**ЭЛТ с магнитной отклоняющей системой.**

Электронно-лучевыми приборами называют такие электронные электровакуумные приборы, в которых используется поток электронов, сконцентрированный в форме луча или пучка лучей. Электронно-лучевой прибор, имеющий форму трубки, обычно называют электронно-лучевой трубкой.

Управление пространственным положением луча осуществляется с помощью электрических (электростатическая отклоняющая система) и магнитных (магнитная отклоняющая система) полей, а управление плотностью тока – с помощью электрических полей. Электронно-лучевые приборы используются для получения видимого изображения электрических сигналов, а также для запоминания (хранения) сигналов.

Отклоняющая система служит для управления положением луча в пространстве. В трубках с магнитным управлением отклоняющая система состоит из двух пар отклоняющих катушек.

Рис.1. Траектория движения электронов в магнитной отклоняющей системе.

*01*

*V0*

*l2*

*l1*

*L*

*X*

*Z*

*r*

*α*

*α*

Магнитная отклоняющая система обычно содержит две пары катушек, надеваемых на горловину трубки и образующих магнитные поля во взаимно перпендикулярных направлениях. Рассмотрим отклонение электрона магнитным полем одной пары катушек, считая, что поле ограничено диаметром катушки и в этом пространстве однородно. На рис.1 силовые линии магнитного поля изображены уходящими от зрителя перпендикулярно плоскости чертежа. Электрон с начальной скоростью V0 движется в магнитном поле, вектор индукции B которого нормален к вектору скорости V0, по окружности с радиусом

По выходе из магнитного поля электрон продолжает движение по касательной к его криволинейной траектории в точке выхода из поля. Он отклонится от оси трубки на некоторую величину z = L tgα. При малых углах α ≈ tg α; z ≈ Lα.

Величина центрального угла α = s/r ≈ l1/r, где s – кривая, по которой движется электрон в поле В. Подставляя сюда значение r, получаем:

Таким образом, отклонение электрона равно:

Выражая скорость V0 электрона через напряжение на аноде, получаем:

Учитывая, что индукция магнитного поля пропорциональна числу ампер-витков wI, можно записать:

Конструкция отклоняющих катушек. Отклоняющие катушки с ферромагнитными сердечниками позволяют увеличить плотность потока магнитных силовых линий в необходимом пространстве. Катушки с ферромагнитными сердечниками применяются только при низкочастотных отклоняющих сигналах, так как с увеличением частоты отклоняющего напряжения возрастают потери в сердечнике. В телевизионных и радиолокационных электронно-лучевых трубках обычно применяются отклоняющие катушки без сердечника. Стремясь получить более однородное магнитное поле, края катушки отгибают, а саму катушку изгибают по форме горловины трубки. Витки в катушке распределяют неравномерно: Число витков на краях обычно в 2 – 3 раза больше, чем в середине. Для уменьшения поля рассеяния катушки без сердечника обычно заключаются в стальной экран.

Достоинства и недостатки электростатической и магнитной систем отклонения. Отклонение луча магнитным полем в меньшей степени зависит от скорости электрона, чем для электростатической системы отклонения. Поэтому магнитная отклоняющая система находит применение в трубках с высоким анодным потенциалом, необходимым для получения большой яркости свечения экрана.

К недостаткам магнитных отклоняющих систем следует отнести невозможность их использования при отклоняющих напряжениях с частотой более 10 – 20 кГц, в то время как обычные трубки с электростатическим отклонением имеют верхний частотный предел порядка десятков мегагерц и больше. Кроме того, потребление магнитными отклоняющими катушками значительного тока требует применения мощных источников питания.

Достоинством магнитной отклоняющей системы является ее внешнее относительно электронно-лучевой трубки расположение, что позволяет применять вращающиеся вокруг оси трубки отклоняющие системы.

**Статические и физические параметры транзистора.**

Транзистором называют электропреобразовательный полупроводниковый прибор с одним или несколькими электрическими переходами, пригодный для усиления мощности, имеющий три или более выводов.

**Физические параметры транзистора.**

Токи в транзисторе определяются рядом физических процессов в электронно-дырочных переходах и в объеме базы, характеризуемых соответствующими параметрами. Физические параметры играют важную роль при анализе работы транзистора на переменном токе с сигналами малых амплитуд. Большинство этих параметров являются дифференциальными величинами и используются в качестве так называемых малосигнальных параметров транзистора.

Рассмотрим основные процессы и физические параметры транзистора.

Токи в транзисторе.

В активном режиме работы транзистора дырки, инжектируемые из эмиттера, движутся затем в базе и втягиваются полем коллекторного перехода, образуя коллекторный ток IK. В следствие рекомбинации в базе и других причин IK < IЭ. На основании закона Кирхгофа для токов в цепях электродов транзистора можно записать: IЭ = IK + IБ.

В активном режиме к эмиттерному переходу приложено прямое напряжение и через переход течет ток IЭ, который содержит составляющие IЭр и IЭп – токов инжекции дырок из эмиттера в базу и электронов из базы в эмиттер, составляющую IЭr – тока рекомбинации в эмиттерном переходе, а также ток утечки IЭу: IЭ = IЭр + IЭп + IЭr + IЭу.

Токами IЭп, IЭr, IЭу пренебрежем: IЭ ≈ IЭр.

Ток коллектора – это ток через переход, к которому в активном режиме приложено обратное напряжение. Помимо обратного тока через коллекторный переход протекает ток экстракции дырок из базы в коллектор равный дырочной составляющей эмиттерного тока за вычетом тока, обусловленного рекомбинацией дырок в базе.

Ток базы может быть определен как разность токов эмиттера и коллектора.

Обратные токи переходов.

Обратным током коллектора (или эмиттера) называют ток при заданном обратном напряжении на коллекторном (или эмиттерном) переходе при условии, что цепь другого перехода разомкнута: IЭ = 0 (или IК = 0)

Поскольку обратный ток коллектора, определяемый процессами генерации носителей в коллекторе, базе и коллекторном переходе, представляет собой не управляемую процессами в эмиттерном переходе часть коллекторного тока. Ток IКБО играет важную толь в работе транзистора в активном режиме, когда коллекторный переход находится под обратным напряжением.

Соответственно обратный ток эмиттера IЭБО представляет собой составляющую эмиттерного тока, значения которого определяется процессами генерации носителей в эмиттере, базе и в области эмиттерного перехода. Этот ток имеет важное значение при работе транзистора в инверсном режиме (эмиттерный переход включен в обратном направлении).

Помимо токов IКБО и IЭБО, измеряемых в режиме холостого хода в цепи эмиттера или коллектора соответственно, в транзисторе различают также обратные токи IКБК и IЭБК.

Ток IКБК, текущий через коллекторный переход при обратном напряжении на этом переходе, измеряется в условиях короткого замыкания цепи эмиттер – база. Аналогично ток IЭБК  – это ток в эмиттерном переходе при обратном напряжении на этом переходе и при условии, что цепь коллектор – база замкнута накоротко.

Коэффициенты передачи тока.

С учетом понятия обратного тока коллектора ток IК для активного режима работы следует представить как сумму двух составляющих: тока IКБО и части эмиттерного тока, который определяется потоком носителей, инжектированных в базу и дошедших до коллекторного перехода.

Следовательно,

 IК = α IЭ + IКБО.

Величина

называется коэффициентом эмиттерного тока. Обычно α < 1. В инверсном режиме (коллекторный переход включен в прямом, а эмиттерный – в обратном направлении) ток эмиттера равен:

 IЭ = α1IК + IЭБО.

Величина

называется инверсным коэффициентом передачи коллекторного тока. Как правило, α1 < α.

С помощью коэффициентов α и α1 можно установить связь между обратными токами:

 IКБО = IКБК(1 – αα1);

 IЭБО = IЭБК(1 – αα1);

В транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером, входным током служит ток базы IБ, а выходным, как и в схеме с ОБ, то коллектора IК. Для схемы ОЭ, широко применяемой в радиотехнических устройствах на транзисторах, используется коэффициент передачи базового тока β. Выражение для β можно получить, решая его относительно тока IК:

Запишем это выражение в виде

 IК = β IБ + IКЭО.

Где

и

- обратный ток коллекторного перехода в схеме ОЭ при IБ = 0.

Выражение для коэффициента передачи базового тока β легко получить используя эти соотношения:

**Статические параметры транзистора.**

Статические параметры транзистора характеризуют свойства прибора в статическом режиме, т.е. в том случае, когда к его электродам подключены лишь источники постоянных напряжений.

Система статических параметров транзистора выбирается таким образом, чтобы с помощью минимального числа этих параметров можно было бы наиболее полно отобразить особенности статических характеристик транзистора в различных режимах. Можно выделить статические параметры режима отсечки, активного режима и режима насыщения. К статическим параметрам относятся также величины, отображающие характеристики в близи пробоя.

Статические параметры в активном режиме.

Статическим параметром для этого режима служит статический коэффициент передачи тока в схеме ОЭ:



Коэффициент h21Э является интегральным коэффициентом передачи базового тока β, однако, статический коэффициент определяет как пренебрегая током ІКБО, что вполне допустимо при условии, что ІБ ≥ 20ІКБО.

В качестве статического параметра активного режима используется также статическая крутизна прямой передачи в схеме ОЭ:

**Статические параметры в режиме отсечки.**

В качестве этих параметров используются обратные токи в транзисторе.

Статические параметры режима отсечки в значительной мере определяют температурную нестабильность работы транзистора и обязательно используются во всех расчетах схем на транзисторах. К числу этих параметров относятся следующие токи:

обратный ток коллектора ІКБО – это ток через коллекторный переход при заданном обратном напряжении коллектор – база и разомкнутом выводе эмиттера;

обратный ток эмиттера ІЭБО – это ток через эмиттерный переход при заданном обратном напряжении эмиттер – база и разомкнутом выводе коллектора;

обратный ток коллектора ІКБК – это ток через коллекторный переход при заданном обратном напряжении коллектор – база и при замкнутых накоротко выводах эмиттера и базы;

обратный ток ІЭБК – это ток через эмиттерный переход при заданном обратном напряжении эмиттер – база и при замкнутых накоротко выводах коллектора и базы;

обратный ток коллектор – эмиттер – ток в цепи коллектор – эмиттер при заданном обратном напряжении UКЭ. Этот ток обозначается: ІКЭО – при разомкнутом выводе базы; ІКЭК – при коротко замкнутых выводах эмиттера и базы; ІКЭR – при заданном сопротивлении в цепи базы – эмиттер; ІКЭX – при заданном обратном напряжении UБЭ.

**Статические параметры в режиме насыщения.**

В качестве параметров в этом режиме используются величины напряжений между электродами транзистора, включенного по схеме ОЭ.

Напряжение насыщение коллектор – эмиттер UКЭ нас – это напряжение между выводами коллектора и эмиттера в режиме насыщения при заданных токах базы и коллектора;

напряжение насыщение база – эмиттер UБЭ нас – это напряжение между выводами базы и эмиттера в режиме насыщения при заданных токах базы и коллектора.

При измерениях UКЭ нас и UБЭ нас ток коллектора задается чаще всего равным номинальному значению, а ток базы задается в соответствии с соотношением ІБ = КнасІ’Б, где Кнас коэффициент насыщения; І’Б ток на границе насыщения.

**Статические параметры в области пробоя.**

Основными параметрами в этом режиме служат:

пробивное напряжение коллектор – база UКБО проб – это пробивное напряжение между выводами коллектора и базы при заданном обратном токе коллектора ІКБО и токе ІЭ = 0.

пробивное напряжение коллектор – эмиттер – пробивное напряжение между выводами коллектора и эмиттера при заданном токе ІК.

Напряжение UКЭО проб определяется соотношением

