной лампово-транзисторной схеме, когда в наиболее мощных каскадах использовались лампы, а в маломощных – транзисторы.

Генераторные лампы имеют широкий диапазон мощностей – от нескольких ватт до сотен киловатт. В отличие от приемо-усилительных у генераторных ламп большие статическая крутизна и коэффициент усиления. В диапазонах НЧ, СЧ и ВЧ используются, как правило, тетроды и пентоды, имеющие хорошую развязку между цепями сетки и анода, а следовательно, повышенную устойчивость усилительных каскадов. В диапазонах УВЧ и СВЧ используются преимущественно металлокерамические триоды, имеющие минимальные межэлектродные емкости и индуктивности выводов.

Эксплуатационные возможности АЭ в справочниках характеризуют двумя способами. Во-первых, приводятся таблицы постоянных параметров для одного какого-либо режима и предельно допустимых параметров (токи, напряжения на электродах, рассеиваемые мощности). Во-вторых, даются статические характеристики (СХ), т.е. зависимости токов в цепях различных электродов от комбинаций напряжений на электродах (сопротивление в цепи нагрузки отсутствует).

Различают три вида СХ: входные, выходные и проходные. К первым относятся: для ламп – зависимости тока управляющей сетки i_c от напряжения на сетке e_c ; для биполярных транзисторов – зависимости тока базы i_b от напряжения на базе e_b . Ко вторым относятся: для ламп – зависимости тока анода i_a от напряжения на аноде e_a ; для транзисторов – зависи-

мости коллекторного тока i_k от напряжения на коллекторе e_k . К третьим СХ относятся: для ламп – зависимости $i_a = f(e_c)$, для транзисторов – $i_k = f(e_b)$.

СХ различных АЭ имеют существенные различия как в форме и расположении графиков на поле характеристик, так и в значениях токов и напряжений, действующих на электродах. На рисунках 1.3, 1.4 в качестве примера даны типичные СХ генераторного триода и мощного биполярного транзистора.

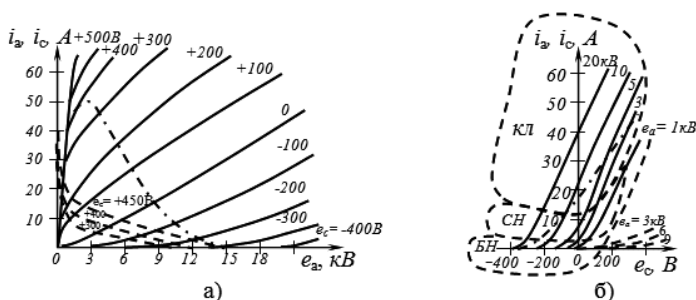


Рис. 1.3 – Статические характеристики генераторного триода

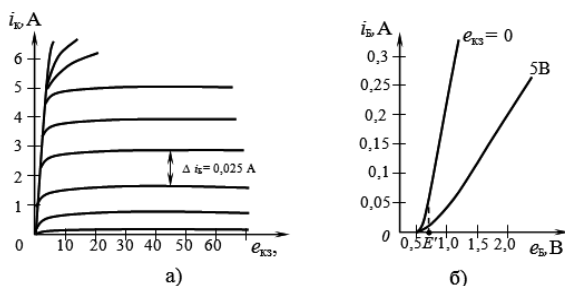


Рис. 1.4 – Статические характеристики биполярного транзистора

По этим СХ можно отметить две общие закономерности, относящиеся ко всем упомянутым здесь АЭ.

1. Области, в которых напряжение на управляющем и выходном электродах малы, отличаются большой нелинейностью (БН) СХ.

2. Области, в которых напряжения на управляющем и выходном электродах велики, имеют линейные (квазилинейные – КЛ) СХ. В промежуточных областях характеристики слабо нелинейны (СН). Часть поля характеристик, в пределах которой выходной ток больше нуля, называют активной областью. Часть поля выходных характеристик ниже оси ординат, где выходной ток равен нулю, называют областью отсечки.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru