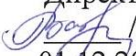


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вятский государственный университет»
(ВятГУ)

УТВЕРЖДАЮ

для лицензирования

Директор колледжа ВятГУ

 Л.В. Вахрушева
01.12.2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОП.10 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

**для специальности среднего профессионального образования
13.02.03 Электрические станции, сети и системы (базовая подготовка)**

для лицензирования

Киров, 2015

Рабочая программа (далее – программа) учебной дисциплины «Электрические машины и трансформаторы» разработана на основе федерального государственного образовательного стандарта (далее - ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее - СПО) 13.02.03 Электрические станции, сети и системы, базовой подготовки.

Зам.директора по УР _____ С.Г.Жвакина

Организация разработчик: ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Разработчики:

Медов Р.В., преподаватель ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Голговских А.В., преподаватель ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет».

Рекомендована ПЦК преподавателей
технических и строительных
специальностей

Протокол №3 от 16.11. 2015 г.

Председатель ПЦК Черепанов В.С.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	стр. 4
2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	6
3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	12
4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	13

1. ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «Электрические машины и трансформаторы»

1.1. Область применения программы

Программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена (далее – ППСЗ) в соответствии с ФГОС по специальности СПО 13.02.03 Электрические станции, сети и системы (базовая подготовка)

Программа учебной дисциплины может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (в программах повышения квалификации и переподготовки) и профессиональной подготовке работников.

1.2. Место дисциплины в структуре ППСЗ:

Дисциплина «Электрические машины и трансформаторы» является вариативной частью общепрофессионального цикла ППСЗ по специальности 13.02.03 Электрические станции, сети и системы, базовой подготовки.

1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины:

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- подбирать по справочным материалам электрические машины для заданных условий эксплуатации;
- составлять простейшие конструктивные и электрические схемы замещения электрических машин;
- составлять принципиальные схемы включения электрических машин;
- выполнять электрические соединения для включения электрических машин;
- анализировать характеристики электрических машин
- пользоваться справочной литературой и каталогами для выбора электрических машин и трансформаторов по заданным параметрам;
- соблюдать правила техники безопасности при работе с электрическими машинами;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин;
- принцип действия электрических машин и трансформаторов;
- конструкции, эксплуатационные свойства и область применения электрических машин и трансформаторов;
- рабочие процессы электрических машин и трансформаторов;

Изучение дисциплины способствует формированию **общих и профессиональных компетенций**:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Проводить техническое обслуживание электрооборудования.

ПК 1.2. Проводить профилактические осмотры электрооборудования.

ПК 2.1. Контролировать работу основного и вспомогательного оборудования.

ПК 2.2. Выполнять режимные переключения в энергоустановках.

ПК 3.1. Контролировать и регулировать параметры производства электроэнергии.

ПК 3.2. Контролировать и регулировать параметры передачи электроэнергии.

ПК 3.3. Контролировать распределение электроэнергии и управлять им.

ПК 3.4. Оптимизировать технологические процессы в соответствии с нагрузкой на оборудование.

ПК 4.3. Проводить и контролировать ремонтные работы.

1.4. Рекомендуемое количество часов на освоение учебной дисциплины:

- максимальной учебной нагрузки обучающегося 266 часов, в том числе:
- обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 178 часов;
- самостоятельной работы обучающегося 88 часов.

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	266
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	178
в том числе:	
лекции	140
практические занятия	38
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	88
<i>Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет</i>	

2.2 Тематический план и содержание учебной дисциплины «Электрические машины и трансформаторы»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические работы, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов	Уровень освоения
1	2		
Введение	Содержание учебного материала		
	Задачи дисциплины. Назначение и принцип действия электрической машины. Преобразование энергий в электрических машинах, нагревание и способы охлаждения. Режимы работы и классификация электрических машин.	4	1
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста по теме.	4	
Раздел 1 Трансформаторы			
Тема 1.1 Устройство, принцип действия, рабочие процессы однофазного трансформатора	Содержание учебного материала		
	Назначение, область применения, устройство, принцип действия и рабочий процесс трансформатора. Потери и КПД. Уравнения электродвижущих сил, токов. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной. Схема замещения, опыт холостого хода, опыт короткого замыкания.	20	2
	Практические занятия: Упрощенный расчет трансформатора для маломощного выпрямителя. Изучение работы однофазного двухобмоточного трансформатора.	6	2
Тема 1.2 Трехфазные трансформаторы	Содержание учебного материала		
	Трансформирование трехфазного тока. Схемы и основные группы соединений обмоток трехфазных трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов, внешние и регулировочные характеристики.	14	2
	Практические занятия: Изучение параллельной работы трехфазных силовых трансформаторов.	4	3

	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста; Подготовка к лабораторной работе; Анализ результатов лабораторных работы и оформление отчета;	12	
Тема 1.3 Специальные трансформаторы	Содержание учебного материала	6	2
	Автотрансформатор. Измерительные трансформаторы. Трансформаторы для выпрямительных установок и для автоматических устройств.		
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста, составление ответов на контрольные вопросы.	6	
Раздел 2 Электрические машины переменного тока			
Тема 2.1 Рабочий процесс асинхронной машины.	Содержание учебного материала	12	2
	Назначение и область применения. Электромагнитные явления, лежащие в принципе действия электрических машин. Устройство асинхронной машины с короткозамкнутым ротором и с фазной обмоткой ротора. Понятие о магнитной цепи асинхронной машины. Потери и КПД асинхронной машины, механические характеристики.		
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста, составление ответов на контрольные вопросы	6	
Тема 2.2 Пуск, реверс, регулирование частоты вращения трехфазного асинхронного двигателя.	Содержание учебного материала:	18	2
	Влияние напряжения сети и активного сопротивления в цепи ротора на электромагнитный момент и на механическую характеристику асинхронного двигателя. Пусковые свойства асинхронного двигателя, двигателя с улучшенными пусковыми свойствами, регулирование частоты вращения. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.		
	Практические занятия: Исследование трехфазного асинхронного двигателя методом непосредственной нагрузки. Исследование трехфазного асинхронного двигателя в однофазном и конденсаторном режимах. Изучение трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором. Изучение работы двухскоростного асинхронного двигателя. Регулирование частоты вращения ротора изменением частоты тока в обмотке статора	10	3
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста. Подготовка к лабораторной работе; Анализ результатов лабораторных работ и оформление отчета.	10	

Тема 2.3 Однофазный и конденсаторный асинхронные двигатели.	Содержание учебного материала: Устройство и принцип действия однофазного и конденсаторного асинхронных двигателей. Работа трехфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме. Фазосмещающие элементы, индукционный регулятор напряжения, фазорегулятор.	6	2
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста, составление ответов на контрольные вопросы	6	
Тема 2.4 Устройство и принцип действия синхронной машины	Содержание учебного материала Понятие о синхронном генераторе; основные конструктивные элементы. Генерирование трехфазной ЭДС. Назначение и область применения синхронных двигателей. Особенности конструкции синхронного двигателя, принцип его работы, способ пуска. Рабочие характеристики синхронного двигателя, влияние величины тока возбуждения, режим перевозбуждения. Синхронные машины специального назначения. Реактивный, шаговый двигатели, машины синхронной связи.	16	2
	Практические занятия: Изучение работы однофазного синхронного генератора и пуска трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	4	
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста. Подготовка к лабораторной работе; Анализ результатов лабораторной работы и оформление отчета	10	
Раздел 3. Электрические машины постоянного тока			
Тема 3.1 Устройство и принцип работы машины постоянного тока	Содержание учебного материала: Устройство машины постоянного тока. Сущность коммутации, причины искрения на коллекторе. Выбор марки щеток, добавочные полюса	8	2
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста, составление ответов на контрольные вопросы	6	
Тема 3.2.	Содержание учебного материала:		

Генераторы постоянного тока.	Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения; их устройство и принцип работы. Условие самовозбуждения. Характеристики генераторов постоянного тока с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением.	14	2
	Практические занятия: Изучение характеристик генератора постоянного тока независимого и параллельного возбуждения	2	3
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста. Подготовка к лабораторной работе; Анализ результатов лабораторных работы и оформление отчета;	8	2
Тема 3.3. Двигатели постоянного тока	Содержание учебного материала:	22	2
	Конструкция, принцип действия, технические характеристики двигателя постоянного тока. Уравнение ЭДС и момента для двигателей постоянного тока; пуск двигателя в ход. Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока, реверсирование, виды потерь при работе машины.		
	Практические занятия: Изучение характеристик двигателя параллельного возбуждения Изучение характеристик двигателя смешанного возбуждения Решение задач по разделу 2 «Электрические машины переменного тока» Решение задач по разделу 2 «Электрические машины постоянного тока»	12	3
	Самостоятельная работа: Аналитическая обработка текста. Подготовка к лабораторной работе; Анализ результатов лабораторных работ, практических занятий и оформление отчета Подготовка к дифференцированному зачету.	12	
Дифференцированный зачет			
Максимальная учебная нагрузка (всего)		266	

Для характеристики уровня освоения учебного материала используются следующие обозначения:

1. –ознакомительный (узнавание ранее изученных объектов, свойств);
2. – репродуктивный (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством)
3. – продуктивный (планирование и самостоятельное выполнение деятельности, решение проблемных задач)

2. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация учебной дисциплины требует наличия полигона электрооборудования. Полигон электрооборудования станций и подстанций № 202 учебного корпуса №3:

- анализатор спектра СК4-59, СК4-56 – 4
- вольтметр В 7-35,
- генераторы ГЗ-118, Г4-106, Г4-153, Г4-154, TR-0157) - 8
- графическая рабочая станция DEPO Rase G560S – 2
- измеритель – 2
- источник питания Б5-71,
- осциллографы (GOS-620, С1-68, С1-79, С1-65А, С1-93 прибор с Х1-42 блоком)
- установка «Исследование супергетеродинного приемника»
- частотомеры (43-53, 43-63/1) - 2

Учебная аудитория №203 учебного корпуса №3:

- источник бесперебойного питания UPS ARC SUA 10001 Smart-UPS 1000A/Serial 230V – 2
- коммутатор Catalyst 2960 24 – 1 шт.
- компьютеры на базе Intel Corei 5 2,8 Гб оперативная память,- 5
- маршрутизатор С1921 – 4 шт.
- межсетевой экран Cisco ASA 5505
- точка беспроводного доступа ЛВС
- шкаф телекоммуникационный напольный 19 (600*1020*2030)

3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Электрические машины и трансформаторы: учеб. пособие для акад. бакалавриата : рекомендовано в качестве учеб. пособия Ред.-издат. советом Томск. политехн. ун-та / В. М. Игнатович, Ш. С. Ройз ; НИ ТПУ. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва: Юрайт, 2015. - 181 с.: ил. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 178
2. Электрические машины: учеб. пособие / Б. Ф. Токарев. - Москва: Альянс, 2015. - 623, [1] с.. - Библиогр: с. 614-615.

Дополнительные источники:

1. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов направлений 220400.62, 230400.62, а также других направлений ФАВТ и ФПМТ / А. М. Ланских; ВятГУ, ФАВТ, каф. АТ. - Киров: [б. и.]. - Загл. с титул. экрана. Ч. 2: Основы электромеханики. - 2014. - 85 с.
2. Машины постоянного тока, трансформаторы, асинхронные машины [Электронный ресурс] : учебно-метод. пособие для студентов специальности 140601.65 "Электромеханика", направления 140400.62 всех форм обучения / А. И. Изотов, С. Л. Соловьев, Д. К. Прокошев ; ВятГУ, ЭТФ, каф. ЭМА. - Киров: [б. и.], 2013. - 9 с.. - Загл. с титул. Экрана
3. Электротехника и основы электроники [Текст]: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии и по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. - 7-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012. - 735 с.: ил. - Библиогр.: с. 730

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
1	2
<p>Умения:</p> <p>подбирать по справочным материалам электрические машины для заданных условий эксплуатации;</p> <ul style="list-style-type: none"> - составлять простейшие конструктивные и электрические схемы замещения электрических машин; - составлять принципиальные схемы включения электрических машин; - выполнять электрические соединения для включения электрических машин; - анализировать характеристики электрических машин - пользоваться справочной литературой и каталогами для выбора электрических машин и трансформаторов по заданным параметрам; - соблюдать правила техники безопасности при работе с электрическими машинами; 	<p>-наблюдение и оценка освоенных умений при выполнении лабораторных работ и практических заданий</p> <p>- зачет по лабораторным работам</p>
<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технические параметры, характеристики и особенности различных видов электрических машин; - принцип действия электрических машин и трансформаторов; - конструкции, эксплуатационные свойства и область применения электрических машин и трансформаторов; - рабочие процессы электрических машин и трансформаторов; 	<p>- устный опрос</p> <p>-письменный опрос</p> <p>- тестирование</p> <p>-контрольная работа</p>

Примерные вопросы для подготовки к дифференцированному зачету:

1. Назначение, область применения и классификация трансформаторов.
2. Электрическая дуга: условия и способы гашения дуги.
3. Параллельная работа трансформаторов. Условия и распределения и распределения нагрузок между трансформаторами.
4. Электрические аппараты управления: назначение, классификация, устройство.
5. Потери и коэффициент полезного действия асинхронной машины.
6. Кнопки управления: технические характеристики, основные конструкции,

принцип действия.

7. Устройство и принцип действия однофазного асинхронного двигателя.

8. Предохранители, конструкция, предъявляемые требования.

9. Назначение, область применения и принцип работы синхронных двигателей.

10. Тепловое реле: принцип действия, устройство.

11. Назначение, область применения и устройство машин постоянного тока,

конструкция их основных узлов.

12. Конструкция предохранителей низкого напряжения.

13. Силовые трансформаторы общего назначения.

14. Автоматические воздушные выключатели: назначение, предъявляемые

требования.

15. Пуск, торможение и реверс асинхронного двигателя.

16. Изоляция электрических аппаратов и машин. Условия работы и требования, предъявляемые к изоляции.

17. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.

18. Потери мощности и энергии в трансформаторе. КПД трансформатора.

19. Способы охлаждения электрических машин.

20. Электрические контакты: типы, основные конструкции, предъявляемые требования, материалы.

21. Устройство и принцип действия трансформатора.

22. Трансформирование трёхфазного электрического тока, схемы включения, основные группы соединения обмоток трёхфазных трансформаторов.

23. Правила эксплуатации трансформаторов.

24. Асинхронный электродвигатель: назначение, область применения, классификация конструкция и принцип действия, механические и рабочие характеристики.

25. Влияние напряжения сети и активного сопротивления в цепи ротора асинхронной машины на электромагнитный момент.

26. Правила эксплуатации асинхронных машин.

27. Работа трёхфазного асинхронного двигателя в однофазном режиме.

28. Принцип действия и роль коллектора машин постоянного тока, ЭДС и электромагнитные моменты.

29. Контактные аппараты и пускатели.

30. Подбор электрических аппаратов.

Примерные задания для подготовки к дифференцированному зачету:

1. Поясните принцип работы однофазного двухобмоточного трансформатора.
2. Поясните, почему с увеличением тока нагрузки трансформатора увеличивается ток в его первичной обмотке.
3. При каком условии и почему напряжение на выходе трансформатора становится больше ЭДС на зажимах вторичной обмотки, измеренной в режиме холостого хода трансформатора?
4. Определите КПД трансформатора при известных его параметрах: $b=0,4$; $S_{ном}=2кВ\cdot А$; $\cos\varphi_2=0,7$; $P_{0ном}=0,07кВ\cdot А$; $P_{к.ном}=0,06кВ\cdot А$.
5. Определите номинальный ток во вторичной обмотке однофазного трансформатора, имеющего следующие параметры: $S_{ном}=3300вт$; $U_{2ном}=36В$.
6. Определите ток в фазе обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя, работающего от сети $U_1=380В$, потребляемая мощность из сети $P_1=16,7кВт$ при $\cos\varphi_1=0,87$. Обмотки статора соединены по схеме «звезда».
7. В табл. 1.1 приведены данные некоторых параметров трехфазных масляных трансформаторов: номинальная мощность $S_{ном}$; номинальные первичное $U_{1ном}$ и вторичное $U_{2ном}$ напряжения; номинальный ток первичной стороны $I_{1ном}$;

напряжение короткого замыкания u_k и его активная $u_{k,a}$ и реактивная $u_{k,p}$ составляющие; ток холостого хода i_0 ; мощности холостого хода P_0 и короткого замыкания P_k ; коэффициенты мощности холостого хода $\cos\varphi_0$ и короткого замыкания $\cos\varphi_k$; сопротивление короткого замыкания Z_k и его активная r_k и реактивная x_k составляющие; номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки $\Delta U_{\text{ном}}$ при коэффициенте мощности нагрузки трансформатора $\cos\varphi_2 = 0,8$ (характер нагрузки — индуктивный). Соединение обмоток трансформатора Y/Y. Требуется определить параметры трансформатора, значения которых в таблице не указаны.

Решение варианта с трансформатором ТМ-25/10.

1. Номинальный ток в первичной обмотке

$$I_{\text{ном}} = S_{\text{ном}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}) = 25 / (1,73 \cdot 10) = 1,45 \text{ А.}$$

Таблица 1.1

Параметр	Тип трансформатора					
	ТМ-25/10	ТМ-40/6	ТМ-63/10	ТМ-100/6	ТМ-160/10	ТМ-250/6
<i>Варианты</i>	0	1-2	3	4-5	6-7	8-9
$S_{\text{ном}}$, кВ·А	25	—	63	—	—	250
$U_{\text{ном}}$, кВ	10	6	10	6	10	—
u_k , %	4,5	—	4,5	—	4,5	—
i_0 , %	3,2	—	4,5	2,6	2,4	—
P_0 , кВт	0,13	0,175	—	—	0,51	—
P_k , кВт	0,6	0,88	—	—	2,65	—
$I_{\text{ном}}$, А	—	3,87	—	9,6	0	24
I_0 , А	—	0,115	0,16	—	—	—
U_k , кВ	—	0,28	0,45	—	—	—
Z_k , Ом	—	—	—	—	—	—
$\cos\varphi_k$	—	—	—	0,30	—	—
$\sin\varphi_k$	—	—	—	—	—	—
$\cos\varphi_0$	—	—	—	—	—	0,13
$u_{k,a}$, %	—	—	—	1,95	—	—
$u_{k,p}$, %	—	—	—	6,2	—	—
r_k , Ом	—	—	—	—	—	0,0036
x_k , Ом	—	—	—	—	—	0,01
$\Delta U_{\text{ном}}$, %	—	—	—	—	—	—

2. Ток холостого хода

$$I_0 = (i_0/100) I_{\text{ном}} = (3,2/100) \cdot 1,44 = 0,046 \text{ А.}$$

3. Коэффициент мощности холостого хода

$$\cos\varphi_0 = P_0 / (\sqrt{3} \cdot I_0 \cdot U_{\text{ном}}) = 0,13 / (1,73 \cdot 0,046 \cdot 10) = 0,16.$$

4. Напряжение короткого замыкания

$$U_k = (u_k/100) \cdot U_{\text{ном}} / \sqrt{3} = (4,5/100) \cdot 10 / 1,73 = 0,26 \text{ кВ.}$$

5. Коэффициент мощности короткого замыкания

$$\cos\varphi_k = P_k / (3 \cdot I_{\text{ном}} \cdot U_k) = 0,6 / (3 \cdot 1,44 \cdot 0,26) = 0,53; \sin\varphi_k = 0,85.$$

6. Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания

$$u_{k.a} = u_k \cos \varphi_k = 4,5 \cdot 0,53 = 2,38 \%$$

$$u_{k.p} = u_k \sin \varphi_k = 4,5 \cdot 0,85 = 3,8 \%$$

7. Сопротивление короткого замыкания

$$Z_k = U_k / I_{1\text{ном}} = 0,26 \cdot 10^3 / 1,44 = 180 \text{ Ом.}$$

8. Активная и индуктивная составляющие сопротивления короткого замыкания

$$r_k = Z_k \cos \varphi_k = 180 \cdot 0,53 = 95,4 \text{ Ом;}$$

$$x_k = Z_k \sin \varphi_k = 180 \cdot 0,85 = 153 \text{ Ом.}$$

9. Номинальное изменение напряжения трансформатора при сбросе нагрузки

$$\Delta U_{\text{ном}} = u_{k.a} \cos \varphi_2 + u_{k.p} \sin \varphi_2 = 2,38 \cdot 0,8 + 3,8 \cdot 0,6 = 4,18 \%$$