

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра электроснабжения

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические рекомендации
по выполнению контрольной работы
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроснабжение»
заочной формы обучения

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА
2015

УДК 621.3
ББК 31.261
Э 45

Составитель: ст. преподаватель кафедры электроснабжения Костромской ГСХА *М.С. Ётов.*

Рецензент: доцент кафедры электропривода и электротехнологии Костромской ГСХА *Ф.А. Новожилов.*

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства, протокол № 4 от 12 мая 2015 г.

Э 45 **Электрические машины** : методические рекомендации по выполнению контрольной работы для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» заочной формы обучения / М.С. Ётов. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 26 с.

Издание содержит краткие теоретические сведения, расчетные задания и методические рекомендации для их самостоятельного выполнения. По каждому разделу предусмотрены вопросы для самоконтроля и подготовке к аттестации. В приложениях приведены данные, необходимые для расчетов по каждому варианту.

Методические рекомендации предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» заочной формы обучения.

УДК 621.3
ББК 31.261

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1. Трехфазный трансформатор	6
1.1. Теоретические сведения о Т-образной схеме замещения трансформатора	6
1.2. Порядок выполнения расчетов параметров трехфазного трансформатора	8
2. Трехфазный асинхронный двигатель	10
2.1. Порядок выполнения расчетов параметров трехфазного асинхронного двигателя	10
2.2. Пример расчета схемы обмотки трехфазного асинхронного двигателя	11
3. Устройство, принцип действия, характеристики и другие основные сведения об электрической машине.....	16
Список источников	18
Приложения	19

ВВЕДЕНИЕ

Электрические и электромеханические преобразования энергии обеспечивают работу всех отраслей народного хозяйства. В качестве электрических преобразователей наибольшее распространение получили трансформаторы различного назначения. Трансформатором называется электрический аппарат, предназначенный для преобразования одного уровня напряжения в другой. Трансформаторы, через которые проходит поток мощности от источников к потребителям, называют силовыми. К бытовым и производственным потребителям от генераторов электростанций потоки мощности поступают через несколько повышающих и понижающих силовых трансформаторов. Поэтому в производственной деятельности инженеры-электрики должны знать принцип действия, конструктивное исполнение, параметры, режимы работы, эксплуатационные характеристики силовых трансформаторов.

Наибольшее распространение получили трехфазные силовые трансформаторы. В простейшем виде трехфазный силовой трансформатор представляет собой магнитопровод шихтованный (набранный) из специальной электротехнической стали. На магнитопроводе располагаются обмотки низкого и высокого напряжения. В обозначении трансформатора заложены его конструктивные особенности. Так, маркировка ТМ 160/10 означает:

- T* — трехфазный трансформатор (силовые трансформаторы могут быть и однофазные);
- M* — трансформатор с естественной циркуляцией масла (мощные трансформаторы имеют принудительную циркуляцию масла). Трансформаторное масло заливается в бак трансформатора для изоляции обмоток от корпуса и для охлаждения обмоток и магнитопровода. Нагретое масло поднимается вверх и, соприкасаясь со стенками бака или со стенками радиаторов, охлаждается и опускается вниз;
- 160 — номинальная полная трехфазная мощность обмоток трансформатора в кВА¹;
- 10 — класс изоляции обмотки высокого напряжения трансформатора.

¹ *Номинальной мощностью* называется такая, при которой трансформатор должен работать полный срок службы при соблюдении условий эксплуатации.

Коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора больше 99%, поэтому в приближенных расчетах считают — какая мощность выходит из трансформатора к потребителям, такая и подходит к трансформатору из сети:

$$S_{BH} = S_{HH} \text{ или } \sqrt{3} U_{BH} I_{BH} = \sqrt{3} U_{HH} I_{HH}.$$

где U_{BH}, U_{HH} — линейные напряжения обмоток высшего и низшего напряжений;

I_{BH}, I_{HH} — линейные токи обмоток высшего и низшего напряжений.

При номинальных напряжениях и токах для каждой обмотки соблюдается соотношение

$$S_{НОМ} = \sqrt{3} U_{НОМ} I_{НОМ}.$$

Отношение линейных напряжений стороны высокого и низкого напряжений называется *коэффициентом трансформации* K_T . От одной обмотки к другой энергия передается электромагнитным путем. В трехфазных трансформаторах обмотки одного напряжения соединяют в «звезду», в «треугольник» и в «зигзаг». Обмотки, соединенные в «звезду» и в «зигзаг» могут иметь выведенную нулевую точку. В зависимости от схем соединения обмоток изменяется угол сдвига между векторами линейных напряжений стороны высокого и низкого напряжения. Этот угол сдвига между векторами линейных напряжений в градусах, поделенных на 30, называется *группой соединения обмоток*.

Для расчета сопротивлений и проводимостей трансформатора на заводе изготовителе проводят опыты холостого хода и короткого замыкания. Из опыта холостого хода получают напряжения обмоток, измеряют *потери активной мощности при холостом ходе* ΔP_{XX} , кВт, и *ток холостого хода* i_{XX} , %, от номинального тока. В опыте короткого замыкания к первичной обмотке подводят пониженное напряжение такой величины, при котором в закороченной вторичной обмотке протекает номинальный ток, соответственно, номинальный ток протекает и по первичной обмотке. Это пониженное напряжение в процентах от номинального называют *напряжением короткого замыкания*.

1. ТРЕХФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР

1.1. Теоретические сведения о Т-образной схеме замещения трансформатора

Схема замещения представлена на рисунке 1.

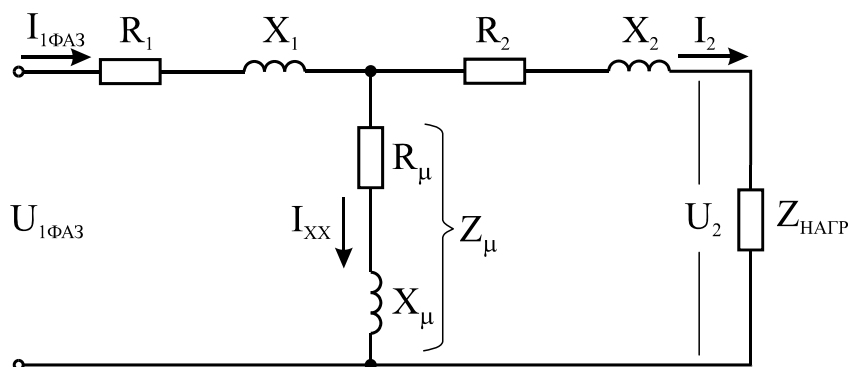


Рис. 1. Т-образная схема замещения одной фазы трансформатора

Сопротивления трансформаторов необходимы для расчёта токов короткого замыкания и последующего выбора уставок аппаратов защиты в схемах электроснабжения. В случае отсутствия паспортных и справочных данных, сопротивления трансформатора находят на основании данных опытов короткого замыкания и холостого хода. Чаще всего при расчёте трансформатор представляется Т-образной схемой замещения *одной фазы*, включающей в себя активные, реактивные и полные сопротивления:

- первичной цепи: R_1, X_1, Z_1 ;
- вторичной цепи: R_2, X_2, Z_2 ;
- цепи намагничивания: R_μ, X_μ, Z_μ .

Параметры трансформатора для одной фазы, вычисляемые из опыта ХХ:

$$Z_\mu = \frac{U_{1ФАЗ}}{I_{1ХХ}}; \quad \Delta P_{ХХфаз} = I_{ХХ}^2 R_\mu \Rightarrow R_\mu = \frac{\Delta P_{ХХфаз}}{I_{ХХ}^2};$$

$$X_\mu = \sqrt{Z_\mu^2 - R_\mu^2}.$$

Параметры трансформатора для одной фазы, вычисляемые из опыта КЗ:

$$Z_{КЗфаз} = \frac{U_{КЗфаз}}{I_{КЗфаз}}; \quad R_{КЗфаз} = \frac{\Delta P_{КЗфаз}}{I_{КЗфаз}^2}; \quad X_{КЗфаз} = \sqrt{Z_{КЗфаз}^2 - R_{КЗфаз}^2}.$$

$$R_{КЗ} = R_1 + R_2' = 2R_1 = 2R_2'; \quad R_1 = R_{КЗ} / 2;$$

$$\begin{aligned}
X_{K3} &= X_1 + X_2' = 2X_1 = 2X_2'; \quad X_1 = X_{K3} / 2; \\
\Delta P_1 &= I_1^2 R_1; \quad \Delta P_2 = I_2^2 R_2; \quad \Delta P_1 = \Delta P_2; \quad I_1^2 R_1 = I_2^2 R_2; \\
R_2 &= \frac{I_1^2 R_1}{I_2^2} = \frac{1}{K_{TP}^2} R_1 = \frac{R_1}{K_{TP}^2}; \quad X_2 = \frac{X_1}{K_{TP}}; \quad Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.
\end{aligned}$$

Коэффициент полезного действия (КПД) трансформатора определяется как отношение активной мощности на выходе вторичной обмотки P_2 (полезная мощность) к активной мощности на входе первичной обмотки P_1 (подводимая мощность):

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{(P_1 - \sum P)}{P_1} = \frac{1 - \sum P}{P_1}.$$

Сумма потерь: $\sum P = P_{XX} + \beta^2 P_{K3}.$

Активная мощность на выходе вторичной обмотки трёхфазного трансформатора:

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 = \beta S_{НОМ} \cos \varphi_2,$$

где I_2, U_2 — линейные значения тока и напряжения;

$S_{НОМ}$ — номинальная мощность трансформатора;

β — коэффициент загрузки.

Номинальная мощность трансформатора определим по формуле:

$$S_{НОМ} = \sqrt{3} U_{2НОМ} I_{2НОМ}.$$

Коэффициент загрузки трансформатора найдем по формуле:

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2НОМ}}.$$

Тогда, используя данные опыта холостого хода ΔP_{XX} и короткого замыкания ΔP_{K3} , определяем коэффициент полезного действия для любых значений коэффициента загрузки:

$$\eta = \frac{\beta S_{НОМ} \cos \varphi_2}{\beta S_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_{XX} + \beta^2 P_{K3}}.$$

Суммарные потери в стали и в обмотках составляют малую долю от мощности трансформатора даже при малых коэффициентах загрузки. Это является одним из достоинств трансформатора по сравнению с электродвигателями и электрогенераторами.

Задаваясь коэффициентами загрузки β от 0 до 1,4 с шагом $\Delta\beta = 0,2$ по номинальным данным трансформатора определяется соответствующий коэффициент полезного действия η и строится графическая зависимость $\eta = f(\beta)$ для $\cos \varphi = 0,8$ и $\cos \varphi = 1,0$.

1.2. Порядок выполнения расчетов параметров трехфазного трансформатора

В первой части данной работы предлагается по паспортным данным (приложение 1) вычислить основные характеристики трансформатора. По исходным данным, согласно своему варианту, который назначается преподавателем, необходимо выполнить следующие пункты.

1. Нарисовать схему соединения обмоток высшего (ВН) и низшего напряжения (НН).
2. Вычислить номинальные линейные и фазные токи, а также напряжения обмоток ВН и НН.
3. Вычислить ток холостого хода и определить его активные и реактивные составляющие.
4. Определить коэффициент активной мощности короткого замыкания и токи короткого замыкания обмоток ВН и НН.
5. Рассчитать T-образную схему замещения одной фазы данного трехфазного силового трансформатора.
6. Построить векторную диаграмму и вычислить модули векторов.
7. Построить график зависимости коэффициента полезного действия от степени загрузки (от 0 до 1,4) при коэффициенте мощности ($\cos \varphi$) 0,8 и 1,0.
8. Нарисовать трехфазную схему включения двух трансформаторов на параллельную работу и описать четыре условия их нормальной работы.

Примечание. Данные для каждого варианта трансформатора, приведенные в приложении 1, могут не соответствовать реальным. Эти данные используются только для выработки навыка расчетов.

Вопросы для самоконтроля

1. Как исторически развивались электрические машины? Какова роль электрических машин? Назовите цели изучения дисциплины «Электрические машины»?
2. Назовите определение, назначение, достоинства и недостатки трансформаторов.
3. Какова классификация трансформаторов (пять пунктов)?
4. Опишите устройство трансформатора. Поясните назначение и характеристики каждой составной части.
5. Каков принцип действия трансформатора (рисунки, формулы)?
6. Перечислите паспортные и бирочные данные трансформаторов.

7. Опишите схему опыта холостого хода. Какие существуют характеристики холостого хода?
8. Существует ли зависимость вторичного напряжения от тока нагрузки трансформатора? Как она называется и характеризуется?
9. Нарисуйте схему опыта короткого замыкания. Перечислите зависимости, получаемые из опыта короткого замыкания.
10. Опишите Т-образную схему замещения приведенного трансформатора.
11. Назовите основные схемы соединения обмоток, область их применения и соотношения между напряжениями, токами и мощностями.
12. Назовите особенности, схемы включения, условия выбора и характеристики специальных трансформаторов: автотрансформаторы, сварочные, выпрямительные и разделительные, измерительные трансформаторы тока и напряжения.
13. Опишите методику расчета и построения векторной диаграммы трансформатора.
14. Что показывает энергетическая диаграмма трансформатора? Приведите формулы мощностей.
15. Назовите четыре условия параллельной работы двух трансформаторов.
16. Что такое компенсация реактивной мощности трансформатора? Чем она полезна для сети, питающей этот трансформатор?
17. Назовите способы регулирования выходного напряжения.
18. Перечислите основные неисправности трансформатора. Как и с помощью чего выполняется защита трансформатора?

2. ТРЕХФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Основным преобразователем электрической энергии в механическую являются трехфазные асинхронные двигатели. Приступая к выполнению второй части, следует изучить по предложенной литературе (список источников) принцип действия асинхронного двигателя и его конструктивное исполнение. Необходимо четко представлять, что для создания вращающегося магнитного поля необходимо выполнить два условия: сдвиг обмоток в пространстве и сдвиг токов в каждой обмотке во времени.

КПД электродвигателя не превышает 93%, поэтому всегда мощность, снимаемая с вала, меньше мощности, поступающей из сети. Кроме этого, двигатель для своей работы потребляет реактивную мощность, поэтому ток, потребляемый из сети, всегда отстает от фазного напряжения. Для снижения потребляемого тока из сети устанавливают параллельно электродвигателю конденсаторные батареи. Снижение потребляемого тока приводит к уменьшению потерь активной мощности и энергии в сети и к снижению потерь напряжения.

2.1. Порядок выполнения расчетов параметров трехфазного асинхронного двигателя

Во второй части расчетно-графической работы предлагается по паспортным данным (приложение 2) вычислить основные характеристики трехфазного асинхронного двигателя. По исходным данным необходимо выполнить нижеследующие пункты согласно своему варианту, который назначается преподавателем.

1. Нарисовать принципиальную электрическую схему соединения обмотки статора с буквенным обозначением выводов.
2. Расшифровать условные обозначения маркировки АД.
3. Вычислить номинальные напряжения и токи АД: $U_{1\text{ЛИН}}$, $U_{1\text{ФАЗ}}$, $I_{1\text{ЛИН}}$, $I_{1\text{ФАЗ}}$.
4. Определить пусковые токи: $I_{\text{П.ЛИН}}$, $I_{\text{П.ФАЗ}}$.
5. Определить активную и реактивную составляющие номинального тока. По этим данным в масштабе построить векторную диаграмму фазных напряжений и токов.
6. Построить механическую характеристику АД по пяти характерным точкам.
7. Рассчитать и нарисовать развернутую схему обмотки статора АД: равнокатушечная (концентрическая), однослойная (двухслойная для одной фазы). Определить в пазах: полюсное деление τ , ширину катушки (шаг) y , фазовый сдвиг $y_{\text{фаз}}$, число пазов на полюс-фазу q .

8. Для полной компенсации реактивного тока определить фазную емкость индивидуальной батареи конденсатора (ИБК) для 2-х случаев: когда ИБК соединена звездой и треугольником. Нарисовать эти схемы подключения ИБК к 3-фазному АД. На векторной диаграмме обозначить ток $I_{ИБК}$.

Примечание. Данные, приведенные в приложении 2, могут не соответствовать реальным характеристикам и используются только для выработки навыка расчетов.

2.2. Пример расчета схемы обмотки трехфазного асинхронного двигателя

Исходные условия:

- количество пазов в расточке статора — $Z_1 = 24$;
- обмотка статора — однослойная равнокатушечная;
- частота вращения ротора — $n_2 = 1390$ об/мин;
- частота вращения ротора синхронная — $n_1 = 1500$ об/мин;
- количество фаз — $m = 3$.

Определяем число пар полюсов p :

$$p = \frac{60f}{n_1} = \frac{50 \cdot 60}{1500} = 2.$$

Число пазов, приходящихся на один полюс статора, или шаг обмотки (нормальный $y = \tau$):

$$y = \tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{2 \cdot 2} = 6.$$

Определяем фазовый сдвиг в пазах $y_{\Phi A3}$

$$y_{\Phi A3} = \frac{2}{3} \tau = 4.$$

Четыре паза обеспечивают сдвиг в 120 электрических градусов между последующими катушками соседних фаз.

Определяем количество пазов, приходящихся на один полюс одной фазы q :

$$q = \frac{Z_1}{2p} = 2.$$

Для полного понимания процесса выполнения обмотки вначале составляется так называемая обмоточная таблица 1, а затем по ней рисуется развернутая схема обмотки статора. Расчёт однослойных равнокатушечных и концентрических обмоток с нормальным шагом одинаковы. Отличие состоит лишь в изображении таблицы обмотки и её развёрнутой схемы.

Таблица 1. Алгоритм расчета равнокатушечной однослойной статорной обмотки асинхронного двигателя

№ п/п	Фаза А				Фаза В				Фаза С			
	начало катушки		конец катушки		начало катушки		конец катушки		начало катушки		конец катушки	
	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза	№ паза
1	C1	1	$1 + y =$	7	$1 + y_{\Phi_{аз}} =$	5	$5 + y =$	11	$5 + y_{\Phi_{аз}} =$	9	$9 + y =$	15
2		2	$2 + y =$	8	$2 + y_{\Phi_{аз}} =$	6	$6 + y =$	12	$6 + y_{\Phi_{аз}} =$	10	$10 + y =$	16
3	$9 + y_{\Phi_{аз}} =$	13	$13 + y =$	19	$9 + y_{\Phi_{аз}} =$	17	$17 + y =$	23	$17 + y_{\Phi_{аз}} =$	21	$21 + y = 27 > Z_1$ $\Rightarrow 27 - 24 =$	3
4	$10 + y_{\Phi_{аз}} =$	14	$14 + y =$	20	$10 + y_{\Phi_{аз}} =$	18	$18 + y =$	24	$18 + y_{\Phi_{аз}} =$	22	$22 + y = 28 > Z_1$ $\Rightarrow 28 - 24 =$	4

Примечание. Серым цветом выделена первая катушечная группа, состоящая из двух соседних катушек у каждой фазы статорной обмотки.

По результатам расчета (см. табл. 1) строится упрощенная схема равнокатушечной обмотки статора, в которой обозначаются выводы каждой обмотки (C1 – C4, C2 – C5, C3 – C6) и переходы между катушками каждой фазы (рис. 2).

По данным обмоточной схемы, приведенной на рисунке 2, составляется развернутая схема равнокатушечной обмотки статора, изображенная на рисунке 3.

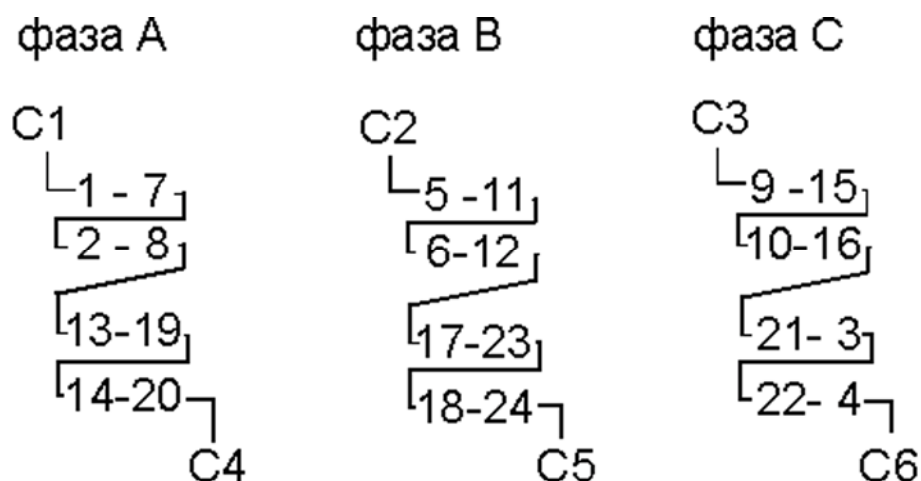


Рис. 2. Упрощенная схема равнокатушечной обмотки статора

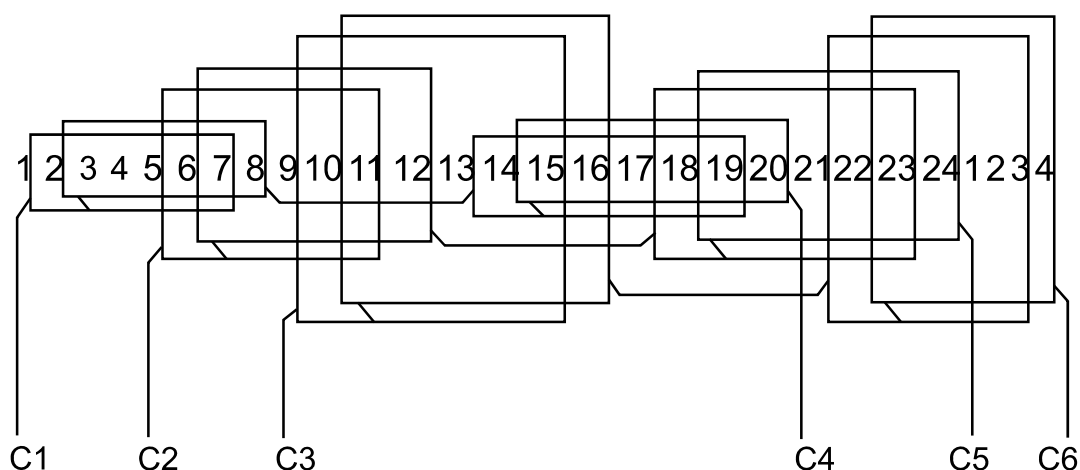


Рис. 3. Развернутая схема равнокатушечной обмотки статора

Составленную таблицу 1 и рисунок 3 развернутой схемы обмотки статора необходимо проверить по следующим условиям:

1. Все пазы в таблице заняты и не должны повторяться.
2. Фаза В должна заканчиваться в последнем пазу ($Z_1 = 24$).

3. Число катушечных групп в фазе должно быть:
 - а) для однослойной обмотки равно числу пар полюсов p ;
 - б) для двухслойной обмотки — числу полюсов $2p$;
 4. Общее число катушек должно быть:
 - а) для однослойной обмотки равно половине Z_1 ;
 - б) для двухслойной обмотки равно Z_1 ;
 5. Чередование начал фаз на рисунке должно быть слева направо: С1, С2, С3.
 6. Конец фазы С (С6) должен быть между С1 и С2.
 7. Направления фазных токов в пазах должны создавать число полюсов равное заданному ($2p = 4$ полюса)
- Данные условия проверяются на развернутой схеме обмотки статора, на которой обозначаются также шесть выводов обмоток и переходы катушек между собой и между катушечными группами.
- Остальные пункты задания рассчитываются по рекомендуемой литературе.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение асинхронного двигателя (АД), синхронного двигателя (СД) и синхронного генератора (СГ). Какова область их применения? Назовите их достоинства и недостатки.
2. Опишите устройство АД, СД и СГ. Перечислите назначение и характеристику каждой составной части.
3. Каков принцип образования вращающегося магнитного поля?
4. Опишите принцип действия асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.
5. Назовите паспортные и бирочные данные АД, СД и СГ.
6. Что такое механическая характеристика АД ($M = f(n_2)$, при $U_{НОМ}, f_{НОМ} = 50$ Гц)? Назовите пять ее характерных точек.
7. Какова методика расчета статорных обмоток: однослойной и двухслойной, равнокатушечной и концентрической?
8. Что показывает энергетическая диаграмма АД, СД и СГ? Приведите формулы мощностей.
9. Назовите четыре способа регулирования частоты вращения АД. Опишите электрические схемы и приведите механические характеристики.
10. Опишите рабочие характеристики: I_1 , n_2 , $\cos \varphi$, КПД, $M_2 = f(P_2)$. Поясните таблицу токов холостого хода АД в зависимости от числа полюсов и от высоты вращения.

11. Какие существуют способы пуска АД и СД? Как ограничиваются пусковые токи? Какое влияние оказывают пусковые токи на двигатель и питающую сеть?

12. Опишите однофазный режим АД: достоинства и недостатки, схемы включения, расчет конденсаторов.

13. Что такое синхронный генератор? Опишите устройство, схему включения, бирочные и паспортные данные, характеристики холостого хода, внешнюю и регулировочную. Перечислите параметры синусоидального напряжения.

14. Что такое универсальный коллекторный двигатель? Нарисуйте схему включения, приведите его характеристики.

15. Назовите основные неисправности АД, СД и СГ. Какая существует защита от ненормальных режимов работы?

3. УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И ДРУГИЕ ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЕ

Третья часть работы носит описательный характер и выполняется по сведениям, полученным из технической литературы.

Исходными данными для расчета (приложение 3) являются: электрическая машина (трансформатор, двигатель, генератор).

Согласно назначенному варианту необходимо выполнить:

1. Нарисовать схему её включения в сеть с пускозащитной аппаратурой.

2. Коротко описать:

а) назначение, устройство, принцип действия;

б) достоинства и недостатки в сравнении с аналогом;

в) особенности: конструктивное исполнение, условное обозначение на схемах, режимы работы, кратности пусковых токов;

г) характеристики: механические, рабочие, холостого хода, короткого замыкания, регулировочные, внешние; формулы;

д) основные неисправности электрической машины;

е) регулирование напряжения, частоты вращения, ограничение пусковых токов.

Примечание. Данный раздел носит описательный характер по сведениям, полученным из технической литературы.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте общую характеристику машин постоянного тока (МПТ): двигатель постоянного тока (ДПТ) и генератор постоянного тока (ГПТ). Каково их назначение, область применения, достоинства и недостатки? Что такое обратимость МПТ?

2. Назовите пять способов возбуждения магнитного потока МПТ, нарисуйте схемы, описывающие эти способы.

3. Назовите четыре условия самовозбуждения ГПТ.

4. Опишите характеристики холостого хода, внешнюю и регулировочную для ГПТ.

5. Напишите основное уравнение ГПТ. Как можно изменить полярность напряжения на обмотке якоря ГПТ? Как осуществляется регулирование величины напряжения на обмотке якоря $U_{\text{я}}$ ГПТ?

6. Опишите устройство МПТ. Назовите назначение и характеристику каждой составной части. Назовите правила буравчика, левой и правой руки для ДПТ и ГПТ.

7. Что такое реакция якоря? Зачем нужна компенсационная обмотка (добавочные, дополнительные полюса)?

8. Объясните принцип работы щеточно-коллекторного узла для ГПТ и ДПТ.

9. Напишите основное уравнение ДПТ. Как выполняется реверс ДПТ? Как осуществляется регулирование частоты вращения ДПТ? Приведите электрические схемы различных вариантов реверсирования, регулирования частоты вращения и ограничения пусковых токов.

10. Что отражает энергетическая диаграмма для МПТ: ДПТ и ГПТ? Приведите формулы мощностей.

11. Назовите основные неисправности МПТ: ДПТ и ГПТ. Как осуществляется защита МПТ от ненормальных режимов работы?

12. Какие существуют специальные МПТ? Опишите их.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Епифанов, А.П. Электрические машины [Текст] : учебник для вузов / А.П. Епифанов. — СПб. : Лань, 2006. - 272 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Торопцев, Н.Д. Электрические машины сельскохозяйственного назначения [Текст] / Н.Д. Торопцев. — М. : КолосС, 2005. — 224 с.
3. Беспалов В.Я. Электрические машины [Текст] : учеб. пособие для вузов / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. — М. : Академия, 2006. — 320 с. — (Высшее профессиональное образование. Электротехника).
4. Данилов, И.А. Электрические машины [Текст] : / И.А. Данилов, К.В. Лотоцкий. — М. : Колос, 1972. — 527 с. : ил.
5. Кацман М.М. Электрические машины [Текст] : / М.М. Кацман. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 1990. — 463 с.
6. Копылов, И.П. Электрические машины : учебник для вузов / И.П. Копылов. — 2-е изд., перераб. — М. : Высшая школа; Логос, 2000. — 607 с.
7. Гольдберг, О.Д. Испытания электрических машин : учебник для вузов / О.Д. Гольдберг. — 2-е изд., испр. — М. : Высшая школа, 2000. — 255 с. : ил.
8. Гольдберг, О.Д. Проектирование электрических машин : учебник для вузов / О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2001. — 430 с. : ил.
9. Кацман, М.М. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам и электроприводу : учеб. пособие для сред. проф. образования / М.М. Кацман. — 2-е изд., испр. — М. : Высшая школа, 2000. — 215 с. : ил.
10. Копылов, И.П. Проектирование электрических машин : учебник для вузов / Копылов И.П., ред. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высшая школа, 2002. — 757 с. : ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты паспортных данных трансформаторов

№	Тип трансформатора	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	$I_{хх}$, %	$U_{кз}$, %	Схема и группа соединения обмоток
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ТМ-25/10	10	0,4	0,135	0,6	5	5	Δ/Y_H-11
2	ТМ-25/6	6	0,4	0,15	0,7	4,5	4,5	Δ/Z_H-11
3	ТМ-25/10	10	0,69	0,2	0,8	4	5	Y/Y_H-0
4	ТМ-25/6	6	0,69	0,3	0,9	3,5	4,5	Y/Z_H-11
5	ТМ-40/10	10	0,4	0,2	0,9	4	5	$\Delta/\Delta-0$
6	ТМ-40/6	6	0,4	0,25	0,95	3,8	4,5	$\Delta/Y-11$
7	ТМ-40/10	10	0,69	0,2	0,8	3,6	5	Δ/Y_H-11
8	ТМ-40/6	6	0,69	0,2	0,85	3,4	4,5	Δ/Z_H-11
9	ТМ-63/10	10	0,4	0,3	1,2	3,2	5	Y/Y_H-0
10	ТМ-63/6	6	0,4	0,35	0,125	3,1	4,5	Y/Z_H-11
11	ТМ-63/10	10	0,69	0,4	1,3	3	5	Δ/Y_H-11
12	ТМ-63/6	6	0,69	0,45	1,35	2,9	4,5	Δ/Z_H-11
13	ТМ-100/10	10	0,4	0,4	1,4	2,8	5	$Y/\Delta-11$
14	ТМ-100/6	6	0,69	0,42	1,42	2,7	4,5	Y/Y_H-0
15	ТМ-100/10	10	0,69	0,45	1,45	2,6	5	$Y/\Delta-11$
16	ТМ-100/6	6	0,4	0,48	1,48	2,5	4,5	$Y/Y-0$
17	ТМ-160/10	10	0,4	0,5	2,5	2,6	5	Y/Z_H-11
18	ТМ-160/6	6	0,4	0,52	2,52	2,7	4,5	Δ/Y_H-11
19	ТМ-160/10	10	0,69	0,54	2,54	2,8	5	Δ/Y_H-11
20	ТМ-160/6	6	0,69	0,56	2,56	2,7	4,5	Δ/Z_H-11
21	ТМ-250/10	6	0,4	0,7	3,2	2,6	5	$Y/Y-0$
22	ТМ-250/6	6	0,4	0,72	3,4	2,5	4,5	Δ/Z_H-11
23	ТМ-250/10	10	0,69	0,76	3,6	2,4	5	Y/Y_H-0
24	ТМ-250/6	6	0,69	0,8	3,8	2,3	4,5	Y/Z_H-11
25	ТМ-400/10	10	0,4	0,85	4,0	2,2	5	Y/Z_H-11
26	ТМ-400/6	6	0,4	0,9	4,5	2,1	4,5	$\Delta/Y-11$
27	ТМ-400/10	10	0,69	0,95	5,0	2	5	Δ/Y_H-11
28	ТМ-400/6	6	0,69	0,1	5,5	3,0	4,5	Δ/Z_H-11
29	ТМ-630/10	10	0,4	1,2	6,0	2,9	5	$Y/Y-0$
30	ТМ-630/6	6	0,4	1,3	6,5	2,8	4,5	$Y/\Delta-11$
31	ТМ-630/10	10	0,69	1,4	7,0	2,7	5	Y/Z_H-11
32	ТМ-630/6	6	0,69	1,5	7,5	2,6	4,5	Y/Y_H-0
33	ТМ-1000/10	10	0,4	1,8	8	2,5	5	$Y/\Delta-11$
34	ТМ-1000/10	10	0,69	1,9	9	2,4	4,5	Y/Z_H-11
35	ТМ-1000/10	6	0,4	2,0	10	2,2	5	$Y/\Delta-11$
36	ТМ-1000/6	6	0,69	2,2	11	2	4,5	Y/Z_H-11

Продолжение приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
37	TM-1600/10	10	0,4	3,3	18	1,0	5,0	Y/ Δ -11
38	TM-2500/6	10	0,4	6,3	33,6	0,95	5,5	Δ /Y-11
39	TM-4000/10	10	0,4	6,3	33,6	0,9	6,0	Y/Y _H -0
40	TM-6300/6	6	0,4	9	46	0,8	6,5	Y/Z _H -11
41	TM-100/35	35	0,69	0,5	1,9	2,6	6,0	Y/ Δ -11
42	TM-160/35	35	11	0,7	2,7	2,4	6,5	Δ /Y-11
43	TM-250/35	35	0,69	1,0	3,7	2,3	6,0	Y/Y _H -0
44	TM-400/35	35	11	1,2	5,4	2,1	6,5	Y/Y-0
45	TM-630/35	35	0,69	1,8	7,4	2,0	6,0	Δ /Y _H -11

Варианты паспортных данных асинхронных электродвигателей

№	Тип двигателя	P _{2НОМ} (кВт)	n _{2НОМ} (об/мин)	η, %	cos φ	μ _{max}	μ _{пуск}	μ _{min}	K ₁	Обмотка		
										Z ₁	слой	тип
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	4AA50B2	0,12	2740	60	0,7	2,2	1,7	0,9	5	36	1	равнокагушечная
2	4AA56A2	0,18	2710	63	0,72	2,1	1,75	0,9	5	36	1	концентрическая
3	4AA56B2	0,25	2770	66	0,74	2,3	1,8	0,8	5	36	2	равнокагушечная
4	4A63A2	0,37	2750	68	0,76	2,4	1,85	0,8	5,5	36	2	концентрическая
5	4A71B2	1,1	2850	72	0,78	2,5	1,9	0,9	5	42	1	равнокагушечная
6	4A80B2	2,2	2850	75	0,8	2,6	1,95	1	6	42	1	концентрическая
7	4A90L2	3	2840	80	0,82	2,7	2	1,1	6	42	2	равнокагушечная
8	4A100S2	4	2880	82	0,84	2,8	2,1	1	6	42	2	концентрическая
9	4A112M2	7,5	2710	84	0,86	2,9	2,2	1,1	6,5	48	1	равнокагушечная
10	4A132M2	11	2900	86	0,9	2,3	1,8	0,9	6,5	48	1	концентрическая
11	4A160S2	15	2940	88,5	0,92	2,4	1,0	1,1	6,5	48	2	равнокагушечная
12	4A200L2	45	2950	89	0,91	2,5	2	1,2	7	48	2	концентрическая
13	4A250S2	75	2960	91	0,85	2,6	2,1	1	7	60	1	равнокагушечная
14	4A280M2	132	2970	91,5	0,9	2,7	2,2	1,1	7,5	60	1	концентрическая
15	4A315S2	160	2940	92	0,89	2,8	2,1	1,1	7,5	60	2	равнокагушечная
16	4A355M2	315	2970	93	0,9	2,9	2,2	1,2	8	60	2	концентрическая
17	4AA50A4	0,06	1380	50	0,6	2,2	2	0,8	4	36	1	равнокагушечная
18	4AA56B4	0,18	1360	52	0,65	2	2	0,85	4,5	36	1	концентрическая
19	4AA63A4	0,25	1370	55	0,7	2,3	2	0,9	5	36	2	равнокагушечная
20	4AA71B4	0,75	1380	60	0,75	2,4	2	0,95	5	36	2	концентрическая
21	4A80A4	1,1	1390	65	0,76	2,5	2,3	1	5,5	48	1	равнокагушечная
22	4A90L4	2,2	1380	70	0,77	2,6	2,3	1	5,5	48	1	концентрическая

Продолжение приложения 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	4A100S4	3	1390	75	0,78	2,7	2,3	1,1	6	48	2	равнокатушечная
24	4A132M4	11	1400	80	0,79	2,2	2,1	1	6	48	2	концентрическая
25	4A160S4	15	1410	81	0,8	2,3	2,1	1,2	6,5	60	1	равнокатушечная
26	4A180M4	30	1420	82	0,81	2,4	2,1	1,2	6,5	60	1	концентрическая
27	4A250M4	90	1430	83	0,82	2,5	2	1,3	6	60	2	равнокатушечная
28	4A280M4	132	1450	85	0,84	2,6	2	1,3	6	60	2	концентрическая
29	4A315S6	160	900	87	0,86	2,7	2,1	1,4	5,5	36	1	равнокатушечная
30	4A315M6	200	910	89	0,88	2,8	2,1	1,4	5,5	36	1	концентрическая
31	4A355S6	250	920	91	0,9	2,9	2,2	1,5	6	36	2	равнокатушечная
32	4A355M6	315	930	95	0,92	3	2,2	1,5	7	54	1	концентрическая
33	4A132S6	7,5	940	75	0,78	2,2	2	1	5	54	1	равнокатушечная
34	4A100S6	5,5	950	72	0,75	2,3	2	1	5	54	2	концентрическая
35	4A71B6	0,55	960	70	0,62	2,2	2	0,8	4	54	2	равнокатушечная
36	4A80A8	1,1	700	72	0,65	2,3	2,1	0,85	5	48	1	концентрическая
37	4A90L8	2,2	710	74	0,7	2,5	2,2	0,9	5,5	48	1	равнокатушечная
38	4A132M8	7,5	720	76	0,72	2,6	2	0,95	6	48	2	концентрическая
39	4A160S8	11	730	78	0,74	2,7	2,1	0,95	6,5	48	2	равнокатушечная
40	4A180M2	18,5	2800	80	0,78	2,5	2	1	7	30	2	концентрическая
41	4A200L2	30	2900	82	0,8	2,8	1,9	1,1	6,5	30	2	равнокатушечная
42	4A250M10	55	550	84	0,82	2,9	1,7	1,2	7,5	60	1	концентрическая
43	4A280S10	75	560	86	0,84	3	1,8	1,3	7,7	60	1	равнокатушечная
44	4A315M10	132	570	88	0,85	3,1	2	1,4	7,5	60	2	концентрическая
45	4A355M10	200	580	90	0,87	3,2	2,2	1,5	8	60	2	равнокатушечная

Варианты электрических машин

1. Трехфазный АД с к.з. ротором
2. Трехфазный АД с фазным ротором
3. Трехфазный АД с повышенным скольжением
4. Трехфазный АД с повышенным пусковым моментом
5. Трехфазный синхронный генератор
6. Трехфазный синхронный двигатель
7. Синхронный компенсатор или реактивный синхронный двигатель
8. Трехфазный индукционный регулятор напряжения
9. Тахогенератор постоянного тока
10. Фазорегулятор
11. Трехфазный АД в однофазном режиме
12. Однофазный АД с к.з. ротором с рабочей и пусковой обмоткой
13. Однофазный АД с к.з. ротором с конденсаторной пусковой обмоткой
14. Тахогенераторы переменного и постоянного тока
15. Универсальный коллекторный двигатель
16. Линейный электромагнитный привод: вибрационный водопогружной насос типа «Малыш», «Ручеек», «Родник»
17. Автотракторный двигатель постоянного тока — стартер
18. Автотракторный трехфазный синхронный генератор переменного тока с выпрямителем (схема Ларионова)
19. Автотракторный генератор постоянного тока (обмотка якоря на роторе)
20. Вращающиеся преобразователи частоты (асинхронные или синхронные)
21. Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения
22. Двигатель постоянного тока смешанного возбуждения
23. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения
24. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения
25. Двигатель постоянного тока с постоянными магнитами
26. Генератор постоянного тока смешанного возбуждения
27. Генератор постоянного тока независимого возбуждения
28. Генератор постоянного тока параллельного возбуждения
29. Генератор постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов
30. Трехфазный трансформатор с масляным охлаждением
31. Однофазный разделительный понижающий трансформатор с масляным охлаждением (4 функции масла)

32. Трехфазный силовой трансформатор с воздушным охлаждением
33. Однофазный разделительный повышающий трансформатор с воздушным охлаждением
34. Однофазный сварочный трансформатор переменного тока
35. Трехфазный сварочный трансформатор постоянного тока с выпрямителем (либо 3, либо 6 диодов)
36. Однофазный автотрансформатор с масляным охлаждением (4 функции масла)
37. Однофазный автотрансформатор с плавным регулированием вторичного напряжения (ЛАТР)
38. Трехфазный автотрансформатор с воздушным охлаждением
39. Измерительные трансформаторы тока: сухие, однофазные, типа Т-0,66 или ТК-20
40. Измерительные трансформаторы напряжения трехфазные с масляным охлаждением НТМИ-10
41. Однофазный трансформатор с однополупериодным выпрямителем. Соотношение между STP и РНАГР (коэффициент типовой мощности)
42. Трехфазный трансформатор с однополупериодным выпрямителем (схема Мицкевича)
43. Трехфазный трансформатор с двухполупериодным выпрямителем (схема Ларионова)
44. Однофазный трансформатор с двухполупериодным выпрямителем (схема Греца)
45. Шаговый электродвигатель

Для заметок

Учебно-методическое издание

Электрические машины : методические рекомендации по выполнению контрольной работы для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение» заочной формы обучения / М.С. Ётов. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 26 с.

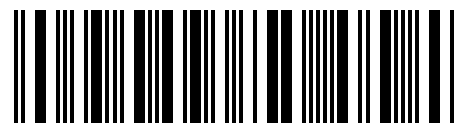
Гл. редактор Н.В. Киселева
Редактор выпуска Т.В. Тарбеева
Корректор Т.В. Кулинич

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34, КГСХА

Компьютерный набор. Подписано в печать 10/06/2015.
Заказ №318. Формат 84x60/16. Тираж 50 экз. Усл.
печ. л. 1,68. Бумага офсетная. Отпечатано 24/07/2015.
Цена 19,00 руб.

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным оригиналам.
вид издания: переработанное (редакция от 3.06.2015 № 303)

Цена 19,00 руб.



2015*318