

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций»
для студентов направления подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Направленность (профиль)
«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Ставрополь 2026

Лабораторная работа № 1.

Исследование ВАХ полупроводниковых диодов

1. Теоретическое обоснование

Комбинация двух полупроводниковых слоев с разным типом проводимости (p – дырочной и n – электронной) обладает выпрямляющими свойствами: она гораздо лучше пропускает ток в одном направлении, чем в другом. Полярность напряжения, соответствующая большому току, называется прямой, а меньшим – обратной. Обычно пользуются терминами прямое и обратное напряжение, прямой и обратный ток. Поверхность, по которой контактируют p - и n -слои, называется металлургической границей, а прилегающая к ней область объемных зарядов – электронно-дырочным переходом.

Электронно-дырочные переходы классифицируют по резкости металлургической границы и соотношению удельных сопротивлений слоев.

Ступенчатыми переходами (коэффициент плавности перехода $m = 0,5$, в MULTISIM 5.0 имеет обозначение M) называют переходы с идеальной границей, по одну сторону которой находятся дырки, а по другую – электроны. Такие переходы наиболее просты для анализа, поэтому все реальные переходы стараются, если это возможно, рассматривать как ступенчатые.

Плавными переходами ($m = 0,333$) называют такие, у которых в области металлургической границы концентрация одного типа примеси постепенно уменьшается, а другого типа – растет. Сама металлургическая граница в этом случае соответствует равенству концентраций примесей. Все реальные p - n -переходы – плавные, степень их приближения к ступенчатым зависит от градиента эффективной концентрации в районе металлургической границы.

По соотношению концентраций примесей в p -и n -слоях переходы делятся на симметричные, несимметричные и односторонние. Симметричные

переходы не типичны для полупроводниковой техники. Основное распространение имеют несимметричные переходы, у которых концентрации не одинаковы. В случае резкой асимметрии, когда концентрации примесей (а значит, и основных носителей) различаются на один-два порядка и более, переходы называют односторонними.

Вольтамперная характеристика p - n - перехода описывается выражением [1]:

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{U}{n \cdot \varphi_T}\right) - 1 \right], \quad (1)$$

где I – ток через переход при напряжении U , I_0 – обратный ток, U – температурный потенциал, равный при комнатной температуре 26 мВ, $n = 1-2$ – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение характеристики от идеальной (теоретической).

Если к переходу подключить обратное напряжение, то при определенном его значении переход пробивается. Различают три вида пробоя: туннельный, лавинный и тепловой. Первые два связаны с увеличением напряженности электрического поля в переходе, а третий – с увеличением рассеиваемой мощности и, соответственно, температуры.

В основе туннельного пробоя лежит туннельный эффект, т. е. "просачивание" электронов сквозь тонкий потенциальный барьер перехода. В основе лавинного пробоя лежит "размножение" носителей в сильном электрическом поле, действующем в области перехода. Электрон и дырка, ускоренные полем на длине свободного пробега, могут разорвать одну из ковалентных связей полупроводника. В результате рождается новая пара электрон-дырка, и процесс повторяется уже с участием новых носителей. При достаточно большой напряженности поля, когда исходная пара носителей в среднем порождает более одной новой пары, ионизация приобретает лавинный характер, подобно самостоятельному разряду в газе. При этом ток будет ограничиваться только внешним сопротивлением.

Явление пробоя находит практическое применение в стабилитронах – приборах, предназначенных для стабилизации напряжения.

В основе теплового пробоя лежит саморазогрев перехода при протекании обратного тока. С ростом температуры обратные токи резко возрастают, соответственно увеличивается мощность, рассеиваемая в переходе; это вызывает дополнительный рост температуры и т. д. Как правило, тепловой пробой не имеет самостоятельного значения: он может начаться лишь тогда, когда обратный ток уже приобрел достаточно большую величину в результате лавинного или туннельного пробоя.

Барьерную емкость принято разделять на две составляющие: барьерную емкость, отражающую перераспределение зарядов в переходе, и диффузионную емкость, отражающую перераспределение носителей в базе. Такое разделение в общем условно, но оно удобно на практике, поскольку соотношение обеих емкостей различно при изменении полярности приложенного напряжения. При прямом напряжении главную роль играют избыточные заряды в базе и, соответственно, диффузионная емкость. При обратном напряжении избыточные заряды в базе малы и главную роль играет барьерная емкость. Обе емкости не линейны: диффузионная емкость зависит от прямого тока, а барьерная – от обратного напряжения.

Набор задаваемых параметров для диодов задается в диалоговом окне (рисунок 1):

N – коэффициент инжекции;

EG – ширина запрещенной зоны, эВ; (для германия – 0,72 эВ, для кремния – 1,1 эВ);

FC – коэффициент нелинейности барьерной емкости прямо смещенного перехода;

BV – напряжение пробоя (положительная величина, в MULTISIM 4.1 она принята отрицательной), В; для стабилитронов вместо этого параметра используется параметр VZT – напряжение стабилизации;

IBV – начальный ток пробоя при напряжении BV (положительная величина), А; для стабилитронов вместо этого параметра используется параметр IZT – начальный ток стабилизации;

XTI – температурный коэффициент тока насыщения;

KF – коэффициент фликкер-шума;

AF – показатель степени в формуле для фликкер-шума;

$TNOM$ – температура диода, °С.

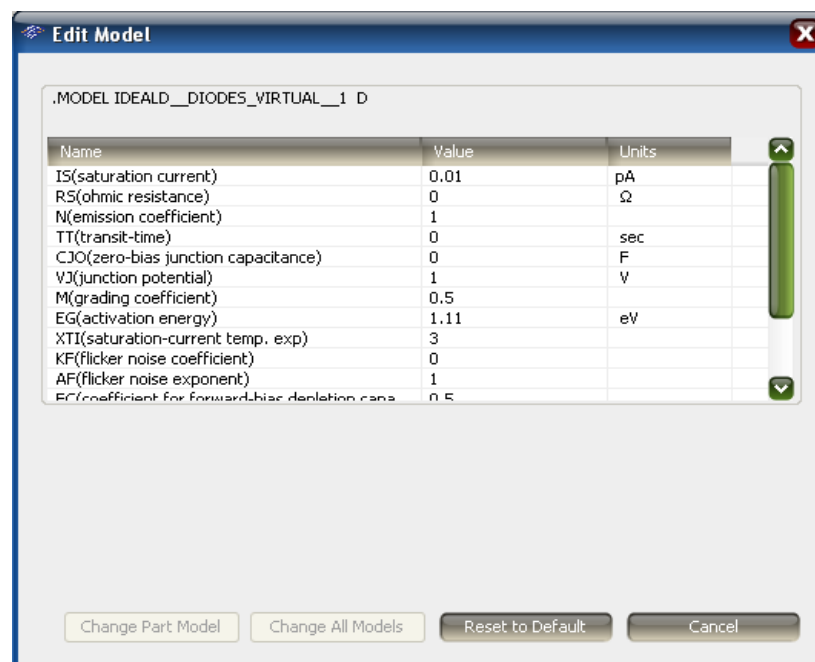


Рисунок 1 - Диалоговое окно установки параметров диодов

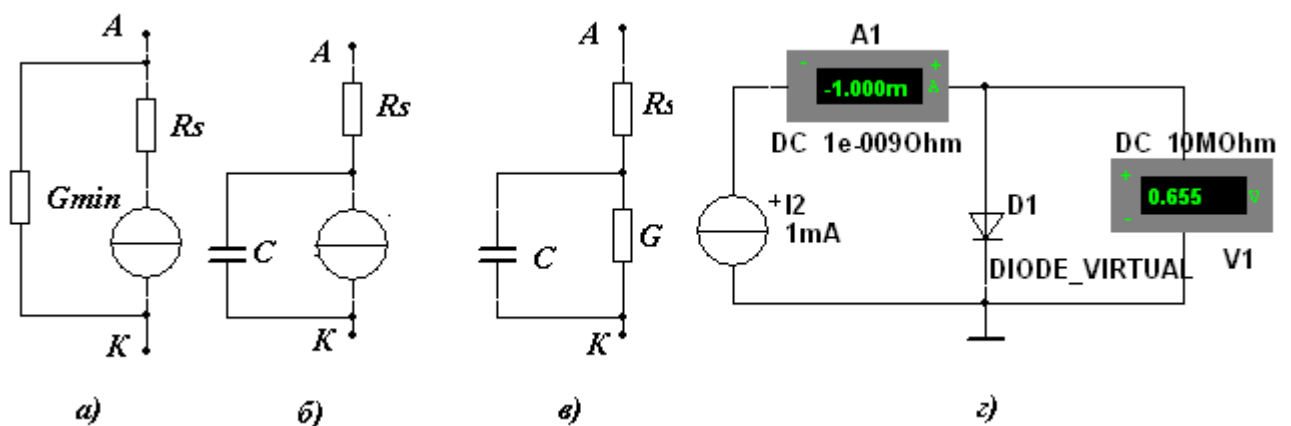


Рисунок 2 – Эквивалентные схемы диода при расчете на постоянном токе (а), в диапазоне частот (б, в) и схема для исследования прямой ветви ВАХ (г)

Эквивалентные схемы диода показаны на рисунке 2, а, б, на которых обозначено: A – анод, K – катод, I – источник тока, R_s – объемное сопротивление, C – емкость перехода, G_{min} – проводимость, обусловленная утечками (задается в диалоговом окне, см. рис. 1). Вольтамперная характеристика (ВАХ) диода определяется следующими выражениями [1]:

для прямой ветви

$$I = I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{U}{N \cdot U_1}\right) - 1 \right] + U \cdot G_{min} \quad \text{для } U \geq -5 \cdot N \cdot U_t;$$

для обратной ветви;

$$I = I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{U}{N \cdot U_1}\right) - 1 \right] + U \cdot G_{min} \quad \text{для } 0 \geq U \geq -5 \cdot N \cdot U_t;$$

$$I = -I_0 + U \cdot G_{min} \quad \text{для } -BV < U < -5 \cdot N \cdot U_t;$$

$$I = -I \cdot B \cdot V \quad \text{для } U = -BV;$$

$$I = I_0 \cdot \left[\exp\left(-\frac{U + BV}{N \cdot U_1}\right) - 1 + \frac{BV}{U_t} \right] \quad \text{для } U < -BV.$$

Здесь $I_0 = I_s$ – обратный ток диода при температуре T_{NOM} ; N – коэффициент инжекции; BV , IBV – напряжение и ток пробоя; U_t – температурный потенциал перехода; U – напряжение на диоде.

При расчете переходных процессов используется эквивалентная схема диода (см. рисунок 2, б), для которой емкость перехода определяется выражениями [1]:

$$C = \tau \cdot \left(\frac{dI}{dU} \right) + CJO \left(1 - \frac{U}{U_t} \right)^{-m} \quad \text{для } U < FC \cdot VJ;$$

$$C = \tau \cdot \left(\frac{dI}{dU} \right) + CJO \left(F3 - \frac{mU}{U_t} \right) / F2 \quad \text{для } U \geq FC \cdot VJ,$$

$$\text{Где } F2 = (1 - FC)^{1+m}; F3 = 1 - FC \cdot (1 - m)$$

В приведенных формулах τ – время переноса заряда; CJO – барьерная емкость при нулевом смещении на переходе; VJ – контактная разность потенциалов; $m = 0,33 - 0,5$ – параметр плавности перехода.

При малых уровнях сигналов используется линеаризованная эквивалентная схема (рисунок 2, в), на которой проводимость

$$G = \frac{dI}{DU} = I_0 \cdot \exp\left(\frac{U / (N \cdot U_t)}{N \cdot U_t}\right)$$

При этом емкость перехода определяется формулами [67]:

$$C = \tau \cdot G + CJO \left(1 - \frac{U}{U_t}\right)^{-m} \text{ для } U < FC \cdot VJ;$$

$$C = \tau \cdot G + CJO \left(F3 - \frac{mU}{U_t}\right) / F2 \text{ для } U \geq FC \cdot VJ.$$

Исследование прямой ветви ВАХ диодов может быть проведено с помощью схемы на рисунок 2, а. Она состоит из источника тока I , амперметра A (можно обойтись и без него, поскольку регистрируемый ток точно равен задаваемому), исследуемого диода VD и вольтметра V для измерения напряжения на диоде.

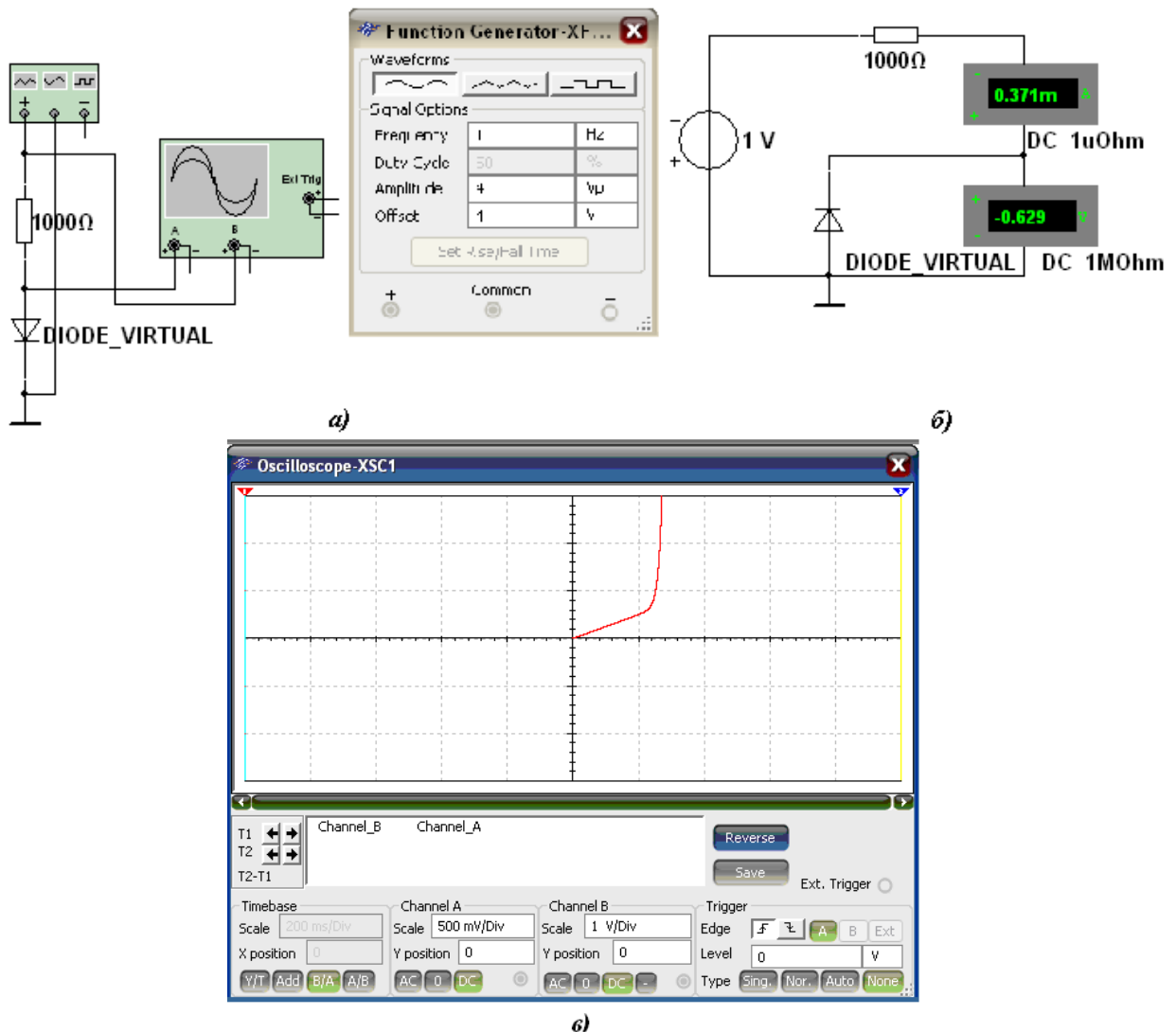


Рисунок 3 – Схема характеристики (а), полученная на нем ВАХ диода (в) и схема для исследования ее обратной ветви (б)

Процесс исследования ВАХ может быть автоматизирован с помощью характериографа (рисунок 3, а, в), в котором формирование изображения ВАХ осуществляется в режиме развертки В/А осциллографа, при этом используются сигналы с функционального генератора и с нагрузки диода.

Для исследования обратной ветви ВАХ диода используется схема, см. рис. 3, б. В ней вместо источника тока используется источник напряжения U_i с защитным резистором R_z для ограничения тока через диод в случае его пробоя.

Кроме одиночных диодов, имеется также диодный мостик, для которого можно дополнительно задать коэффициент эмиссии N (Emission Coefficient).

Светодиод – специально сконструированный диод, в котором предусмотрена возможность вывода светового излучения из области перехода сквозь прозрачное окно в корпусе.

При прохождении через диод тока в прилегающих к переходу областях полупроводника происходит интенсивная рекомбинация носителей зарядов – электронов и дырок. Часть освобождающейся энергии выделяется в виде квантов света. В зависимости от ширины запрещенной зоны полупроводника излучение может иметь длину волны либо в области видимого света, либо невидимого инфракрасного излучения. Излучение переходов на основе арсенида галлия имеет длину волны около 0,8 мкм. Переходы из карбида кремния или фосфида галлия излучают видимый свет в диапазоне от красного до голубого цвета. Важнейшими параметрами светодиода являются яркость, измеряемая в нитах при определенном значении прямого тока, и цвет свечения (или спектральный состав излучения).

Для светодиода дополнительно указывается минимальный ток в прямом направлении Turn-on current (I_{on}), при превышении которого светодиод загорается. Для измерения ВАХ светодиодов можно использовать приведенные выше схемы.

Переключающие диоды с $p-n-p-n$ - или $n-p-n-p$ - структурами – это тиристоры. Тиристоры, имеющие выводы от крайних электродов, называют **динисторами**, а приборы с третьим выводом (от одного из средних электродов) – **тринисторами**. Кроме того, к классу тиристоров относятся **симисторы** – симметричные динисторы (диаки), симметричные тринисторы (триаки) и достаточно редкий гип динистора – диод Шокли, в котором структура $p-n-p-n$ организована за счет наличия в $p-n$ -переходе ловушек, формируемых путем легирования. На рисунке 4 приведены обозначения переключающих диодов: (слева направо) диод Шокли, симметричный динистор (диак, двунаправленный динистор), тринистор (триодный тиристор) и симметричный тринистор (триак, симмистор).

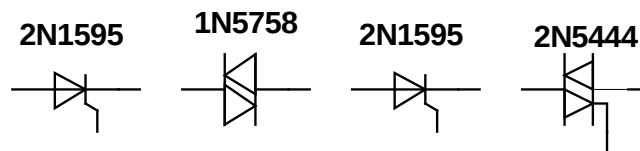


Рисунок 4 – Переключающие диоды

Для переключающих диодов задаются значения следующих параметров:

Saturation current I_s [IS], А – обратный ток динистора;

Peak Off-state Current I_{drm} [IDEM], А – то же, но для тринистора;

Switching voltage V_s [VS], В – напряжение, при котором динистор переключается открытое состояние;

Forward Breakover voltage V_{drm} [VDRM], В – то же, но для тринистора при нулевом апряжении на управляющем электроде;

Peak On-State Voltage V_{tm} [VTM], В – падение напряжения в открытом состоянии;

Forward Current at wich V_{tm} is measured I_{tm} [ITM], А – ток в открытом состоянии;

Turn-off time T_g [TG], С – время переключения в закрытое состояние;

Holding current I_h [IH], A – минимальный ток в открытом состоянии (если он меньше установленного, то прибор переходит в закрытое состояние);

Critical rate of off-state voltage rise dv/dt [DV/DT], В/мкс – допустимая скорость изменения напряжения на аноде тринистора, при котором он продолжает оставаться в закрытом состоянии (при большей скорости тринистор открывается);

Zero-bias junction capacitance C_j [CJO], Ф – барьерная емкость динистора при нулевом напряжении на переходе;

Gate Trigger voltage V_{gt} [VGT], В – напряжение на управляющем электроде открытого тринистора;

Gate Trigger current I_{gt} [IGT], A – ток управляющего электрода;

Voltage at which I_{gt} is measured V_d [VD], В – отпирающее напряжение на управляющем электроде.

Исследование прямой ветви ВАХ тринистора можно проводить с использованием схемы (рисунок 5), на которой показаны источники входного напряжения U_i и напряжения управления U_y с защитными резисторами R_{zt} , R_{zy} . Измерение ВАХ проводится при изменении U_i от нуля до $U_{drm} + 50$ В при фиксированном значении U_y , например, в трех точках $0,5V_d$, V_d и $1,5V_d$. При исследовании обратной ветви ВАХ меняется только полярность U_i .

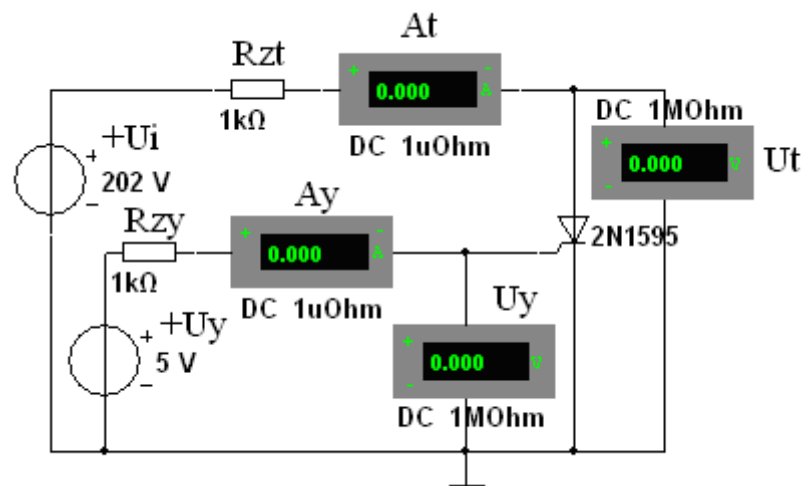


Рисунок 5 – Схема для исследования тиристоров

Следует отметить, что снятие ВАХ переключательных диодов может быть осуществлено также и в режиме заданных токов в силовой исправляющей цепи, т. е. с помощью схем, аналогичных приведенным на рисунках 2 и 3.

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Используя схему на рисунке 2, исследуйте прямую ветвь ВАХ диода и стабилитрона и сравните эти данные с результатами расчетов по формуле (1).

2. Используя схему на рис. 3, исследуйте обратную ветвь ВАХ приборов из п. 1. и сравните полученные результаты с результатами расчетов по формуле (4.7).

3. Используя схемы на рисунках 2 и 3, исследуйте ВАХ диода Шотки и симметричного динистора (диака).

4. Исследуйте ВАХ тринистора с использованием схемы на рис. 5. Составьте схему для исследования обратной ветви ВАХ.

5. Составьте схему для исследования ВАХ тринистора с использованием источников тока и сравните полученные результаты с результатами по п. 4.

6. Оформите отчет.

3. Вопросы для защиты работы

1. Как устроен полупроводниковый диод?

2. Какие типы р-п-переходов Вы знаете?

3. Какой формулой описывается вольтамперная характеристика р-п-перехода?

4. Назовите типы пробоев р-п-перехода и дайте их краткую характеристику.

5. Перечислите составляющие емкости р-п-перехода.

6. Назовите и кратко охарактеризуйте типы полупроводниковых диодов.

7. Назовите типы и особенности переключающих диодов.
8. Разработайте схемы моделей характеристикографов для исследования ВАХ тиристоров.
9. Ознакомьтесь со схемой включения симмисторов (схемный файл `dimmer.ca4`).

Лабораторная работа № 2. Исследование работы плавких предохранителей в электрических цепях

Цель: рассчитать предохранители для защиты электрической сети с напряжением 220 В, питающей осветительные и электронагревательные приборы.

1. Теоретическое обоснование

Электрические цепи всегда рассчитаны на определенную силу тока. Если по той или иной причине сила тока в цепи становится больше допустимой, то провода могут значительно нагреться, а покрывающая их изоляция – воспламениться.

Причиной значительного увеличения силы тока в сети может быть или одновременное включение мощных потребителей тока, например электрических плиток, или короткое замыкание. Коротким замыканием называют соединение концов участка цепи проводником, сопротивление которого очень мало по сравнению с сопротивлением участка цепи.

Сопротивление цепи при коротком замыкании незначительно, поэтому в цепи возникает большая сила тока, провода при этом могут сильно нагреться и стать причиной пожара. Чтобы избежать этого, в сеть включают предохранители.

Назначение предохранителей – сразу отключить линию, если сила тока вдруг окажется больше допустимой нормы. Рассмотрим устройство предохранителей, применяемых в квартирной проводке. Главная часть предохранителя – проволока из легкоплавкого металла (например, из свинца), проходящая внутри фарфоровой пробки. Пробка имеет винтовую нарезку и центральный контакт. Нарезка соединена с центральным контактом свинцовой проволокой. Пробку ввинчивают в патрон, находящийся внутри фарфоровой коробки.

Свинцовая проволока представляет, таким образом, часть общей цепи. Толщина свинцовых проволок рассчитана так, что они выдерживают

определенную силу тока. Если сила тока превысит допустимое значение, то свинцовая проволока расплавится и цепь окажется разомкнутой.

Предохранители с плавящимся проводником называют плавким предохранителем.

Плавкие предохранители должны обеспечивать нормальную работу электроприемников при длительном прохождении по ним номинального тока и немедленно отключать их при перегрузках и коротких замыканиях. Поэтому предохранители выбирают с учетом следующих обстоятельств:

1). номинальный ток плавкой вставки должен удовлетворять требованию

$$I_{вст} = (1, \dots, 1.5) I_p,$$

где I_p – расчетный ток на защищенном участке цепи;

2) каждый предохранитель должен срабатывать лишь тогда, когда произойдет короткое замыкание на участке цепи, который он защищает, т.е. предохранители должны работать избирательно (селективно).

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Соберите электрическую цепь, изображенную на рисунке:

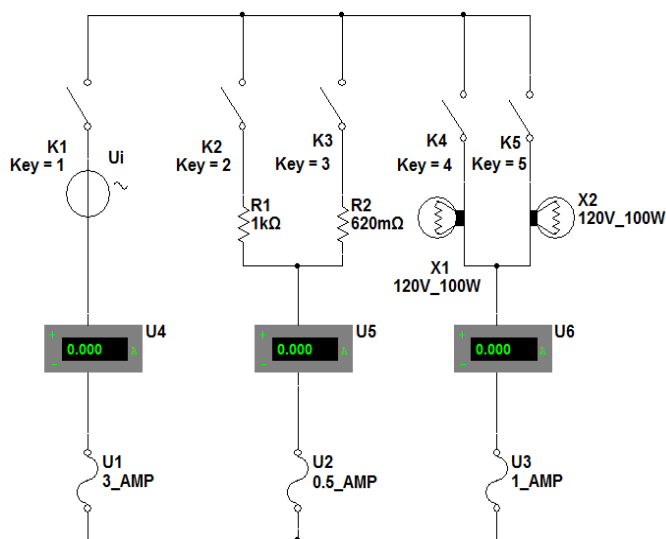


Рисунок 1 – Схема для исследования плавких вставок

2. Выберите напряжение генератора сети равным 220 В, мощности электрических лампочек – 60 и 150 Вт, а рабочее напряжение – 240 В.

Выберите мощности электронагревательных приборов – 600 и 1000 Вт, а рабочее напряжение – 240 В.

3. Определите расчетный ток для каждого электроприемника по формуле $I = \frac{P}{U}$. Результаты занесите в таблицу.

4. Рассчитайте номинальные значения токов плавких предохранителей, защищающих отдельно электроосветительную сеть (Пр.3) и сеть, питающую электронагревательные приборы (Пр.2), а также ток для общего предохранителя (Пр.1), защищающего все электрические приборы.

5. Замкните ключи $K1$ и $K4$, $K5$. Убедитесь, что лампы загорелись, а предохранители Пр.1 и Пр.3 не перегорают.

6. Замкните ключи $K1$ и $K2$, $K3$. Убедитесь, что нагреватели включились, а предохранители Пр.1 и Пр.2 не перегорают.

7. Замкните все ключи. Убедитесь, что все электроприборы включились, а все предохранители не перегорают.

3. Вопросы для защиты работы

1. Какова цель установки предохранителей в электрических цепях?
2. Как рассчитывается номинальный ток плавкой вставки предохранителя?
3. Почему правилами техники безопасности запрещается установка так называемых "жучков" - случайно выбранных проводников вместо целых предохранителей?

Лабораторная работа № 3. Исследование выпрямителей и сглаживающих фильтров

Цель работы:

1. Изучить: выпрямители и сглаживающие фильтры.
2. Получить практические навыки по исследованию выпрямителей и сглаживающих фильтров

1. Теоретическое обоснование

Электропитание радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) осуществляется от источников постоянного или переменного тока, к которым предъявляются различные требования в зависимости от выполняемых ими функций. Самый распространенный способ электропитания РЭА – от сети переменного тока – предполагает использование выпрямителей, сглаживающих фильтров и стабилизаторов напряжения или тока.

1.1. Выпрямители и сглаживающие фильтры

Выпрямительные устройства используются для преобразования переменного напряжения в постоянное. Они, как правило, состоят из трансформатора, полупроводниковых диодов, осуществляющих выпрямление переменного напряжения, и сглаживающего фильтра, уменьшающего пульсацию выпрямленного напряжения.

Выбор схемы выпрямителя зависит от ряда факторов, которые должны учитываться в зависимости от требований, предъявляемых к выпрямительному устройству. К ним относятся: выпрямленное напряжение и мощность, частота пульсации выпрямленного напряжения, число диодов, обратное напряжение на диоде, коэффициент использования мощности трансформатора, напряжение вторичной обмотки. Повышение частоты пульсации позволяет уменьшить размеры сглаживающего фильтра.

Однополупериодная схема выпрямления (рис. 1, 2) обычно применяется при токах нагрузки до нескольких десятков миллиампер и в тех

случаях, когда не требуется высокая степень сглаживания выпрямленного напряжения.

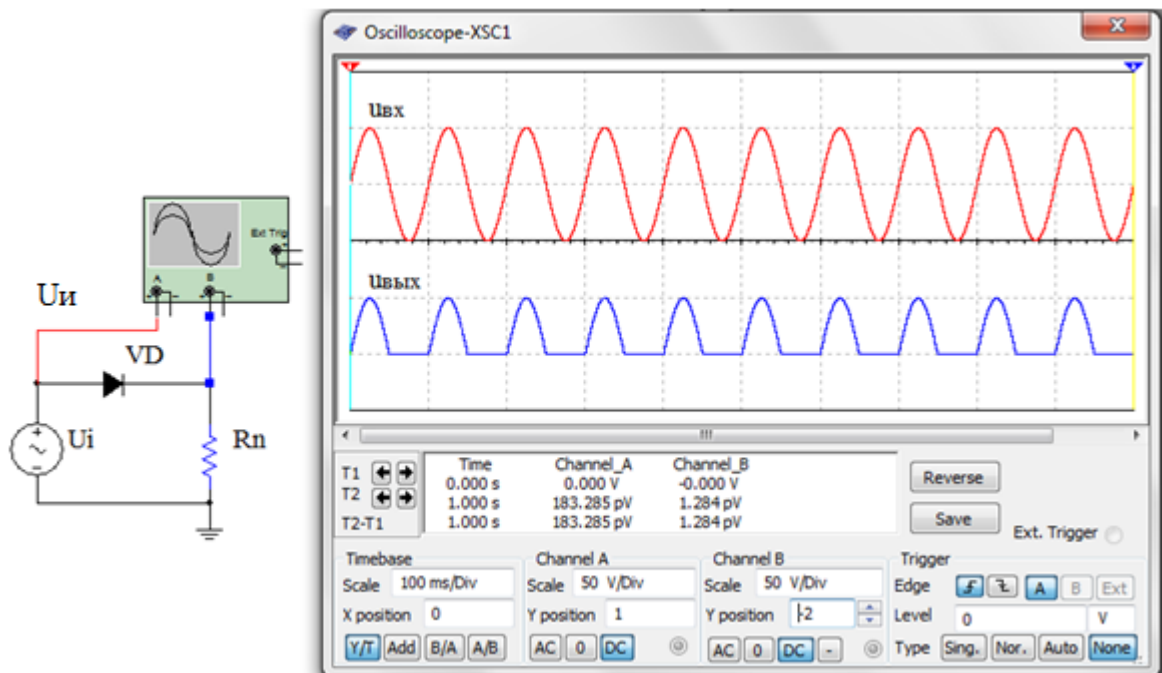


Рисунок 1 - Однополупериодный выпрямитель отрицательной волны и осциллограмма входного сигнала при активной нагрузке

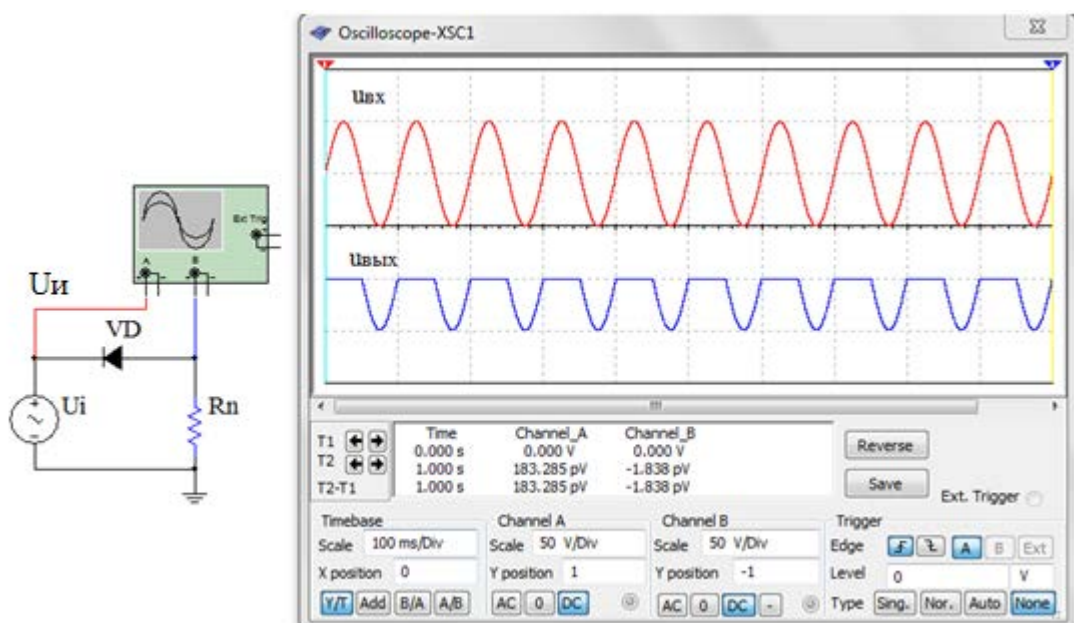


Рисунок 2 - Однополупериодный выпрямитель положительной волны и осциллограмма входного сигнала при активной нагрузке

Для этой схемы выпрямителя $U_n = U_{эфф} = 0,45U_{вх}$

Эта схема характеризуется низким коэффициентом использования мощности трансформатора, поскольку используется только один полупериод

выпрямляемого напряжения. Этот недостаток устраняется в двухполупериодных выпрямителях.

Второй недостаток заключается в том, что обратное напряжение выпрямительного диода должно быть примерно равным двойной амплитуде источника т.е. $2U_i$, поскольку при его закрытом состоянии к нему приложено напряжение на конденсаторе C фильтра и напряжение обратной (для схемы на рис. 1 – отрицательной) полуволны источника U_i . Заметим, что при больших токах нагрузки возможно существенное искажение формы сигнала из-за подмагничивания сердечника трансформатора вследствие постоянной составляющей тока нагрузки в его вторичной обмотке.

Следует отметить, что модель трансформатора в программе Multisim не во всех случаях применима из-за необходимости заземления обмоток. По этой причине во всех схемах выпрямителей далее в качестве первичных источников использованы источники переменного напряжения или функциональный генератор.

Выпрямленное напряжение при чисто активной нагрузке является пульсирующим (осциллограммы на рис. 1, 2) для однополупериодных выпрямителей соответственно). Коэффициент пульсации, равный отношению амплитуды U_n импульсов выпрямленного напряжения основной частоты к среднему значению выпрямленного напряжения U , может быть определен из разложения последовательности импульсов на рис. 1, 2 в ряд Фурье. Для однополупериодного выпрямителя это разложение имеет вид:

$$u = \frac{U_m}{\pi} + 0.5 \cdot U_m \sin \omega t - \frac{2 \cdot (U_m \sin \omega t)}{3\pi} - \dots,$$

откуда коэффициент пульсации

$$K_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{U} = \frac{0,5U_m}{\frac{U_m}{\pi}} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57$$

$$K_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{U} = 0,5 \frac{U_m}{\frac{U_m}{\pi}} = \frac{\pi}{2} \approx 1,57 \text{ или } 157\%$$

Двухполупериодный выпрямитель со средним выводом вторичной обмотки трансформатора (рис. 3) применяют в низковольтных устройствах. По сравнению с однофазным мостовым выпрямителем (рис. 6) он позволяет уменьшить вдвое число диодов и тем самым понизить потери, меньше коэффициент пульсаций, однако по обратному напряжению на диоде и коэффициенту использования мощности трансформатора он не отличается от схем на рис. 1, 2. Единственное отличие – это отсутствие подмагничивания, поскольку постоянные составляющие во вторичных обмотках трансформатора имеют разное направление и поэтому создаваемые ими магнитные поля взаимно компенсируются.

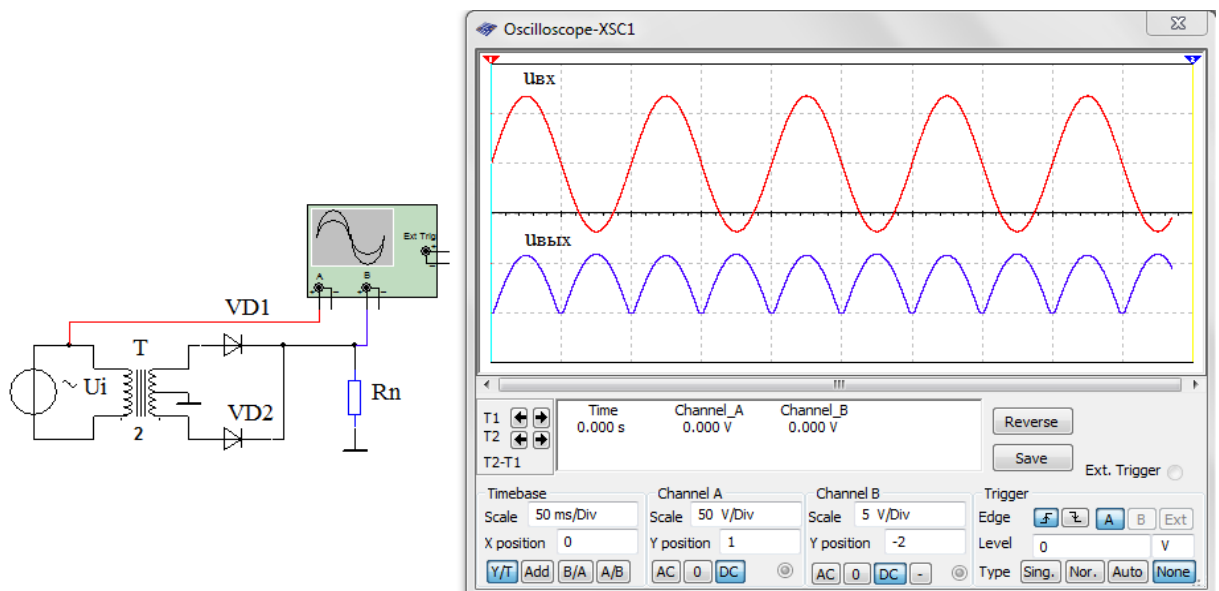


Рисунок 3 – Двухполупериодный выпрямитель и осциллограмма входного сигнала при активной нагрузке

Коэффициент пульсации, равный отношению амплитуды U_n импульсов выпрямленного напряжения основной частоты к среднему значению выпрямленного напряжения U , может быть определен из разложения последовательности импульсов на рис. 3 в ряд Фурье. Для двухполупериодного выпрямителя

$$u = \frac{2}{\pi} \cdot U_m \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) + \frac{2}{\pi} \cdot \frac{2}{2^2 - 1} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) - U_m \cos \omega t - \left(\frac{2}{\pi}\right) \cdot \frac{2}{4 \cdot 2^2 - 1} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot U_m \cos 2m\omega t - \dots,$$

$$K_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{U} = \frac{2}{2^2 - 1} \quad \text{или} \quad K_{\Pi} = \left[\frac{2}{2^2 - 1} \right] \cdot 100\% \quad (1)$$

$$K_{\Pi} = 2/3 = 0,67 \text{ или } 67\%$$

Выпрямители без сглаживающего фильтра применяют сравнительно редко и в тех случаях, когда пульсации напряжения на нагрузке не имеют существенного значения. Сглаживающий фильтр также часто отсутствует в многофазных выпрямителях, имеющих малую пульсацию выпрямленного напряжения.

1.2.Использование сглаживающих фильтров.

Для характеристики выпрямителя с фильтром или стабилизатором используется коэффициент сглаживания

$$K_c = K_{\Pi}/K_{\Pi 0},$$

где K_{Π} , $K_{\Pi 0}$ – коэффициенты пульсации до и после фильтра (стабилизатора).

Выпрямители, нагруженные на фильтр в виде конденсатора (рис. 4, 5), используются в широком диапазоне выпрямленных напряжений и мощностей.

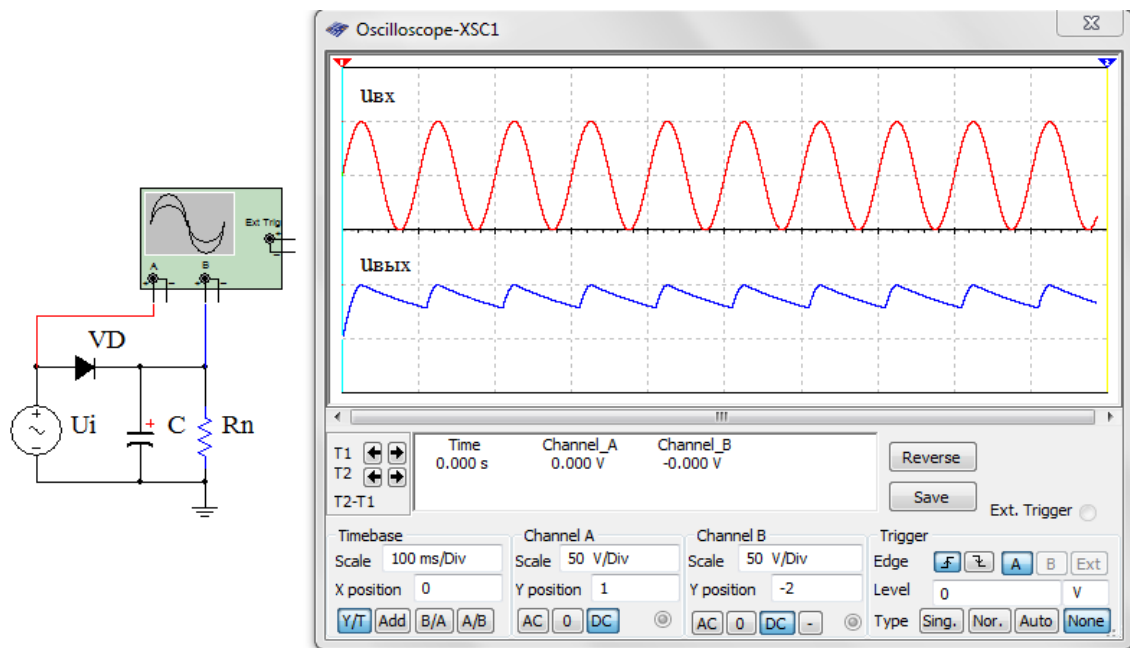


Рисунок 4 – Сглаживающий фильтр положительной волны и осциллограмма входного сигнала при активной нагрузке

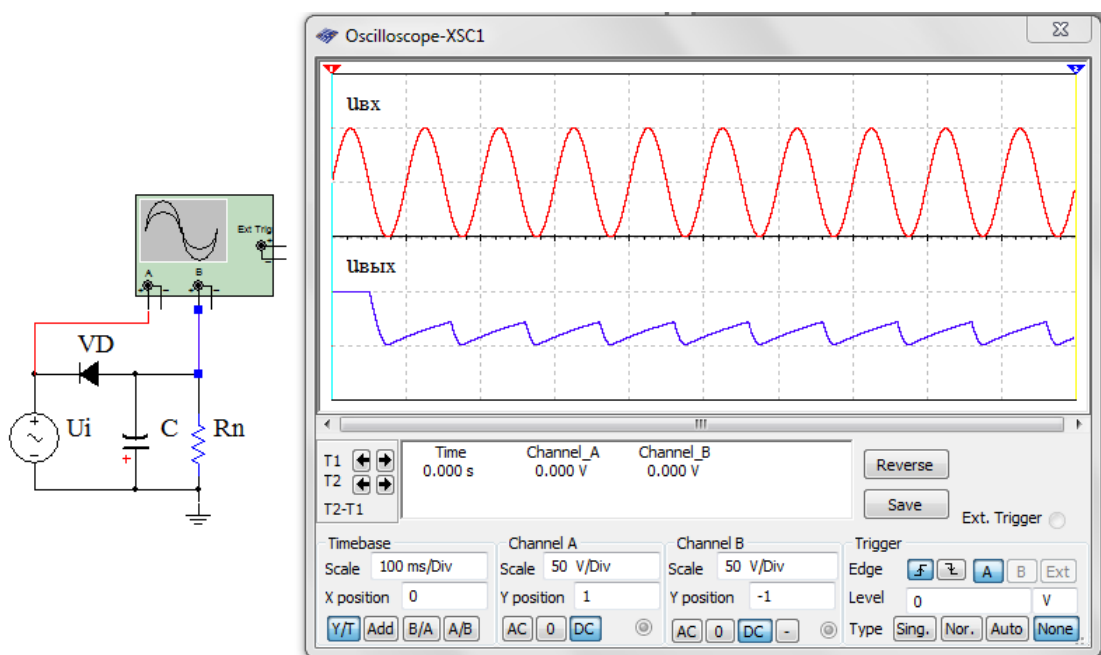


Рисунок 5 – Сглаживающий фильтр отрицательной волны и осциллограмма входного сигнала при активной нагрузке

К недостаткам выпрямителей с таким фильтром относятся большая амплитуда тока через выпрямительный диод в момент включения источника, а также необходимость в трансформаторах большей мощности по сравнению с выпрямителями с индуктивным фильтром (рис. 3).

Коэффициент пульсации выпрямителя с емкостным фильтром

определяется приближенным выражением:

$$K_{\Pi} = \left[\frac{1}{2m} \cdot f \cdot C \cdot R_{\Pi} \right] \cdot 100\% \quad (2)$$

где m – число фаз, которое дает удовлетворительные по точности результаты при $K_{\Pi} < 2-4\%$; при больших значениях K_{Π} погрешность расчета увеличивается до 10% и более.

Выпрямители с индуктивным фильтром применяются в широком диапазоне выпрямленных напряжений при мощностях от десятков ватт до нескольких киловатт и при токах свыше 1 А. Такие выпрямители имеют меньшее внутреннее сопротивление по сравнению с выпрямителями с емкостным фильтром, что уменьшает зависимость выпрямленного напряжения от тока нагрузки. Кроме того, применение индуктивного фильтра ограничивает импульс тока через диод. Недостатком выпрямителей с таким фильтром являются перенапряжения, возникающие на выходной емкости и на дросселе фильтра при включении выпрямителя и при скачкообразных изменениях тока нагрузки, что представляет опасность для элементов самого выпрямителя и его нагрузки.

Коэффициент сглаживания для выпрямителя с индуктивным фильтром определяется формулой:

$$K_c = \sqrt{\frac{2m\pi fL}{(R_n + R_d)^2}} \quad (3)$$

где L, R_d – индуктивность и активное сопротивление дросселя.

Однофазная мостовая схема (схема Греча, рис. 6) характеризуется высоким коэффициентом использования мощности трансформатора; она применяется в устройствах повышенной мощности при выходных напряжениях от десятков до сотен вольт.

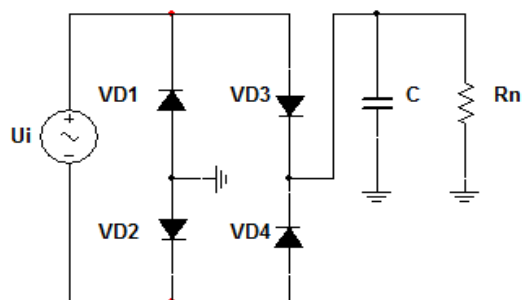


Рисунок 6 – Однофазная мостовая схема

В мостовой схеме для двухполярного источника питания (рис. 7) в качестве первичного источника используется функциональный генератор в парафазном режиме (рис. 8).

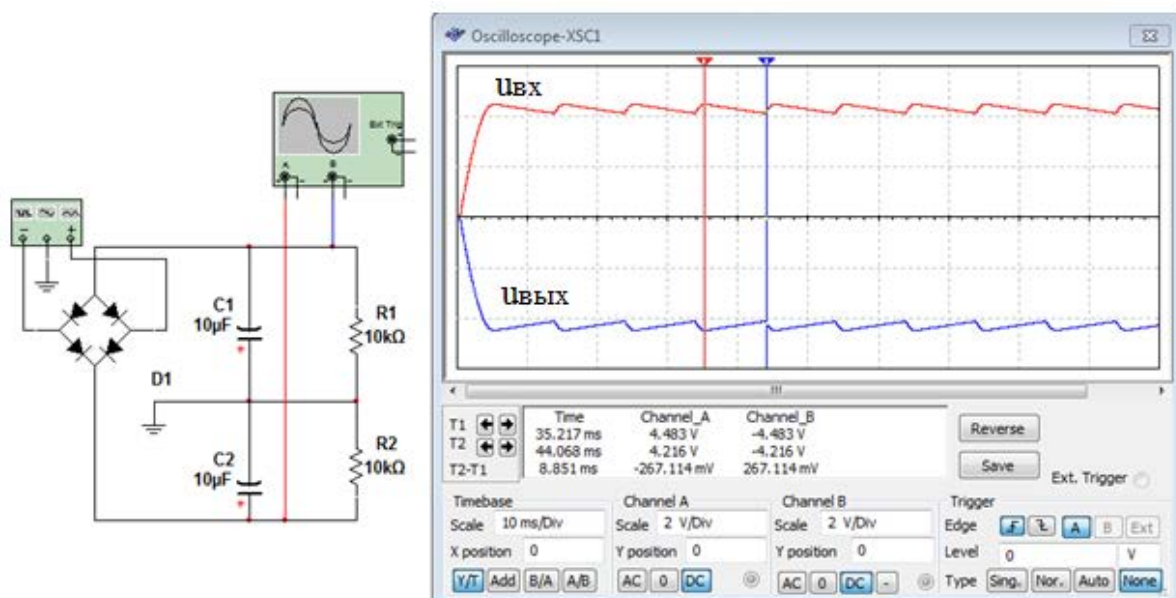


Рисунок 7 – Мостовая схема и осциллограммы выходных напряжений двухполярного источника питания

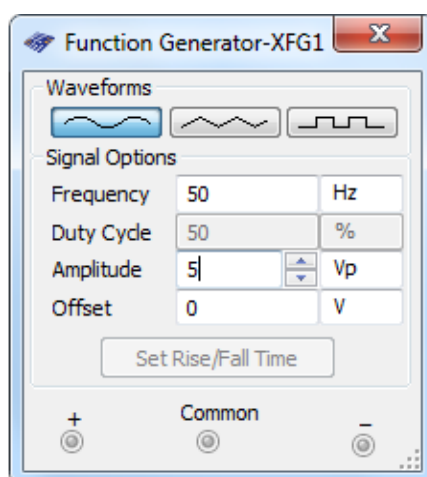


Рисунок 8 – Настройки генератора

Согласно (3.2), коэффициент пульсации для такого выпрямителя по каждому выходу

Проверим этот результат моделированием, для чего обратимся к осциллограммам выходного напряжения (рис. 3.3), из которых следует, что коэффициент пульсации

$$K_{\Pi} = \left[\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 50 \cdot 10^{-5} \cdot 10^4 \right] \cdot 100\% = 5\%.$$

что несколько превышает расчетное значение.

Симметричная схема удвоения напряжения (схема Латура, рис. 9) представляет собой последовательное соединение двух однополупериодных выпрямителей и применяется при высоких напряжениях (до 1.2 кВ) и небольших токах нагрузки. Пульсации на каждом конденсаторе схемы удвоения в 2 раза больше пульсаций на ее выходе.

Несимметричные схемы с умножением напряжения применяются при малых токах нагрузки, т. е. в режиме, близком к холостому ходу (одна из них показана на рис. 10). В этой схеме выпрямленное напряжение почти в 5 раз больше амплитуды источника напряжения U_i (вторичной обмотки трансформатора), так как коэффициент умножения, равный числу диодов или конденсаторов, в данном случае составляет 5. Увеличение выпрямленного напряжения достигается добавлением нужного числа каскадов, каждый из которых состоит из диода и конденсатора. В схемах умножения частота пульсаций равна частоте питающей сети; обратное напряжение на диодах и напряжение на всех конденсаторах (кроме первого) равно удвоенной амплитуде напряжения UL . Отметим, что в реальных выпрямителях при нечетном числе каскадов по вторичной обмотке протекает постоянный ток, вызывающий нежелательное подмагничивание трансформатора, поэтому такого варианта следует избегать. Аналитическое выражение для коэффициента пульсаций определяется приближенной формулой: $K_{\Pi} =$

$1600n^2/Rn$ С. При этом емкость конденсатора каждого плеча (в фарадах) выбирается одинаковой и равной $C = 2(n + 2)/Rn \cdot f$, где n – коэффициент умножения, f – частота источника питания, Гц.

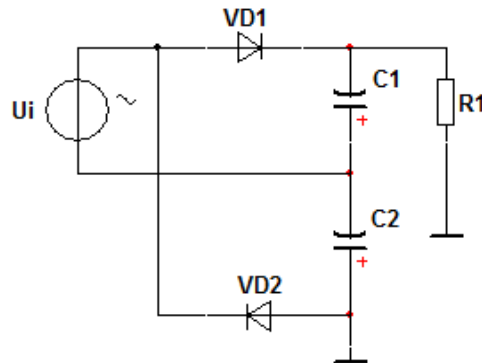


Рисунок 9 – Схема Латура

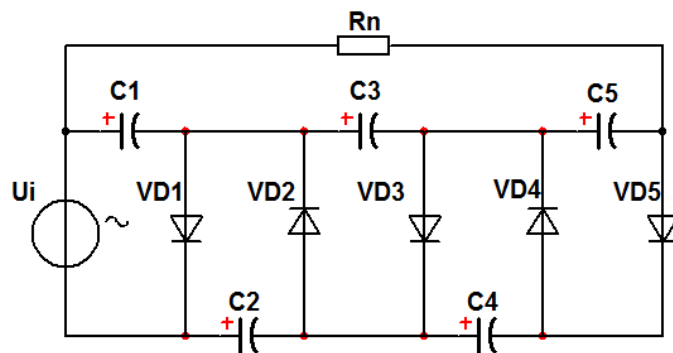


Рисунок 10 – Несимметричная схема с умножением напряжения

Трехфазная мостовая схема (рис. 11) обладает наилучшим коэффициентом использования мощности трансформатора, наименьшим обратным напряжением на диодах и высокой частотой пульсации выпрямленного напряжения. Схема применяется в широком диапазоне выпрямленных напряжений и мощностей.

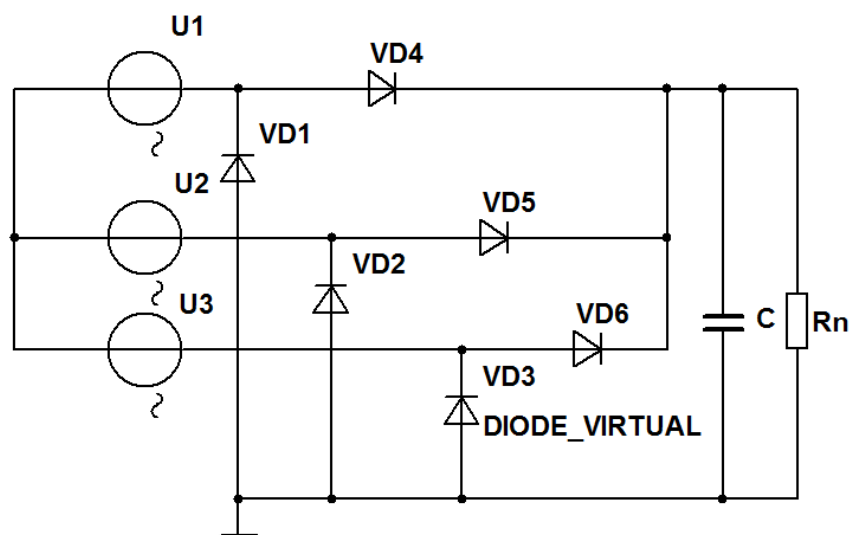


Рисунок 11 – Трехфазный мостовой выпрямитель

Допустимые пульсации на выходе источников питания зависят от характера нагрузки и могут составлять от тысячных долей процента (первые каскады микрофонных усилителей) до единиц и десятков процентов (исполнительные устройства). Для уменьшения пульсаций используются дополнительные фильтры.

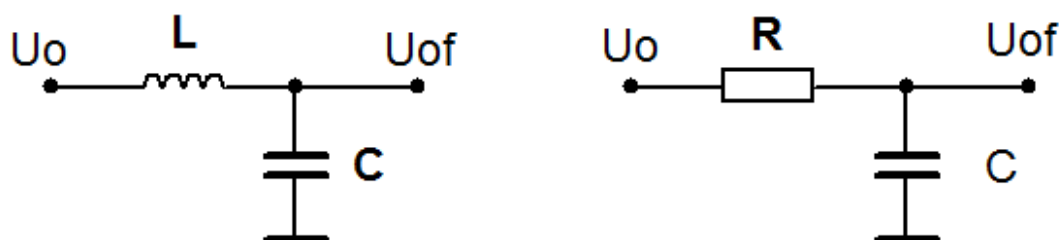


Рисунок 12 – Индуктивно-емкостный и реостатно-емкостный фильтры

Γ -образный индуктивно-емкостный (LC) фильтр (рис. 12) применяется в источниках средней и большой мощности, поскольку падение напряжения на фильтре можно сделать сравнительно малым и тем самым обеспечить более высокий КПД.

Произведение $L \cdot C$ (Гн-мкФ) зависит от необходимого коэффициента сглаживания K_c (отношение коэффициента пульсации на входе фильтра к коэффициенту пульсации на его выходе) и определяется формулой:

$$LC = (K_c + 1)/(2\pi m f)^2$$

(количество фаз для однополупериодной схемы $m = 1$, для двухполупериодной и мостовой, а также для параллельной схемы удвоения $m = 2$).

Для двухполупериодной или мостовой схемы при частоте сети 50 Гц

$$L \cdot C = 2,5(K_C + 1)$$

Величины L и C должны быть выбраны так, чтобы выполнялось условие $2\pi m f \cdot L > 1/(2\pi m f \cdot C)$. Если произведение $L \cdot C$ больше 200-250, то фильтр выполняется двухзвенным, причем во втором звене можно использовать RC -фильтр.

Недостатки LC-фильтров:

- 1) сравнительно большие размеры и вес (при низкой частоте первичного источника);
- 2) дроссель фильтра является источником помех, создаваемых магнитным полем рассеивания;
- 3) дроссель фильтра иногда является причиной сложных переходных процессов, приводящих к искажениям в работе устройств (усилителя, передатчика и т. п.);
- 4) фильтр не устраняет медленных изменений питающих напряжений.

Γ -образный реостатно-емкостный фильтр (рис. 10) применяется при малых выпрямленных токах (менее 15-20 мА) и небольших значениях коэффициента сглаживания. Такой фильтр является достаточно дешевым, имеет малые размеры и вес. Его недостатком является низкий КПД из-за большого падения выпрямленного напряжения на сопротивлении фильтра. Произведение $R \cdot C$ (Ом-мкФ) определяется по формуле: $R \cdot C = 159000 K_c / m f$; сопротивление R выбирается из условия допустимого падения выпрямленного напряжения на фильтре.

Более высокими сглаживающими свойствами обладают Π -образные фильтры. В практических конструкциях чаще всего используется фильтр на рис. 13, а при $S_k = 0$ и $C_1 = C_2$, причем условие $C_1 = C_2$ соответствует условиям не только оптимальной фильтрации, но и практической

реализации. Коэффициент сглаживания для П-образных фильтров в первом приближении определяется произведением таких коэффициентов для емкостного RC - и L -образного LC -фильтра, при более точных расчетах используются достаточно громоздкие графоаналитические методы. При $C_k \neq 0$ контур $LkCk$ в фильтрах на рис. 13, а, б настраивается в резонанс с частотой пульсации f_n , т. е. $(LkCk)^{1/2} = 1/2\pi f_n$, что обеспечивает более высокий коэффициент сглаживания на основной частоте пульсации.

Принцип действия фильтра с полупроводниковым триодом (рис. 13) основан на том, что для переменной составляющей пульсирующего тока транзистор представляет сравнительно большое сопротивление, а для постоянного тока его сопротивление намного меньше. Транзистор включен последовательно с нагрузкой. Цепочка $R1-C1$ обеспечивает постоянство тока эмиттера при кратковременных изменениях тока нагрузки и должна иметь большую постоянную времени. Сопротивлением $R2$ устанавливается режим транзистора по постоянному току. Транзистор выбирается так, чтобы ток нагрузки фильтра был не менее, чем в 2 раза меньше максимального допустимого тока коллектора. Наибольшее напряжение между коллектором и эмиттером, которое может возникнуть в момент включения выпрямителя, не должно превышать максимально допустимого напряжения на коллекторе. Мощность рассеивания на триоде также не должна превышать допустимой. Сопротивление резистора $R1$ выбирается в пределах 80-100 Ом, $R2$ – порядка десятков кОм; емкость конденсатора $C1 > 1/2mf_n R1$.

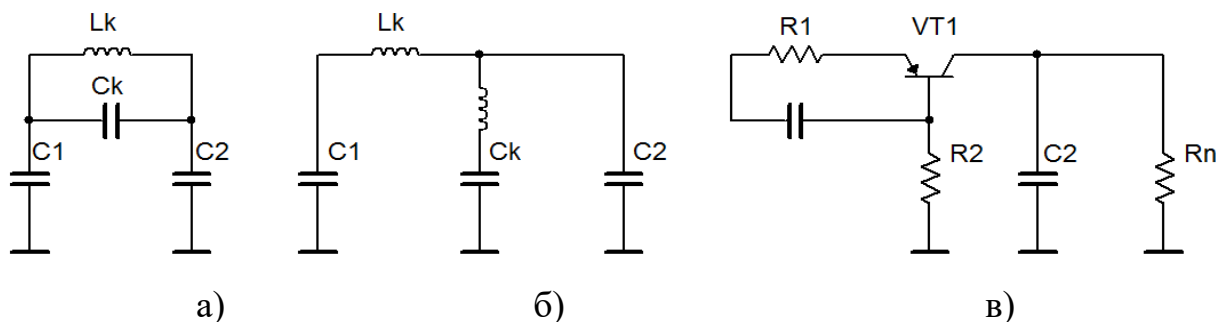


Рисунок 13 - П-образные фильтры (а, б) и фильтр с транзистором (в)

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Собрать схемы согласно варианту.

Вариант	Однополупериодный выпрямитель	Двухполупериодный выпрямитель	U _i	C, мкФ
1	рис. 1	рис. 3	50	40
2	рис. 2	рис. 3	60	320
3	рис. 1	рис. 3	70	160
4	рис. 2	рис. 3	80	70
5	рис. 1	рис. 3	90	510
6	рис. 2	рис. 3	55	70
7	рис. 1	рис. 3	65	120
8	рис. 2	рис. 3	75	170
9	рис. 1	рис. 3	85	80
10	рис. 2	рис. 3	95	500

2. Рассчитать коэффициент пульсации, выпрямленное напряжение.
3. Собрать схему сглаживающих фильтров и мостовых выпрямителей согласно варианту задания.

Вариант	Сглаживающие фильтры	C, мкФ	Мостовые выпрямители	C1, C2, мкФ	R1, R2, кОм
1	рис. 4	40	рис. 6	15	10
2	рис. 5	320	рис. 7	35	5
3	рис. 4	160	рис. 6	28	12
4	рис. 5	70	рис. 7	30	9
5	рис. 4	510	рис. 6	3	7
6	рис. 5	70	рис. 7	19	4
7	рис. 4	120	рис. 6	39	9
8	рис. 5	170	рис. 7	32	16
9	рис. 4	80	рис. 6	34	13
10	рис. 5	500	рис. 7	7	11

4. Рассчитать коэффициент сглаживания.
5. Сравнить экспериментальные и расчетные данные.
3. Оформить отчет.

3. Вопросы для защиты работы

1. Дайте определение коэффициента пульсаций, какие значения он может принимать в зависимости от типа аппаратуры и отдельных ее блоков?

2. Для каждой из приведенных выше схем выпрямителей определите зависимость коэффициента пульсации от емкости фильтрующего конденсатора и сопротивления нагрузки.

3. Путем моделирования проверьте справедливость приближенных выражений для коэффициентов пульсации рассмотренных схем выпрямителей.

4. Проверьте эффективность использования в выпрямителях транзисторного, Г-и П-образных фильтров (при моделировании выберите емкости конденсаторов этих фильтров одинаковыми).

5. Исследуйте зависимость коэффициента пульсаций для рассмотренных выше выпрямителей от сопротивления нагрузки.

Лабораторная работа № 4. Исследование тиристорных источников питания с фазовым управлением

Цель работы:

1. Изучить: построение и общие свойства тиристорных источников питания с фазовым управлением.
2. Получить практические навыки по исследованию тиристорных источников питания с фазовым управлением.

1. Теоретическое обоснование

Такие устройства используются для регулирования среднего значения мощности, подводимой к нагрузке (нагревательные приборы, источники питания, электропривод и т. п.) - Регулирование производится изменением фазового угла, при котором происходит отпирание тиристора.

Однополупериодный тиристорный источник состоит (рис. 1, а) из тиристора (тринистора) $VD3$ и цепи управления из RC-цепи, вспомогательного выпрямительного диода $VD1$ и порогового элемента, в качестве которого в данном случае использован неуправляемый тиристор (диод Шокли) $VD2$ с напряжением срабатывания $VS = 100$ В. В качестве нагрузки выпрямителя использована лампочка накаливания L . Постоянное $U_{\text{ср}}$ и действующее $U_{\text{д}}$ напряжение на нагрузке (осциллограмма В на рис. 1, в) определяются выражениями: $U_{\text{ср}} = U_M(1 + \cos\alpha)/2\pi$; $U_{\text{д}} = 0,5U_M[1 - \alpha/\pi + (0,5\sin 2\alpha)/\pi]^{1/2}$, где U_M – амплитуда переменного напряжения (осциллограмма А на рис. 1, в); $\alpha = 0-180^\circ$ - угол отпирания тиристора $VD3$, который определяется постоянной времени RC и напряжением срабатывания $VD2$. Расчет угла α производится с использованием графоаналитических методов. Для проведения исследований можно воспользоваться также выражением для напряжения на конденсаторе C

$$U_c = U_M[\cos\beta \cdot \cos(4\pi t/3T - \beta) + (0,5\sin 2\beta) \cdot \exp(-t/RC - 3T/8RC)],$$

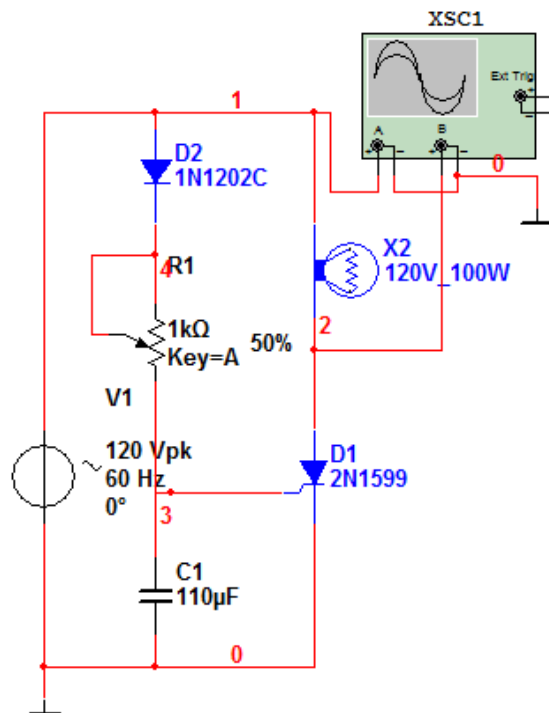
где T – период источника U_i ; $\tan\beta = 4\pi RC/3T$. Из условия $U_c = VS$ можно

определить временной промежуток, а по нему – угол α . При большом значении этого угла может создаться ситуация, когда конденсатор C не успеет разрядиться, в результате чего будет "пропущен" очередной период выпрямляемого напряжения. В этом случае рекомендуется диод $VD1$ заменить на резистор, что позволяет перезаряжать конденсатор C за счет отрицательной полуволны источника U_i .

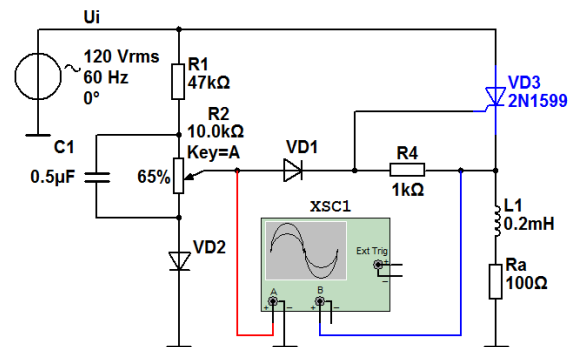
Пример использования рассмотренного источника для управления двигателем постоянного тока показан на рис. 1, б, где двигатель имитируется его противоЭДС U_a , индуктивностью L_a и активным сопротивлением R_a якорной обмотки. Известно, что противоЭДС двигателя постоянного тока прямо пропорциональна его скорости вращения, т. е. она может служить в качестве "датчика" такой скорости. Если при положительной полуволне источника U_i амплитудное значение напряжения на подвижном контакте резистора $R2$ (точка А схемы, осциллограмма А на рис. 1, в) меньше напряжения U_a , то диод $VD1$ заперт и, следовательно, цепь управления тиристора $VD3$ заблокирована, и он будет находиться в закрытом состоянии. Для наблюдения такого режима значение U_a устанавливается примерно равным амплитудному значению U_i ; при этом осциллограмма В будет представлять собой прямую линию, отражающую значение U_a . Если напряжение на подвижном контакте резистора $R2$ больше U_a , то тиристор $VD3$ открывается и на якорную обмотку поступает импульс напряжения (см. осциллограмму В на рис. 1, в), равный разности указанных напряжений. При этом скорость двигателя увеличивается, пока противоЭДС не достигнет установленного резистором $R2$ значения.

В случае реального двигателя возможен режим его существенного разгона далее за один период подачи повышенного напряжения (например, при импульсной нагрузке – как в ручной электродрели). Для устранения такого недостатка в схеме на рис. 1, б используется конденсатор C , введение которого позволяет уменьшить время открытого состояния тиристора $VD3$ с четверти периода до такой величины, при которой подводимая мощность как

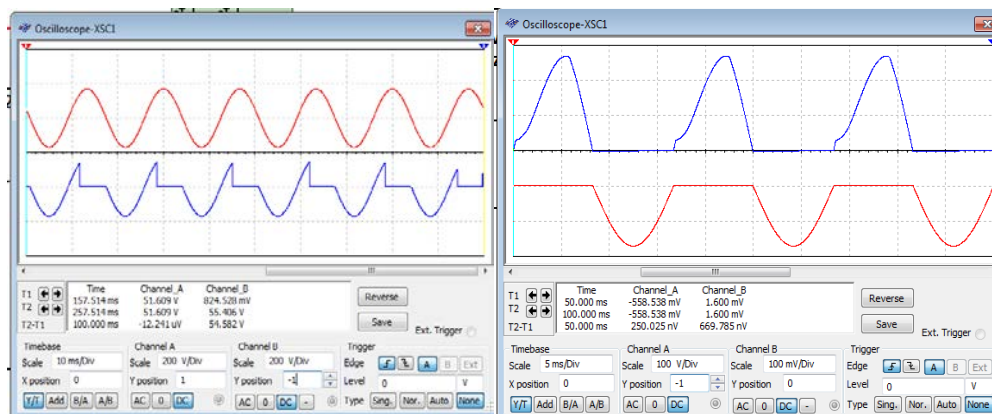
раз равна потерям энергии в двигателе за один период.



а)



б)

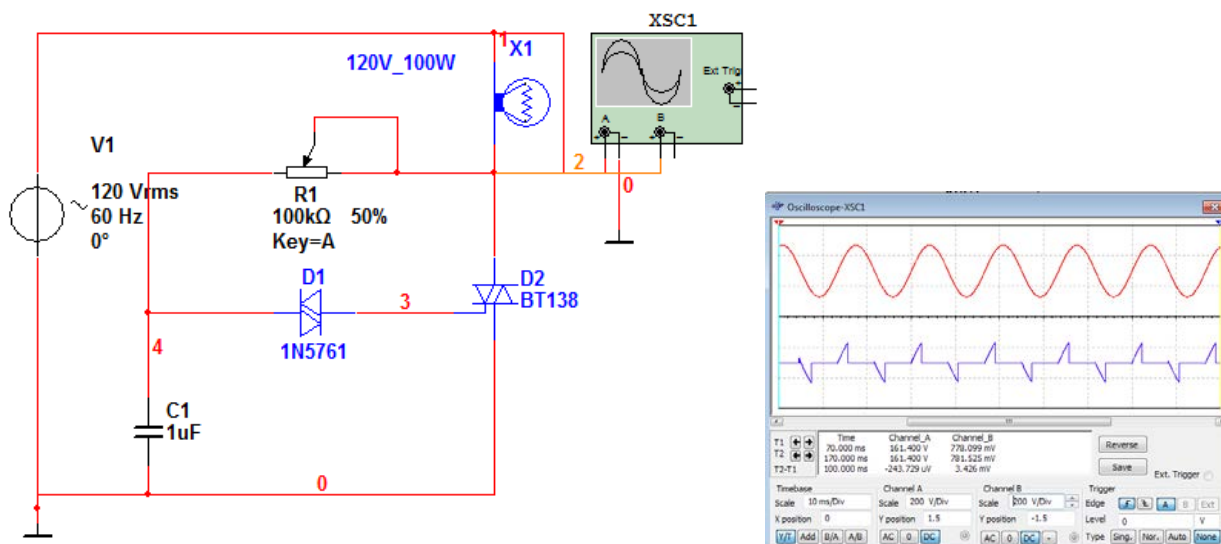


в)

г)

Рисунок 1 - Однополупериодные схемы с фазовым управлением (а, б) и осциллограммы сигналов (в, г)

Наиболее простым вариантом схемы двухполупериодного управления является сочетание двустороннего переключающего диода (симметричного динистора) VD1 с двунаправленным тиристором (симистором) VD2 (рис. 2, а). Кроме VD1, в схему управления входит RC-цепь, которая выполняет такие же функции, как и в ранее рассмотренных схемах, но только для обеих полуволин источника U_i (см. осциллограммы А и В на рис. 2, б).



a)

б)

Рисунок 2 - Двухполупериодный источник с фазовым управлением (a) и осциллограммы сигналов (б)

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Собрать схему рис. 1 согласно своему варианту.

Вариант	U_i , В	R , Ом
1	120	100, 50%
2	125	100, 53%
3	130	100, 56%
4	135	100, 59%
5	140	100, 62%
6	145	100, 65%
7	150	100, 68%
8	155	100, 71%
9	160	100, 73%
10	165	100, 76%

3. Собрать схему рис. 2 согласно своему варианту.

4.

Вариант	U_i , В	R , Ом
1	120	100, 10%
2	128	100, 14%
3	136	100, 28%
4	144	100, 32%
5	152	100, 36%
6	160	100, 40%
7	168	100, 42%

8	176	100, 46%
9	184	100, 50%
10	192	100, 52%

3. Определить постоянное $U_{\text{ср}}$ и действующее $U_{\text{д}}$ напряжение на нагрузке (осциллограмма В на рис. 1, в)

3. Вопросы для защиты работы

1. Можно ли тиристор $VD3$ (схема на рис. 1, а) перевести в режим неуправляемого?

2. Замените тиристор $VD2$ в схеме на рис. 1, а на равноценный ему по параметрам стабилитрон и проведите испытания схемы.

3. При увеличении индуктивности L_a в схеме на рис. 1, б будет наблюдаться заметная задержка при закрывании тиристора $VD3$. Чем объясняется такая задержка?

4. Получите зависимость угла α от постоянной времени RC -цепи управления для схемы на рис. 2, а.

5. Какое дополнительное устройство потребуется для использования схемы на рис. 2, а в системе управления асинхронного двухфазного двигателя?

Лабораторная работа № 5. Исследование параметрических стабилизаторов

Цель работы:

1. Изучить: построение и общие принципы построения параметрических стабилизаторов.
2. Получить практические навыки по исследованию параметрических стабилизаторов.

1. Теоретическое обоснование

Параметрические стабилизаторы напряжения (ПСН) используются в маломощных источниках (с выходным током до 15.20 мА), а также в качестве источников опорного напряжения в компенсационных стабилизаторах и контрольно-измерительной аппаратуре. Для стабилизации постоянного напряжения в них применяются элементы с нелинейной вольтамперной характеристикой, напряжение на которых мало зависит от протекающего через них тока. В качестве таких элементов используются полупроводниковые стабилитроны (диоды Зенера) и стабилитроны (напряжение стабилизации 0,7...1.5 В).

Основная схема однокаскадного ПСН приведена на рисунке 1, а.

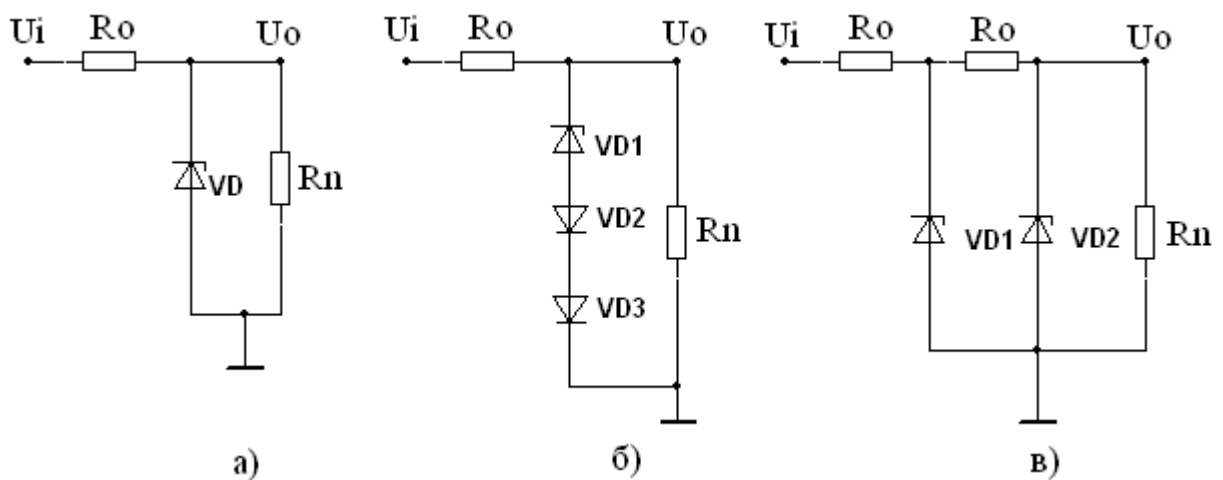


Рисунок 1 – Параметрический стабилизатор напряжения без термокомпенсации (а), с термокомпенсацией (б) и двухкаскадный (в)

При изменении входного напряжения U_i ток I_s через стабилитрон VD изменяется, что приводит к незначительным изменениям напряжения на

стабилитроне, следовательно, и на нагрузке. Изменение U_o зависит от приращения напряжения ΔU_i , сопротивления ограничивающего резистора R_o и внутреннего (дифференциального) сопротивления стабилитрона, равного $R_s = dU_s/dI_s$.

Коэффициент стабилизации в общем случае определяется как

$$K_{cm} = \frac{\Delta U_i}{\Delta U_o} \cdot \frac{U_o}{U_i} \quad (4)$$

Для ориентировочных расчетов пользуются приближенной формулой:

$$K_{cm} = \frac{U_o}{U_i} \cdot \frac{R_o}{R_s} \quad (5)$$

Для более точных расчетов рекомендуется формула [44]:

$$K_{cm} = \frac{1 + R_o/R_s}{1 + R_o \cdot (I_s + I_n)/U_o} \quad (6)$$

где I_s , I_n – ток стабилитрона и нагрузки соответственно.

Коэффициент полезного действия рассматриваемого ПСН [44]:

$$KПД = \frac{U_o \cdot I_n}{U_i \cdot (I_n + I_s)} \quad (7)$$

Внутреннее сопротивление стабилизатора, определяемое в основном дифференциальным сопротивлением стабилитрона, достигает минимального значения для стабилитронов с напряжением стабилизации 6 – 8 В.

Температурный коэффициент напряжения $K_{тн}$ стабилитрона определяет отклонение выходного напряжения ПСН при изменении температуры. Установлено, что наибольшая температурная зависимость наблюдается для приборов с напряжением стабилизации $U_s > 5,5$ В. Температурная компенсация в этом случае может быть достигнута включением последовательно со стабилитроном диодов в прямом направлении (VD_2 и VD_3 на рисунке 1, б). Однако при этом возрастает внутреннее сопротивление ПСН за счет дифференциального сопротивления термокомпенсирующих диодов. Кроме того, термокомпенсированный ПСН имеет повышенное значение U_s и пониженный коэффициент стабилизации. Коэффициент стабилизации ПСН по схеме рисунок 1, б равен

$$K_{\text{ст}} = (U_o \cdot R_o) / U_i (R_s + R_s'),$$

где R_s' – суммарное динамическое сопротивление термокомпенсирующих диодов $VD2, VD3$.

Если требуется повышенная стабильность выходного напряжения, то применяются двухкаскадные (рисунок 1, в), мостовые (рисунок 2, а, б) схемы стабилизаторов или ПСН со стабилизатором тока (рисунок 2, в).

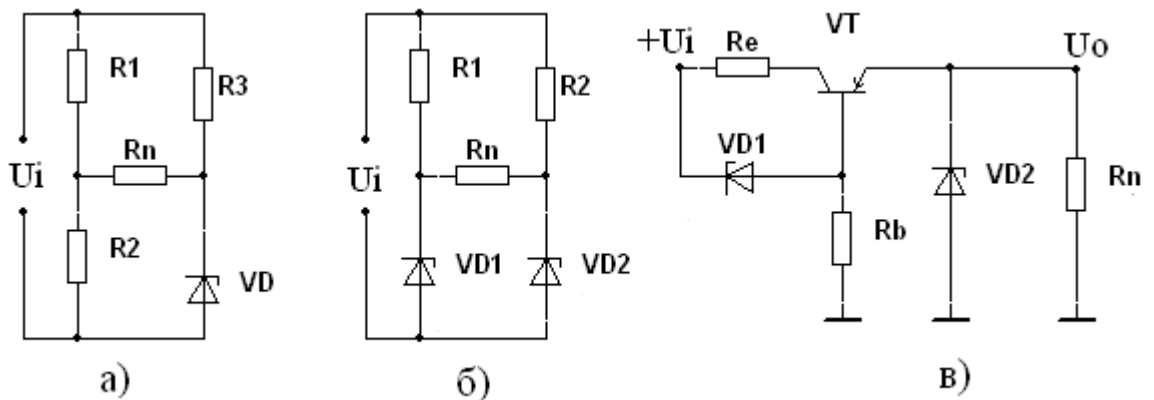


Рисунок 2 – Мостовые ПСН с одним (а), двумя стабилитронами (б) и ПСН со стабилизатором тока (в)

Предварительная стабилизация напряжения в двухкаскадном ПСН (рисунок 1, в) с помощью элементов R_o и $VD1$ позволяет получить достаточно высокий коэффициент стабилизации выходного напряжения, определяемый по формуле:

$$K_{cm} = \frac{U_o \cdot R_o \cdot R_o'}{U_i \cdot R_s \cdot R_s'},$$

где R_s, R_s' – динамические сопротивления стабилитронов $VD1$ и $VD2$.

Рассмотрим результаты испытаний простейшего ПСН (рисунок 3) при $U_i = 10$ В (4.3, а) и $U_i = 9,5$ В (3, б).

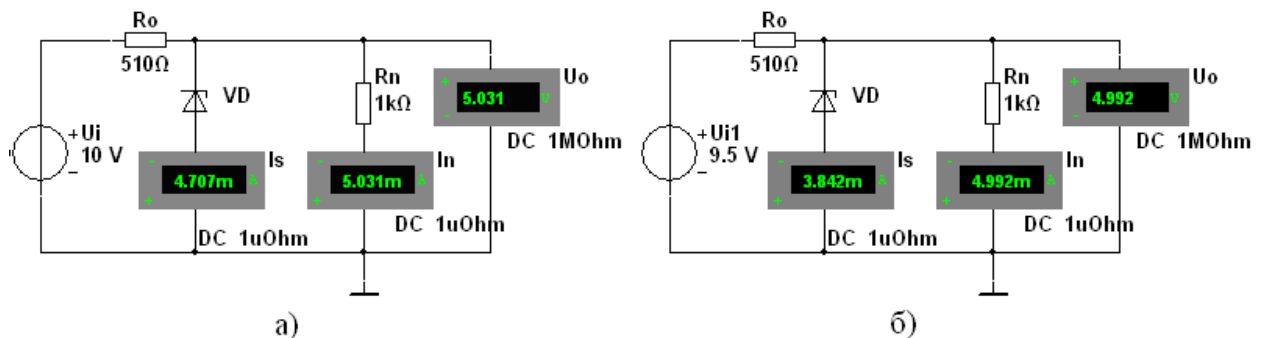


Рисунок 3 – Результаты моделирования однокаскадного ПСН

Как следует из приведенных данных,

$$\Delta U_i = 10 - 9,5 = 0,5 \text{ В}, \Delta U_o = 5,03 - 4,99 = 0,04 \text{ В}, \Delta I_s = 4,71 - 3,84 = 0,87$$

мА. Следовательно,

$$R_s = \Delta U_o / \Delta I_s = 0,04 / 0,87 = 0,046 \text{ кОм} = 46 \text{ Ом};$$

согласно (12.4), экспериментальное значение

$$K_{\text{ст}} = (\Delta U_i / \Delta U_o)(U_o / U_i) = (0,5 / 0,04)(5,03 / 10) = 6,29.$$

Расчетное значение по формуле (12.5)

$$K_{\text{ст}} = (U_o / U_i)(R_o / R_s) = (5,03 / 10)(510 / 46) = 5,58,$$

по формуле (12.6)

$$K_{\text{ст}} = (1 + R_o / R_s) / [1 + R_o(I_s + I_n) / U_o] = (1 + 510 / 46) / [1 + 0,51(4,71 + 5,03) / 10] = 8,75.$$

Таким образом, результаты расчета и моделирования по порядку величин достаточно близки, причем расчет по приближенной формуле (12.5) дает более близкие к моделированию результаты. Коэффициент полезного действия рассматриваемого ПСН равен

$$\text{КПД} = U_o \cdot I_n / U_i(I_n + I_s) = 5,03 \cdot 5,03 / 10(5,03 + 4,71) = 0,26.$$

Как и любой стабилизатор, ПСН обладает определенными фильтрующими свойствами. Согласно [44], коэффициент сглаживания однокаскадного ПСН

$$K_c = (1 + R_o / R_s),$$

а сам ПСН эквивалентен конденсатору фильтра емкостью $1/2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot R_s$.

Для исследуемой схемы (рисунки 3, 4, а)

$$K_c = (1 + 510 / 46) = 12,1.$$

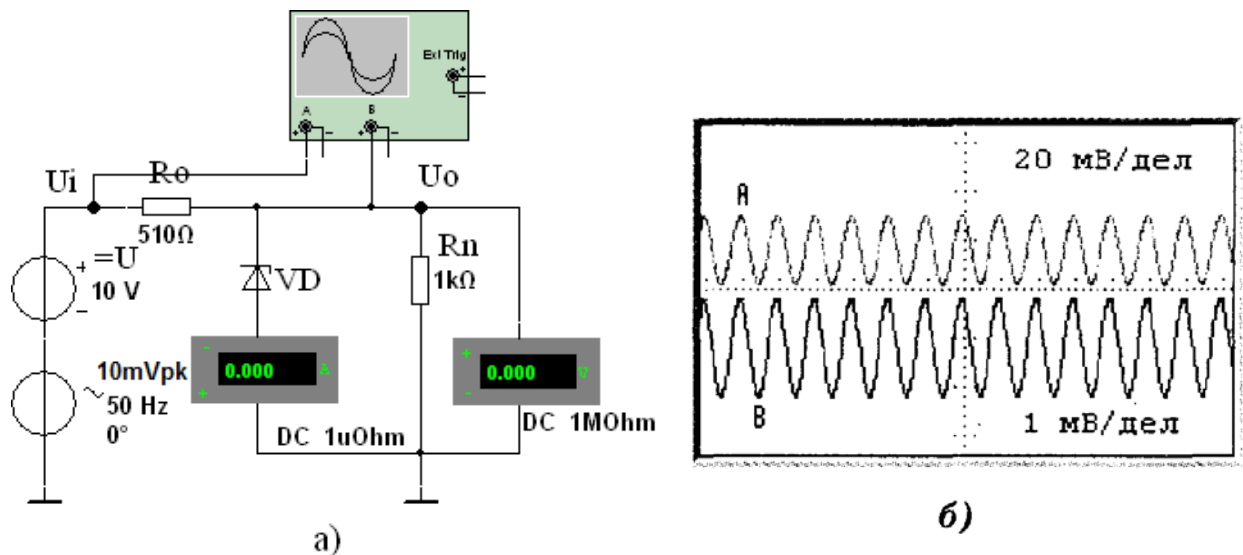


Рисунок 4 – Моделирование фильтрующих свойств однокаскадного ПСН

Из рисунка 4.4, б видно, что на входе (осциллограмма А) амплитуда пульсации, имитируемая источником $-U$, равна 14,1 мВ, на выходе (осциллограмма В) – около 1 мВ, т. е. коэффициент сглаживания равен 14, что согласуется с ориентировочным расчетным значением.

Пример расчета R_0 и R при $I_Z = 0,5$ мА, $U = 10$ В, $U_Z = 5$ В.

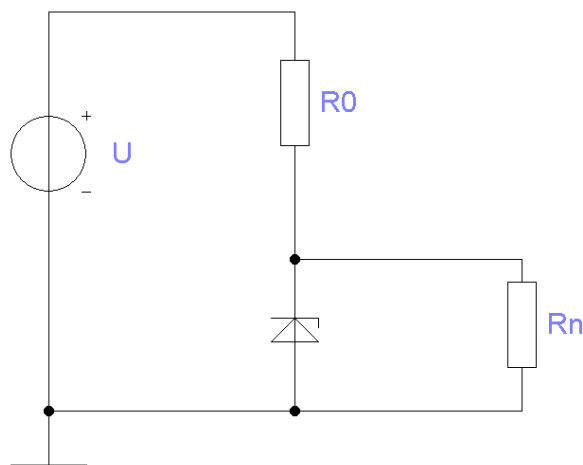


Рисунок 7 – Схема для расчета

Для расчета ограничивающего сопротивления R_0 вычислим напряжение на нем $U_R = U - U_Z = 10 - 5 = 5$ В. Тогда $R_n = U_R / I_Z = 5 / (5 \cdot 10^{-3}) = 1$ кОм.

Обычно ток I_R в нагрузке стабилитрона не превышает 10-20% от рабочего тока стабилитрона. Для нашего случая

$$I_R = (0,1-0,2) \cdot I_Z = 0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ А.}$$

Теперь можно рассчитать допустимое сопротивление R_n нагрузки стабилитрона. $R_n = U_Z / I_R = 5 / (5 \cdot 10^{-4}) = 10^4 = 10 \text{ кОм.}$

Повышение коэффициента стабилизации в мостовых схемах (рисунок 2, а, б) достигается за счет формирования компенсирующего напряжения на резисторе R_2 или стабилитроне VD_1 при изменениях входного напряжения. Коэффициент стабилизации при $R_n = \text{const}$ для схемы рисунок 2, а

$$K_{\text{ст}} = U_o / U_i (R_s / R_3 - R_2 / R_1).$$

Для ПСН на рисунке 2, б

$$K_{\text{ст}} = U_o / U_i (R_s / R_1 - R_s' / R_2),$$

где R_s, R_s' – дифференциальные сопротивления стабилитронов VD_1 и VD_2 .

В мостовых параметрических стабилизаторах коэффициент стабилизации теоретически может быть бесконечно большим, если выбрать элементы, исходя из условий равенства нулю выражений в скобках. Внутреннее сопротивление для схемы на рисунке 2, а

$$R_i = R_s + R_2,$$

а для схемы на рисунке 2, б

$$R_i = R_s + R_s'$$

Величина отклонения выходного напряжения мостовых ПСН при изменении температуры зависит от температурных коэффициентов стабилитронов, а для схемы на рисунке 2, а еще и от температурных коэффициентов резисторов R_1 и R_2 . Особенностью мостовой схемы на рисунке 2, б является возможность получения низких выходных напряжений при небольшом температурном уходе за счет применения стабилитронов с мало отличающимися температурными коэффициентами.

Следует отметить, что относительно высокая стабильность выходного напряжения в двухкаскадном и мостовых ПСН достигается за счет значительного ухудшения КПД по сравнению со схемой на рисунке 1, а.

Повысить стабильность выходного напряжения ПСН без ухудшения КПД позволяет схема на рисунке 2, в за счет применения источника тока, выполненного на транзисторе VT , стабилитроне $VD1$ и резисторах R_e и R_b . Это позволяет стабилизировать ток, протекающий через стабилитрон $VD2$ и тем самым уменьшить нестабильность напряжения на нагрузке при изменениях входного напряжения. Температурный уход и внутреннее сопротивление этого ПСН практически такие же, как и в рассмотренных ранее схемах.

Максимальная выходная мощность рассмотренных ПСН ограничивается предельными значениями тока стабилизации и рассеиваемой мощностью стабилитронов. Если использовать транзистор в режиме эмиттерного повторителя с ПСН на входе (рисунок 5, а), мощность в нагрузке может быть увеличена. Коэффициент стабилизации такого ПСН

$$K_{ст} = \mu \cdot U_o / U_i (1 + \mu \cdot R_s / R_o),$$

а внутреннее сопротивление

$$R_i = (R_v + \mu \cdot R_s / \beta) / (1 + \mu),$$

где $\mu = 1 / [R_s \cdot U_o / R_o \cdot U_s + (R_s + R_b + R_e) / R_k - R_s / R_o]$,

$$R_v = \mu \cdot (i(R_e + R_o / \beta));$$

R_b , R_e , R_k , β – сопротивления базы, эмиттера, коллектора и коэффициент передачи тока транзистора в схеме с ОЭ соответственно.

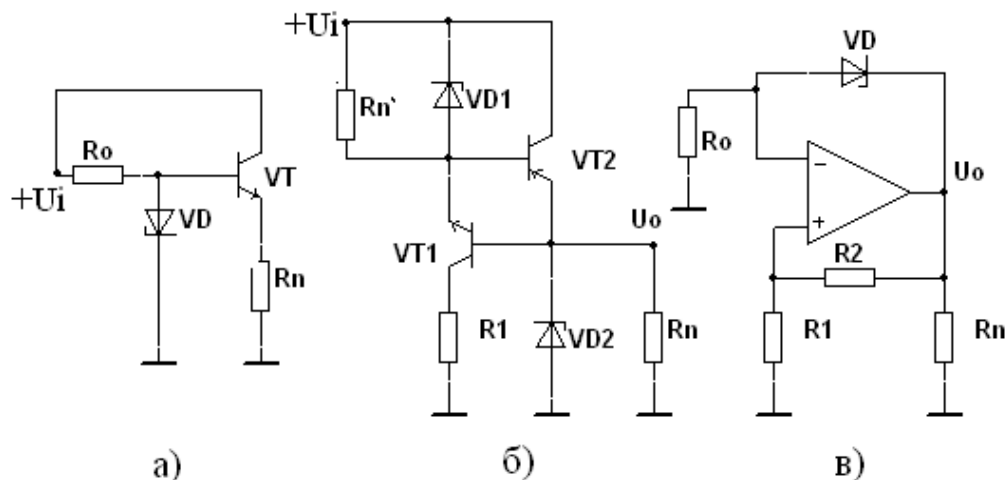


Рисунок 5 – ПСН с эмиттерным повторителем (а), стабилизатором тока (б) и ОУ (в)

Отметим, что ПСН по схеме рисунка 5, а при $U_s > 5,5$ В по температурной неустойчивости уступает рассмотренным выше стабилизаторам.

На рисунке 5, б приведена схема ПСН на транзисторах различной проводимости, выполняющих роль стабилизаторов тока. Для этого ПСН характерна высокая стабильность выходного напряжения и возможность одновременного подключения двух нагрузок R_n и R_n' к различным шинам входного напряжения. По коэффициенту стабилизации и температурному уходу эта схема незначительно превосходит схему на рисунке 5, а; внутренние сопротивления R_s и R_s' определяются стабилитронами $VD1$ и $VD2$ соответственно.

На рисунке 5, в показан прецизионный ПСН на ОУ [23], для которого справедливо следующее равенство:

$$U_o - U_s = U_o - \beta_n,$$

где U_s – напряжение стабилизации стабилитрона VD ;

$\beta_n = R1/(R1 + R2)$ – коэффициент положительной обратной связи.

Из приведенного равенства получаем

$$U_o = U_s/(1 - \beta_n).$$

Результаты моделирования этого ПСН с использованием модели ОУ $\mu A741$ с однополярным питанием показаны на рисунке 6, откуда видно, что при напряжении питания ОУ 10 (рисунок 6, а), 15 (рисунок 6, б) и 8 В (рисунок 6, в) выходное напряжение ПСН остается неизменным (в пределах точности вольтметра U_o). Из рисунка 6 следует, что

$$\beta_n = 1/(1 + 3) = 0,25 \text{ и } U_o = 4,96/(1 - 0,25) = 6,613 \text{ В,}$$

что совпадает с показаниями вольтметра U_o (в пределах точности вольтметра U_o).

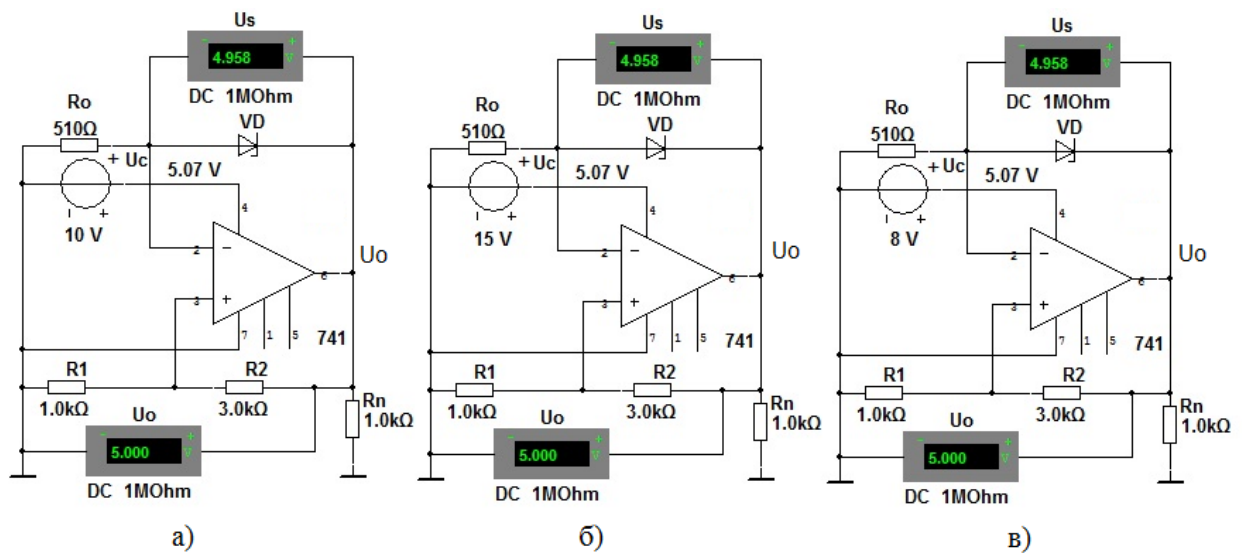


Рисунок 6 – Результаты моделирования ПСН с ОУ

Моделирование рассмотренных стабилизаторов можно проводить двумя способами – с использованием на входе стабилизатора источника постоянного напряжения с имитатором источника пульсаций (рисунок 4, а) или с использованием рассмотренных в предыдущем разделе выпрямителей. При этом последовательно со стабилитроном необходимо включить амперметр, а на выход стабилизатора – вольтметр. При наличии этих двух приборов можно определить дифференциальное сопротивление $R_s = dU_o/dI_s$ в рабочей точке стабилитрона и затем рассчитать коэффициент стабилизации по приведенным формулам. Поскольку они справедливы только для ненагруженного стабилизатора, то сопротивление нагрузки R_n целесообразно выбирать около 100 кОм. Для наблюдения и измерения пульсаций используется осциллограф.

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Установить схему исследований, представленную на рисунке 3.
2. Выбрать стабилитрон, в соответствии со своим вариантом индивидуального задания.
3. Рассчитать для исследуемой схемы коэффициент стабилизации и коэффициент полезного действия.
4. Из (12.7) следует, что для повышения КПД необходимо

увеличивать ток нагрузки и уменьшать ток через стабилитрон. Однако при этом, как видно из (12.6), будет уменьшаться коэффициент стабилизации не только за счет I_n , но и косвенно вследствие увеличения R_s при уменьшении I_s . Выработайте предложения по обеспечению максимальных значений КПД и коэффициента стабилизации.

5. Установить схему исследований, представленную на рисунке 6.
6. Рассчитать коэффициент положительной обратной связи (β_n), выходное напряжение ПСН (U_o), в соответствии со своим вариантом. Сравнить результаты расчетов с экспериментальными данными.
7. Оформить отчет.

Значения напряжения пробоя (V_z) стабилитрона и тока (I_z) статическое сопротивление (Z_z) можно увидеть в диалоговом окне *Detal Report* (рисунок)

Варианты индивидуального задания:

Вариант	Модель стабилитрона
1	1N4461
2	1N4462
3	1N4463
4	1N4464
5	1N4465
6	1N4466
7	1N4467
8	1N4468
9	1N4469
10	1N4470

3. Вопросы для защиты работы

1. Каково назначение параметрических стабилизаторов?
2. Как определить коэффициент стабилизации?
3. Каковы достоинства и недостатки параметрических стабилизаторов?
4. Существуют ли перспективы развития параметрических

стабилизаторов?

Лабораторная работа № 6. Исследование компенсационных стабилизаторов

Цель работы:

1. Изучить: построение и общие свойства компенсационных стабилизаторов.
2. Получить практические навыки по исследованию компенсационных стабилизаторов.

1. Теоретическое обоснование

В отличие от параметрических компенсационные стабилизаторы напряжения обеспечивают необходимую стабильность напряжения на нагрузке при помощи отрицательной обратной связи, действующей на регулирующий элемент (РЭ). В зависимости от схемы включения РЭ компенсационные стабилизаторы разделяются на последовательные и параллельные.

На рис. 1 приведена схема одного из наиболее распространенных (до появления интегральных стабилизаторов) транзисторных стабилизаторов напряжения последовательного типа. Стабилизатор состоит из регулирующего элемента (транзисторы VT_1 , VT_2 , VT_3), усилителя постоянного тока (VT_0 , R_1), источника опорного напряжения (VD , R_2), делителя напряжения R_3 , R_5 , резисторов R_6 , R_7 , используемых для выбора режима по постоянному току транзисторов VT_1 , VT_2 , и конденсатора C_1 . В стабилизаторе предусмотрена регулировка выходного напряжения, для чего в состав делителя включен потенциометр R_4 .

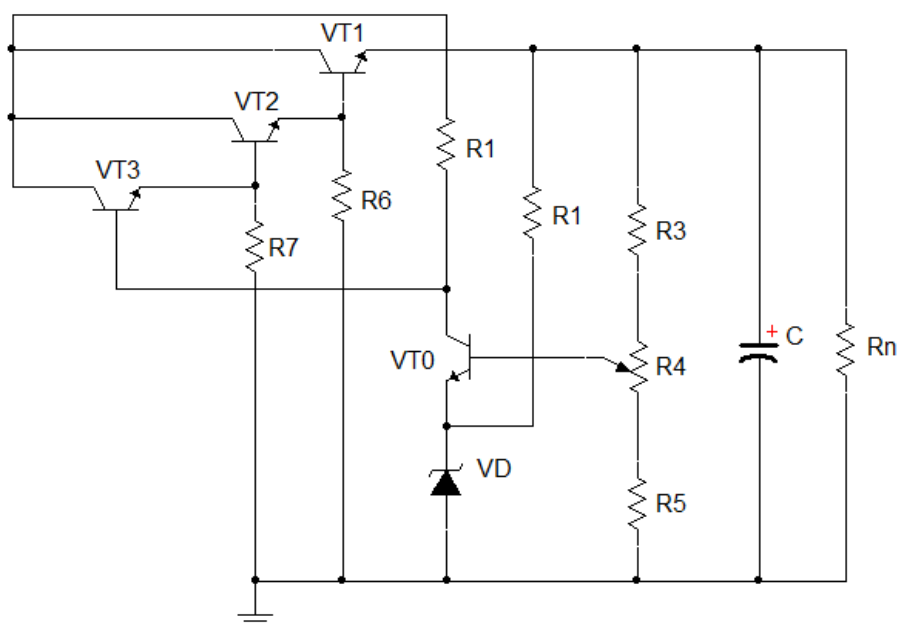


Рисунок 1 - Компенсационный стабилизатор

Число транзисторов, входящих в РЭ, зависит от тока нагрузки I_n . При $I_n < (0,02-0,03)$ А можно использовать только один транзистор $VT1$; при $(0,02-0,03)$ А $< I_n < (0,5-0,6)$ А – можно использовать два транзистора $VT1, VT2$; при $(0,5-0,6)$ А $< I_n < (4-5)$ А – все три.

Стабилизатор может быть выполнен на транзисторах типа $p-n-p$ или $n-p-n$. При использовании транзисторов типа $p-n-p$ полярности напряжений на входе и выходе изменяются на противоположные (по сравнению со схемой на рис. 1). При этом необходимо также переключить стабилитрон VD , чтобы напряжение на его аноде было положительным относительно катода.

Стабилизатор работает следующим образом. При увеличении входного напряжения U_i увеличивается и выходное напряжение U_o , что вызывает увеличение напряжения на входе транзистора $VT0$ и его коллекторного тока, в результате чего напряжение на коллекторе уменьшается, а это вызывает уменьшение тока через транзисторы РЭ и, следовательно, приводит к пропорциональному уменьшению U_o . Аналогичные процессы происходят и при уменьшении тока нагрузки, что приводит к увеличению U_o . При уменьшении U_i или U_o (при увеличении тока нагрузки) транзистор $VT0$ начинает закрываться, напряжение на его коллекторе и на базе транзистора РЭ увеличивается, в результате чего U_o увеличивается до номинального

значения.

Для проведения моделирования необходимо предварительно провести его приближенный расчет. Исходные данные для такого расчета: номинальное выходное напряжение U_0 , В; пределы регулирования выходного напряжения $U_{o\ max} - U_{o\ min}$; ток нагрузки $I_{n\ max}$, А; минимальное и максимальное напряжение сети $U_{i\ max}$, $U_{i\ min}$.

Примерный порядок предварительного расчета:

1. Определяем минимальное входное напряжение

$$U_{i\ min} = U_{o\ max} + (4..5) \text{ В}$$

Добавка 4-5 В требуется для обеспечения нормальной работы транзисторов РЭ. Максимальное $U_{i\ max}$ в этом случае задается из условия максимально возможного напряжения сети.

2. В зависимости от тока нагрузки определяем число транзисторов, входящих в РЭ.

3. По $U_{i\ max}$, $U_{o\ max}$ и $I_{n\ max}$ выбираются типы транзисторов или редактируются параметры выбранного библиотечного компонента по максимально допустимым напряжению и току коллектора.

4. Выбирается тип стабилитрона VD по напряжению стабилизации из условия

$$U_s = U_{o\ min} - (2 - 3) \text{ В}$$

В этом случае сопротивление резистора

$$R_2 = (2 - 3) / I_{s\ min},$$

где $I_{s\ min}$ – минимальный ток стабилизации стабилитрона. Так, например, при $I_{s\ min} = 5 \text{ мА}$ $R_2 = 400\text{-}600 \text{ Ом}$. Сопротивление резистора R_1 определяется из условия, что при напряжении $U_{i\ min} - U_{o\ max}$ по нему протекает ток 3-5 мА.

5. Рассчитывается суммарное R_s сопротивление резисторов делителя $R_3\text{-}R_5$ из условия протекания по нему тока 5-10 мА при номинальном напряжении U_0 . При этом сопротивления резисторов делителя определяются из выражений:

$$R5 = R_s \cdot U_s / U_{o \max}, R4 = R_s / U_{o \min}, R3 = R_s - R4 - R5$$

6. Сопротивления резисторов R7, R6 определяются как U_o / I_{beo} , где I_{beo} – тепловой ток эмиттерного перехода соответствующего транзистора.

Рассмотренный стабилизатор обладает сравнительно небольшим коэффициентом стабилизации из-за малого коэффициента усиления однокаскадного усилителя постоянного тока (УПТ). Более высокими показателями обладают стабилизаторы с УПТ на ОУ, один из вариантов которого показан на рис. 2, а. В этом стабилизаторе опорный стабилитрон VD включен в верхнее плечо моста, одна диагональ которого присоединена к выходу стабилизатора, а вторая – ко входам ОУ. Выходное напряжение стабилизатора $U_o = U_s(R2 + R3)/R3$. Используя показания вольтметра U_s , находим $U_o = 4,63(1 + 2)/2 = 6,945$ В, что совпадает с показаниями вольтметра U_o при входном напряжении U_i как 10 В (рис. 2, а), так и 15 В (рис. 2, б).

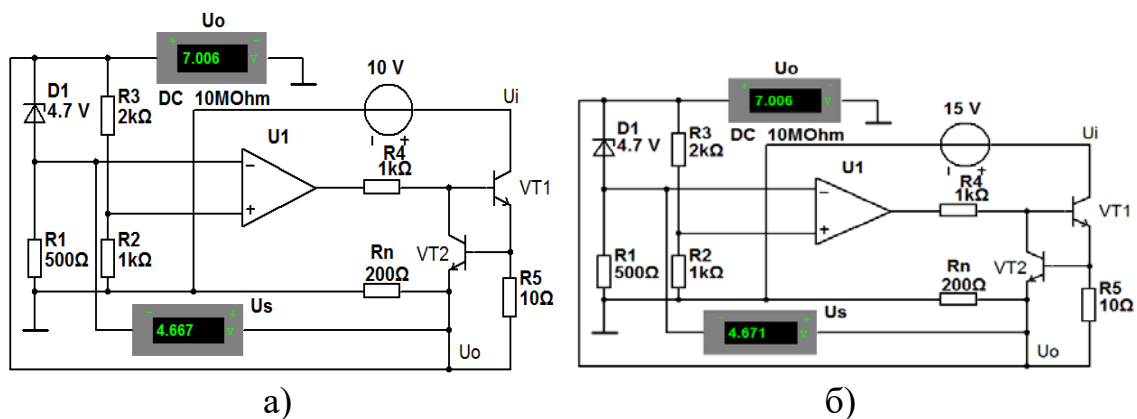


Рисунок 2 - Компенсационный стабилизатор с ОУ

Для защиты регулирующего транзистора VT1 при коротком замыкании на выходе устройства введены транзистор VT2 и резисторы R4 и R5. При увеличении выходного тока выше допустимого падение напряжения на резисторе R5 (около 0,5 В) открывает транзистор VT2, в результате чего уменьшается выходное напряжение стабилизатора. При этом резистор R4 защищает выход ОУ от перегрузки при открытом VT 2.

Для создания стабилизаторов переменного напряжения используются такие же структурные схемы, что и в стабилизаторах постоянного

напряжения, но источники опорного напряжения и регулирующие элементы в них должны быть, естественно, приспособлены для работы с переменным напряжением.

Что касается источников опорного переменного напряжения, то их обычно выполняют на основе инерционно-нелинейных сопротивлений – полупроводниковых или металлических терморезисторов. Регулирующие элементы, входящие в состав стабилизаторов, можно считать усилителями мощности, включенными на выходе ОУ. Таким образом, РЭ для переменного напряжения – это усилители мощности переменного напряжения.

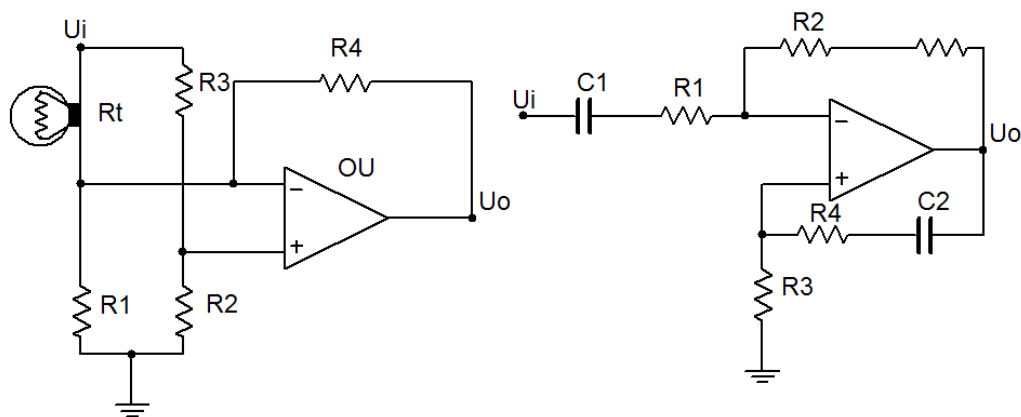


Рисунок 3 – Стабилизаторы переменного тока

В качестве примера на рис. 3 приведены две схемы стабилизаторов переменного напряжения. Стабилизатор на рис. 3, а состоит из резистивного моста $R1$, $R2$, $R3$, $R0$, к одной диагонали которого присоединяется источник входного переменного нестабилизированного напряжения U_i , а к другой – входы дифференциального усилителя. Резистор R_t моста представляет собой маломощную лампу накаливания, т. е. металлический терморезистор, сопротивление которого возрастает за счет саморазогрева. Вследствие тепловой инерционности такого резистора его сопротивление не будет изменяться синхронно с изменением мгновенных значений тока, а будет реагировать только на относительно медленные изменения его действующего значения. К сожалению, модель лампы накаливания в программе EWB

такими свойствами не обладает – это просто световой индикатор.

В стабилизаторе на рис. 3, б полупроводниковый терморезистор R_t , обладающий отрицательным (падающим) участком ВАХ, включен в цепь отрицательной обратной связи. Последовательно с ним включен резистор R_2 , сопротивление которого равно отрицательному сопротивлению R_t . Образованный таким образом двухполюсник обладает свойствами стабилитрона для переменного тока. Выходное напряжение стабилизатора определяется выражением $U_o = U_i(1 + R_3/R_4)$.

2. Методика и порядок выполнения работы

1. Сделать, предварительный расчет.

Вариант	$U_{\max}$	$U_{\min}$	U_o	$U_{\max}-U_{\min}$
1	20	18	15	0.5
2	19	17	14	0.1
3	18	16	13	0.2
4	17	15	12	0.4
5	16	14	11	0.3
6	15	13	10	0.5
7	14	12	9	0.7
8	13	11	8	0.3
9	12	10	7	0.2
10	10	9	5	0.1

2. Построить схему, используя данные, полученные в результате расчета.

3. Оформить отчет.

3. Вопросы для защиты работы

1. Чем отличаются параметрические и компенсационные стабилизаторы?
2. Каким образом в компенсационном стабилизаторе формируется опорное напряжение?
3. Проведите ориентировочный расчет транзисторного

стабилизатора и его моделирование для определения коэффициентов стабилизации и пульсаций. В процессе моделирования уточните номинальные значения пассивных компонентов и по необходимости отредактируйте параметры транзисторов и стабилитрона.

4. Выберите параметры компонентов и проведите моделирование стабилизатора с ОУ для $U_0 = 5 \text{ В}$ и сравните его коэффициент стабилизации с данными для транзисторного стабилизатора. Варьируя сопротивление нагрузки, проверьте работоспособность схемы защиты стабилизатора от коротких замыканий.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций»
для студентов направления подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
Направленность (профиль)
«Интеллектуальная обработка данных в инфокоммуникационных
системах и сетях»

Ставрополь 2026

Методические указания по организации самостоятельной работы студентов составлено в соответствии с требованиями программы дисциплины «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций» для бакалавров направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Учебно-методическое пособие посвящено планируемой учебной работе студентов, выполняемой во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя).

СОДЕРЖАНИЕ

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса.....	4
2. Цели и основные задачи СРС.....	5
3. Виды самостоятельной работы.....	6
4. Организация СРС	7
5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы.....	8
6. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя	12
7. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы.....	13
8. Самостоятельная работа студентов в условиях балльно-рейтинговой системы обучения.....	20
9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	23

1. Самостоятельная работа как важнейшая форма учебного процесса

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. Обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – «подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности».

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. По дисциплине «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций» предусмотрены следующие:

Использование материала учебно-методического комплекса дисциплины

На первом этапе необходимо ознакомиться с обязательным минимумом содержания основной образовательной программы по изучаемой дисциплине. Далее необходимо изучить рабочую программу дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем дисциплины лекционного курса, взаимосвязь тем лекций с лабораторных занятий, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Работа с литературой

Для успешного освоения дисциплины, необходимо самостоятельно детально изучить представленные темы по рекомендуемым источникам информации:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Самостоятельное изучение литературы	1, 2	1, 2	1	1, 2, 3

Самостоятельная работа приобщает студентов к научному творчеству, поиску и решению актуальных современных проблем.

2. Цели и основные задачи СРС

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

3. Виды самостоятельной работы

В образовательном процессе высшего профессионального образовательного учреждения выделяется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная. Тесная взаимосвязь этих видов работ предусматривает дифференциацию и эффективность результатов ее выполнения и зависит от организации, содержания, логики учебного процесса (межпредметных связей, перспективных знаний и др.):

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателя по данной дисциплине являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- подготовка к лабораторным работам, их оформление.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются:

- текущие консультации;
- прием и защита лабораторных работ (во время проведения л/р).

4. Организация СРС

Методика организации самостоятельной работы студентов зависит от структуры, характера и особенностей дисциплины «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций», объема часов на ее изучение, вида заданий для самостоятельной работы студентов, индивидуальных качеств студентов и условий учебной деятельности.

Процесс организации самостоятельной работы студентов включает в себя следующие этапы:

- подготовительный (определение целей, составление программы, подготовка методического обеспечения, подготовка оборудования);
- основной (реализация программы, использование приемов поиска информации, усвоения, переработки, применения, передачи знаний, фиксирование результатов, самоорганизация процесса работы);
- заключительный (оценка значимости и анализ результатов, их систематизация, оценка эффективности программы и приемов работы, выводы о направлениях оптимизации труда).

Деятельность студентов по формированию и развитию навыков учебной самостоятельной работы.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления, саморефлексии и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя студент должен:

- освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с образовательными стандартами высшего образования;
- планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем;
- самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя;
- выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

студент может:

сверх предложенного преподавателем (при обосновании и согласовании с ним) и минимума обязательного содержания, определяемого программой по данной дисциплине:

- самостоятельно определять уровень (глубину) проработки содержания материала;
- предлагать темы и вопросы для самостоятельной проработки;
- в рамках общего графика выполнения самостоятельной работы предлагать обоснованный индивидуальный график выполнения и отчетности по результатам самостоятельной работы;
- предлагать свои варианты организационных форм самостоятельной работы;
- использовать для самостоятельной работы методические пособия, учебные пособия, разработки сверх предложенного преподавателем перечня;
- использовать не только контроль, но и самоконтроль результатов самостоятельной работы в соответствии с методами самоконтроля, предложенными преподавателем или выбранными самостоятельно.

Самостоятельная работа студентов должна оказывать важное влияние на формирование личности будущего бакалавра, она планируется студентом самостоятельно. Каждый студент самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием по каждой дисциплине. Он выполняет внеаудиторную работу по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

5. Общие рекомендации по организации самостоятельной работы

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, их дополнение, рекомендованной литературы, активное участие на лабораторных занятиях. Но для успешной учебной деятельности, ее интенсификации, необходимо учитывать следующие субъективные факторы:

1. Знание школьного программного материала, наличие прочной системы знаний, необходимой для усвоения основных вузовских курсов. Это особенно важно для математических дисциплин. Необходимо отличать пробелы в знаниях, затрудняющие усвоение нового материала, от малых способностей. Затратив силы на преодоление этих пробелов, студент обеспечит себе нормальную успеваемость и поверит в свои способности.

2. Наличие умений, навыков умственного труда:

а) умение конспектировать на лекции и при работе с книгой;

б) владение логическими операциями: сравнение, анализ, синтез, обобщение, определение понятий, правила систематизации и классификации.

3. Специфика познавательных психических процессов: внимание, память, речь, наблюдательность, интеллект и мышление. Слабое развитие каждого из них становится серьезным препятствием в учебе.

4. Хорошая работоспособность, которая обеспечивается нормальным физическим состоянием. Ведь серьезное учение - это большой многосторонний и разнообразный труд. Результат обучения оценивается не количеством сообщаемой информации, а качеством ее усвоения, умением ее использовать и развитием у себя способности к дальнейшему самостоятельному образованию.

5. Соответствие избранной деятельности, профессии индивидуальным способностям. Необходимо выработать у себя умение саморегулировать свое эмоциональное состояние и устранять обстоятельства, нарушающие деловой настрой, мешающие намеченной работе.

6. Овладение оптимальным стилем работы, обеспечивающим успех в деятельности. Чередование труда и пауз в работе, периоды отдыха, индивидуально обоснованная норма продолжительности сна, предпочтение вечерних или утренних занятий, стрессоустойчивость на экзаменах и особенности подготовки к ним,

7. Уровень требований к себе, определяемый сложившейся самооценкой.

Адекватная оценка знаний, достоинств, недостатков - важная составляющая самоорганизации человека, без нее невозможна успешная работа по управлению своим поведением, деятельностью.

Одна из основных особенностей обучения в высшей школе заключается в том, что постоянный внешний контроль заменяется самоконтролем, активная роль в обучении принадлежит уже не столько преподавателю, сколько студенту.

Зная основные методы научной организации умственного труда, можно при наименьших затратах времени, средств и трудовых усилий достичь наилучших результатов.

Эффективность усвоения поступающей информации зависит от работоспособности человека в тот или иной момент его деятельности.

Работоспособность - способность человека к труду с высокой степенью напряженности в течение определенного времени. Различают внутренние и внешние факторы работоспособности.

К внутренним факторам работоспособности относятся интеллектуальные особенности, воля, состояние здоровья.

К внешним:

- организация рабочего места, режим труда и отдыха;
- уровень организации труда - умение получить справку и пользоваться информацией;
- величина умственной нагрузки.

Выдающийся русский физиолог Н. Е. Введенский выделил следующие условия продуктивности умственной деятельности:

- во всякий труд нужно входить постепенно;
- мерность и ритм работы. Разным людям присущ более или менее разный темп работы;
- привычная последовательность и систематичность деятельности;
- правильное чередование труда и отдыха.

Отдых не предполагает обязательного полного бездействия со стороны человека, он может быть достигнут простой переменой дела. В течение дня работоспособность изменяется. Наиболее плодотворным является *утреннее время (с 8 до 14 часов)*, причем максимальная работоспособность приходится на период с 10 до 13 часов, затем *послеобеденное* - (с 16 до 19 часов) и *вечернее* (с 20 до 24 часов). Очень трудный для понимания материал лучше изучать в начале каждого отрезка времени (лучше всего утреннего) после хорошего отдыха. Через 1-1,5 часа нужны перерывы по 10 - 15 мин, через 3 - 4 часа работы отдых должен быть продолжительным - около часа.

Составной частью научной организации умственного труда является овладение техникой умственного труда.

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Самостоятельные занятия потребуют интенсивного умственного труда, который необходимо не только правильно организовать, но и стимулировать. При этом очень важно уметь поддерживать устойчивое внимание к изучаемому материалу. Выработка внимания требует значительных волевых усилий. Именно поэтому, если студент замечает, что он часто отвлекается во время самостоятельных занятий, ему надо заставить себя сосредоточиться. Подобную процедуру необходимо проделывать постоянно, так как это

является тренировкой внимания. Устойчивое внимание появляется тогда, когда человек относится к делу с интересом.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Очень существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физической культурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической деятельности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

6. Самостоятельная работа студента - необходимое звено становления исследователя

Прогресс науки и техники, информационных технологий приводит к значительному увеличению научной информации, что предъявляет более высокие требования не только к моральным, нравственным свойствам человека, но и в особенности, постоянно возрастающие требования в области образования – обновление, модернизация общих и профессиональных знаний, умений специалиста.

Всякое образование должно выступать как динамический процесс, присущий человеку и продолжающийся всю его жизнь. Овладение научной мыслью и языком науки является необходимой составляющей в самоорганизации будущего специалиста исследователя. Под этим понимается не столько накопление знаний, сколько овладение научно обоснованными способами их приобретения. В этом, вообще говоря, состоит основная задача вуза.

Специфика вузовского учебного процесса, в организации которого самостоятельной работе студента отводятся все больше места, состоит в том, что он является как будто бы последним и самым адекватным звеном для реализации этой задачи. Ибо во время учебы в вузе происходит выработка стиля, навыков учебной (познавательной) деятельности, рациональный характер которых будет способствовать постоянному обновлению знаний высококвалифицированного выпускника вуза.

Однако до этом пути существуют определенные трудности, в частности, переход студента от синтетического процесса обучения в средней школе, к аналитическому в высшей. Это связано как с новым содержанием обучения (расширение общего образования и углубление профессиональной подготовки), так и с новыми, неизвестными до сих пор формами: обучения (лекции, семинары, лабораторные занятия и т.д.). Студент получает не только знания, предусмотренные программой и учебными пособиями, но он также должен познакомиться со способами приобретения знаний так, чтобы суметь оценить, что мы знаем, откуда мы это знаем и как этого знания мы достигли. Ко всему этому приходят через собственную самостоятельную работу.

Это и потому, что самостоятельно приобретенные знания являются более оперативными, они становятся личной собственностью, а также мотивом поведения, развивают интеллектуальные черты, внимание, наблюдательность, критичность, умение оценивать. Роль преподавателя в основном заключается в руководстве накопления знаний (по отношению к первокурсникам), а в последующие годы учебы, на старших курсах, в совместном установлении проблем и заботе о самостоятельных поисках

студента, а также контролирования за их деятельностью. Отметим, что нельзя ограничиваться только приобретением знаний предусмотренных программой изучаемой дисциплины, надо постоянно углублять полученные знания, сосредотачивая их на какой-нибудь узкой определенной области, соответствующей интересам студента. Углубленное изучение всех предметов, предусмотренных программой, на практике является возможным, и хорошая организация работы позволяет экономить время, что создает условия для глубокого, систематического, заинтересованного изучения самостоятельно выбранной студентом темы.

Конечно, все советы, примеры, рекомендации в этой области, даваемые преподавателем, или определенными публикациями, или другими источниками, не гарантируют никакого успеха без проявления собственной активности в этом деле, т.е. они не дают готовых рецептов, а должны способствовать анализу собственной работы, ее целей, организации в соответствии с индивидуальными особенностями. Учитывая личные возможности, существующие условия жизни и работы, навыки, на основе этих рекомендаций, возможно, выработать индивидуально обоснованную совокупность методов, способов, найти свой стиль или усовершенствовать его, чтобы изучив определенный материал, иметь время оценить его значимость, пригодность и возможности его применения, чтобы, в конечном счете, обеспечить успешность своей учебы с будущей профессиональной деятельности

7. Методические рекомендации для студентов по отдельным формам самостоятельной работы

Система вузовского обучения подразумевает значительно большую самостоятельность студентов в планировании и организации своей деятельности. Вчерашнему школьнику сделать это бывает весьма непросто: если в школе ежедневный контроль со стороны учителя заставлял постоянно и систематически готовиться к занятиям, то в вузе вопрос об уровне знаний вплотную встает перед студентом только в период сессии. Такая ситуация оборачивается для некоторых соблазном весь семестр посвятить свободному времяпрепровождению («когда будет нужно – выучу!»), а когда приходит пора экзаменов, материала, подлежащего усвоению, оказывается так много, что никакая память не способна с ним справиться в оставшийся промежуток времени.

Работа с литературой.

При работе с книгой необходимо подобрать литературу, научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги.

Важно помнить, что рациональные навыки работы с книгой - это всегда большая экономия времени и сил.

Правильный подбор учебников рекомендуется преподавателем, читающим лекционный курс. Необходимая литература может быть также указана в методических разработках по данному курсу.

Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего, описывая на бумаге все выкладки и вычисления (в том числе те, которые в учебнике опущены или на лекции даны для самостоятельного вывода).

При изучении любой дисциплины большую и важную роль играет самостоятельная индивидуальная работа.

Особое внимание следует обратить на определение основных понятий курса. Студент должен подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем.

Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.

Опыт показывает, что многим студентам помогает составление листа опорных сигналов, содержащего важнейшие и наиболее часто употребляемые формулы и понятия. Такой лист помогает запомнить формулы, основные положения лекции, а также может служить постоянным справочником для студента.

Различают два вида чтения; первичное и вторичное. *Первичное* - это внимательное, неторопливое чтение, при котором можно остановиться на трудных местах. После него не должно остаться ни одного непонятого слова. Содержание не всегда может быть понятно после первичного чтения.

Задача *вторичного* чтения полное усвоение смысла целого (по счету это чтение может быть и не вторым, а третьим или четвертым).

Правила самостоятельной работы с литературой.

Как уже отмечалось, самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования у себя научного способа познания. Основные советы здесь можно свести к следующим:

- Составить перечень книг, с которыми Вам следует познакомиться; «не старайтесь запомнить все, что вам в ближайшее время не понадобится, – советует студенту и молодому ученому Г. Селье, – запомните только, где это можно отыскать» (Селье, 1987. С. 325).

- Сам такой перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и дипломных работ, а что Вас интересует за рамками официальной учебной деятельности, то есть что может расширить Вашу общую культуру...).

- Обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит очень сэкономить время).

- Разобраться для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть.

- При составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями (или даже с более подготовленными и эрудированными сокурсниками), которые помогут Вам лучше сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время...

- Естественно, все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц).

- Если книга – Ваша собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора (это очень хороший совет, позволяющий экономить время и быстро находить «избранные» места в самых разных книгах).

- Если Вы раньше мало работали с научной литературой, то следует выработать в себе способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда Вам понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать), и это может занять

немалое время (у кого-то – до нескольких недель и даже месяцев); опыт показывает, что после этого студент каким-то «чудом» начинает буквально заглатывать книги и чуть ли не видеть «сквозь обложку», стоящая это работа или нет...

- «Либо читайте, либо перелистывайте материал, но не пытайтесь читать быстро... Если текст меня интересует, то чтение, размышление и даже фантазирование по этому поводу сливаются в единый процесс, в то время как вынужденное скорочтение не только не способствует качеству чтения, но и не приносит чувства удовлетворения, которое мы получаем, размышляя о прочитанном», – советует Г. Селье (Селье, 1987. – С. 325-326).

- Есть еще один эффективный способ оптимизировать знакомство с научной литературой – следует увлечься какой-то идеей и все книги просматривать с точки зрения данной идеи. В этом случае студент (или молодой ученый) будет как бы искать аргументы «за» или «против» интересующей его идеи, и одновременно он будет как бы общаться с авторами этих книг по поводу своих идей и размышлений... Проблема лишь в том, как найти «свою» идею...

Чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации. От того насколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия.

Выделяют **четыре основные установки в чтении научного текста:**

1. информационно-поисковый (задача – найти, выделить искомую информацию)
2. усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений)
3. аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему)
4. творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких **видов чтения**:

1. библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;
2. просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;
3. ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;
4. изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;
5. аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач. Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

1. Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения;
2. Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала;
3. Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала;

4. Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора;

5. Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного.

Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Методические рекомендации по составлению конспекта:

1. Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.

2. Выделите главное, составьте план.

3. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.

4. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно.

5. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли.

В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы.

Лабораторные занятия.

Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться на практических занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью выполнения заданий лабораторной работы, поставленных задач. При этих

условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном выполнении заданий нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что выполнение каждого учебного задания должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами и сравнить полученные результаты. Так, например, выполняются задания средствами NetCracker Professional 4.1, затем аналитически и полученные результаты сравниваются для обоснования результата выполнения задания. Лабораторной работы. Выполнение заданий данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

Самопроверка.

После изучения определенной темы по записям в конспекте и учебнику, а также решения достаточного количества соответствующих заданий на лабораторных занятиях и самостоятельно студенту рекомендуется, используя лист опорных материалов, воспроизвести по памяти определения, выводы формул, формулировки основных положений и доказательств.

В случае необходимости нужно еще раз внимательно разобраться в материале.

Иногда недостаточность усвоения того или иного вопроса выясняется только при изучении дальнейшего материала. В этом случае надо вернуться назад и повторить плохо усвоенный материал. Важный критерий усвоения теоретического материала - умение решать задачи или пройти тестирование по пройденному материалу. Однако следует помнить, что правильное решение задачи может получиться в результате применения механически заученных формул без понимания сущности теоретических положений.

Консультации

Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при выполнении заданий у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

8. Самостоятельная работа студентов в условиях балльно-рейтинговой системы обучения

Рейтинговая система обучения предполагает многобалльное оценивание студентов, но это не простой переход от пятибалльной шкалы, а возможность объективно отразить в баллах расширение диапазона оценивания индивидуальных способностей студентов, их усилий, потраченных на выполнение того или иного вида самостоятельной работы. Существует большой простор для создания блока дифференцированных индивидуальных заданий, каждое из которых имеет свою «цену». Правильно организованная технология рейтингового обучения позволяет с самого начала уйти от пятибалльной системы оценивания и прийти к ней лишь при подведении итогов, когда заработанные студентами баллы переводятся в привычные оценки (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). Кроме того, в систему рейтинговой оценки включаются дополнительные поощрительные баллы за оригинальность, новизну подходов к выполнению заданий для самостоятельной работы или разрешению научных проблем. У студента имеется возможность повысить учебный рейтинг путем участия во внеучебной работе (участие в олимпиадах, конференциях; выполнение индивидуальных творческих заданий, рефератов; участие в работе научного кружка и т.д.). При этом студенты, не спешащие сдавать работу вовремя, могут получить и отрицательные баллы. Вместе с тем, поощряется более быстрое прохождение программы отдельными студентами. Например, если учащийся готов сдавать зачет или писать самостоятельную работу раньше группы, можно добавить ему дополнительные баллы.

Рейтинговая система – это регулярное отслеживание качества усвоения знаний и умений в учебном процессе, выполнения планового объема самостоятельной работы. Ведение многобалльной системы оценки позволяет,

с одной стороны, отразить в балльном диапазоне индивидуальные особенности студентов, а с другой – объективно оценить в баллах усилия студентов, затраченные на выполнение отдельных видов работ. Так каждый вид учебной деятельности приобретает свою «цену». Получается, что «стоимость» работы, выполненной студентом безупречно, является количественной мерой качества его обученности по той совокупности изученного им учебного материала, которая была необходима для успешного выполнения задания.

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставаемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Итоговая оценка по дисциплине, изучаемой в одном семестре, определяется по сумме баллов, набранных за работу в течение семестра

Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине в оценку по 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	Оценка по 5-балльной системе
88 – 100	Отлично
72 – 87	Хорошо
53 – 71	Удовлетворительно
< 53	Неудовлетворительно

Разработанная шкала перевода рейтинга по дисциплине в итоговую пятибалльную оценку доступна, легко подсчитывается как преподавателем, так и студентом.

При использовании рейтинговой системы:

- основной акцент делается на организацию активных видов учебной деятельности, активность студентов выходит на творческое осмысление предложенных задач;
- во взаимоотношениях преподавателя со студентами есть сотрудничество и сотворчество, существует психологическая и практическая

готовность преподавателя к факту индивидуального своеобразия «Я-концепции» каждого студента;

- предполагается разнообразие стимулирующих, эмоционально-регулирующих, направляющих и организующих приемов вмешательства (при необходимости) преподавателя в самостоятельную работу студентов;

- преподаватель выступает в роли педагога-менеджера и режиссера обучения, готового предложить студентам минимально необходимый комплект средств обучения, а не только передает учебную информацию; обучаемый выступает в качестве субъекта деятельности наряду с преподавателем, а развитие его индивидуальности выступает как одна из главных образовательных целей;

- учебная информация используется как средство организации учебной деятельности, а не как цель обучения.

Рейтинговая система обучения обеспечивает наибольшую информационную, процессуальную и творческую продуктивность самостоятельной познавательной деятельности студентов при условии ее реализации через технологии личностно-ориентированного обучения (проблемные, диалоговые, дискуссионные, эвристические, игровые и другие образовательные технологии).

Большинство студентов положительно относятся к такой системе отслеживания результатов их подготовки, отмечая, что рейтинговая система обучения способствует равномерному распределению их сил в течение семестра, улучшает усвоение учебной информации, обеспечивает систематическую работу без «авралов» во время сессии. Большое количество разнообразных заданий, предлагаемых для самостоятельной проработки, и разные шкалы их оценивания позволяют студенту следить за своими успехами, и при желании у него всегда имеется возможность улучшить свой рейтинг (за счет выполнения дополнительных видов самостоятельной работы), не дожидаясь экзамена. Организация процесса обучения в рамках рейтинговой системы обучения с использованием разнообразных видов самостоятельной работы позволяет получить более высокие результаты в обучении студентов по сравнению с традиционной вузовской системой обучения.

Использование рейтинговой системы позволяет добиться более ритмичной работы студента в течение семестра, а так же активизирует познавательную деятельность студентов путем стимулирования их творческой активности. Весьма эффективно использование тестов непосредственно в процессе обучения, при самостоятельной работе

студентов. В этом случае студент сам проверяет свои знания. Не ответив сразу на тестовое задание, студент получает подсказку, разъясняющую логику задания и выполняет его второй раз.

Следует отметить и все шире проникающие в учебный процесс автоматизированные обучающие и обучающе-контролирующие системы, которые позволяют студенту самостоятельно изучать ту или иную дисциплину и одновременно контролировать уровень усвоения материала.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

По данной дисциплине преподаватель рекомендует следующую литературу:

В качестве основной литературы рассматриваются:

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебное пособие / сост. Н. И. Швецов. - Ставрополь: СКФУ, 2014. - 77 с., экземпляров неограниченно.

2. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: конспект лекций для студентов направления подготовки - Инфокоммуникационные технологии и системы связи. Профиль подготовки - Сети связи и системы коммутаций / сост. Н. И. Швецов. - Ставрополь: СКФУ, 2014. - 290 с., экземпляров неограниченно.

В качестве дополнительной литературы:

1. Козляев Ю.Д. Сборник задач и упражнений по курсу «Электропитание устройств и систем телекоммуникаций» [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Ю.Д. Козляев. - Электрон. текстовые данные. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015. - 82 с. - 2227-8397. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45487.html>, экземпляров неограниченно.

2. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций. Сборник примеров и задач Электронный ресурс: учебное пособие / Л.Г. Рогулина / А.М. Сажнев. - Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 267 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks., экземпляров неограниченно.

Студенты также могут воспользоваться методической литературой:

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций : учебное пособие / сост. Н. И. Швецов ; ФГАОУ ВПО Сев.-Кав. федер. ун-т. - Ставрополь: СКФУ, 2014. - 77 с.

В качестве Интернет-ресурсов предлагаются следующие источники:

1. <http://biblioclub.ru>
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. <http://catalog.ncfu.ru/catalog/ncfu>

Для самостоятельного освоения теоретического и практического материала потребуется следующее программное обеспечение:

1. Операционная система семейства Windows Microsoft.
2. MathCad.
3. MS Office 2010.
4. MatLab.
5. Net Cracker 4.1.
6. MS Power Point.