

Министерство образования Российской Федерации
Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева

ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

**РЕГУЛИРОВАНИЕ И
ПРЕОБРАЗОВАНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ**

*Программа дисциплины и методические
указания к выполнению контрольной работы*

Рыбинск
2014

Регулирование и преобразование электрических параметров. Программа дисциплины и методические указания к выполнению контрольной работы / сост. М.В. Панкратов; РГАТУ имени П.А. Соловьева – Рыбинск, 2014 – 12 с. – (Заочная форма обучения / РГАТУ имени П.А. Соловьева).

Данные программа и методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины и выполнения контрольной работы студентами по профилю «Электрические и электронные аппараты» направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

СОСТАВИТЕЛЬ

М.В. Панкратов

ОБСУЖДЕНО

на заседании кафедры

электротехники и промышленной электроники

РЕКОМЕНДОВАНО

Методическим Советом РГАТУ им. П.А. Соловьева

При положительной полярности напряжения на вторичной обмотке трансформатора на интервале $0 - \pi$ ток проводят диоды VD1 и VD4. Падение напряжения на диодах на интервале проводимости близко к нулю, поэтому к нагрузке прикладывается положительная полуволна напряжения вторичной обмотки трансформатора e_2 . Ток протекает от источника к нагрузке по контуру: а – VD1 – R_H – VD4 – б – а. Ток нагрузки повторяет форму напряжения на нагрузке (рис. 2, е). На интервале $\pi - 2\pi$ напряжение на вторичной обмотке трансформатора изменяет полярность, создаются условия для записания диодов VD3, VD4 и условия отпирания диодов VD2, VD2. Ток протекает по контуру: б – VD3 – R_H – VD2 – а – б. При этом напряжение вторичной обмотки трансформатора e_2 прикладывается к нагрузке с той же полярностью, что и в предыдущем полупериоде. Так как в каждый момент времени определенная пара вентилей и нагрузка включены последовательно, форма тока вентилей i_a на интервале проводимости повторяет форму тока нагрузки (рис. 2, г).

Вторичная обмотка трансформатора в любой временной интервал включена последовательно с определенными вентилями. Учтявая, что каждую половину периода соответствующая пара вентилей изменяет направление тока вторичной обмотки трансформатора, получаем что ток i_2 будет иметь синусоидальную форму. Ток первичной обмотки трансформатора i_1 связан с током вторичной обмотки трансформатора через коэффициент трансформации: $i_1 = i_2 / K_t$. Поэтому ток i_1 тоже будет изменяться по синусоидальному закону (рис. 2, а). Временная диаграмма напряжения на одном из вентилей показана на рис. 2, д. При протекании тока через вентиль на интервале $0 - \pi$ падение напряжения на диоде близко к нулю.

На интервале $\pi - 2\pi$ к запертым диодам прикладывается напряжение вторичной обмотки трансформатора отрицательной полярности через диоды, пропускающие ток. Расчет схемы проводится с учетом формы токов и напряжений в характерных точках рис. 2:

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} E_2 \sin \omega t d\omega = \frac{2\sqrt{2} E_2}{\pi} = 0,9 E_2 \quad (1)$$

или

$$E_2 = 1,1 U_d \quad (2)$$

По временным диаграммам рис. 2, в, г видно, что на один период для выпрямленного тока I_d приходится две полуволны, а на один период тока вентилей I_a – одна полуволна. Поэтому среднее значение тока через вентиль I_a будет в два раза меньше среднего значения выпрямленного тока I_d :

$$I_a = \frac{I_d}{2} \quad (3)$$

Максимальное значение тока через вентиль:

$$I_{a\max} = I_{d\max} = \frac{E_{2\max}}{R_H} = \frac{\sqrt{2} E_2 \max}{R_H} = \frac{\sqrt{2} \pi U_d}{2\sqrt{2} R_H} = \frac{\pi I_d}{2} \quad (4)$$

Максимальное значение напряжения, прикладываемое к вентилю в закрытом состоянии (рис. 2, б), находится по формуле

$$U_{d, \max} = \sqrt{2} E_2 = \frac{\pi U_d}{2} \quad (5)$$

Воспользовавшись рис. 2, а, с учетом одинаковых форм первичного и вторичного токов определим их действующие значения I_2 и I_1 :

$$I_2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi (U_{d, \max} \sin \theta)^2 d\theta} = I_{d, \max} \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot \frac{\pi}{2}} = \frac{I_{d, \max}}{\sqrt{2}} = \frac{\pi U_d}{2 \sqrt{2} R_H} = 1,11 U_d \quad (6)$$

Как отмечалось выше, первичный ток обмотки трансформатора будет отличаться от вторичного только на коэффициент трансформации трансформатора:

$$I_1 = \frac{I_2}{K_T} = \frac{1,11 U_d}{K_T} \quad (7)$$

Определим типовую мощность трансформатора:

$$P_T = \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{U_1 I_1 + U_2 I_2}{2} = \frac{1,11 U_d \cdot \frac{1,11 U_d}{K_T} + 1,11 U_d \cdot 1,11 U_d}{2} = 1,23 U_d^2 \quad (8)$$

где $P_d = U_d I_d$.

Коэффициент использования трансформатора:

$$K_{ис} = \frac{P_d}{P_T} \quad (9)$$

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Тема: «Расчет однофазного мостового выпрямителя»

Целью работы является определение следующих параметров выпрямителя: средний I_d и максимальный $I_{d, \max}$ ток через вентиль, максимальное обратное напряжение на вентиле $U_{a, \max}$, действующие значения тока I_2 и напряжения U_2 вторичной обмотки трансформатора, действующее значение тока I_1 первичной обмотки трансформатора и расчетная мощность трансформатора P_T , а также ее соотношение с мощностью нагрузки P_d . Исходными данными для расчета являются: среднее значение выпрямленного напряжения U_d (напряжение на нагрузке), сопротивление нагрузки R_H , коэффициент трансформации K_T .

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Исходные данные для расчета:

- 1) среднее значение выпрямленного напряжения $U_d = 20$ В;
- 2) сопротивление нагрузки $R_H = 10$ Ом;
- 3) коэффициент трансформации $K_T = 0,5$.

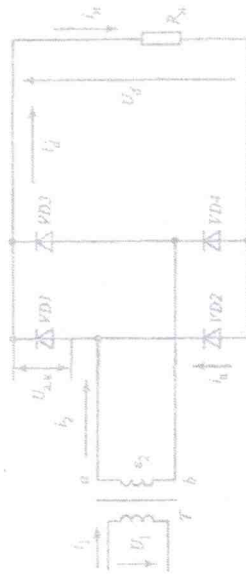


Рисунок 3 – Схема для расчета

Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора E_2 определим через среднее значение выпрямленного напряжения U_d :

$$E_2 = 1,11 U_d; E_2 = 1,11 \cdot 20 = 22,2 \text{ В}$$

Среднее значение тока нагрузки находим по закону Ома:

$$I_H = \frac{U_d}{R_H} = \frac{20}{10} = 2 \text{ А}$$

Для данной схемы ток нагрузки совпадает с током выпрямителя $I_H = I_d = 2 \text{ A}$.
 Определим среднее значение тока через диод:

$$I_a = \frac{I_d}{2} = \frac{2}{2} = 1(A).$$

Максимальное значение тока через вентиль определяем следующим образом:

$$I_{a,\text{max}} = \frac{\pi I_d}{2} = \frac{3,14 \cdot 2}{2} = 3,14(A).$$

Максимальное значение напряжения, прикладываемое к вентилю в закрытом состоянии, находится по формуле:

$$U_{a,\text{max}} = \frac{\pi U_d}{2} = \frac{3,14 \cdot 20}{2} = 31,4(B).$$

С учетом одинаковых форм токов первичной и вторичной обмоток определим их действующие значения I_2 и I_1 :

$$I_2 = 1,11 I_d = 1,11 \cdot 2 = 2,22(A).$$

Ток первичной обмотки трансформатора найдем через коэффициент трансформации:

$$I_1 = \frac{I_2}{K_T} = \frac{2,22}{0,5} = 4,44(A).$$

Определим типовую мощность трансформатора:

$$P_T = 1,23 U_d I_d = 1,23 \cdot 20 \cdot 2 = 49,2(Bm).$$

Коэффициент использования трансформатора:

$$K_{\text{ис}} = \frac{U_d I_d}{1,23 \cdot U_d I_d} = \frac{1}{1,23} \approx 0,81.$$

ВВЕДЕНИЕ

Электронергия в промышленном производстве используется самыми разнообразными установками. Соответственно, параметры электроэнергии, необходимые для ее эффективного применения в конкретных случаях, должны быть различны. Для удовлетворения нужд производства в электроэнергии разных видов и параметров, а также для эффективного управления ее распределением применяются различные преобразовательные и регулирующие устройства. В учебной дисциплине "Регулирование и преобразование электрических параметров" студенты приобретают профессиональные навыки, позволяющие производить обоснованный выбор устройств и способов регулирования и преобразования электрических параметров.

Изучение дисциплины рассчитано на 108 часов учебных занятий, из них аудиторных — 10 часов, самостоятельная работа — 98 часов. Учебным планом предусмотрено выполнение одной контрольной работы. Дисциплина изучается в шестом семестре, форма контроля — зачет.

Контрольная работа представляет собой типовую задачу расчета однофазного мостового выпрямителя. Задания на контрольную работу выдаются в период установочной сессии. Они представлены в вариантах. Студент выполняет тот вариант задания, номер которого соответствует его номеру в списке группы. Контрольная работа представляется на проверку в полном объеме не позднее, чем за три дня до экзамена. Если работа не зачтена, преподаватель указывает, какую часть контрольных заданий переделать или выполнить вновь. Работа оценивается положительно, если правильно выполнено не менее 60% общего объема заданий.

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. «Выпрямители».

Классификация выпрямителей. Критерии оценки качества работы выпрямителей. Основные схемы реализации выпрямительных устройств.

Раздел 2. «Инверторы».

Классификация инверторов. Критерии оценки качества работы инверторов. Принцип действия инвертора. Основные схемы.

Раздел 3. «Преобразователи частоты и числа фаз».

Классификация преобразователей частоты и числа фаз. Критерии оценки качества работы преобразователей. Принципы действия преобразователей. Основные схемы.

Раздел 4. «Регуляторы напряжения».

Виды регулируемых элементов. Общие вопросы регулирования. Принципы управления дискретно регулируемыми элементами. Вопросы проектирования регуляторов.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. **Манин А.В.** Основы преобразовательной техники [Учебное пособие]. – Рыбинск: РГАТА, 1999. – 80 с.
2. **Юдин В.В.** Цифровые регуляторы напряжения [Учебное пособие]. – Рыбинск: РГАТА, 2004. – 116 с. Дополнительная
3. **Аристов Е.В.** Основы микропроцессорной и преобразовательной техники [Учебное пособие]. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2008. – 115 с.
4. **Забродин Ю.С.** Промышленная электроника [Учебник для вузов]. – М.: Высшая школа, 1982. – 496 с., ил.
5. **Липковский К.А.** Трансформаторно-ключевые исполнительные структуры преобразователей переменного напряжения. – Киев: Наукова думка, 1983. – 216 с.
6. **Понков О.З.** Основы преобразовательной техники [Учебное пособие для вузов]. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 200 с., ил.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебный материал дисциплины достаточно полно изложен в книгах списка основной литературы. Дополнительная литература рекомендуется с целью более глубокой проработки отдельных разделов программы для лучшего освоения материала.

Изучение дисциплины рекомендуется проводить последовательно в порядке перечисления разделов рабочей программы.

Общие сведения о выпрямителях

Выпрямитель – это электротехническое устройство, предназначенное для преобразования переменного напряжения в постоянное.

Основными элементами выпрямителя являются трансформатор и вентили, с помощью которых обеспечивается одностороннее протекание тока в цепи нагрузки, в результате чего переменное напряжение преобразуется в пульсирующее.

Для сглаживания пульсирующей выпрямленного напряжения к выходным зажимам выпрямителя часто подключают электрический сглаживающий фильтр. Для регулирования или стабилизации выпрямленного напряжения и тока потребителя к входным зажимам выпрямителя подключают регулятор или

стабилизатор (стабилизатор может быть включен и на стороне переменного тока выпрямителя).

Режим работы и параметры отдельных элементов выпрямителя, фильтра, регулятора и стабилизатора согласуются с заданными условиями работы потребителя постоянного тока. Поэтому основная задача теории выпрямительных устройств сводится к определению расчетных соотношений, позволяющих по заданному режиму работы потребителя определить электрические параметры элементов: стабилизатора, регулятора, фильтра, а также вентилей и трансформатора выпрямителя и затем произвести выбор этих элементов по каталогу или, если это необходимо, рассчитать их.

Схемы выпрямителей классифицируют по ряду признаков. В зависимости от числа фаз питающего источника переменного напряжения различают схемы однофазного и трехфазного питания.

Независимо от мощности выпрямителей все схемы делят на одноконтные и двухконтные. К одноконтным относят схемы, у которых по вторичным обмоткам трансформатора ток протекает только один раз за полный период (полупериод или его часть). Отношение частоты пульсаций выпрямленного напряжения к частоте сети в одноконтных схемах равно числу фаз вторичной обмотки трансформатора. В таких схемах, кроме простейшего однофазного однополупериодного выпрямителя, обязательно выводится нулевая точка трансформатора. Таким образом, одноконтные схемы – это схемы с нулевым выводом.

К двухконтным относят схемы, у которых в каждой фазе вторичной обмотки трансформатора ток протекает дважды за один период, притом в противоположных направлениях. Кратность пульсаций выпрямленного напряжения в таких схемах в два раза больше, чем число фаз вторичной обмотки трансформатора. Схемы выпрямителей, относящиеся к двухконтным, называют также мостовыми. В мостовых схемах ток во вторичной цепи всегда проходит последовательно по двум вентилям.

В зависимости от назначения выпрямители могут быть управляемыми (с регулируемым выпрямленным напряжением) и неуправляемыми. Возможны различные модификации схем выпрямителей – с включением вторичных обмоток трансформатора в зигзаг, несимметричные схемы, схемы с нагрузкой, шунтированной диодом и др.

Основными величинами, характеризующими эксплуатационные свойства выпрямителей, являются:

- 1) средние значения выпрямленного напряжения и тока U_d , I_d ;
- 2) коэффициент полезного действия η ;
- 3) коэффициент полезности χ ;
- 4) внешняя характеристика, представляющая собой зависимость выходного напряжения от тока нагрузки: $U_d = f(I_d)$;

Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10	Вар.11	Вар.12	Вар.13	Вар.14	Вар.15	Вар.16	Вар.17	Вар.18	Вар.19	Вар.20	Вар.21	Вар.22	Вар.23	Вар.24	Вар.25	Вар.26	Вар.27	Вар.28	Вар.29	Вар.30
5	6	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	24	26	28	30	32	34	36	38	40	50	60	80	120	130	140	150	160	180
50	30	25	20	15	10	15	16	20	32	18	10	20	20	14	50	50	40	80	76	100	200	300	80	200	200	100	50	80	60
0,1	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5	0,8	0,7	0,75	1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	0,9	1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,5	0,65	0,7	0,8	0,8	1

- 5) регулировочная характеристика, представляющая собой зависимость выпрямленного напряжения от угла регулирования: $U_d = f(\alpha)$;
- 6) коэффициент пульсаций, представляющий отношение амплитуды данной гармонической составляющей выпрямленного напряжения (тока) к среднему значению выпрямленного напряжения (тока):

$$\varepsilon = \frac{U_{(q)m}}{U_d}$$

- 7) коэффициент искажения, равный отношению действующих значений основной гармоники и полного тока первичной обмотки трансформатора:

$$V = \frac{I_1}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}}$$

Однофазный мостовой выпрямитель

Схема однофазного мостового выпрямителя и диаграммы, поясняющие его работу, показаны на рис. 1 и 2. Сглаживающий трансформатор имеет две обмотки (первичную и вторичную), но схема может работать и без трансформатора (в отличие от схемы с нулевым выводом), если соотношение напряжения питания с напряжением на нагрузке устраивает потребителя.

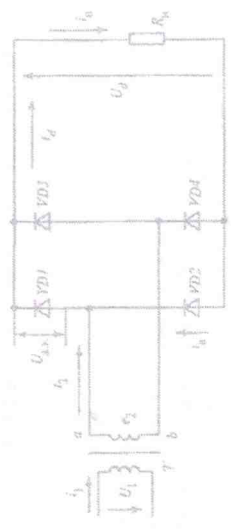


Рисунок 1 – Однофазный мостовой выпрямитель

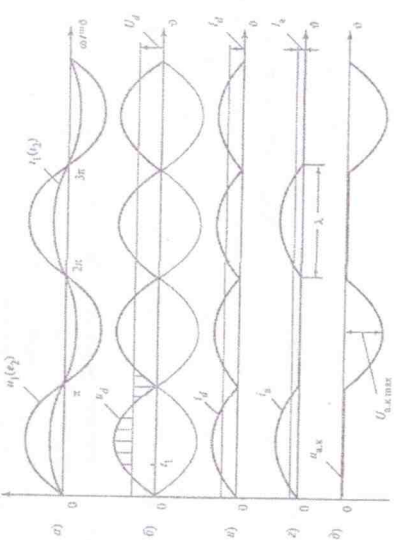


Рисунок 2 – Графики токов и напряжений мостового выпрямителя

Вопросы к зачёту по дисциплине

«Регулирование и преобразование электрических параметров»

1. Выпрямители. Назначение, принцип действия.
2. Инверторы. Назначение, принцип действия.
3. Преобразователи частоты. Назначение, принцип действия.
4. Потенциометрический регулятор напряжения.
5. Источник тока, управляемый напряжением.
6. Способы регулирования переменного напряжения.
7. Регулируемые элементы с механическим и электрическим управлением.
8. Дискретно регулируемые трансформаторы.
9. Времявариантное регулирование.
10. Моделирование регуляторов переменного напряжения.