

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

17/11/4

Одобрено кафедрой
«Электротехника»

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Задание на контрольную работу № 3
с методическими указаниями
для студентов III курса
специальностей

190301(150700) ЛОКОМОТИВЫ (Т),
190302(150800) ВАГОНЫ (В),
190303(181400) ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ (ЭПС)



Москва – 2006

Составители : канд. техн. наук, проф. А.А. Сагаров,
канд. техн. наук, доц. Б.З. Брейтер,
канд. техн. наук, доц. А.А. Певзнер,
ст. преп. Е.С. Гирина

Рецензент : канд. техн. наук, доц. Л.Г. Ручкина (РГОТУПС)

Общие указания

В контрольной работе № 3 студенты специальностей Т, В и ЭПС решают три задачи:

1. Расчет разветвленной магнитной цепи при постоянных токах;
2. Расчет цепи переменного тока, содержащей катушку с ферромагнитным сердечником;
3. Расчет параметрического стабилизатора напряжения.

Контрольные задания имеют 100 вариантов. Варианты задач 1 и 2 отличаются друг от друга схемами и числовыми значениями заданных величин. Номер варианта в этих задачах определяется по двум последним цифрам учебного шифра студента: по последней цифре выбирается номер схемы, а по предпоследней — номер строки в табл. 2 и 4.

В задаче 3 исходные расчетные данные приведены в табл. 6. Ток нагрузки выбирается по предпоследней цифре, а напряжение — по последней цифре шифра (по столбцу, с учетом строки тока).

Перед решением задач контрольной работы студент должен изучить соответствующие параграфы конспектов лекций и учебных пособий [1—4].

В задачах 1 и 2 используются одни и те же физические понятия, такие как магнитный поток, магнитная индукция, напряженность магнитного поля, связывающая их кривая намагничивания и один из фундаментальных законов — закон полного тока.

Весьма полезно перед выполнением контрольной работы разобраться в лабораторных работах № 11 (расчет нелинейных цепей графическим методом) и № 12 (опытная проверка закона полного тока, в том числе определение геометрических размеров реального сердечника) [7].

В методических пособиях преподавателей кафедры [5; 6] приведены примеры частичного и полного решения таких задач посредством MathCAD.

Задачи 1 и 2 являются основой для выполнения разделов курсовой работы по дисциплине «Электрические машины и электропривод», которую изучают на IV курсе.

Задача 1

Расчет разветвленной магнитной цепи при постоянных токах

Для магнитной цепи (рис. 1) * выполнить следующее:

1. Начертить схему замещения магнитной цепи, указав на ней направления магнитных потоков и магнитодвижущих сил (МДС);
2. Составить для магнитной цепи уравнения по законам Кирхгофа;
3. Определить магнитные потоки в стержнях и значение магнитной индукции в воздушном зазоре.

Размеры магнитопровода на рис. 1 даны в мм. Магнитопровод выполнен из электротехнической стали, кривая намагничивания которой представлена в табл. 1. Величины токов и число витков обмотки для каждого варианта даны в табл. 2*.

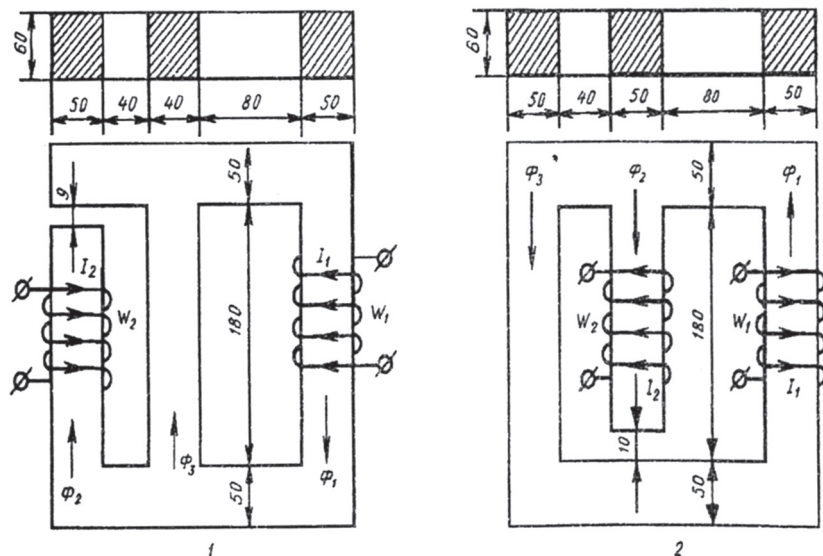
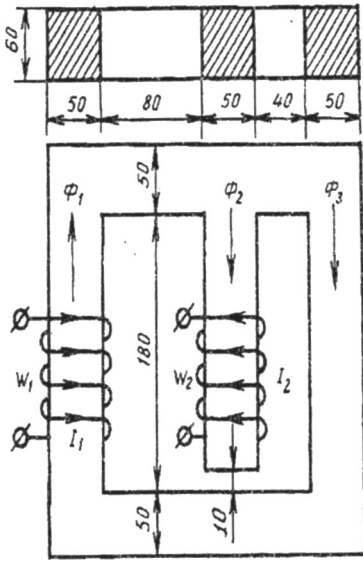
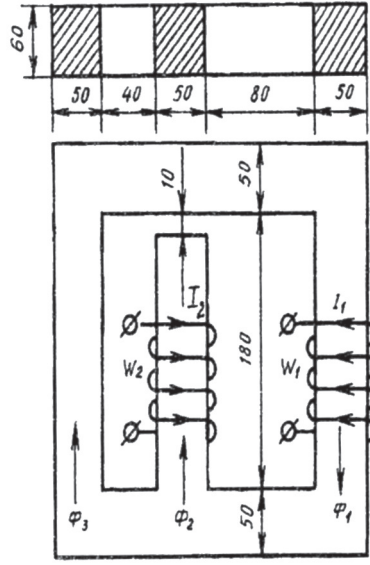


Рис. 1 (начало)

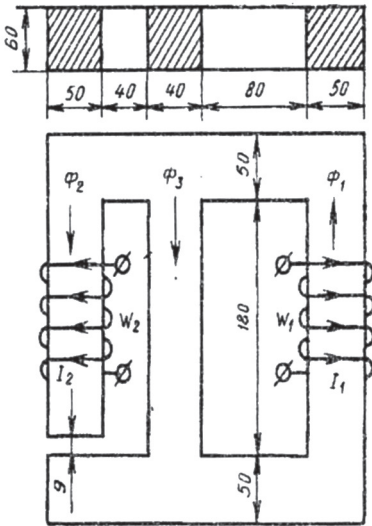
*Примечание: для студентов специальностей Т и В исключается обмотка w_2 .



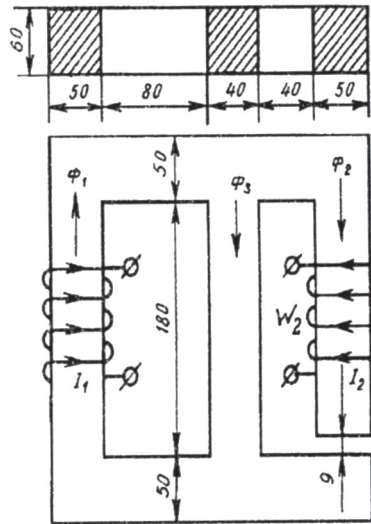
3



4

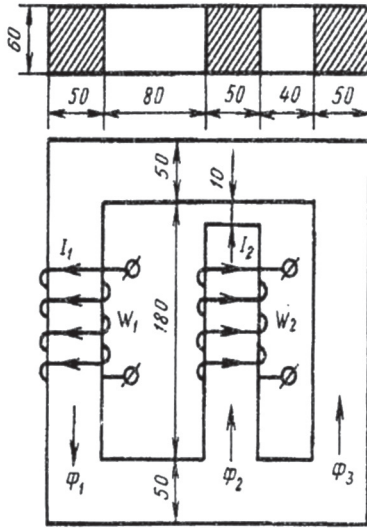


5

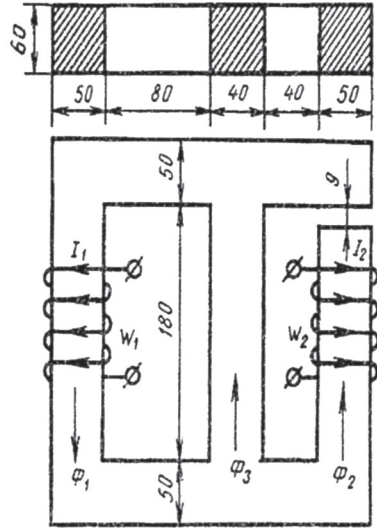


6

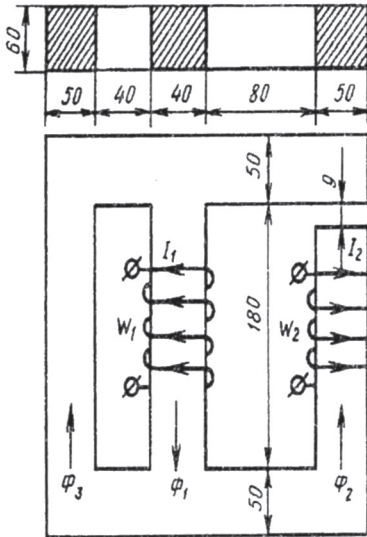
Рис.1 (продолжение)



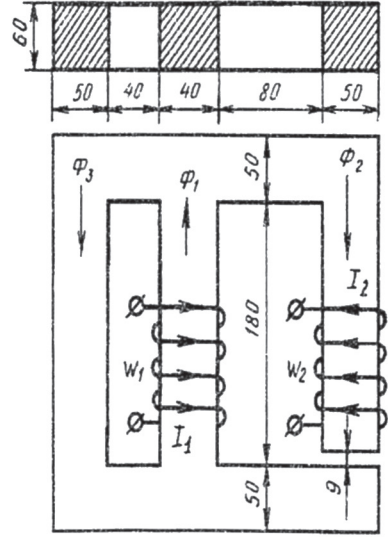
7



8



9



10

Рис.1 (окончание)

Таблица 1

$B, \text{Тл}$	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2
$H, \text{А/м}$	0	200	400	950	3900	15000

Таблица 2

Предпоследняя цифра шифра студента	$I_1, \text{А}$	$w_1, \text{витки}$	$I_2, \text{А}$	$w_2, \text{витки}$
1	30	200	10	220
2	25	250	15	100
3	20	200	5	250
4	30	220	10	180
5	24	245	14	90
6	20	250	5	400
7	26	200	10	250
8	30	180	5	350
9	25	220	10	200
0	20	220	5	300

Методические указания к задаче 1

Для определения магнитных потоков магнитную цепь разбивают на однородные участки, каждый из которых выполнен из определенного материала и имеет одинаковое поперечное сечение вдоль всей своей длины.

Предполагают, что магнитные потоки замыкаются по средним линиям стержней сердечника (магнитопровода). На пересечении средних линий горизонтальных участков и средней линии среднего стержня намечают два узла. Узел, из которого исходит магнитный поток Φ_3 , обозначают буквой a , другой узел — буквой b . Длины трех участков ℓ_k (в м) определяют от одного узла до другого с учетом воздушного зазора; площади поперечных сечений стержней вычисляют в м^2 .

Подобно электрическим цепям для магнитной цепи можно составить схему замещения, которая содержит источники МДС, линейные (воздушных зазоров) и нелинейные условные магнитные сопротивления. Направления МДС определяют по правилу «буравчика» (по правилу «правой руки»). В нашем случае схема замещения состоит из трех ветвей, одна из которых содержит два участка. Для этой схемы составляют уравнения по законам Кирхгофа. В эти уравнения входят магнитные потоки, падения условных магнитных напряжений на участках цепи, МДС.

Магнитные потоки в стержнях определяют графоаналитическим способом с использованием метода двух узлов (см. теорию электрических цепей). Уравнения по второму закону Кирхгофа записывают относительно магнитного напряжения между узлами U_{mab} . Аналитические расчеты зависимостей магнитных потоков от межузлового напряжения U_{mab} рекомендуется выполнить для каждой ветви в отдельной таблице (см. [1]). Задаваясь значениями магнитной индукции B (табл. 1 задания), вычисляют магнитные потоки в ветвях Φ , далее записывают соответствующие значения напряженности магнитного поля для ферромагнитных участков из табл. 1; напряженность в воздушном зазоре рассчитывают по известной формуле, считая, что индукция в зазоре равна индукции ветви. Далее подсчитывают падения магнитного напряжения на участках ветвей.

Затем, используя схему замещения, вычисляют в таблицах для каждой ветви межузловое магнитное напряжение U_{mab} с учетом знаков МДС относительно магнитных потоков. Межузловое магнитное напряжение U_{mab} для каждой ветви определяют как разность магнитных потенциалов: потенциал узла a минус потенциал узла b , также как для электрических цепей, только вместо падений электрических напряжений записывают падения магнитных напряжений участков как произведение напряженности магнитного поля на длину участка.

В одних осях координат строят вычисленные в таблицах зависимости потоков ветвей Φ_1, Φ_2, Φ_3 от общего аргумента U_{mab} .

Графически определяют то значение магнитного напряжения, при котором выполняется первый закон Кирхгофа для магнитной цепи ($\sum \Phi = 0$). Потoki Φ_1, Φ_2, Φ_3 , соответствующие этому магнитному напряжению, являются искомыми величинами. Индукцию в зазоре находят по магнитному потоку соответствующей ветви.

В конспекте лекций [1] решен пример, полностью соответствующий заданию данной контрольной работы для специальностей Т и В. В указанном примере точно такая же конфигурация сердечника, одна обмотка, такое же распределение направлений магнитных потоков относительно стержней, отличие состоит только в нумерации стержней.

Для случая двух обмотк (задание для специальности ЭПС) «усложнение» магнитной цепи по сравнению с примером в [1] состоит только в том, что на стержень с зазором добавлена обмотка, обтекаемая током, в других стержнях характер магнитных сопротивлений абсолютно идентичен. В выражение магнитного напряжения рассматриваемой ветви и в расчетную таблицу добавляется МДС, которую необходимо учесть с нужным знаком. На результирующем графике это отразится тем, что кривая зависимости потока от магнитного напряжения сместится по оси абсцисс относительно начала координат. Заключительный этап — графическое решение — проводится точно также.

Пример с аналогичной конфигурацией сердечника и двумя обмотками решен в [5] посредством MathCAD.

В учебном пособии [2] решен пример с подобной конфигурацией сердечника, что и в данном задании. Отличие состоит в добавлении третьей обмотки, которую для данной контрольной работы можно исключить. Это сказывается только на абсолютной величине характеристики намагничивания относительно начала координат. Но следует отметить, что в указанном примере по сравнению с заданием отличаются направления потоков относительно стержней.

Задача 2

Расчет цепи переменного тока, содержащей катушку с ферромагнитным сердечником

Электрическая цепь (рис. 2) содержит катушку с ферромагнитным сердечником. Индукция магнитного поля в сердечнике изменяется по синусоидальному закону. Кривая намагничивания стали сердечника задана в табл. 3

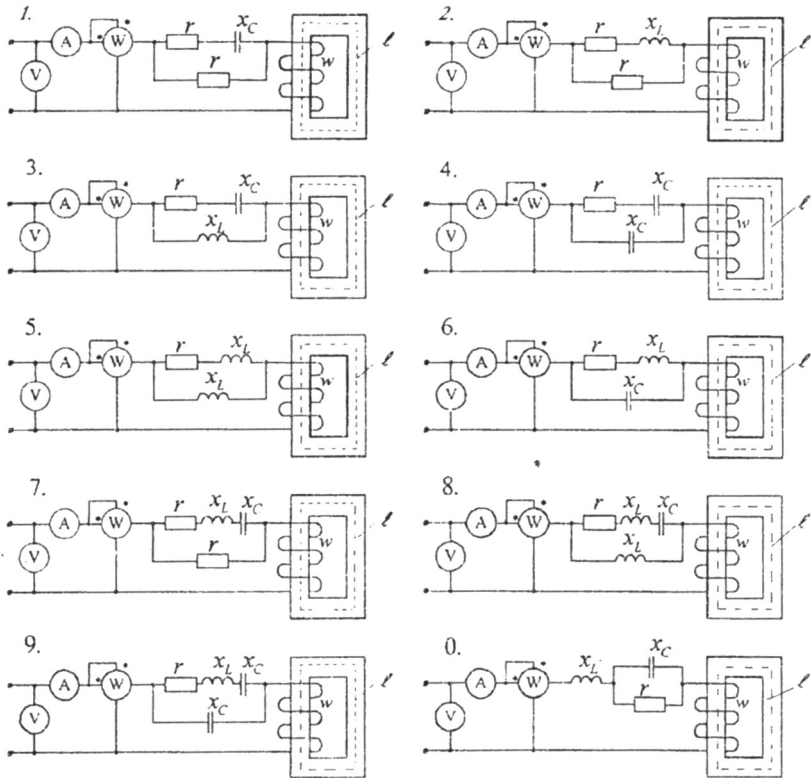


Рис. 2

Таблица 3

B, Тл	0	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,75
H, А/м	0	100	140	200	250	350	500	700	1000	1800	2500	3000

Амплитудное значение магнитной индукции B_m и частота ее изменения f ; геометрические размеры сердечника: длина средней магнитной линии ℓ и площадь поперечного сечения S ; число витков обмотки w , а также параметры элементов цепи r , L и C приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вариант	B_m , Тл	f , Гц	ℓ , см	S , см ²	w , витки	r , Ом	L , Гн	C , мкФ
1	1,4	50	100	6	500	10	0,03	200
2	1,45	80	90	7	600	15	0,04	70
3	1,5	100	80	8	700	20	0,05	40
4	1,55	150	70	2,5	800	25	0,02	70
5	1,6	60	60	3	900	30	0,07	90
6	1,4	80	55	4,5	1000	10	0,06	130
7	1,45	50	65	5	1100	15	0,05	70
8	1,5	100	75	5,5	1200	20	0,03	100
9	1,55	150	85	7,5	1300	25	0,02	25
0	1,6	50	95	6,5	1400	30	0,03	100

Требуется:

1. Аппроксимировать кривую намагничивания стали сердечника укороченным степенным полиномом:

$$H = aB + bB^2;$$

подобрать коэффициенты a и b аппроксимирующего выражения, выбрав на кривой намагничивания точки:

$$H_1 = 250 \text{ А/м}, B_1 = 1 \text{ Тл};$$

$$H_2 = 1000 \text{ А/м}, B_2 = 1,4 \text{ Тл}.$$

Построить в одних осях координат действительную кривую намагничивания (табл. 3) и полученную по аппроксимирующему выражению, сравнить их.

2. Пренебрегая рассеянием и потерями в сердечнике, определить аналитически закон изменения тока и напряжения источника питания. Построить отдельно гармоники тока и результирующую кривую тока источника $i(\omega t)$.

3. Определить показания приборов, считая, что они имеют электродинамическое измерительное устройство.

Методические указания к задаче 2

Для расчета нелинейных цепей переменного тока используют графические и аналитические методы. При аналитическом методе расчета характеристика нелинейного элемента приближенно выражается аналитическим выражением.

Применение аналитического метода для расчета цепи, содержащей катушку с ферромагнитным сердечником, и методика определения коэффициентов аппроксимирующего выражения поясняется приведенным ниже примером.

Числовые данные параметров схемы, показанной на рис. 3, приведены в табл. 5.

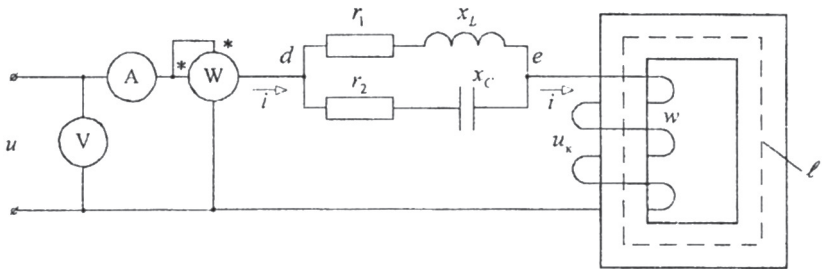


Рис. 3

Таблица 5

$B_m,$ Тл	$f,$ Гц	$\ell,$ см	$S,$ см ²	$w,$ витки	$r_1,$ Ом	$r_2,$ Ом	$L,$ Гн	$C,$ мкФ
1,48	60	50	3,5	750	35	45	0,146	30

1. Определение коэффициентов a и b аппроксимирующего выражения $H = aB + bB^3$.

На заданной кривой намагничивания $B = f(H)$ выберем две точки:

$$H_1 = 250 \text{ А/м}, B_1 = \text{Тл};$$

$$H_2 = 1000 \text{ А/м}, B_2 = \text{Тл}.$$

Так как аппроксимирующая кривая должна проходить через эти точки, то запишем систему уравнений:

$$H_1 = aB_1 + bB_1^3,$$

$$H_2 = aB_2 + bB_2^3.$$

Подставив числовые данные, получим:

$$250 = a + b,$$

$$1000 = 1,4a + 1,4^3 b.$$

Решив систему уравнений, найдем $a = -234$ и $b = 484$.

Следовательно, искомое аппроксимирующее выражение имеет вид:

$$H = -234B + 484B^3.$$

2. Определение законов изменения напряжения и тока источника.

Магнитная индукция в сердечнике по условию задачи изменяется по синусоидальному закону $B = B_m \sin \omega t = 1,48 \sin \omega t$.

В обмотке индуцируется ЭДС самоиндукции $e = -w \frac{d\Phi}{dt}$.

Если пренебречь рассеянием и потерями в сердечнике, то величина напряжения на катушке u_k :

$$\begin{aligned} u_k = -e &= w \frac{d\Phi}{dt} = wS \frac{dB}{dt} = wS \frac{d}{dt} (B_m \sin \omega t) = wS\omega B_m \cos \omega t = \\ &= wS\omega B_m \sin(\omega t + 90^\circ) = U_{km} \sin(\omega t + 90^\circ), \end{aligned}$$

где $U_{km} = \sqrt{2}U_k$.

Таким образом, если магнитный поток в сердечнике изменяется по синусоидальному закону, то и напряжение на его обмотке изменяется также по синусоидальному закону, но опережает магнитный поток по фазе на угол 90° .

Действующее значение напряжения на катушке:

$$U_k = 4,44wfSB_m = 4,44 \cdot 750 \cdot 60 \cdot 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,48 = 104 \text{ В},$$

а амплитуда $U_{km} = \sqrt{2}U_k = 1,41 \cdot 104 = 146 \text{ В}$.

Следовательно, закон изменения напряжения на катушке:

$$u_k = 146 \sin(\omega t + 90^\circ).$$

Мгновенное значение тока катушки можно определить по закону полного тока $H \ell = w i$, откуда

$$i = \frac{H \ell}{w} = \frac{(-234B + 484B^3) \cdot 0,5}{750} = -0,156B + 0,323B^3 = \\ = -0,156 \cdot 1,48 \sin \omega t + 0,323 \cdot 1,48^3 \sin^3 \omega t = -0,23 \sin \omega t + 1,05 \sin^3 \omega t.$$

Воспользовавшись формулой $\sin^3 \alpha = \frac{3 \sin \alpha - \sin 3\alpha}{4}$, получим:

$$i = -0,23 \sin \omega t + 1,05 \cdot \frac{3 \sin \omega t - \sin 3\omega t}{4} = 0,56 \sin \omega t - 0,26 \sin 3\omega t.$$

Найдем комплексное сопротивление участка de для первой $Z_{de(1)}$ и третьей $Z_{de(3)}$ гармоник тока. Для этого определим реактивные сопротивления индуктивности x_L и емкости x_C на частоте первой гармоники f :

$$x_L = \omega L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 0,146 = 55 \text{ Ом};$$

$$x_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 10^{-6}} = 90 \text{ Ом}.$$

$$\text{Тогда } Z_{de(1)} = \frac{(35 + j55)(45 - j90)}{35 + j55 + 45 - j90} = \frac{65,2e^{j58^\circ} \cdot 101e^{-j63^\circ}}{80 - j35} = \\ = \frac{65,2e^{j58^\circ} \cdot 101e^{-j63^\circ}}{87,3e^{-j24^\circ}} = 75,1e^{j19^\circ} \text{ Ом}.$$

$$Z_{de(3)} = \frac{(35 + j55 \cdot 3)(45 - j\frac{90}{3})}{35 + j55 \cdot 3 + 45 - j\frac{90}{3}} = \frac{(35 + j165)(45 - j30)}{80 + j135} = \\ = \frac{169e^{j78^\circ} \cdot 54,1e^{-j34^\circ}}{157e^{j59^\circ}} = 58,2e^{-j15^\circ} \text{ Ом}.$$

Напряжение на участке de:

$$\begin{aligned}u_{de} &= 0,56 \cdot 75,1 \sin(\omega t + 19^\circ) - 0,26 \cdot 58,2 \sin(3\omega t - 15^\circ) = \\ &= 42,1 \sin(\omega t + 19^\circ) - 15,1 \sin(3\omega t - 15^\circ).\end{aligned}$$

Напряжение источника:

$$u = u_{de} + u_k = 42,1 \sin(\omega t + 19^\circ) - 15,1 \sin(3\omega t - 15^\circ) + 146 \sin(\omega t + 90^\circ).$$

Найдем комплексную амплитуду первой гармоники напряжения:

$$\dot{U}_{m(1)} = 42,1e^{j19^\circ} + 146e^{j90^\circ} = 39,8 + j13,7 + j146 = 39,8 + j159,7 = 165e^{j76^\circ}.$$

В результате расчетов напряжение источника

$$u = 165 \sin(\omega t + 76^\circ) - 15,1 \sin(3\omega t - 15^\circ),$$

и ток источника

$$i = 0,56 \sin \omega t - 0,26 \sin 3\omega t.$$

3. *Определение показаний вольтметра, амперметра и ваттметра.*

Действующее значение напряжения источника:

$$U = \sqrt{U_{(1)}^2 + U_{(3)}^2} = \sqrt{\left(\frac{U_{m(1)}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{U_{m(3)}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{\frac{165^2}{2} + \frac{15,1^2}{2}} = 117 \text{ В}.$$

Действующее значение тока источника:

$$I = \sqrt{I_{(1)}^2 + I_{(3)}^2} = \sqrt{\left(\frac{I_{m(1)}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{I_{m(3)}}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{\frac{0,56^2}{2} + \frac{0,26^2}{2}} = 0,44 \text{ А}.$$

Активная мощность цепи:

$$\begin{aligned}P &= P_{(1)} + P_{(3)} = U_{(1)} I_{(1)} \cos \varphi_{(1)} + U_{(3)} I_{(3)} \cos \varphi_{(3)} = \\ &= \frac{165}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,56}{\sqrt{2}} \cos(76^\circ - 0^\circ) + \frac{15,1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{0,26}{\sqrt{2}} \cos(-15^\circ - 0^\circ) = \\ &= 46,2 \cos 76^\circ + 1,96 \cos(-15^\circ) = 11,2 + 1,9 = 13,1 \text{ Вт}.\end{aligned}$$

Задача 3

Расчет параметрического стабилизатора напряжения

Для параметрического стабилизатора напряжения, изображенного на рис. 4, по заданному напряжению $U_{\text{вых}}$ на выходе схемы и току нагрузки $I_{\text{н min}}$ (табл. 6) требуется:

1. Выбрать тип стабилитрона.
2. Рассчитать и выбрать номинальное значение сопротивления балластного резистора.
3. Выполнить проверку выбранного стабилитрона по расчетным предельным значениям тока.

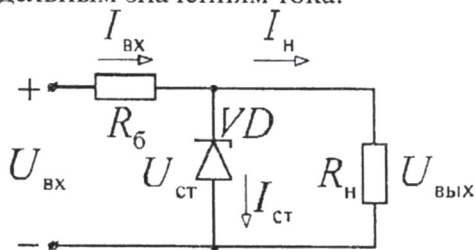


Рис. 4

Таблица 6

Предпоследняя цифра учебного шифра студента	$I_{\text{н min}}, \text{ mA}$	Последняя цифра учебного шифра студента									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
		$U_{\text{вых}}, \text{ В}$									
1	1	3	11	12	15	16	18	20	22	24	91
2	3	11	15	16	18	20	24	24	27	30	100
3	5	13	16	18	20	24	27	33	36	51	100
4	7	10	11	24	30	36	51	56	68	82	100
5	12	7	8	15	27	33	47	51	56	68	100
6	25	3,9	9	10	22	27	39	47	68	82	100
7	50	3,3	10	12	15	18	27	39	56	68	82
8	100	5,6	6,8	8,2	10	15	18	27	33	39	47
9	200	4,7	5,6	6,8	8,2	10	12	15	18	22	4,7
0	400	4,7	5,6	6,8	8,2	10	12	15	18	4,7	5,6

Для всех вариантов задаются следующими значениями: коэффициент передачи напряжения стабилизатора

$$n_{\text{ст}} = \frac{U_{\text{вх min}}}{U_{\text{вых}}} = 1,4; \text{ относительное изменение входного напряжения}$$

$$\frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} = 0,1; \text{ относительное изменение тока нагрузки } \frac{\Delta I_{\text{н}}}{I_{\text{н}}} = 0,4.$$

Методические указания к задаче 3

Простейший параметрический стабилизатор напряжения состоит из стабилитрона VD и балластного резистора R_0 (рис. 4). Стабилитрон включают параллельно сопротивлению нагрузки $R_{\text{н}}$. Балластный резистор R_0 ограничивает ток через стабилитрон и обеспечивает его работу на обратной ветви вольт-амперной характеристики (режим стабилизации напряжения) [4]. Стабилитрон является нелинейным элементом [4; 7], характеристики таких элементов студенты снимают опытным путем при выполнении лабораторной работы № 11 [7].

1. Тип стабилитрона выбирается по табл. 7 по заданному напряжению стабилизации $U_{\text{ст}} = U_{\text{вых}}$ и предельным токам стабилизации:

$$I_{\text{ст min}} < I_{\text{н min}} < I_{\text{ст max}}.$$

2. Определение сопротивления балластного резистора.

Для схемы параметрического стабилизатора (см. рис. 4) на основе законов Кирхгофа можно записать соотношения для токов и напряжений:

$$I_{\text{вх}} = I_{\text{ст}} + I_{\text{н}} \text{ и } U_{\text{вх}} = I_{\text{вх}} R_0 + U_{\text{вых}}.$$

Сопротивление балластного резистора R_0 должно быть таким, чтобы ток стабилитрона был не менее $I_{\text{ст min}}$, т. е. не выходил за пределы рабочего участка ВАХ. Наиболее «напряженным» для стабилитрона является такой режим работы стабилизатора, при котором одновременно минимальное напряжение на его входе $U_{\text{вх min}} = n_{\text{ст}} U_{\text{вых}}$ и максимальный ток нагрузки на выходе

$$I_{\text{н max}} = I_{\text{н min}} \left(1 + \frac{\Delta I_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}\right). \text{ Поэтому}$$

$$R_0 = \frac{U_{\text{вх min}} - U_{\text{вых}}}{I_{\text{ст min}} + I_{\text{н max}}}.$$

Таблица 7

№ п/п	Тип стабилитрона	Напряжение стабилизации номинальное, В	Предельные значения тока стабилизации, мА	
			$U_{ст}$	$I_{ст\ min}$
1	2С130Д1	3	0,25	16,7
2	КС133А	3,3	3	81
3	КС139А	3,9	3	70
4	КС147А	4,7	3	58
5	Д815И	4,7	50	1400
6	КС156А	5,6	3	55
7	Д815А	5,6	50	1400
8	КС168А	6,8	3	45
9	Д815Б	6,8	50	1150
10	2С111В	7	3	20
11	2С180А	8	3	15
12	Д814А	8	3	40
13	КС182А	8,2	3,0	17
14	Д815В	8,2	50	950
15	Д814Б	9	3	36
16	Д814В	10	3	32
17	Д815Г	10	25	800
18	КС211Ж	11	0,5	12
19	Д814Г	11	3	29
20	КС508А	12	0,25	23
21	Д815Д	12	25	650
22	Д814Д	13	3	24
23	КС215Ж	15	0,5	8,3
24	КС515А	15	1	53
25	Д815Е	15	25	550

Окончание табл. 7

№ п/п	Тип стабилизатора	Напряжение стабилизации номинальное, В	Предельные значения тока стабилизации, мА	
			$I_{ст\ min}$	$I_{ст\ max}$
26	КС216Ж	16	0,5	7,8
27	КС508В	16	0,25	17
28	КС218Ж	18	0,5	6,9
29	Д815Ж	18	25	450
30	КС220Ж	20	0,5	6,2
31	КС222Ж	22	0,5	5,7
32	Д816А	22	10	230
33	КС224Ж	24	0,5	5,2
34	КС524Ж	24	1	33
35	2С527А	27	1	30
36	Д816Б	27	10	180
37	2С530А	30	1	27
38	КС533А	33	3	17
39	Д816В	33	10	150
40	2С536А	36	1	23
41	Д816Г	39	10	130
42	Д816Д	47	10	110
43	2С551А	51	1	14,6
44	Д817А	56	5	90
45	Д817Б	68	5	75
46	Д817В	82	5	60
47	2С291А	91	0,5	2,7
48	2С600А	100	1	8,1
49	Д817Г	100	5	50

По табл. 8 выбирают ближайшее меньшее номинальное значение сопротивления R_6 .

Таблица 8

Ряд номинальных (кратных) значений сопротивлений резисторов с допуском 5% и более

1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0
2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3
4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1

3. *Определение предельных значений входного тока стабилизатора.*

Минимальное значение входного тока $I_{\text{вх min}}$ соответствует вычисленному в п. 2. напряжению $U_{\text{вх min}}$:

$$I_{\text{вх min}} = \frac{(U_{\text{вх min}} - U_{\text{вых}})}{R_6}.$$

Максимальное значение входного тока соответствует максимальному значению $U_{\text{вх max}} = U_{\text{вх min}} (1 + \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}})$, тогда

$$I_{\text{вх max}} = \frac{(U_{\text{вх max}} - U_{\text{вых}})}{R_6}.$$

4. *Определение расчетных предельных значений тока через стабилитрон*, которые должны соответствовать предельным значениям тока стабилизации из табл. 7.

Для «напряженного» режима стабилизатора по внешним отклонениям (п. 3)

$$I_{\text{ст min расч}} = I_{\text{вх min}} - I_{\text{н max}};$$

при противоположном сочетании направлений отклонений входного напряжения и тока нагрузки:

$$I_{\text{ст max расч}} = I_{\text{вх max}} - I_{\text{н min}}.$$

Пример

Произвести расчет параметрического стабилизатора, если заданы $U_{\text{вых}} = 10 \text{ В}$, $I_{\text{н min}} = 10 \text{ мА}$.

Решение:

1. По табл. 7 выбираем стабилитрон Д814В, удовлетворяющий исходным данным (напряжение стабилизации $U_{\text{ст}} = 10 \text{ В}$, токи стабилизации $I_{\text{ст min}} = 3 \text{ мА}$, $I_{\text{ст max}} = 32 \text{ мА}$).

$$2. U_{\text{вх min}} = n_{\text{ст}} U_{\text{вых}} = 1,4 \cdot 10 = 14 \text{ В};$$

$$I_{\text{н max}} = I_{\text{н min}} \left(1 + \frac{\Delta I_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}\right) = 10(1 + 0,4) = 14 \text{ мА};$$

$$R_{\text{б}} = \frac{U_{\text{вх min}} - U_{\text{вых}}}{I_{\text{ст min}} + I_{\text{н max}}} = \frac{14 - 10}{(3 + 14) \cdot 10^{-3}} = 235 \text{ Ом}.$$

По табл. 8 выбираем $R_{\text{б}} = 220 \text{ Ом}$.

$$3. U_{\text{вх max}} = U_{\text{вх min}} \left(1 + \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}}\right) = 14(1 + 0,1) = 15,4 \text{ В};$$

$$I_{\text{вх min}} = \frac{(U_{\text{вх min}} - U_{\text{вых}})}{R_{\text{б}}} = \frac{14 - 10}{220} = 18,2 \text{ мА};$$

$$I_{\text{вх max}} = \frac{(U_{\text{вх max}} - U_{\text{вых}})}{R_{\text{б}}} = \frac{15,4 - 10}{220} = 24,5 \text{ мА}.$$

4. Определим расчетные токи стабилитрона:

$$I_{\text{ст min расч}} = I_{\text{вх min}} - I_{\text{н max}} = 18,2 - 14 = 4,2 \text{ мА};$$

$$I_{\text{ст max расч}} = I_{\text{вх max}} - I_{\text{н min}} = 24,5 - 10 = 14,5 \text{ мА}.$$

Сравнение расчетных и взятых из табл. 7 предельных значений тока стабилитрона

$$I_{\text{ст min расч}} = 4,2 \text{ мА} > I_{\text{ст min}} = 3 \text{ мА};$$

$$I_{\text{ст max расч}} = 14,5 \text{ мА} < I_{\text{ст max}} = 32 \text{ мА}.$$

Вывод: выбранный стабилитрон удовлетворяет расчету.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Серебряков А. С. Электротехника. Магнитные цепи постоянного тока: Конспект лекций. — М.: РГОТУПС, 2002.
2. Климентов Н. И. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические и магнитные цепи постоянного тока: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 2004.
3. Серебряков А. С. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические и магнитные цепи переменного тока: Конспект лекций. — М.: РГОТУПС, 2002.
4. Электротехника и электроника. В 3-х кн. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники/ Под ред. В. Г. Герасимова. — М.: Энергоатомиздат, 1998.

Дополнительная

5. Серебряков А. С., Шумейко В. В. MATHCAD и решение задач электротехники: Уч. пос. для вузов ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005.
6. Серебряков А. С. 3 урока по MathCAD 2.5 с приложениями задач по ТОЭ: Уч. пос. — М.: РГОТУПС, 1999.
7. Теоретические основы электротехники. Электротехника и электроника. Руководство к выполнению лабораторных работ № 11, 12 и 13 для студентов III курса специальностей ЭНС, АТС, ЭПС, ЭВМ, Т, В. — М.: РГОТУПС, 2006.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Г.В.Тимченко*
Корректор *В.В.Игнатова*
Компьютерная верстка *Л.В.Орлова*

Вопросы

Тип. зак. 772	Изд. зак. 199	Тираж 100 экз.
Подписано в печать 17.04.06	Гарнитура NewtonС	Офсет
Лсл. печ. л. 1,5		Формат 60x90 ¹ / ₁₆

Издательский центр РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПСа,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

