

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.02.01  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

направленность (профиль)  
Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и систем

Форма обучения: очная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 3 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр                                      | 2          | Итого      |
|--|------------|------------|
| Форма контроля                               | зачет      |            |
| Вид занятий                                  |            |            |
| Лекции                                       | 16         | 16         |
| Лабораторные                                 |            |            |
| Практические                                 | 16         | 16         |
| Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР |            |            |
| Промежуточная аттестация                     | 0,25       | 0,25       |
| Контактная работа                            | 32,25      | 32,25      |
| Самостоятельная работа                       | 75,75      | 75,75      |
| Контроль                                     |            |            |
| <b>Итого</b>                                 | <b>108</b> | <b>108</b> |

Рабочую программу составил(и):  
доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника», доцент, к.т.н. Шаповалов С.В.  
*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана  
направления подготовки  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

---

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры  
«Электроснабжение и электротехника»

---

(протокол заседания № 2 от «08» сентября 2021 г.)

## 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – изучение требований нормативных документов к организации эксплуатации и ремонта электрооборудования; изучение конструкции, принципа действия и режима работы основного электрооборудования; формирование навыков организации эксплуатации электрооборудования и систем электроснабжения промышленных предприятий.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: дисциплины Блока 1 части, формируемой участниками образовательных отношений направления подготовки бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины и привод», «Электроэнергетические системы и сети», «Эксплуатация систем электроснабжения».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Диагностика электрооборудования», «Системный анализ и принятие решений по повышению надежности систем электроснабжения», «Автоматизация систем электроснабжения (продвинутый уровень)», «Производственная практика (научно-исследовательская работа)», «Производственная практика (проектная практика)».

## 3. Планируемые результаты обучения

| Формируемые и контролируемые компетенции<br>(код и наименование)                 | Индикаторы достижения компетенций<br>(код и наименование)   | Планируемые результаты обучения  |
|--|---|--|
| ПК-2 Способен управлять деятельностью по эксплуатации объектов электроэнергетики | ПК-2.1. Проводит анализ статистики, формирует заключение об эксплуатационном состоянии электрооборудования, причинах отклонений от НТД, выдает рекомендации по созданию наиболее надежной схемы электрических соединений объектов электроэнергетики | Знать: отраслевые нормативные документы ПУЭ, ПТЭЭП, ГОСТ, РД при эксплуатации и ремонте электрооборудования; современное электрооборудование, используемого при выполнении исследований и испытаний при эксплуатации и ремонте электрооборудования |
|  |   | Уметь: работать со справочной литературой и нормативными отраслевыми документами; пользоваться методами испытания электрооборудования систем электроснабжения предприятий  |
|  |   | Владеть: основными приемами испытания электрооборудования; комплексом технических средств, используемых при испытании электрооборудования систем электроснабжения  |
|  | ПК-2.2. Оценивает эффективность управляющих   | Знать: требования обеспечения надежности электроснабжения потребителей   |

| <b>Формируемые и контролируемые компетенции</b><br>(код и наименование) | <b>Индикаторы достижения компетенций</b><br>(код и наименование)                 | <b>Планируемые результаты обучения</b>   |
|---|--|--|
|   | воздействий при изменении эксплуатационного состояния объектов электроэнергетики | Уметь: оценить предлагаемые решения при эксплуатации и ремонте электрооборудования систем электроснабжения с точки зрения технико-экономической эффективности с учетом риска |
|   |  | Владеть: способами управления рисками при эксплуатации и ремонте электрооборудования систем электроснабжения   |

#### 4. Структура и содержание дисциплины

| Модуль (раздел)   | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы)  | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|---|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| Введение  | Лек.               | Предмет и задачи курса. Актуальность проблем эффективной эксплуатации систем электроснабжения  | 2       | 1         |       |                | -  |
|   | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы   | 2       | 2         |       |                |  |
| Раздел 1<br>Организации и эксплуатации электрохозяйства | Лек.               | 1.1 Особенности энергетического производства.<br>1.2 Управление эксплуатации электрохозяйства.<br>1.3 Ремонты. Виды ремонтов.<br>1.4 Техничко-экономические показатели эксплуатации электрохозяйства | 2       | 1         |       |                | Комплект задач   |
|   | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы (написание доклада)   | 2       | 4         |       |                |  |
|   | Пр.                | Оценка продолжительности ремонтного цикла  | 2       | 2         |       |                | Темы докладов  |
| Раздел 2<br>Общие испытания электроустановок            | Лек.               | 2.1. Виды испытаний отдельных частей электроустановок<br>2.2. Проверка схем электрических соединений.<br>2.3. Контроль состояния изоляции.<br>2.4. Общие испытания электрических машин.              | 2       | 2         |       |                | Комплект задач   |

| Модуль (раздел)  | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы)  | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|--|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
|  | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы. Подготовка к практическим занятиям (решение задач)                                     | 2       | 5         |       |                |  |
|  | Пр.                | Оценка продолжительности цикла технического обслуживания   | 2       | 2         |       |                | Темы докладов  |
| Раздел 3<br>Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. | Лек.               | 3.1. Требования безопасности при обслуживании электроустановок.<br>3.2. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.<br>3.3. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ | 2       | 2         |       |                | Комплект задач   |
|  | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы (написание доклада)   | 2       | 6         |       |                |  |
| Раздел 4<br>Оперативное управление электрохозяйством                                     | Лек.               | 4.1. Организация оперативного управления электрохозяйством<br>4.2. Оперативное обслуживание электроустановок<br>4.3. Осмотры электрохозяйства.<br>4.4. Оперативные переключения                            | 2       | 2         |       |                | Темы докладов, комплект задач                              |

| Модуль (раздел)   | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы)   | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|---|--------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
|   | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы. Подготовка к практическим занятиям (решение задач, подготовка к тестированию)   | 2       | 8         |       |                |  |
|   | Пр.                | Сопоставление систем ремонта  | 2       | 2         |       |                | Комплект тестов  |
| Раздел 5<br>Эксплуатация и обслуживание электрооборудования | Лек.               | 5.1. Эксплуатация и обслуживание электрических машин.<br>5.2. Эксплуатация и обслуживание распределительных устройств.<br>5.3. Эксплуатация и обслуживание коммутационных аппаратов.<br>5.4. Эксплуатация и обслуживание вторичных устройств.<br>5.5. Эксплуатация и обслуживание воздушных и кабельных линий | 2       | 4         |       |                | Комплект задач   |
|   | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы. Подготовка к практическим занятиям (подготовка к докладу)   | 2       | 14        |       |                |  |
|   | Пр.                | Оценка эффективности капитального ремонта   | 2       | 2         |       |                | Темы докладов  |
| Раздел 6<br>Предотвращение и ликвидация аварий              | Лек.               | 6.1. Причины аварий и отказов<br>6.2. Предупреждение аварий<br>6.3. Ликвидация аварий.  | 2       | 1         |       |                | Комплект задач   |

| Модуль (раздел)  | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы)  | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|--|--------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|--|
| в электрической части энергосистем                     | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы (подготовка к докладу)  | 2       | 6         |       |                |  |
|  | Пр.                | Оценка эффективности капитального ремонта  | 2       | 2         |       |                | Темы докладов  |
| Раздел 7<br>Организация электромонтажного производства | Лек.               | 7.1 Основные требования к содержанию проектной документации<br>7.2 Выполнение электромонтажных работ   | 2       | 1         |       |                | Комплект задач   |
|  | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы . Подготовка к практическим занятиям (решение задач, подготовка к тестированию) | 2       | 6         |       |                |  |
|  | Пр.                | Расчет теплового режима трансформатора и термического цикла изоляции   | 2       | 2         |       |                | Комплект тестов, темы докладов                             |
| Раздел 8   | Лек.               | 8.1 Прокладка кабелей<br>8.2 Соединение и оконцевание кабелей  | 2       | 1         |       |                | Комплект задач   |



| Модуль (раздел)  | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы)   | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наименование оценочного средства) |
|--|--------------------|---|---------|-----------|-------|----------------|--|
| Монтаж кабельных линий   | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы. Подготовка к практическим занятиям (подготовка к докладу) | 2       | 6         |       |                |  |
|  | Пр.                | Расчет теплового режима трансформатора и термического износа изоляции   | 2       | 2         |       |                | Комплект тестов, темы докладов                             |
| Раздел 9<br>Монтаж силового оборудования и распределительных устройств | Лек.               | 9.1 Монтаж трансформаторов<br>9.2 Монтаж электропроводки<br>9.3 Монтаж аппаратуры управления<br>9.4 Монтаж комплектных устройств  | 2       | 1         |       |                | Комплект задач   |
|  | Ср.                | Изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой ответов на частные и общие вопросы. Подготовка к практическим занятиям (подготовка к докладу) | 2       | 10,75     |       |                |  |
|  | Пр.                | Расчет теплового режима трансформатора и термического износа изоляции   | 2       | 2         |       |                | Комплект тестов, темы докладов                             |

| <b>Модуль (раздел)</b> | <b>Вид учебной работы</b> | <b>Наименование тем занятий (учебной работы)</b>  | <b>Семестр</b> | <b>Объем, ч.</b> | <b>Баллы</b> | <b>Интерактив, ч.</b> | <b>Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)</b> |
|------------------------|---------------------------|---|----------------|------------------|--------------|-----------------------|---|
|                        | Ср.                       | Самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к промежуточной аттестации. | 2              | 8                |              |                       |   |
|                        | ПА                        | Сдача зачета  | 2              | 0,25             |              |                       |   |
| <b>Итого:</b>          |                           |   |                | <b>108</b>       |              |                       |   |

## **5. Образовательные технологии**

Для оценки знаний, умения и уровня профессиональных компетенций, приобретаемых выпускником в процессе изучения дисциплины «Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования», используются технологии традиционного обучения:

- лекции;
- практические занятия с устным опросом обучающихся и закреплением теоретического материала;
- индивидуальные и групповые консультации по теоретическим и практическим вопросам курса;
- выполнение практических заданий, которые позволяют приобрести практические знания и навыки решения задачи и работы с нормативной, методической, научно-технической и справочной литературой;
- проведение различных форм самостоятельной работы, которая включает подготовку к лекционным и практическим занятиям, подготовку доклада и его презентации к защите на практическом занятии.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

6.1. Обучающимся необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины (далее – РПД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине.

6.2. Методические указания по подготовке к лекционным занятиям.

В ходе лекций рассматриваются основные понятия тем, связанные с ними теоретические и практические проблемы, даются рекомендации для самостоятельной работы и подготовке к практическим занятиям. Поэтому изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Обучающимся необходимо: перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, ее основные вопросы, рекомендуемую литературу, что позволит сэкономить время на освоение темы на аудиторном занятии; перед очередной лекцией необходимо просмотреть/повторить материалы предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам.

6.3. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

В ходе практических занятий углубляются и закрепляются знания обучающихся по ряду рассмотренных на лекциях вопросов, знаний по организации эксплуатации и ремонта электрооборудования; предотвращение и ликвидации аварий в электрической части энергосистем; организации электромонтажного производства; оперативного управления электрохозяйством. На практических занятиях развиваются способности использовать современные информационные технологии, управлять информацией с применением прикладных программ; использовать сетевые компьютерные технологии, базы данных и пакеты прикладных продуктов. При подготовке к практическим занятиям каждый обучающийся должен:

- изучить рекомендованную литературу;
- изучить материалы лекций;
- подготовить ответы на все вопросы по изучаемой теме;
- выполнить домашнее задание, рекомендованное преподавателем при изучении каждой темы занятия.

По заданию преподавателя обучающийся должен подготовить доклад по теме практического занятия. В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут воспользоваться консультациями преподавателя.

6.4. Самостоятельная работа включает в себя выполнение различного рода заданий и самостоятельное изучение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям с подготовкой к практическим занятиям. Контроль самостоятельной работы обучающихся над программой курса осуществляется в ходе практических занятий (устный опрос, решение задач, публичное выступление с докладом по выбранной теме, тестирование).

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

| Семестр | Код контролируемой компетенции<br>(или ее части) | Наименование<br>оценочного средства  |
|---------|--|--|
| 2       | ПК-2.1   | Тестовые задания № 1-50, 67-70<br>Темы докладов № 1-7, 13-16<br>Задачи № 1, 3, 4<br>Вопросы к зачету № 8-16, 19-24, 3-37         |
| 2       | ПК-2.2   | Тестовые задания № 51-66, 71-107<br>Темы докладов № 8-12, 17-20<br>Задачи № 2, 5<br>Вопросы к зачету № 1-7, 17, 18, 25-30, 38-40 |

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Задачи

(наименование оценочного средства)

#### 1. Оценка продолжительности ремонтного цикла кабельной линии 6 кВ.

Таблица – Периодичность проведения ремонтов силового оборудования

| Оборудование                                       | Периодичность ремонта, лет |              |
|--|----------------------------|--------------|
|  | текущего                   | капитального |
| Силовые трансформаторы 10/04кВ                     | 3                          | 12           |
| КТП внутренней установки                           | 3                          | 12           |
| КТП наружной установки                             | 1                          | 8            |
| Выключатели масляные 10 кВ                         | 1                          | 3            |
| Выключатели нагрузки 10 кВ                         | 1                          | 3            |
| Разъединители 10 кВ:<br>внутренней установки       | 1                          | 4            |
| наружной установки                                 | 1                          | 3            |
| Конденсаторные установки до 10 кВ                  | 0,5                        | 4            |
| Трансформаторы тока до 10 кВ                       | 1                          | 3            |
| Воздушные линии 0,4-10 кВ:<br>на деревянных опорах | 3                          | 6            |
| на ж.б. опорах                                     | 4...5                      | 8...10       |
| Воздушные линии 35-110 кВ:<br>на деревянных опорах | -                          | 6            |
| на метал. и ж.б. опорах                            | -                          | 12           |
| Кабельные линии до 10 кВ                           | 1                          | 20           |

Оценку продолжительности ремонтного цикла можно выполнить по нормам ежегодных амортизационных отчислений на капитальный ремонт  $p_k$ :

$$T_{pk} = \frac{z_k}{p_k \cdot K},$$

где  $z_k = 1\,795\,000$  руб. – стоимость одного капитального ремонта кабельной линии 6 кВ марки АВВГ-6 длиной 2 км;

$K = 1322000$  руб. – стоимость кабельной линии протяженностью 2 км;

$p_k = 0,02$  – норма отчислений на капитальный ремонт кабельной линии.

$$T_{pk} = \frac{1795000}{0.02 \cdot 1322000} = 67,89 \text{ лет.}$$

Продолжительность ремонтного цикла, отвечающая минимуму полных затрат, составит:

$$T_{pk} = \frac{z_k}{2 \cdot \omega \cdot z_a} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + 4 \frac{z_a}{z_k}} \right),$$

где  $z_a = 180\,000$  руб. – стоимость одного аварийно-восстановительного ремонта;

$\omega = 20\%$  – поток отказа.

$$T_{pk} = \frac{1795000}{2 \cdot 0.2 \cdot 180000} \cdot \left( 1 + \sqrt{1 + 4 \frac{180000}{1795000}} \right) = 54 \text{ года.}$$

Определение  $T_{pk}$  по второму выражению позволяет использовать в расчетах относительное значение затрат  $z_k/z_a$ , что заметно сокращает требуемый объем исходной информации.

**2. Оценка продолжительности цикла технического обслуживания кабельной линии 6 кВ.**

Выявление дефекта в процессе проведения ТО обусловит затраты на проведение ремонта кабельной линии по устранению этого дефекта.

$$z_{di} = \omega \cdot T_{toi} \cdot z_d,$$

где  $z_d = 43620$  руб. – стоимость ремонта по устранению дефекта;

$T_{toi} = 1$  год – продолжительность текущего ремонта для кабельной линии до 10 кВ.

$$z_{di} = 0.2 \cdot 1 \cdot 43620 = 8724 \text{ руб.}$$

Затраты на аварийные ремонты в интервале  $T_{toi}$  при условии, что ТО не проводится, составят:

$$z_{ai} = \omega \cdot T_{toi} \cdot z_a,$$

$$z_{ai} = 0.2 \cdot 1 \cdot 180000 = 36000 \text{ руб.}$$

Очевидно, что продолжительность интервала  $T_{toi}$  должна определиться из условия:

$$z_{toi} + z_{di} \leq z_{ai},$$

где  $z_{toi}$  – затраты, связанные с выполнением  $i$ -той работы ТО:

$$z_{toi} = \omega \cdot T_{toi} \cdot z_{to},$$

где  $z_{to} = 61600$  руб. – стоимость ТО кабельной линии.

$$z_{toi} = 0.2 \cdot 1 \cdot 61600 = 12320 \text{ руб.}$$

Продолжительность  $i$ -го цикла ТО:

$$T_{TOi} \geq \frac{Z_{TOi}}{\omega(Z_{ai} - Z_{Li})},$$

$$T_{TOi} \geq \frac{12320}{0.2(36000 - 8724)};$$

$$T_{TOi} \geq 2,26.$$

Таким образом, продолжительность  $i$ -го цикла ТО составит 2,26 года.

### 3. Сопоставление систем ремонта кабельной линии 6 кВ.

Поскольку стоимость ремонта электрооборудования входит в себестоимость продукции, вопрос о сроках и объемах ТО в большинстве случаев является вопросом технико-экономическим.

Сопоставим 3 системы ремонта оборудования:

1. Планово-предупредительную;
2. Аварийно-восстановительную;
3. По действительному техническому состоянию оборудования.

Поскольку вопрос о выборе системы обслуживания и ремонта оборудования является технико-экономическим, ниже приведена структура затрат при различных системах:

$$Z_1 = Z_{01} + Z_{\kappa 1} + Z_{a1},$$

$$Z_2 = Z_{02} + Z_{a2},$$

где  $Z_0$ ,  $Z_\kappa$  и  $Z_a$  - затраты на техническое обслуживание, капитальные и аварийно-восстановительные ремонты в системах ППР и АВР.

$$Z_1 = 61600 + 180000 + 1795000 = 2036600 \text{ руб.},$$

$$Z_2 = 61600 + 180000 = 241600 \text{ руб.}$$

В настоящее время наиболее распространенной является система ППР, необходимо сравнить эту систему с системой АВР.

Затраты на обслуживание и текущий ремонт в обеих системах будем считать одинаковыми и исключим из рассмотрения, тогда

$$Z_1 = Z_{\kappa 1} + Z_{a1} = Z_{a1} \cdot \left(1 + \frac{Z_{\kappa 1}}{Z_{a1}}\right),$$

$$Z_2 = Z_{a2}.$$

Затраты в обеих системах будут равны:

$$Z_1 = 1795000 + 180000 = 1975000 \text{ руб.},$$

$$Z_2 = 180000 \text{ руб.}$$

Для оценки эффективности каждой системы определим  $Z_{\kappa 1} / Z_{a1}$  и  $\varphi(\delta - 1)$ .

$$\frac{Z_{\kappa 1}}{Z_{a1}} = \frac{1795000}{180000} = 9.972.$$

Для городских распределительных сетей значение  $\varphi$  для кабельной линии составляет 0.3, а коэффициент  $\delta$  - больше единицы и меньше или равен 10, т.е.  $1 < \delta \leq 10$ .

Принимаем для КЛ 6 кВ протяженностью 2 км  $\delta = 10$ , тогда

$$\varphi(\delta - 1) = 0.3(10 - 1) = 2.7.$$

Так как  $\frac{Z_{\kappa 1}}{Z_{a1}} > \varphi(\delta - 1)$ , то для кабельной линии 6 кВ более эффективна система АВР.

#### 4. Оценка эффективности капитального ремонта кабельной линии 6 кВ.

Для оценки стоимости оборудования до и после ремонта воспользуемся эмпирической формулой для расчета коэффициента физического износа:

$$K_{из} = (0.208 - 0.00384 \cdot B) \cdot T^{0.7},$$

где  $B = 40$  – оценка технического состояния кабельной линии 6 кВ по 50-бальной шкале;  
 $T = 15$  лет – возраст оборудования.

$$K_{из} = (0.208 - 0.00384 \cdot 40) \cdot 15^{0.7} = 0.36.$$

Остаточная стоимость оборудования до капитального ремонта составляет:

$$C_{др} = C_0(1 - K_{из}),$$

$$C_{др} = 2313500(1 - 0.36) = 1480640 \text{ руб.}$$

Альтернативой ремонту является покупка нового оборудования, стоимость которого является  $C_H$ . Выгодность капитального ремонта выражается в положительности экономического эффекта:

$$\mathcal{E} = C_H - C_{др} - \mathcal{Z}_p > 0,$$

где  $C_H = 2313500$  руб. – стоимость нового оборудования;

$\mathcal{Z}_p$  - затраты на ремонт.

Тогда

$$\mathcal{E} = 582860 > 0.$$

Если старое оборудование невозможно продать по остаточной стоимости, вместо стоимости до капитального ремонта следует принят утилизационную стоимость оборудования  $C_y$ . Тогда условие выгодности капитального ремонта приобретает вид:

$$\mathcal{E} = C_H - C_y - \mathcal{Z}_p > 0,$$

где  $C_y = 25320$  руб. – стоимость утилизации оборудования.

Таким образом:

$$\mathcal{E} = 493180 > 0.$$

Расчет эффективности капитального ремонта кабельной линии 6 кВ сведен в таблицу 2.

Таблица 2 - Расчет эффективности капитального ремонта кабельной линии 6 кВ

| B  | K <sub>из</sub> | C <sub>др</sub> , руб | З <sub>р</sub> , руб | Э       |
|----|-----------------|-----------------------|----------------------|---------|
| 40 | 0.36            | 1 480 640             | 250 000              | 582 860 |
| 30 | 0.62            | 879 130               | 785 000              | 649 370 |
| 20 | 0.87            | 300 755               | 1 795 000            | 217 745 |

Таким образом, оценка стоимости оборудования до и после ремонта в сопоставлении с затратами на его проведение показала, что эффективнее капитальный ремонт старого оборудования.

#### 5. Расчет теплового режима трансформатора и термического износа изоляции

Таблица – Основные показатели теплового режима трансформатора

| Название показателя                              | Обозначение | Трансформатор ТМН |
|--|-------------|-------------------|
| Показатель степени масла                         | $x$         | 0,8               |
| Показатель степени обмотки                       | $y$         | 1,6               |
| Отношение потерь $\Delta P_{кз} / \Delta P_{xx}$ | $R$         | 5                 |
| Тепловая постоянная времени масла, ч             | $\tau_o$    | 3                 |
| Температура воздуха, °C                          | $\Theta_a$  | 20                |



|   |                      |    |
|---|----------------------|----|
| Превышение температуры масла на выходе из обмотки над температурой воздуха в номинальном режиме, °C                         | $\Delta\Theta_{oar}$ | 55 |
| Превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла на выходе из обмотки в номинальном режиме, °C | $\Delta\Theta_{hor}$ | 23 |
| Температура наиболее нагретой точки обмотки, при которой относительный износ изоляции равен единице, °C                     | $\Theta_h$           | 98 |

Относительные значения нагрузки и перегрузки определяются по (37):

$$K_{31} = \frac{2}{2.6} = 0.77,$$

$$K_{32} = \frac{3.2}{2.6} = 1.23.$$

Найдем параметры установившегося режима по (38)-(41):

$$\Delta\Theta_{oaK1} = 55 \left( \frac{1 + 5 \cdot 0.77^2}{1 + 5} \right)^{0.8} = 39.4 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta\Theta_{hoK1} = 23 \cdot 0.77^{1.6} = 15.1 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_{oK1} = 20 + 39.4 = 59.4 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_{hK1} = 20 + 39.4 + 15.1 = 74.5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Параметры переходный тепловой режим в интервале  $t$  увеличения нагрузки от значения  $K_1$  до значения  $K_2$  (42)-(45):

$$\Delta\Theta_{oaK2} = 55 \left( \frac{1 + 5 \cdot 1.23^2}{1 + 5} \right)^{0.8} = 72 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta\Theta_{oa}(t) = 39.4 + (72 - 39.4)(1 - \exp(-\frac{t}{3})) = 48.6 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta\Theta_{ho}(t) = 23 \cdot 1.23^{1.6} = 32 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_o(t) = 20 + 48.6 = 68.6 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_h(t) = 20 + 48.6 + 32 = 100.6 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Найдем параметры переходного теплового режима после интервала  $t$  при уменьшении нагрузки от значения  $K_2$  до значения  $K_1$  по (46) – (49):

$$\Delta\Theta_{oa}(t) = 39.4 + (48.6 - 39.4)(1 - \exp(-\frac{t}{3})) = 45.2 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta\Theta_{hoK1} = 23 \cdot 0.77^{1.6} = 15.1 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_o(t) = 20 + 45.2 = 65.2 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Theta_h(t) = 20 + 45.2 + 15.1 = 80.3 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Расчет термического износа изоляции.

В установившемся тепловом режиме износ витковой изоляции составляет:

$$I = 2^{[74.5-98]/6} = 0.066 \text{ норм.сут.}$$

### Краткое описание и регламент выполнения

Задание выполняется письменно. Оценивается правильность выполнения задания и количество допущенных при выполнении задания ошибок.

### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если задача решена правильно или решена с незначительными ошибками;
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если задача не решена и/или допущены грубые ошибки.

### 7.2.2. Темы докладов

| №<br>п/п | Темы   |
|----------|--|
| 1.       | Оценка надежности электрооборудования                                |
| 2.       | Оценка продолжительности ремонтного цикла                            |
| 3.       | Оценка продолжительности цикла технического обслуживания             |
| 4.       | Оценка периодического контроля работоспособности электрооборудования |
| 5.       | Сопоставление систем ремонта электрооборудования                     |
| 6.       | Оценка эффективности капитального ремонта электрооборудования        |
| 7.       | Обеспечение электрооборудования запасными частями                    |
| 8.       | Эксплуатационно-техническая документация                             |
| 9.       | Эксплуатация воздушных ЛЭП   |
| 10.      | Эксплуатация кабельных ЛЭП   |
| 11.      | Эксплуатация силовых трансформаторов                                 |
| 12.      | Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств         |
| 13.      | Тепловизионный контроль электрооборудования                          |
| 14.      | Организация эксплуатации выключателей 110 кВ                         |
| 15.      | Диагностика кабельной линии на 35 кВ                                 |
| 16.      | Организация ремонта трансформатора ТДН 16 МВА                        |
| 17.      | Организация эксплуатации релейной защиты                             |
| 18.      | Монтаж и эксплуатация электрических счетчиков                        |
| 19.      | Организация эксплуатации системы АСКУЭ                               |
| 20.      | Эксплуатация управляемого реактора трансформаторного типа            |

Доклад представляет собой публичное выступление по изучаемому разделу дисциплины «Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования». При подготовке доклада, презентации обучающийся должен отобрать не менее 7 наименований литературы (книг, статей, сборников, нормативно-правовых актов). Предпочтение следует отдавать литературе, опубликованной в течение последних 5 лет. Допускается обращение к Интернет-сайтам. Изложение текста доклада должно быть четким, аргументированным.

В заключение доклада обучающийся должен сделать выводы по теме.

Продолжительность доклада не более 15 минут. Для получения положительной отметки наличие компьютерной презентации обязательно. Минимальное количество слайдов – 12. Презентация должна быть информативна, соответствовать теме доклада.

### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся изложил материал грамотно, содержание ответа соответствует содержанию вопроса, тема вопроса полностью раскрыта; подготовлена презентация с требуемым количеством слайдов.

- оценка «не зачтено», если обучающийся не раскрыл содержание вопроса или отклонился от заданной темы, отсутствует презентация или презентация не содержит требуемого количества слайдов, не информативна и не соответствует теме доклада.

### **7.2.3 Типовые тестовые задания**

1. Что собой представляет энергетическая система?

- совокупность электростанций, тепловых сетей, потребителей тепловой энергии;
- совокупность электростанций, электрических сетей, потребителей электрической энергии;
- совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, потребителей электрической и тепловой энергии.

2. В ведение кого находятся вопросы технической эксплуатации:

- Главного инженера предприятия;
- директора предприятия;
- начальника электроцеха.

3. По назначению ремонты различаются:

- восстановительный и реконструкцию;
- восстановительный, реконструкцию и техническое перевооружение;
- восстановительный и техническое перевооружение.

4. Экономическая задача для эксплуатационного персонала:

- обеспечить экономию электроэнергии.;
- обеспечить максимальное снижение себестоимости продукции предприятия;
- обеспечить анализ загрузки сетей и агрегатов, причин простоев и аварий.

5. При фазировке трансформатора напряжение между совпадающими фазами трансформатора и сети должно быть:

- равно фазному напряжению сети;
- равно нулю;
- равно линейному напряжению сети.

6. При испытании трансформаторного масла на электрическую прочность делают:

- 5 пробоев с интервалами 10 мин;
- 7 пробоев с интервалами 10 мин;

-6 пробоев с интервалами 10 мин.

7. Право выдачи нарядов и распоряжений при обслуживании электроустановок выше 1000В предоставляется лицам из электротехнического персонала, имеющим группу по электробезопасности:

- не ниже III;
- не ниже IV;

8. Оперативное обслуживание электроустановок осуществляет:

- ремонтный персонал;
- оперативный (дежурный) персонал;
- общецеховой персонал.

9. Оперативное переключение осуществляет:

- административно-технический персонал;
- оперативный персонал;
- ремонтный персонал.

10. Подрядчиком при проведении электромонтажных работ является:

- строительная организация;
- ремонтная организация;
- электромонтажная организация.

### **Краткое описание и регламент выполнения**

Тест проводится в начале практического занятия в письменной форме. Каждому обучающемуся выдается 15 вопросов, на каждый из которых нужно выбрать правильный (ые) ответ (ы). Время, отводимое на тестирование - 12 минут.

### **Критерии оценки:**

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся ответил правильно больше чем на половину тестов.
- оценка «не зачтено» - если обучающийся ответил правильно на половину или меньше тестов.

## **7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

### **7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации**

Семестр2

| №<br>п/п | Вопросы к зачету   |
|----------|--|
| 1.       | Общие сведения об эксплуатации электрооборудования.                  |
| 2.       | Ремонты. Виды ремонтов. Обеспечение оборудования запасными частями.  |
| 3.       | Связь эксплуатации и надежности электрооборудования.                 |
| 4.       | Техническое обслуживание. Оценка продолжительности цикла ТО.         |
| 5.       | Системы ремонта оборудования   |
| 6.       | Оценка эффективности капитального ремонта оборудования               |
| 7.       | Эксплуатационная технологическая документация на электрооборудование |
| 8.       | Осмотр воздушных линий   |

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Вопросы к зачету</b>   |
|------------------|---|
| 9.               | Профилактические измерения и испытания воздушных линий                                  |
| 10.              | Определение места повреждения воздушных линий   |
| 11.              | Борьба с гололедом. Ремонт воздушных линий  |
| 12.              | Осмотр кабельных линий. Допустимые нагрузки при эксплуатации                            |
| 13.              | Профилактические измерения и испытания кабельных линий                                  |
| 14.              | Профилактические измерения и испытания кабельных линий                                  |
| 15.              | Ремонт кабельных линий.   |
| 16.              | Осмотр трансформаторов  |
| 17.              | Режимы работы трансформаторов   |
| 18.              | Эксплуатация трансформаторного масла  |
| 19.              | Хроматографический анализ газов, растворенных в трансформаторном масле.                 |
| 20.              | Ремонт трансформаторов.   |
| 21.              | Испытание трансформаторов после капитального ремонта                                    |
| 22.              | Характеристика изоляции обмоток трансформатора  |
| 23.              | Испытания изоляции трансформатора повышенным напряжением                                |
| 24.              | Классификация испытаний трансформаторного масла, сроки, объем и методика этих испытаний |
| 25.              | Эксплуатация распределительных устройств  |
| 26.              | Эксплуатация шин распределительных устройств  |
| 27.              | Эксплуатация коммутационных аппаратов   |
| 28.              | Эксплуатация измерительных трансформаторов  |
| 29.              | Эксплуатация конденсаторных установок и аппаратов защиты от перенапряжений              |
| 30.              | Эксплуатация заземляющих устройств  |
| 31.              | Тепловизионный контроль электрооборудования   |
| 32.              | Требования безопасности при обслуживании электрооборудования                            |
| 33.              | Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ                              |
| 34.              | Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ                          |
| 35.              | Классификация помещений по опасности поражения людей электрическим током                |
| 36.              | Энергетическая система и организация ее эксплуатации                                    |
| 37.              | Программа приемо-сдаточных испытаний  |
| 38.              | Осмотры распределительных устройств. Профилактические измерения и испытания.            |
| 39.              | Осмотры коммутационных аппаратов.   |
| 40.              | Осмотры контактных соединений   |

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

| <b>Семестр</b> | <b>Форма проведения промежуточной аттестации</b> | <b>Критерии и нормы оценки</b> |   |
|----------------|--|--------------------------------|---|
| 2              | зачет  | «зачтено»                      | оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся изложил материал грамотно, содержание ответа соответствует содержанию вопроса, тема вопроса полностью раскрыта |

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки |   |
|---------|---|-------------------------|---|
|         |   | «не зачтено»            | оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если обучающийся не раскрыл содержание вопроса или отклонился от заданной темы |

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

| №<br>п/п | Авторы, составители                            | Заглавие (заголовок)  | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке /<br>Наименование ЭБС |
|----------|--|---|---|-------------|---|
| 1        | Хорольский В. Я.                               | Эксплуатация электрооборудования  | Учебник   | 2022        | ЭБС "Лань"  |
| 2        | Полищук В. И.                                  | Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования                                  | Учебное пособие   | 2020        | ЭБС<br>"ZNANIUM.COM"                                  |
| 3        | Полуянович Н.К.                                | Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий | Учебное пособие   | 2019        | ЭБС «Лань»  |
| 4        | Коломиец Н.В.,<br>Пономарчук Н.Р., Елгина Г.А. | Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций                  | Учебное пособие   | 2015        | ЭБС<br>"ZNANIUM.COM"                                  |

### 8.2. Дополнительная литература

| №<br>п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок)                                   | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке /<br>Наименование ЭБС |
|----------|---------------------|--|---|-------------|---|
| 1        | Грунтович Н. В.     | Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования     | Учебное пособие   | 2019        | ЭБС<br>"ZNANIUM.COM"                                  |
| 2        | Шаповалов В.А.      | Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования | Практикум   | 2016        | Репозиторий ТГУ                                       |

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- WebofScience [Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016. – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус.,англ.;
- Scopus [Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004. – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа : elibrary.ru. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.;
- SpringerLink [Электронный ресурс] : [база данных].– Switzerland: SpringerNature, 1842. – Режим доступа : link.springer.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- ScienceDirect [Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. – Netherlands: Elsevier, 2018. – Режим доступа : sciencedirect.com. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- Cambridgeuniversitypress [Электронный ресурс] : журналы издательства. – Cambridge: Cambridgeuniversitypress, 2018 . – Режим доступа : cambridge.org. – Загл. с экрана. – Яз. англ.;
- NEICON [Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. – Москва : НЭИКОH, 2002. – Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование ПО  | Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)   |
|-------|--|---|
| 1     | Windows:<br>WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc                             | договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно;<br>контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно |
| 2     | Office Standard:<br>Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition | договор № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно  |

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий   | Перечень основного оборудования  |
|-------|---|--|
| 1     | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-211) | Проектор, экран; стол ученический (моноблок) двухместный, стол ученический (моноблок) трехместный, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная., экран, проектор, жалюзи. |



| №<br>п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий  | Перечень основного оборудования  |
|----------|--|--|
| 2        | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Э-609)      | Столы ученические двухместные (моноблок), стол ученический трехместный моноблок, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра, экран, проектор, процессор, жалюзи |
| 3        | Лаборатория «Производство и передача электроэнергии».<br>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.<br>Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ).<br>Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций<br>Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.(Э-201) | Столы ученические двухместные, стулья ученические, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), стенд лабораторный, столы лабораторные, шкаф, жалюзи                      |
| 4        | Лаборатория «Монтаж и эксплуатация системы электроснабжения. Электроосветительные установки» (Э-209)   | Столы ученические двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), стенды лабораторный, жалюзи.  |
| 5        | Помещение для самостоятельной работы обучающихся (Г-401)   | Столы, стулья, компьютеры  |
| 6        | Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-916)   | Столы, стулья, компьютеры  |