

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
в г. Петровске


УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске
Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

по междисциплинарному курсу
МДК.02.03 «Релейная защита и автоматические
системы управления устройствами электроснабжения»

специальности
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой)
комиссии общепрофессиональных
дисциплин, профессиональных модулей
специальностей
технического профиля
«14» июня 2021 года, протокол № 13
Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

Пояснительная записка.

Методические указания по выполнению практических работ разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.02 «Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей», требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2017 № 1216 и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

ОК 11. Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

ПК 2.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 2.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

ПК 2.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

Изучение профессионального модуля направлено на освоение основного вида деятельности «Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей».

При выполнении практических работ студент должен **уметь:**

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;
- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок;
- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;

При выполнении практических работ студент должен **знать**:

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем,
- типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей;
- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;
- эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

Содержание практических занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов междисциплинарного курса.

Объем практических занятий определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность практического занятия - 2 академических часа. Перед проведением практического занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению практических работ междисциплинарного курса содержит 14 практических занятия.

Перечень практических работ.

МДК.02.03 Релейная защита и автоматические системы управления
устройствами электроснабжения

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Изучение конструкции и технических данных реле, применяемых в схемах РЗ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Изучение принципа работы и конструкции трансформатора тока

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Выбор и проверка трансформаторов тока и напряжения

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение однолинейной схемы МТЗ с независимой выдержкой времени

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Изучение схемы токовой отсечки линии с односторонним питанием

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

Тема: Изучение схемы защиты трансформатора напряжением 6...10/0,4 кВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Изучение схемы дифференциальной защиты трансформатора на переменном оперативном токе

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Изучение схемы защиты электродвигателя напряжением до 1 кВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Изучение принципиальной схемы защиты линии от междуфазных

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема: Изучение принципиальной схемы защиты линии от междуфазных

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема: Расчет у ставок МТЗ и токовой отсечки. Выбор схемы соединения трансформаторов тока

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Тема: Изучение конструкции и технических данных реле, применяемых в схемах РЗ

Цель работы: ознакомиться с конструкциями реле и применением их в схемах релейной защиты.

Ход работы:

Релейной защитой называются специальные устройства (реле, контакторы, автоматы и т.д.) обеспечивающие автоматическое отключение повреждённой части установки или приводит в действие сигнализацию.

Реле называется аппараты, замыкающие или размыкающие электрические сети, или механически воздействуют на выключатели при заданном значении величин напряжения, на которые они реагируют.

Указательное реле РУ – 21

Указательные реле (рис. 1) используются в схемах РЗ и автоматики в качестве указателей срабатывания этих устройств. Устройство реле РУ-21, широко распространенного в настоящее время, состоит из электромагнита с обмоткой 1. Когда по обмотке проходит ток, якорь 2 притягивается, освобождая флажок (блинкер) 3. Флажок падает под действием собственного веса и занимает положение, при котором он виден через смотровое окно 4. Возврат флажка в исходное положение производится нажатием на кнопку 5.

Тепловые реле применяются для защиты от перегрузок в сетях напряжением до 1 кВ. Такие реле входят в конструкцию магнитных пускателей.

Рассмотрим реле с использованием полупроводниковых приборов (диодов и транзисторов). Эти реле обладают малым временем возврата и малыми погрешностями по току срабатывания, относятся к бесконтактным аппаратам, в которых используются усилительные свойства транзисторов. Принцип действия полупроводниковых реле сводится, как правило, к скачкообразному изменению тока в электрической цепи при воздействии на него, управляющего сигнала. К недостаткам таких реле следует отнести: наличие небольшого тока в цепи нагрузки в положении «выключено», в связи, с чем бесконтактные реле не могут быть использованы для полного разрыва цепи; большие разбросы характеристик, зависимость от температуры, нелинейность сопротивлений.

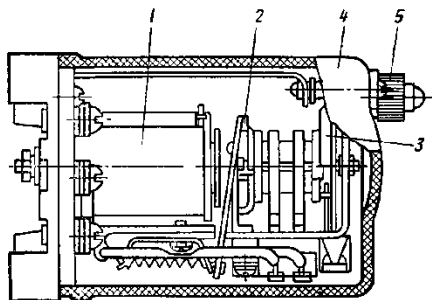


Рисунок 1 – Указательное реле РУ – 21

Промежуточное реле РП – 341

Промежуточные реле (рис. 2), как правило, выполняются на электромагнитном принципе и предназначены для увеличения числа контактов основного реле, когда при его срабатывании требуется замкнуть и разомкнуть несколько цепей. Кроме того, промежуточные реле имеют значительно более мощные контакты по сравнению с контактами основного реле. Поэтому, если необходимо замыкание

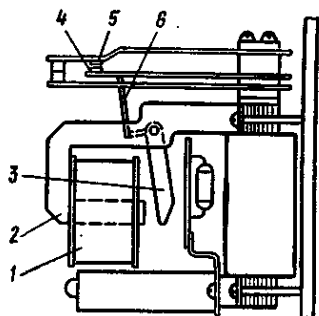


Рисунок 2 – Промежуточное реле РП – 341

или размыкание цепей такой мощности, на которую контакты основного реле не рассчитаны, то они сначала замыкают цепь катушки промежуточного реле, которое своими контактами замыкает соответствующие цепи основного реле. При прохождении тока по катушке 1, превышающего ток нормального режима, срабатывает якорь 3 магнитной системы 2. С помощью рычага 6 замыкаются контакты 4 и 5.

Реле прямого действия ЭТ – 520

Рассмотрим принцип действия и конструкции различных типов реле, применяемых в схемах РЗ. На рис. 3 показана конструкция электромагнитного реле серии ЭТ-520 мгновенного срабатывания. Ток срабатывания реле регулируется натяжением спиральной пружины 4 с помощью рычага 7. Обмотка 1, расположенная на сердечнике 2, состоит из двух секций, что позволяет последовательным или параллельным включением секций изменять пределы регулирования тока срабатывания четырьмя ступенями. Якорь 3 поворачивается и контактный мостик 5 замыкает неподвижные контакты 6, чем обеспечивается подача отключающего импульса на выключатель. Уставка реле устанавливается на шкале 8.

Реле тока РТ – 80

По принципу действия данное реле является комбинированным, состоящим из индуктивного и электромагнитного элементов. При перегрузках, когда величина тока в обмотке реле меньше тока срабатывания электромагнитного элемента, отключение происходит с выдержкой времени за счёт индукционного элемента, а при токах в обмотке реле, превышающих ток срабатывания индукционного элемента, срабатывает электромагнитный элемент без выдержки времени.

При протекании по обмотке реле тока диск индукционного элемента медленно вращается, причем его вращению препятствует тормозной момент

создаваемый постоянным магнитом. Под действием электромагнитного момента, создаваемое током реле рамка поворачивается, червяк входит в зацепление с зубьями сегмента, начинает постепенно подниматься, преодолевая усилия пружины и специальной планкой замыкает контакты реле. Время срабатывания регулируется винтом.

Электромагнитный элемент состоит из ярма электромагнита и якоря, через которые замыкается часть потоков рассеивания электромагнита. При протекании больших токов по обмотке реле, якорь втягивается и без выдержки времени замыкает контакты реле. Токи срабатывания электромагнитного элемента регулируется изменением количества витков обмотки и погашением регулировочного винта.

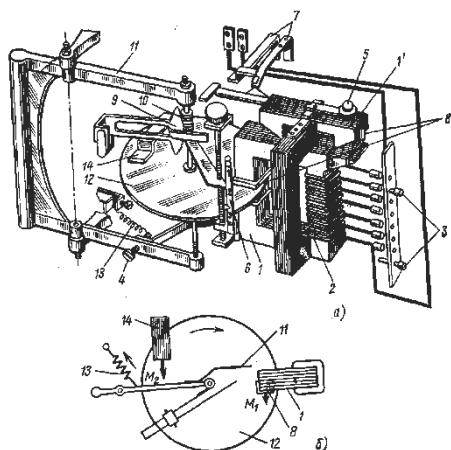


Рисунок 4 – Реле тока РТ – 80

Реле напряжения РНТ

По конструкции реле максимального напряжения схожи с реле максимального тока, но катушка имеет большее число витков меньшего сечения провода. При подключении напряжения подвижные контакты замыкают неподвижные. При падении напряжения до установленных значений подвижные контакты под действием пружины возвращается в исходное положение, тем самым размыкается (силовая) цепь. На этих реле так же имеются дополнительные пары нормально разомкнутых контактов, которые при срабатывании замыкаются и сигнализируют об этом.

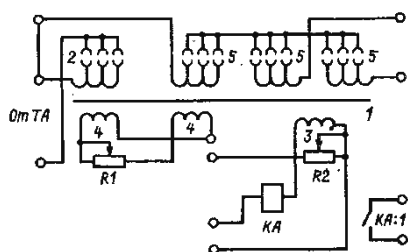


Рисунок 5 – Реле напряжения РНТ

Реле времени ЭВ

Реле времени (рис. 6) предназначено для создания выдержки времени срабатывания РЗ.

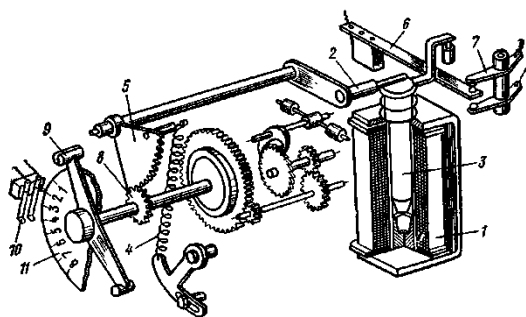
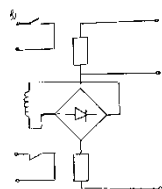
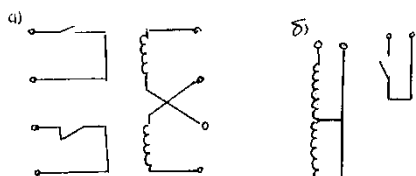


Рисунок 6 – Реле времени типа ЭВ

Реле времени имеют выдержки в диапазоне 0,1–20 с. Наибольшее распространение получили реле времени с часовыми механизмами. При подаче напряжения на обмотку 1 реле якорь 3 втягивается, палец 2 освобождается и под действием пружины 4 происходит поворот зубчатого сектора 5 по часовой стрелке, а шестерня 8 и подвижной контакт 9 поворачиваются против часовой стрелки, что приводит к замыканию контактов 10. Выдержка времени регулируется перемещением контактов 10 по шкале 11, отградуированной в секундах; контакты 6 и 7 мгновенного срабатывания без выдержки времени.



Принципиальные схемы рассмотренных выше реле (схемы выходов):

а) Реле тока прямого действия РТ-40/50

б) Реле тока РТ – 81/1 – У4

в) Реле напряжения РН – 54/160

Вывод: ознакомились с конструкциями реле и применением их в схемах релейной защиты

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Тема: Изучение принципа работы и конструкции трансформатора тока

Цель работы:

- Изучить режимы работы трансформаторов.
- Понять принцип работы трансформаторов.

Справочный материал:

Измерительные трансформаторы подразделяются на трансформаторы тока и напряжения и предназначены соответственно для преобразования больших переменных токов и напряжений в относительно малые токи и напряжения. Благодаря трансформаторам можно применять приборы с небольшими стандартными номинальными значениями тока и напряжения (например, 5 А и 100 В) в высоковольтных цепях, по которым могут протекать большие токи.

Измерительные трансформаторы состоят из двух изолированных друг от друга обмоток, помещенных на магнитопроводе: первичной с числом витков w_1 , и вторичной с числом витков w_2 (рис.1 а, б).

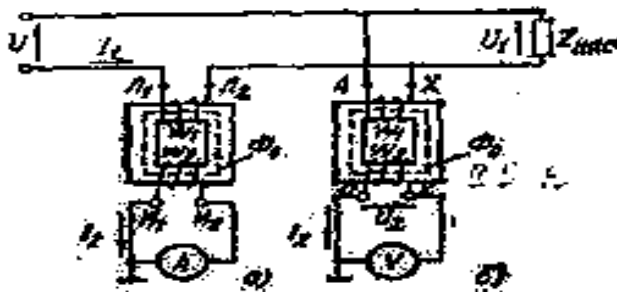


Рис.1 Схема

включения
измерительных
трансформаторов:
а) трансформатор тока;

б) трансформатор напряжения

При измерениях в высоковольтных цепях трансформаторы обеспечивают безопасность обслуживания приборов, присоединенных к вторичным обмоткам. Это достигается за счет электрической изоляции (гальванического разделения) первичной и вторичной обмоток трансформаторов и заземления металлического корпуса и вторичной обмотки. При отсутствии заземления и повреждении изоляции между обмотками вторичная обмотка и подключенные к ней приборы окажутся под высоким потенциалом, что недопустимо.

В трансформаторах тока, как правило, первичный ток I_1 больше вторичного I_2 . Первичная обмотка выполняется из провода различного сечения в зависимости от номинального первичного тока $I_{ном}$. Если $I_{ном}$ превышает 500 А, она может состоять из одного витка в виде прямой медной шины (или стержня), проходящей через окно сердечника. Вторичная обмотка у всех стандартных трансформаторов тока наматывается из проводов небольшого сечения. В соответствии с ГОСТ 7746-78Е вторичный номинальный ток $I_{2ном}$ может быть 1;2;2.5;5 А при значениях $I_{1ном}$ в пределах от 0.8 до 40000 А.

В трансформаторах напряжения первичное напряжения U_1 больше вторичного U_2 , потому у них $w_1 > w_2$. Обе обмотки выполняются из относительно тонкого провода (первичная из более тонкого, чем вторичная). Вторичное номинальное напряжения $U_{2ном}$ у стационарных трансформаторов

составляет 100 и $100/\sqrt{3}$ В при первичном номинальном значении $U_{I\text{ном}}$ до $750/\sqrt{3}$ В.

По схемам включения в измеряемую цепь и условию работы трансформаторы тока и напряжения отличаются друг от друга.

Первичная обмотка трансформаторов тока, выводы которой обозначены буквами L_1 и L_2 (линия), включается в измеряемую цепь последовательно (рис. 1а). Ко вторичной обмотке, выводы которой обозначаются буквами I_1 , I_2 (измерение), последовательно подключают амперметры, последовательные обмотки ваттметров, счетчиков и других приборов.

Первичная обмотка трансформатора напряжения, выводы которой обозначаются буквами А, Х (начало-конец), включается в измерительную цепь параллельно (рис. 1б), а к выводам вторичной обмотки, обозначаемой соответственно буквами, а, х, подключают параллельно вольтметры, параллельные цепи ваттметров, счетчиков и других приборов.

По показаниям приборов, включенных во вторичные обмотки, можно определить значения измеряемой величин. Для этого их показания надо умножить на действительные коэффициенты трансформации K_I и K_U .

Для трансформатора тока $K_I = I_1/I_2$. Для трансформатора напряжения $K_U = U_1/U_2$.

Действительные коэффициенты трансформации обычно неизвестны, так как они зависят от режима работы трансформатора, т.е. от значений токов и напряжений, характера и значения сопротивления нагрузки вторичной цепи и частоты тока; поэтому показания прибора умножают не на действительные, а на номинальные коэффициенты трансформации. Они указаны на щитке трансформатора в виде дроби, числитель которой есть номинальное значение первичной, а знаменатель - вторичной величины.

Номинальный коэффициент трансформации для данного трансформатора имеет постоянное значение. Для трансформаторов тока обозначим его $K_{I\text{ном}}$, для трансформаторов напряжения - $K_{U\text{ном}}$.

Относительная погрешность в процентах из-за неравенства действительного и номинального коэффициентов трансформации определяется выражениями:

для трансформатора тока:

$$\gamma_I = \frac{K_{I\text{ном}} - K_I}{K_I} 100\%$$

для трансформатора напряжения:

$$\gamma_U = \frac{K_{U\text{ном}} - K_U}{K_U} 100\%$$

Погрешность γ_I называется токовой погрешностью, γ_U погрешностью напряжения. Кроме этих погрешностей у измерительных трансформаторов имеется еще так называемая угловая погрешность. Она возникает вследствие фазовых сдвигов между первичной и вторичной величиной, вносимых трансформаторов.

Угловая погрешность измерительных трансформаторов влияет только на показания приборов, отклонение подвижной части которых зависит от сдвига

фаз между токами в цепях этих приборов. К ним относятся ваттметры, счетчики энергии и фазометры.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить теоретические сведения;
2. Нарисовать схемы включения трансформаторов тока и напряжения и пояснить принцип их работы;
3. Рассчитать коэффициенты трансформации и погрешности измерительных трансформаторов. Полученные данные занести в таблицу:

№	Для трансформатора тока							Для трансформатора напряжения						
	$I_{1\text{ном}}$ А	$I_{2\text{ном}}$ А	I_1 А	I_2 А	К	$K_{\text{ном}}$	γ_I , %	$U_{1\text{ном}}$ В	$U_{2\text{ном}}$ В	U_1 В	U_2 В	K_U	$K_{U\text{ном}}$	γ_U , %
1	5	1	5.25	1.2				200	100	200.3	5			
2	10	2	10.3	2.4				250	100	251	10			
3	15	2.5	15.5	2.7				300	100	304	15			
4	20	5	21.5	5.2				350	100	355	20			
5	25	1	25.3	1.1				400	100	406	25			
6	30	2	32	2.4				450	100	457	30			
7	35	2.5	35.6	2.8				500	100	509	35			
8	40	5	41.3	5.6				550	100	554	40			
9	45	1	45.8	1.4				600	100	603	45			
10	50	2	52.5	2.1				650	100	652	50			
11	55	2.5	55.9	2.7				700	100	701	55			
12	60	5	63.3	6				750	100	758	60			
13	65	1	66.3	1.4				100	100	101	65			
14	70	2	71.2	2.8				150	100	155	70			
15	80	2.5	81	3				230	100	232	75			

4. Сделать вывод.

5. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1). В чем отличие включения в цепь трансформаторов тока и напряжения?
- 2). Для чего применяется измерительные трансформаторы при измерениях в высоковольтных цепях?
- 3). Что можно определить по показаниям приборов, включенных во вторичные обмотки?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Тема: Выбор и проверка трансформаторов тока и напряжения

Цель работы: изучить практически конструкцию трансформатора и приобрести практические навыки проверки основных технических данных

Практическая часть

Пользуясь специализированными сайтами, специальной и учебной литературой, изучить конструкцию однофазных трансформаторов. Выполнить осмотр и измерения. Данные внести в таблицу.

Таблица

№ поз.	Технические данные	Един. измерения	Тр-р 1	Тр-р 2	Тр-р 3
1.	Тип магнитопровода				
2.	Способ прессования магнитопровода				
3.	Сечение магнитопровода				
4.	Тип конструкции катушек				
5.	Количество обмоток				
6.	Сопротивление первичной обмотки				
7.	Сопротивление вторичной обмотки				

Изобразить схему включения однофазного трехобмоточного трансформатора.

Вывод

Вопросы для контроля

1. Что изменяет трансформатор?
2. Назначение силового трансформатора.
3. Назначение измерительного трансформатора
4. Сколько катушек у трехфазного трехобмоточного трансформатора?

Можно ли понижающий трансформатор подключить как повышающий

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение однолинейной схемы МТЗ с независимой выдержкой времени

Цель работы: В процессе выполнения работы изучить принцип действия и схемотехнику максимальной токовой защиты с ограниченно зависимой выдержкой времени (далее селективной защиты с зависимой от тока выдержкой времени), изучить методы расчета уставок и согласования характеристик защит, провести испытания защиты при различных видах повреждений, экспериментально подтвердить известные достоинства и недостатки данного вида защит

Ход работы:

1. Ознакомиться с принципом действия, схемами и методами расчета уставок селективной защиты с зависимой от тока выдержкой времени.

2. Ответить на контрольные вопросы.

3. Окно программы для испытания двух комплектов релейной защиты РЗ1 и РЗ2, обеспечивающих защиту соответственно двух линий электропередачи W1 и W2, включенных по радиально ступенчатой схеме, показано на рис. 3.5.

Программа позволяет исследовать модель радиально-ступенчатой электрической сети, состоящую из двух линий электропередач W1 и W2, питающих некоторую обобщенную нагрузку.

4 Управление выключателями Q1 и Q2 может осуществляться вручную (включение или отключение) щелчком левой кнопки мыши по изображению соответствующего выключателя. Зеленый цвет выключателя соответствует состоянию «Отключено», красный – «Включено». А так же, действием защиты (только отключение) по сигналам от «Дискретных входов» K1 и K2 модуля ввода-вывода (в реальной схеме вместо реле K1 и K2 должны стоять электромагниты отключения YAT1 и YAT2 выключателей Q1 и Q2).

Контрольные вопросы

1. Для схемы 3.4 поясните, как изменяются токи K3, протекающие по устройствам защиты РЗ1 и РЗ2, в зависимости от длины линий электропередачи W1 и W2?

2. Пусть в схеме 3.4 для защиты линии W2 используется реле тока с зависимой от тока выдержкой времени РЗ2. Как изменяется время срабатывания реле РЗ2 в зависимости от места (длины линии W2) возникновения КЗ?

3. Пусть в схеме 3.4 для защиты линий W1 и W2 используется реле тока с зависимой от тока выдержкой времени РЗ1

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

Тема: Изучение схемы токовой отсечки линии с односторонним питанием

Цель работы: целью работы является изучение максимальной токовой защиты линии с односторонним питанием.

В рамках рассматриваемой работы можно смоделировать, как минимум, 5 различных вариантов (комбинаций) защит:

§ 31 с независимой выдержкой времени без блокировки по напряжению;

§ 31 с зависимой выдержкой времени без блокировки по напряжению

§ 31 с независимой выдержкой времени с блокировкой по напряжению

§ 31 и 32 с независимыми выдержками времени без блокировок по напряжению

§ 31 или 32 в качестве токовой отсечки без выдержки времени.

При использовании двух МТЗ линий полезно убедиться в том, что защита первой линии действительно резервирует защиту второй линии. Для этого нужно смоделировать отказ выключателя Q2 (например, перевести его в ручной режим работы и включить), после чего провести эксперимент, устраивая короткое замыкание в конце второй линии, и убедиться, что срабатывает защита первой.

Контрольные вопросы.

1. Назначение и область применения максимальной токовой защиты (МТЗ) и отсечки воздушных и кабельных линий.
2. Виды и классификация устройств М.Т.З.
3. Требования к устройствам релейных и микропроцессорных защит.
4. Принцип работы схемы М.Т.З. и отсечек В.Л. и К.Л.
5. Расчёт уставок по току М.Т.З. и отсечек В.Л. и К.Л.
6. Расчёт уставок по времени М.Т.З. В.Л. и К.Л.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

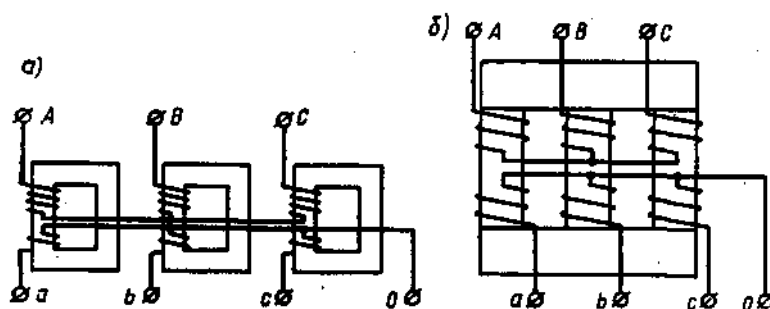
Тема: Изучение схемы защиты трансформатора напряжением 6...10/0,4 кВ

Цель работы: определить значения параметров трехфазного трансформатора напряжением 6...10/0,4кВ, построить треугольник короткого замыкания, проанализировать значение номинального напряжения на выходе трансформатора при различных видах нагрузки.

Справочный материал:

Трансформирование трехфазной системы напряжений можно осуществить тремя однофазными трансформаторами, соединенными в трансформаторную группу (рис. 2.1, а). Однако относительная громоздкость, большой вес и повышенная стоимость — недостаток трансформаторной группы, поэтому она применяется только в установках большой мощности с целью уменьшения веса и габаритов единицы оборудования, что важно при монтаже и транспортировке трансформаторов.

с. 2.1. Трансформаторная группа (а) и трехфазный трансформатор (б)



В установках мощностью примерно до 60000 кВ·А обычно применяют трехфазные трансформаторы (рис. 1.20, б), у которых обмотки расположены на трех стержнях, объединенных в общий магнитопровод двумя ярами (см. рис. 1.2). Но полученный таким образом магнитопровод является несимметричным: магнитное сопротивление потоку средней фазы Φ_B меньше магнитного сопротивления потокам крайних фаз Φ_A и Φ_C (рис. 1.21, а).

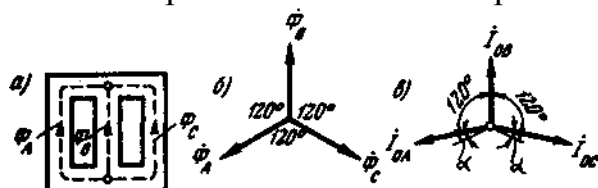


Рис. 2.2. Трехстержневой магнитопровод и векторные диаграммы

Для уменьшения магнитной не симметрии трехстержневого магнитопровода, т.е. уменьшения магнитного сопротивления потокам крайних фаз, сечение ярм делают на 10—15% больше сечения стержней, что уменьшает их магнитное сопротивление. Не симметрия токов х.х. трехстержневого трансформатора практически не отражается на работе трансформатора, так как даже при небольшой нагрузке различие в значениях токов I_A , I_B и I_C становится незаметным.

Таким образом, при симметричном питающем напряжении и равномерной трехфазной нагрузке все фазы трехфазного трансформатора, выполненного на трехстержневом магнитопроводе, практически находятся в одинаковых условиях. Поэтому рассмотренные выше уравнения напряжений, МДС и токов, а также схема замещения и векторные диаграммы могут быть использованы для исследования работы каждой фазы трехфазного трансформатора.

Обмотки трехфазных трансформаторов принято соединять по следующим схемам: звезда; звезда с нулевым выводом; треугольник; зигзаг с нулевым выводом. Схемы соединения обмоток трансформатора обозначают дробью, в числителе которой указана схема соединения обмоток ВН, а в знаменателе — обмоток НН. Например, Y/A означает, что обмотки ВН соединены в звезду, а обмотки НН — в треугольник.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 7

Тема: Изучение схемы дифференциальной защиты трансформатора на переменном оперативном токе

Цель работы: ознакомление с принципом действия и устройство трансформатора; проведение опытов холостого хода и короткого замыкания; исследование трансформатора в рабочем режиме.

Справочный материал:

Трансформатор – это статический аппарат, в котором электромагнитным путем производится преобразование энергии переменного тока по напряжению. Основные части силового трансформатора промышленной частоты – это стальной замкнутый сердечник и обмотки, находящиеся на стержнях сердечника: первичная, в которую направляется энергия, и вторичная, с которой энергия поступает в нагрузку.

В результате изменения напряжения в трансформаторах осуществляется возможность передачи энергии на большие расстояния с относительно малыми потерями и получение необходимых напряжений для любого электротехнического оборудования.

Степень преобразования напряжения трансформатором характеризуется **коэффициентом трансформации**, который выражает отношение электродвижущих сил обмоток высокого напряжения к эдс обмоток низшего напряжения, т. е. отношение напряжений при холостом ходе.

Для определения основных параметров трансформаторы подвергают испытанию. Имеется несколько испытательных режимов.

Практическая часть

1. Собрать рабочую схему для исследования однофазного трансформатора.
 2. Записать номинальные данные из паспорта трансформатора.
 3. Произвести опыт холостого хода. Для этого отключить все лампы, подать питание на схему 220 В.
 4. Исследовать работу трансформатора при различных значениях активной нагрузки. Для этого установить напряжение на первичной обмотке трансформатора 220 В. Включением ламп довести нагрузку до номинальной и выполнить 5...6 измерений.
 5. Произвести опыт короткого замыкания. Для этого обесточить систему, зажимы лампы замкнуть накоротко, заменить вольтметр V1 на вольтметр с пределом 15 В, питание трансформатора перевести на источник 15 В.
- Для проведения опыта короткого замыкания необходимо, обесточив стенд, закоротить проводником нагрузку, установить в первичной обмотке ток короткого замыкания 5 А.

Контрольные вопросы:

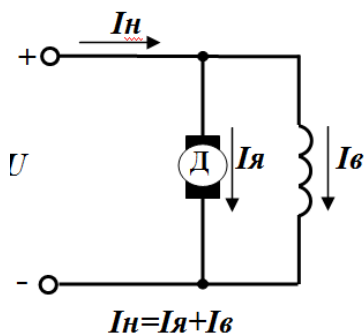
1. Каково устройство, принцип действия и область применения трансформаторов?
2. Почему трансформаторы применяются только в цепях переменного тока?
3. В чем состоит опыт холостого хода трансформатора?
4. Что может быть определено из опыта холостого хода?
5. Что показывает КПД трансформатора?
6. Как определяют коэффициент трансформации, коэффициент мощности и коэффициент загрузки трансформатора?
7. Что такое потери в трансформаторе, от чего они зависят?
8. Каковы меры борьбы с вихревыми токами в трансформаторе?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8

Тема: Изучение схемы защиты электродвигателя напряжением до 1 кВ

Пример. Двигатель постоянного тока с параллельным возбуждением рассчитан на номинальную мощность $P_n=32\text{ кВт}$ и номинальное напряжение $U_n=220\text{ В}$. Частота вращения якоря $n=3000\text{ об/мин}$. Двигатель потребляет из сети ток $I_n=169\text{ А}$. Сопротивление обмотки возбуждения $R_v=60\text{ Ом}$; сопротивление обмотки якоря $R_\alpha=0,045\text{ Ом}$. Определить потребляемую из сети мощность; КПД двигателя; полезный вращающий момент; ток якоря; противо-ЭДС в обмотке якоря; суммарные потери в двигателе.

Решение:



1. Потребляемая из сети мощность:

$$P_1 = U_n \cdot I_n = 220 \cdot 169 = 37200 \text{ Вт} = 37,2 \text{ кВт}.$$

2. КПД двигателя:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{32000}{37200} = 0,86$$

3. Полезный вращающий момент (на валу):

$$M = 9,55 \frac{P_2}{n} = 9,55 \frac{32 \cdot 10^3}{3000} = 102 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

4. Ток возбуждения:

$$I_v = U_{ном} / R_v = 220 / 60 = 3,66 \text{ А}.$$

5. Ток якоря:

$$I_\alpha = I_n - I_v = 169 - 3,66 = 165,34 \text{ А}.$$

6. Противо-ЭДС в обмотке якоря:

$$E = U_{ном} - I_\alpha \cdot R_\alpha = 165,34 \cdot 0,045 = 212,57 \text{ В}.$$

7. Суммарные потери в двигателе:

$$\Sigma P = P_1 - P_2 = 37,2 - 32 = 5,2 \text{ кВт}.$$

Пример. Четырехполюсный двигатель с параллельным возбуждением подсоединен к сети с $U_n=110\text{ В}$ и вращается с частотой $n=1000\text{ об/мин}$.

Двигатель потребляет из сети ток $I=157$ А. На якоре находится обмотка с сопротивлением $R_n=0,0427$ Ом и числом проводников $N=360$, образующих четыре параллельных ветви ($a=2$). Сопротивление обмотки возбуждения $R_v=21,8$ Ом. Потери холостого хода $P_x=P_{ст}+P_{мех}=1600$ Вт. Определить токи в обмотках возбуждения и якоря; магнитный поток полюса; электромагнитный момент; электрические потери в обмотках якоря и возбуждения и суммарные потери в двигателе; полезную мощность двигателя; КПД двигателя; полезный момент (на валу). Добавочные потери в двигателе принять равными 1 % от потребляемой мощности.

Решение:

1. Токи в обмотках возбуждения и якоря:

$$I_v = U_{ном} / R_v = 110 / 21,8 = 5,05 \text{ А};$$

$$I_{я} = I_n - I_v = 157 - 5,05 = 151,95 \text{ А}.$$

2. Магнитный поток полюса:

$$\Phi = \frac{60aE}{pnN} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 103,5}{2 \cdot 1000 \cdot 360} = 0,0173 \text{ Вб}.$$

$$\text{Здесь } E = U_{ном} - I_{я} \cdot R_{я} = 110 - 151,95 \cdot 0,0427 = 103,5 \text{ В}.$$

3. Электромагнитный момент:

$$M_{эм} = \frac{P}{2\pi a} \Phi N I_{я} = \frac{2}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \cdot 0,0173 \cdot 360 \cdot 151,95 = 152 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

4. Потери мощности.

Электрические потери в обмотках якоря и возбуждения:

$$P_{я} + P_{эв} = I_{я}^2 \cdot R_{я} + I_v \cdot U_{ном} = 151,95^2 \cdot 0,0427 + 5,05 \cdot 110 = 1448 \text{ Вт};$$

в щеточном контакте на пару щеток разной полярности ($\Delta U_{щ} = 0,6$ В)

$$P_{щ} = 2\Delta U_{щ} \cdot I_{я} = 2 \cdot 0,6 \cdot 151,95 = 182 \text{ Вт}.$$

Общие электрические потери мощности:

$$P_{э} = P_{я} + P_v + P_{щ} = 1448 + 182 = 1630 \text{ Вт}.$$

Добавочные потери мощности:

$$P_{доб} = 0,01 \cdot U_{ном} I = 0,01 \cdot 110 \cdot 157 = 173 \text{ Вт}.$$

5. Суммарные потери мощности:

$$\Sigma P = P_x + P_{э} + P_{доб} = 1600 + 1630 + 173 = 3403 \text{ Вт}.$$

6. Полезная мощность двигателя:

$$P_2 = P_1 - \Sigma P = U_{ном} \cdot I - \Sigma P = 110 \cdot 157 - 3403 = 13897 \text{ кВт}.$$

7. КПД двигателя:

$$\eta_d = P_2 / P_1 = 13897 / (110 \cdot 157) = 0,805, \text{ или } 80,5\%.$$

8. Полезный момент (на валу):

$$M = 9,55 \frac{P_2}{n} = 9,55 \frac{13897}{1000} = 133 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9

Тема: Изучение принципиальной схемы защиты линии от междуфазных

1. Для схемы электрической сети, приведенной на рис. 1, разработать максимальную токовую защиту от междуфазных коротких замыканий.
2. Рассмотреть варианты МТЗ с зависимыми характеристиками срабатывания и после сравнения принять для каждого из защищаемых элементов наиболее эффективный вариант исполнения.
3. Построить графики согласования временных характеристик защит для заданных элементов схемы сети.
4. Начертить принципиальные схемы защит линий и трансформаторов на постоянном токе.

Исходные данные

Сопротивление системы: $X_c=12 \text{ Ом}$;

Длина (км) и марка провода ВЛ-35:

1-и участок: 15, АС-35;

2-и участок: 25, АС-35.

Удельные сопротивления линий:

Для провода АС-35 $r_0=0,91 \text{ Ом/км}$, $x_0=0,456 \text{ Ом/км}$.

Трансформаторы:

T1 $S=630 \text{ кВА}$ $u_k=5,5\%$, $K_{сзп}=1,5$;

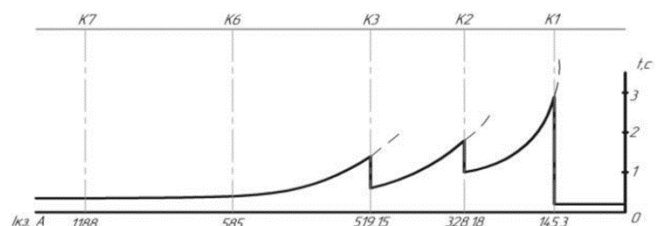
T2 $S=1600 \text{ кВА}$ $u_k=6,5\%$, $K_{сзп}=1,5$;

T3 $S=2 \times 400 \text{ кВА}$ $u_k=5,5\%$, $K_{сзп}=2$;

T4 $S=4 \times 400 \text{ кВА}$ $u_k=5,5\%$, $K_{сзп}=2$.

Для защиты линии коэффициент самозапуска электродвигателей $K_{сзп}=1,2$;

Номера защит: 3,4,5.



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 10

Тема: Изучение принципиальной схемы защиты линии от междуфазных

1. Для заданных преподавателем схем подключения трансформаторов составить схемы замещения для расчетов токов КЗ в именованных единицах.
2. Рассчитать параметры элементов схем замещения.
3. Выполнить преобразование схемы для приведения исходной схемы замещения к простейшему виду.
4. Для заданных преподавателем ЭП различного назначения определить значения номинальной реактивной мощности.

Контрольные вопросы

1. Назначение расчета токов КЗ.
2. Как составляется схема замещения?
3. В каких единицах производится расчет токов КЗ?
4. Как рассчитываются токи несимметричных КЗ?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11

Тема: Расчет у ставок МТЗ и токовой отсечки. Выбор схемы соединения трансформаторов тока

Цель: Закрепление и накопление знаний обучающихся, полученных на лекциях и при самостоятельном изучении литературы.

Изучить нормы и правила оценки качества при выполнении электромонтажных работ. Порядок, объём и список определяемых характеристик при проверке на соответствии смонтированного оборудования требованиям нормативной и проектной документации.

Задание: произвести проверку шкафа управления (ШУ) запуска асинхронного реверсивного электродвигателя, пользуясь теоретическими материалами и документацией.

1. Изучите краткие теоретические сведения.

Проверка соответствия смонтированной схемы электроустановки проектной документации

1. Область применения проверки

1.1. Цель проверки.

Оценить качество выполненных электромонтажных работ и соответствие смонтированной электроустановки здания требованиям нормативной и проектной документации.

2. Объекты проверки

Объектами проверки являются электромонтажные работы (ЭМР) на полностью смонтированной электроустановке зданий и их соответствие утвер-

жденному проекту и требованиям НД. Проверка осуществляется при выполнении ЭМР по следующим видам испытываемой продукции.

2.1. Объем проверки.

Объем выборки по всем видам испытываемой продукции раздела 2 (п.п.2.1.1 - 2.1.15) составляет 100%.

Требования к ЭМР электроустановок зданий, предъявляемых на испытания.

Оценка уровня качества ЭМР и соответствия их требованиям НД проводятся на полностью смонтированной электроустановке зданий.

До начала проведения испытаний Заявитель предоставляет утвержденный комплект приемо-сдаточной документации, в которой согласно ВСН 193-90 входит проектная документация, документация заводов - изготовителей электрооборудования, сертификаты на электрооборудование, кабельную продукцию, установочные изделия.

ЭМР электроустановки здания должны быть выполнены организацией, имеющей лицензию на выполнение ЭМР, в соответствии с утвержденным проектом. Отступления от проекта должны быть документально согласованы с проектной организацией и органом Энергонадзора. Монтаж должен быть произведен квалифицированным персоналом в соответствии с ГОСТ Р 50571.1 - 93 и соблюдением требований технологических карт, НД, строительных норм и правил по выполнению видов (раздел 2: п.п. 2.1.1 - 2.1.15) электромонтажных работ.

Характеристики электрооборудования не должны ухудшаться в процессе электромонтажных работ.

Защитные и нулевой рабочий проводник должны иметь соответствующую цветовую или иную маркировку. Эти же проводники в гибких шнурах и кабелях должны иметь цветовую или цифровую маркировку (ГОСТ Р 50462 - 92). 2.3.6. Соединения между самими проводниками, а также между проводниками и электрооборудованием должны выполняться сваркой, пайкой, опрессовкой, сжимом или при помощи стальных крепежных изделий таким образом, чтобы обеспечивался надежный контакт.

2.2. Способ идентификации образцов.

Идентификация электроустановки здания, ее комплектующих, установочных изделий производится визуально путем сравнения установленных типов электрооборудования ((комплектующих, установочных) с проектом, технической документацией завода - изготовителя, сертификатами на электрооборудование.

Идентификация технологии выполнения ЭМР производится путем визуального сравнения образца с технологической картой пооперационного

выполнения работы.

При идентификации сечений токоведущих элементов, сечений заземляющих и зануляющих элементов применяются инструментальные методы измерений с последующим расчетом их сечений.

При идентификации контактных соединений, проверке подлежат до 3% соединений, но не менее 10 штук.

3. Определяемые характеристики

3.1. Распределительные устройства.

РУ должны иметь четкие надписи, указывающие назначение отдельных цепей и панелей на лицевой стороне устройств (п.4.1.3 ПУЭ).

Все металлические части РУ должны быть окрашены (п. 4.1.6 ПУЭ).

РУ должно быть заземлено (п.4.1.7 ПУЭ). 3.4.4. На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения “Вкл.” и “Откл.” (п.4.1.11 ПУЭ).

Должна быть предусмотрена возможность снятия напряжения с каждого коммутационного аппарата на время его ремонта или демонтажа. Для этой цели в необходимых местах должны быть установлены рубильники или другие отключающие аппараты (п.4.1.12 ПУЭ).

Между неподвижно укрепленными неизолированными токоведущими частями, а также между ними и неизолированными токоведущими металлическими частями должны быть обеспечены расстояния не менее 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху. От неизолированных токоведущих частей до ограждения должны быть обеспечены расстояния не менее 40 мм (п.4.1.14 ПУЭ).

В электропомещениях ширина проходов в свету для обслуживания должна быть не менее 0,8м, высота не менее 1,9м (п.4.1.21 ПУЭ).

Вводы в здания должны быть оборудованы ВУ или ВРУ. Перед вводами в здание не допускается устанавливать дополнительные кабельные ящики (п. 7.1.17 ПУЭ).

На каждой линии, отходящей от РУ, РЩ, ЩЭ должны устанавливаться аппараты защиты (п. 7.1.18 ПУЭ). 3.4.10 Автоматические выключатели и предохранители должны быть установлены только в цепях фазных проводов (п.7.1.21 ПУЭ).

Электрические цепи ВУ, ВРУ, ГРЩ, ВРЩ, распределительных пунктов, групповых щитков допускается выполнять проводами с алюминиевыми или алюмомедными жилами (п. 7.1.26 ПУЭ).

После счетчика должны быть установлены на групповых линиях аппараты защиты (п. 7.1.5 2 ПУЭ).

Перед счетчиком должен быть установлен 2-х полюсный выключатель (п.

7.1.53 ПУЭ).

3.2. Устройства автоматического включения резервного питания.

Устройства АВР должны предусматриваться для восстановления питания потребителей путем автоматического присоединения резервного источника питания при отключении рабочего источника питания, приводящем к обесточиванию электроустановок потребителей.

Устройство АВР должно обеспечивать возможность его действия при исчезновении напряжения на шинах питаемого элемента, вызванном любой причиной (п. 3.3.31 ПУЭ).

Устройство АВР при отключении выключателя рабочего источника питания должно включать без дополнительной выдержки времени, выключатель резервного источника питания. При этом должна быть обеспечена однократность действия устройства (п. 3.3.32 ПУЭ).

Для обеспечения действия АВР должен быть предусмотрен пусковой орган напряжения (п. 3.3.33 ПУЭ).

3.3. Вторичные цепи

Вторичные цепи по условиям механической прочности должны иметь сечения: для меди - не менее 1,5 мм² ; для алюминия не менее 2,5 мм² ; для токовых цепей - 2,5 мм² Cu, 4 мм² Al, (п. 3.4.4 ПУЭ).

Кабели следует присоединять к сборкам зажимов. Присоединение двух медных жил под один винт не рекомендуется, а двух алюминиевых жил не допускается (п.3.4.7 ПУЭ).

Кабели вторичных цепей, жилы кабелей и провода должны иметь маркировку (п.3.4.9 ПУЭ).

3.4. Аппараты защиты

В качестве аппаратов защиты должны применяться автоматические выключатели или предохранители (п.3.1.5 ПУЭ).

Присоединение питающего проводника к аппарату защиты должно выполняться к неподвижным контактам (п. 3.1.6 ПУЭ).

Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую номинальный ток и ток плавкой вставки (п.3.1.7 ПУЭ).

Автоматические выключатели и предохранители следует устанавливать только в цепях фазных проводов (п. 7.1.21 ПУЭ).

3.5. Электропроводки

Сечения токопроводящих жил проводов и кабелей должны быть не менее 1,5 мм² Cu, 2,5 мм² Al, (п. 524.1 ГОСТ 50571.15-970).

В местах соединения, ответвления и присоединения жил проводов и кабелей должен быть предусмотрен запас, обеспечивающий возможность повторного соединения, ответвления или присоединения (п.2.1.22 ПУЭ).

Места соединения и ответвления должны быть доступны для осмотра и ремонта (п. 2.1.23 ПУЭ, п. 526.3 ГОСТ 50571 15-97).

В местах соединения провода не должны испытывать механических усилий тяжения (п.2.1.24 ПУЭ).

Места соединения должны иметь изоляцию, равноценную изоляции жил (п.2.1.25 ПУЭ).

Соединения и ответвления проводов и кабелей должны выполняться в соединительных и ответвительных коробках (п.2.1.26 ПУЭ).

Линии групповой сети, прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, должны выполняться трехпроводными (фазный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники). Питание стационарных однофазных электроприемников следует выполнять трехпроводными линиями. При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим (п. 7.1.33 ПУЭ).

Электропроводка должна быть выбрана и смонтирована таким образом, чтобы предотвращалось повреждение оболочки и изоляции кабелей или изолированных проводников, а также их присоединений в процессе монтажа и эксплуатации (ГОСТ Р50571 15-97, п. 522.8.1.7).

Электропроводки жестко закрепляемые и заделываемые в стены, должны располагаться горизонтально, вертикально или параллельно кромкам стен помещения. Электропроводки, проложенные в строительных конструкциях без крепления, можно располагать по кратчайшему пути. (ГОСТ Р50571.15-97, п. 522.8.1.7).

Монтаж электропроводки не должен понижать эксплуатационные качества строительных конструкций и пожарную безопасность (ГОСТ Р50571.15-97, п. 527.1.2).

Электропроводки, выполненные в трубах, специальных каналах, коробах, которые проходят через элементы конструкций зданий, имеющие установленную огнестойкость должны иметь внутреннее уплотнение, обеспечивающее ту же огнестойкость, что и соответствующие элементы конструкции здания. Равным образом они должны быть загерметизированы снаружи (ГОСТ Р50571.15-97, п. 527.2.2).

Электрические цепи с напряжением диапазонов I и II по ГОСТ Р МЭК 449-96 (380 В и 42 В) не должны находиться в одной и той же электропроводке. Кабели, имеющие изоляцию на разные напряжения, монтируются в отдельных секциях специальных кабельных каналов или коробов; или применяется прокладка в разных трубах (ГОСТ Р 50571.15-97, п. 528.1.1).

3.6. Маркировка, надписи.

Цветовое обозначение токоведущих шин ВРУ. Шины заземления

выполняются в соответствии с п.3.6 СНиП 3.05.06.-85.

Каждая кабельная линия должна быть промаркирована. На открыто проложенных кабелях должны быть бирки. Обозначение наносится несмываемой краской. Бирка должна быть закреплена капроновой нитью, пластмасс-лентой (п. 3.104-3. 106 СНиП 3.05 06-85).

При использовании строительных или технологических конструкций в качестве заземляющих и нулевых защитных проводников на перемычках между ними, а также в местах присоединений и ответвлений должно быть нанесено не менее двух полос желтого цвета по зеленому фону (п. 3.2260 СНиП 3.05 06-85).

Защитные и нулевые рабочие проводники должны иметь соответствующую цветовую маркировку. Нулевой рабочий проводник (N) голубого цвета, защитный или нулевой защитный проводник (PE) - зелено-желтого цвета, совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник (PEN-проводник) зелено-желтого цвета по всей длине с голубыми метками на концах линии. Цвета фазных проводников должны выполняться по п. 22.1.31 ПУЭ, ГОСТ Р50462-92.

На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения “включено”, “отключено” (п. 4.1.11 ПУЭ).

Распределительные устройства должны иметь четкие надписи, указывающие назначения отдельных цепей и панелей (п. 4.1.3 ПУЭ).

3.7. Приемо-сдаточная документация

Электромонтажной организацией представляется техническая документация по сдаче - приеме электромонтажных работ, скомплектованная по форме 1 совместно с актом технической готовности электромонтажных работ по форме 2 п.2.3 ВСН 123-90.

Изменения и отступления от проекта должны быть согласованы и отражены в ведомости и электротехнической части исполнительной документации по форме 3 п.2.1, в ВСН 123-90.

К комплекту документации заводов-изготовителей электрооборудования кроме документов перечисленных в форме 1, прикладываются сертификаты на электрооборудование, кабельную продукцию, установочные изделия (Приложение №2 “Правил системы сертификации электроустановок зданий”).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

Электротехнические пусконаладочные работы должны обеспечить: проверку и испытание электрооборудования в соответствии с действующими ПУЭ проектом технической документацией предприятий изготовителей паспорта инструкции по эксплуатации и другими нормативными документами; электрические параметры и режимы работы электрооборудования для возможности комплексного или по узлам опробования технологических установок; заданные проектом технологические показатели диапазон скоростей напор давление производительность и надежность работы.

Предлагается перечень (памятка) приемо-сдаточной документации по электромонтажным работам, за исключением документов на ревизию, сушку, ремонт электрооборудования и пусконаладочные работы, а также на монтаж электрических машин.

Содержание и порядок выполнения работы:

1. Изучите краткие теоретические сведения.
2. Изучить перечень наименования документов и соответствующей нормативной документации, переписать «Памятку» в тетрадь для практических работ.
3. Найти и изучить соответствующие СНиП, правила ПУЭ, Инструкцию по оформлению приемо-сдаточной документации по электромонтажным работам, пример Программы ПСР (Электронные документы).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 13

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

Цель: Изучение основ заполнения технологической документации.

ФОРМА НАРЯДА-ДОПУСКА ДЛЯ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ И УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ЗАПОЛНЕНИЮ

Лицевая сторона наряда

Организация _____

Подразделение _____

НАРЯД-ДОПУСК N _____
для работы в электроустановках

Ответственному руководителю

работ _____, допускающему

(фамилия, инициалы)

(фамилия, инициалы)

Производителю

работ _____, наблюдающему

(фамилия, инициалы)

(фамилия, инициалы)

с членами бригады

(фамилия, инициалы)

(фамилия, инициалы)

поручается

Работу начать: дата _____ время _____

Работу закончить: дата _____ время _____

Мероприятия по подготовке рабочих мест к выполнению работ

Наименование электроустановок, в которых нужно провести отключения и установить заземления	Что должно быть отключено и где заземлено
1	2

Отдельные указания

Наряд выдал: дата _____ время _____

Подпись _____ Фамилия, инициалы _____

Наряд продлил по: дата _____ время _____

Подпись _____ Фамилия, инициалы _____

Дата _____ время _____

Регистрация целевого инструктажа, проводимого выдающим наряд

Целевой инструктаж провел		Целевой инструктаж получил	
Работник, выдавший наряд		Ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий)	
	(фамилия, инициалы)		(фамилия, инициалы)
	(подпись)		(подпись)

Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ

Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ выдал (должность, фамилия или подпись)	Дата, время	Подпись работника, получившего разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ
1	2	3

Оборотная сторона наряда

Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались:

Допускающий

(подпись)

Ответственный руководитель работ
(производитель работ или наблюдающий)

(подпись)

Регистрация целевого инструктажа,
проводимого допускающим при первичном допуске

Целевой инструктаж провел		Целевой инструктаж получил	
Допускающий	_____	Ответственный руководитель работ, производитель работ (наблюдающий), члены бригады	_____
	(фамилия, инициалы)		(фамилия, инициалы)
	_____		_____
	(подпись)		(подпись)

Ежедневный допуск к работе и время ее окончания

Бригада получила целевой инструктаж и допущена на подготовленное рабочее место				Работа закончена, бригада удалена	
наименование рабочего места	дата, время	подписи (подпись, фамилия, инициалы)		дата, время	подпись производителя работ (наблюдающего) (подпись) (фамилия, инициалы)
		допускающего	производителя работ (наблюдающего)		
1	2	3	4	5	6

Регистрация целевого инструктажа, проводимого
ответственным руководителем работ (производителем
работ, наблюдающим)

Целевой инструктаж провел	Целевой инструктаж получил
---------------------------	----------------------------

Ответственный руководитель работ	_____ (фамилия, инициалы) _____ (подпись)	Производитель работ, Члены бригады	_____ (фамилия, инициалы, подпись)
Производитель работ (наблюдающий)	_____ (фамилия, инициалы) _____ (подпись)	Члены бригады	_____ (фамилия, инициалы, подпись)

Изменения в составе бригады

Введен в состав бригады (фамилия, инициалы, группа)	Выведен из состава бригады (фамилия, инициалы, группа)	Дата, время (дата, время)	Разрешил (подпись) (фамилия, инициалы)
1	2	3	4

Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления, установленные бригадой, сняты, сообщено (кому)

(должность)

(фамилия, инициалы)

Дата _____ время

Производитель работ (наблюдающий)

(подпись, фамилия, инициалы)

Ответственный руководитель работ

(подпись, фамилия, инициалы)

Для выполнения задания следует изучить теоретический материал

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 14

Тема: Проверка работы механической части электрооборудования на соответствие заводским и монтажным инструкциям

Организация безопасных условий труда при наладочных работах.

Персонал пусконаладочного управления должен строго соблюдать установленные правила внутреннего распорядка на объекте производства наладочных работ и безоговорочно подчиняться установленному режиму, особенно на действующем предприятии. Перечень специальных работ, к производству которых допущен наладчик электроустановок, записывается в удостоверении по ТБ в графе «Свидетельство на право производства специальных работ». Персонал пусконаладочного управления обязан всегда иметь при себе на рабочем месте удостоверения по ТБ. Руководитель наладочных работ обязан на объекте до начала работ провести инструктаж по ТБ с наладочным персоналом, участвующим в наладке электрооборудования, в соответствии с полным технологическим процессом, а также с разъяснением характера и степени опасности, сложившейся на данном объекте.

Руководитель группы наладчиков перед началом производства наладочных работ на объекте должен потребовать от заказчика выполнения всех организационных и технических мероприятий, обеспечивающих общую безопасность рабочего места и безопасное ведение наладочных работ. Осуществление организационных и технических мероприятий согласно наряду производиться только силами и средствами службы эксплуатации. Наладочному персоналу производить эту работу или участвовать в ней категорически запрещается.

Рабочей зоной наладчика считается пространство, ограждённое предостерегающими знаками, внутри которого производятся наладочные работы на электротехнических устройствах и машинах с подачей электрического напряжения.

Рабочим местом наладчика считается место, где собрана испытательная схема электрооборудования, в которую может быть подано напряжение.

Лицам, не имеющим отношения к производству наладочных работ, доступ в рабочую зону наладчиков категорически запрещается.

Исполнители-наладчики несут ответственность за соблюдение ими действующих правил и соответствующих инструкций. Руководитель наладочных работ несёт ответственность за достаточность и полноту принятых на рабочем месте и в рабочей зоне мер, обеспечивающих безопасность как исполнителей, так и окружающих их лиц. Наладочные работы, связанные с подачей напряжения, могут производиться только двумя лицами, при этом одно

из них обязательно должно иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже IV при работе в электроустановках выше 1000 В и не ниже III – в электроустановках до 1 кВ. Наладочному персоналу категорически запрещается пользоваться защитными средствами, не отвечающими требованиям «Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках». В то же время запрещается выполнять наладочные работы с применением напряжения в помещениях без использования защитных средств. Персонал пусконаладочных участков, непосредственно занятый производством наладочных работ, должен быть обеспечен защитными средствами.

Остальные защитные средства должны выдаваться наладочному персоналу по мере надобности.

Временные электрические схемы, собираемые вблизи налаживаемого оборудования для измерения электрических параметров, осциллографирования и других целей должны выполняться на специальных столах достаточной прочности и устойчивости. Запрещается применять столы с металлической столешницей и металлическим обрамлением рабочей поверхности.

Опробование электрических схем с подачей рабочего напряжения на электрооборудования и электрические машины разрешается только после проверки взаимодействия аппаратов и приборов в схемах вторичных цепей оперативного тока. Допускается временная подача напряжения от находящихся в эксплуатации РУ по постоянно проложенным кабелям на КТП и другие электротехнические устройства для проведения наладочных работ только при условии, если на данных электроустановках заказчиком введён эксплуатационный режим.

Наладочному персоналу категорически запрещается принимать на себя даже временную эксплуатацию электроустановок. Обслуживание электротехнических устройств, находящихся в эксплуатационном режиме, должно производиться только оперативным персоналом заказчика.

Все наладочные работы, связанные с измерениями переносными приборами (токоизмерительными клещами, мегомметром, амперметрами, вольтметрами и т.д.), в установках, где введён эксплуатационный режим, производятся при напряжении электроустановки выше 1 кВ по наряду двумя лицами, одно из которых должно иметь квалификационную группу по ЭБ не ниже IV.

Разрешение (наряд) на производство наладочных работ после введения эксплуатационного режима на электротехнических установках выдаёт служба эксплуатации.

Порядок проведения работ по наряду в действующих

электроустановках.

Наряд – это письменное задание на работу в электроустановках, определяющее место, время начала и окончания работы, условия её безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ.

Наряд оформляется в двух экземплярах. При передаче по телефону, радио наряд выписывается в трех экземплярах. В последнем случае работник, выдающий наряд, оформляет один экземпляр, а работник, принимающий текст в виде телефонограммы или радиограммы, факса или электронного письма, заполняет два экземпляра наряда и после проверки указывает на месте подписи выдающего наряд его фамилию и инициалы, подтверждая правильность записи своей подписью. Наряд также разрешено оформлять в электронном виде и передавать по электронной почте.

В тех случаях, когда производитель работ назначается одновременно допускающим, наряд независимо от способа его передачи заполняется в двух экземплярах, один из которых остается у выдающего наряд.

В зависимости от местных условий (расположения диспетчерского пункта) один экземпляр наряда остается у работника, выдающего разрешение на подготовку рабочего места и допуск (диспетчера).

Число нарядов, выдаваемых на одного ответственного руководителя работ, определяет работник, выдающий наряд.

Выдающий наряд имеет право допускающему и производителю работ (наблюдающему) выдать сразу несколько нарядов и распоряжений для поочередного допуска и работы по ним.

Выдавать наряд разрешается на срок не более 15 календарных дней со дня начала работы. Наряд разрешается продлевать 1 раз на срок не более 15 календарных дней. При перерывах в работе наряд остается действительным.

Продлевать наряд имеет право работник, выдавший наряд, или другой работник, имеющий право выдачи наряда на работы в данной электроустановке.

Разрешение на продление наряда передается по телефону, радио или с нарочным допускающему, ответственному руководителю или производителю работ. В этом случае допускающий, ответственный руководитель или производитель работ за своей подписью указывает в наряде фамилию и инициалы работника, продлившего наряд.

Наряды, работы по которым полностью закончены, должны храниться в течение 30 суток, после чего могут быть уничтожены. Если при выполнении работ по нарядам имели место аварии, инциденты или несчастные случаи, эти наряды следует хранить в архиве организации вместе с материалами

расследования.

Учет работ по нарядам и распоряжениям ведется в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям, форма которого предусмотрена приложением N 8 к Правилам. Выдача и заполнение наряда, ведение журнала учета работ по нарядам и распоряжениям допускается в электронной форме с применением автоматизированных систем и использованием электронной подписи в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Допускается учет работ по нарядам и распоряжениям вести иным образом, установленным руководителем организации, при сохранении состава сведений, содержащихся в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

Независимо от принятого в организации порядка учета работ по нарядам и распоряжениям факт допуска к работе должен быть зарегистрирован записью в оперативном документе, в котором в хронологическом порядке оформляются события и действия по изменению эксплуатационного состояния оборудования электроустановок, выданные (полученные) команды, распоряжения, разрешения, выполнение работ по нарядам, распоряжениям, в порядке текущей эксплуатации, приемка и сдача смены (дежурства) (далее - оперативный журнал).

При выполнении работ по наряду в оперативном журнале производится запись о первичном и ежедневных допусках к работе.

Наряд разрешается выдавать на одно или несколько рабочих мест электрической цепи (оборудование и шины) одного назначения, наименования и напряжения, присоединенной к шинам РУ, генератора, щита, сборки и находящихся в пределах электростанции, подстанции (далее - присоединение) с учетом требований, указанных в пунктах 6.8, 6.9, 6.11, 6.12, 6.14 Правил по охране труда при обслуживании электроустановок.

При выводе в ремонт агрегатов (котлов, турбин, генераторов) и отдельных технологических установок (систем золоудаления, сетевых подогревателей, дробильных систем) допускается выдавать один наряд для работы на всех (или части) электродвигателях этих агрегатов (установок) и один наряд для работ в РУ на всех (или части) присоединениях, питающих электродвигатели этих агрегатов (установок).

Выдавать один наряд допускается только для работы на электродвигателях одного напряжения и присоединениях одного РУ.

При работе по одному наряду на электродвигателях и их присоединениях в РУ, укомплектованном шкафами КРУ, оформление перевода с одного рабочего места на другое не требуется, разрешается рассредоточение членов бригады по разным рабочим местам. В РУ другого конструктивного исполнения допуск и работа на присоединениях электродвигателей должны

проводиться с оформлением перевода с одного рабочего места на другое.

Один наряд для одновременного или поочередного выполнения работ на разных рабочих местах одной электроустановки допускается выдавать в следующих случаях:

- при прокладке и перекладке силовых и контрольных кабелей, испытаниях электрооборудования, проверке устройств защиты, измерений, блокировки, электроавтоматики, телемеханики, связи;
- при ремонте коммутационных аппаратов одного присоединения, в том числе когда их приводы находятся в другом помещении;
- при ремонте отдельного кабеля в туннеле, коллекторе, колодце, траншее, котловане;
- при ремонте кабелей (не более двух), выполняемом в двух котлованах или РУ и находящемся рядом котловане, когда расположение рабочих мест позволяет производителю работ осуществлять надзор за бригадой.

При этом разрешается рассредоточение членов бригады по разным рабочим местам. Оформление в наряде перевода с одного рабочего места на другое не требуется.

При проведении работ согласно пунктам 6.8, 6.9, 6.11, 6.12 Правил все рабочие места должны быть подготовлены до допуска бригады на первое рабочее место.

Не допускается подготовка к включению любого из присоединений, в том числе опробование электродвигателей, до полного окончания работ по наряду.

В случае рассредоточения членов бригады по разным рабочим местам допускается пребывание одного или нескольких членов бригады, имеющих группу III, отдельно от производителя работ.

Членов бригады, которым предстоит находиться отдельно от производителя работ, последний должен привести на рабочие места и проинструктировать о мерах безопасности, которые необходимо соблюдать при выполнении работы.

Допускается выдавать один наряд для поочередного проведения однотипной работы на нескольких электроустановках, предназначенных для преобразования и распределения электрической энергии (далее - подстанциях) или нескольких присоединениях одной подстанции.

К таким работам относятся: протирка изоляторов; подтяжка контактных соединений, отбор проб и доливка масла; переключение ответвлений обмоток трансформаторов; проверка устройств релейной защиты, электроавтоматики, измерительных приборов; испытание повышенным напряжением от постороннего источника; проверка изоляторов измерительной штангой; отыскание места повреждения КЛ. Срок действия такого наряда - 1 сутки.

Допуск на каждую подстанцию и на каждое присоединение оформляется

в соответствующей графе наряда.

Каждую из подстанций разрешается включать в работу только после полного окончания работы на ней.

Работа на участках ВЛ, расположенных на территории РУ, должна проводиться по нарядам, выдаваемым персоналом, обслуживающим ВЛ. При работе на концевой опоре местный оперативный персонал должен проинструктировать бригаду, провести ее к этой опоре. В электроустановках, не имеющих местного оперативного персонала, производителю работ линейной бригады разрешается получить ключ от РУ и самостоятельно проходить к опоре.

При работе на порталах ОРУ, зданиях ЗРУ, крышах комплектных распределительных устройств наружной установки (далее - КРУН) допуск линейной бригады с необходимым оформлением в наряде должен выполнять допускающий из числа оперативного персонала, обслуживающего РУ.

Выходить из РУ производитель работ с линейной бригадой имеет право самостоятельно, а отдельные члены бригады - в порядке, предусмотренном пунктом 11.3 Правил.

Работы на концевых муфтах и заделках КЛ, расположенных в РУ, должны выполняться по нарядам, выдаваемым персоналом, обслуживающим РУ. Если РУ и КЛ принадлежат разным организациям, то эти работы проводятся в соответствии с требованиями, изложенными в главе XLVI Правил.

Допуск к работам на КЛ в этих случаях осуществляет персонал, обслуживающий РУ. Работы на КЛ, проходящих по территории и в кабельных сооружениях РУ, должны выполняться по нарядам, выдаваемым персоналом, обслуживающим КЛ. Допуск к работам осуществляет персонал, обслуживающий КЛ, после получения разрешения от оперативного персонала, обслуживающего РУ.

1. Как оформляется разрешение на производство пусконаладочных работ?
2. Какую квалификационную группу по технике безопасности должны иметь лица, выполняющие пусконаладочные работы?
3. Какие подготовительные мероприятия должны проводиться до начала приемосдаточных испытаний электроустановок зданий?
4. Какие организационные мероприятия способствуют проведению приемосдаточных испытаний электроустановок зданий в более короткие сроки?
5. Кто участвует в приемосдаточных испытаниях?

Информационное обеспечение обучения

Печатные и электронные издания

Основные учебные издания:

1. Козлов, А. Н. Собственные нужды тепловых, атомных и гидравлических станций и подстанций: учебное пособие для СПО / А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. — Саратов: Профобразование, 2021. — 311 с. — ISBN 978-5-4488-1154-8. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105156>

2. Кулеева, Л. И. Проектирование подстанции: учебное пособие для СПО / Л. И. Кулеева, С. В. Митрофанов, Л. А. Семенова. — Саратов : Профобразование, 2020. — 110 с. — ISBN 978-5-4488-0580-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92147>

3. Савина, Н. В. Современные электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для СПО / Н. В. Савина. — Саратов: Профобразование, 2021. — 163 с. — ISBN 978-5-4488-1155-5. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105157>

Дополнительные учебные издания:

4. Савина, Н. В. Электрические сети : практикум для СПО / Н. В. Савина, Ю. В. Мясоедов, В. Ю. Маркитан. — Саратов: Профобразование, 2021. — 253 с. — ISBN 978-5-4488-1149-4. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105163>

Интернет ресурсы:

5. <http://www.minenergo.com/> Министерство энергетики Российской Федерации

6. <http://eprussia.ru/lib/> Энергетика и промышленность России

7. <http://forca.ru/> Энергетика, оборудование документация

Электронно-библиотечная система:

8. ЭБС «elibrary», ООО «РУНЭБ»

9. ЭБС «IPRbooks», ООО «Ай Пи Ар Медиа»

10. ЭБС «Лань», ООО «Издательство Лань»

11. ЭБС «PROФобразование»

12. ЭБС «Book.ru