

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Электротехнический факультет

Кафедра электротехники и электроники

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУПРАВЛЯЕМЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ**

Методические указания к лабораторной работе №1

Дисциплины “Информационно-измерительная техника и электроника. Часть II”,
“Физические основы электроники”

Специальности 1001, 1002, 1004, 1813

Киров 2004

Печатается по решению редакционно-издательского совета Вятского государственного университета

УДК 621.314.632(07)
И889

Рецензент: кандидат технических наук, доцент А.Г. Корепанов

Составители: кандидат технических наук, доцент И.Л. Кривошеин,
старший преподаватель Ю.В. Кротов,
преподаватель А.С. Морозов,
преподаватель В.А. Хлебников

Редактор Е.Г. Козвонина

Подписано в печать
Бумага офсетная
Заказ № 295

Бесплатно

Усл.печ.л. 1,1
Печать копир Aficio 1022
Тираж 52 экз

Текст напечатан с оригинала-макета, представленного составителями

610000, г. Киров, ул. Московская, 36
Оформление обложки, изготовление – ПРИП ВятГУ

© Вятский государственный университет, 2004

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться со схемами выпрямления переменного тока, изучить структуру и принцип действия однофазных и трехфазных неуправляемых выпрямителей, исследовать их основные свойства.

2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Определение и структура выпрямителя

Выпрямителями называют статические преобразователи электроэнергии переменного тока в электроэнергию постоянного тока. На рис. 1 приведена структурная схема выпрямителя.

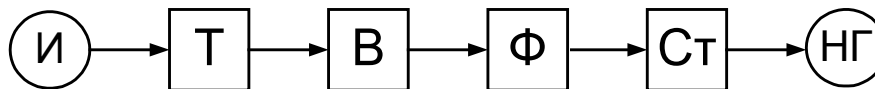


Рис.1. Структурная схема выпрямителя

Трансформатор Т служит для согласования выходного (выпрямленного) напряжения с напряжением источника И (сети). Вентильная группа В (иногда один вентиль) преобразует переменное напряжение в пульсирующее (однополярное). Фильтр Ф служит для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. Стабилизатор постоянного напряжения Ст обеспечивает постоянство напряжения на нагрузке НГ. В зависимости от требований, предъявляемых к выпрямителю, отдельные блоки его могут отсутствовать (в первую очередь это относится к стабилизатору и фильтру).

Вентильная группа состоит из выпрямительных полупроводниковых диодов.

Полупроводниковый диод – это прибор с одним электронно-дырочным (р-п) переходом и двумя выводами, называемыми анодом (А) и катодом (К). Условно-графическое обозначение его на схемах и размеры, согласно ГОСТ 10862-73, показаны на рис. 2а.

Аналитическим выражением вольт-амперной характеристики (ВАХ) р-п перехода диода является зависимость тока через переход $I_{пер}$ от напряжения U , приложенного к переходу:

$$I_{пер} = I_0 \cdot \left(e^{\frac{qU}{kT}} - 1 \right), \quad (1.1)$$

где I_0 – ток неосновных носителей зарядов (тепловой ток);

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана;

T – температура, К.

Эта характеристика получена теоретически. На рис. 2 б приведен график ВАХ согласно формуле (1.1). Прямая ветвь ВАХ ($U > 0$, $I > 0$) соответствует прямому включению диода, обратная ветвь ($U < 0$, $I < 0$) – включению диода в обратном направлении.

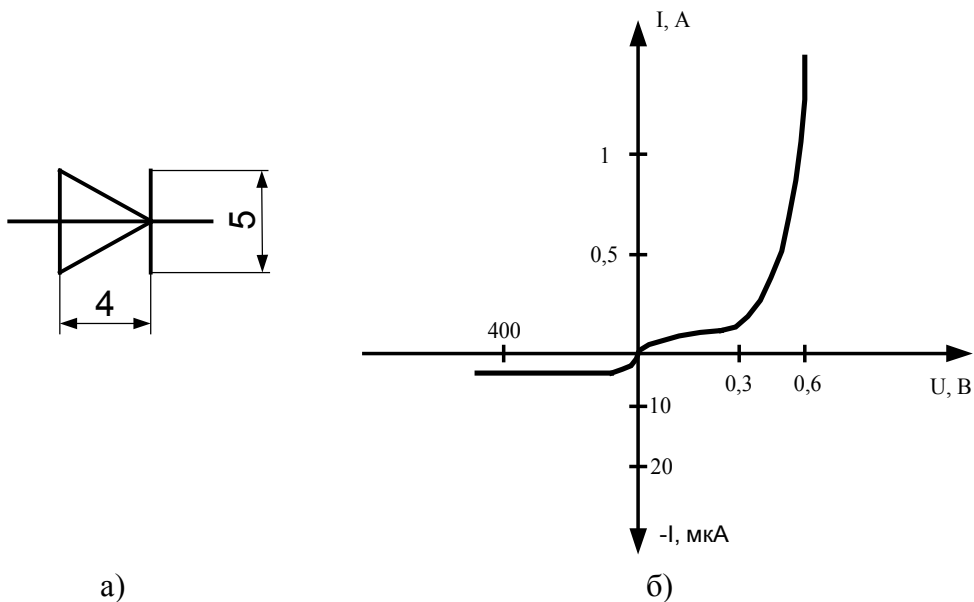


Рис.2. Условное обозначение (а) и ВАХ (б) диода

Из формулы (1.1) видно, что при прямом напряжении $U_{np} > 0,1 В$, $e^{\frac{qU}{kT}} \gg 1$ прямой ток будет расти по экспоненциальному закону: $I_{np} = I_0 \cdot e^{\frac{qU}{kT}}$. При обратном (отрицательном) напряжении на диоде $U_{обр} = |-U| > 0,1 В$, $e^{\frac{qU}{kT}} \ll 1$, обратный ток $I_{обр} = -I_0$, т.е. не зависит от величины приложенного напряжения. Тепловой ток I_0 зависит от температуры и от удельного сопротивления материала.

Очевидно, что $I_{np} \gg I_{обр}$ и, таким образом, ВАХ диода выражает свойство односторонней проводимости - сопротивление р-п перехода зависит от полярности и значения приложенного к диоду напряжения.

ВАХ реального диода (рис. 3) отклоняется от идеализированного закона, записанного в виде формулы (1.1). Прямая ветвь близка к экспоненте лишь на начальном участке ВАХ. На крутом участке ВАХ главная причина отклонения реальной характеристики от идеализированной – сопротивление базовой области r_b , которое у реальных диодов находится в пределах от 0,1 до 30 Ом, и на котором при протекании прямого тока создается напряжение $U_b = I_{np} \cdot r_b$. При увеличении U_{np} , I_{np} почти линейно зависит от приложенного напряжения U_{np} . Этот участок ВАХ называют омическим.

ВАХ реальных диодов зависят не только от температуры и исходного материала, но и от величины обратного напряжения. Основными причинами отличия обратных ветвей ВАХ реального диода и идеализированного диода являются ток термогенерации (I_T) и утечки по поверхности перехода (I_V), что вызывает увеличение и нестабильность (“ползучесть”) обратного тока во времени, которая не поддается расчету. При увеличении $U_{обр}$ ток утечки (I_V) сначала возрастает линейно, а затем более резко.

Таким образом, $I_{обр}$ реального диода равен:

$$I_{обр} = I_0 + I_{\Gamma} + I_{У}.$$

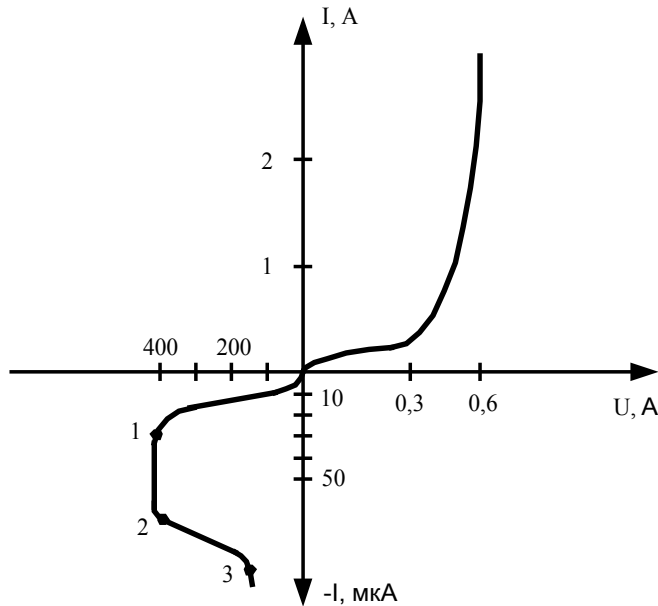


Рис.3. ВАХ реального диода

При прямом включении диода (потенциал анода выше потенциала катода) через р-п переход возникает прямой ток I_{np} (рис. 4а). Сопротивление перехода при этом очень мало (переход открыт), и падение напряжения на диоде $U_{np} = 0,2 - 0,7$ В, в зависимости от материала полупроводника р-п перехода (Ge, либо Si).

При обратном включении диода (рис. 4б) сопротивление р-п перехода велико, ток через него (обратный ток $I_{обр}$) мал: он обусловлен неосновными носителями заряда. В этом случае р-п переход считают закрытым.

Таким образом, диод обладает ярко выраженными вентильными свойствами.

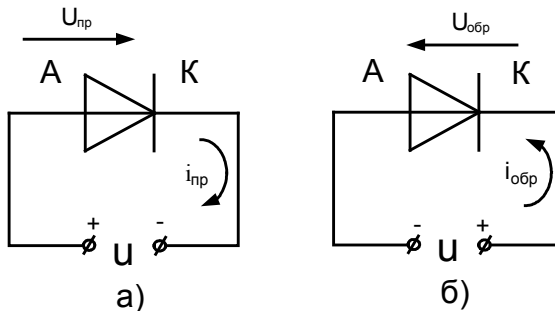


Рис. 4. Прямое (а) и обратное (б) включение диода

При обратном напряжении, превышающем пробивное, происходит лавинный (электрический) пробой р-п перехода, при этом резко увеличивается обратный ток $I_{обр}$ (участок 1-2 ВАХ диода рис. 3), что вызывает сильный нагрев диода, дальнейший рост тока и, как следствие, - тепловой пробой (участок 2-3 ВАХ диода рис. 3) и разрушение р-п перехода.

Основными параметрами выпрямительных диодов являются: прямое номинальное напряжение U_{np} , которое нормируется при определенном прямом токе I_{np} ; максимально допустимый прямой ток $I_{np \max}$; максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр \max}$; обратный номинальный ток $I_{обр}$, который нормируется при определенном обратном напряжении $U_{обр}$; максимальная рабочая частота f_{\max} .

Рассмотрим наиболее распространенные схемы выпрямления, считая диоды идеальными вентилями: прямое сопротивление диода равно нулю, обратное – бесконечности.

2.2. Однофазный однополупериодный выпрямитель

В таком выпрямителе диод VD включен последовательно с нагрузочным резистором R_H и вторичной обмоткой трансформатора T (рис. 5а).

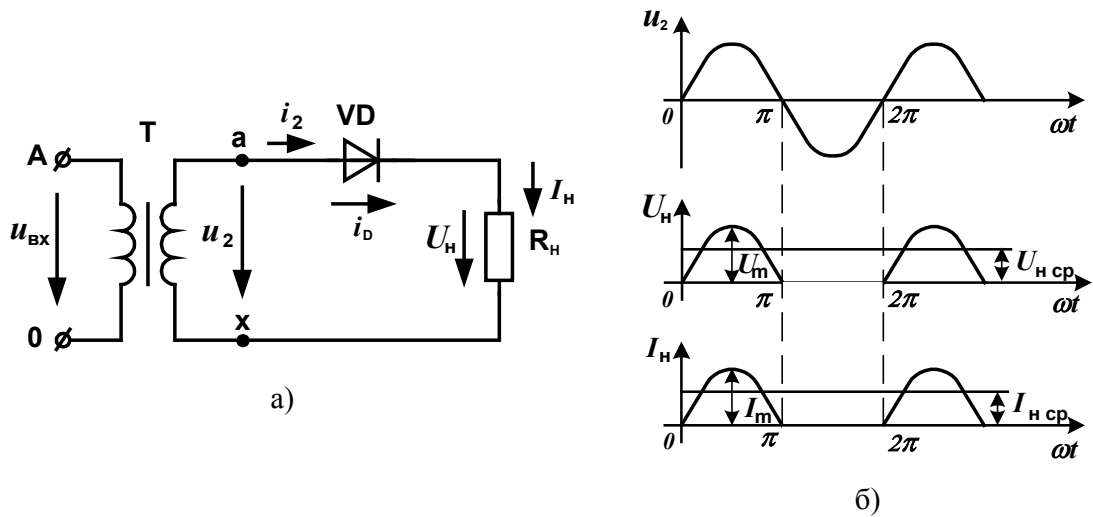


Рис. 5. Схема (а), временные диаграммы (б) напряжения и тока однополупериодного выпрямителя

В течение каждого положительного полупериода синусоидального напряжения u_2 (рис. 5 б) диод открыт, и ток в нем, нагрузке и вторичной обмотке трансформатора имеет вид полуволны синусоиды, а $u_H = u_2$. В отрицательные полупериоды диод закрыт, ток в цепи и напряжение на резисторе равны нулю. Все напряжение u_2 приложено к диоду.

Максимальное обратное напряжение на диоде равно амплитуде напряжения u_2 :

$$U_{обр.м} = U_{2m} = \pi U_{н.ср}.$$

Средние значения выпрямленных напряжения и тока

$$U_{н.ср} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin(\omega t) d\omega t = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2} U_2 (-\cos(\pi) + \cos(0)) = \frac{\sqrt{2} U_2}{\pi} = 0,45 U_2;$$

$$I_{н.ср} = \frac{U_{н.ср}}{R_H} = \frac{\sqrt{2} U_2}{\pi \cdot R_H} = \frac{\sqrt{2} \sqrt{2} R_H I_2}{\pi \cdot R_H} = \frac{2}{\pi} I_2 = 0,637 I_2.$$

Действующее значение тока во вторичной обмотке трансформатора равно

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \left(\frac{U_{2m}}{R_n} \sin(\omega t) \right)^2 d\omega t} = \frac{U_{2m}}{R_n} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} d\omega t} = \frac{\sqrt{2}U_2}{R_n} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{U_2}{\sqrt{2}R_n} = 0,707 \frac{U_2}{R_n}$$

где U_2 - действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Важным параметром, определяющим качество работы выпрямителя, является коэффициент пульсаций K_Π . Существует несколько вариантов определения коэффициента пульсаций:

- 1) как отношение амплитуды первой (основной) гармоники напряжения пульсаций к среднему значению выпрямленного напряжения;
- 2) как отношение действующего напряжения пульсаций к среднему значению выпрямленного напряжения;
- 3) как отношение амплитуды (пикового значения) напряжения пульсаций (U_{m1}) к среднему значению выпрямленного напряжения ($U_{н.ср}$).

В лабораторной работе используется последний вариант определения коэффициента пульсаций, так как амплитуды напряжения пульсаций U_{m1} определяются при помощи осциллографа:

$$K_\Pi = \frac{U_{m1}}{U_{н.ср}}.$$

Для однополупериодного выпрямителя коэффициент пульсаций равен:

$$K_\Pi = \frac{U_{m1}}{U_{н.ср}} = \frac{U_{2m}/2}{U_{2m}/\pi} = \frac{\pi}{2} = 1,57.$$

2.3. Однофазный двухполупериодный выпрямитель

Вентильная группа мостового выпрямителя (рис. 6) содержит четыре диода, являющиеся плечами моста. К одной диагонали моста присоединена обмотка трансформатора, а к другой – нагрузочный резистор R_H .

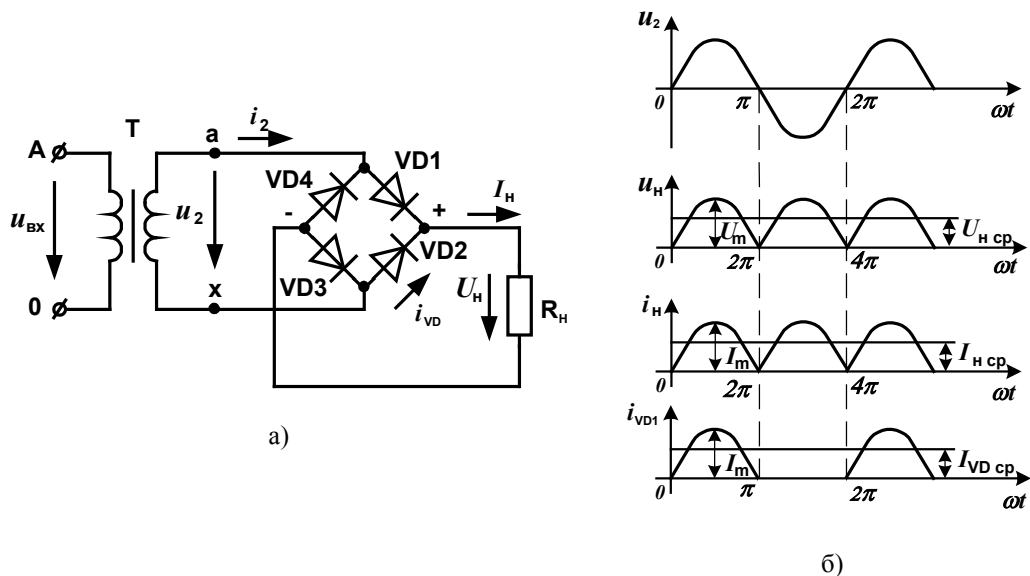


Рис. 6. Двухполупериодный выпрямитель:
а – схема, электрическая принципиальная;

б - временные диаграммы напряжения и тока, поясняющие принцип работы

В течение положительного полупериода напряжения u_2 (рис. 6б), когда потенциал точки a выше потенциала точки x , открыты диоды $VD1$ и $VD3$, а два других закрыты. В отрицательный полупериод, наоборот, открыты $VD2$ и $VD4$. В оба полупериода ток в нагрузочном резисторе имеет одно и то же направление; ток во вторичной обмотке трансформатора синусоидальный.

Средние значения выпрямленных напряжения $U_{н.ср}$ и тока $I_{н.ср}$ связаны с действующими значениями напряжения U_2 и тока I_2 обмотки трансформатора соотношениями:

$$U_{н.ср} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} U_{2m} \sin(\omega t) d\omega t = \frac{1}{\pi} \sqrt{2} U_2 (-\cos(\pi) + \cos(0)) = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,9U_2;$$

$$I_{н.ср} = \frac{U_{н.ср}}{R_n} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi \cdot R_n} = \frac{2\sqrt{2}R_n I_2}{\pi \cdot R_n} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} I_2 = 0,9I_2;$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left(\frac{U_{2m}}{R_n} \sin(\omega t) \right)^2 d\omega t} = \frac{U_{2m}}{R_n} \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{1 - \cos(2\omega t)}{2} d\omega t} = \frac{\sqrt{2}U_2}{R_n} \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{U_2}{R_n}.$$

Среднее значение тока в диоде $I_{VD} = 0,5I_{н.ср}$, а максимальное обратное напряжение на каждом из закрытых диодов $U_{обр.м} = U_{2m} = \frac{\pi}{2} U_{н.ср}$.

$$\text{Коэффициент пульсации } K_{II} = \frac{U_{m1}}{U_{н.ср}} = \frac{U_{2m}/2}{2U_{2m}/\pi} = \frac{\pi}{4} = 0,785.$$

2.4. Трехфазный выпрямитель с нейтральным выводом по существу состоит из трех однофазных однополупериодных выпрямителей, соединенных параллельно и работающих на общий приемник, включенный между узловыми точками (рис. 7). Диоды пропускают ток поочередно, каждый в течение трети периода. В любой момент времени ток пропускает тот из диодов, потенциал анода которого более высокий по отношению к нейтральной точке. Кривая выпрямленного напряжения формируется из отрезков синусоид фазных напряжений трансформатора (рис. 8).

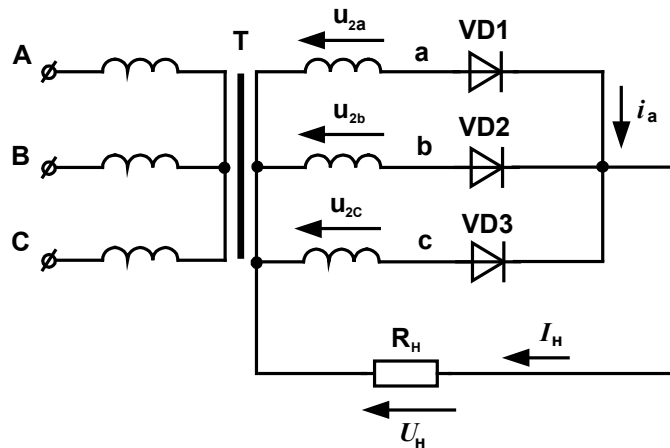


Рис. 7. Схема трехфазного выпрямителя

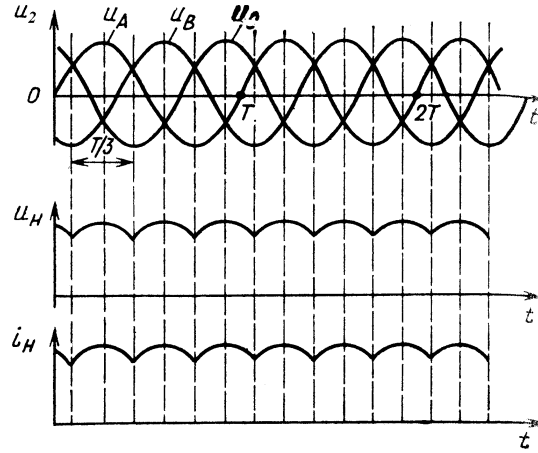


Рис. 8. Временные диаграммы напряжения и тока трехфазного выпрямителя

Средние значения выпрямленного напряжения и тока

$$U_{н.ср} = \frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} U_{2m} \sin(\omega t) d\omega t = \frac{3}{2\pi} \sqrt{2} U_2 (-\cos(5\pi/6) + \cos(\pi/6)) = \frac{3}{2\pi} \sqrt{2} U_2 \sqrt{3} = \frac{3\sqrt{3}}{\pi\sqrt{2}} U_2 = 1,17 U_2;$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} \left(\frac{U_{2m}}{R_n} \sin(\omega t) \right)^2 d\omega t} = \frac{U_{2m}}{R_n} \sqrt{\frac{3}{2\pi} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} 1 - \cos(2\omega t) d\omega t} =$$

$$= \frac{\sqrt{2} U_2}{R_n} \sqrt{\frac{3}{4\pi} \left(\frac{5\pi}{6} - \frac{1}{2} \sin\left(\frac{5\pi}{3}\right) - \frac{\pi}{6} + \frac{1}{2} \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \right)} = \frac{U_2}{R_n} \sqrt{1 + \frac{3\sqrt{3}}{4\pi}} = 1,189 \frac{U_2}{R_n};$$

$$I_{н.ср} = \frac{U_{н.ср}}{R_n} = \frac{3\sqrt{3} U_2}{\pi\sqrt{2} R_n} = \frac{3\sqrt{3} I_2}{\pi\sqrt{2 + 3\sqrt{3}} (2\pi)} = 0,984 I_2,$$

где U_2 и I_2 – действующие значения линейных напряжения и тока.

Среднее значение тока в каждом диоде $I_{VD} = \frac{I_{н.ср}}{3}$, а максимальное обратное напряжение на закрытом диоде равно амплитуде линейного напряжения:

$$U_{обр.м} = \sqrt{2} \sqrt{3} U_2 = \frac{2\pi}{3} U_{н.ср} \approx 2,094 U_{н.ср}.$$

$$\text{Коэффициент пульсации } K_{II} = \frac{U_{m1}}{U_{н.ср}} = \frac{\sqrt{2} U_2 / 4}{3\sqrt{3} U_2 / \pi\sqrt{2}} = \frac{\pi}{6\sqrt{3}} = 0,302.$$

2.5. Трехфазный мостовой выпрямитель

Здесь шесть диодов (рис. 9) образуют две группы: катодную ($VD1, VD3, VD5$) и анодную ($VD2, VD4, VD6$). В каждый момент времени ток проводят два диода: один из катодной группы, потенциал анода которого наиболее высокий относительно нейтрали трансформатора, а другой из анодной группы, потенциал катода которого наиболее низкий. Кривая выпрямленного напряжения (рис. 10) формируется из отрезков синусоид линейных напряжений.

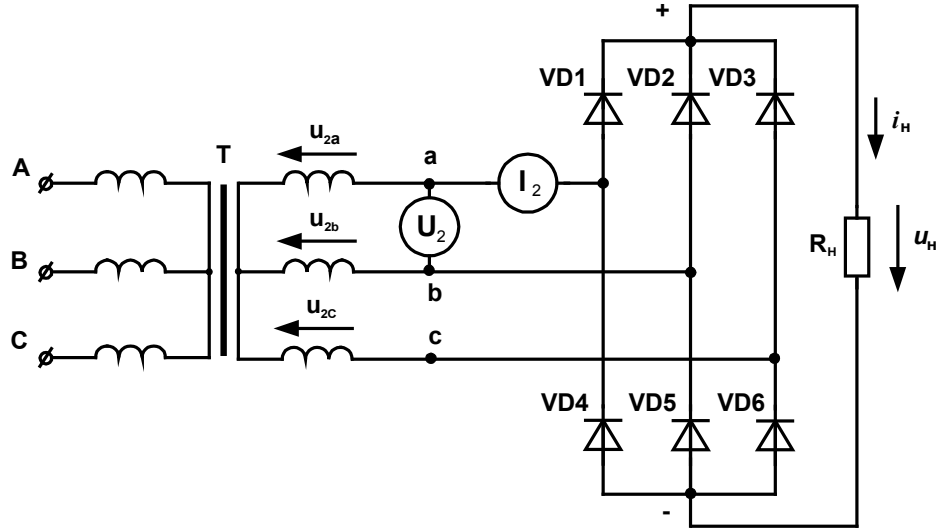


Рис. 9. Схема трехфазного выпрямителя

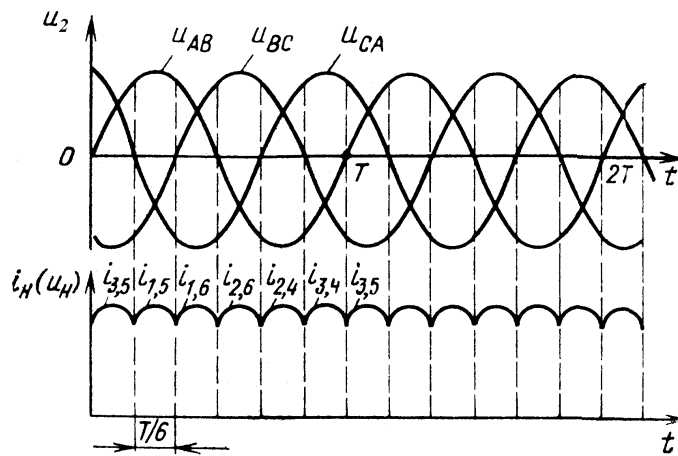


Рис. 10. Временные диаграммы напряжения и тока трехфазного выпрямителя

Средние значения выпрямленных напряжения и тока связаны с действующими линейными напряжением и током вторичной обмотки трансформатора следующими соотношениями:

$$U_{н.ср} = \frac{3\sqrt{2}U_2}{\pi}; \quad I_{н.ср} = \frac{\sqrt{3}I_2}{\sqrt{2}}.$$

Ток в диоде $I_{VD} = \frac{I_{н.ср}}{3}$, а максимальное обратное напряжение на закрытом диоде равно амплитуде линейного напряжения:

$$U_{обр.т} = \sqrt{2}U_2 = 1,045U_{н.ср}.$$

Коэффициент пульсации $K_{П} = \frac{U_{m1}}{U_{н.ср}} = 0,057$.

2.6. Сглаживающие фильтры применяются для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения и тока. Основными элементами фильтров являются конденсаторы и индуктивные катушки (реакторы).

Простейший емкостный фильтр представляет собой конденсатор, включенный параллельно нагрузочному резистору, а простейший индуктивный фильтр – реактор, включенный последовательно с нагрузочным резистором. Такие фильтры работают

эффективно при $X_c = \frac{1}{\omega C_\phi} \ll R_n$ и $X_L = \omega L_\phi \gg R_n$.

Исходя из этого, емкостный фильтр применяют в маломощных выпрямителях (при больших значениях R_n), а индуктивный – в выпрямителях средней и большой мощности (при малых значениях R_n). Наряду с простыми, также применяют и многозвенные фильтры.

Уменьшение пульсаций сглаживающим фильтром объясняется шунтирующим действием конденсатора для переменной составляющей выпрямленного напряжения и значительным падением этой составляющей напряжения на реакторе. Принцип действия сглаживающих фильтров заключается в накоплении энергии в реактивных элементах.

На рис. 11 а для примера приведена схема однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром C_ϕ . Принцип действия его основан на переходных процессах зарядки и разрядки конденсатора. Из временных диаграмм (рис. 11 б) видно, что, пока напряжение на конденсаторе меньше напряжения источника u_2 , конденсатор заряжается через открытый диод. Когда u_2 становится меньше u_c , диод закрывается и конденсатор разряжается на резистор R_n с постоянной времени $\tau = R_n C_\phi$ до момента времени, пока напряжение на нем и нарастающее напряжение u_2 не станут равны. После этого вновь начинается зарядка конденсатора.

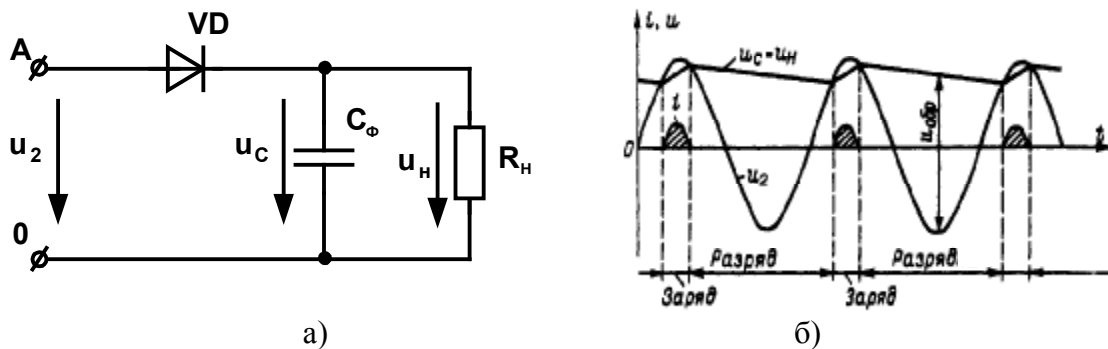


Рис. 11. Схема (а) и временные диаграммы (б) однополупериодного выпрямителя с емкостным фильтром

Эффективность сглаживающих фильтров оценивается коэффициентом сглаживания K_C .

$$K_C = \frac{K_{П ВХ}}{K_{П ВЫХ}},$$

где $K_{П ВХ}$ - коэффициент пульсаций на входе фильтра;

$K_{П ВЫХ}$ - коэффициент пульсаций на выходе фильтра (на нагрузке).

2.7. Стабилизаторы напряжения применяются для поддержания напряжения на приемнике с заданной степенью точности. Простейший параметрический стабилизатор состоит из последовательно соединенных стабилитрона VD и балластного резистора $R_б$ (рис. 12 а). Нагрузочный резистор $R_н$ включают параллельно стабилитрону.

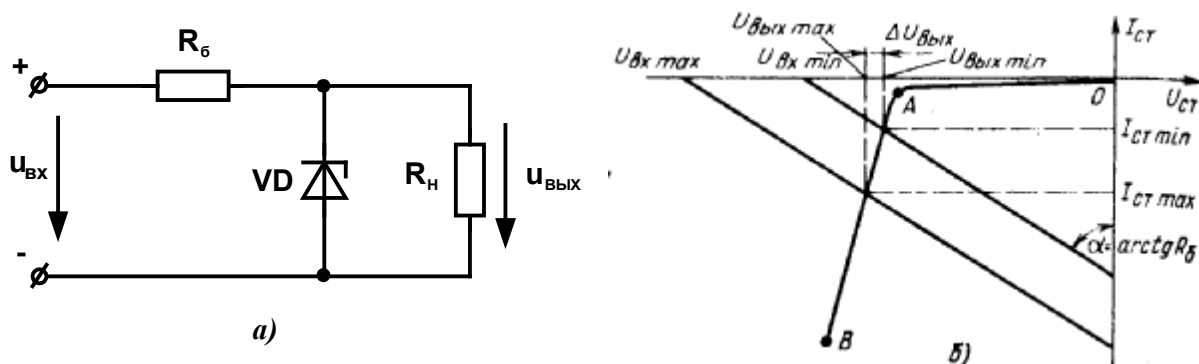


Рис. 12. Схема стабилизатора (а) и ВАХ стабилитрона (б)

Обратная ветвь ВАХ стабилитрона в области обратимого пробоя р-п перехода имеет участок, на котором при изменении тока от $I_{ст. min}$ до $I_{ст. max}$ напряжение остается практически неизменным (рис. 12 б). При изменении $U_{вх}$ изменяется ток стабилитрона и напряжение на $R_б$. Напряжение на приемнике при этом практически не изменяется. Оно остается неизменным и при изменении сопротивления $R_н$, так как при этом ток в балластном резисторе (и напряжение на нем) не изменяется. Он лишь перераспределяется между стабилитроном и нагрузочным резистором.

С помощью рассмотренного стабилизатора можно получить стабилизированное напряжение от нескольких вольт до нескольких сотен вольт при токах от нескольких миллиампер до нескольких ампер.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

3.1 Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из трех панелей (рис. 13).

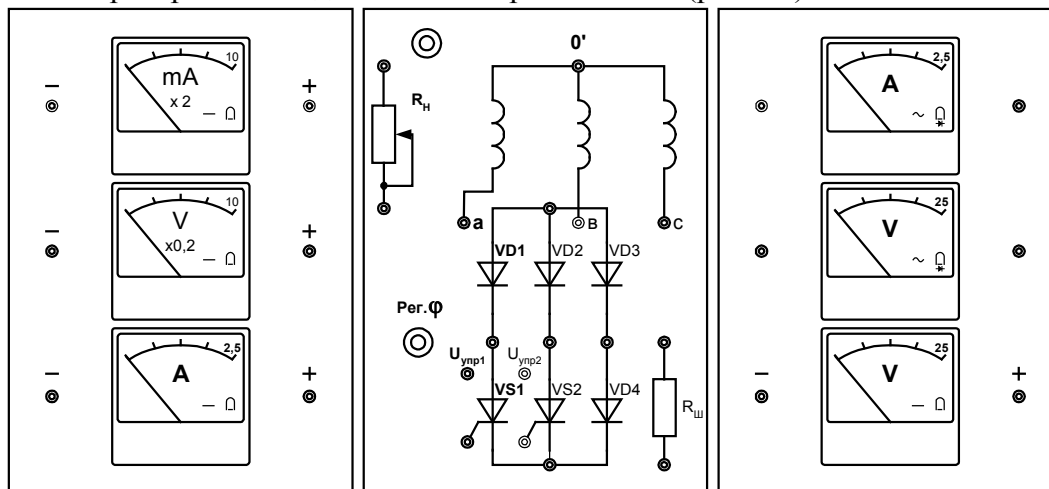


Рис. 13. Универсальный лабораторный стенд

На одной из панелей расположен трехфазный трансформатор (клеммы вторичных обмоток a, b, c, 0), служащий источником питания для исследования различных схем выпрямителей и сборки из 4 диодов (VD1-VD4), 2 тиристоров (VS1, VS2), фильтрующего конденсатора и реостата (в качестве нагрузки).

На двух остальных панелях расположены измерительные приборы. В работе используются: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы (измеряют постоянную составляющую тока и напряжения), амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы с выпрямителем (средневыпрямленное значение тока и напряжения).

3.2. Рабочее задание

а) Для каждой схемы снять нагрузочные характеристики $U_{HCP} = f(I_{HCP})$ без сглаживающего фильтра и со сглаживающим фильтром. Построить все характеристики в одной системе координат.

б) Зарисовать осциллограммы напряжения на выходе выпрямителя в режиме холостого хода и в режиме максимального тока нагрузки. Отметить масштабы по осям.

в) Определить K_{II} и f_{II} для режимов холостого хода и максимальной нагрузки.

г) Исследовать влияние сопротивления нагрузки на форму выходного напряжения выпрямителя с фильтром.

д) Исследовать влияние наличия фильтра на форму напряжения на одном из диодов выпрямителя.

3.3. Ход работы

3.3.1. Исследование однофазного однополупериодного выпрямителя

а) Собрать цепь по схеме однофазного однополупериодного выпрямителя, работающего на активную нагрузку без фильтра (рис. 14). В качестве источника напряжения использовать вторичные обмотки трехфазного трансформатора А и 0 (фазное напряжение). В качестве выпрямительного диода использовать диод VD1.

Перед включением реостат R_H вывести в среднее положение для предотвращения короткого замыкания.

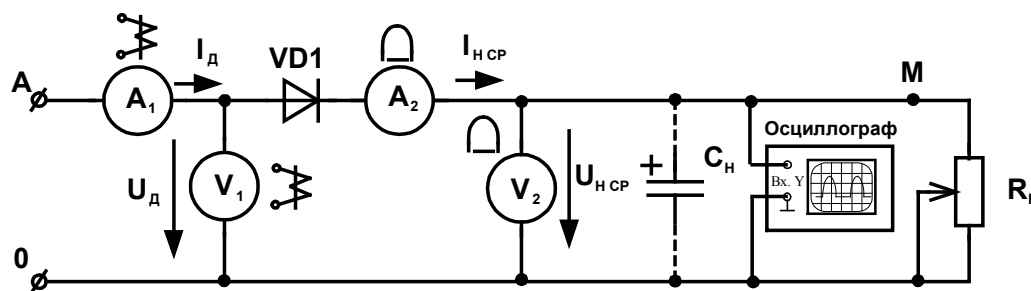


Рис. 14. Схема однофазного однополупериодного выпрямителя

б) Снять нагрузочную характеристику выпрямителя: $U_{HCP} = f(I_{HCP})$, определить максимальное и минимальное значения тока и заполнить таблицу 1, фиксируя данные в 5 - 7 характерных точках.

Перед снятием нагрузочной характеристики выпрямителя измерить напряжение холостого хода U_{XX} при $I_H=0$. Для этого необходимо разорвать цепь нагрузки в точке М (рис. 12) и записать показания в таблицу. При исследовании других схем выпрямителей определять U_{XX} по приведенной выше методике.

Ток в нагрузке изменять реостатом. Максимальный ток определяется пределами измерения амперметров.

Внимание!

При установке максимального тока не допускать короткого замыкания!

Таблица 1

Результаты измерений и расчетов

| № п/п | ИЗМЕРЕНО | | | | | | ВЫЧИСЛЕНО | | |
|----------|---------------|---------------|-----------|-----------|----------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------|
| | U_{ϕ}, B | I_{ϕ}, A | U_{HCP} | I_{HCP} | U_{m1} | $f_{П}, Гц$ | $\frac{U_{HCP}}{U_{\phi}}$ | $\frac{I_{HCP}}{I_{\phi}}$ | $K_{П}$ |
| | | | | | | | | | |

в) С помощью осциллографа зарисовать форму и измерить параметры (U_{m1} и $f_{П}$) напряжения на нагрузке. Зарисовать кривую обратного напряжения на диоде VD1 (между анодом и катодом).

В схеме рис. 12, параллельно нагрузочному резистору R_H (реостату), **соблюдая полярность**, подключить конденсатор (фильтр) и снять нагрузочную характеристику выпрямителя с фильтром (5-7 значений тока). Аналогично п.3.3.1б определить напряжение холостого хода U_{XX} . Все экспериментальные данные записать в таблицу 1.

г) Определить K_C – коэффициент сглаживания фильтра.

д) По данным табл. 1 построить графики нагрузочных характеристик выпрямителя без фильтра и выпрямителя с фильтром в одной системе координат: $U_{HCP} = f(I_{HCP})$.

3.3.2. Исследование однофазного двухполупериодного выпрямителя

Собрать цепь по схеме однофазного двухполупериодного выпрямителя, работающего на активную нагрузку без фильтра (рис. 15). В качестве одного из диодов использовать тиристор VS1. Для этого управляющий электрод тиристора необходимо соединить проводом с анодом тиристора (диодный режим работы тиристора).

В качестве источника напряжения использовать вторичную обмотку трехфазного трансформатора А и 0 (фазное напряжение).

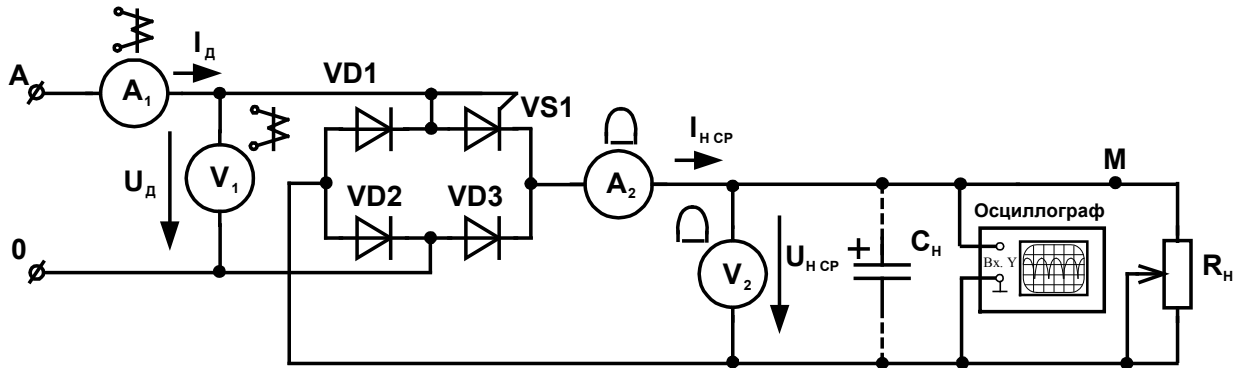


Рис. 15. Схема однофазного двухполупериодного выпрямителя

Выполнить задание по п.3.3.1 (б-д).

3.3.3. Исследование трехфазного однополупериодного выпрямителя

Собрать цепь по схеме трехфазного однополупериодного выпрямителя, работающего на активную нагрузку без фильтра (рис. 16).

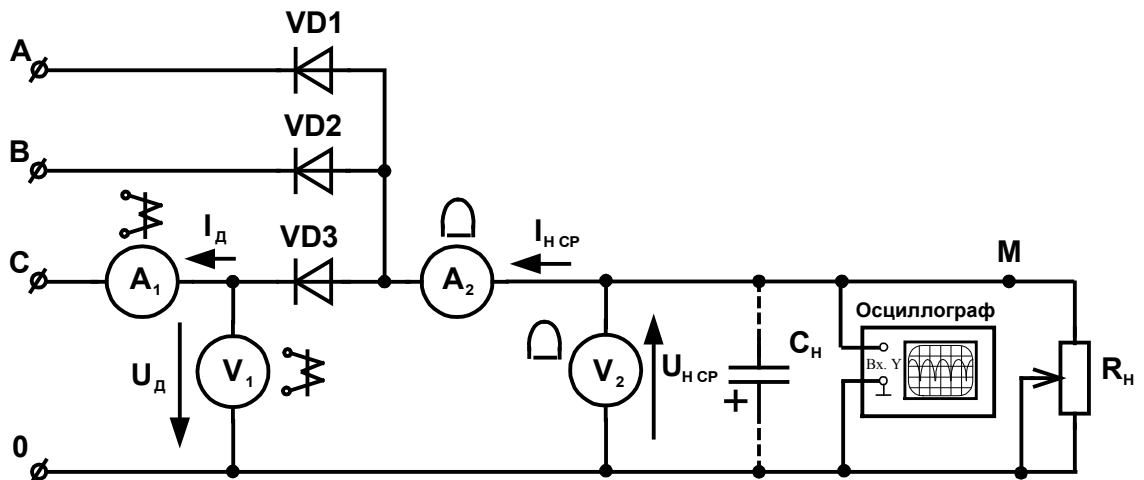


Рис. 16. Схема трехфазного однополупериодного выпрямителя

Выполнить задание по п.3.3.1 (б-д).

3.3.4. После завершения измерений необходимо показать отчет (либо результаты измерений) преподавателю, разобрать цепь, расставить используемые приборы на свои места, убрать проводники в стол.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет оформляется индивидуально каждым студентом. Схемы электрические принципиальные должны быть начерчены карандашом по линейке, а условно-графические обозначения элементов на схемах должны быть выполнены согласно ГОСТ 10862-73 и иметь позиционное обозначение. Графики и осциллограммы выполняются крупно на отдельном листе, с указанием возле осей координат измеряемых величин и цены деления.

Содержание отчета

1. Титульный лист (с указанием автора отчета и преподавателя).
2. Цель работы.
3. Справочные данные исследуемых диодов.
4. Принципиальные электрические схемы, использованные при исследовании выпрямителей.
5. Таблицы наблюдений.
6. Осциллограммы и графики согласно рабочему заданию.
7. Расчетные данные.
8. Выводы после каждого пункта задания.

В выводах необходимо дать краткую теоретическую интерпретацию полученных характеристик; сравнить параметры и характеристики для различных схем неуправляемых выпрямителей; отразить особенности их использования, а также достоинства и недостатки.

9. Общий вывод по лабораторной работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 5.1. В чем заключаются основные свойства электронно-дырочного перехода?
- 5.2. Изобразите ВАХ р-п перехода и дайте физическое объяснение каждого характерного ее участка.
- 5.3. В чем заключаются преимущества и недостатки двухполупериодного выпрямителя перед однополупериодным?
- 5.4. Изобразите временную диаграмму тока в одном из диодов двухполупериодного выпрямителя.
- 5.5. Изобразите временную диаграмму напряжения на одном из диодов двухполупериодного выпрямителя.
- 5.6. Изобразите и объясните временную диаграмму выпрямленного напряжения двухполупериодного выпрямителя с емкостным фильтром.
- 5.7. В чем заключаются преимущества и недостатки трехфазных выпрямителей перед однофазными?
- 5.8. Изобразите временную диаграмму тока в одном из диодов трехфазного выпрямителя.
- 5.9. Изобразите временную диаграмму напряжения в одном из диодов трехфазного выпрямителя.
- 5.10. По каким критериям выбираются диоды в схемах выпрямителей?
- 5.11. Почему при уменьшении сопротивления нагрузочного резистора выпрямленное напряжение уменьшается?

5.12. С какой целью в выпрямителях диоды иногда соединяют между собой последовательно или параллельно?

5.13. Объясните принцип действия параметрического стабилизатора напряжения.

5.14. Каково назначение балластного резистора в параметрическом стабилизаторе напряжения?

6. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Каждый студент должен помнить, что, проводя опыты, он пользуется напряжением, опасным для жизни. Опасным для жизни считается напряжение переменного тока величиной 42 В и выше, ток - 10 мА и более.

2. Категорически запрещается:

а) подключать цепь к источнику питания до проверки ее преподавателем или лаборантом;

б) прикасаться к неизолированным токоведущим частям коммутационных и других электрических аппаратов, подводимым кабелям, проводам, клеммам и металлическим частям электрооборудования, находящимися под напряжением;

в) вскрывать и разбирать электрооборудование, снимать крышки и защитные ограждения;

г) оставлять цепь под напряжением, если она находится без наблюдения;

д) производить замену неисправных проводов и приборов, если цепь находится под напряжением.

3. Сборку электрических цепей для проведения опытов, поджатие ослабевших контактов и разборку цепей следует производить только при отключенном общем рубильнике (выключателе стенда).

4. При наладке цепи и производстве опытов не следует допускать резких перемещений ползунков реостатов, ручек ЛАТРов и других регулировочных устройств.

5. При поражении электрическим током каждый студент должен быстро освободить пострадавшего от воздействия тока, отключив общий рубильник на стенде (в лаборатории), оказать ему первую помощь и немедленно сообщить о случившемся преподавателю.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника / Г.Н. Горбачёв, Е.Е. Чалыгин. - М.: Энергоатомиздат, 1988.

2. Забродин Ю.С. Промышленная электроника / Ю.С. Забродин. – М.: Высш. шк., 1982.

3. Опадчий Ю.Ф. Аналоговая и цифровая электроника: (Полный курс) / Ю.Ф. Опадчий. – М.: Горячая линия –Телеком, 2002. – 768 с.: ил.

4. Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы: Справ. /Под ред. Н.Н. Горюнова. – М.: Энергоиздат, 1982.

5. Мощные полупроводниковые приборы. Диоды: Справ. / Под ред. А.В. Голумедова. –М.: Радио и связь, 1985.