**ЗАДАНИЯ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Задача 1**. Для электрической схемы, изображенной на рис.1 - 10, по заданным в табл.1 сопротивлениям и ЭДС:

1) составить систему уравнений, необходимых для определения токов

по первому и второму законам Кирхгофа;

2) найти все токи, пользуясь методом контурных токов.

**Таблица №1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Рис.** | **E1** | **E2** | **E3** | **R1** | **R2** | **R3** | **R4** | **R5** | **R6** |
| **В** | **В** | **В** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** |
| **1** | 1 | 22 | 24 | 10 | 2,2 | 1,0 | 9,2 | 4,0 | 10,0 | 6,0 |
| **2** | 2 | 55 | 18 | 4 | 8,8 | 4,0 | 3,8 | 2,0 | 4,0 | 4,0 |
| **3** | 3 | 36 | 10 | 25 | 4,0 | 8,4 | 3,5 | 1,0 | 2,0 | 7,0 |
| **4** | 4 | 16 | 5 | 32 | 9,0 | 3,6 | 2,8 | 4,0 | 1,0 | 5,0 |
| **5** | 5 | 14 | 25 | 28 | 5,9 | 3,2 | 8,0 | 2,0 | 2,0 | 6,0 |
| **6** | 6 | 5 | 16 | 30 | 6,4 | 4,0 | 3,7 | 2,0 | 5,0 | 3,0 |
| **7** | 7 | 10 | 6 | 24 | 4,3 | 5,3 | 6,0 | 6,0 | 3,0 | 1,0 |
| **8** | 8 | 6 | 20 | 4 | 4,0 | 6,8 | 5,2 | 4,0 | 3,0 | 3,0 |
| **9** | 9 | 21 | 4 | 10 | 5,0 | 7,2 | 2,6 | 8,0 | 1,0 | 1,0 |
| **10** | 10 | 4 | 9 | 18 | 3,5 | 10,0 | 4,7 | 8,0 | 10,0 | 2,0 |

**Схемы для расчёта токов (рис. 1 – 10)**



 **Рис.1 + Рис.2**



 **Рис.3 Рис.4**





 **Рис.5 Рис.6**





 **Рис.7 Рис.8**



 **Рис.9 Рис.10**

**Задача 2.**  Для электрической схемы, изображенной на рис. 11 – 14, по заданным в табл.2 параметрам и линейному напряжению определить фазные токи, активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно, построить векторную диаграмму и графически определить ток в нейтральном проводе.

**Таблица №2**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **Рис.** | **𝑈л** | ***Ra*** | ***Xa*** | ***R*в** | **Xв** | **Rс** | **Xс** |
| **В** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** |
| **1** | 11 | 200 | 4 | -3 | 3 | -4 | 6 | 8 |
| **2** | 11 | 380 | 6 | -8 | 4 | -3 | 8 | 6 |
| **3** | 11 | 660 | 8 | -6 | 3 | -3 | 4 | 3 |
| **4** | 12 | 220 | 1,5 | 2 | 8 | 6 | 3 | 4 |
| **5** | 12 | 300 | 3 | 4 | 4,5 | 6 | 4 | 3 |
| **6** | 12 | 660 | 9 | 12 | 8 | 6 | 1,5 | 2 |
| **7** | 13 | 220 | 1,5 | -2 | 2 | 1,5 | 3 | 4 |
| **8** | 13 | 380 | 4 | -3 | 3 | 4 | 6 | 4,5 |
| **9** | 13 | 660 | 4,5 | -6 | 12 | 9 | 8 | 6 |
| **10** | 14 | 380 | 10 | - | - | 5 | - | 20 |

**Схемы для расчета трехфазных цепей**

 **(рис. 11 – 14)**





 **Рис. 11 Рис. 12**



 **Рис. 13 Рис.14**

**Задача 3.** Для трехфазного трансформатора, номинальные данные которого приведены в табл.3, определить коэффициент мощности в режиме холостого хода, сопротивления первичной и вторичной обмоток *R*1 , *X*1, *R*2, *X*2 и сопротивление намагничивающего контура *Z*0 , *R*0 , *X*0 . Построить внешнюю характеристику трансформатора *U*2 = 𝑓(𝛽) и зависимость КПД от

коэффициента загрузки *η* = 𝑓(𝛽) при cos φ2 =0,75. Начертить эквивалентную схему трансформатора. Схема соединения обмотки трансформатора - Y⁄Y - 0.

**Таблица №3**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **S** | ***U*1H** | ***U*20** | ***U*K** | *P*K | *P*0 | *I*0 |
|  | **кВА** | **В** | **В** | **%** | **Вт** | **Вт** | **%** |
| **1** | 10 | 6300 | 400 | 5,0 | 335 | 105 | 10,0 |
| **2** | 30 | 10000 | 400 | 5,0 | 850 | 300 | 9,0 |
| **3** | 50 | 10000 | 400 | 5,0 | 1350 | 440 | 8,0 |
| **4** | 75 | 10000 | 230 | 5,0 | 1850 | 590 | 7,5 |
| **5** | 100 | 10000 | 525 | 5,0 | 2400 | 730 | 7,5 |
| **6** | 240 | 10000 | 525 | 5,0 | 5100 | 1600 | 7,0 |
| **7** | 420 | 10000 | 230 | 5,0 | 700 | 2100 | 6,5 |
| **8** | 25 | 5000 | 230 | 4,5 | 600 | 125 | 3,0 |
| **9** | 25 | 10000 | 230 | 4,7 | 690 | 125 | 3,0 |
| **10** | 40 | 10000 | 230 | 4,5 | 680 | 180 | 3,0 |

**Задача 4.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, номинальная мощность которого 𝑃н, включен в сеть под номинальное напряжение 𝑈н с частотой 𝑓 = 50 Гц. Определить : номинальный 𝐼н и пусковой 𝐼п токи, номинальный 𝑀н, пусковой 𝑀п при 𝑆 = 1 и максимальный 𝑀к моменты, полные потери в двигателе при номинальной нагрузке Δ 𝑃н.

Построить механическую характеристику двигателя *n* = 𝑓(𝑀) . Как изменится пусковой момент двигателя при снижении напряжения на его зажимах на 15% и возможен ли пуск двигателя при этих условиях с номинальной нагрузкой? Данные для расчета приведены в табл.4.

**Таблица №4**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вариант** | **𝑈н** | **𝑃н** | **𝑆н** | **𝜂н** | **cos 𝜑н** | **p (число****пар****полюсов)** | **𝑀к⁄𝑀н****= λ** |  |
|  | **В** | **кВт** | **%** | **%** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| **1** | 220 | 4,0 | 2,0 | 85,5 | 0,89 | 1 | 2,2 | 7,0 |
| **2** | 220 | 7,5 | 3,5 | 87,0 | 0,89 | 1 | 2,2 | 7,0 |
| **3** | 220 | 13,0 | 3,5 | 88,0 | 0,89 | 1 | 2,2 | 7,0 |
| **4** | 220 | 40,0 | 3,0 | 89,0 | 0,91 | 1 | 2,2 | 7,0 |
| **5** | 220 | 75,0 | 3,0 | 90,0 | 0,92 | 1 | 2,2 | 7,0 |
| **6** | 380 | 10,0 | 3,0 | 88,0 | 0,87 | 2 | 2,0 | 7,0 |
| **7** | 380 | 17,0 | 3,0 | 89,0 | 0,89 | 2 | 2,0 | 7,0 |
| **8** | 380 | 22,0 | 3,0 | 90,0 | 0,90 | 2 | 2,0 | 7,0 |
| **9** | 380 | 30,0 | 3,0 | 91,0 | 0,91 | 2 | 2,0 | 7,0 |
| **10** | 380 | 55,0 | 3,0 | 92,0 | 0,92 | 2 | 2,0 | 7,0 |

**Образцы решения задач**

**Задача 1.** Для электрической схемы, изображенной на рис.15 , исходные данные которой

E1 = 60 В; E2 = 80 В; E3 = 70 В; R1 = 20 Ом; R2 = 50 Ом; r03 = 5 Ом; R4 = 65 Ом; R5 = 85 Ом, необходимо:

1) составить систему уравнений, необходимых для определения токов

по первому и второму законам Кирхгофа;

2) найти все токи, пользуясь методом контурных токов.



Рис.15

**Решение:**

**1. Определение необходимого числа уравнений.**

В схеме рис. 15 пять ветвей и для расчета токов в них надо составить пять уравнений. По первому закону Кирхгофа составляются уравнения для всех узлов, кроме одного (уравнение для него будет следствием предыдущих), по второму – для независимых контуров (в каждый последующий контур входит хотя бы одна ветвь, не вошедшая в ранее рассмотренные). Для данной схемы надо составить два уравнения по первому закону и три – по второму.

**2. Составление и решение системы уравнений.**

Для составления уравнений задаемся произвольно направлениями токов в ветвях и направлениями обхода контуров (рис. 15).

Уравнение для узла d: I1 + I3 - I4 = 0.
Уравнение для узла е: - I2 - I3 + I5 = 0.

Уравнение для контура bcd: I1R1 + I4R4 = E1.
Уравнение для контура abe: I2R2 + I5R5 = E2.
Уравнение для контура bde: I3r03 + I4 R4 + I5R5 = E3.

Подставив в уравнения численные значения величин, получим алгебраическую систему уравнений:

I1 + I3 - I4 = 0;
- I2 - I3 + I5 = 0;
20 I1 + 65 I4 = 60;
50 I2 + 85 I5 = 80;
5 I3 + 65 I4 + 85 I5 = 70.

Решение системы дает значения токов: I1 = 1,093 А; I2 = 0,911 А; I3 =  –0,506 А; I4 = 0,587 А; I5 = 0,405 А.

Что означает минус перед численным значением тока I3?

Знак «–» говорит о том, что реальное направление тока в данной ветви противоположно принятому в начале расчета.

**3. Расчёт баланса мощностей.**

В каких режимах работают элементы схемы, содержащие источники ЭДС?

В ветвях с E1 и E2 токи совпадают по направлению с ЭДС, т.е. данные элементы работают источниками, отдавая энергию в схему; в ветви с ЭДС E3 ток направлен против ЭДС, т.е. данный элемент работает потребителем (например, машина постоянного тока в режиме двигателя).

3. Как проверить правильность решения задачи?

Для проверки правильности расчета можно на основании законов Кирхгофа написать уравнения для узлов и контуров схемы, которые не использовались при составлении исходной системы. Независимой проверкой является уравнение баланса мощностей: сумма мощностей источников равна сумме мощностей, расходуемых в резистивных элементах схемы. Т.к. элемент схемы с ЭДС может работать как в режиме источника, так и в режиме потребителя, соответствующее слагаемое в левой части уравнения берется с плюсом, если Е и I совпадают по направлению (источник), и с минусом, если направления противоположны (потребитель).

Мощности элементов схемы с ЭДС:

E1I1+ E2I2 - E3I3 = 60 \* 1 \* 1,093 + 80 \* 0,911 - 70 \* 0,506 = 104,04 Вт.

Мощности, расходуемые в резистивных элементах схемы:

I12R1 + I22R2 + I32r03 + I42R4+ I52R5 = 1,0932 \* 20 + 0,9112 \* 50 + 0,5062 \* 5 + 0,5872 \* 65 + 0,4052 \* 85 =103,01 Вт

∑EI = ∑P Баланс мощностей сошелся, следовательно, задача решена верно.

**Задача 2.** В четырехпроводную сеть включена несимметричная нагрузка, соединения в звезду (рис. 16 а). Линейное напряжение сети 𝑈л = 380 В. Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму цепи в нормальном режиме. Из векторных диаграмм графически найти ток в нулевом проводе.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Uл | ***Ra*** | ***Xa*** | ***R*в** | **Xв** | **Rс** | **Xс** |
| **В** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** | **Ом** |
| 380 | 8 | - 6 | 3 | 4 | 11 | 0 |

**Решение:**

Определяем:

1. **Фазное напряжение:**

Uф = Uл/ = 380/1,73 = 220B.

**2. Токи в фазах**:

IА =Uф/ ZA =Uф/=

IB= Uф/ ZВ  = 





**Рис.16**

3. **Углы сдвига фаз в каждой фазе**

 

 

, так как в фазе С есть только активное сопротивление.

 **4. Построение векторной диаграммы**

Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току (1 см = 10 А) и напряжению (1 см = 40 В). Построение диаграммы начинаем с векторов фазных напряжений UA, UB, UC (рис. 16 б), располагая их под углом 120° друг относительно друга. Чередование фаз обычное: за фазой А - фаза В, за фазой В - фаза С.

**В фазе А** угол сдвига φА отрицательный, т.е. ток IА опережает фазное напряжение UA на угол φА = - 36°50′. Длина вектора тока IА в прямом масштабе составит 22/10 = 2,2 см, а длина вектора фазного напряжения UA - 220/40 = 5,5 см.

**В фазе В** угол сдвига φВ > 0, т.е. ток отстает от фазного напряжения UB на угол φВ = 53°10′; длина вектора тока IB равна 44/10 = 4,4 см.

**В фазе С** ток и напряжение UC совпадают по фазе, так как φС = 0. Длина вектора тока IC составляет 22/10 = 2,2 см.

 **5. Определение тока в нулевом проводе**

Ток в нулевом проводе Io равен геометрической сумме трех фазных токов.

Измеряя длину вектора тока Io, получаем в нормальном режиме 4,5 см, поэтому Io =45 А. Векторы линейных напряжений на диаграмме не показаны, чтобы не усложнять чертеж.

**Задача 3.** Для трехфазного трансформатора мощностью *S*=180кВА, соединение обмоток которого Y⁄Y – 0 , известно; номинальное напряжение на зажимах первичной обмотки *U*1Н = 10000В; напряжение холостого хода на зажимах вторичной обмотки *U*20 = 525В; напряжение короткого замыкания *U*К%=5,0%, мощность короткого замыкания *P***К** = 4100 Вт, мощность холостого хода *Р***0**=1200 Вт, ток холостого хода 𝐼**0** = 0,07 𝐼1Н **.**

Определить сопротивления обмоток трансформатора и сопротивления намагничивающего контура. Построить:

1) зависимость напряжения вторичной обмотки *U***2** от коэффициента загрузки β (*U***2 =**𝑓*(*β) – внешняя характеристика),

2) зависимость коэффициента полезного действия 𝜂 от коэффициента загрузки β.

Составить Т-образную схему замещения трансформатора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **S** | ***U*1H** | ***U*20** | ***U*K** | *P*K | *P*0 | *I*0 |
| **кВА** | **В** | **В** | **%** | **Вт** | **Вт** | **%** |
| 180 | 10000 | 525 | 5,0 | 4100 | 1200 | 7,0 |

**Решение:**

**1.** Определяем номинальный ток первичной обмотки:

**=**

**2.** Определяем ток холостого хода и cos φ **0** :

*I***0**= 0,07∙ 𝐼**1Н** = 0,07∙10,39 = 0,73 А

****

**3.** Сопротивления короткого замыкания:

****

****

****

**4.** Сопротивления первичной обмотки и приведенных к первичной обмотке сопротивления вторичной обмотки:

****

****

Коэффициент трансформации



Сопротивление вторичной обмотки





5. Сопротивления контура намагничивания

****

****

****

6. Для построения внешней характеристики *U***2 =**𝑓*(*β) определяем потерю напряжения во вторичной обмотке трансформатора:



где cos - коэффициент мощности нагрузки.

𝑈𝑎%, 𝑈р%- активное и реактивное относительные падения напряжений:





где cosφК = 𝑅К⁄𝑍К ; sinφК = 𝑋К⁄𝑍К

Напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора определяется по формуле:



Задаваясь различными значениями β, определяем падения напряжения на обмотке трансформатора Δ*U*2% и напряжения на зажимах вторичной обмотки. Построение зависимости

 𝜂 = 𝑓(𝛽) производится по формуле:



Т- образная схема замещения (эквивалентная схема) показана на рис.17



Рис. 17

**Задача 4.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором типа 4А25034У3, номинальная мощность которого 𝑃н, включен в сеть под номинальное напряжение 𝑈н с частотой 𝑓 = 50 Гц. Определить : номинальный 𝐼н и пусковой 𝐼п токи, номинальный 𝑀н, пусковой 𝑀п при 𝑆 = 1 и максимальный 𝑀к моменты, полные потери в двигателе при номинальной нагрузке Δ 𝑃н.

Построить механическую характеристику двигателя *n* = 𝑓(𝑀) . Данные для расчета приведены в табл.4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **𝑈н** | **𝑃н** | **𝑆н** | **𝜂н** | **cos 𝜑н** | **p (число****пар****полюсов)** | **𝑀к⁄𝑀н****= λ** |  |
| **В** | **кВт** | **%** | **%** | **-** | **-** | **-** | **-** |
| 380 | 75 | 2,0 | 93 | 0,87 | 1 | 2,2 | 7,5 |

частота вращения ротора n2= 1480 об/мин; кратность пускового момента МПУСК/МНОМ=1,2; Частота тока в сети f =50 Гц.

**Решение:**

1. Мощность, потребляемая из сети:

Р1 = РН/ηН= 75/0,93 = 80,6 кВт

2. Номинальный момент, развиваемый двигателем

**= 9550**Нм

3. Пусковой и максимальный моменты

Мmax = *λM* H= 2,2484 =1064,8Нм

Мпуск = 1,2Мн = 1,2484 = 581 Нм

4. Номинальный и пусковой токи



= 7,5*Iн = 7,5*141 =1057,5 А

6. Суммарные потери в двигателе:



7. Номинальное скольжение

SHOM= (n1 – n2)/n1=(1500-1480)/1500 = 0,013

8. Частота тока в роторе:

f2=f1・SH= 50・0,013 = 0,65 Гц

9. Критическое скольжение

𝑆к = 𝑆н ∙ (𝜆 + ) = 0,013 (2,2 += 0,054

10. Механическая характеристика М = f (S) строится по уравнению:

= 

Задаваясь скольжением S от 0 до 1, подсчитываем вращающий момент.



**Рис. 18.**  Механическая характеристика

**Информационное обеспечение обучения**

1. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. – М.: Издательский центр

«Академия», 2008.

1. Кузовкин В.А. Электротехника. – М.: Логос, 2011.
2. Кулик В.Д. Электроника. – СПб.: СПбГТУРП, 2009.
3. Горбачев Г.Н., Чаплыгин Е.Е. Промышленная электроника. – М.:

Энергоатомиздат, 1988.

1. Пономаренко В.К. Электротехника. Ч. I. – СПб.: СПбГТУРП, 2010
2. Полещук В.И. Задачник по электротехнике и электронике: Учебник для студентов сред. профессиональных учебных заведений. –М.: Издательский центр «Академия», 2010. 256 с.