

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:13:24
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство образования и науки Российской Федерации
Рязанский институт (филиал)
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Механико-технологические дисциплины»

Е.И. Лопатин, А.Ю. Мельников

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические указания по выполнению практических занятий

Рязань
2021

УДК 621.311

ББК 31.28

Л17

Лопатин, Е.И.

Л17 Электрические машины: методические указания по выполнению практических занятий / Е.И Лопатин, А.Ю. Мельников. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2021. – 24 с.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника» всех форм обучения. Они соответствуют рабочей программе и могут быть использованы для проведения практических занятий по дисциплине «Электрические машины».

Методические указания содержат методические рекомендации для самостоятельной работы студентов при подготовке к практическим занятиям и индивидуальные задания.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 621.311

ББК 31.28

© Лопатин Е.И., Мельников А.Ю., 2021
© Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического
университета, 2021

Содержание

Введение	4
1 Практическое занятие № 1. Расчёт основных параметров внешних характеристик силовых трансформаторов	5
2 Практическое занятие № 2. Методика расчёта зависимости отклонения напряжения на клеммах вторичной обмотки трансформатора	7
3 Практическое занятие № 3. Методика расчёта коэффициента полезного действия трансформатора от величины симметричной нагрузки	10
4 Практическое занятие № 4. Применение двух трансформаторов при параллельной их работе	12
5 Практическое занятие № 5. Расчёт параметров трёхфазных асинхронных электродвигателей	16
6 Практическое занятие № 6. Расчёт основных параметров генератора параллельного возбуждения	19
Заключение	22
Библиографический список.....	23

Введение

Настоящие методические указания по проведению практических занятий предназначено для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и содержат практические задания по вариантам.

Выполнение практических заданий ставит целью закрепление изучаемого теоретического материала по курсу «Электрические машины», приобретение инженерных навыков расчёта основных эксплуатационных характеристик электрических машин, развитие творческих способностей студента при решении конкретно поставленной задачи по исходным данным.

Перед выполнением практических занятий необходимо изучить цель, соответствующие теоретические вопросы и методику решения поставленных задач. Для детального изучения теоретического материала следует использовать рекомендованную литературу.

Содержание отчёта о выполнении практического занятия должно включать:

- краткие теоретические сведения;
- поставленную задачу;
- подробные расчёты;
- анализ результатов.

Вариант индивидуального задания для каждого практического занятия задаётся преподавателем или принимается в соответствии с шифром зачётной книжки студента.

1 Практическое занятие № 1. Расчёт основных параметров внешних характеристик силовых трансформаторов

Цель занятия: освоить методику расчёта основных параметров внешних характеристик силовых трансформаторов.

Задание: расчёт внешних характеристик трансформатора.

Условия и исходные данные

Рассчитать зависимости напряжения на понижающей обмотке трансформатора $U_{НН} = f(k_{нз})$ при питании обмотки ВН понижающего трансформатора номинальным напряжением номинальной частоты при изменении величины коэффициента симметричной нагрузки $k_{нз}$ до 1,25 номинальной и неизменном значении коэффициенте мощности при активно-индуктивной нагрузке $\cos \varphi_2$, при активно-ёмкостной нагрузке

При изменении коэффициента нагрузки трансформатора в диапазоне значений $k_{нз} = 0$ до 1,25 рассчитать для обоих характеров нагрузки изменение напряжения трансформатора ΔU и напряжение на вторичной обмотки трансформатора $U_{НН}$, %.

В таблице 1 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 1 – Исходные данные

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение короткого замыкания u_K , %	4,0	4,2	4,8	5,0	5,4	5,7	6,0	6,5	6,8	7,2
Коэффициент мощности:										
$\cos \varphi_2$	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74	0,8	0,84	0,87	0,9	0,92
$\cos (-\varphi_2)$	0,70	0,73	0,76	0,7,9	0,81	0,84	0,87	0,89	0,91	0,94

Результаты расчётов внешних характеристик при изменении коэффициента нагрузки в диапазоне значения $k_{нз} = 0$ до 1,25 для обоих характеров нагрузки привести в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчётов внешних характеристик трансформатора

Коэффициент нагрузки k_{H2} , о.е.		0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
Активно-индуктивная $\cos \varphi_2$	ΔU , %	0					
	U_{HH} , %	100					
Активно-ёмкостная $\cos (-\varphi_2)$	ΔU , %	0					
	U_{HH} , %	100					

По результатам расчётов построить внешние характеристики трансформатора в одних осях координат и сделать выводы:

- от чего зависит изменение вторичного напряжения ΔU ;
- как сказываются положительное и отрицательное значения ΔU при увеличении коэффициента нагрузки трансформатора на его вторичном напряжении;
- какому характеру нагрузки и при каком коэффициенте нагрузки соответствует наибольшее изменение вторичного напряжения трансформатора.

Краткие теоретические сведения

Внешняя характеристика трансформатора представляет собой зависимость между вторичным током и напряжением при изменении нагрузки, неизменном значении первичного напряжения U_1 и заданном коэффициенте мощности $\cos \varphi_2$ во вторичной цепи.

Вторичное напряжение U_2 при нагрузке отличается от напряжения холостого хода на величину изменения напряжения, которое зависит от величины нагрузки.

Внешняя характеристика может быть построена как по расчётным данным активного и индуктивного падений напряжения (расчётная внешняя характеристика), так и по опытным данным (внешняя характеристика конкретного трансформатора). По оси ординат откладывается вторичное напряжение U_2 , а по оси абсцисс величина нагрузки α (в % или долях от номинальной мощности). Начальная точка внешней характеристики начинается от ординаты, равной $U_{2НОМ}$, а другой её конец, против абсциссы $k_{H2} = k_{H2 \max}$ (т. е. при макси-

мальной нагрузке), будет отклонен против начала на величину изменения напряжения ΔU .

Так как изменение напряжения пропорционально нагрузочному току I_2 , то внешняя характеристика практически представляет прямую линию. Положения характеристик зависят от мощности и характера нагрузки трансформатора и при малой мощности они могут поменяться местами (при активной и активно-индуктивной нагрузках).

Более подробно теория и методики расчёта характеристик трансформаторов приведены в источниках [1, 3].

Контрольные вопросы

- 1 Что называется внешней характеристикой трансформатора?
- 2 Что называется коэффициентом нагрузки?
- 3 От чего зависит изменение напряжения на вторичной обмотке трансформатора?
- 4 От чего зависит изменение вторичного напряжения ΔU ?
- 5 Как сказываются положительное и отрицательное значения ΔU при увеличении нагрузки трансформатора на его вторичном напряжении?

2 Практическое занятие № 2. Методика расчёта зависимости отклонения напряжения на клеммах вторичной обмотки трансформатора

Цель занятия: освоить методику расчёта зависимости отклонения напряжения на клеммах вторичной обмотки трансформатора.

Задание: расчёт выходного напряжения трансформатора от величины, коэффициента мощности.

Условия и исходные данные

Рассчитать зависимости отклонения напряжения на клеммах вторичной обмотки трансформатора от характера симметричной нагрузки и от величины

коэффициента мощности $\Delta U = f(\varphi_2)$ для заданных двух неизменных величин коэффициента нагрузки $k_{н2}$ при питании со стороны обмотки ВН номинальным напряжением номинальной частоты.

В таблице 3 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 3 – Исходные данные

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение короткого замыкания u_k , %	4,0	4,2	4,8	5,0	5,4	5,7	6,0	6,5	6,8	7,2
Коэффициент нагрузки:										
$k_{н21}$, о.е.	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74	0,8	0,84	0,87	0,9	0,92
$k_{н22}$, о.е.	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,84	0,87	0,89	0,91	0,94

Результаты расчётов в диапазоне коэффициента мощности φ_2 от минус 90 градусов до 90 градусов привести в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчётов зависимостей $\Delta U = f(\varphi_2)$

$\Delta U = f(\varphi_2)$							
φ_2 , град	-90	-75	-60	-45	-30	-15	0
$k_{н21}$, о.е.							
$k_{н22}$, о.е.							
$\Delta U = f(\varphi_2)$							
φ_2 , град	15	30	45	60	75	90	
$k_{н21}$, о.е.							
$k_{н22}$, о.е.							

По результатам расчётов сделать выводы:

- как сказывается характер нагрузки на отклонении напряжения ΔU ;
- как сказывается отклонение напряжения ΔU на напряжении вторичной обмотки трансформатора;
- при каком характере нагрузки отклонение напряжения максимальное.

Краткие теоретические сведения

Падение напряжения в трансформаторе определяется разностью вторичного напряжения трансформатора при холостом ходе U_k и U_2 в режиме нагрузки в процентах по отношению к U_k

$$\Delta U\% = \frac{U_k - U_2}{U_k} \cdot 100\% \quad (1)$$

При холостом ходе отсутствуют падения напряжения в обмотках трансформатора. Поэтому, приняв $U_k = U_{1n}$ получится

$$\Delta U\% = \frac{U_{1n} - U_k}{U_{1n}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Эта величина называется относительной потерей напряжения.

Более подробно вопросы расчета зависимости отклонения напряжения на клеммах вторичной обмотки трансформатора характеристик трансформаторов приведены в источниках [1, 3].

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит изменение вторичного напряжения ΔU ?
- 2 Как сказываются положительное и отрицательное значения ΔU при увеличении нагрузки трансформатора на его вторичном напряжении?
- 3 Какому характеру нагрузки и при каком коэффициенте нагрузки соответствует наибольшее изменение вторичного напряжения трансформатора?
- 4 Как сказывается характер нагрузки на отклонении напряжения ΔU ?
- 5 Как сказывается отклонение напряжения ΔU на напряжении вторичной обмотки трансформатора?

3 Практическое занятие № 3. Методика расчёта коэффициента полезного действия трансформатора от величины симметричной нагрузки

Цель занятия: освоить методику расчёта коэффициента полезного действия трансформатора от величины симметричной нагрузки.

Задание: расчёт коэффициента мощности трансформатора от величины нагрузки.

Условия и исходные данные

Рассчитать зависимости коэффициента полезного действия η от величины симметричной нагрузки при питании трансформатора номинальной мощностью S_n , со стороны обмотки ВН номинальным напряжением номинальной частоты, при заданных коэффициентах мощности активно-индуктивного $\cos \varphi_2$ и активно-ёмкостного $\cos(-\varphi_2)$ характеров нагрузки.

Значения потерь холостого хода P_o , кВт и потерь короткого замыкания P_K , кВт для трансформатора типа ТМ, необходимые для расчётов берутся из справочных данных на трансформатор.

В таблице 5 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 5 – Исходные данные

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальная мощность трансформатора S_n , кВА	1600	2500	1000	630	2500	400	1800	1600	1000	630
Коэффициент мощности:										
$\cos \varphi_2$	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74	0,8	0,84	0,87	0,9	0,92
$\cos(-\varphi_2)$	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,84	0,87	0,89	0,91	0,94

Результаты расчётов оформить согласно таблице 6.

Таблица 6 – Результаты расчётов зависимостей $\eta = f(k_{нз})$

Коэффициент нагрузки	$k_{нз}$	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	$k_{нз}(\eta_{\max})$
Активно-индуктивная нагрузка $\cos \varphi_2 = 0,7$	P_o , кВт							
	$k_{нз}^2 \cdot P_K$							
	$k_{нз} S_H \cos \varphi_2$							
	η , о.е.							
Активно-ёмкостная нагрузка $\cos(-\varphi_2) = 0,8$	P_o , кВт							
	$k_{нз}^2 \cdot P_K$							
	$k_{нз} S_H \cos \varphi_2$							
	η , о.е.							

По результатам расчётов сделать выводы:

- от чего зависит коэффициент полезного действия трансформатора;
- от чего зависит коэффициент нагрузки, при котором коэффициент полезного действия равен максимальной величине;
- от чего зависит максимальное значение коэффициента полезного действия трансформатора.

Краткие теоретические сведения

Преобразование электрической энергии в трансформаторе сопровождается потерями. Потери активной мощности в трансформаторе подразделяются на электрические потери в обмотках и потери в стали.

Электрические потери в обмотках трансформатора равны

$$P_{эл} = P_{эл1} + P_{эл2} = m r_k I_1^2 = m \frac{I_1^2}{I_{1н}^2} r_k I_{1н}^2 = k_{нз}^2 P_K, \quad (3)$$

где P_K – потери короткого замыкания трансформатора при номинальном токе, $P_K = m \cdot r_k \cdot I_{1н}^2$.

Потери в стали P_c – это потери в сердечнике трансформатора, вызванные вихревыми токами и перемагничиванием.

Коэффициент полезного действия определяется по формуле

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} = 1 - \frac{\sum P}{P_2 + \sum P}. \quad (4)$$

Сумма потерь

$$\sum P = P_{эл} + P_c = \kappa_{нз}^2 P_K + P_0. \quad (5)$$

Теоретические сведения и методика расчета коэффициента полезного действия трансформаторов от величины симметричной нагрузки рассмотрены в источниках [1, 3].

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит коэффициент полезного действия трансформатора?
- 2 От чего зависит коэффициент нагрузки, при котором коэффициент полезного действия равен максимальной величине?
- 3 От чего зависит максимальное значение коэффициента полезного действия трансформатора.

4 Практическое занятие № 4. Применение двух трансформаторов при параллельной их работе

Цель занятия: изучить особенности применения двух трансформаторов при параллельной их работе.

Задание: расчёт работы двух трансформаторов при параллельной работе.

Условия и исходные данные

Рассчитать нагруженность уравнительным током двух трансформаторов одинаковой мощности при параллельной работе при неизменном характере нагрузки $\cos \varphi_2$ для двух случаев: когда один из трансформаторов включен на ответвление обмотки ВН, соответствующее номинальному числу витков, а другой – поочередно на два из остальных четырёх ответвлений: плюс 2,5 % и

плюс 5 %. Т.е. коэффициент трансформации второго трансформатора будет больше чем у первого на плюс 2,5 % и плюс 5 %.

Коэффициент трансформации первого трансформатора равный отношению числа витков обмотки высокого напряжения к числу витков обмотки низкого напряжения равен k_1 . Тогда, если $k_1 = k$, то $k_2 = 1,025k$ и $1,05k$.

В таблице 7 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 7 – Исходные данные

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение короткого замыкания u_K , %	4,0	4,2	4,8	5,0	5,4	5,7	6,0	6,5	6,8	7,2
Фазное напряжение обмотки ВН $U_{фвн}$, кВ	6,3	10	6,3	10	6,3	35	35	35	35	35
Мощность трансформатора S_H , кВА	40	60	100	160	250	630	1000	1600	2500	4000
Коэффициент мощности $\cos\varphi_2$	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74	0,8	0,84	0,87	0,9	0,92
Коэффициент трансформации k_1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

После расчёта нагрузженностей сделайте выводы – как нужно уменьшить нагрузку трансформаторов при двух вариантах различий их коэффициентов трансформации, чтобы у первого трансформатора, как наиболее нагруженного, уменьшить нагрузку до номинальной и обеспечить ему возможность работать в продолжительном режиме работы.

Краткие теоретические сведения

Параллельной работой трансформаторов называется такое их соединение, когда первичные обмотки включены на общую первичную сеть, а вторичные – на общую вторичную сеть.

Параллельная работа трансформаторов необходима для обеспечения резервирования в случае аварии или ремонта трансформаторов и повышение эко-

номичности в работе (при спаде нагрузки часть трансформаторов отключается).

Параллельно включённые трансформаторы работают наилучшим образом, если выполняются следующие условия, называемые условиями параллельной работы:

1) коэффициенты трансформации параллельно работающих трансформаторов должны быть равны

$$k_I = k_{II} = \dots = k_N = \dots; \quad (6)$$

2) трансформаторы должны принадлежать к одной группе;

3) напряжение короткого замыкания параллельно работающих трансформаторов должны быть одинаковыми

$$U_{kI} = U_{kII} = \dots = U_{kN} = \dots . \quad (7)$$

Если эти условия выполнены, то при включении первичных обмоток на общие шины всегда можно найти такие зажимы вторичных обмоток, которые имеют одинаковые потенциалы и, соединив их между собой осуществить параллельную работу трансформаторов.

Далее рассматривается к чему приводят отклонения от условий параллельной работы.

Предположив, что первое условие не выполняется, то есть $k_I \neq k_{II}$. Тогда и ЭДС вторичных обмоток не будут равны между собой и в замкнутом через общие шины контура вторичных обмоток возникнет разность этих ЭДС $\Delta \dot{E} = \dot{E}_{2I} - \dot{E}_{2II}$ и уравнительный ток.

Если параллельно работающие трансформаторы заменить их упрощёнными схемами замещения, то величина уравнительного тока определяется из уравнения

$$\dot{i}_y = \frac{\Delta \dot{E}}{z_{kI} + z_{kII}}, \quad (8)$$

где z_{kI} , z_{kII} – сопротивления короткого замыкания трансформаторов.

Присутствие уравнительного тока уменьшает полезную мощность трансформаторов, поэтому, согласно ГОСТ, различие в коэффициентах трансформа-

ции не должно превышать 0,5 % (а при $k < 3 - 1$ %). Из этого следует, что нагрузка между параллельно работающими трансформаторами распределяется обратно пропорционально их напряжениям короткого замыкания. Если $U_{кI} = U_{кII} = \dots$, то трансформаторы загружаются равномерно, пропорционально их номинальным мощностям. При $U_{кI} \neq U_{кII}$ трансформатор с меньшим U_k загружается в большей степени, а другой в меньшей.

Максимальная нагрузка трансформатора не должна длительно превышать номинальную. Поэтому передаваемая мощность будет меньше суммы их номинальных мощностей. В связи с этим, ГОСТ допускает включать на параллельную работу трансформаторы, у которых значения U_k отличаются от среднеарифметического значения U_k всех трансформаторов не более чем на ± 10 %, и отношение номинальных мощностей не отличается больше, чем в три раза.

Теория и методика расчёта режимов работы двух трансформаторов при параллельной работе приведены в источниках [3, 5].

Контрольные вопросы

- 1 Какой из двух понижающих трансформаторов с различными коэффициентами трансформации дополнительно нагружается уравнительным током?
- 2 Какой из двух повышающих трансформаторов с различными коэффициентами трансформации дополнительно нагружается уравнительным током?
- 3 Какой из двух понижающих трансформаторов с различными коэффициентами трансформации разгружается уравнительным током?
- 4 Какой из двух повышающих трансформаторов с различными коэффициентами трансформации разгружается уравнительным током?
- 5 Какое соотношение номинальных мощностей трансформаторов допускается ГОСТом при их включении на параллельную работу?
- 6 Какой из двух трансформаторов различных мощностей достигнет первым номинальной мощности при повышении нагрузки?

5 Практическое занятие № 5. Расчёт параметров трёхфазных асинхронных электродвигателей

Цель занятия: приобрести навыки расчёта параметров трёхфазных асинхронных электродвигателей.

Задание: расчёт основных параметров асинхронного двигателя.

Условия и исходные данные

Заданы: номинальная мощность трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором P_n , номинальное напряжение U_n , номинальное число оборотов ротора n_n , номинальный к.п.д. η_n и номинальный коэффициент мощности $\cos j_n$. Кратность пускового тока I_n/I_n , перегрузочная способность двигателя k .

Определить:

- потребляемую мощность;
- номинальный и максимальный (критический) вращающие моменты;
- пусковой ток;
- номинальное и критическое скольжения.

Рассчитать механические характеристики $M=f(s)$ и $n=f(M)$.

В таблице 8 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 8 – Исходные данные

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальная мощность электродвигателя P_n , кВт	10	20	30	40	50	55	50	45	30	25
Номинальное напряжение U_n , В	380	660	380	660	380	660	380	660	380	660
Номинальное число оборотов ротора, n_n , мин ⁻¹	1500	3000	750	600	500	1500	3000	750	600	500

Продолжение таблицы 8

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальный к.п.д. η_n	0,82	0,76	0,89	0,85	0,82	0,79	0,83	0,84	0,77	0,81
Номинальный коэффициент мощности, $\cos \varphi_n$	0,75	0,80	0,78	0,82	0,88	0,9	0,79	0,85	0,79	0,83
Кратность пускового тока I_n / I_n	5,5	5,8	6,2	6,4	6,9	5,7	6,3	5,6	6,1	5,4
Перегрузочная способность двигателя k	1,20	1,33	1,38	1,42	1,23	1,36	1,25	1,41	1,35	1,28

Краткие теоретические сведения

Частота вращения магнитного поля статора n зависит от числа пар полюсов двигателя p , на которое сконструирована обмотка статора, и от частоты тока трехфазной системы f

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (9)$$

Частота вращения n_2 связана с частотой вращения n_1 характеристикой двигателя, которая называется скольжением s

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (10)$$

Скольжение s изменяется от 0,01 до 0,06 или от 1 до 6 %, возрастая с увеличением нагрузки двигателя. Поэтому частота вращения ротора n_2 , всегда меньше частоты вращения магнитного поля статора двигателя n_1 . С ростом нагрузки двигателя частота вращения n_2 немного уменьшается, что приводит к росту скольжения s . Из-за такого неравенства $n_2 < n_1$ двигатель называется асинхронным.

Момент вращения M , измеряемый в Н·м, определяется по формуле

$$M = 9550 \frac{P_2}{n_2}, \quad (11)$$

где P_2 – полезная мощность на валу двигателя, кВт;

n_2 – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Полезная мощность на валу двигателя

$$P_2 = \sqrt{3}U_{л}I_{л}\cos\varphi\eta, \quad (12)$$

где $U_{л}, I_{л}$ – линейные значения напряжения и тока;

η – КПД двигателя;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности двигателя.

КПД двигателя

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (13)$$

Теория и методики расчёта основных параметров асинхронного двигателя приведены в источниках [4, 6].

Контрольные вопросы

1 Объяснить устройство и принцип действия асинхронного электродвигателя.

2 Каково соотношение между частотами вращающегося магнитного поля статора n_1 и ротора $n_{2ном}$?

3 Объяснить, что называется скольжением асинхронного двигателя и как оно изменяется с увеличением тормозного момента.

4 Как можно рассчитать КПД асинхронного двигателя? Какие виды потерь существуют при работе асинхронного двигателя?

5 Объяснить устройство и принцип действия асинхронного электродвигателя.

6 Каково соотношение между частотами вращающегося магнитного поля статора n_1 и ротора $n_{2ном}$?

7 Объяснить, что называется скольжением асинхронного двигателя и как оно изменяется с увеличением тормозного момента.

8 Как можно рассчитать КПД асинхронного двигателя? Какие виды потерь существуют при работе асинхронного двигателя?

6 Практическое занятие № 6. Расчёт основных параметров генератора параллельного возбуждения

Цель занятия: приобрести навыки расчёта основных параметров генератора параллельного возбуждения.

Задание: расчёт основных параметров генератора параллельного возбуждения.

Условия и исходные данные

Дан генератор параллельного возбуждения с номинальными (паспортными) данными:

- номинальная мощность P_n ;
- номинальное напряжение U_n ;
- скорость вращения n_n .

Заданы: сопротивление обмотки якоря $r_я$; сопротивление цепи возбуждения $r_в$; механические потери $DP_{мех}$; магнитные потери $DP_{маг}$ в % от номинальной мощности генератора.

Определить: электромагнитную мощность генератора и момент на валу первичного двигателя (на входе генератора); к.п.д. генератора при номинальной нагрузке.

В таблице 9 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 9 – Исходные данные по вариантам

Показатель	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номинальная мощность генератора P_n , кВт	5	7,0	10	15	14	8	12	15	20	25
Номинальное напряжение U_n , В	230	110	12	24	36	110	230	12	24	36
Номинальное число оборотов ротора n_n , мин ⁻¹	1500	3000	750	500	600	1500	3000	800	700	1500

Продолжение таблицы 9

Номинальный коэффициент мощности $\cos \varphi$	0,75	0,80	0,78	0,82	0,88	0,91	0,79	0,85	0,79	0,83
Сопротивление обмотки якоря $r_{я}$, Ом	0,75	0,61	0,78	0,81	0,68	0,72	0,75	0,69	0,77	0,71
Сопротивление цепи возбуждения $r_{в}$, Ом	1,54	1,31	1,42	1,51	1,34	1,55	1,47	1,49	1,38	1,52
Механические потери $DP_{мех}$, %	4,1	4,8	5,1	3,7	4,2	3,9	3,5	4,3	4,7	3,8
Магнитные потери $DP_{маг}$, %	3,9	3,6	4,1	4,3	3,7	3,5	3,9	4,2	3,8	4,3

Краткие теоретические сведения

В генераторе с параллельным возбуждением обмотка возбуждения присоединена через регулировочный реостат параллельно обмотке якоря. Для нормальной работы потребителей электроэнергии необходимо поддерживать постоянство напряжения на зажимах генератора, несмотря на изменение общей нагрузки. Это осуществляется посредством регулирования тока возбуждения.

Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением сам питает свою обмотку возбуждения и не нуждается в постороннем источнике электрической энергии. Самовозбуждение генератора возможно только при наличии остаточного магнетизма в сердечниках электромагнитов, поэтому они изготавливаются из литой стали и после прекращения работы генератора сохраняется остаточный магнетизм. Так как обмотка возбуждения подключена к его зажимам, то в ней при вращении якоря в его обмотке потоком остаточного магнетизма индуцируется ЭДС $E_{ост}$, и по обмотке возбуждения начинает протекать ток. Если обмотка возбуждения включена правильно, так, что её магнитный поток Φ направлен «попутно» с магнитным потоком остаточного магнетизма, то суммарный магнитный поток возрастает, увеличивая ЭДС E , магнитный поток Φ и ток возбуждения $I_{в}$. Машина самовозбуждается и начинает устойчиво работать с $I_{в} = \text{const}$, $E = \text{const}$, зависящими от величины сопротивления цепи возбуждения $R = \text{const}$.

Однако процесс нарастания электродвижущей силы E генератора (процесс самовозбуждения генератора) не прогрессирует, то есть ЭДС генератора не возрастает неограниченно. Всякий раз рост индуктированной ЭДС генератора ограничен тем или иным пределом. Для этого необходимо рассмотреть характеристику холостого хода генератора.

Для генератора параллельного возбуждения ЭДС и ток якоря вычисляются по формулам

$$E = U + r_{\text{я}} I_{\text{я}}; \quad (14)$$

$$I_{\text{я}} = I_{\text{н}} + I_{\text{в}}. \quad (15)$$

КПД генератора равен отношению мощности отдаваемой к мощности потребляемой

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1}, \quad (16)$$

где ΣP – суммарные потери мощности генератора;

P_1 – мощность, передаваемая генератору от привода;

P_2 – полезная мощность генератора, отдаваемая в сеть нагрузки.

К потерям мощности генератора относят электрические потери в обмотках якоря $P_{\text{а}}$ и возбуждения $P_{\text{в}}$, механические потери и потери в стали. Электромагнитная мощность генератора вычисляется по формуле

$$P_{\text{эм}} = I_{\text{я}} E. \quad (17)$$

Теоретические основы и методика расчёта основных параметров генератора параллельного возбуждения приведены в [2, 6].

Контрольные вопросы

- 1 Какие характеристики определяют свойства генераторов постоянного тока?
- 2 Каковы условия самовозбуждения генераторов постоянного тока?
- 3 Почему у генератора параллельного возбуждения изменение напряжения при сбросе нагрузки больше, чем у генератора независимого возбуждения?

4 Что необходимо сделать для того, чтобы магнитный поток, создаваемый обмоткой возбуждения, направить согласно с остаточным магнитным потоком.

5 Почему нельзя получить характеристику короткого замыкания у генератора параллельного возбуждения?

Заключение

Представленные практические занятия, построенные по принципу самостоятельной работы студента, позволяют им набирать практический опыт в самостоятельном решении ситуационных задач и делать выводы из полученных результатов. Самостоятельная работа студентов позволит повысить развитие творческих способностей при решении конкретной практической задачи.

Библиографический список

- 1 Тихомиров, П.М. Расчет трансформаторов: Учеб. пособие для вузов / П.М. Тихомиров. – 6 изд., стереотипное. – Издательский дом Альянс, 2009. – 528 с.
- 2 Казаков, В.А. Электрические аппараты: учебное пособие / В.А. Казаков. – М.: РадиоСофт, 2009. – 267 с.
- 3 Чешева, Т.В. Конструирование трансформаторов: учебное пособие / Т.В. Чешева, Г.Ф. Винокурова, В.С. Стукач. – Томск: Изд-во ТПУ, 1992. – 116 с.
- 4 Копылов, И.П. Электрические машины: Учебник 4-е изд., испр. / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2009. – 607 с.
- 5 Девочкин, О.В. Электрические аппараты: учебник / О.В. Девочкин, В.В. Лохнин, Р.В. Меркулов, Е.Н. Смолин. – М.: Академия, 2013. – 496 с.
- 6 Казаков, В.А. Электрические аппараты: учебное пособие / В.А. Казаков. – М.: Радио Софт, 2009. – 267 с.

Учебное издание

Лопатин Евгений Игоревич
Мельников Александр Юрьевич

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Методические указания по выполнению практических занятий

Подписано в печать _____ Тираж _____ экз.
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53