

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению задач контрольной работы №2

Задачи №№ 1-10 посвящены теме 1.6. «Трехфазные цепи».

В трехфазных электрических цепях потребители энергии соединяются по схеме «звезда» или «треугольник».

При соединении потребителей энергии «звездой» линейные напряжения обозначаются: U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , в общем виде $-U_L$; фазные напряжения обозначаются U_A , U_B , U_C , в общем виде $-U_\phi$. Токи I_A , I_B , I_C , причем ток линейный равен соответствующему фазному току $I_\phi = I_L$. При наличии нейтрального провода при любой нагрузке, а при равномерной нагрузке и без нейтрального провода

$$U_L = \sqrt{3} \cdot U_\phi.$$

При соединении потребителей треугольником фазное напряжение равно линейному $U_\phi = U_L$, обозначаются U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} . Фазные токи обозначаются I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} , в общем виде I_ϕ . Линейные токи обозначаются I_A , I_B , I_C , в общем виде I_L ; при равномерной нагрузке фаз $I_L = \sqrt{3} \cdot I_\phi$. При неравномерной нагрузке фаз линейные токи определяются из векторной диаграммы, как геометрическая разность фазных токов.

При соединении приемников энергии «звездой» сеть может быть четырехпроводной – при наличии нейтрального провода, или трехпроводной – без нейтрального провода. При соединении «треугольником» – только трехпроводной.

Пример 7

Осветительные лампы трех этажей станции соединены звездой и присоединены к трехфазной четырехпроводной линии с линейным напряжением $U_L = 380$ В (рис. 8). Число ламп на каждом этаже одинаковое $n_1 = n_2 = n_3 = 50$. Мощность каждой лампы $P_{\text{лампы}} = 100$ Вт.

Определить:

1. фазные токи I_A , I_B , I_C при одновременном включении всех ламп на каждом этаже;
2. фазные активные мощности P_A , P_B , P_C и мощность P всей трехфазной цепи;
3. ответить на вопрос: чему будет равен ток в нейтральном проводе?

Решение

1. Определяем фазные мощности, исходя из того, что в каждой фазе включено по 50 ламп, $P_{\text{ЛАМПА}}=100$ Вт каждая:

$$P_A = P_B = P_C = n_1 \cdot P_{\text{ЛАМПА}} = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ Вт} = 5 \text{ кВт}.$$

Тогда мощность трехфазной цепи

$$P = P_A + P_B + P_C = 3 \cdot 5 = 15 \text{ кВт}.$$

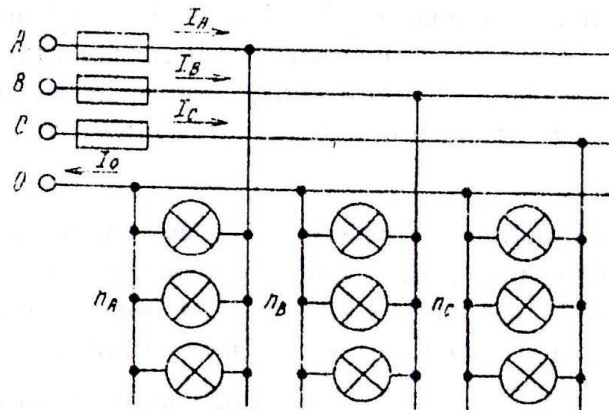


Рис.8.

2. Фазные (они же линейные) токи найдем из формулы фазной мощности $P_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi_\phi$, предварительно определив:

$$U_\phi = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ В},$$

$\cos \varphi_\phi = \cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = 1$ (нагрузка активная),

$$\text{тогда } I_\phi = I_A = I_B = I_C = \frac{P_\phi}{(U_\phi \cdot \cos \varphi_\phi)} = \frac{5000}{(220 \cdot 1)} = 22,7 \text{ А}.$$

3. Для определения тока в нейтральном проводе надо построить векторную диаграмму напряжений и токов.

Выбираем масштаб для напряжений $M_U=50$ В/см, для токов $M_I=10$ А/см. Длины векторов:

$$l_{U_\phi} = \frac{220}{50} = 4,4 \text{ см}; \quad l_A = I_B = I_C = \frac{22,7}{10} = 2,27 \text{ см}.$$

Порядок построения диаграммы (рис.9).

1. Из точки О проводим три вектора фазных напряжений $\bar{U}_A, \bar{U}_B, \bar{U}_C$, углы между которыми составляют 120° .
2. Векторы фазных токов $\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C$ будут иметь одинаковую длину, т.к. значения токов одинаковые. Направлены они вдоль соответствующих векторов фазных напряжений.
3. Геометрически складываем токи $\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C$, получаем вектор тока в нейтральном проводе $\bar{I}_0 = \bar{I}_A + \bar{I}_B + \bar{I}_C$. Из диаграммы видно, что ток в нейтральном проводе I_0 равен 0.

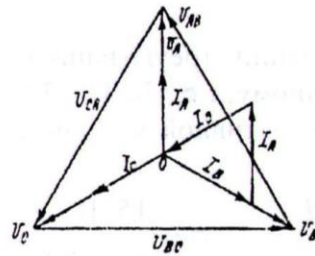


Рис.9.

Пример 8

Трехфазный двигатель мощностью $P=15$ кВт, при $\cos\varphi=0,87$ питается от сети с линейным напряжением $U_L=380$ В. Обмотки двигателя соединены треугольником (рис.10).

Определить фазное напряжение U_ϕ , фазный I_ϕ и линейный I_L токи, полное сопротивление фазы Z_ϕ , полную S и реактивную Q мощности двигателя. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

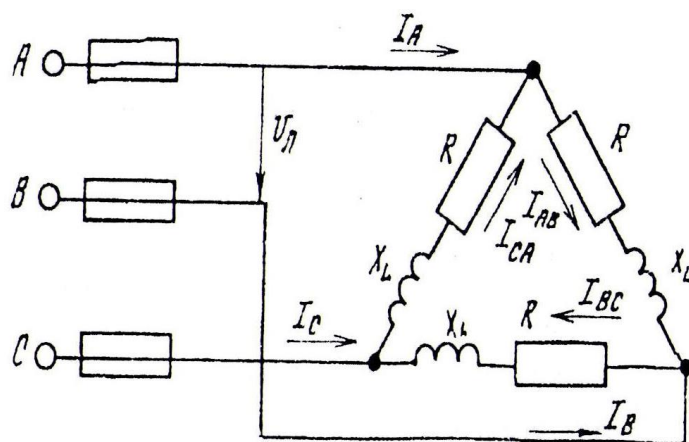


Рис.10.

Решение

1. При соединении треугольником фазное напряжение равно линейному, т.е. $U_{\phi} = U_{\text{Л}} = 380 \text{ В}$.
2. Из формулы активной мощности находим фазный ток двигателя:

$$I_{\phi} = \frac{P}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{15 \cdot 10^3}{3 \cdot 380 \cdot 0,87} = 15 \text{ А.}$$

3. Полное сопротивление фазы по закону Ома:

$$Z_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{I_{\phi}} = \frac{380}{15} = 25 \text{ Ом.}$$

4. Линейный ток при равномерной нагрузке фаз:

$$I_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 15 = 26 \text{ А.}$$

5. Полная мощность двигателя:

$$S = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{15000}{0,87} = 17240 \text{ ВА} = 17,2 \text{ кВА.}$$

6. Реактивная мощность двигателя:

$$Q = 3 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \sin \varphi = S \cdot \sin \varphi = 17240 \cdot 0,5 = 8620 \text{ вар} = 8,6 \text{ квар},$$

где $\varphi = \arccos 0,87 = 30^{\circ}$; $\sin \varphi = \sin 30^{\circ} = 0,5$.

7. Построение векторной диаграммы.

Задаемся масштабом: по току $M_I=5$ А/см; по напряжению $M_U=100$ В/см. Длина векторов фазных (линейных) напряжений:

$$l_{U_\phi} = \frac{U_\phi}{M_U} = \frac{380}{100} = 3,8 \text{ см.}$$

Длина векторов фазных токов в масштабе:

$$l_{I_\phi} = \frac{I_\phi}{M_I} = \frac{15}{5} = 3 \text{ см.}$$

При построении векторной диаграммы вначале откладываем три вектора фазных (линейных) напряжений со сдвигом относительно друг друга на 120° . Векторы фазных токов отстают от векторов фазных напряжений на угол $\varphi=30^\circ$ ($\cos\varphi=0,87$), т.к. нагрузка активно-индуктивная. Соединив концы векторов фазных токов, получаем треугольник линейных токов; при этом векторы линейных токов являются геометрической разностью векторов соответствующих фазных токов:

$$\bar{I}_A = \bar{I}_{AB} - \bar{I}_{CA}; \quad \bar{I}_B = \bar{I}_{BC} - \bar{I}_{AB}; \quad \bar{I}_C = \bar{I}_{CA} - \bar{I}_{BC}.$$

Векторная диаграмма приведена на рис.11.

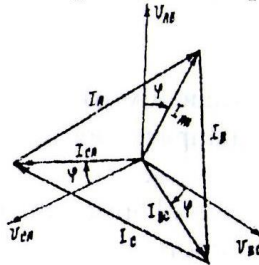


Рис.11

Задачи №№ 11-20 посвящены теме 1.7. «Трансформаторы».

Для решения этих задач надо знать устройство, принцип действия, основные формулы для однофазных трансформаторов.

Каждый трансформатор рассчитывается на номинальный режим работы, который соответствует его загрузке на 100%. Величины, относящиеся к этому режиму, называются номинальными.

ми и указываются в паспорте трансформатора. К таким величинам относятся:

$S_{\text{НОМ}}$ -номинальная мощность – это полная мощность в номинальном режиме (трансформатор передает активную и реактивную мощности);

$U_{1\text{НОМ}}$; $U_{2\text{НОМ}}$ –номинальные напряжения на первичной и вторичной обмотках трансформатора (у трехфазных трансформаторов эти напряжения линейные);

$I_{1\text{НОМ}}$; $I_{2\text{НОМ}}$ –номинальные токи в первичной и вторичной обмотках трансформатора (у трехфазных трансформаторов эти токи линейные).

У трехфазных трансформаторов указывается схема соединения обмоток.

Ознакомимся с методикой решения этих задач в приведенных примерах.

Пример 9

Однофазный трансформатор номинальной мощности $S_{\text{НОМ}}=800$ ВА имеет числа витков $\omega_1=300$, $\omega_2=30$. Частота тока питающей сети $f=50$ Гц, коэффициент мощности потребителя $\cos\varphi_{2\text{НОМ}}=0,88$. Коэффициент полезного действия трансформатора $\eta_{\text{НОМ}}=0,9$. Максимальный магнитный поток в сердечнике $\Phi_M=0,01$ Вб.

Определить:

1. ЭДС, наводимые в обмотках E_1 и E_2 ;
2. номинальные напряжения первичной и вторичной обмоток $U_{1\text{НОМ}}$ и $U_{2\text{НОМ}}$;
3. коэффициент трансформации трансформатора;
4. активную мощность, потребляемую трансформатором из сети;
5. суммарные потери мощности в трансформаторе.

Решение

1. ЭДС, наводимые в обмотках:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot \omega_1 \cdot \Phi_M = 4,44 \cdot 50 \cdot 300 \cdot 0,01 = 666 \text{ В},$$

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot \omega_2 \cdot \Phi_M = 4,44 \cdot 50 \cdot 30 \cdot 0,01 = 66,6 \text{ В}.$$

2. Номинальные напряжения обмоток трансформатора:

$$U_{1НОМ} \cong E_1 = 666 \text{ В};$$

$$U_{2НОМ} \cong E_2 = 66,6 \text{ В}.$$

3. Коэффициент трансформации:

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{300}{30} = 10.$$

4. Активная мощность, отдаваемая трансформатором:

$$P_{2НОМ} = S_H \cdot \cos \varphi_{2H} = 800 \cdot 0,88 = 704 \text{ Вт}.$$

5. Активная мощность, потребляемая трансформатором:

$$P_{1H} = \frac{P_{2H}}{\eta_H} = \frac{704}{0,9} = 782 \text{ Вт}.$$

6. Суммарные потери мощности в трансформаторе:

$$\sum P = P_{1НОМ} - P_{2НОМ} = 782 - 704 = 78 \text{ Вт}.$$

Пример 10

Однофазный трансформатор питает пониженным напряжением лампы накаливания. Первичная обмотка трансформатора подключена к напряжению сети $U_1=220 \text{ В}$, а вторичная нагружена 20 лампами мощностью по 50 Вт. Напряжение на вторичной обмотке трансформатора $U_2=12 \text{ В}$. Коэффициент полезного действия трансформатора $\eta=0,9$. Число витков первичной обмотки $\omega_1=400$.

Определить:

1. коэффициент трансформации трансформатора K ;
2. активную мощность P_2 , отдаваемую вторичной обмоткой трансформатора;
3. активную мощность P_1 , потребляемую трансформатором из сети;
4. токи первичной I_1 и вторичной I_2 обмоток;
5. число витков вторичной обмотки трансформатора ω_2 .

Решение

1. Коэффициент трансформации трансформатора:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{12} = 18,33.$$

2. Активная мощность, отдаваемая вторичной обмоткой трансформатора:

$$P_2 = n_{л} \cdot P_{л} = 20 \cdot 50 = 1000 \text{ Вт.}$$

3. Активная мощность, потребляемая трансформатором из сети:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}; \quad P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{1000}{0,9} = 1111 \text{ Вт.}$$

4. По формулам мощности, зная что при активной нагрузке $\cos\varphi_1 = \cos\varphi_2 = 1$, определяем токи первичной I_1 и вторичной I_2 обмоток трансформатора:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1; \quad I_1 = \frac{P_1}{U_1 \cdot \cos\varphi_1} = \frac{1111}{220 \cdot 1} = 5,05 \text{ А};$$

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2; \quad I_2 = \frac{P_2}{U_2 \cdot \cos\varphi_2} = \frac{1000}{12 \cdot 1} = 83,3 \text{ А.}$$

6. Число витков вторичной обмотки трансформатора ω_2 определим из формулы, округлив до целого числа:

$$K = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{K} = \frac{400}{18,33} = 22.$$

Задачи №№ 21-30 содержат материал темы 1.8. «Электрические машины переменного тока». Для их решения необходимо знать устройство и принцип действия асинхронного двигателя трехфазного тока, а также зависимость между электрическими величинами, характеризующими его работу.

Трехфазный ток, протекающий по обмоткам статора двигателя, создает вращающееся магнитное поле, частота вращения которого n_1 зависит от числа пар полюсов двигателя p , на которое сконструирована обмотка статора и частоты тока f_1 в цепи.

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} \text{ об / мин.}$$

Частота вращения ротора n_2 связана с частотой вращения магнитного поля статора n_1 характеристикой двигателя, которая называется скольжением S :

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}; \quad \text{откуда} \quad n_2 = n_1 \cdot (1 - S) \text{ об / мин.}$$

Скольжение S изменяется от 0,01 до 0,06, или от 1% до 6%, возрастая с увеличением нагрузки двигателя.

Пример 11

Трехфазный асинхронный двигатель имеет следующие данные: число полюсов $2p=4$; напряжение сети $U_1=380$ В; частота тока сети $f_1=50$ Гц; номинальная мощность $P_{2H}=12$ кВт; частота вращения ротора $n_{2НОМ}=1460$ об/мин; КПД двигателя $\eta_H=0,88$; коэффициент мощности $\cos\varphi_H=0,85$.

Определить:

1. потребляемую двигателем мощность P_{1H} ;
2. номинальный момент $M_{НОМ}$;
3. номинальный ток двигателя I_H ;
4. номинальное скольжение $S_{НОМ}$.

Решение

1. Потребляемая двигателем мощность:

$$P_{1H} = \frac{P_{2H}}{\eta_H} = \frac{12}{0,88} = 13,64 \text{ кВт.}$$

2. Номинальный ток двигателя:

$$I_H = \frac{P_{1H}}{\sqrt{3} \cdot U_1 \cdot \cos\varphi_H} = \frac{13,64 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,85} = 24,4 \text{ А.}$$

3. Номинальный вращающий момент:

$$M_{НОМ} = 9,55 \cdot \frac{P_{2H}}{n_{2H}} = \frac{9,55 \cdot 12 \cdot 10^3}{1460} = 78,6 \text{ Нм.}$$

4. Частота вращения магнитного поля:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ об / мин.}$$

5. Номинальное скольжение:

$$S_H = \frac{n_1 - n_{2H}}{n_1} \cdot 100\% = \frac{1500 - 1460}{1500} \cdot 100\% = 2,7\%.$$

Задачи №№ 31-40 содержат материал темы 2.4. «Выпрямители» и включают: 1) составление схемы одно- и двухполупериодного выпрямителей на полупроводниковых вентилях; 2) подбор диодов для таких схем по заданным электрическим параметрам

тока, напряжения, мощности. При изучении материала темы следует обратить особое внимание на устройство и работу полупроводниковых диодов, а также на схемы выпрямителей на полупроводниковых диодах.

При решении задач следует помнить, что основными параметрами полупроводниковых диодов являются допустимый ток $I_{\text{доп}}$, на который рассчитан данный диод, и обратное напряжение $U_{\text{обр}}$, которое выдерживает диод без пробоя в непроводящий период.

При составлении схемы выпрямителя обычно задаются: мощность потребителя $P_{\text{п}}$, получающего питание от данного выпрямителя, и выпрямленное напряжение $U_{\text{п}}$. Отсюда можно определить ток потребителя:

$$I_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{U_{\text{п}}}.$$

Сравнивая ток потребителя $I_{\text{п}}$ допустимым током диода $I_{\text{доп}}$, выбирают диоды для схемы выпрямителя. Следует помнить, что для схемы однополупериодного выпрямителя надо соблюдать условие: $I_{\text{доп}} \geq I_{\text{п}}$. Для двухполупериодной схемы с выведенной средней точкой вторичной обмотки трансформатора следует соблюдать условие: $I_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot I_{\text{п}}$. Напряжение, действующее на диод в непроводящий период, $U_{\text{в}}$ также зависит от схемы выпрямителя.

Для однополупериодной схемы и двухполупериодной схемы с выведенной точкой вторичной обмотки трансформатора $U_{\text{в}} = \pi \cdot U_{\text{п}} = 3,14 \cdot U_{\text{п}}$. При выборе диода должно соблюдаться условие: $U_{\text{обр}} \geq U_{\text{в}}$. Рассмотрим примеры на составление схем выпрямителей.

Пример 12

Для питания постоянным током потребителя мощностью $P_{\text{п}} = 300$ Вт при напряжении $U_{\text{п}} = 100$ В необходимо собрать схему однополупериодного выпрямителя и подобрать диоды, технические данные которых приведены в табл. 12. Начертить схему выпрямителя.

Таблица 12

Тип диода	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$U_{\text{обр}}, \text{В}$	Тип диода	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$U_{\text{обр}}, \text{В}$
Д205	0,4	400	Д243	5	200
Д207	0,1	200	Д243А	10	200
Д209	0,1	400	Д243Б	2	200
Д210	0,1	500	Д217	0,1	800
Д211	0,1	600	Д218	0,1	1000
Д214	5	100	Д221	0,4	400
Д214А	10	100	Д222	0,4	600
Д214Б	2	100	Д224	5	50
Д215	5	200	Д224А	10	50
Д215А	10	200	Д224Б	2	50
Д215Б	2	200	Д226	0,3	400
Д233	10	500	Д226А	0,3	300
Д233Б	5	500	Д231	10	300
Д234Б	5	600	Д231Б	5	300
Д242	5	100	Д232	10	400
Д242А	10	100	Д232Б	5	400
Д242Б	2	100	Д244	5	50
Д244А	10	50	Д303	3	150
Д244Б	2	50	Д304	3	100
Д302	1	200	Д305	6	50

Решение

1. Схема однополупериодного выпрямителя (рис.12).

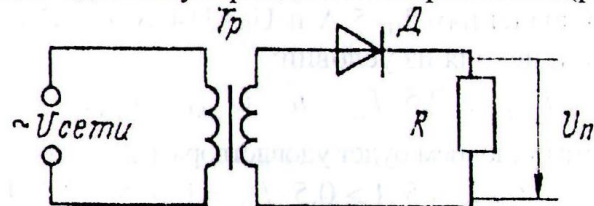


Рис.12.

2. Определим ток потребителя $I_{\text{п}}$ из формулы мощности:

$$P_{\text{п}} = U_{\text{п}} \cdot I_{\text{п}}; \quad I_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{U_{\text{п}}} = \frac{300}{100} = 3 \text{ А.}$$

3. Найдем напряжение, действующее на диод в непроводящий период $U_{\text{в}}$ для заданной схемы выпрямителя:

$$U_{\text{в}} = \pi \cdot U_{\text{п}} = 3,14 \cdot 100 = 314 \text{ В.}$$

4. По значениям $I_{\text{п}}=3 \text{ А}$ и $U_{\text{в}}=314 \text{ В}$ из табл. 12 подберем диод, исходя из условий:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{п}} \quad \text{и} \quad U_{\text{обр}} \geq U_{\text{в}}.$$

Этим условиям будет удовлетворять диод Д232, у которого:

$$I_{\text{доп}} = 10 \text{ A} > I_{\text{п}} = 3 \text{ A};$$

$$U_{\text{обр}} = 400 \text{ B} > U_{\text{в}} = 314 \text{ B}.$$

Пример 13

Для питания постоянным током потребителя мощностью $P_{\text{п}}=500$ Вт при напряжении $U_{\text{п}}=100$ В необходимо собрать схему двухполупериодного выпрямления с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора, подобрав диоды, технические данные которых приведены в табл. 12. Начертить схему выпрямителя.

Решение

1. Определим ток потребителя $I_{\text{п}}$ из формулы мощности:

$$P_{\text{п}} = U_{\text{п}} \cdot I_{\text{п}}, \quad I_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{U_{\text{п}}} = \frac{500}{100} = 5 \text{ A}.$$

2. Определим напряжение, действующее на диод в непроводящей период $U_{\text{в}}$ для заданной схемы:

$$U_{\text{в}} = \pi \cdot U_{\text{п}} = 3,14 \cdot 100 = 314 \text{ B}.$$

3. По значениям $I_{\text{п}}=5$ А и $U_{\text{в}}=314$ В из табл. 12 подберем диод, исходя из условий:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,5 \cdot I_{\text{п}} \quad \text{и} \quad U_{\text{обр}} \geq U_{\text{в}}.$$

Этим условием будет удовлетворять диод Д232Б, у которого:

$$I_{\text{доп}} = 5 \text{ A} > 0,5 \cdot I_{\text{п}} = 0,5 \cdot 5 = 2,5 \text{ A} \quad \text{и}$$

$$U_{\text{обр}} = 400 \text{ B} > U_{\text{в}} = 314 \text{ B}.$$

4. Чертим схему выпрямителя (рис.13).

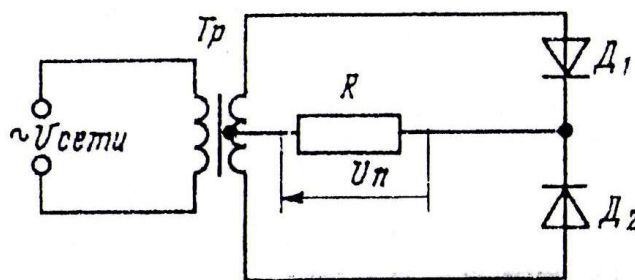


Рис.13.

Указания к задачам №№ 41-50.

Для правильного ответа на указанные вопросы следует изучить соответствующий материал из рекомендованной литературы. Ответ на вопрос должен быть конкретным с пояснением физической сущности работы того или иного устройства. При описании прибора или устройства следует обязательно пояснить свой ответ электрическими схемами, графиками и чертежами.

При изучении основ электроники определенную трудность представляет тема 2.7. «Интегральные схемы микроэлектроники». Электронная техника сегодняшнего дня значительно совершенствуется за счет объединения в одном сложном миниатюрном элементе (пластинке или кристалле малых размеров) большого числа различных деталей: диодов, транзисторов, резисторов и т.д. Все они изготавливаются в едином технологическом процессе, электрически соединяются в необходимые схемы и заключаются в общий корпус, представляя единое целое. Полученный в результате такого объединения сложный элемент малых размеров называется интегральной микросхемой (ИС).

По технологии изготовления интегральные микросхемы подразделяют на :

1. гибридные, выполняемые в виде пленок, наносимых на поверхность диэлектрического материала, и навесных бескорпусных элементов – транзисторов, конденсаторов и т.п., прикрепляемых к основанию;
2. полупроводниковые, в которых все элементы формируются в полупроводниковом материале.

Гибридные и полупроводниковые микросхемы подразделяют на схемы с различными степенями интеграций и определенным числом элементов:

- а) с малой (до 30);
- б) средней (до 200);
- в) большой (от 200 до 1000);
- г) сверхбольшой (более 1000).

В отличие от гибридных интегральных схем, состоящих из двух различных типов элементов (тонкопленочных резисторов, конденсаторов, соединительных проводников и навесных транзисторов, дросселей), полупроводниковые интегральные микросхе-

мы состоят из единого кристалла полупроводника, отдельные области которого выполняют функции транзистора, диода, резистора или конденсатора. Собранный интегральный микросхему помещают в металлический или пластмассовый корпус, имеющий внешние выводы для включения в общую электрическую схему установки.

Основными преимуществами интегральных микросхем являются их высокая надежность, малые размеры и масса.

Интегральные микросхемы обладают также высоким быстродействием и экономичностью, что позволяет значительно снизить расход электроэнергии и уменьшить габариты и массу источников питания электронных устройств.

Интегральные микросхемы имеют наиболее широкое применение в цифровых и релейных электронных устройствах, в частности, в ЭВМ.