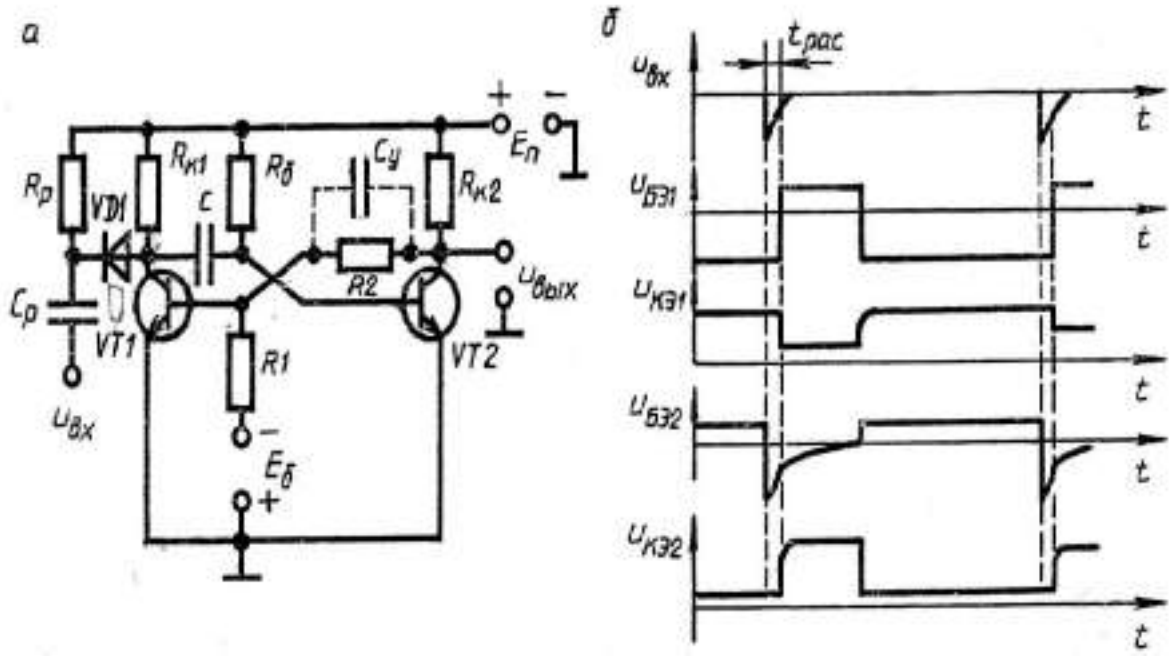


Рисунок 31. Схема одновибратора на БТ с коллекторно-базовыми связями (а) и графики напряжений на электродах транзисторов (б).

Одновибратор обладает одним устойчивым состоянием, в котором может находится сколь угодно долго, пока к нему не будет приложено внешнее напряжение, переводящее его в квазиустойчивое состояние. Переход из квазиустойчивого состояния в устойчивое осуществляется в одновибраторе самостоятельно.

Вопросы для самопроверки:

1. Опишите процессы, происходящие в схеме мультивибратора на биполярных транзисторах.
2. По какому принципу строят мультивибраторы, на логических элементах?
3. Как построен одновибратор с эмиттерной связью?
4. Поясните работу одновибратора на биполярных транзисторах, логических элементах и на интегральному ОУ.

Генератор линейного-изменяющегося напряжения (ГЛИН)

Содержание программы

Общие сведения о генераторах линейного изменяющегося (пилообразного) напряжения.

Простейшие генераторы линейного изменяющегося напряжения, состоящие из интегрирующей RC- и ключевого каскада на транзисторе.

Генераторы линейного напряжения с повышенной линейностью.

Литература: [1, § 6.8]; [3, § 6.4]; [5, с. 332-335]; [13, §8.9].

Методические указания

Генераторы линейного изменяющегося напряжения (ГЛИН) предназначены для получения импульсного напряжения, которое в течение некоторого времени

изменяется (возрастает или убывает) практически по линейному закону, а затем возвращается к исходному уровню.

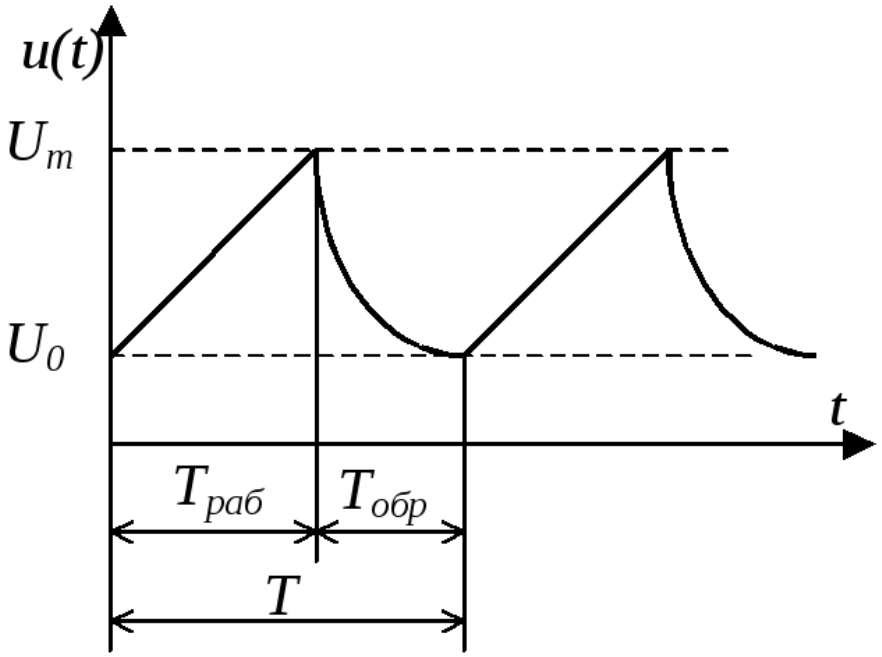


Рисунок 32. График линейного-изменяющегося напряжения

Линейно измеряющееся напряжение характеризуется следующими основными параметрами: длительностью прямого (рабочего) хода $T_{пр}$, длительностью обратного хода $T_{обр}$, периодом повторения T, амплитудой Um.

Схема простейшего ГЛИН представляет собой интегрирующую цепь RкC, коммутируемую через ключ, управляемый внешними прямоугольными импульсами (в рассматриваемом случае отрицательными и определяющими длительность прямого хода). ГЛИН применяются для создания развертки электронного луча на экране ЭЛТ, измерительных приборах, модуляции импульсов по длительности в системах автоматического регулирования и т.п.

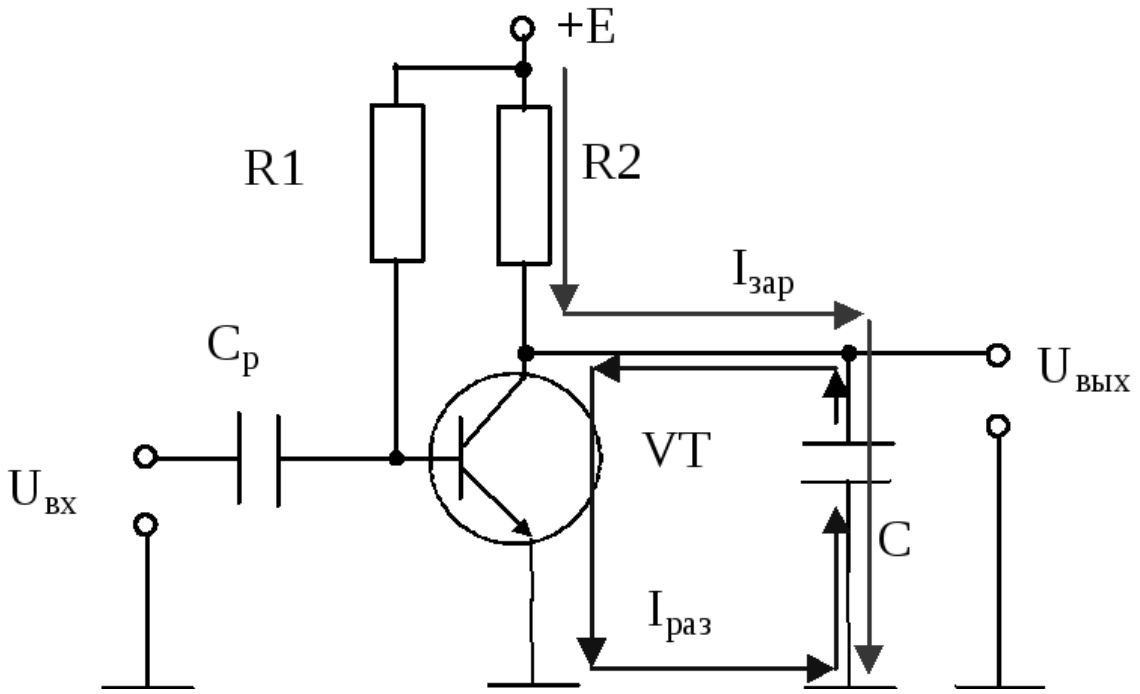


Рисунок 33. Схема генератора пилообразного напряжения на биполярном транзисторе

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение важнейших параметров импульса пилообразной формы.
2. Какие схемы относятся ГЛИН?
3. Где наиболее широко используются ГЛИН?
4. Какие основные элементы содержит ГЛИН.
5. В чем достоинства ГЛИН на ОУ?
6. Что является основным недостатком схемы ГЛИН?

Компараторы

Содержание программы

Понятие о компараторах напряжения. Компараторы напряжения без гистерезиса.

Компараторы напряжения с гистерезисом (триггеры Шмита).

Литература: [1, с. 129-141]; [2, с. 262-265]; [13, § 8.7].

Методические указания

Компаратором называют устройство, предназначенное для сравнения двух напряжений. Они применяются для получения импульсов прямоугольной формы из входного напряжения произвольной формы, для получения перепадов напряжения, измерения фазы синусоидальных колебаний и т.п. В качестве компараторов широко используются интегральные операционные усилители. На рисунке 34(а) приведена схема компаратора, который называется триггером Шмитта, а на рисунке 34(б, в) графики, поясняющие принцип формирования напряжения прямоугольной формы из синусоидального напряжения инвертирующим триггером Шмитта.

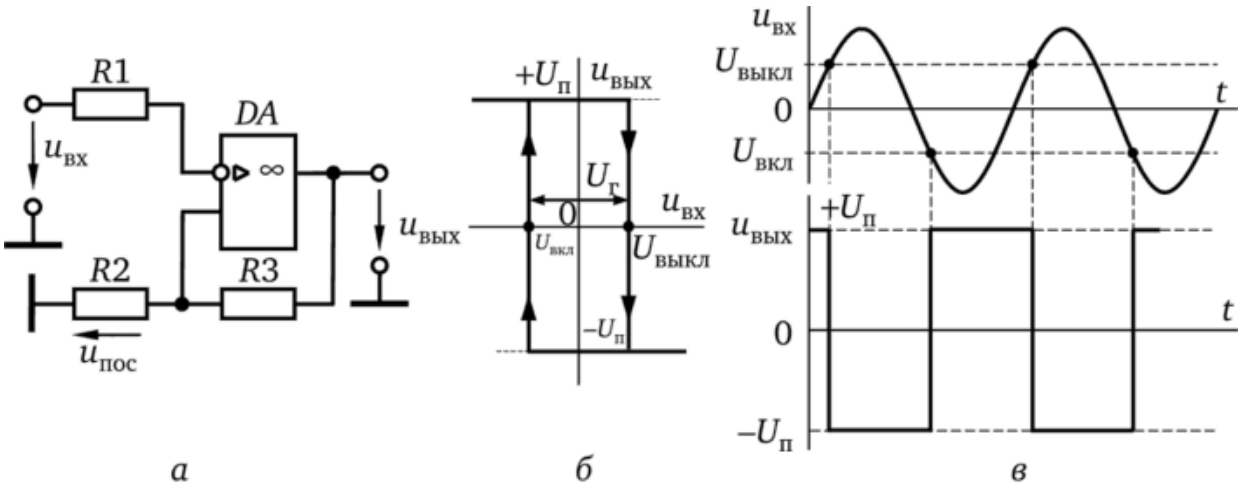


Рисунок 34. Схема неинвертирующего триггера Шмитта на ОУ (а), его передаточная характеристика (б) и графики, поясняющие принцип получения прямоугольных импульсов из синусоидального напряжения (в).

Вопросы для самопроверки:

1. Изобразите схему простейшего компаратора напряжений на интегральном ОУ и поясните его работу.
2. Покажите условное графическое обозначение компараторов напряжения.
3. Почему триггер Шмитта называют инвертирующим?

Цифровая микросхемотехника. Логические элементы

Содержание программы

Основные положения алгебры логики. Основные логические операции логические схемы. Параметры логических элементов. Типы логических элементов.

Литература [1, с. 83-86. § 6.4]**; [**2, § 9.1, 9.3, 9.4]; [3, § 5.3]; [5, § 18.2]; [13, §8.3].

Методические указания

Логическая операция преобразует по определенным правилам входную информацию в выходную. Основными логическими операциями являются:

- логическое сложение ИЛИ (дизъюнкция);
- логическое умножение И (конъюнкция);
- логическое отрицание НЕ (инверсия).

На основе этих простых логических операций могут стоится и более сложные: операция отрицания логического сложения ИЛИ-НЕ, операция отрицания логического умножения И-НЕ, операция ЗАПРЕТ и др. Для выполнения логических операций в ЭВМ, импульсных и других цифровых устройствах применяются логические элементы (ЛЭ)- электронные схемы. ЛЭ обычно выполняются на базе электронных ключей. В зависимости от компонентов, которые используются при построении ЛЭ, и способа соединения компонентов в пределах одного ЛЭ различают следующие типы ЛЭ, или типы логик:

- диодно – транзисторная логика (ДТЛ);
-транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ);
-эмиттерно – связная логика (ЭСЛ);
-инжекционно – интегральная логика (ИИЛ);
-логические элементы на МДП – транзисторах (КМДП).

Имеются и иные типы ЛЭ. Одни из них морально устарели и в настоящее время не применяются, другие находятся в стадии разработки.

Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте основные понятия алгебры – логики.
2. Перечислите способы изображения значения логической переменной.
3. Что означают операции логического сложения, умножения, отрицания?
4. Как можно описать работу логической схемы?
5. Приведите таблицы истинности логических функций.
6. Какие характеристики и параметры логических элементов называются статическими, динамическими?

Триггеры

Содержание программы

Общие сведения о триггерах. Триггеры с двумя входами. Устройство и принцип работы. Состояние триггера. Триггер со счетным запуском.

Структура и классификация триггеров на логических ИМС.

Асинхронные и синхронные SR-триггеры, Т-триггеры, D- триггеры, JK-триггеры. Основные особенности их работы. Условные обозначения на схемах. Временные диаграммы.

Литература: [1; §6.5]; [2, § 1.1]; [3 гл.6]; [5, с. 348-353]; [13, § 8.4, 8.7].

Методические указания

Триггерами, или пусковыми устройствами, называются регенеративные устройства с гальваническими связями, имеющие два состояния устойчивого равновесия. Переход из одного состояния устойчивого равновесия в другое осуществляется скачком под воздействием внешнего управляющего напряжения.

Управляющее напряжение определяет, таким образом, временные интервалы между перепадами выходного напряжения.

Перепады выходного напряжения или устойчивые состояния триггера можно принять в качестве логической информации «О» и «1». В таком случае триггер можно использовать в качестве запоминающегося устройства, которое хранит один разряд числа, представленного в двоичном коде.

На рисунке 35 изображена схема симметричного транзисторного триггера и его временные диаграммы.

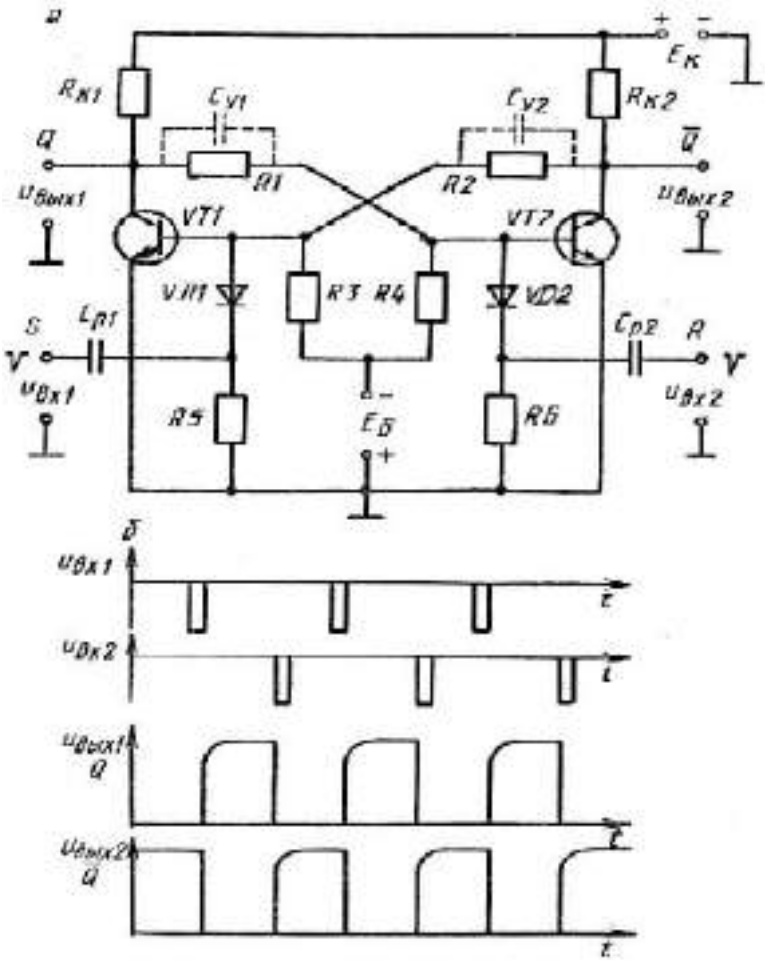


Рисунок 35. Схема симметричного триггера с коллекторного–базовыми связями (а) и графики напряжений на его входах и выходах (б).

Напряжения на коллекторах транзисторов служат выходными сигналами триггера. Из приведенных графиков и принципа работы следует, что уровни сигналов на выходах являются взаимно инверсными и по состоянию одного выхода можно судить о состоянии другого. Один из выходов называют прямым и обозначают буквой Q. Другой выход – инверсный – обозначается Q. В силу симметрии схемы прямым или инверсным может быть назначен любой выход триггера. Состояние триггера называют единичным, если на прямом выходе имеется уровень напряжения, соответствующий единице, а на инверсном – логическому нулю, т.е., Q = 1, Q =0.

Вход, на который подается сигнал, устанавливающий триггер в состоянии 1, обозначают буквой S. Вход, на который поступает сигнал, устанавливающий триггер в состояние О (Q =О, Q =1), обозначают R (от англ. set – установка и reset - сброс). Такой триггер с раздельным запуском получил название RS – триггера.

Интегральные триггеры используются как самостоятельные устройства и, кроме того, входят в состав различных функциональных устройств: счетчиков, регистров, запоминающих устройств и т. п. Современные интегральные триггеры часто строятся на основе нескольких логических элементов, объединённых в одну микросхему. Они могут иметь несколько входов и различаться способами ввода входной информации. Для преобразования входной информации в требуемую

комбинацию управляющих сигналов в триггере имеется устройство управления. Это устройство позволяет значительно расширить функциональные возможности триггера.

Обобщенная структурная схема триггера с устройством управления показана на рисунке 36.

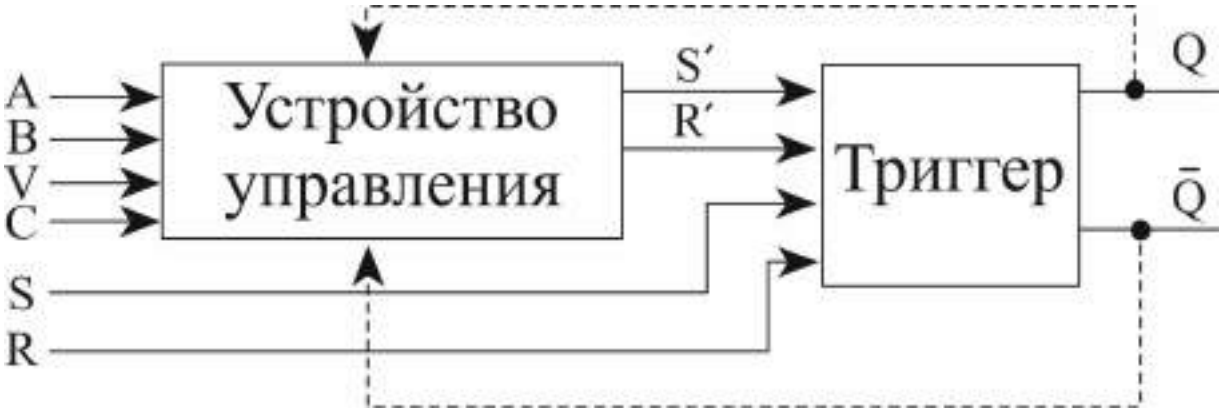


Рисунок 36. Структурная схема триггерной системы

A, B - информационные (логические) входы;

V-подготовительный вход;

и R' – внутренние входы; S и R – внешние входы; Q и Q- внешние выходы.

Входные сигналы A, B, V, C, S, Rв зависимости от выполняемой роли подразделяются на информационные (логические), подготовительные (разрешающие) и исполнительные (командные). Входы триггера, на которые подаются эти сигналы, соответственно носят названия: информационные (логические), предустановочные (подготовительные) и тактовые (синхронизирующие). В зависимости от назначения триггера предустановочные и тактовые входы могут отсутствовать, в то время как информационные входы имеются у каждого триггера.

Вопросы для самопроверки:

1. Какое электронное устройство называют триггером?
2. Что является основной структуры триггера?
3. В каких состояниях может находится триггер ?
4. Как классифицируется триггер?
5. Как обозначаются входные состояния триггеров? Информационные входы?
6. В каких случаях RS- триггеры принимает неопределенное состояние?
7. Какой триггер называется триггером задержки? Со счетным входом? Универсальным? Почему?
8. Покажите условные обозначения а схемах RS- триггеров, D-триггеров,T – триггеров,JK- триггеров.

Вторичные источники электропитания (ВИЕП) электронных устройств

Общие сведения об источниках питания

Содержание программы

Понятие о вторичных источниках электропитания (ВИЭП). Их классификация. Основные требования к ВИЭП.

Функциональная схема ВИЭП.

Литература: [1, § 8.1]; [2, §15.1]; [5, §15.1]; [7, §32]; [13, §9.1,§9.2].

Методические указания

Для работы любого электронного устройства требуется источник питания, вырабатывающий одно или несколько напряжений постоянного тока, отвечающих определенным требованиям. В промышленной электронике такими устройствами чаще всего являются выпрямители.

Выпрямители называют устройства, предназначенные для преобразования энергии переменного тока в энергию постоянного тока.

Структурная схема выпрямительного устройства изображена на рисунке 37.

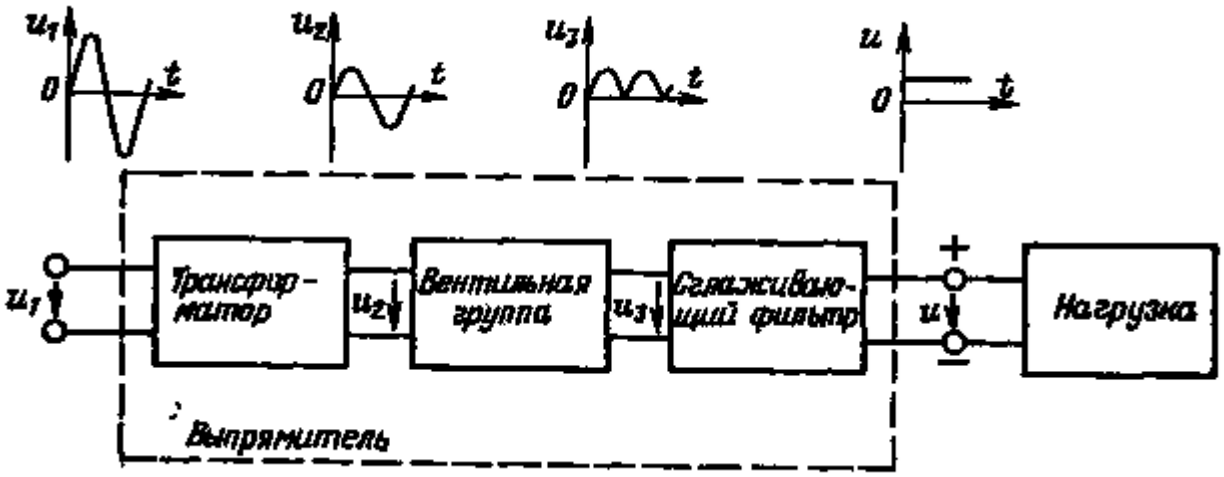


Рисунок 37. Структурная схема выпрямителя.

На вход выпрямителя подается сетевое переменное напряжение U_1, которое с помощью трансформатора изменяется до требуемого значения U_2. Кроме того, трансформатор осуществляет развязку блоков выпрямителя и его нагрузку от сетевой электрической линии; такая развязка цепей повышает электробезопасность обслуживания. После трансформатора переменное напряжение U_1 преобразуется выпрямительными элементами (вентилями) в пульсирующее напряжение U_3. Выпрямительными элементами могут быть полупроводниковые диоды, тиристоры и другие приборы, обладающие односторонней электропроводимостью. Количество выпрямительных элементов зависит от схемы выпрямителя.

Сглаживающий фильтр используется для уменьшении пульсации выпрямленного напряжения.

Стабилизатор постоянного напряжения, установленный после фильтра, поддерживает неизменным напряжение Uн на нагрузочном устройстве при изменении выпрямленного напряжения или сопротивления нагрузки. В зависимости от условий работы и требований, предъявляемых к выпрямительным

устройствам, отдельные его элементы могут отсутствовать. Например, если напряжение сети соответствует требуемому значению выпрямленного напряжения, то может отсутствовать трансформатор, а в отдельных случаях – стабилизатор постоянного напряжения.

В соответствии с возможностью регулирования выходного напряжения различают неуправляемые и управляемые выпрямители.

По числу фаз выпрямляемого напряжения переменного тока выпрямители подразделяются на однофазные, трехфазные и многофазные. Однофазные выпрямители применяются для питания электронных устройств малой мощности. Для питания электронных устройств средней и большой мощности обычно используются трехфазные выпрямители. Однофазные выпрямители подразделяются на однополупериодные и двухполупериодные.

Основными параметрами выпрямителей являются средние значения выпрямленного напряжения Ucp и Icp, действующее значения. Напряжения U_2 и тока I_2 вторичной обмотки трансформатора, коэффициент пульсации выпрямленного напряжения Кп, коэффициент сглаживания пульсации Ксг, коэффициент полезного действия (КПД), типовая мощность трансформатора Stp = 0,5 (S_1+S_2), где $S_1=U_1 \cdot I_1$ и $S_2=U_2 \cdot I_2$. Кроме того, каждый из функциональных узлов характеризуется отдельной системой параметров и коэффициентов.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определения выпрямителям.
2. Нарисуйте обобщенную структурную схему выпрямительного устройства.
3. Как классифицируются выпрямители?
4. Назовите основные параметры выпрямителей.

Однофазные и трехфазные выпрямители

Содержание программы

Неуправляемые однофазные выпрямители: однополупериодные и двухполупериодные. Неуправляемые трехфазные выпрямители. Схема выпрямителя с выводом нулевой точки. Мостовая схема выпрямителя (схема Ларионова).

Литература: [1, §8.2; 8.3;8.4]; [2, §15.2; 15.3; 15.4]; [5, §15.2; 15.3;15.6]; [13, §9.3; 9.8].

Методические указания

Для примера на рисунке 38 приведены схема однофазного двухполупериодного мостового выпрямителя (а) и временные диаграммы напряжений и токов (б) в ней.

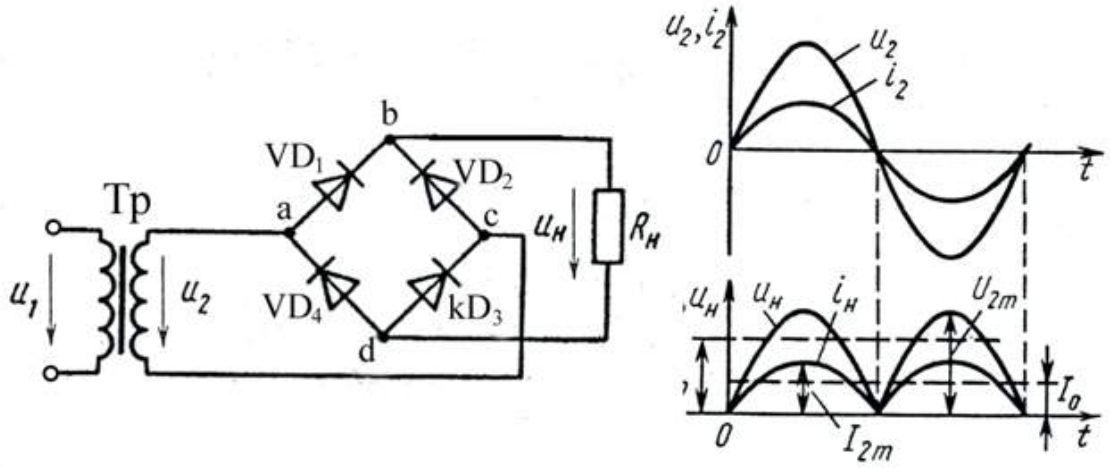


Рисунок 38. Однофазный двухполупериодный мостовой выпрямитель (а) и временные диаграммы напряжений и токов (б).

На практике часто случаются случаи, требующие возможности изменения напряжения на выходе выпрямителя в широких пределах (например, для управления скоростью электродвигателей постоянного тока). В таких выпрямителях применяют управляемые выпрямительные элементы, в качестве которых в настоящее время обычно используют тринисторы. Управляемый выпрямитель отличается от неуправляемого наличием устройства управления, которое осуществляет управление переводом тринисторов в проводящее состояние.

Вопросы для самопроверки:

1. Как построена двухполупериодная схема выпрямителя с выводом нулевой точки?
2. Чем отличается мостовая схема выпрямителя от схемы с выводом нулевой точки?
3. Опишитеработутрехфазной схемы выпрямления с выводом нулевой точки.
4. В чем заключаются преимущества трехфазной схемы выпрямления по сравнению с однофазной?
5. Как работает трехфазная мостовая схема выпрямителя?

Управляемые выпрямители

Содержание программы

Управляемые однофазные и трехфазные выпрямители: схемы, принцип работы.

Литература: [1, §8.2; 8.3; 8.4]; [2, §15.2; 15.3; 15.4]; [5, § 15.2; 15.3; 15.6]; [13, §9.3; 9.8].

Методические указания

Однофазный управляемый двухполупериодный выпрямитель с выводом от средней точки обмотки трансформатора представлен на рисунке 39, а моменты отпирания тиристоровТР$_1$ и ТР$_2$ определяются моментами поступления на их управляющие электроды импульсов тока (рисунок 39 (б)) , задержанных относительно момента перехода через нуль вторичных напряжений на некоторое

время, которое соответствует фазовому углу , называемому углом управления. Среднее значение выпрямленного напряжения зависит от угла управления.

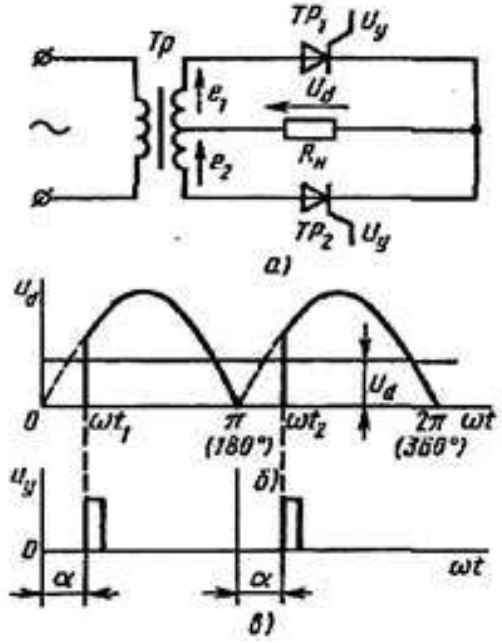


Рисунок 39. Однофазный управляемый двухполупериодный выпрямитель с выводом от средней точки обмотки трансформатора.

Вопросы для самопроверки:

1. Опишите работу однофазной двухполупериодной схемы выпрямителя на тиристорах.
2. Как зависит выпрямленное напряжение от угла управления а?
3. Каковы основные достоинства тиристорных схем управления электродвигателями постоянного тока?

Сглаживающие фильтры

Содержание программы

Общие сведения о сглаживающих фильтрах. Емкостный, индуктивный фильтры. Г- образный, П- образный фильтры. Электронные фильтры.

Литература: [1, гл. 9]; [2, §15.5]; [5, § 15.4]; [13, §9.4].

Методические указания

Сглаживающие фильтры предназначаются для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения до уровня, при котором нормально работает потребитель. Фильтры включают между собой выпрямительным блоком и нагрузкой.

Основным параметром, характеризующим эффективность действия сглаживающего фильтра, является коэффициент сглаживания, равный отношению коэффициентов пульсаций на входе и выходе фильтра:

$$Ксг = К_{пвх}/К_{пвых} \qquad (13)$$

В зависимости от типа фильтрующего элемента различают емкостные, индуктивные и электронные фильтры. По количеству фильтрующих звеньев фильтры делятся на однозвенные и многозвенные.

Вопросы для самопроверки:

1. Для каких целей применяют сглаживающие фильтры?
2. Какие требования предъявляют к сглаживающим фильтрам?
3. Что называют коэффициентом сглаживания фильтра?
4. Где применяют простейшие индуктивные и ёмкостные фильтры?
5. В каких случаях применяют резистивно-ёмкостные фильтры?

Электронные стабилизаторы постоянного напряжения

Содержание программы

Понятие об электронных стабилизаторах постоянного напряжения. Параметрические и компенсационные стабилизаторы напряжения.

Стабилизаторы напряжения на ИМС.

Литература: [1, §10.4]; [2, §15.6, 15.7]; [Л5, §15.5]; [13, §9.6].

Методические указания

Электронные стабилизаторы постоянного напряжения подразделяются на параметрические, компенсационные и комбинированные.

Основным параметром стабилизаторов напряжения является коэффициент стабилизации, равный отношению относительного изменения напряжения на входе стабилизатора (ΔUвх / Uвх) к относительному изменению напряжения на его выходе (ΔUвых / Uвых):

$$Ксг = \frac{\Delta Uвх}{Uвх} : \frac{\Delta Uвых}{Uвых} = \frac{\Delta Uвх \cdot Uвых}{\Delta Uвых \cdot Uвх} \qquad (14)$$

Принцип работы параметрического стабилизатора напряжения, рисунок 40, заключается в поддержании постоянного напряжения на выходе за счет перераспределения токов, протекающих через линейный (Ro) и нелинейный элементы. В качестве нелинейных элементов применяются газоразрядные или кремниевые стабилизаторы.

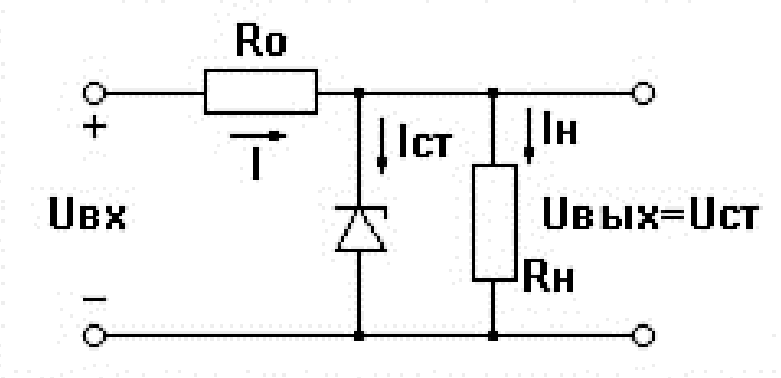


Рисунок 40. Параметрический стабилизатор напряжения.

Компенсационный стабилизатор напряжения, рисунок 41, представляет собой систему автоматического регулирования. Сущность компенсационного

метода стабилизации напряжения состоит в том, что в процессе стабилизации с помощью измерительного устройства У осуществляется сравнение выходного напряжения с опорным или эталонным Uоп. Разностное напряжение усиливается и подается на регулирующий элемент Р, изменяя его сопротикление таким образом, чтобы уровень элемент Р, изменяя его сопротивление таким образом, чтобы уровень выходного напряжения не изменялся при изменении выходного напряжения.

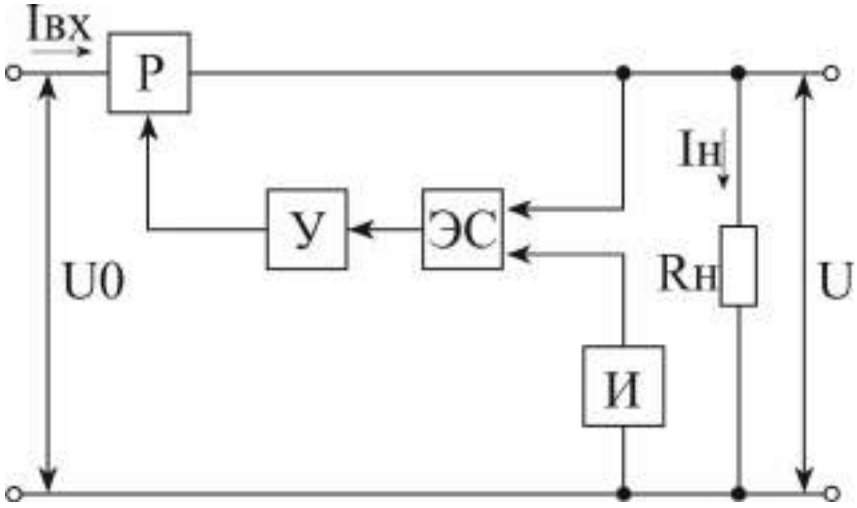


Рисунок 41. Компенсационный стабилизатор напряжения.

Регулирующий элемент может включать последовательно, или паралельно, с нагрузкой. В качестве регулирующих и измерительных элементов обычно используется транзисторы.

Широкое распространение в настоящее время получили интегральные электронные стабилизаторы на основе микросхем серии К142.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определения стабилизатора напряжения.
2. Как классифицируются стабилизаторы?
3. Что называется стабилизатором напряжения?
4. Чем отличаются стабилизаторы параметрического и компенсационного типов?
5. По каким схемам могут быть построенны стабилизаторы на стабилитронах?
6. Каковы достоинства и недостатки компенсационных стабилизаторов?

Преобразователи напряжения

Содержание программы

Общие сведения о преобразователях напряжений. Инверторы. Конверторы.

Литература: [1,гл.11]; [13,§ 9.9, 9.10, 9.11].

Методические указания

В современной технике всё чаще применяются источники питания с бестрансформаторным входом (ИПБВ), часто их называют импульсными

источниками питания (ИИП). Общая структурная схема такого источника питания представлена на рисунке 42.

Отсутствие в ИПБВ низкочастотного трансформатора питания существенно уменьшает его массу и габариты и увеличивает КПД. ИПБВ рационально применять при выходной мощности свыше 15-25 Вт.

Гальваническая развязка выходной цепи ИПБВ отвходной питающей сети осуществляется трансформатором инвертора.

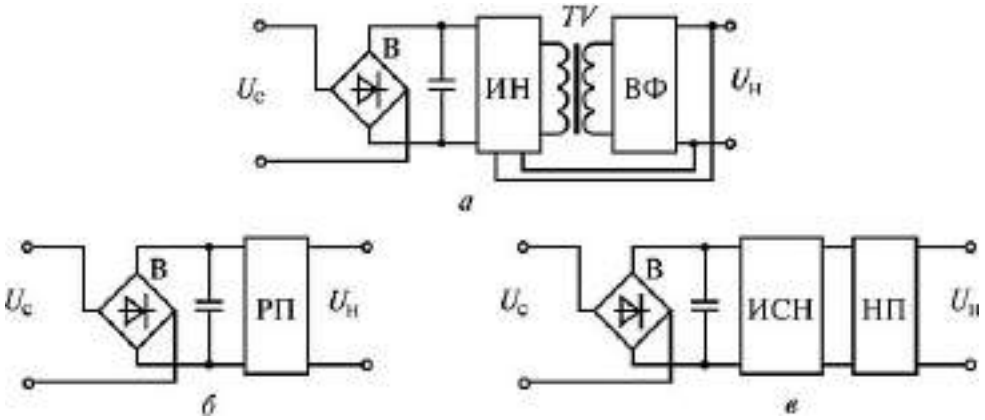


Рисунок 42.Общая структурная схема источника питания с бестрансформаторным входом.

Преобразование переменного тока сети в постоянный ток нужного напряжения в ИПБВ происходит в такой последовательности: выпрямление сетевого тока входным выпрямителем с емкостным фильтром; преобразование выпрямленного напряжения сети в импульсное напряжение повышенной частоты; трансформирование импульсного напряжения до величин требуемого значения; выпрямление вторичых напряжений, фильтрация их пульсаций и стабилизация напряжений.

Применение на входе ИПБВ двухполупериодного мостового выпрямителя уменьшает максимальное обратное напряжение на диодах.

Выпрямленное и отфильтрованное напряжение сети подается на инвертор, который преобразует постоянное напряжение входного выпрямителя в импульсное напряжение повышенной частоты порядка 20-50 кГц.

Инвертированием в источниках питания называют процесс, обратный выпрямлению, т.е. процесс преобразования постоянного тока в переменный ток требуемого напряжения и частоты.

Основными элементами инверторов являются коммутирующие приборы (устройства), которые периодически прерывают ток или изменяют его направление. В качестве коммутирующих приборов применяют тиристоры и транзисторы, работающие в режиме «открыть - закрыть»,благодаря чему КПД инверторов очень высок (до 95-99 %). Следует добавить, что полупроводниковые ключи и преобразователи на них имеют малые габариты, массу и стоимость, большой срок службы.

Импульсное напряжение с выхода инвертора подается на усилитель мощности, нагрузкой кородого является импульсный трансформатор, к фторичным обмоткам которого подключены выходные выпрямители с фильтрами.

Стабилизация выходного выпрямленного напряжения реализуется в инвертное методом широтно – импульсной модуляции или включениемстабилизатора или после него.

Для управления работой ИПБВ в них применяют: цепи запуска коммутирующих элементов проебразователя; цепи обратной связи, обеспечивающие усточивость ИПБВ как системы автоматического регулирования с широтно-импульсной модуляцией и стабилизацию выходного напрядения; цепи защиты от перегрузки по току и короткого замыкания.

Существует много разновидностей схем ИПБВ по исполнению входных выпрямителей, устройств преобразования и управления, схем стабилизации выходных напряжений и токов, цепей защиты и т.п. В схемах ИПБВ могут отсутствовать некоторые элементы в зависимости от назначения и требуемых параметре источника питания.

Вопросы для самопроверки:

1. Что называется инвертором, конвертором?
2. Что является основными элементами инверторов, конверторов?
3. Классификация инвенторов, конверторов.
4. Поясните работу инвертора, ведомого сетью.
5. Где применяются автономные тиристорные инверторы?

Варианты заданий

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,37,64, 84,117	28,57,74, 94,127	35, 58, 82, 104, 137	7, 49, 83, 114, 119	1, 50, 82, 91, 129	34, 42, 83, 101, 139	12, 43, 82, 111, 121	5, 62, 79, 88, 131	36, 63, 83, 98, 141	20, 56, 64, 108, 123
1	23,40,65, 85,118	2,38,75, 95,128	27, 59, 81, 105, 138	15, 48, 64, 115, 120	19, 51, 81, 92, 130	13, 41, 64, 102, 140	6, 44, 81, 112, 122	35, 61, 64, 89, 132	19, 37, 82, 99, 142	15, 55, 65, 109, 124
2	8,41,66, 86,119	22,56,76, 96,129	3, 39, 80, 106, 139	26, 47, 65, 116, 121	11, 52, 80, 93, 131	7, 40, 65, 103, 141	34, 45, 80, 113, 123	18, 60, 65, 90, 133	14, 38, 81, 100, 143	24, 54, 66, 110, 125
3	13,42,67 87,120	27,55,77, 97,130	21, 60,79, 107, 140	4, 46,66, 84, 122	25, 53, 79, 94, 132	33, 39, 66, 104, 142	17, 46, 79, 114, 124	12, 59, 66, 91, 134	25, 39, 80, 101, 144	29, 52, 67, 111, 126
4	28,43,68, 88,121	31,54,78, 98,131	33, 61, 78, 108, 141	8, 45, 67, 85, 123	5, 54, 78, 95, 133	16, 38, 67, 105, 143	4, 47, 78, 115, 125	3, 58, 67, 92, 135	2, 40, 79, 102, 117	1, 51, 68, 112, 127
5	24,44,69, 89,122	14,53,79, 99,132	9, 62, 77, 109, 142	32, 44, 68, 86, 124	15, 55, 77, 96, 134	6, 37, 68, 106, 144,	24, 48, 77, 116, 126	11, 57, 68, 93, 136	17, 41, 78, 103, 118	23, 50, 69, 113, 128
6	20,45,70, 90,123	10,52,80, 100,133	31, 63, 76, 110, 143	14, 43, 69, 87, 125	32, 56, 76, 97, 135	20, 63, 69, 107, 117	7, 49, 76, 84, 127	23, 56, 69, 94, 137	5, 42, 77 104, 119	18, 49, 70, 114, 129
7	14,46,71, 91,124	30,51,81, 101,134	13, 37, 75, 111, 144	10, 42, 70, 88, 126	26, 57, 75, 98, 136	31, 62, 70, 108, 118	19, 50, 75, 85, 128	8, 55, 70, 95, 138	22, 43, 76, 105, 120	6, 48, 71, 115, 130
8	29,47,72, 92,125	12,50,82, 102,135	3, 38,74, 112, 117	27, 41, 71, 89, 127	16, 58, 74, 99, 137	22, 61, 71, 109, 119	30, 51, 74, 86, 129	18, 54, 71, 96, 139	9, 44, 75, 106, 121	21, 47, 72, 116, 131
9	11,48,73, 93,126	2,49,83, 103,136	28, 39,73, 113, 118	9, 40, 72, 90, 128	21, 59, 73, 100, 138	4, 60, 72, 110, 120	36, 52, 73, 87, 130	29, 53, 72, 97, 140	17, 45, 74, 107, 122	10, 46, 73, 84, 132

Вопросы и задачи к контрольной работе

1. Для чего предназначены резисторы? Приведите классификацию резисторов и их условные обозначения.
2. Поясните основные параметры резисторов и их маркировку.
3. Для чего преднзначены конденсаторы? Приведите классификацию конденсаторов и их условные обзначения.
4. Поясните основные параметры конденсаторов и их маркировку.
5. Для чего предназначены катушки индуктивности? Приведите их классификацию, условные обозначения.
6. Поясните основные параметры катушек индуктивности.
7. Назовите полупроводниковые материалы. Объясните явления собственной и примесной проводимости.
8. Как получить примесные полупроводники? Какую электропроводность они будут иметь?
9. Объясните механизм образования электронно-дырочного перехода (ЭДП).
10. Объясните процессы, происхождения в ЭДП при отсутствии внешнего смещения.
11. Объясните процессы, происходящие в ЭДП при прямом смещении.
12. Объясните процессы, происходящие в ЭДП при обратном смещении.
13. Поясните вольт-амперную характеристику (ВАХ) ЭДП.
14. Назовите виды полупроводниковых приборов и охарактеризуйте их.
15. Приведите классификацию, принцип работы, условные графические обозначения полупроводниковых резисторов.
16. Что такое полупроводниковый диод? Какие разновидности диодов вы знаете?
17. Объясните устройство и назначение диодов, их ВАХ и основные параметры.
18. Перечислите и опишите виды пробоев.
19. Что такое стабилитрон? Начертите ВАХ стабилитрона и объясните принцип его работы.
20. Что такое варикап, туннельные и обращенные диоды, диоды Шоттки?
21. Что такое биполярный транзистор? Приведите классификацию и объясните назначение.
22. Объясните принцип работы биполярного транзистора.
23. Объясните режимы работы биполярных транзисторов.
24. Начертите основные схемы включения биполярных транзисторов и поясните какие токи и напряжения являются входными, а какие выходными.
25. Начертите статические характеристики биполярных транзисторов. Дайте определения.
26. Как определяют h-параметры транзисторов?
27. Что такое полевой транзистор? Приведите классификацию полевых транзисторов и их условные графические обозначения.
28. Опишите принцип работы полевого транзистора с управляющим p-nпереходом.

29. Начертите статические характеристики полевого транзистора с управляющим p-n переходом и дайте их определения.
30. Опишите принцип работы полевых транзисторов с индуцированным и встроенным каналом.
31. Опишите назначение, устройство, принцип действия тиристоров. Начертите их условные графические обозначения.
32. Опишите основные параметры и характеристики тиристоров.
33. Опишите устройство, назначение, принцип действия, ВАХ фоторезисторов.
34. Опишите устройство, назначение, принцип действия, ВАХ фотодиодов.
35. Опишите устройство, назначение, принцип действия светодиодов.
36. Чем отличаются аналоговые и цифровые интегральные микросхемы (ИМС)? Что такое степень интеграции ИМС? Как маркируют ИМС?
37. Опишите способы создания полупроводниковых, пленочных и гибридных ИМС.
38. Опишите конструкцию, принцип действия, достоинства и недостатки газоразрядных и вакуумно-люминесцентных индикаторов.
39. Опишите конструкцию, принцип действия, достоинства и недостатки полупроводниковых и жидкокристаллических индикаторов.
40. Опишите принцип действия электронных усилителей. Начертите обобщенную функциональную схему усилительного каскада.
41. Приведите классификацию, основные параметры и характеристики усилителей.
42. Назовите виды обратных связей. Как влияют обратные связи на параметры усилителя?
43. Объясните режимы работы усилительного каскада в зависимости от положения рабочей точки.
44. Начертите схему усилителя на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером. Объясните принцип его работы.
45. Начертите схему усилителя с фиксированным током базы. Объясните принцип его работы.
46. Начертите схему усилителя с фиксированным напряжением базы. Объясните принцип его работы.
47. Начертите схему усилителя с эмиттерной термостабилизацией . Объясните принцип его работы.
48. Начертите схему однокаскадного усилителя синусоидальных сигналов. Объясните принцип его работы.
49. Начертите схему усилительного каскада с общим коллектором (эмиттерный повторитель). Объясните принцип его работы.
50. Начертите схему усилительного каскада на полевом транзисторе. Объясните принцип его работы.
51. Начертите схемы выходных каскадов усилителя (усилители мощности). Объясните принцип их работы.
52. Начертите схему импульсного усилителя. Объясните принцип его работы.

53. Начертите схему многокаскадного усилителя. Объясните принцип его работы.
54. Начертите схему усилителя с гальваническими связями (УГС). Объясните принцип его работы и явление дрейфа нуля в УГС.
55. Начертите схемы балансного и дифференциального усилителя. Объясните принцип их работы.
56. Что такое операционный усилитель (ОУ)? Опишите назначение, устройство, начертите условное обозначение.
57. Начертите схемы инвертирующих, неинвертирующих ОУ, сумматоров, интегрирующих и дифференцирующих усилителей. Объясните их назначение и принцип работы.
58. Дайте определение электронного генератора гармонических колебаний. Начертите схемы LC- и RC- генераторов и объясните принцип их работы.
59. Нарисуйте виды импульсов. Назовите их параметры.
60. Как происходит формирование импульсов дифференцирующими и интегрирующими RC-цепями?
61. Для чего служат амплитудные ограничители? Назовите их разновидности и по схемам объясните принцип действия.
62. Начертите схему электронного ключа на биполярном транзисторе. Объясните принцип его работы.
63. Опишите переходные процессы в ключах и способы увеличения их быстродействия.
64. Объясните основные логические операции.
65. Начертите базовые логические элементы. Назовите их основные параметры.
66. Начертите схему мультивибратора на дискретных элементах. Объясните принцип его работы.
67. Начертите схему одновибратора на дискретных элементах, объясните принцип его работы.
68. Начертите схемы генераторов линейного изменяющегося напряжения. Объясните принцип их работы.
69. Начертите схемы компараторов напряжения с гистерезисом и без. Объясните принцип их работы.
70. Что такое триггер? Объясните устройство, назначение и принцип работы.
71. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи: назначение и принцип работы.
72. Цифровые счетчики импульсов: назначение область применения, виды.
73. Шифраторы и дешифраторы: назначение, область применения.
74. Вторичные источники питания: классификация, основные требования к ним.
75. Начертите схему управляемого выпрямителя. Объясните принцип работы.
76. Операционные усилители. Типовое применение.
77. Объясните принцип действия логического элемента И.
78. Объясните принцип действия логического элемента НЕ.

79. Объясните принцип действия логического элемента ИЛИ.
80. Начертите схемы однофазных выпрямителей. Объясните принцип их работы.
81. Начертите схемы трехфазных выпрямителей. Объясните принцип их работы.
82. Начертите схемы сглаживающих фильтров. Объясните назначение, виды и принцип их работы.
83. Начертите схему электронного стабилизатора постоянного напряжения. Объясните принцип его работы.

Задачи 84-89

Составить схему трехфазного выпрямителя на трех диодах. Пояснить порядок составления схемы. Начертить схему выпрямителя.

Номер задачи	Тип диода	Параметры диода		Данные варианта	
		Iдоп, А	**Uобр, В**	**Pd, Вт**	**Ud, В**
84	Д303	3	150	300	100
85	Д242	5	100	800	80
86	Д205	0,4	400	300	300
87	Д222	0,4	600	400	200
88	Д218	0,1	1000	200	400
89	Д234Б	2	200	600	150

Задачи 90-94

Составить схему однофазного двухполупериодного выпрямителя с выводом от средній точки вторичной обмотки трансформатора. Пояснить порядок составления схемы для диодов с приведенными параметрами. Начертить схему выпрямителя.

Номер задачи	Тип диода	Параметры диода		Данные варианта	
		Iдоп, А	**Uобр, В**	**Pd, Вт**	**Ud, В**
90	Д207	0,1	200	20	60
91	Д214А	10	100	800	50
92	Д209	0,1	400	300	100
93	Д232	10	400	1000	200
94	КД202А	3	50	120	15

Задачи 95-99

Однофазный двухполупериодный выпрямитель с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора должен питать потребитель постоянным током. Выберите один из трех типов полупроводниковых диодов для схемы выпрямителя и поясните свій выбор. Начертить схему выпрямителя.

Номер задачи	Тип диода	Параметры диода		Данные варианта	
		Iдоп, А	**Uобр, В**	**Pd, Вт**	**Ud, В**
95	Д244Б	2	50	150	20
	Д214	5	100		
	Д243Б	2	200		

96	Д243Б	10	200	400	80
	Д226	0,3	400		
	Д231	10	300		
97	Д242А	10	100	150	50
	Д222	0,4	600		
	Д215Б	2	200		
98	Д7Г	0,3	200	20	150
	Д217	0,1	80		
	Д242Б	2	100		
99	Д215А	10	200	800	120
	Д231	10	300		
	Д234Б	5	600		

Задачи 100-109

Составить схему однофазного мостового выпрямителя. Пояснить порядок составления схемы. Начертить схему выпрямителя.

Номер задачи	Тип диода	Параметры диода		Данные варианта	
		Iдоп, А	**Uобр, В**	**Pd, Вт**	**Ud, В**
100	Д7Г	0,3	200	80	100
101	Д224	5	50	200	50
102	Д217	0,1	800	150	500
103	Д305	6	50	300	20
104	Д214	5	100	600	80
105	Д207	0,1	200	30	100
106	Д302	1	200	250	150
107	Д243Б	2	200	300	200
108	Д221	0,4	400	250	200
109	Д233Б	5	500	500	400

Задачи 110-116

Составить схему трехфазного выпрямителя с нейтральным выводом, выбрать один из трех типов полупроводниковых диодов. Начертить схему выпрямителя. Пояснить выбор.

Номер задачи	Тип диода	Параметры диода		Данные варианта	
		Iдоп, А	**Uобр, В**	**Pd, Вт**	**Ud, В**
110	Д224	5	50	90	30
	Д207	0,1	200		
	Д214Б	2	200		

111	Д215А	10	200	100	400
	Д234Б	5	600		
	Д218	0,1	100		
112	Д244А	10	50	60	80
	Д7Г	0,3	200		
	Д210	0,1	500		
113	Д232	10	400	900	150
	КД202Н	1	500		
	Д222	0,4	600		
114	Д304	3	100	200	40
	Д244	5	50		
	Д226	0,3	400		
115	Д305	6	50	100	40
	Д302	1	200		
	Д222	0,4	600		
116	Д243А	10	200	600	200
	Д233Б	5	500		
	Д217	0,1	800		
	Д226А	0,3	30		
	Д22А	10	50		

Задачи 117-121

Для транзистора,включенного по схеме с общим эммитером, используя входные и выходные характеристики, определить коэффициент усиления $h_{21э}$, величину сопротивлений нагрузки $Rк_1$ и $Rк_2$ и мощности на коллекторе $Pк_1$ и $Pк_2$, если известно напряжение на базе $U_{БЭ}$, напряжение на коллекторе $U_{КЭ1}$и $U_{КЭ2}$ и напряжение источника питания $Eк$

Номер задачи	Номера рисунков	$U_{БЭ}$	$U_{КЭ1}$	$U_{КЭ2}$	$E_К$
117	9;10	0,3	20	30	40
118	11;12	0,2	10	20	40
119	13;14	0,15	20	25	40
120	15;16	0,2	10	20	40
121	17;18	0,1	25	30	40

Задачи 122-126

Для транзистора, включенного по схеме с общим эммитером, заданы:
Напряжение на базе $U_{БЭ}$;
сопротивление нагрузки $Rк$;
напряжение источника питания $Eк$;
Используя выходную и входную характеристики транзистора определить:

напряжение коллектора $U_{КЭ}$;
ток коллектора $I_к$;
коэффициент усиления $h_{21э}$;
мощность на коллекторе $Pк$;
коэффициент передачи тока $h_{21э}$.

Номер задачи	Номера рисунков	$U_{БЭ}$,В	Rк, кОм	Ек, В
122	19;20	0,2	20	20
123	21;22	0,4	0,1	20
124	23;24	0,4	5	40
125	25;26	0,3	0,8	40
126	27;28	0,25	1	20

Задачи 127-132

В цепь транзистора включенного по схеме с общим эмиттером,включено сопротивление нагрузки, которое по изменяется по величине от $Rк_1$ до $Rк_2$. Заданы: $I_Б$и напряжение источника питания $Ек$. Используя выходные характеристики определитель:
Напряжение $U_{К1}$и $U_{К2}$;
коэффициент усиления $h_{21э}$;
мощность на коллекторе $Pк_1$ и $Pк_2$;

Номер задачи	Номера рисунков	$I_{Б}$,А	$Rк_1$, кОм	$Rк_2$, кОм	Ек,В
127	10	4	0,05	0,1	40
128	12	1	0,1	0,2	40
129	14	6	0,05	0,1	40
130	16	10	0,05	0,1	40
131	18	0,6	0,4	1,0	40
132	20	20	10	20	20

Задачи 133-138

Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером при заданных:
напряжение на базе $U_{БЭ}$;
сопротивлениях нагрузки $Rк_1$и $Rк_2$;
напряжения источника питания $Ек$;
используя входную и выходную характеристики, определить:
коэффициент усиления $h_{21э}$;
напряжение на коллекторе $U_{К1}$и $U_{К2}$;
мощность на коллекторе $Rк_1$и $Rк_2$.

Номер задачи	Номера рисунков	$U_{БЭ}$,В	Rк1, кОм	Rк2, кОм	Ек,В
133	9;10	0,4	0,05	0,1	40
134	11;12	0,1	0,1	0,2	40
135	13;14	0,15	0,1	0,2	40
136	15;16	0,1	0,025	0,05	40
137	17;18	0,15	0,5	1	40

138	19;20	0,25	10	20	20

Задачи 139-144

Для транзисторов, включенного по схеме с общим эмиттером заданы:
напряжение на базе $U_{БЭ}$;
напряжение на коллекторе $U_{КЭ}$;
напряжение источника питания $Ек$.
Используя входную и выходную характеристики, определить:
ток коллектора $I_к$;
коэффициент усиления $h_{21э}$;
сопротивление нагрузки $Rк$;
мощность на коллекторе $Pк$.

Номер задачи	Номера рисунков	$U_{БЭ}$	$U_{КЭ}$	Ек
139	9;10	0,4	20	40
140	11;12	0,2	15	40
141	13;14	0,2	20	40
142	15;16	0,25	10	40
143	17;18	0,2	15	40
144	19;20	0,25	10	20

Пример решения задач

Указания к решению задачи № 1

Общие положения

Выпрямительными называют устройства, предназначены для преобразования переменного тока в постоянный (выпрямление переменного тока), которые служат для питания электронных схем автоматики, регулируемого электропривода и автоматических систем управления технологическими процессами.

Классификация выпрямителей

Выпрямители подразделяют на:

Неуправляемые- выпрямленное на них напряжение неизменно по значению. Они применяются для питания большинства электронных устройств, выполненных как на дискретных, так и на ИМС;

Управляемые- выпрямленное на них напряжение изменяется по значению (регулируется);

Однофазные : однополупериодный и двухполупериодный-мостовой и с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора;

Многофазные (обычно трехфазные). Различают два типа трехфазных выпрямителей : с нейтральным выводом и мостовой.

По мощности их подразделяют на выпрямители малой (как правило, однофазные), средней и большой (трехфазные).

Схемы выпрямления

а) Однополупериодная

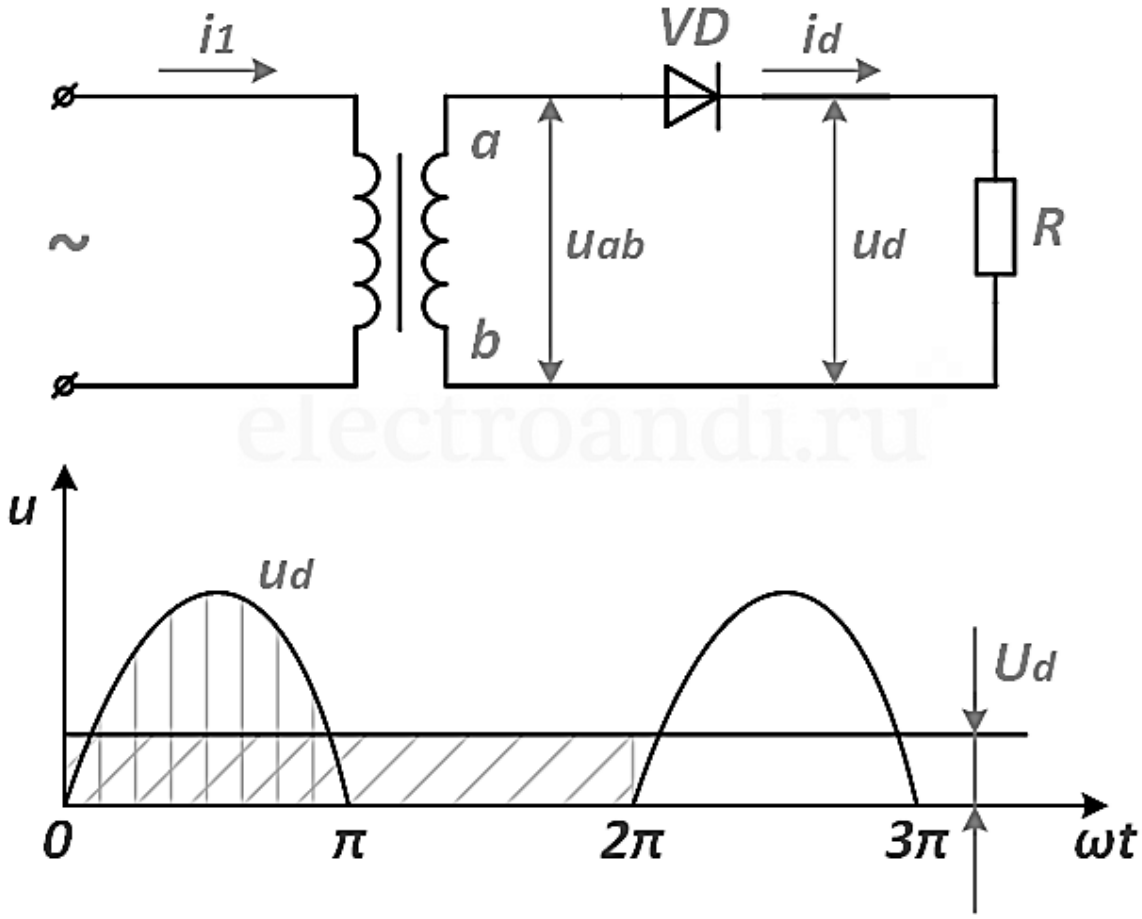


Рисунок 1. Схема однополупериодного выпрямителя и напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора

В этой схеме диод VDвключен последовательно с вторичной обмоткой трансформатора и сопротивлением нагрузки R. Работу данного выпрямителя (рисунок 1).

Недостатки однополупериодного выпрямителя:

1. Высокий уровень пульсации переменного тока (q=1,57)
2. Подмагничивание сердечника трансформатора постоянным током.

Эти недостатки отсутствуют в схемах двухполупериодных выпрямителей.

б) Двухполупериодная с выводом средней точки обмотки трансформатора

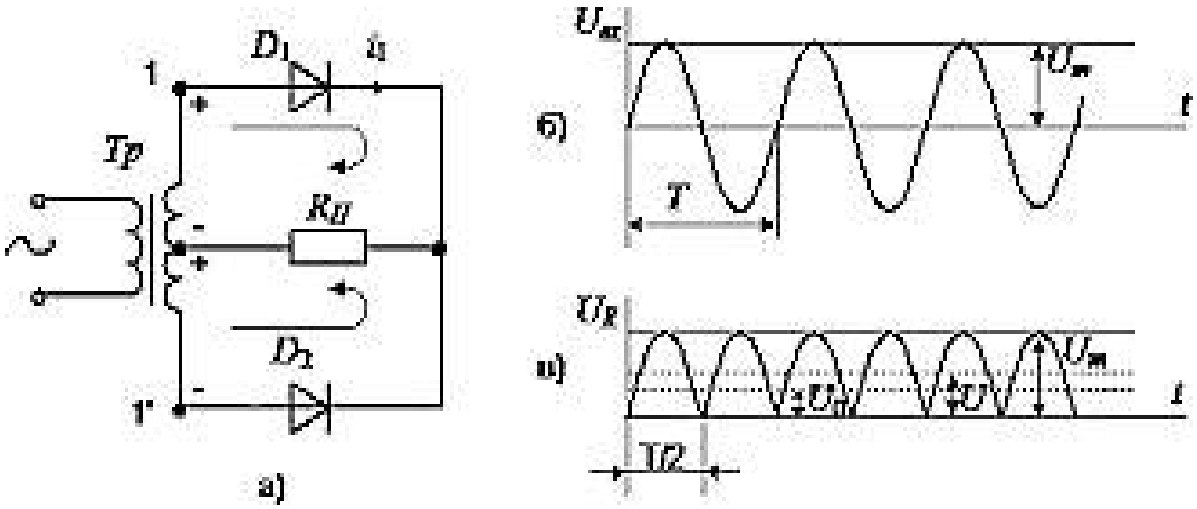


Рисунок 2. Двухполупериодная схема с выводом средней точки обмотки трансформатора и напряжения в данной схеме.

Данная схема представляет собой сочетание двух однополупериодных выпрямителей, включенных на нагрузочное сопротивление Rн (рисунок 2). Напряжение U_1 и U_1 должны быть равны по амплитуде и находятся в противофазе.

Однофазная двухполупериодная схема (рисунок 2) применяется в мощных выпрямителях для выпрямления низких напряжений, когда по обратному напряжению допускаются установка одного диода.

в) Однофазная мостовая схема выпрямления

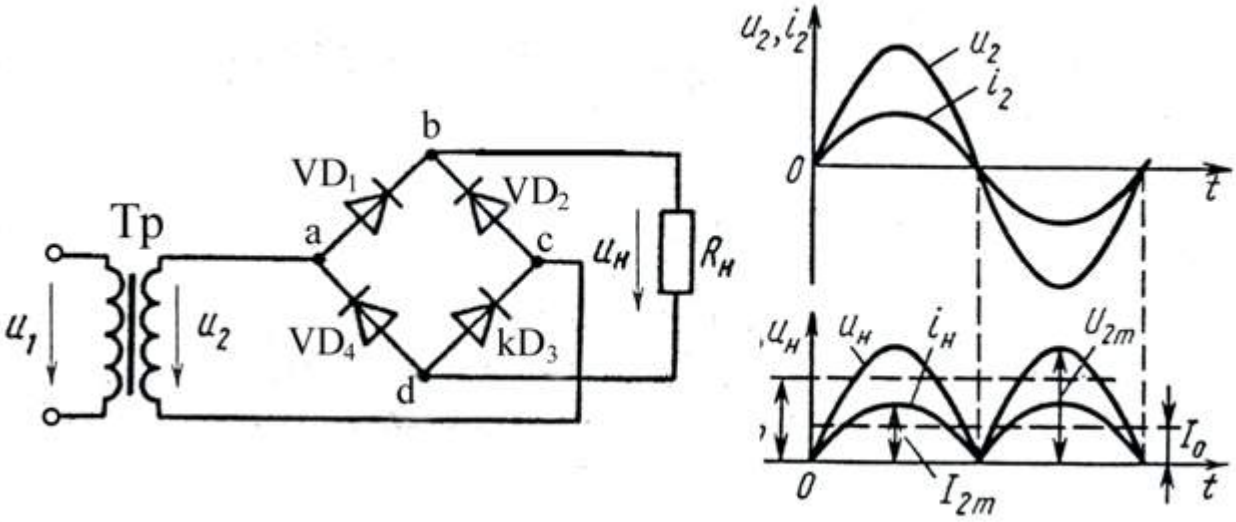


Рисунок 3. Однофазная мостовая схема выпрямления и напряжения в схеме.

Наиболее распространенной является мостовая схема выпрямления (рисунок 3) . В этой схеме к одной диагонали моста подведено переменное напряжение, а к другой подключена нагрузка. В этой схеме используется только одна вторичная обмотка трансформатора, напряжение которой в два раза меньше суммарного напряжения двух обмоток, соединенных последовательно (как показано на рис.2), следовательно, обратное напряжение на каждой группе диодов (VD_1-VD_3 и VD_2-VD_4), в два раза ниже, чем в схеме на рисунке 2.

Недостатком мостовых схем выпрямления является то, что использование большего количества диодов удваивает потери при прохождении прямого тока. Наиболее целесообразно применение этой схемы при больших токах и малых напряжениях на диодах.

г) Трехфазный выпрямитель с нейтральным выводом

Состоит из трехфазного трансформатора, вторичная обмотка которого соединена звездой трех диодов, включенных в каждую из фаз звезды (VD_1; VD_2; VD_3) и нагрузочного резистора Rн (рисунок 4)

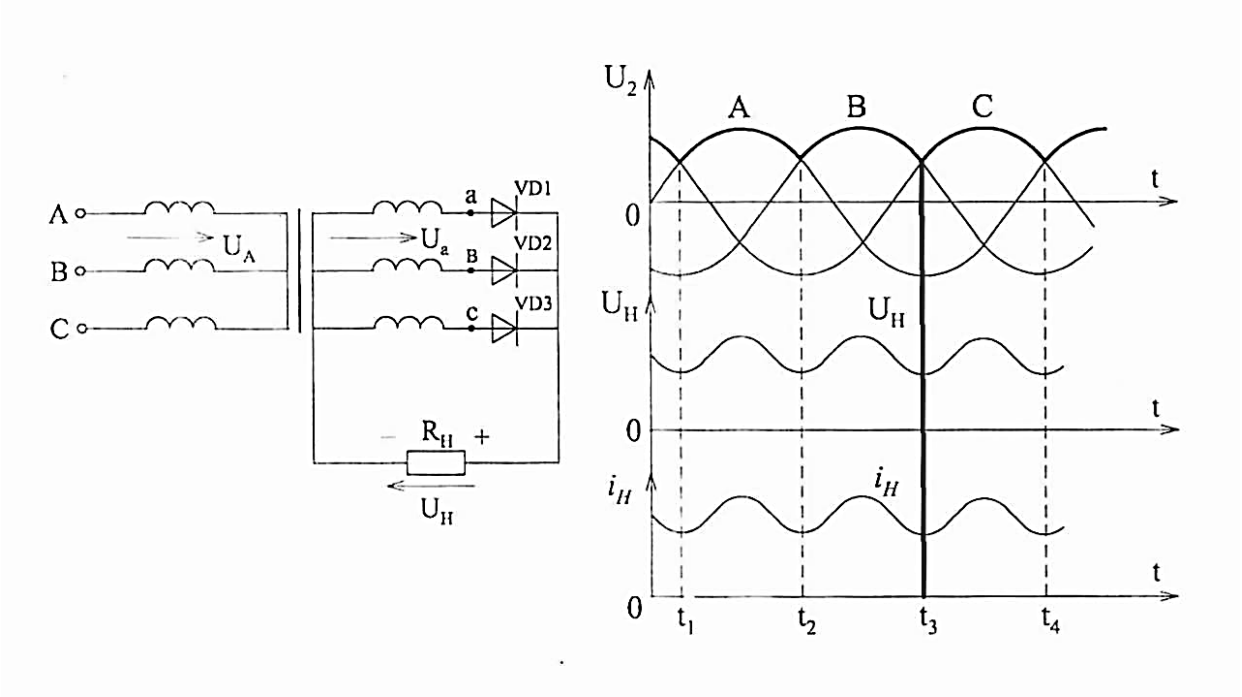


Рисунок 4.Трехфазный выпрямитель с нейтральным выводом и напряжения в схеме.

Три диода выпрямителя работают поочередно, каждый в течении 1/3 периода, когда потенциал анода работающего диода более положителен по отношению к потенциалам анодов двух других диодов. Выпрямленный ток через резистор Rн, создаваемый токами каждого диода, имеет одно и то же направление и поэтому равен сумме токов всех фаз:

$$i_d=i_a+i_b+i_c$$

Недостатками этой схемы являются следующие:

1. Не полностью используется мощность трансформатора (работает практически в однофазном режиме);

2. Обратное напряжение на диоде (Uобр) в 2 раза превышает напряжение на нагрузке (Uн);

3. Подмагничивание сердечника трансформатора постоянным током (снижается КПД выпрямителя).

д) Трехфазная мостовая схема (схема А.Н. Ларионова)

В этой схеме (рисунок 5) две группы диодов:

катодная – объединены катоды (VD1; VD3; VD5), и анодная – объединены аноды (VD2; VD4; VD6)

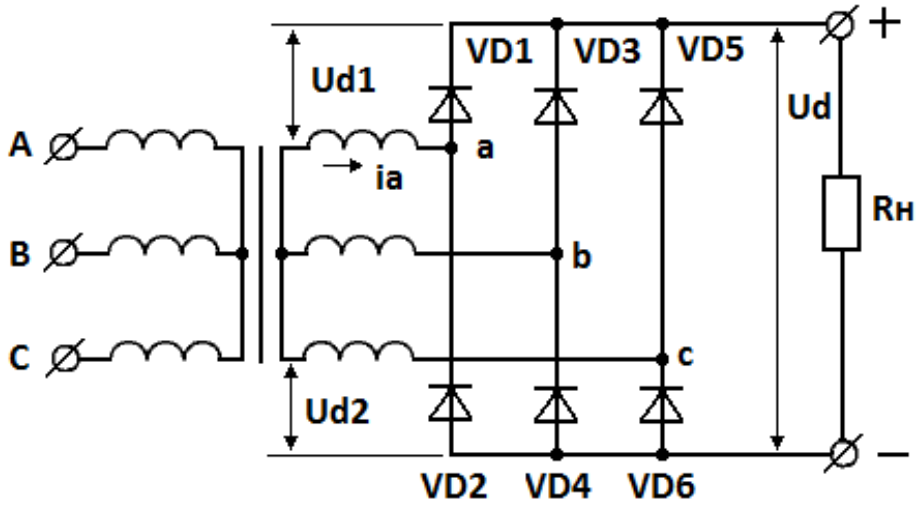


Рисунок 5. Трехфазная мостовая схема (схема А.Н. Ларионова)

Все диоды схемы работают попарно-поочередно: ток проходит через ту пару диодов, разность потенциалов между которыми в данный момент времени. Смена пар диодов происходит через каждые 2π/6, т.е. через - каждые 60°. В рассматриваемой схеме выпрямленные ток и напряжение в два раза больше, чем в трехфазном выпрямителе с нейтральным выводом, а пульсации напряжения значительно меньше, поэтому выпрямитель во многих случаях может работать без сглаживающего фильтра.

Порядок расчета схем выпрямления

При составлении схемы выпрямления задаются значением мощности потребителя Pd, Вт, получающего питание от данного выпрямителя, и выпрямленным напряжением Ud, В, при котором работает потребитель постоянного тока.

Отсюда Id=Pd /Ud, ток потребителя А.

Напряжение, действующее на диод и непроводящий период Uв, зависит от схемы выпрямления.

Сравнивая ток потребителя Id с допустимым током диода Iдоп и напряжение, действующее на диод в непроводящий период Uв, с амплитудным значением обратного значения Uобр диода выбирают соответствующие диоды, при этом должны соблюдаться следующие требования:

$$I_{доп} \geq I_d$$

$$U_{обр} \geq U_в$$

Таблица 1 – Параметры типовых выпрямительных схем.

Параметр	Выпрямительная схема				
	однофазная			трехфазная	
	Однополу-периодная	Двухполу-периодная	Мостовая	Нулевая	Мостовая
Фазное напряжение	2,22Ud	1,11Ud	1,11Ud	0,85Ud	0,43Ud
Обратное напряжение	3,14Ud	3,14Ud	1,57Ud	2,1Ud	1,05Ud
Выпрямленное напряжение	0,45Uф	0,9Uф	0,9Uф	1,17Uф	2,34Uф
Коэффициент пульсации	1,57	0,67	0,67	0,25	0,06
Среднее значение тока через диод	Ia	0,5Ia	0,5Ia	0,33Ia	0,33Ia
Средняя мощность трансформатора	_ _ _ _ _	1,34Pd	1,11Pd	1,35Pd	1,05Pd

Примеры расчета схем выпрямления

Пример 1. К однополупериодному выпрямителю подключен потребитель Pd=100Вт при напряжении питания Ud = 40В. Выбрать один из трех типов полупроводниковых диодов (таблица 2) и пояснить, на основании чего сделан выбор. Определить необходимое напряжение вторичной обмотки трансформатора.

Таблица 2 – Параметры диодов

Тип диода	параметр	
	Iдоп, А	Uобр, В
Д221	0,4	400
Д242	5	100
Д303	3	200

Решение

1. Определяем ток потребителя

$$Id = Pd / Ud = 100/40 = 2,5 \text{ А}$$

2. Определяем напряжение, действующее на диод в непроводящий период. Для однополупериодного выпрямителя (таблица1).

$$Uв = 3,14Ud, \text{ т.е.}$$

$$Uв = 3,14 \cdot 40 = 126 \text{ В}$$

3. Выбираем диод из условия

$$Iдоп \geq Id \geq 2,5 \text{ А}$$

$$Uобр \geq Uв \geq 126 \text{ В}$$

Этим условиям удовлетворяет диод Д303 (таблица 2), для которого

$$Iдоп = 3 \text{ А} > 2,5 \text{ А}$$

$$Uобр = 200 \text{ В} > 126 \text{ В}$$

Диод Д 221 удовлетворяет предъявленным требованиям по напряжению, т.к. 400 В> 126 В, но не удовлетворяет им по току 0,4 А <2,5 А

Диод Д242, наоборот, удовлетворяет требования по току: 5 А>2,5 А и не удовлетворяет им по напряжению: 100 В < 126 В

4. Определяем необходимое напряжение вторичной обмотки трансформатора:

$$U2 = Ud/0,45 = 40/0,45 = 90 \text{ В}$$

При выпрямлении тока, значение которого превышает максимально допустимоеIдоп для одного диода, прибегают к параллельному включению однотипных диодов. При этом токи диодов определяются их сопротивлениями в прямом направлении. Для выравнивания этих токов последовательно с диодами включает добавочные резисторы Rд с одинаковыми сопротивлениями, превышающими в ~ 5-10 раз сопротивление диода в прямом направлении. При выпрямлении напряжения превышающего максимально допустимое значение Uобр для одного диода, рекомендуется последовательное включение однотипных диодов. С учетом того, что обратное сопротивление даже у однотипных диодов имеют некоторый разброс в значениях, для выравнивания обратных напряжений на диодах параллельно им включают шунтирующие резисторы Rш. Обычно Rш=(0,1+0,2) Rобр

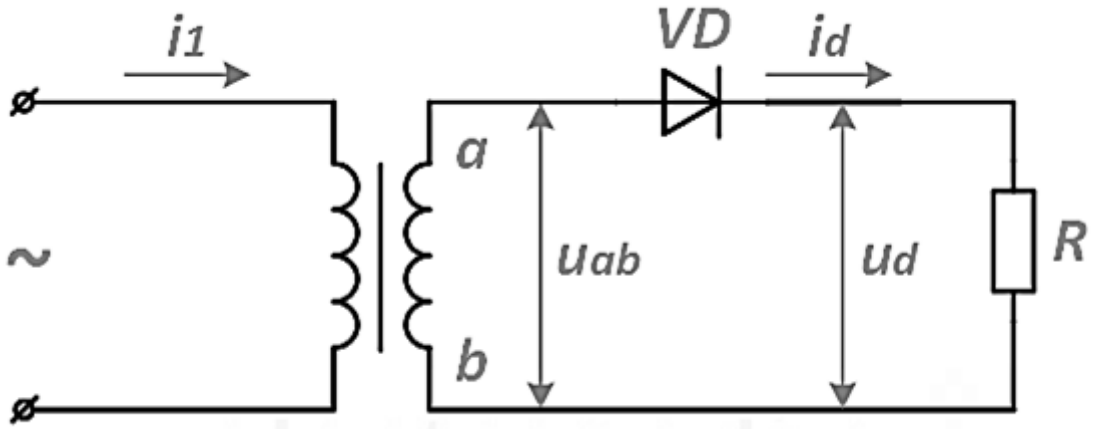


Рисунок 6

Пример 2. Для питания постоянным током потребителя мощностью Pd = 250 Вт при напряжении Ud =100 В необходимо собрать схему двухполупериодного однофазного выпрямителя с выводом средней точки трансформатора, использовав стандартные диоды Д234Б с параметрами Iдоп = 2 А; Uобр = 200 В.

Решение

1. Определяем ток потребителя

$$Id = Pd / Ud = 250/100 = 2,5 \text{ А}$$

2. Определяется напряжение, действующие на диод в непроводящий период. Для двухполупериодного выпрямителя (таблица 1):

$$Uв = 3,14 Ud, \text{ т.е.}$$

$$Uв = 3,14 \cdot 100 = 314 \text{ В}$$

3. Проверяем диод по параметрам Iдоп и Uобр. Для рассматриваемой схемы диод должен удовлетворять условиям:

$$Uобр \geq Uв$$

$$Iдоп \geq Id$$

Первое условие не соблюдается, т.к. 200В<314В, т.е. Uобр < Uв, второе условие выполняется, т.к. 0,5 Id = 0,5 ·2,5А = 1,25А и 1,25А < 2 А.

4. Составим схему выпрямителя. Чтобы выполнить условие Uобр > Uв, необходимо два диода соединить последовательно. Тогда Uобр = 200·2 = 400 В >314 В (рисунок 7).

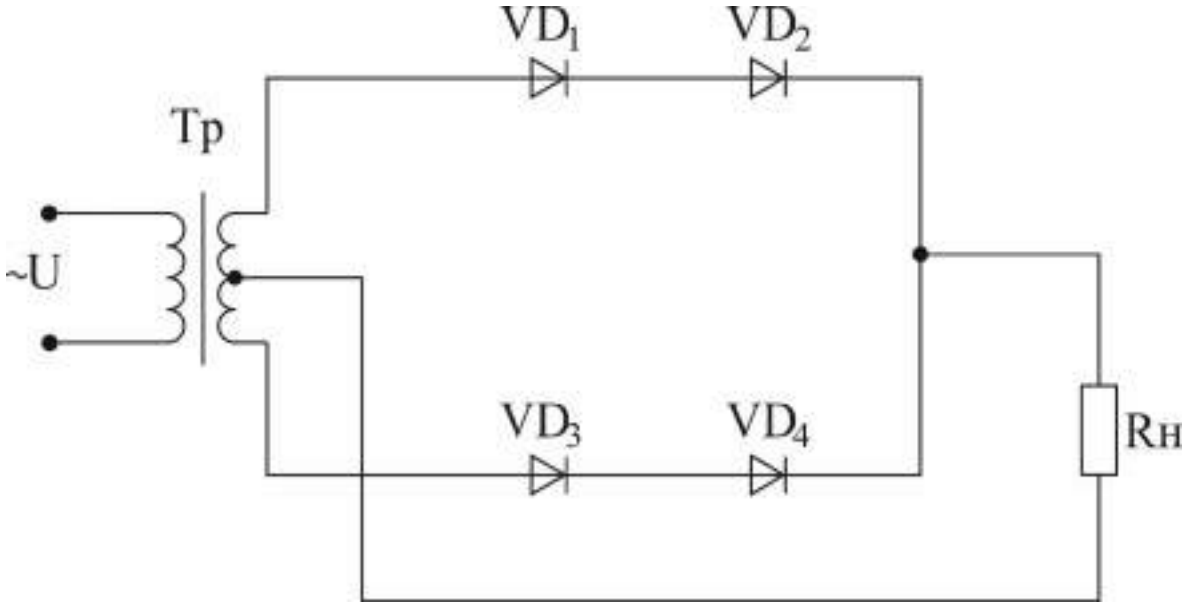


Рисунок 7

Пример 3. Составить схему трехфазного выпрямителя с нейтральным выводом, использовав стандартные диоды Д215 с параметрами Iдоп = 5А; Uобр = 200 В. Мощность потребителя Pd = 1200 Вт; при напряжении питания Ud = 60 В.

Решение

1. Определяем ток потребителя

$$Id = Pd / Ud = 1200/60 = 20 \text{ А}$$

2. Определяем напряжение, действующее на диод в непроводящий период. Для двухполупериодного выпрямителя с нейтральным выводом $U_в = 2{,}1\ Ud$

Следовательно, $U_в = 2{,}60 = 126$ В.

3. Проверяем диод по параметрам Iдоп и Uобр. Для рассматриваемой схемы диод должен удовлетворять условиям:

$$U_{обр} \geq U_в$$

$$I_{доп} \geq 0{,}33\ Id$$

В данном случае первое уравнение соблюдается, т.к. 200 В > 126 В, второе условие не соблюдается, т.к. $0{,}33\ Id = 0{,}33 \cdot 20$ А = 6,7 А > 5 А, т.к. Iдоп < 0,33 Id.

4. Составим схему выпрямителя. Чтобы выполнить условие Iдоп > 0,33Id, необходимо два диода соединить параллельно. Тогда $2 \cdot 5$ А = 10 А> 6,7 А (рисунок 8)

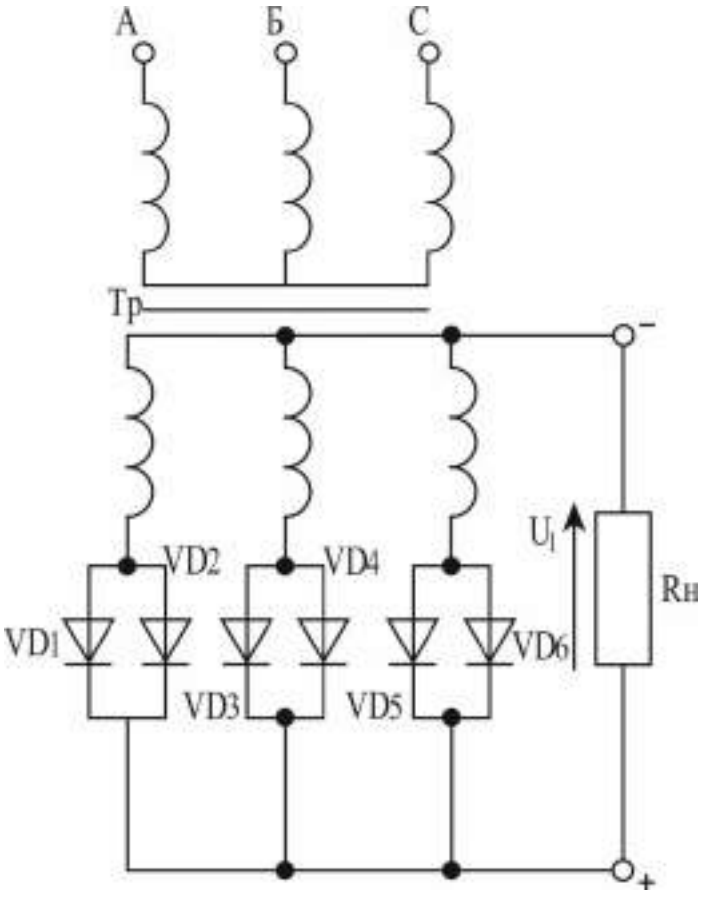


Рисунок 8

Указания к решению задач № 2

Общие положения

Эта задача сводится к расчету параметров и характеристик полупроводниковых транзисторов.

При включении транзистора по схеме с общим эмиттером управляющим является ток базы Iб, а при включении общей базой – ток эмиттера Iэ.

В схеме включения транзистора с общей базой, связь между приращениями тока эмиттера ΔIэ и тока коллектора ΔIк характеризуется коэффициентом передачи тока $h_{21Б}$:

$$h_{21Б}=\frac{\Delta I_к}{\Delta I_э} \text{ при } U_{КБ}=\text{const},$$

где $U_{КБ}$ – напряжение между коллектором и базой.

Коэффициент передачи всегда меньше единицы. Для современных биполярных транзисторов $h_{21Б}$= 0,9 -0,995.

При включении транзистора по схеме с общей базой тока коллектора

$$I_к = h_{21Б} \cdot I_э$$

Коэффициент усиления по току $h_{21Э}$ в схеме включения транзистора общим эмиттером определяется как отношение приращения тока коллектора ΔIк приращению тока ΔIб. Для современных транзисторов $h_{21Э}$ имеет значение 20-200.

$$h_{21Э}=\frac{\Delta I_К}{\Delta I_Э} \quad \text{при} \quad U_{КЭ}=\text{const}$$

где $U_{КЭ}$– напряжение между коллектором и эмиттером. Ток коллектора при включении с общим эмиттером $Iк = h_{21Э}\cdot Iб$

Между коэффициентами$h_{21Б}$ и $h_{21Э}$ существует связь

$$h_{21Б}=\frac{h_{21э}}{1+h_{21э}} \quad \text{или} \quad h_{21Э}=\frac{h_{21Б}}{1-h_{21Б}}$$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора,

$$P_к = U_{КЭ}\cdot Iк$$

Для коллекторной цепи усилительного каскада по второму закону

Кирхгофа можно написать уравнение:

$E_К = U_{КЭ}+Iк\cdot R_К$, где $E_К$– ЭДС источника питания.

Расчет такой нелинейной цепи, т.е. определение *Iки и* $U_{КЭ}$ для различных значений токов базы $I_Б$ и сопротивления резистора $R_К$, можно произвести графически, для чего оп семействе выходных характеристик необходимо провести из точки $E_К$ на оси абсцисс вольт – амперную характеристику ВАХ резистора $R_К$, удовлетворяюўю уравненію:

$$U_{КЭ}=E_К - IкR_К$$

Эту характеристику строят двум точкам:

$U_{КЭ}=E_К$ при $Iк$ =0 (на оси абсцисс) и $Iк=\frac{E_К}{R_К}$ при $U_{КЭ}$ =0 (на оси ординат).

Построенную таким образом ВАХ коллекторного резистора $R_К$ называют линией нагрузки. Точки её пересечения с выходными характеристиками транзистора дают графическое решение уравнения для данного резистора$R_К$ и различных значений токи базы $I_Б$.

Внимание! Токи на выходных характеристиках имеют различную размерность.

Примеры расчета параметров транзистора

Пример 1. Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, определить коэффициент усиления $h_{21Э}$, по его входной характеристике (рисунок 25 приложение А) и выходным характеристикам (рисунок 26 приложение А), если $U_{БЭ}$ =0,4В; $U_{КЭ}$ = 25В. Подсчитать коэффициент передачи тока $h_{21Б}$ и мощность рассеиваемую на коллекторе транзистора Рк.

Решение.

1. Определяем по выходной характеристике ток базы $I_Б$ =500 мкА при заданном $U_{БЭ}$ = 0,4 В.
2. Находим по выходным характеристикам $I_К$ = 36 мА при $U_{КЭ}$ = 25 В и $I_Б$ =500 мкА.
3. На выходных характеристиках (рисунок 26) строим отрезок АВ, из которого находим: $_{\Delta} I_К = AB = I_{К1}=I_{К2}$=36 – 28 = 8 мА;

$$_{\Delta} I_К = AB = I_{Б1}-I_{Б2} = 500 - 100 \text{ мкА} = 0{,}1\text{мА}.$$

4. Определяем коэффициент усилия $h_{21Б} = \frac{\Delta I_К}{\Delta I_Б} = \frac{8}{0{,}1} = 80.$
5. Мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора

Рк = $U_{КЭ}\cdot I_К$= 25· 36 = 900 мВт = 0, 9 Вт.

Пример 2. Для транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, определить блок базы $I_Б$, ток коллектора $I_К$ и напряжение на коллекторе $U_{КЭ}$, если напряжение $U_{БЭ}$ = 0,3 В; напряжение питания $E_К$ = 20 В; сопротивление нагрузки в цепи коллектора *Рк* =0,8 *к Ом.* Входная и выходные характеристики транзистора приведены на рисунках 27; 28 приложение А.

Решение.

1. Откладываем на оси абсцисс точку $U_{КЭ} = Ек = 20\ В$, а на оси ординат – точку, соответствующую $I_К = \frac{Ек}{Rк} = \frac{20}{800} = 0{,}025\text{А} = 25$ мА.
2. Соединяем эти точки прямой и получаем линию нагрузки.
3. Находим на выходной характеристике для $U_{БЭ}$ = 0,3 В ток базы $I_Б$ = 250 мкА.
4. Находим для точки А ток коллектора ($I_К$ =17мА) и напряжение $U_{КЭ}$ =7 В.

Пример 3. Мощность на коллекторе транзистора *Рк* = 6 Вт, напряжение $U_{КЭ}$ = 30 В, ЭДС источника питания *Ек =40 В.* Используя выходные характеристики (рисунок 10 приложение А), определить ток базы $I_Б$; ток коллектора $I_К$; коэффициент усиления $h_{21Э}$ и сопротивление нагрузки*Rк*.

Решение.

1. Определяем ток коллектора $I_К$ =*Рк*/ $U_{КЭ}$ = 6/30=0,2 А
2. Находим на входных характеристиках точку А, соответствующую $I_К$ =0,2 А и $U_{КЭ}$=30 В. Из рисунка видно, что точка А лежит на характеристике для $I_Б$ =2 мА.

3. Соединяем прямую точку А и точку на оси абсцисс, соответствующую = 40 В. На пересечении прямой с осью ординат получаем точку $I_{К1}$ = 0,8 А.

4. Определяем $R_К = E_К / I_{К1} = 40/0,8 = 50$ Ом.

5. На выходных характеристиках строим отрезок АВ, из которого находим $_{\Delta}I_К$ = АВ = $I_{К1} - I_{К2} = 0,4 - 0,2 = 0,2$А = 200 мА,

$_{\Delta}I_Б$ = АВ = $I_{Б1} - I_{Б2} = 4 - 2 = 2$ мА.

6. Определяем коэффициент усиления транзистора

$h_{21Э} = {}_{\Delta}I_К / {}_{\Delta}I_Б = 200/2 = 100$

Список использованных источников

Основная

1. Криштафович А. К., Трифонюк В. В., Основы промышленной электроники- М., Высш. школа.,1985 г.
2. Галкин В. И., Пелевин Е. В., Промышленная электроника и микроэлектроника – Мн., Беларусь 2000.
3. Игумнов Д. В., Королёв Г. В., Громов И. С. Основы микроэлектроники. – М: Высш. школа., 1991.
4. Жеребцов И. П. Основы электроники. – М., Энергоатом, 1990г.
5. Усе Л. В., Красько А. С., Климович Г. С. Общая электроника с основами электроники. – Мн., Высш. школа.,1990 г.
6. Галкин В. И. Промышленная электроника – Мн., : Высш. школа., 1989 г.
7. Гуревич Б. М., Иваненко Н. С. Справочник по электронике для молодого рабочего. М., : Высш. школа., 1987 г.
8. Горбунов Ю. И. Козырь И. Я. Полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы. М., : Высш. школа., 1989 г.
9. Опадчий Ю. Ф., Глудкин О. П., Гуров А. И. Аналоговая и цифровая электроника. – М: Горячая линия – Телеком, 2000 г.
10. Ляшко М. Н., Маркевич К. М. Основы радиоэлектроники. Мн.: Народнаяасвета, 1986 г.
11. Зайцев Ю. В. Полупроводниковые резисторы, М.: Знание 1971 г.
12. Вениаминов В. Н., Лебедев О. Н., Мирошниченко А.И. Микросхемы и их изменения. М.: Радио и связь, 1989 г.
13. Основы промышленной электроники. Под ред. В. Г. Герасимова. М.: : Высш. школа., 1986 г.

Дополнительная

14**.** Дунаев С. Д. Электроника, микроэлектроника и автоматика. – М.: Маршрут, 2003 г.

15. Акимова Г. Н. Электронная техника. – М.: Маршрут, 2003 г.

Нормативная

ГОСТ 2.730-73. ЕСКД: Полупроводниковые приборы.

ГОСТ 2.743-82. ЕСКД: Элементы цифровой техники.

ГОСТ 17021-88. Микросхемы интегральные и определения.

ГОСТ 18421- 93. Усилители операционные. Термины и определения.

ГОСТ 20003-74. Транзисторы биполярные. Термины и определения.

ГОСТ 20332-84. Тиристоры. Термины и определения.

Приложение А

Входные и выходные характеристики биполярных транзисторов

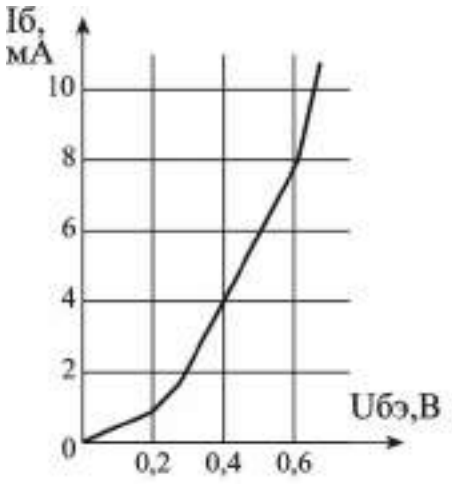


рис.9

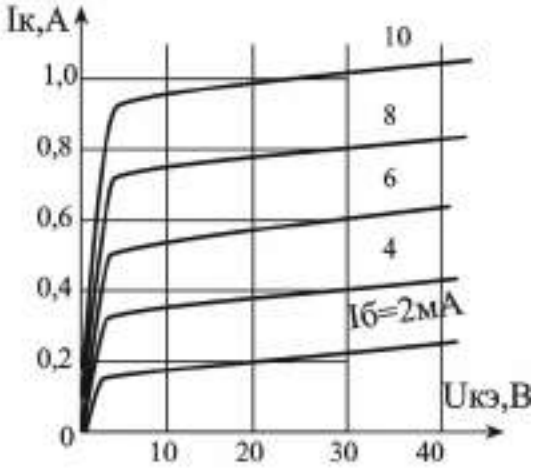


рис.10

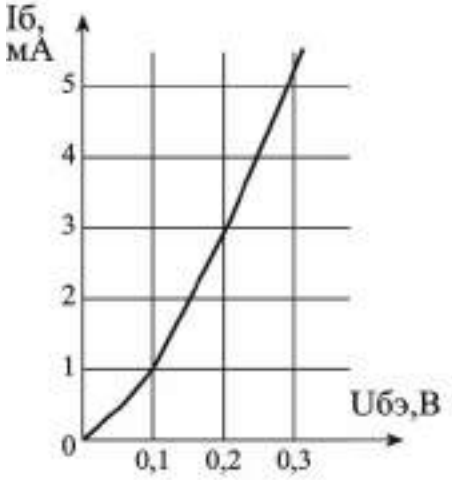


рис.11

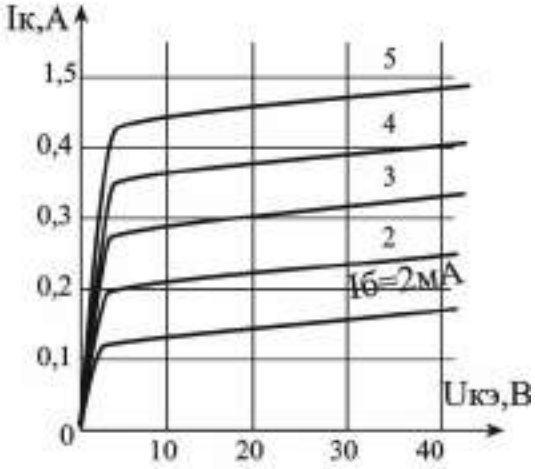


рис.12

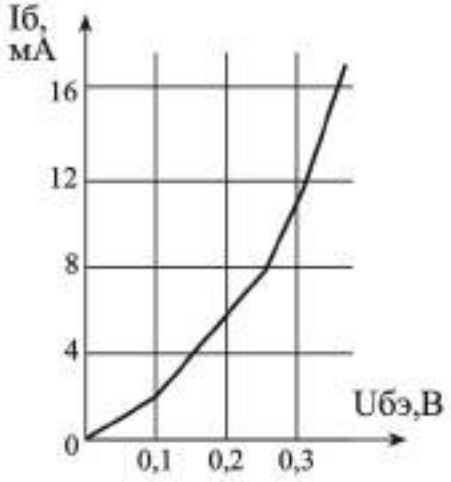


рис.13

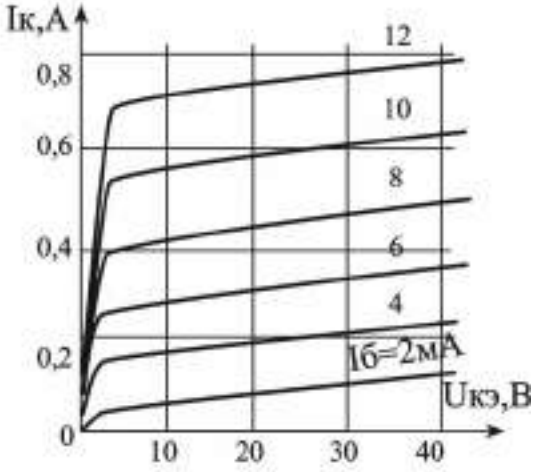


рис.14

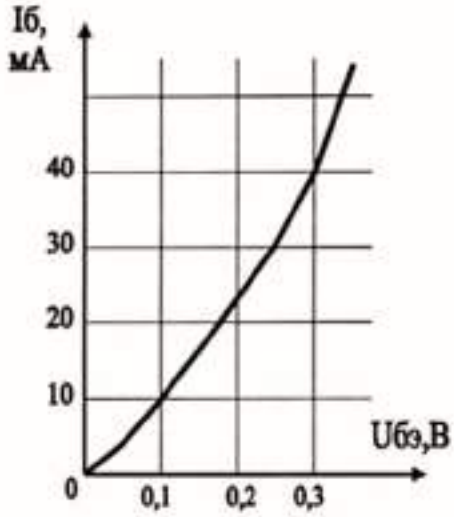


рис.15

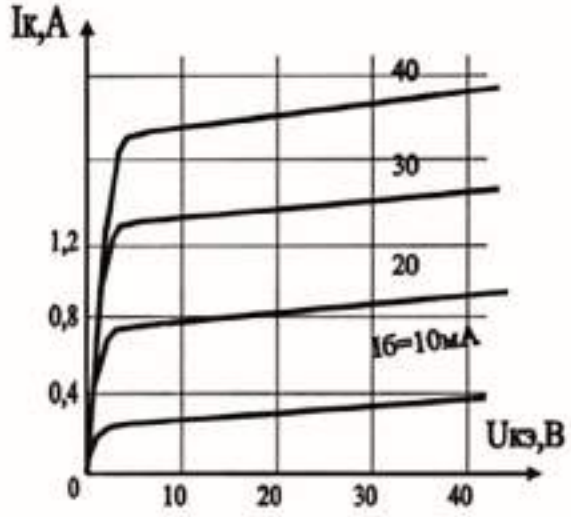


рис.16

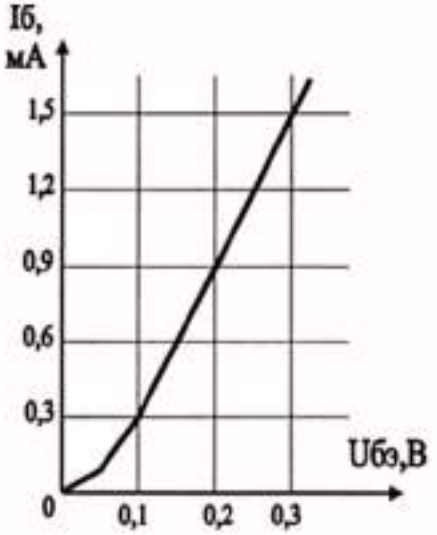


рис.17

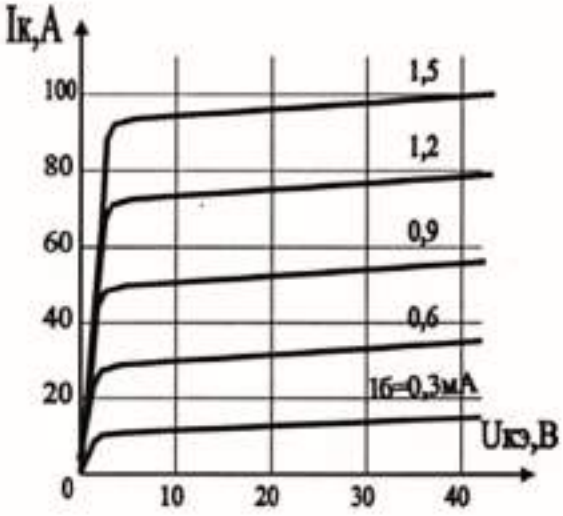


рис.18

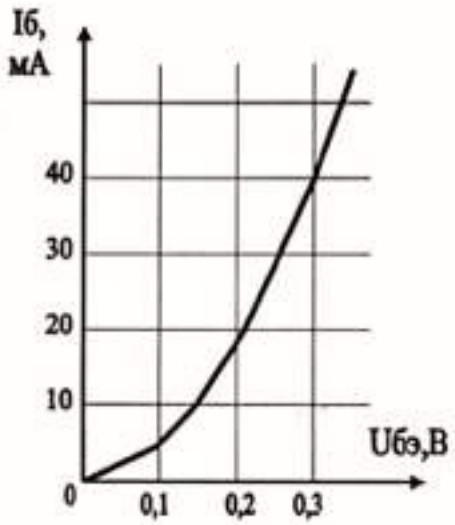


рис.19

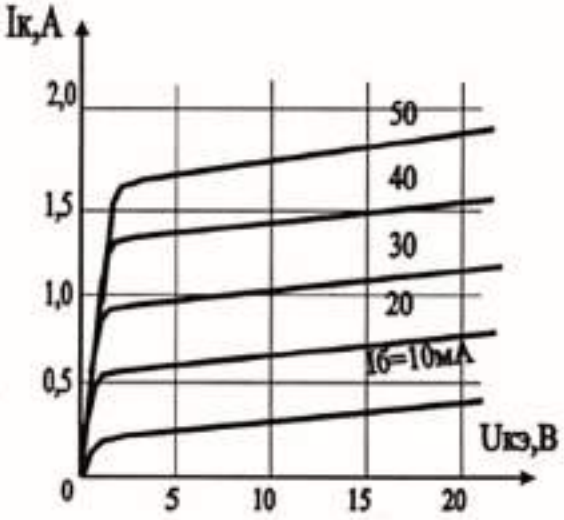


рис.20

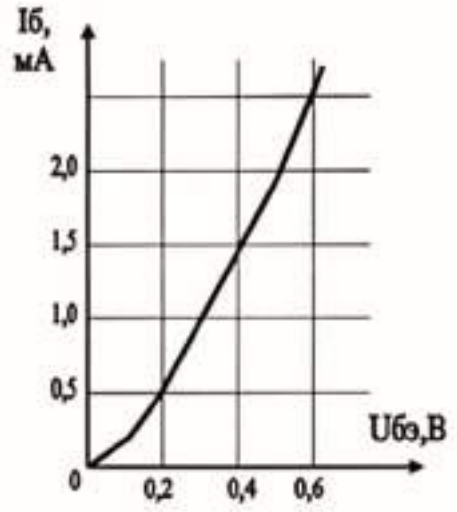


рис.21

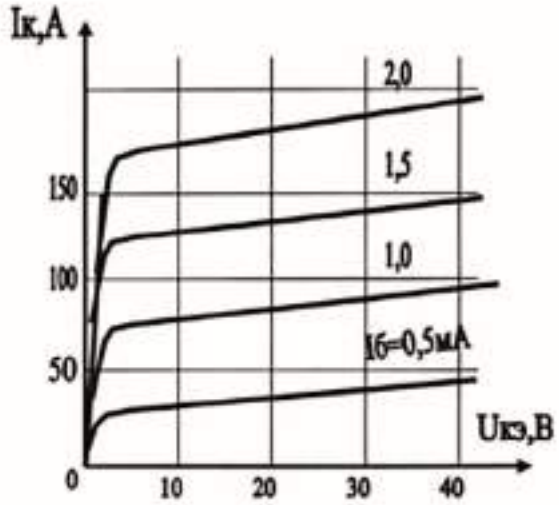


рис.22

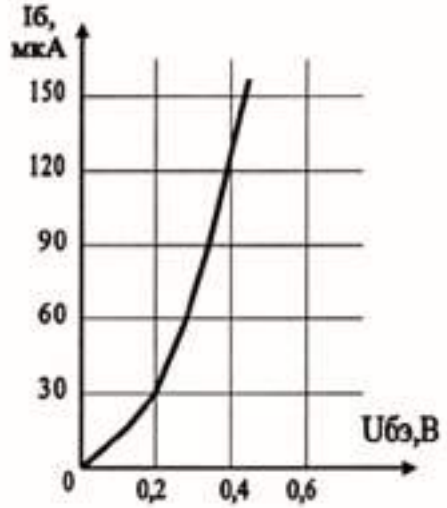


рис.23

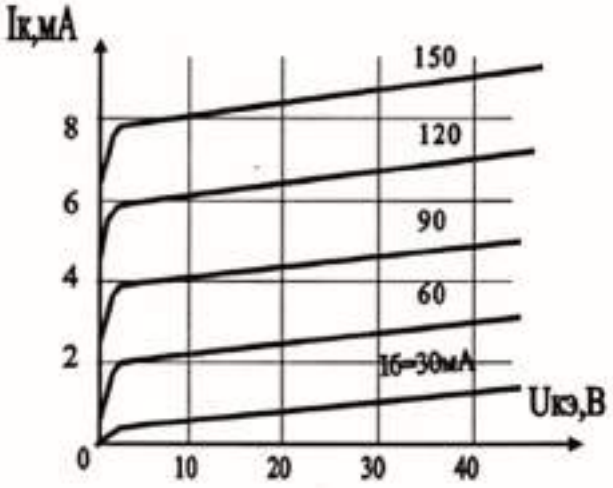


рис.24

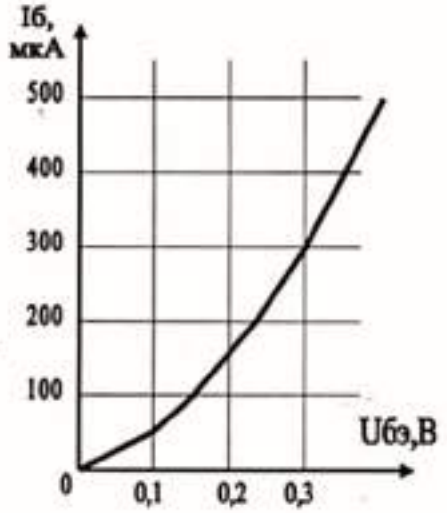


рис.25

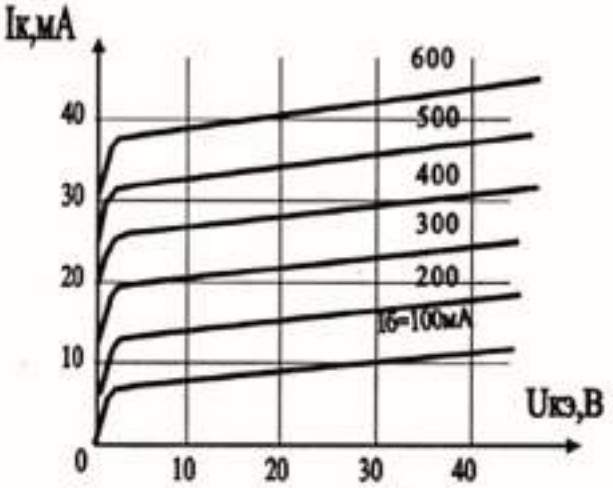


рис.26

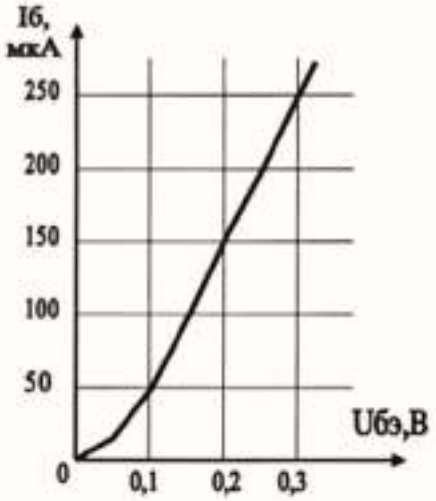

Iб,
мкА
250
200
150
100
50
0
0,1
0,2
0,3
Uбэ,В

рис.27

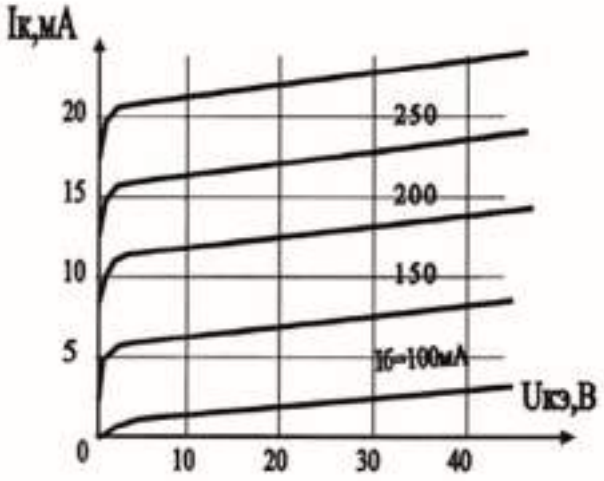

Iк,мА
20
15
10
5
0
10
20
30
40
250
200
150
Iб=100мА
Uкэ,В

рис.28

Содержание

1. Тематический план 3
2. Общие методические указания 5
3. Указания к выполнению контрольных и лабораторных работ 6
4. Распределение учебного материала программы 7
5. Варианты заданий 61
6. Вопросы и задачи контрольной работы 62
7. Примеры решения задач 66
8. Список использованных источников 84
9. Приложение А: Входные и выходные характеристики биполярных транзисторов 85