

Заведите новую тетрадь для новой дисциплины «Основы электроники»

Прочитайте, выделите главное. Запишите в тетрадь конспект или на листе (вклеим)

Тест №2 Усилители постоянного тока

Тетрадь проверю и поставлю оценку.

Тема 2.2. Усилительные каскады

1. Классификация усилителей.

- 1.1 По роду усилительных элементов (ламповые, транзисторные)
- 1.2 По роду усиливаемой величины (усилители напряжения, тока и мощности)
- 1.3 По числу каскадов (одно-, двух- и многокаскадные)
- 1.4 По диапазону частот (Усилители низкой частоты (УНЧ) Усилители постоянного тока (УПТ) Избирательные усилители (УВЧ) Импульсные, или широкополосные усилители)

2. Основные технические характеристики усилителей.

- 2.1 Коэффициент усиления. (по напряжению, току, мощности) $K_u = U_{\text{вых}} / U_{\text{вх}}$
Для многокаскадного усилителя общий коэффициент усиления $K = K_1 K_2 \dots K_n$
- 2.2 Выходная мощность. $P_{\text{вых}} = U_{\text{вых}}^2 / R_n$
- 2.3 Коэффициент полезного действия. $\eta = P_{\text{вых}} / P_{\text{общ}}$
- 2.4 Частотные искажения. (Искажения, вызванные различной степенью усиления на различных частотах из-за присутствия в схемах реактивных элементов.)
- 2.5 Фазовые, нелинейные искажения - возникают из-за нелинейности ВАХ транзисторов.

Предварительный каскад УНЧ

Усилительным каскадом принято называть транзистор с резисторами, конденсаторами и другими деталями, которые обеспечивают ему условия работы как усилителя.

Предварительный каскад УНЧ

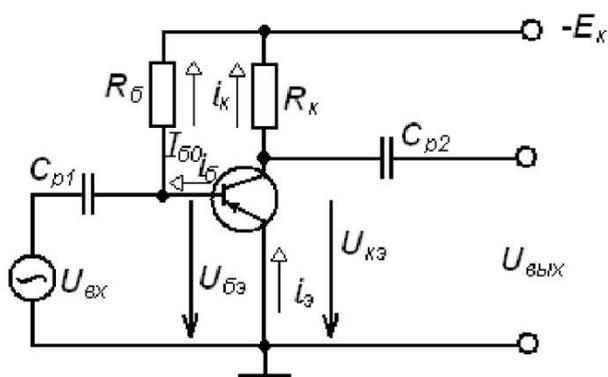


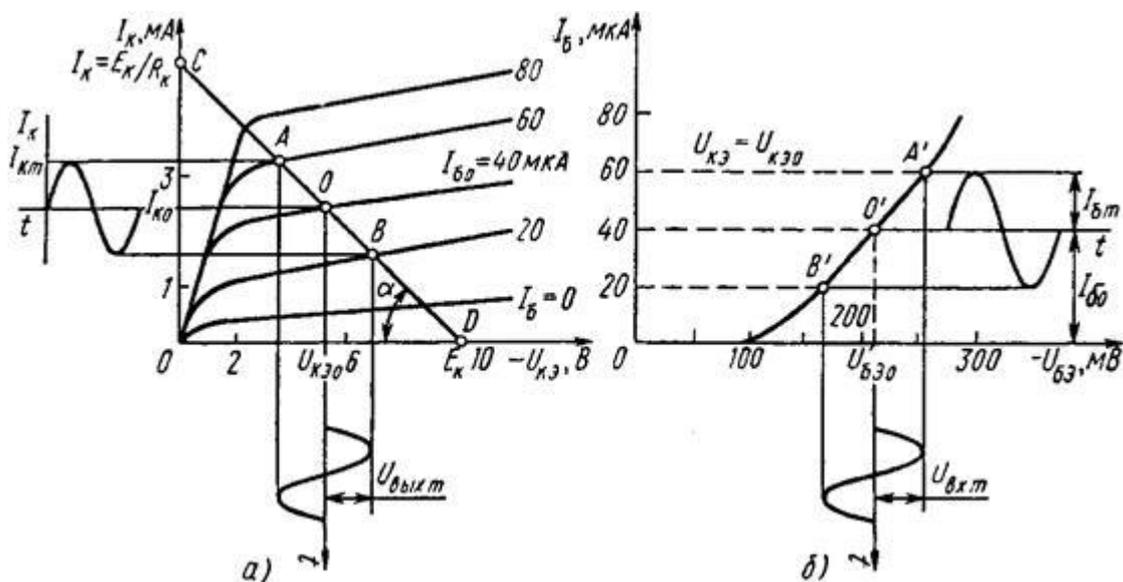
Схема резистивного усилителя с общим эмиттером

Усилители низкой частоты в основном предназначены для обеспечения заданной мощности на выходном устройстве, в качестве которого может быть – громкоговоритель, записывающая головка магнитофона, обмотка реле, катушка измерительного прибора и т. д. Источниками входного сигнала являются звукосниматель, фотоэлемент и всевозможные преобразователи неэлектрических величин в электрические. Как правило, входной сигнал очень мал, его значение недостаточно для нормальной работы усилителя. В связи с этим

перед усилителем мощности включают один или несколько каскадов предварительного усиления, выполняющих функции усилителей напряжения.

В предварительных каскадах УНЧ в качестве нагрузки чаще всего используют резисторы; их собирают как на лампах, так и на транзисторах.

Усилители на биполярных транзисторах обычно собирают по схеме с общим эмиттером. Рассмотрим работу такого каскада (рис. 26). Напряжение синусоидального сигнала $u_{вх}$ подают на участок база – эмиттер через разделительный конденсатор $C_{р1}$, что создает пульсацию тока базы относительно постоянной составляющей $I_{б0}$. Значение $I_{б0}$ определяется напряжением источника E_k и сопротивлением резистора R_b . Изменение тока базы вызывает соответствующее изменение тока коллектора, проходящего по сопротивлению нагрузки R_n . Переменная составляющая тока коллектора создает на сопротивлении нагрузки R_k усиленное по амплитуде падение напряжения $u_{вых}$.



Расчет такого каскада можно произвести графически с использованием приведенных на рис. 27 входных и выходных характеристик транзистора, включенного по схеме с ОЭ. Если сопротивление нагрузки R_n и напряжение источника E_k заданы, то положение линии нагрузки определяется точками C и D . При этом точка D задана значением E_k , а точка C – током $I_k = E_k / R_n$. Линия нагрузки CD пересекает семейство выходных характеристик. Выбираем рабочий участок на линии нагрузки так, чтобы искажения сигнала при усилении были минимальны. Для этого точки пересечения линии CD с выходными характеристиками должны находиться в пределах прямолинейных участков последних. Этому требованию соответствует участок AB линии нагрузки.

Рабочая точка при синусоидальном входном сигнале находится в середине этого участка – точка O . Проекция отрезка AO на ось ординат определяет амплитуду коллекторного тока, а проекция того же отрезка на ось абсцисс – амплитуду переменной составляющей коллекторного напряжения. Рабочая точка O определяет ток коллектора $I_{к0}$ и напряжение на коллекторе $U_{кэ0}$ соответствующие режиму покоя.

Кроме того, точка O определяет ток покоя базы $I_{б0}$, а следовательно, и положение рабочей точки O' на входной характеристике (рис. 27, а, б). Точкам A и B выходных характеристик соответствуют точки A' и B' на входной характеристике. Проекция отрезка $A'O'$ на ось абсцисс определяет амплитуду входного сигнала $U_{вх m}$, при которой будет обеспечен режим минимальных искажений.

Строго говоря, $U_{вх m}$, необходимо определять по семейству входных характеристик. Но так как входные характеристики при различных значениях напряжения $U_{кэ}$, отличаются незначительно, на практике пользуются входной характеристикой, соответствующей среднему значению $U_{кэ} = U_{кэ 0}$.

Выходной каскад УНЧ

В устройствах автоматики нагрузкой выходного каскада усилителя низкой частоты может быть электромагнитное реле, электродвигатель или какой-нибудь иной исполнительный механизм. В радиоприемнике или проигрывателе нагрузкой является обмотка динамика.

Выходной каскад, так же как и предварительный каскад. УНЧ, может быть собран на транзисторе по схеме с общим эмиттером. Следует отметить, что, так как сопротивление нагрузки R_H обычно гораздо меньше внутреннего сопротивления коллекторной цепи $R_{вн.к}$, мощность, которая выделяется на нагрузке, включенной непосредственно в цепь коллектора, будет весьма мала. Для того чтобы эта мощность была максимально возможной, необходимо выполнить условие $R_H = R_{вн.к}$, т. е. сопротивление нагрузки должно быть равно внутреннему сопротивлению источника полезного сигнала. Для этого на практике применяют согласующие трансформаторы (рис. 28). Подобные схемы однотактного транзисторного усилителя мощности с общим эмиттером применяются в том случае, если выходная мощность не превышает 3 – 5 Вт. Нагрузка R_H включена через согласующий трансформатор Tr .

Суть согласования состоит в том, чтобы вносимое в первичную обмотку трансформатора из вторичной обмотки сопротивление R_H было равно внутреннему сопротивлению коллекторной цепи $R_{вн.к}$ или соизмеримо с ним. Тогда при заданных R_H и $R_{вн.к}$ задача сводится к определению коэффициента трансформации k .

Выходной каскад УНЧ

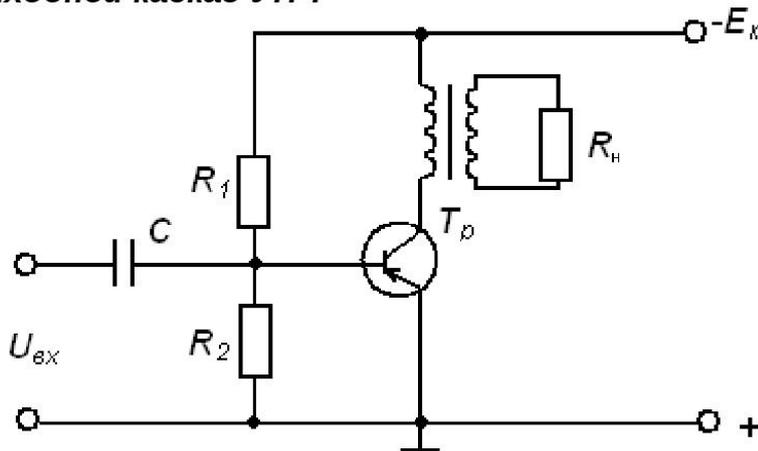


Схема однотактного транзисторного усилителя мощности

Известно, что $U_2/U_1 = W_2/W_1 = k$, а $I_2/I_1 = W_2/W_1 = k$. Таким образом, вносимое в первичную цепь сопротивление

$$R'_H = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2/k}{I_2/k} = \frac{U_2}{I_2} \cdot \frac{1}{k^2} = \frac{R_H}{k^2}.$$

Если принять $R_H = R_{вн.к}$, то коэффициент трансформации $k = \sqrt{R_H/R_{вн.к}}$, т. е. трансформатор должен быть понижающим, так как $R_H < R_{вн.к}$.

Рассмотренные схемы предварительного и выходного каскадов УНЧ работают в режиме А. При таком режиме начальное положение рабочей точки О выбирают в середине нагрузочной прямой CD . Амплитуда переменной составляющей коллекторного тока при этом меньше тока покоя коллектора. Работа в режиме А характеризуется минимальными нелинейными искажениями и низким КПД (порядка 40 %). В этом режиме обычно работают все предварительные и маломощные выходные каскады УНЧ, собранные на одном транзисторе или одной электронной лампе.

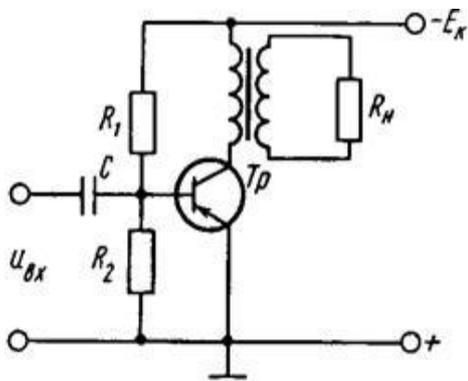


Рис. 28. Схема одностактного транзисторного усилителя мощности

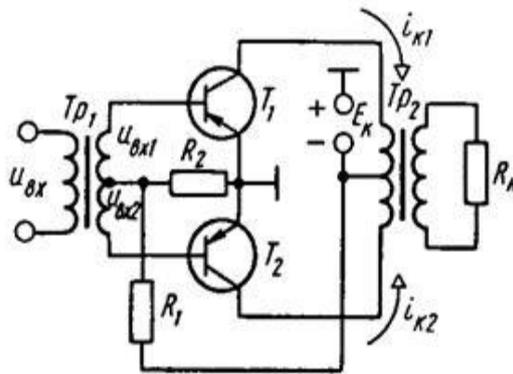


Рис. 29. Схема двухтактного транзисторного усилителя мощности

В том случае, когда необходимо получить выходную мощность более 5 Вт, применяют двухтактные усилители, собранные на двух транзисторах или двух лампах.

Рассмотрим работу такого усилителя на транзисторах (рис. 29). Усилитель состоит из двух одинаковых половин, каждая из которых аналогична усилителю, представленному на рис. 28. Особенность двухтактной схемы состоит в том, что ее можно использовать в таком режиме, когда ток покоя коллекторных цепей близок к нулю. Этот режим называется режимом В. При работе в таком режиме КПД усилителя может достигать 70 %.

Рабочая точка O' на входной характеристике должна располагаться в области токов базы, близких к нулю (рис. 30, а). В результате этого обе половины схемы работают поочередно, причем каждая открывается во время действия положительных полупериодов входных напряжений u_{ex1} и u_{ex2} , так как они сдвинуты по фазе на 180° . Импульсы тока баз и коллекторов также сдвинуты на 180° (рис. 30, б, в). При этом в магнитопроводе Tr_2 образуется магнитный поток, близкий к синусоидальному, так как через первичную обмотку трансформатора проходит ток $i = i_{k1} - i_{k2}$ (рис. 30, г).

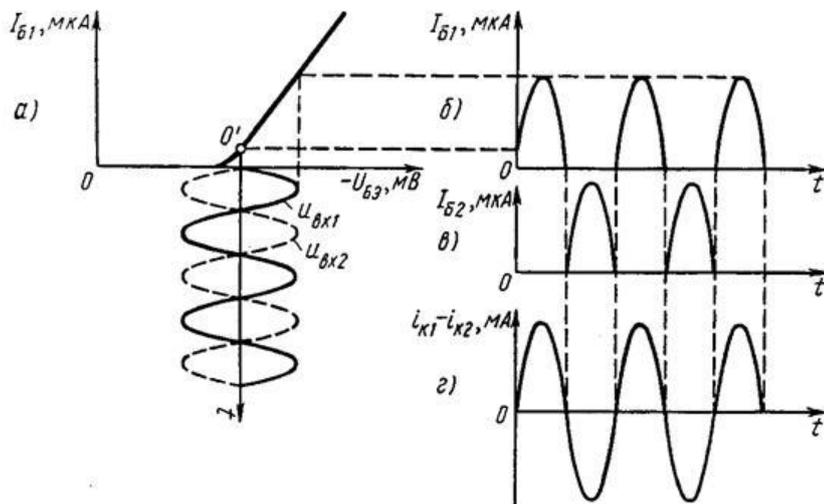


Рис. 30. Графики, поясняющие работу усилителя в режиме В

Обратная связь в усилителях - передача части выходного сигнала (напряжения или тока) усилителя на его вход.

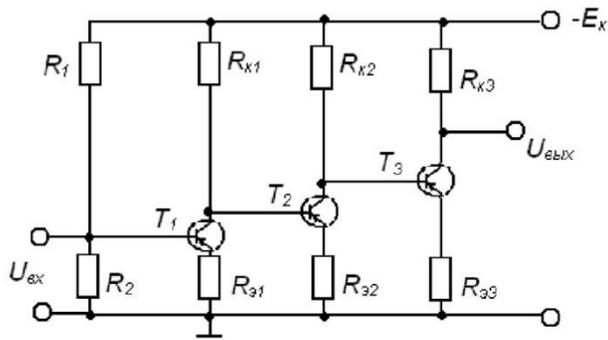
Различают положительную и отрицательную обратные связи.

Положительную обратную связь применяют в генераторных каскадах. Отрицательная обратная связь уменьшает коэффициент усиления по напряжению, однако при этом увеличивается его стабильность в работе усилителя.

Обратная связь характеризуется коэффициентом обратной связи $\beta = U_{oc} / U_{вых}$

Каскад УПТ

Каскад УПТ



Усилителями постоянного тока (УПТ) называют усилители, которые обеспечивают усиление входного сигнала в диапазоне частот от $f_H = 0$ до некоторой частоты f_B , то есть способны усиливать как переменную, так и постоянную составляющую входного сигнала. АЧХ УПТ имеет вид, представленный на рисунке 2.37.

Схема УПТ (усилителя постоянного тока) прямого усиления

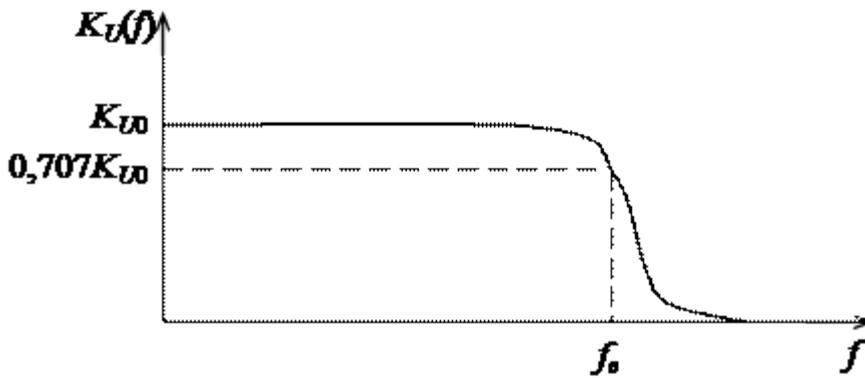
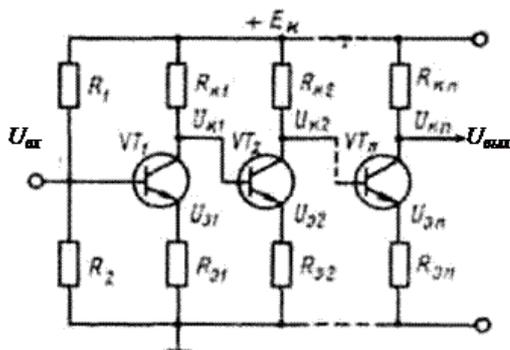


Рисунок 2.37 – Вид АЧХ усилителя постоянного тока

Спад АЧХ усилителя в области низких частот обусловлен наличием разделительных и блокировочных конденсаторов. Следовательно, чтобы обеспечить усиление постоянной составляющей (постоянного напряжения или тока), необходимо исключить конденсаторы из схемы усилителя. Кроме этого, наличие конденсаторов существенно затрудняет реализацию усилителей в виде интегральных микросхем. В интегральных усилителях используются непосредственные связи между каскадами. В этом случае коллектор предыдущего каскада усилителя непосредственно (не через разделительный конденсатор) связан с базой последующего каскада (рисунок 2.38). В такой



схеме возникает необходимость включать в эмиттерные цепи транзисторов дополнительные резисторы R_3 . В первую очередь это связано с необходимостью обеспечить в маломощных каскадах режим класса A , а при больших напряжениях на переходе база-эмиттер транзистора (в схеме на рисунке 2.38 $U_{БЭ i} = U_{КЭ i-1}$) это практически невозможно. Кроме этого при заземленном эмиттере возникает необходимость ограничивать напряжение источника питания E_k , поскольку для большинства транзисторов напряжение $U_{БЭ}$ не должно превышать 5 В.

Усилитель - устройство, которое позволяет при наличии сигнала на входе получить на выходе сигнал той же формы, но большей мощности. Усиление происходит за счет источника питания и активного усилительного элемента (транзистора) с помощью которого энергия источника питания преобразуется в энергию полезных колебаний на выходе. Входной сигнал является управляющим, так как под его воздействием на выходе усилительного элемента возникают более мощные колебания, передаваемые в нагрузку.

Классификацию усилителей можно проводить по различным признакам: 1) по виду используемого усилительного элемента ламповые, транзисторные усилители и т.д.; 2) по диапазону усиливаемых частот - (УПТ), (УНЧ), (УРЧ, УПЧ) и (СВЧ-усилители) 3) по ширине полосы усиливаемых частот - узкополосные, широкополосные усилители 4) по характеру усиливаемого сигнала - усилители непрерывных и импульсных сигналов 5) по усиливаемой электрической величине усилители напряжения 6) по типу нагрузки – резистивные, резонансные

Коэффициентом усиления по напряжению называется отношение выходного напряжения к входному напряжению называется отношение выходной величины, характеризующей уровень сигнала к входной.

В аналоговых усилителях аналоговый входной сигнал без цифрового преобразования усиливается аналоговыми усилительными каскадами. Выходной аналоговый сигнал без цифрового преобразования подается на аналоговую нагрузку.

В цифровых усилителях, после аналогового усиления входного аналогового сигнала аналоговыми усилительными каскадами до величины, достаточной для аналого-цифрового преобразования аналого-цифровым преобразователем (АЦП, ADC), происходит аналого-цифровое преобразование аналоговой величины (напряжения) в цифровую величину — число (код), соответствующий величине напряжения входного аналогового сигнала.

Виды усилителей по полосе частот подразделяются на: 1) Широкополосный (апериодический) усилитель — усилитель, дающий одинаковое усиление в широком диапазоне частот; 2) Полосовой усилитель — усилитель, работающий при фиксированной средней частоте спектра сигнала и приблизительно одинаково усиливающий сигнал в заданной полосе частот 3) Селективный усилитель — усилитель, у которого коэффициент усиления максимален в узком диапазоне частот и минимален за его пределами

Усилители в качестве самостоятельных устройств: 1) Усилители звуковой частоты; 2) Измерительные усилители — предназначены для усиления сигналов в измерительных целях; 3) Антенные усилители — предназначены для усиления слабых сигналов с антенны перед подачей их на вход радиоприёмника, бывают двунаправленные усилители, они усиливают также сигнал, поступающий с оконечного каскада передатчика на антенну.

Пояснительная записка

к проведению практического занятия № 2 тема «Усилители постоянного тока» по дисциплине «Основы электроники»

Цели проведения: проверить знания, умения и навыки обучавшихся по теме «Основы электроники», выявить пробелы в усвоении темы.

Для проведения практического занятия предлагается тест. Тест состоит из 15 заданий. В каждом задании один ответ.

Практическая работа проводится среди обучающихся 2 курса

Практическая работа проводится в течение 40 мин.

Вариант заданий, ответы и критерия оценок прилагаются.

Критерий оценок:

1. Оценка «5» выставляется при выполнении 90% предлагаемых заданий, то есть, если набрано 15 – 13 баллов.
2. Оценка «4» выставляется при выполнении 70% предлагаемых заданий, то есть, если набрано 12 - 10 баллов.
3. Оценка «3» выставляется при выполнении 50% предлагаемых заданий, то есть, если набрано 9 - 7 баллов.
4. Оценка «2» выставляется при выполнении менее 50% предлагаемых заданий, то есть, если набрано менее 7 баллов.

Тест №2 Усилители постоянного тока

1. Какие усилители бывают по количеству каскадов?
А) одно - и многокаскадные Б) каскадные и не каскадные
В) не знаю Г) мало - и многокаскадные
2. Первые устройства для усиления электрического сигнала были:
А) аноды Б) катоды В) триоды Г) диоды
3. Отношение отклонения луча на экране осциллографа к вызвавшему его потенциалу – это:
А) чувствительность Б) проводимость В) накаленность Г) напряжение
4. Приборы, используемые для компенсации потерь при передаче сигналов на большие расстояния:
А) генератор Б) усилитель В) стабилитрон Г) осциллограф
5. По усиливаемому сигналу усилители делятся на:
А) мощности и сопротивления Б) сопротивления и индуктивности
В) мощности, напряжения и тока Г) индуктивности и напряжения
6. Какие бывают триоды?
А) полный и неполный Б) одно - и двухфазный
В) двойной и тройной Г) открытый и закрытый
7. Чему обычно равняется коэффициент усилителя?
А) 1 Б) 2 В) 3 Г) 4
8. Из чего состоит триод?
А) катод и анод Б) диод и сетка В) анод, катод и сетка Г) сетка и катод
9. Сколько видов усилителей по частотам существует?
А) 3 Б) 4 В) 5 Г) 7
10. По полосе пропускания усилители бывают:
А) пропускающие и задерживающие Б) одно - и многополосные
В) цветные и черно-белые Г) широко - и узкополосные
11. Зависимость коэффициента усиления усилителя от частоты – это:
А) АЧХ Б) ФЧХ В) БЧХ Г) УЧХ
12. Как можно управлять током в цепи анода в электровакуумном триоде?
А) уменьшая мощность на катоде Б) меняя напряжение на сетке
В) увеличивая напряжение на аноде Г) меняя сопротивление на сетке
13. Полоса пропускания усилителя – это зависимость пропускания усилителя от:
А) мощности Б) напряжения В) частоты Г) сопротивления
14. Чем был со временем заменен электровакуумный триод?
А) усилителем Б) лампочкой В) стабилитроном Г) транзистором
15. В чем недостаток электровакуумного триода?
А) недостаточность полосы пропускания Б) большая потребляемая мощность
В) необходимость постоянного источника питания Г) большое сопротивление току