



Утверждаю
и.о. заместителя директора
по УИР ГПОУ «ПГК»
Кокухина К. Н.
_____ 2025 года

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для обучающихся

по выполнению практических работ

МДК 02.01 Технология обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и
электроустановок

по профессии

13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)»

Методические указания предназначены для организации работы обучающихся при выполнении практических работ по МДК 02.01 Технология обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок.

Содержат рекомендации и задания согласно рабочей программе, разработанной в соответствии с ФГОС СПО по профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)», утвержденного приказом Минпросвещения России от 28.04.2023 N 316.

Организация-разработчик: ГПОУ «Приаргунский государственный колледж»

Авторы:

Лопатина В.А. – преподаватель профессионального цикла ГПОУ «ПГК»

Вторушина И.А. – заместитель по НМР ГПОУ «ПГК»

Рассмотрено на ПЦК

Протокол № 5 от «15» 01 2025 г.

Председатель ПЦК В.А. Лопатина Лопатина В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	4
Тематическое планирование практических работ.....	5
Задания для практических работ.....	6
Литература	80

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по МДК 02.01 «Технология обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок»

по выполнению практических работ предназначены для обучающихся по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)

Практические задания направлены на подтверждение теоретических знаний, формирование учебных, профессиональных и практических умений, они составляют важную часть теоретической и профессионально-практической подготовки по освоению МДК 02.01 Технология обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок

В результате выполнения лабораторно-практических работ у обучающихся формируются профессиональные компетенции (ПК):

ПК 2.1. Выполнять плановые осмотры и испытания устройств электроснабжения и электрооборудования, в том числе электрических машин и аппаратов, электрооборудования трансформаторных подстанций и цехового электрооборудования.

ПК 2.2. Осуществлять контроль состояния электрооборудования и устройств электроснабжения с помощью измерительных приборов в процессе технического обслуживания.

ПК 2.3. Вести учет первичных данных по техническому обслуживанию устройств электроснабжения и электрооборудования в журналах.

и общие компетенции (ОК):

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

ОК.02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК.04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде

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

ОК.09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной программой. Выполнение заданий производится индивидуально в часы, предусмотренные расписанием занятий в соответствии с методическими указаниями к практическим работам.

Отчёт по практической работе каждый обучающийся выполняет индивидуально с учётом рекомендаций по оформлению. Защита проводится путём индивидуальной беседы или выполнения зачётного задания. Практическая работа считается выполненной (зачёт), если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке.

Отчёты обучающихся о проделанной работе помогают им лучше усвоить объяснения преподавателя и способствуют более прочному закреплению теоретического курса.

Каждая работа оценивается по пятибалльной системе:

оценка «5», если работа выполнена на 90-100%;

оценка «4» выставляется, если работа выполнена на 70-89%;

оценка «3» выставляется, если работа выполнена на 50-69%

1. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Название лабораторных/практических работ	Количество часов
1.	Практическое занятие №1 Правила проведения технического обслуживания, планового предупредительного ремонта электрооборудования. Организация оперативной работы в электроустановках	2
2.	Практическое занятие №2 Порядок технического обслуживания внутрицеховых электросетей и осветительных установок. Виды и периодичность профилактических осмотров электроустановок до 1000В.	2
3.	Практическое занятие №3 Техническое обслуживание и испытание на соответствие тех нормам кабельных линий. Определение мест повреждения в кабельных линиях	2
4.	Практическое занятие №4 Осмотр воздушных линий, борьба с гололедом и вибрацией проводов. Заполнение технологической карты ремонта. Проверка, измерения в воздушных линиях. Маркировка кабелей, проводов и шнуров.	2
5.	Практическое занятие №5 Оперативные переключения в распределительных устройствах.	1
6.	Практическое занятие №6 Техническое обслуживание силовых трансформаторов.	1
7.	Практическое занятие №7 Пуск и остановка электродвигателей Осмотр и контроль работы электроприводов	2
8.	Практическое занятие №8 Изучение защитных средств, применяемых в электроустановках.	2
9	Практическое занятие №9 Изучение последовательности и сроков испытаний защитных средств в электроустановках на подстанциях 6-35 кВ. и бригадных автомобилях ОБВ.	2
ИТОГО		16

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел 1. Технология обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок

Задание 1

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У16;

Тема 1.1. Организация работы службы технического обслуживания электроустановок

Практическая работа № 1

Правила проведения технического обслуживания, планового предупредительного ремонта электрооборудования. Организация оперативной работы в электроустановках

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение порядка технического обслуживания, безопасного ведения работ в электроустановках. Организацию ведения оперативной работы

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическое обоснование

Планирование ремонтов – система ППР

Для каждой электроустановки должен быть составлен годовой график планово-предупредительного ремонта (ППР), утверждаемый ответственным за электрохозяйство дистанции электроснабжения, с указанием всех работ независимо от исполнителя, предусматривающий все необходимые виды текущего ремонта, в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

На основании этого графика ответственные за электрохозяйство подразделений дистанции электроснабжения составляют месячные планы работ и утверждают их у начальника дистанции электроснабжения железной дороги или его заместителя.

Система ППР электрооборудования представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на поддержание электротехнического оборудования в состоянии постоянной работоспособности, предупреждения его преждевременного износа и исключения аварийных ситуаций.

Сущность системы ППР заключается в производстве необходимых видов ремонта электрооборудования через определенные промежутки календарного времени его работы. Чередование и периодичность этих ремонтов определяется назначением электрооборудования, его конструктивными особенностями, габаритными размерами и условиями эксплуатации.

Система ППР направлена на предупреждение остановки оборудования вследствие износа его частей и деталей и предусматривает планирование и организацию ремонтов, определение их видов, объема работ по каждому, сроков проведения и порядок учета и отчетности. Ее целью являются:

- совершенствование организации ремонта;
- уменьшение затрат на ремонт при повышении качества работы;
- снижение капитальных вложений в электрохозяйство путем обеспечения нормальной работы оборудования при минимальном количестве технически необходимого резерва;
- сокращение простоев технологического оборудования из-за преждевременного выхода из строя электрической части;
- обеспечение роста производительности технологического оборудования и труда рабочих;
- предупреждение преждевременного физического износа электротехнического оборудования, повышение сроков службы деталей, узлов, аппаратуры и покупных изделий.

Организационно-технические мероприятия предусматривают непрерывное совершенствование системы ППР путем применения рациональных методов и организации ремонтных работ, внедрения прогрессивной технологии ремонта, изучения и использования передового опыта.

Оборудование останавливают для планово-предупредительного ремонта электрооборудования принудительно, по заранее составленному графику, когда оно ещё

находится в рабочем состоянии. Этот принцип планового вывода электрооборудования в ремонт позволяет произвести необходимую подготовку к остановке оборудования – как со стороны специалистов сервисного центра, так и со стороны производственного персонала заказчика. Подготовка к ППР электрооборудования заключается в уточнении дефектов оборудования, подборе и заказе запасных частей и деталей, которые следует сменить при ремонте. При этом вырабатывается алгоритм проведения ППР электрооборудования, обеспечивающий бесперебойную работу производства в период ремонта. Такая подготовка позволяет осуществлять полный объем ремонтных работ без нарушения нормальной работы предприятия.

Планово-предупредительный ремонт электрооборудования, выполняемый в сроки, установленные графиком, и в объеме, предусмотренном при его составлении, должен компенсировать износы, образовавшиеся вследствие работы оборудования в течение периода времени, предшествовавшего ППР.

Изменить периодичность, установленную Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог для ТО и ТР, ответственный за электрохозяйство дистанции электро-снабжения может по согласованию со службой электроснабжения железной дороги при соответствующем техническом обосновании и при:

- отсутствию отрицательной динамики результатов испытаний, измерений, в сравнении с предыдущими результатами испытаний, измерений после капитального ремонта;
- небольшом ежемесячном количестве отключений выключателей, отсутствии загрязнения для тяговых подстанций слабозагруженных участков;
- учете срока эксплуатации и состояния оборудования, в том числе после капитального ремонта.

Основными нормативами, необходимыми для планирования и проведения ремонтов оборудования, считаются *периодичность*, *продолжительность* и *трудоемкость* различных видов ремонтов.

Периодичность ремонтов – это интервал работы оборудования в часах между окончанием одного вида ремонта и началом последующего. Периодичность ремонтов и испытаний электрооборудования тяговых подстанций определяется Инструкцией по техническому обслуживанию и ремонту оборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог.

Продолжительность ремонтов – это интервал времени, который регламентируется Типовыми нормами времени на текущий ремонт устройств и оборудования тяговых подстанций, от начала ремонтных работ (вывода в ремонт) электрооборудования, находящегося в эксплуатации, до момента ввода его в эксплуатацию в нормальном режиме.

Трудоемкость ремонта – это трудозатраты на проведение одного ремонта, выраженные в человеко-часах. Нормы времени установлены на полный объем работ с разбивкой по операциям и выполняемый эвеном или бригадой.

Нормы времени указаны в человеко-часах и рассчитаны по формуле:

$$H_{вр} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{пз} + a_{об} + a_{от.л}}{100} \right),$$

где $H_{вр}$ – норма времени на операцию;

$T_{оп}$ – оперативное время на операцию;

$a_{пз}$ – время на подготовительно-заключительные работы; $a_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$a_{от.л}$ – время на отдых и личные надобности.

Показатель α выражается в процентах оперативного времени.

Время на подготовительно-заключительные работы и обслуживание рабочего места составляет 8 % оперативного времени: получение задания, производственный инструктаж о порядке и объеме выполняемых работ, ознакомление с чертежами, инструкциями, технической документацией, подготовка и уборка рабочего места.

Время на отдых и личные надобности составляет при выполнении ремонта на месте установки электрооборудования 20 %, в мастерской – 8 %, в трансформаторной башне – 10

% оперативного времени.

Ремонт по фактическому состоянию электрооборудования

Система ППР подразумевает, что только время эксплуатации электрооборудования определяет его остаточный ресурс. Плановые ремонты проводятся в жестко фиксированное время, которое определяется только межремонтным периодом; чаще всего общее состояние электрооборудования при этом не учитывается. Однако практика показывает, что остаточный ресурс зависит от множества факторов и не может определяться только временем эксплуатации оборудования.

Внедрению новых технологий определения реального текущего технического состояния способствовало развитие компьютерной и микропроцессорной техники с последующим развитием средств и методов контроля.

Оперативная диагностика оборудования предполагает использование неразрушающих методов контроля, без остановки работы и без воздействия на его механический и коммутационный ресурсы. При этом используются следующие *методы*: физико-химическая диагностика, тепловизионная техника, методы акустического, и частично электрического контроля.

Тепловизионная диагностика позволяет производить поэлементную, а также общую оценку технического состояния электрооборудования в процессе его работы, выявлять многие дефекты на ранней стадии их развития, а также определять приемлемые эксплуатационные ограничения, препятствующие развитию дефектов. При тепловизионном диагностировании можно выявить следующие неисправности:

- а) на силовых трансформаторах:
 - нарушения в работе систем охлаждения;
 - нарушения внутренней циркуляции масла в баке трансформатора;
 - дефекты изоляции высоковольтных вводов;
 - ослабление контактных соединений токоведущих частей;
- б) на масляных выключателях:
 - ухудшение состояния основной изоляции, изоляции вводов, шунтирующих конденсаторов;
 - перегрев контактных соединений аппаратных зажимов, контактов дугогасительных устройств;
- в) на разъединителях:
 - нарушения разъемных контактных соединений, аппаратных зажимов;
 - трещины в опорно-стержневых изоляторах, дефекты подвесной изоляции;
- г) на вентильных разрядниках, ограничителях перенапряжений:
 - обрыв шунтирующих сопротивлений;
 - дефекты монтажа;
 - неравномерность распределения напряжения по элементам;
- д) на измерительных трансформаторах напряжения и тока:
 - нарушения наружных и внутренних контактных соединений;
 - ухудшение внутренней изоляции обмоток, связанное со шламообразованием и другими дефектами.

Тепловизионная диагностика может стать основной для организации надежного наблюдения за техническим состоянием оборудования, позволяя обнаруживать дефекты контактных соединений, участки перегрузки кабелей, производить оценку работоспособности трансформаторов, электродвигателей, разрядников и другого электрооборудования в процессе эксплуатации без снятия напряжения. Такая диагностика информативна, экономична и удобна.

Периодичность теплового контроля оборудования зависит от его повреждаемости и затрат на профилактику. При этом современные предприятия, заботясь о повышении надежности и устойчивости производства, по собственной инициативе вводят периодичность тепловизионной диагностики электрооборудования с интервалом в полгода, чтобы не упустить ситуацию из-под контроля.

Система ремонтов по техническому состоянию предполагает в процессе работы оборудования наибольшее внимание уделять его диагностике и измерению его основных

технических параметров, а вывод оборудования в ремонт осуществлять не по жестко фиксированному графику-плану ППР (что значительно увеличивает затраты на ремонт), а только тогда, когда технические характеристики электрооборудования вышли за нормально допустимые пределы. Суть технологии состоит в том, что обслуживание и ремонт производится в зависимости от реального текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий, на базе контроля и анализа соответствующих параметров.

Сравнение методов ремонта показывает, что при обслуживании электрооборудования по графику ППР часть работ по обслуживанию выполняется без фактической их необходимости; часть узлов и деталей заменяется, хотя их остаточные ресурсы фактически еще достаточно велики; отмечается понижение надежности оборудования после его разборки и частичной замены деталей. Если же обслуживание проводится по фактическому состоянию, то диагностические приборы выдают объективную информацию о состоянии оборудования; не будет нарушений в работе оборудования из-за необоснованной его разборки; достаточно точно определяются сроки и объемы ремонтных работ.

Данная технология меняет систему обслуживания оборудования на предприятии, что позволяет:

- контролировать реальное текущее техническое состояние оборудования;
- контролировать качество выполненных ремонтных и наладочных работ;
- обоснованно планировать сроки и содержание ремонтных и наладочных работ;
- планировать сроки приобретения запасных частей по мере их необходимости;
- сократить потребность в запасных частях, материалах и их запасах на складе;
- повысить ресурс и надежность оборудования, продлить межремонтный период и срок службы.

Для перехода к ремонту по фактическому состоянию необходима достаточно точная система диагностирования текущего технического состояния оборудования.

Задание.

Дать ответы, оформив в текстовом редакторе Word, на контрольные вопросы.

1. Какие основные виды ремонта различают, к каким они относятся?
2. Что понимают под текущим ремонтом, что и чем при нем определяется?
3. Что выполняется, как правило, во время текущего ремонта, что он обеспечивает?
4. Что понимают под капитальным ремонтом, какой его послеремонтный ресурс?
5. Когда производится и что включает в себя капитальный ремонт?
6. Что предшествует выводу оборудования в капитальный ремонт?
7. Что входит в объем капитального ремонта?
8. Что предусматривает и как проводится средний ремонт?
9. Когда выполняется ремонт оборудования по техническому состоянию?
10. Когда необходим аварийный ремонт, что при этом оформляется и указывается?
11. В зависимости от чего и к чему может быть отнесен аварийный ремонт?
12. Когда проводится устранение непредвиденных повреждений оборудования подстанций?
13. Что должно быть составлено для каждой электроустановки, кем утверждено, что там указано и предусмотрено?
14. Что и на основании чего составляют и кем утверждается?
15. Что представляет собой система ППР электрооборудования?
16. В чем заключается сущность системы ППР?
17. На что направлена система ППР?
18. Что является целью системы ППР?
19. Что предусматривают организационно-технические мероприятия?
20. Для чего и как останавливают оборудование?
21. Что позволяет принцип планового вывода электрооборудования в ремонт?

22. В чем заключается подготовка к ППР электрооборудования, что при этом вырабатывается, обеспечивается, что позволяет такая подготовка?

23. ППР электрооборудования, выполняемый в какие сроки, что должен компенсировать?

24. Чем установлена периодичность ППР, кто и в каких случаях может её изменить?

25. Что считается основными нормативами, необходимыми для планирования и проведения ремонтов оборудования?

26. Что понимают под периодичностью ремонтов?

27. Что понимают под продолжительностью ремонтов?

28. Что понимают под трудоемкостью ремонта?

29. Как считаются нормы времени, какое время в них учитывается и в чем выражается?

30. В чем заключается недостаток системы ППР?

31. Что предполагает оперативная диагностика, какие методы она использует?

32. Что позволяет производить тепловизионная диагностика?

33. Какие неисправности можно выявить при тепловизионном диагностировании?

34. Основной для чего может стать тепловизионная диагностика?

35. Что предполагает система ремонтов по техническому состоянию?

36. В чем состоит суть технологии ремонтов по техническому состоянию?

37. Что показывает сравнение методов ремонта?

38. Что меняет и что позволяет технология ремонтов по фактическому состоянию?

Организация оперативного обслуживания

Работники, обслуживающие электроустановки, всегда должны соблюдать технику безопасной работы и строго выполнять правила технической эксплуатации.

Проводить работы по техническому обслуживанию электроустановок имеют право лица, сдавшие экзамен и получившие присвоенную специальной квалификационной комиссией группу по технике безопасности и именное удостоверение по установленной форме.

В комплексе организационных мероприятий по обеспечению безопасности обслуживания электроустановок значительное место отводится оперативному управлению электрохозяйством предприятия, т. е. проведению согласованной, надежной и безопасной работы электросетей и электрооборудования. Это достигается путем координации действий электротехнического персонала при всех видах работ и постоянного контроля за оперативным обслуживанием электроустановок.

Оперативное управление электрохозяйством предприятия имеет два направления: *оперативное управление* хозяйством в целом как единым организмом и *оперативное обслуживание* — обслуживание отдельных частей электрохозяйства, т. е. систематический надзор за состоянием и режимом работы электрооборудования; выявление его дефектов и их устранение; выполнение мероприятий по обеспечению безопасности ремонтных и профилактических работ; предупреждение и ликвидация аварийных ситуаций и т. д. Своевременное устранение и мечения мелких дефектов предотвращает серьезные неполадки и выход из строя оборудования.

Оперативное обслуживание проводится посменно. Количество лиц и форма обслуживания оперативного персонала в смене определяется производственной необходимостью.

При обслуживании электроустановок выше 1000 В старший и смене должен иметь квалификационную группу не ниже IV, при обслуживании электроустановок напряжением до 1000 В - не ниже III. График дежурств составляется на месяц вперед.

Приемка смены проводится по общим правилам, начиная с осмотров электрооборудования.

При выполнении работ по техническому обслуживанию электроустановок выполняются технические и организационные мероприятия:

Мероприятия по обеспечению безаварийного производственного процесса в электроустановках подразделяются на организационные и технические.

Организационные включают проведение работ, а также руководство, контроль и технический надзор за ними. Технические регламентируют порядок выполнения должностных обязанностей персоналом при эксплуатации, ремонте, обслуживании и монтаже оборудования. Все должностные лица, отвечающие за организацию работ и выполнение требований электробезопасности, помимо обучения по ЭБ, обязаны пройти специальное обучение по охране труда.

Технические мероприятия по электробезопасности

К техническим мероприятиям относятся действия, которые должен произвести электротехнический персонал при выполнении работ со снятием или без снятия напряжения. При снятии напряжения нужно принять меры по предотвращению случайного или ошибочного включения электроустановки. Случайное включение происходит в том случае, если ослабевают пружины толкателя, контакты приходят в действие и взаимодействуют, что вызывает подачу тока. Чтобы этого не произошло, между разъединителями или предохранителями нужно установить изоляционную прокладку, например, кембрики или гетинаксовые пластинки. На ножи надевают изоляционные колпаки. Если произойдет деформация, вызванная причинами природного или техногенного характера, ножи и контакты не встретятся – между ними будут проложены прокладки. Еще одна возможность несанкционированного включения ЭУ – человеческий фактор, ошибка персонала. Во избежание этого на приводах и ключах дистанционного управления вывешивают запрещающий плакат «Не включать, работают люди» или «Не включать, работа на линии».

Перечень технических мероприятий по электробезопасности

Технические мероприятия при подготовке рабочего места со снятием напряжения в электроустановке:

- выполнение отключений и принятие мер, препятствующих подаче напряжения вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- вывешивание на приводах ручного и на ключах дистанционного управления запрещающих плакатов; проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- установка заземления;
- вывешивание указательных плакатов "Заземлено";
- установка ограждений при необходимости рабочих мест и оставшихся под напряжением токоведущих частей;
- вывешивание предупреждающих и предписывающих плакатов.

Указатели напряжения необходимо проверять своевременно. Работник должен быть обеспечен как УВН, так и индикатором наличия напряжения, при этом отсутствие напряжения проверяется только УВН. Электроустановку следует оснастить как минимум двумя указателями ВН. На указателе и на индикаторе должна быть наклейка с указанием даты следующего испытания не реже 1 раза в 12 месяцев.

Реализация технических мероприятий

Согласно требованиям ПТЭЭП, утвержденных приказом Минэнерго от 12.08.2022 № 811, в каждой организации, эксплуатирующей ЭУ, должен быть в наличии перечень техдокументации. Энергонадзор проверит, каким образом составлена документация, и сличит ее с фактическим состоянием электроустановок. Все мероприятия должны проводиться в соответствии с ПТЭЭП. ЭУ должны быть обеспечены в полном составе основными и допсредствами индивидуальной и коллективной защиты, прошедшими своевременные испытания и имеющими подтверждение соответствия техрегламенту. Персонал должен пройти психиатрическое освидетельствование, а затем – предварительный и периодический медосмотр.

Организационные мероприятия по электробезопасности в электроустановках

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются:

- оформление наряда, распоряжения или перечня работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- выдача разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе в случаях, определенных в пункте 5.14 Правил;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Перечень работ, которые должны выполняться по наряду-допуску, распоряжению или в порядке текущей эксплуатации, разрабатывает ответственный за электрохозяйство и утверждает руководитель организации. Не каждый сотрудник из числа административно-технического персонала может оформлять допуск или распоряжение на выполнение действий в электроустановке. Такое право предоставляется приказом работодателя.

Эта категория руководящего состава определена в ПТЭЭП как персонал, имеющий право выдачи нарядов, распоряжений, ведения оперативных переговоров. Списки таких сотрудников включены в состав обязательной документации по электрохозяйству организаций. Кроме того, в организации должны быть утверждены списки лиц: имеющих права допускающего, ответственных руководителей, производителей работ, наблюдающих. Эти списки должны пересматриваться не реже 1 раза в 3 года и всегда проверяются инспектирующими органами. Работодатель должен с учетом требований ПТЭЭП утвердить своим приказом перечень мероприятий, которые выполняются в ЭУ.

Этот перечень всегда индивидуален и зависит как от напряжения электроустановки, так и от характера выполняемых операций. При этом работодатель может в любой момент провести работы, указанные в документе, не по распоряжению, а по наряду, если посчитает нужным усилить меры безопасности.

Как реализовать организационные мероприятия по электробезопасности в электроустановках

1. Определяем в соответствии со спецификой производства и электрохозяйства перечень работ, который можно выполнять только по наряду. Наряд-допуск по электробезопасности – это задание, в котором устанавливаются место, содержание, время начала и окончания, условия безопасного выполнения задач, а также состав бригады.

2. Устанавливаем должностных лиц в приказе. Можно сделать один приказ – утвердить в нем список ответственных лиц, а также перечень работ, выполняемых по наряду, в порядке эксплуатации или по распоряжению. Список ответственных лиц нужно составлять с учетом их подготовки. Если организация небольшая, штат электротехнического персонала небольшой, можно совмещать обязанности должностных лиц. Не всегда сотрудник из АТП по объективным причинам может присутствовать на месте. В этом случае право на это может быть дано другому сотруднику распоряжением работодателя. Выдает разрешения сотрудник с группой не ниже IV по ЭБ из оперативного персонала, а в отдельных случаях – из числа АТП. Ответственный руководитель работ (далее по тексту – ОРР) назначается не всегда. Как правило, при работах по наряду в ЭУ до 1 кВ этого делать не требуется. Тем не менее, каждый случай индивидуален, ответственность несет руководитель организации. Поэтому распоряжением выдающего наряд ОРР может быть назначен и при эксплуатации ЭУ до 1 кВ. В этом случае в строке наряда «Особые условия» должна быть сделана соответствующая запись. Подготовка рабочего места проводит допускающий из оперативного персонала с группой IV в ЭУ свыше 1 кВ. При эксплуатации установки до 1 кВ допускающий может иметь группу III. Также этот сотрудник проводит целевой инструктаж, делая об этом запись в наряде и в журнале учета работ. Производитель является ответственным исполнителем. Требования по группе ЭБ у него те же, что и допускающего. Поэтому разрешается совмещение этих обязанностей при небольших объемах выполняемого или малой численности организации.

Особой должностью по наряду является наблюдающий. Во-первых, этому сотруднику запрещается выполнение работ. Если прораб – это член бригады, то наблюдающий только смотрит за тем, как бригада выполняет порученное. Во-вторых, он назначается тогда, когда бригада не имеет права самостоятельно работать в ЭУ, это частный случай деятельности подрядной организации на территории Заказчика. В-третьих, ему достаточно иметь группу III. Исполнителями работ являются члены бригады. Они отвечают за собственное соблюдение

охраны труда и обязаны известить производителя, если возникли ситуации, угрожающие жизни и здоровью других членов бригады. Количественный и качественный состав бригады должен быть указан в ППР и (или) в технологической карте. Эти данные берутся при оформлении допуска. Если этих документов нет, работать запрещается. В технологической карте указываются квалификационные разряды, а в наряде-допуске, кроме этого, после фамилии сотрудника – римскими цифрами группа по ЭБ. Число членов бригады находится в зависимости от места расположения производителя работ и наличия наблюдающего. Вся бригада должна быть как на ладони, при этом производитель обязан находиться на самом сложном участке. Члены бригады должны иметь III-IV группу. Сотрудники с группой II включаются в состав бригады в исключительных случаях для проведения неквалифицированных операций (осмотр опор на загнивание, нумерация опор шрифтами), и не больше 3 человек в бригаде.

Содержание отчета

1. Номер, тема и цель работы.
2. Составить перечень мероприятий обеспечивающих безопасность работ с применением плакатов при определенных видах работ
3. Ответы на контрольные вопросы:

Вопрос 1: Укажите, какие из перечисленных мероприятий, обеспечивающих безопасность работ в электроустановках, относятся к организационным:

- ☐ *назначение лиц, ответственных за безопасное проведение работ*
- ☐ *оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации*
- ☐ *проведение необходимых отключений*
- ☐ *принятие мер, препятствующих подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов*
- ☐ *вывешивание запрещающих плакатов на привода ручного и на ключи дистанционного управления коммутационных аппаратов*
- ☐ *выдача разрешения на подготовку рабочего места и допуск к работе*
- ☐ *допуск к работе*
- ☐ *проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены*
- ☐ *установка заземления*
- ☐ *вывешивание указательных плакатов «ЗАЗЕМЛЕНО»*
- ☐ *ограждение при необходимости рабочих мест и оставшихся под напряжением токоведущих частей и вывешивание плакатов безопасности*
- ☐ *надзор во время работы*
- ☐ *оформление перевода на другое рабочее место*
- ☐ *оформление перерыва в работе, окончания работ*

Вопрос 2: Укажите, кто из перечисленных лиц является ответственным за безопасное ведение работ в электроустановках.

- ☐ *лицо, выдающее наряд, отдающее распоряжение, составляющее перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации*
- ☐ *лицо, выдающее разрешения на подготовку рабочего места и на допуск к работе*
- ☐ *лицо, подготавливающее рабочее место*
- ☐ *допускающий*
- ☐ *руководитель работ*

- ☐ производитель работ
- ☐ наблюдающий
- ☐ члены бригады

Вопрос 3: Когда можно приступить к подготовке рабочего места?

- ☐ К подготовке рабочего места можно приступить сразу после оформления наряда-допуска
- ☐ К подготовке рабочего места можно приступить сразу после проведения целевого инструктажа лицом выдающим наряд
- ☐ К подготовке рабочего места можно приступить сразу после получения разрешений от лица, выдающего разрешения на подготовку рабочего места

Вопрос 4: Какие мероприятия должен выполнить производитель работ (наблюдающий) при организации полного окончания работы по наряду?

- ☐ вывести бригаду с рабочего места
- ☐ снять плакаты безопасности, ограждения, флажки, установленные заземления
- ☐ оформить окончание работы подписью в своем экземпляре наряда
- ☐ закрыть двери электроустановки на замок
- ☐ сообщить допускающему, а при его отсутствии – лицу, выдавшему разрешения на подготовку рабочих мест и на допуск, о полном окончании работ

Задание 2

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3;: У1- У17,У22-У23,У25

Тема 1.2. Техническое обслуживание внутрицеховых электросетей и осветительных электроустановок.

Практическая работа № 2

Порядок технического обслуживания внутрицеховых электросетей и осветительных установок. Виды и периодичность профилактических осмотров электроустановок до 1000В.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение порядка технического обслуживания внутрицеховых электросетей и осветительных установок. Виды и периодичность, заполнение соответствующих документов при техническом обслуживании.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическая часть

При эксплуатации внутрицеховых электрических сетей состояние электроизоляционных материалов, применяемых в электрических проводах и кабелях, имеет большое значение. При запылении и загрязнении понижаются электроизоляционные свойства изоляции. Перегрев изоляции одновременно с понижением электроизоляционных свойств делает ее хрупкой и механически менее прочной. Как следствие этого возникают электрические пробой, приводящие к преждевременному выходу из строя электропроводок.

Другим элементом внутрицеховых электрических сетей, обеспечивающим надежную их эксплуатацию, являются электрические контакты, которые при эксплуатации постепенно окисляются и ослабевают. В результате этого переходное сопротивление контактов увеличивается, что вызывает их недопустимый перегрев и понижение качества. Чтобы

обеспечить бесперебойную работу внутрицеховых электрических сетей и нормальный срок их службы, в процессе эксплуатации проводят надзор и необходимую проверку и, если после этого требуется, проводят своевременный ремонт. Необходимая частота осмотров внутрицеховых электросетей зависит в основном от условий эксплуатации и окружающей среды.

В цехах влажных, пыльных и содержащих пары и газы, вредно действующие на изоляцию электрических сетей, осмотр производят чаще, чем в цехах с нормальной средой. Сроки и содержание осмотров электросетей утверждает главный энергетик предприятия в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации с учетом специфических особенностей каждого предприятия.

В помещениях с нормальной средой осмотр внутрицеховых электрических сетей обычно производят один раз в шесть месяцев, а в помещениях с неблагоприятной средой (сырые с едкими парами и др.) — один раз в три месяца. Ремонт внутрицеховых электрических сетей проводят по мере необходимости, на основе результатов осмотров и проверок.

Осмотр внутрицеховых электрических сетей разрешают проводить персоналу соответствующей квалификации с обязательным соблюдением осторожности. При осмотрах запрещается, в частности, снимать электротехнические предупредительные плакаты и ограждения, а также приближаться к частям электроустановок, находящимся под напряжением. Если при осмотре электрических сетей выявлены неисправности, то об этом ставят в известность непосредственного начальника и одновременно делают соответствующую запись в эксплуатационном журнале.

При осмотре внутрицеховых электрических сетей проверяют общее состояние наружной части электрической изоляции и отсутствие в ней видимых повреждений: прочность закрепления электропроводки и конструкций, поддерживающих кабели и другие элементы электросети, отсутствие натяжения проводки в местах ответвлений.

При осмотре автоматов, станций управления и предохранителей проверяют их исправность и соответствие нагрузке и сечению проводов и кабелей. В местах, опасных в отношении поражения электрическим током, проверяют наличие предупреждающих плакатов, надписей и заграждений, а также состояние кабельных воронок, отсутствие в них течи, наличие бирок, плотность контактов в местах присоединения жил кабелей.

При осмотре электрических сетей необходимо также проверять состояние заземляющих устройств и надежность контактных соединений в них. Во время осмотра внутрицеховых электросетей дежурному электромонтеру разрешается производить включение автоматов, замену трубчатых и пробочных предохранителей без снятия напряжения. Замену плавких вставок открытого типа и мелкий ремонт осветительной электропроводки можно производить лишь при отключенном напряжении.

Кроме указанных осмотров необходимо вести контроль за состоянием внутрицеховых электрических сетей с помощью периодических измерений величин сопротивления их электрической изоляции, нагрузок и электрического напряжения сети в различных точках. Периодичность указанных измерений, а также выбор точек для измерений зависят от местных условий. Они приводятся в инструкциях предприятий. Обычно величину сопротивления изоляции электросетей проверяют в сырых и пыльных помещениях два раза в год, а в помещениях с нормальной средой - один раз.

Принимая внутрицеховые электрические сети после капитального ремонта, их изоляцию испытывают напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин. Если сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В, составляет не менее 0,5 МОм, то испытание повышенным напряжением промышленной частоты можно заменить испытанием изоляции с помощью мегаомметра на 2500 В. При величине сопротивления изоляции менее 0,5 МОм испытание повышенным напряжением промышленной частоты является обязательным.

Рассматривая состояние изоляции электрической сети, следует иметь в виду, что даже при самых благоприятных условиях эксплуатации электросетей их изоляция под влиянием различных причин постепенно ухудшает свои свойства (стареет) и периодически электропроводку приходится заменять новой.

Во время эксплуатации внутрицеховых электрических сетей контролируют электрические нагрузки, которые могут изменяться. Перегрузки

электрических сетей в течение продолжительного времени приводят к ухудшению их изоляции и сокращению длительности работы. Если произведенные проверки покажут, что перегрузки электрических сетей являются систематическими, то необходимо принять меры к разгрузке сетей или к их реконструкции. При усилении электросети надо следить за тем, чтобы токи в новых проводах и кабелях не превышали значений, установленных для них ПУЭ.

Важное значение для правильной эксплуатации электрооборудования имеет напряжение, подводимое к электроприемникам, так как оно не остается постоянным в течение суток. В часы максимального потребления электроэнергии напряжение в электросетях понижается, а в часы минимального потребления повышается. Колебания напряжения в сети могут вызываться и другими причинами.

Электроприемники нормально работают до тех пор, пока колебания напряжения не выходят за определенные пределы. Допустимыми для внутрицеховых электрических сетей считаются колебания: для электродвигателей в пределах $\pm 5\%$ от номинального напряжения (в отдельных случаях допускаются отклонения от номинального от -5 до $+10\%$), для наиболее удаленных ламп рабочего освещения в промышленных предприятиях — от $-2,5$ до $+5\%$. Если проверками установлено, что колебания напряжения превышают указанные значения, то необходимо принять меры, например применить трансформаторы, допускающие регулирование напряжения.

Если во время эксплуатации какая-либо линия свыше месяца находится без напряжения, то перед ее включением внимательно осматривают и проверяют состояние ее изоляции.

Мелкий ремонт внутрицеховых электросетей включает следующие работы: замену неисправных изоляторов, выключателей и штепсельных розеток, закрепление провисшей электропроводки, восстановление электросети в местах ее обрывов, смену автоматов и предохранителей и т. п.

В объем текущего ремонта входят: ремонт неисправных участков внутрицеховой электрической сети, в том числе замена электропроводки с поврежденной изоляцией, включая и в трубопроводах, перетяжка проводов, имеющих недопустимо большой провес.

Содержанием капитального ремонта является полное переоборудование внутрицеховых электрических сетей, включая восстановление всех изношенных элементов.

В объем осмотров электрических аппаратов напряжением до 1000В входит:

- проверка соответствия аппаратов условиям эксплуатации и нагрузки;
- очистка аппаратов; проверка исправности подключенной к аппаратам электропроводки и сети заземления;
- наружный и внутренний осмотры аппаратов, ликвидация видимых повреждений;
- затяжка крепежных деталей;
- очистка контактов от грязи и наплывов;
- проверка исправности кожухов, рукояток, замков, ручек, другой арматуры;
- проверка уровня и температуры масла, отсутствие течи и доливка масла при необходимости;
- проверка нагрева элементов сопротивления, контактов во всех пускорегулирующих аппаратах;
- проверка наличия соответствующих надписей на щитках, панелях и аппаратах;
- проверка наличия нагревательных элементов и тепловых реле и их соответствие номинальному току у токоприемников;
- регулирование одновременности включения, отключения ножей рубильников и переключателей;
- замена предохранителей;
- проверка работы сигнальных устройств и целостность пломб на реле и других аппаратах.

Дежурный персонал при необходимости должен производить мелкий ремонт или замену вышедших из строя аппаратов.

При техническом осмотре и ремонте аппаратов во взрывозащищенном исполнении следует руководствоваться «Производственной инструкцией по ремонту и обслуживанию взрывозащищенного электрооборудования»

Периодичность технических осмотров электрических аппаратов должна соответствовать продолжительности циклов технического обслуживания и ремонтов, установленных на предприятии.

Испытание электроустановок до 1000В, особенности проведения



Электрооборудование и электроустановки до 1000В имеют наибольшее распространение в сетях потребителей, поскольку основная доля непосредственно потребляемой электроэнергии относится к данному классу напряжения. Электроприборами и оборудованием, питающимися от бытовой электрической сети пользуется большое количество людей, не всегда имеющих отчётливое представление об опасности электрического тока. Этим обстоятельством обусловлена высокая важность содержания сетей низкого напряжения в исправном состоянии, основными способами контроля которого являются замеры сопротивления изоляции и испытание электроустановок до 1000В.

Нормативные документы

Требования, касающиеся периодичности, порядка проведения и норм испытаний содержатся в следующей нормативно-технической литературе:

- ГОСТ Р50571.16 – 2019, часть 6, содержащая требования к производству испытаний низковольтных электроустановок;
- ПТЭЭП, в которых изложены методические указания по проведению испытаний;
- ПУЭ, определяющие нормы приёмо-сдаточных испытаний электрооборудования.

Сроки проведения испытаний электроустановок до 1000В

Испытания проводятся в течение всего периода эксплуатации электроустановки и подразделяются на следующие виды:

- приёмо-сдаточные, выполняемые по завершению монтажа оборудования, а по возможности и в его процессе (ГОСТ Р50571.16 – 2019, 6.4.1.1.);
- эксплуатационные, которые необходимо выполнять на протяжении всего жизненного цикла оборудования с периодичностью, установленной для каждого типа электроустановок;
- внеочередные, производимые после ремонта оборудования, а также в случае возникновения сомнений в его исправности.

Перечень и периодичность испытаний электроустановок до 1000В

В целях определения пригодности низковольтного электрооборудования к эксплуатации производится испытание и измерение электроустановок до 1000В:

- измерение сопротивления изоляции оборудования с применением мегаомметра;
- замеры сопротивления петли фаза – ноль, выполняемые с целью проверки условий срабатывания автоматических выключателей;
- измерение сопротивления металlosвязи между проводниками защитного заземления;
- испытания и проверка срабатывания дифференциальных устройств защиты — УЗО и дифавтоматов;
- проверка контура заземления с проведением замеров полного сопротивления заземления.

Каждое проведённое испытание и измерение электроустановок до 1000В должно быть оформлено путём заполнения протокола установленной формы.

В соответствии с пунктом 3.12.17. ПТЭЭП измерение сопротивления изоляции проводов и кабелей, проверка состояния защитного заземления выполняется не реже одного раза в три года.

Полное сопротивление петли фаза – ноль в системах с глухозаземлённой нейтралью измеряется не реже одного раза в два года, при этом должна производиться проверка кратности тока КЗ.

Виды испытаний и измерений, периодичность проведения которых не указана в ПТЭЭП, выполняются по графику, составленному техническим руководителем, но не реже 1 раза в 3 года.

Электротехническая лаборатория ЛАЭР выполняет испытание электроустановок до 1000В, Лаборатория должна быть аттестована Ростехнадзором на право производства испытаний и измерений в электроустановках до 35 кВ, укомплектована современным испытательным оборудованием и высокоточными измерительными приборами.

В штате ЭТЛ опытные сотрудники с профильным образованием и необходимыми допусками.

Ход работы:

1. Номер, тема и цель работы
2. Изучить порядок технического обслуживания внутрицеховых электросетей и осветительных установок. Виды и периодичность профилактических осмотров электроустановок до 1000В.
3. Составить технологическую карту технического обслуживания светильника.
4. Ответить на контрольные вопросы.
- .
1. Что включает в себя основное правило эксплуатации осветительных установок?
2. Что оказывает влияние на работу ламп?
3. От чего зависит частота проведения чистки светильника?
4. Используя таблицу 1, укажите какое количество чисток светильников необходимо проводить в промышленном техникуме
5. Используя таблицу 2, укажите рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов щитков, выключателей, осветительных приборов и др. для помещений с нормальной средой
6. Какая документация заполняется при эксплуатации осветительных установок?
7. Какие документы определяют сроки ТО осветительных установок?

Задание 3.

Изучите информацию «Техническое обслуживание осветительных электроустановок» и составьте технологическую карту технического обслуживания светильника.

№ п/п	Вид работ	Инструменты и приспособления
1		
2		
3		
4		
5		

«Техническое обслуживание осветительных электроустановок»

Основное правило эксплуатации сводится к регулярному наблюдению, своевременному ремонту и устранению обнаруженных неполадок в работе всех элементов осветительной установки. Поскольку обнаружить неисправности отдельных элементов установки в большинстве случаев можно только по режиму горения ламп, то необходимо систематически вести **журнал эксплуатации**, в котором нужно отмечать данные о режиме работы осветительной установки (время горения ламп, смена ламп, время чистки светильников, данные о замере изоляции сети, замена вышедших из строя элементов светильников и их ремонт и др.).

На работу ламп оказывает сильное влияние величина напряжения в питающей сети и ее отклонение от номинального значения, поэтому необходимо следить за поддержанием

постоянства напряжения в сети, выявлять и устранять причины резких колебаний напряжения. От четкого контроля режима напряжения питающей сети очень часто зависит фактический срок службы ламп.

Пыль и копоть, осаждающаяся на отражающих поверхностях светильников, покрывая тонким слоем рассеиватели и колбы ламп, вызывают дополнительное поглощение светового потока, создаваемого источником света, и тем самым снижают коэффициент полезного действия светильника.

В связи с этим хорошее состояние осветительной установки обуславливается своевременным проведением планово-предупредительных осмотров и текущих ремонтов электрооборудования.

Очистка

Очищают корпус и конструкции светильников и осветительных установок от пыли щеткой-сметкой и протирают обтирочным материалом. Снимают плафоны и электрические лампы. Плафоны промывают 5 % -ным раствором каустической соды в воде, а затем чистой водой и просушивают. Лампы протирают влажным, обтирочным материалом. Контактные поверхности ламп покрывают тонким слоем технического вазелина.

Частота чистки светильников зависит от многих факторов и в первую очередь от среды освещаемого помещения. Так, светильники в цехах металлургического завода нуждаются в большей частоте обслуживания, чем установленные в коридоре больницы. Точно так светильники в шлифовальной мастерской должны чиститься чаще, чем светильники в зале заседания, расположенном в том же здании.

Количество чисток, определенные главой II-A, 9-71 СНиП «Искусственное освещение. Нормы проектирования» по количеству пыли, дыма и копоти, содержащихся в воздушной среде помещений и наружных пространств, указаны в табл. 1

Таблица 1. Количество чисток светильников

Освещаемые объекты	Количество чисток
Производственные помещения, в воздушной среде которых содержатся пыль, дым и копоть в количествах: 10 мг/м ³ и более От 5 до 10 мг/м ³ Не более 5 мг/м ³	Не менее 2 раз в месяц 1 раз в месяц 1 раз в 3 месяца
Вспомогательные помещения с нормальной воздушной средой и помещения общественных и жилых зданий	1 раз в 3 месяца
Площадки промышленных предприятий, в воздушной среде которых содержатся пыль, дым и копоть в количествах: Более 5 мг/м ³ До 0,5 мг/м ³	1 раз в 3 месяца 1 раз в 6 месяцев
Улицы, площади, дороги, территории общественных зданий, жилых районов и выставок, парки, бульвары	1 раз в 6 месяцев

Проверка состояния контактов, ламп, защитных стекол.

Осматривают контакты электрических соединений. Окисленные или подгоревшие контактные поверхности зачищают шлифовальной шкуркой и смазывают техническим вазелином. Проверяют соответствие ламп типу светильника или осветительной установки. Если лампа не горит, вначале ее осматривают, а затем омметром проверяют целостность нити накаливания. При обрыве нити накаливания, трещинах на колбе, повреждениях цоколя лампы заменяют новой. Осматривают защитные стекла светильников. Защитные стекла, имеющие трещины и сколы, заменяют. Проверка крепления. Пошатыванием рукой проверяют надёжность крепления светильника или осветительной установки, пускорегулирующего аппарата, конденсатора, стартера, клеммных колодок, выключателя и других элементов. При

необходимости крепежные соединения подтягивают выключатели, переключатели, штепсельные розетки.

Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов всех перечисленных элементов осветительной установки указаны в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые сроки планово-предупредительных осмотров и ремонтов.

Объекты осмотра	Для помещений с нормальной средой и для установок наружного освещения	Для помещений сырых, особо сырых, пыльных, с едкими парами или газами, пожара-или взрывоопасных
Щитки, выключатели, штепсельные розетки, осветительные приборы и др. осветительные установки	1 раз в 4 месяца	1 раз в 2 месяца
Те же, но относящиеся к аварийному освещению, за исключением розеток. штепсельных	1 раз в 2 месяца	1 раз в месяц

Проверка уплотнений.

Осмотром проверяют состояние уплотняющих прокладок; и уплотнений проводов. Уплотняющие прокладки и уплотнения должны плотно прилегать к поверхностям и не иметь разрывов и трещин. Поврежденные уплотнения заменяют.

Проверка изоляции проводов. Осматривают изоляцию проводов в месте ввода в светильник. Места на проводе с трещинами и обугленными участками изолируют изоляционной лентой.

Проверка заземления. Осматривают заземление и при необходимости зачищают контакты.

Задание 3

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У19,У21-У23,У25;

Тема 1.3. Техническое обслуживание кабельных линий.

Практическое занятие №3

Техническое обслуживание и испытание на соответствие тех нормам кабельных линий.

Определение мест повреждения в кабельных линиях

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучить порядок и правила проведения испытаний электропроводок, силовых кабельных линий, электрических машин, вторичных цепей и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты.

Изучение характерных неисправностей и методов ремонта внутрицеповых электросетей и осветительных установок

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ :Получить практические навыки проведения испытаний электропроводок, силовых кабельных линий, электрических машин, вторичных цепей и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты. Ознакомиться с приборами и схемами для испытания электрооборудования повышенным напряжением.

Теоретическая часть

Общие сведения

5.1. Организационные мероприятия при проведении испытаний электроустановок

5.2. Технические мероприятия при проведении испытаний электроустановок

5.3. Нормируемые величины

5.4. Приборы и установки для испытания электрооборудования повышенным напряжением

5.4.1. Универсальная пробойная установка УПУ-5М

5.4.2. Аппарат для испытания изоляции силовых кабелей и твердых

диэлектриков АИД 70/50

5.4.3. Малогабаритная испытательная установка МИУ-60 5.4.4.

Установка для испытания изоляции кабелей УИ-70

5.5 Порядок проведение испытаний изоляции повышенным напряжением

5.6. Порядок проведения испытаний установкой АИД-70 5.6.1.

5.6.1. Подготовка испытаний

5.6.2. Проведение испытаний

5.7. Оформление результатов испытаний

5.7.1 Порядок выполнения работы

5.7.2 Содержание отчета

Задания к работе

1. Изучить объемы и сроки испытаний электропроводок, силовых кабельных линий, электрических машин, вторичных цепей и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты.
2. Изучить методики проведения испытаний электропроводок, силовых кабельных линий, электрических машин, вторичных цепей и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты.
3. Провести испытания электропроводки или силовой кабельной линии, электродвигателя, вторичных цепей шкафа управления и электрических аппаратов повышенным выпрямленным напряжением мегаомметрами типа Ф4102 и ЭСО202, в соответствии с заданием преподавателя.
4. Заполнить протоколы испытания электропроводки, силовой кабельной линии, электродвигателя, вторичных цепей шкафа управления и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты.

Теоретические сведения при проведении испытаний

Испытания изоляции повышенным напряжением позволяют выявить локальные дефекты, не обнаруживаемые иными методами; кроме того, такой метод испытаний является прямым способом контроля способности изоляции выдерживать воздействия перенапряжений и дает определенную уверенность в качестве изоляции. К изоляции прикладывается испытательное напряжение, превышающее рабочее напряжение, и нормальная изоляция выдерживает испытания, а дефектная пробивается.

При испытаниях повышенным напряжением используются три основных вида испытательных напряжений: повышенное напряжение промышленной частоты, выпрямленное постоянное напряжение и импульсное испытательное напряжение (стандартные грозовые импульсы).

Основным видом испытательного напряжения является **напряжение промышленной частоты**. **Время приложения** такого напряжения - 1 мин, и **изоляция считается выдержавшей испытания**, если за это время не наблюдалось пробоя или частичных повреждений изоляции. В некоторых случаях проводят испытания напряжением повышенной частоты (обычно 100 или 250 Гц).

При большой емкости испытуемой изоляции (при испытании кабелей, конденсаторов) требуется применение испытательной аппаратуры большой мощности, поэтому такие объекты чаще всего испытываются повышенным постоянным напряжением. Как правило, при постоянном напряжении диэлектрические потери в изоляции, приводящие к ее нагреву, на несколько порядков ниже, чем при переменном напряжении такого же эффективного значения; кроме того, и интенсивность частичных разрядов намного ниже. При таких испытаниях нагрузка на изоляцию существенно меньше, чем при испытаниях переменным напряжением, поэтому для пробоя дефектной изоляции требуется более высокое постоянное напряжение, чем испытательное переменное напряжение.

При испытаниях постоянным напряжением дополнительно контролируется ток утечки через изоляцию. Время приложения постоянного испытательного

напряжения составляет от 5 до 15 мин. Изоляция считается выдержавшей испытания, если она не пробилась, а значение тока утечки к концу испытаний не изменилось или снизилось.

Третьим видом испытательного напряжения являются стандартные грозовые импульсы напряжения с фронтом 1,2 мкс и длительностью до полуспада 50 мкс. Испытания импульсным напряжением производят потому, что изоляция в процессе эксплуатации подвергается воздействию грозовых перенапряжений со схожими характеристиками. Воздействие грозовых импульсов на изоляцию отличается от воздействия напряжения частотой 50 Гц из-за гораздо большей скорости изменения напряжения, приводящей к другому распределению напряжения по сложной изоляции типа изоляции трансформаторов; кроме того, сам процесс пробоя при малых временах отличается от процесса пробоя на частоте 50 Гц, что описывается вольт-секундными характеристиками.

По этим причинам испытаний напряжением промышленной частоты в ряде случаев оказывается недостаточно..

Воздействие грозовых перенапряжений на изоляцию часто сопровождается срабатыванием защитных разрядников, срезающих волну перенапряжения через несколько микросекунд после ее начала, поэтому при испытаниях используют импульсы срезанные через 2-3 мкс после начала импульса (срезанные стандартные грозовые импульсы). Амплитуда импульса выбирается исходя из возможностей оборудования, защищающего изоляцию от перенапряжений, с некоторыми запасами, и исходя из возможности накопления скрытых дефектов при многократном воздействии импульсных напряжений. Конкретные величины испытательных импульсов определяются по ГОСТ 1516.1-76.

Испытания внутренней изоляции проводят 3-х ударным методом. На объект подается по три импульса положительной и отрицательной полярности, сначала полные, а затем срезанные. Интервал времени между импульсами - не менее 1 мин. Изоляция считается выдержавшей испытания, если во время испытания не произошло ее пробоев и не обнаружено повреждений

Методика обнаружения повреждений довольно сложна и обычно проводится осциллографическими методами.

Внешняя изоляция оборудования испытывается 15-и ударным методом, когда к объекту с интервалом не менее 1 мин. прикладывается по пятнадцать импульсов обеих полярностей, как полных, так и срезанных. Изоляция считается выдержавшей испытания, если в каждой серии из пятнадцати импульсов было не более двух полных разрядов (перекрытий).

Все виды испытаний можно разделить на три основные группы, различающиеся по назначению и, соответственно, по объему и нормам:

- ☐ ☐ испытания новых изделий на заводе-изготовителе;
- ☐ ☐ испытания после прокладки или монтажа нового оборудования, испытания после капитального ремонта;
- ☐ ☐ периодические профилактические испытания.

При профилактических или послеремонтных испытаниях проверяется способность изоляции проработать без отказа до следующих очередных испытаний. Контроль изоляции повышенным напряжением дает только косвенную оценку длительной электрической прочности изоляции, и основная его задача - проверка отсутствия грубых сосредоточенных дефектов.

Испытательные напряжения для нового оборудования на заводах-изготовителях определяется ГОСТ 1516.2-97, а при профилактических испытаниях величины испытательных напряжений принимаются на 10-15% ниже заводских норм. Этим снижением учитывается старение изоляции и ослабляется опасность накопления дефектов, возникающих при испытаниях.

Контроль изоляции повышенным напряжением в условиях эксплуатации проводится для некоторых видов оборудования (вращающиеся

машины, силовые кабели) с номинальным напряжением **не выше 35 кВ**, поскольку при более высоких напряжениях испытательные установки слишком громоздки.

Кабели. Испытательные напряжения для кабелей устанавливаются в соответствии с ожидаемым уровнем внутренних и грозовых перенапряжений.

На заводах-изготовителях маслонаполненные кабели и кабели с маловязкой пропиткой испытывают повышенным напряжением промышленной частоты (около $2,5 U_{ном}$). Кабели с вязкой пропиткой и газовые кабели для предотвращения повреждения изоляции испытывают выпрямленным напряжением порядка $(3,5..4) U_{ном}$, где $U_{ном}$ - линейное напряжение при рабочих напряжениях 35 кВ и менее.

Кроме того, измеряют сопротивление изоляции, а при рабочих напряжениях 6 кВ и более измеряют сопротивление изоляции и $tg\delta$.

После прокладки кабеля, после капитального ремонта и во время профилактических испытаний изоляцию кабелей испытывают повышенным выпрямленным напряжением. Время испытаний для кабелей напряжением 3...35 кВ составляет 10 мин для кабелей после прокладки и 5 мин после капитального ремонта и во время профилактических испытаний. Периодичность профилактических испытаний составляет от двух раз в год до 1 раза в три года для разных кабелей. При испытаниях контролируется ток утечки, значения которого лежат в пределах от 150 до 800 мкА/км для нормальной изоляции. До и после испытаний измеряется сопротивление изоляции.

1.1 Организационные мероприятия при проведении испытаний электроустановок

Испытания изоляции электрооборудования повышенным напряжением проводятся по наряду-допуску бригадой, численным составом не менее двух человек, один из которых (производитель работ) должен иметь не ниже IV группы по электробезопасности, второй (член бригады) – не ниже III.

Член бригады, которому поручается охрана, должен иметь II группу по электробезопасности.

Испытательные установки (электролаборатории) должны быть зарегистрированы в органах Ростехнадзора.

Особое внимание следует обратить на недопустимость одновременного проведения испытаний и других работ разными бригадами в пределах одного присоединения.

1.2 Технические мероприятия при проведении испытаний электроустановок

Перечень необходимых технических мероприятий определяет лицо, выдающее наряд в соответствии с разделами 3 и 5 МПБЭЭ [4].

Особое внимание следует обратить на следующие мероприятия:

- Приспособления испытательной цепи, прежде всего, выполняются защитное и рабочее заземление испытательной установки, и если потребуется, защитное заземление корпуса испытываемого оборудования.

- Присоединение испытательной установки к сети напряжением 380/220В производится через коммутационный аппарат с видимым разрывом цепи или через штепсельную вилку, расположенную на месте управления установкой.

- Присоединение испытательной установки к испытываемому электрооборудованию и отсоединение ее, а также наложение и снятие переносных заземлений производятся каждый раз только по указанию руководителя испытаний одним и тем же членом бригады и выполняются в испытательной схемы, должны;

- Место испытаний, временные соединения, испытываемые цепи и аппараты должны быть ограждены и выставлен наблюдающий, двери помещений, в которых находятся противоположные концы испытываемых кабелей, должны быть заперты, на ограждениях и дверях должны быть вывешены плакаты: «Испытания, опасно для жизни». Если двери не заперты, должна быть выставлена охрана из членов бригады, имеющих II группу по электробезопасности.

1.3. Нормируемые величины

Испытания электрооборудования повышенным напряжением проводятся перед

приемкой в эксплуатацию, в сроки, предусмотренные графиком планово-предупредительных ремонтов и профилактических испытаний электрооборудования.

Нормы, условия испытаний и порядок их проведения представлены в инструкции по проведению испытаний

Нормы, условия испытаний повышенным напряжением и указания их проведению указаны в таблице .1

Таблица 1. Нормы, условия испытаний повышенным напряжением и указания их проведению		
Объект испытания	Нормы испытания	Указания
1	2	3
1. Изоляция обмоток и токоведущих частей кабеля ручного электроинструмента относительно корпуса и наружных металлических деталей	Для электроинструмента напряжением до 50 В испытательное напряжение – 550 В, для электроинструмента напряжением выше 50 В, мощностью до 1 кВт - 900 В, мощностью более 1кВт - 1350 В. Время испытаний - 1 мин.	У электроинструмента корпус и соединенные с ним детали, выполненные из диэлектрического материала, должны быть обернуты металлической фольгой и соединены с заземлителем. Если сопротивление изоляции не менее 10МОм, то испытание изоляции повышенным напряжением можно заменить одномоментным измерением сопротивления изоляции мега-омметром, напряжением 2500 В
2. Изоляция обмоток понижающих трансформаторов	При номинальном напряжении первичной обмотки трансформатора 127 - 220В испытательное напряжение 1350 В, при номинальном напряжении первичной обмотки 380 - 440 В испытательное напряжение 1800 В. Длительность испытаний - 1 мин.	Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой из обмоток. При этом остальные обмотки должны быть соединены с заземленным корпусом и магнитопроводом
3. Изоляция распределительных устройств, элементов приводов выключателей, короткозамыкателей, отделителей, аппаратов, а также вторичных цепей управления, защиты, автоматики, телемеханики, измерения со всеми присоединительными аппаратами, напряжением выше 60В, не содержащих устройств с микроэлектронными элементами	Испытательное напряжение 1000 В. Продолжительность испытаний – 1 мин.	Допускается вместо испытаний напряжением промышленной частоты одномоментное измерение сопротивления изоляции мегаомметром, напряжением 2500 В, кроме цепей релейной защиты и автоматики
4. Изоляция силовых и осветительных электропроводок	Испытательное напряжение 1000 В. Продолжительность испытаний – 1 мин.	Производится в случае, если измеренное сопротивление изоляции оказалось меньше 1 МОм
5. Кабели напряжением до 10 кВ	Испытательное напряжение в зависимости от номинального рабочего, кВ, для кабелей: – с бумажной изоляцией 2 – 12 (10 – 17); 3 – 18 (15 – 25); 6 – 36 (36); 10 – 60 (60). – с резиновой изоляцией 3 – 6 (6) 6 – 12 (12) 10 – 20 (20) Без скобок указанные значения испытательных напряжений при приемосдаточных испытаниях, в скобках – при эксплуатационных. Длительность приложения испытательного напряжения при приемо-сдаточных испытаниях – 10 мин., при эксплуатационных – 5 мин. Для кабелей с резиновой изоляцией длительность приложения испытательного напряжения при всех видах испытаний – 5 мин.	

1.4. Приборы и установки для испытания электрооборудования повышенным напряжением

Для испытания электрооборудования повышенным напряжением могут быть использованы следующие приборы и установки:

1. универсальная пробойная установка УПУ-5М;
 2. аппарат для испытания изоляции силовых кабелей и твердых диэлектриков АИД 70/50;
 3. малогабаритная испытательная установка МИУ-60; □ □
 4. установка для испытания изоляции кабелей УИ-70;
 5. мегаомметры типа Ф4100, Ф4101.
- □ «У» - универсальная (переменное и постоянное напряжение);
 - □ «П» - только переменное напряжение



Рис. 1. Универсальная пробойная установка УПУ-5М

Основные технические характеристики УПУ-5М приведены в таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики универсальной пробойной установки УПУ-5М

Параметр	Величина
Диапазон задания выходного напряжения:	
– постоянного, кВ (только для варианта "У")	0,2 – 6
– переменного, кВ	0,2 - 6
Измерение тока утечки, мА	0,1 - 100
Диапазон установки порогового значения	
– напряжения, кВ	0,2 – 6
– тока утечки, мА	1 - 99
Максимальная выходная мощность, не менее, кВА	0,6

1.4.2. Аппарат для испытания изоляции силовых кабелей и твердых диэлектриков АИД 70/50

Аппарат испытательный АИД-70/50 (рис 2) предназначен для испытания изоляции силовых кабелей и твердых диэлектриков выпрямленным электрическим напряжением, а также для испытания твердых диэлектриков синусоидальным электрическим напряжением частотой 50 Гц.



Рис. 2. Аппарат для испытания изоляции силовых кабелей и твердых диэлектриков АИД-70/50

Таблица 3. Технические характеристики АИД-70/50

Параметр	Величина
Напряжение питающей сети однофазного переменного тока, В	220+11
Параметры аппарата на выпрямленном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения в сети	
– наибольшее рабочее напряжение, кВ,	70
– максимальный рабочий ток, мА,	12
Параметры аппарата на переменном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения в сети	
– наибольшее рабочее напряжение (действующее значение), кВ	50
– наибольший рабочий ток (действующее значение), мА	20
Потребляемая мощность, кВА, не более	3

1.4.3. Малогабаритная испытательная установка МИУ-60



Таблица - Технические характеристики установки МИУ-60

Параметр	Значение
Напряжение питания частотой 50 Гц, В	220±22
Параметры установки на выпрямленном напряжении	
- Наибольшее рабочее напряжение, кВ	60
- Максимальный рабочий ток, мА	40
Параметры установки на переменном напряжении:	
- Наибольшее рабочее напряжение, действующее значение, кВ	50
- Наибольший рабочий ток, действующее значение, мА	40
Максимальная потребляемая мощность, кВА	2

1.4.4. Установка для испытания изоляции кабелей УИ-70

Установка предназначена для профилактических испытаний изоляции электрооборудования постоянным или переменным током

(изоляторов, кабелей 6-10 кВ). Установка УИ-70 (рис 4) обладает большой мощностью и может использоваться для первичного прожига места повреждения в кабеле, для поддержания дуги в изоляторах ВЛ 6-10 кВ во время поиска повреждения.



Таблица 5 - Технические характеристики установки УИ-70

Параметры	Величина
Напряжение питающей сети однофазного переменного тока, В	220
Параметры аппарат выпрямленном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения сети:	
- Наибольшее рабочее напряжение, кВ	70
- Наибольший рабочий ток, мА	15
Параметры аппарата на переменном напряжении в продолжительном режиме при номинальном значении напряжения сети:	
- Наибольшее рабочее напряжение, кВ	50
- Наибольший рабочий ток, мА	22

Требования по испытаниям изоляции кабелей, трансформаторов и высоковольтных вводов излагаются отдельно для этих трех групп испытаний.

1.5 Порядок проведение испытаний изоляции повышенным напряжением

Измерить сопротивление изоляции испытываемого объекта.

Собрать испытательную схему в следующей последовательности: ☐ ☐ подготовить к работе испытательную установку в соответствии с инструкцией завода-изготовителя;

☐ ☐ наложить переносное заземление на высоковольтный вывод испытательной установки;

☐ ☐ произвести необходимые отключения (отсоединения) испытуемого электрооборудования;

☐ ☐ наложить переносные заземления на испытуемое электрооборудование или включить заземляющие ножи; ☐ ☐ установить регулятор напряжения испытательной установки в положение, соответствующее нулевому значению напряжения на выходе;

☐ ☐ присоединить высоковольтный вывод к испытываемому объекту (шина, кабель, провод, вывод обмотки двигателя, трансформатора и т.д.);

☐ ☐ снять переносное заземление с высоковольтного вывода испытательной установки (с этого момента производить изменения в схеме испытаний категорически запрещено). Все изменения в испытательной схеме производить только при отсоединенном и заземленном высоковольтном выводе; ☐ ☐ включить испытательную установку в сеть.

Перед снятием переносного заземления с высоковольтного вывода и включением испытательной установки в сеть производитель работ обязан громко и отчетливо предупредить бригаду о подаче напряжения на испытываемый объект и убедиться,

что его предупреждение услышано всеми членами бригады.

После включения испытательной установки необходимо увеличить выходное напряжение от нуля до испытательного значения. Скорость подъема напряжения до 1/3 испытательного значения может быть произвольной. После этого скорость подъема испытательного напряжения должна допускать визуальный отсчет по измерительным приборам и по достижении установленного значения напряжения оно должно поддерживаться неизменным в течение требуемого времени испытаний.

По истечении времени испытаний напряжение плавно снижается до нуля, после чего испытательную установку можно отключить. После этого необходимо повторно измерить сопротивление испытанной изоляции.

Испытание изоляции повышенным напряжением позволяет убедиться в наличии необходимого запаса прочности изоляции, отсутствии местных дефектов, не обнаруживаемых другими способами. Испытанию изоляции повышенным напряжением должны предшествовать тщательный осмотр и оценка состояния изоляции другими методами (измерение сопротивления изоляции, определение влажности изоляции и т.п.).

Величина испытательного напряжения для каждого вида оборудования определяется установленными нормами «Правил эксплуатации электроустановок потребителей».

Изоляция считается выдержавшей электрическое испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоя, перекрытия по поверхности, поверхностных разрядов, увеличения тока утечки выше нормированного значения, наличия местных нагревов от диэлектрических потерь. В случае несоблюдения одного из этих факторов - изоляции электрического испытания не выдержала.

Типовая схема испытания изоляции электрооборудования повышенным переменным напряжением представлена на рисунке 5.

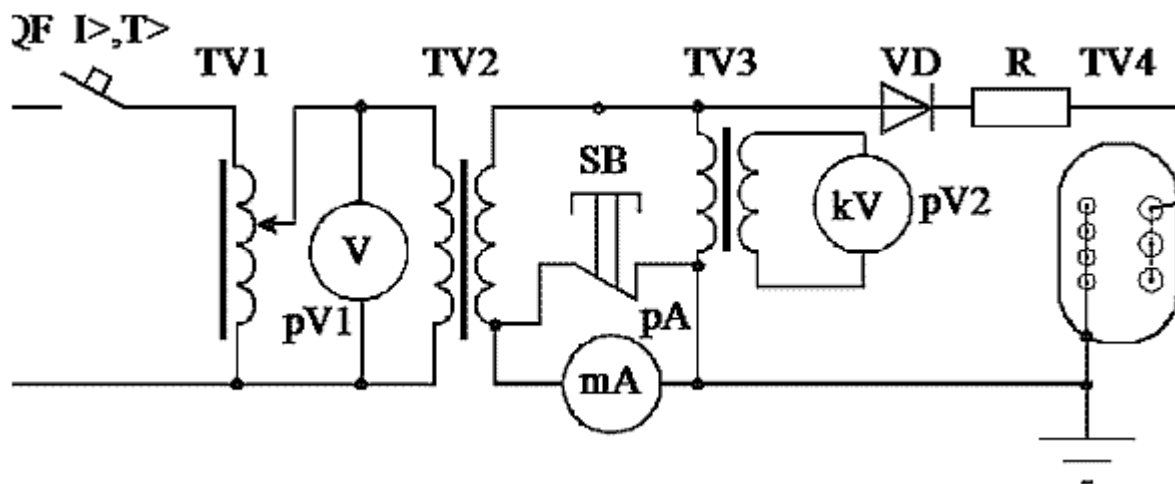


Рис. 5. Схема испытания изоляции электрооборудования повышенным переменным напряжением

Испытательная установка состоит из регулирующего устройства TV1 (автотрансформатора), повышающего трансформатора TV2, аппарата защиты QF (автоматического выключателя), средств измерения тока и напряжения pV1, pV2, pA и дополнительного сопротивления R, который необходим для защиты установки при пробое изоляции испытуемого объекта.

Измерение напряжения может производиться как косвенным методом - с применением специальных измерительных трансформаторов TV3, при этом измерительный трансформатор TV3 и вольтметр pV2 включаются во вторичную цепь повышающего трансформатора (на рисунке 5 таким образом включен вольтметр V, проградуированный в кВ), так и методом прямого измерения испытательного напряжения непосредственно на испытуемом объекте - с применением киловольтметров (применение измерительного трансформатора TV3 в данном случае не

требуется).

Автоматический выключатель QF предназначен для быстрого отключения испытательной установки при возникновении большого тока через регулирующий трансформатор в момент пробоя изоляции. Таким образом, этот автоматический выключатель ограничивает время воздействия испытательного напряжения на объект при пробое изоляции и защищает испытательную установку от повреждения.

Для испытания изоляции постоянным (выпрямленным) напряжением используют испытательные установки, которые схематично аналогичны установкам для испытания изоляции повышенным напряжением промышленной частоты, только в схему вводят выпрямительное устройство.

1.6. Порядок проведения испытаний установкой АИД-70

1.6.1. Подготовка испытаний

Установить источник испытательного напряжения (в дальнейшем -источник) вблизи испытуемого объекта. Подсоединить объект к высоковольтному выводу источника.

Заземлить источник прилагаемым к аппарату гибким медным проводом, сечение которого 4 мм^2 .

Кабели источника подсоединить к соответствующим разъемам пульта управления.

Удалить пульт управления аппарата от источника на расстоянии не менее 3м.

Подключить пульт управления к питающей сети и заземлить его при помощи прилагаемого к аппарату сетевого кабеля.

РАБОТА БЕЗ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

1.6.2. Проведение испытаний

Лица, присутствующие при испытании, должны быть удалены от источника и испытуемого объекта на расстоянии не менее 3м.

Вставить спецключ от аппарата в переключатель пульта управления и включить необходимый вид испытательного напряжения, при этом должен загореться зеленый сигнал.

При работе на выпрямленном напряжении во избежание выхода из строя источника, а также для правильного измерения величины испытательного напряжения, строго следить за положением тумблера «кV».

Вращая ручку регулятора испытательного напряжения против часовой стрелки, установить ее в исходное положение до упора.

Включить испытательное напряжение кнопкой, при этом должен загореться красный сигнал.

Вращая ручку регулятора испытательного напряжения по направлению движения часовой стрелки и наблюдая за показаниями киловольтметра, установить необходимую величину испытательного напряжения.

При испытании емкостных объектов необходимо помнить, что после прекращения вращения ручки регулятора напряжения испытательное напряжение на объекте продолжает увеличиваться (стрелка киловольтметра продолжает отклоняться) по мере зарядки емкости.

В таких случаях подъем напряжения надо осуществлять медленно и плавно, не допуская превышения нормированной величины испытательного напряжения на объекте, а также не допуская превышения наибольшего рабочего напряжения аппарата, равного 70 кВ.

При работе на выпрямленном испытательном напряжении измерение тока нагрузки величиной до 1 мА следует производить микроамперметром, при этом следует нажать кнопку, шунтирующую этот прибор.

После окончания испытания необходимо ручку регулятора испытательного напряжения, вращая ее против движения часовой стрелки, установить в исходное положение до упора.

Кнопкой отключить испытательное напряжение и только после этого отключить аппарат от сети спецключом, установив его в положение 0.

Контроль за снятием остаточного емкостного заряда с испытуемого объекта необходимо осуществлять, наблюдая за показанием киловольтметра

аппарата - стрелка киловольтметра должна стоять на числовой отметке шкалы 0.

В случае испытания выпрямленным напряжением, равным 70 кВ, емкостного объекта с величиной емкости более 4 мкФ, после окончания испытания и установленной ручки регулятора напряжения в исходное положение до упора, остаточный заряд с объекта необходимо снимать при помощи специальной разрядной штанги с ограничительным сопротивлением, затем кнопкой отключить испытательное напряжение и только после этого отключить аппарат от сети спецключом.

Применение специальной разрядной штанги исключает выход из строя вторичной обмотки высоковольтного трансформатора.

При испытании емкостных объектов выпрямленным напряжением ниже 70 кВ, величина максимально допустимой емкости испытуемого объекта, без применения специальной разрядной штанги, должна определяться по формуле:

$$C = 19600 / U^2,$$

где C - максимально допустимая емкость испытуемого объекта без применения специальной разрядной штанги, мкФ;

U - испытательное напряжение, кВ.

1.7. Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний повышенным напряжением считаются удовлетворительными, если в течение времени испытаний не было скользящих разрядов, толчков тока утечки или нарастания установившегося значения тока, пробоев или перекрытий изоляцией и сопротивление изоляции после испытаний повышенным напряжением осталось прежним. Следует помнить, что испытаниям, повышенным напряжением должен предшествовать тщательный внешний осмотр испытываемого оборудования. Если в результате осмотра выявлены явные дефекты изоляции, то независимо от результатов испытаний данное электрооборудование подлежит ремонту или замене.

Результаты испытаний оформляются протоколом, форма которого прилагается. (см. протокол "Испытание изоляции повышенным напряжением")

Порядок выполнения работы

1. Изучите объемы и сроки испытаний электроустановок, повышенным напряжением промышленной частоты (таблица 5.1).
2. Изучите методики проведения испытаний электроустановок повышенным напряжением.
3. Провести испытания электроустановки (электропроводки или силовой кабельной линии, электродвигателя, вторичных цепей шкафа управления и электрических аппаратов) повышенным выпрямленным напряжением мегаомметрами типа Ф4102 и ЭСО202, в соответствии с заданием преподавателя.
4. Заполните протокол испытания электроустановки (электропроводки или силовой кабельной линии, электродвигателя, вторичных цепей шкафа управления и электрических аппаратов) повышенным постоянным напряжением.

Содержание отчета:

1. Название и цель работы.

2. Схема испытания повышенным переменным напряжением (рис. 5.5).

3. Схема испытания повышенным постоянным напряжением электрооборудования (указанного преподавателем) при помощи мегаомметра с выходным напряжением 2500 В

4. Протоколы проверки испытаний изоляции повышенным напряжением.

Контрольные вопросы.

1. Зачем испытывают изоляцию электрооборудования повышенным напряжением?
2. Назовите основные виды испытательных напряжений и их особенности.
3. Каковы основные принципы испытаний изоляции повышенным напряжением?
4. Как испытывают изоляцию повышенным выпрямленным напряжением?
5. Какова методика испытаний изоляции повышенным импульсным напряжением?
6. Перечислите организационные мероприятия при проведении испытаний электроустановок.
7. Перечислите технические мероприятия при проведении испытаний.
8. Зависит ли испытательное напряжение изоляции обмоток трансформаторов от номинального напряжения трансформатора?
9. Назовите нормы для испытания электроинструмента.
10. Назовите приборы или устройства для испытания изоляции силовых кабелей и твердых диэлектриков.
11. Как провести измерения сопротивления автоматического выключателя?
12. Расскажите порядок проведения испытаний установкой

Задание 4

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У19, У21-У23, У25;

Тема 1.4. Техническое обслуживание воздушных линий электропередачи напряжением до 110 кВ

Практическое занятие №4

Осмотр воздушных линий, борьба с гололедом и вибрацией проводов. Заполнение технологической карты ремонта. Проверка, измерения в воздушных линиях. Маркировка кабелей, проводов и шнуров. Заполнение технологической карты ремонта

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение порядка обслуживания воздушных линий, решение проблемы: борьба с гололедом и вибрацией проводов. Изучение маркировки проводов, кабелей и шнуров. Заполнение технологической карты ремонта.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическая часть

Организация	технического	обслуживания	ВЛ
Периодические осмотры (дневное время): Осмотр без подъема на опоры (не реже 1 раза в год):			
1.	Осмотр без подъема на опоры (не реже 1 раза в год).		
2.	Верховые осмотры с выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках (не реже 1 раза в 6 лет).		
3.	Выборочные осмотры ИТР не реже 1 раза в год.		
4.	Осмотры ВЛ после капитального ремонта ИТР.		
Внеочередной осмотр:			
1.	Осмотры после стихийных бедствий.		
2.	Осмотры после автоматических отключений ВЛ релейной защитой.		
3.	Осмотры после успешного АПВ ВЛ.		
4.	Ночные осмотры.		
Проверки и измерения:			
1.	Проверка противопожарного состояния трассы в зоне возможных пожаров.		
2.	Проверка расстояний от проводов до земли и различных объектов, до пересекаемых сооружений.		
3.	Проверка положения опоры.		
4.	Проверка и подтяжка болтовых соединений (не реже 1 раза в 6 лет).		
5.	Выборочная проверка состояния фундаментов (не реже 1 раза в 6 лет).		
6.	Проверка состояния ж/б опор (1 раз в 6 лет).		
7.	Проверка антикоррозионного покрытия металлических опор и траверс (1 раз в 6 лет).		
8.	Проверка тяжения в оттяжках опор (1 раз в 6 лет).		

9. Проверка состояния проводов, грозозащитных тросов и контактных соединений после монтажа (при осмотрах).

Проверка изоляторов:

1. Проверка электрической прочности подвесных фарфоровых изоляторов.
2. Визуальная проверка фарфоровых и стеклянных изоляторов всех типов.

Проверка заземляющих устройств опор:

1. Наличие и состояние заземляющих проводников, и их соединение с заземлителями на опорах ВЛ.
2. Измерение сопротивления ЗУ опор ВЛ 110кВ и выше после обнаружения следов перекрытий или разрушения изоляторов.

Отдельные работы:

1. Вырубка отдельных деревьев, обрезка сучьев.
2. Восстановление знаков и плакатов.
3. Замена отдельных элементов ВЛ, выправка опор.
4. Замена трубчатых разрядников.
5. Технадзор при сооружении ВЛ.
6. Наблюдение за образованием гололеда.

Ответить устно на контрольные вопросы.

1. Каким способами очищаются трассы ВЛ от зарослей?
2. Какие неисправности и дефекты возможны на ВЛ?
3. Почему не проверяется электрическая прочность подвесных изоляторов из стекла?
4. Основные меры борьбы с гололедом и вибрацией проводов и тросов ВЛ.
5. Как определяются места повреждений на ВЛ?

При осмотре ВЛЭП необходимо проверять:

- противопожарное состояние трассы
- состояние опор, фундаментов, приставок
- состояние проводов и тросов
- состояние гибких шин токопроводов
- состояние изоляторов и арматуры
- состояние разрядников, коммутационной аппаратуры и концевых кабельных муфт.

Для чего предназначена типовая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи напряжением 0,38-20 кВ с неизолированными проводами?

Типовая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с неизолированными проводами (РД 153-34.3-20.662-98) устанавливает порядок технического обслуживания и ремонта таких линий.

Инструкция предназначена для руководителей и специалистов предприятий (районов, участков) электрических сетей, для инженерно-технического персонала и электромонтеров, осуществляющих техническое обслуживание и ремонт воздушных линий электропередачи.

На основе Типовой инструкции по распоряжению главного инженера предприятия электрических сетей могут быть разработаны дополнения и изменения с учётом конкретных условий эксплуатации ВЛ.

Внеочередные осмотры ВЛ или их участков должны проводиться при образовании на проводах и тросах гололеда, при пляске проводов, во время ледохода и разлива рек, при пожарах в зоне трассы ВЛ, после сильных бурь, ураганов и других стихийных бедствий, а также после отключения ВЛ релейной защитой и неуспешного автоматического повторного включения, а после успешного повторного включения - по мере необходимости.

Основные дефекты элементов воздушных линий (ВЛ):

1. **Опоры и их элементы:** отсутствие условных обозначений, нумерации опор, предупредительных плакатов или знаков, глубина установки стоек или приставок опор менее предусмотренной проектом, деформация металлических элементов опор и другие.

2. **Провода и элементы их крепления:** наличие набросов на проводах, оборванных или перегоревших проволок, вспучивание верхнего повива провода, наличие следов перекрытия или оплавления провода, разрегулировка проводов в одном или нескольких промежуточных пролетах.

3. **Арматура и изоляторы:** неисправности в креплениях и соединениях проводов, неправильный монтаж зажимов или соединений, вытяжка провода из зажима или соединителя, приближение петли к элементам сложных опор на расстояние менее допустимого, ослабление крепления (вязки) провода к штыревому изолятору.

Ведомость дефектов линий электропередач — это документ, отражающий результаты обследования технического состояния линий электропередачи.

В ведомости фиксируются неисправности, выявленные при осмотрах, профилактических проверках и измерениях.

Некоторые примеры дефектов, которые могут быть отражены в ведомости:

- отклонения от проектного положения конструкций и их элементов;
- отсутствие предусмотренных проектом элементов фундаментов;
- трещины, сколы, повреждения бетона;
- неточная подгонка элементов в узлах сопряжений, расцентровка фундаментов с опорой;
- отсутствие отдельных крепёжных элементов;
- дефекты антикоррозионной защиты.

Назначение ведомости — обозначить собственнику электроустановки неисправности, при которых эксплуатация может быть опасна, для их последующего устранения

Дефектная ведомость				
№ п.п.	Наименование конструктивных элементов	Перечень дефектов и выполняемых работ	Ед. изм.	Количество
		3	4	5

Борьба с гололедом и вибрацией проводов

В осенне-зимний период, когда выпадает мокрый снег и изморозь, можно наблюдать снеговые отложения на проводах и тросах ВЛ. Образовавшиеся отложения при понижении температуры превращаются в лед и в таком виде остаются на проводах ВЛ в течение длительного времени, увеличивая нагрузку на провода и опоры и со временем вызывая их повреждение. Борются с гололедом несколькими способами. Лед можно расплавлять теплом электрического тока, для чего требуется увеличить электрическую нагрузку на провода. Требуемый эффект можно получить быстрее, если включить линию на короткое замыкание. Удалить гололед можно и механическим путем, сбивая его длинными шестами с земли или с автовышки. Очищать провода от гололеда можно, наконец, и с помощью капроновой веревки.

При эксплуатации ВЛ приходится встречаться с вибрацией проводов и тросов, которая возникает при ветрах. Вероятность вибраций возрастает вместе с увеличением высоты подвеса проводов и тросов. В конечном итоге вибрации приводят к разрушению проводов и обрывам. Снизить опасность можно установкой на каждом проводе или тросе по обе стороны от места их

подвеса специальных устройств-виброгасителей. Виброгасители имеют чугунные грузы, вес которых приводит к уменьшению вибрации и повышению срока службы проводов и тросов.

Защита воздушных линий от гололёда

В зимний период на проводах, опорах и других элементах ВЛ может наблюдаться гололёд, изморозь, отложения мокрого снега и т.п. образования. Гололёдно-изморозевые отложения представляют опасность для нормальной эксплуатации электрических сетей и часто приводят к повреждению опор, линейной арматуры и изоляции, а также обрывам проводов линий электропередачи, вследствие воздействия повышенных механических нагрузок на эти элементы. Кроме этого при прохождении трассы линии через лесные массивы, повреждения могут происходить в результате падения деревьев на провода ВЛ, из-за налипания больших объёмов снега на их ветках и стволах.



Рисунок. Гололедные отложения на воздушных линиях электропередачи

При наличии относительно небольших гололедных отложений в сочетании с порывистым ветром могут возникать различные виды колебаний проводов ВЛ: пляска проводов при одностороннем отложении гололеда либо вибрация при цилиндрической форме гололёдных образований.

Пляска проводов приводит к их схлестыванию и иногда пережиганию электрической дугой, а так же к схлестыванию проводов с тросом. При пляске возникают значительные динамические усилия в линейной арматуре и в траверсах опор, наблюдаются повреждения проводов, линейной арматуры, изоляторов и самих опор. Вибрация проводов при продолжительном действии приводит к усталостному разрушению проводов, арматуры, изоляторов и некоторых элементов опор.

Аварии при гололедно-ветровых нагрузках парализуют систему энергоснабжения потребителей на значительных территориях и требуют от эксплуатационно-ремонтного персонала предприятий электрических сетей значительных усилий по их устранению.



Рисунок. Устранение аварии на ВЛ, вызванной гололёдными отложениями

Для предотвращения гололёдных аварий применяют следующие мероприятия.

- Усиление ВЛ, за счет применения дополнительных опор либо более прочных элементов (опор, проводов). При проектировании ВЛ определение расчетных условий по гололеду производится на основании соответствующих карт климатического районирования территории. Если трасса ВЛ проходит в зоне где ожидаются гололедные отложения с большой толщиной стенок, то опоры и другие элементы линии электропередачи рассчитываются на повышенную нагрузку.
- применение определенных схем подвески проводов на опорах ВЛ.
- Применение проводов из специальных материалов, не подверженных обледенению.

Эксплуатационный персонал предприятий электрических сетей отмечает, что на ВЛ наблюдается значительное сокращение числа гололёдных аварий при применении изолированных проводов (ВЛИ, ВЛЗ), так как на них затрудняется налипание снега и образование гололёда.

- Установка демпферов (ограничителей закручивания проводов). Односторонние гололёдные образования на проводах приводят к их закручиванию, что в свою очередь способствует дальнейшему увеличению толщины стенки гололёда. Поэтому применение устройств препятствующих закручиванию проводов является эффективным способом снижения массы гололёдных отложений на проводах ВЛ.

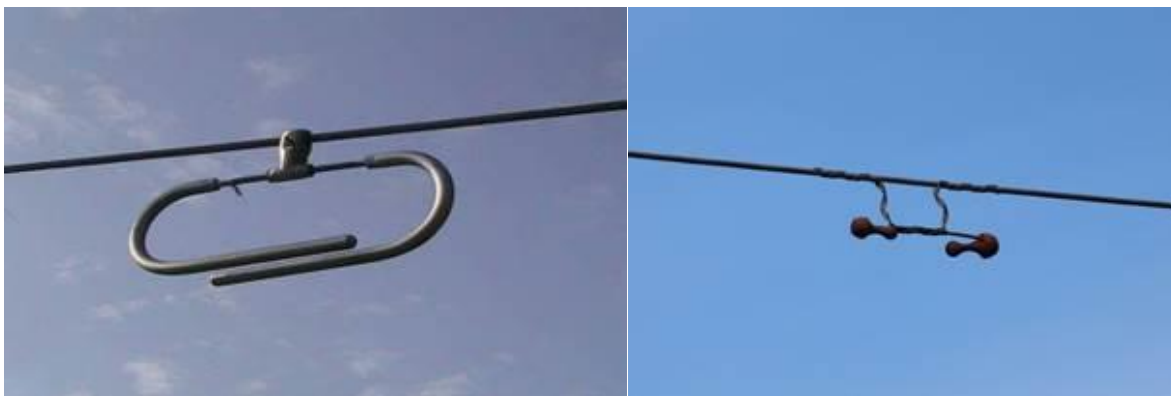


Рисунок. Ограничитель гололёдообразования: а – типа ОГК; б – типа ГВКУ.

- Установка виброгасителей и гасителей пляски проводов. При наличии гололёда на проводах в сочетании с ветровыми нагрузками на ВЛ может возникнуть колебание проводов (пляска или вибрация). Указанное явление может привести к аварии на линии электропередачи, поэтому в районах, где существует вероятность пляски и вибрации проводов, следует применять специальную защитную линейную арматуру.

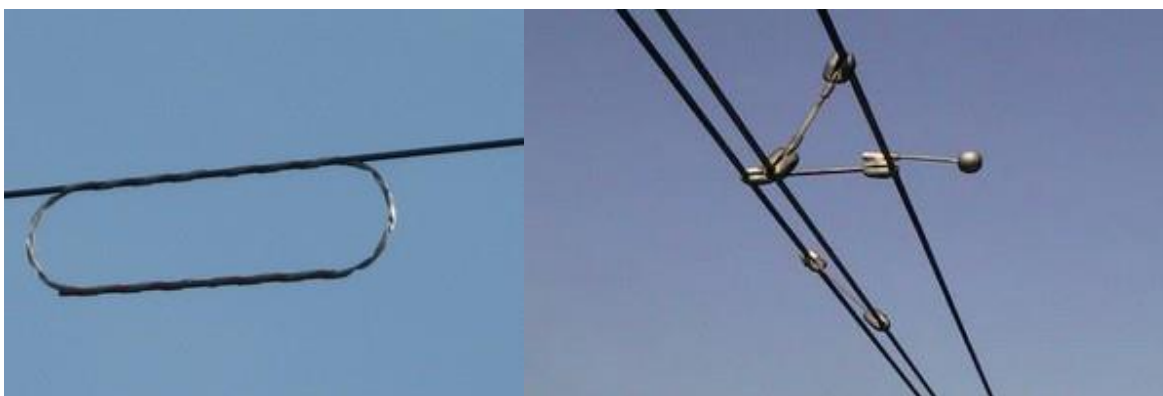


Рисунок. Гасители пляски проводов: а - типа ГПС; б – типа ГПР.

- Применение защитных колец или спиралей для ограничения налипания мокрого снега. Мокрый снег, налипающий на провод под действием ветра, проскальзывает в нижнюю его часть вдоль скрутки наружного повива провода. Кольца или спираль, установленные на проводе, препятствуют скольжению налипающего снега вдоль скрутки провода и способствуют его сбрасыванию.



Рисунок. Провод с кольцами, препятствующими скольжению снега

- Внедрение **информационной системы гололёдообразования**. Подобного рода системы обеспечивают, при помощи устройств радиосвязи и телемеханики, передачу информации о гололедно-ветровых нагрузках и температуре воздуха из пунктов контроля, размещенных на ВЛ, в оперативно-диспетчерские службы. Применение информационных систем гололёдообразования дает возможность вести круглосуточный мониторинг за гололедообразованием на большой территории, а также повышает оперативность и эффективность принятия решений о необходимости удаления гололеда.

- Механическое удаление гололёда на проводах и грозозащитных тросах ВЛ. Применяется обычно на небольших участках ВЛ. Для механической очистки проводов и тросов от гололеда могут быть применены следующие способы: сбивание гололеда деревянными, бакелитовыми, стеклопластиковыми шестами; срезание гололеда металлическим крюком (например,

четырёхгранным), протаскиваемым по проводу с помощью двух шестов; срезание гололеда металлическим тросиком, перекинутым через провод или трос, концы которого тянут два человека, идущие вдоль ВЛ; очистка гололеда с помощью деревянной рогатки, которая накидывается на провод или трос и протаскивается вдоль очищаемого пролета с помощью верейки.

Удаление гололеда с провода может производиться как на отключенной ВЛ, так и на ВЛ, находящейся под напряжением. В последнем случае используются шесты и канаты из изоляционного материала.



Рисунок. Удаление гололёда путём сбивания шестом

- Плавка гололёда на проводах и грозозащитных тросах электрическим током. Плавка гололеда является эффективным способом предупреждения гололедных аварий на ВЛ. Плавка позволяет в короткий срок удалить гололед на десятках километров проводов линий электропередачи. Данное мероприятие предусматривается на ВЛ выше 1 кВ, проходящих в районах с толщиной стенки гололеда 25 мм и более, а также с частыми образованиями гололеда или изморози в сочетании с сильными ветрами и в районах с частой и интенсивной пляской проводов. На ВЛ где используется плавка гололеда организовывается наблюдение за гололедом, путем применения сигнализаторов появления гололеда и устройств контроля окончания плавки гололеда.

Гололед обуславливает дополнительные механические нагрузки на все элементы ВЛ. При значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор ВЛ. Гололед может откладываться по фазным проводам достаточно неравномерно. Стрелы провеса проводов с гололедом и без гололеда могут отличаться на несколько метров. Такая разрегулировка стрел провеса, а также одновременный сброс гололеда при его таянии, вызывающий «подскок» отдельных проводов,

могут привести к перекрытию воздушной изоляции. Гололед является одной из причин «пляски» проводов, способной привести к их схлестыванию.

На небольших участках ВЛ производится, как правило, механическое удаление гололеда. Для этой цели используются шесты, веревки и другие подручные средства. При механическом удалении гололеда без отключения ВЛ должны использоваться шесты из бакелита, стеклопластика и другого изоляционного материала.

Плавка за счет нагревания проводов протекающим по ним током

Наиболее эффективным методом борьбы с гололедом при эксплуатации протяженных ВЛ является его плавка за счет нагревания проводов протекающим по ним током. Существует достаточно большое количество схем плавки гололеда, определяемых схемой электрической сети, нагрузкой потребителей, возможностью отключения линий и другими факторами.

Воздушная линия одним концом подключается к источнику питания, которым, как правило, служат шины 6-10 кВ подстанций или отдельный трансформатор, провода на другом конце ВЛ замыкаются. Напряжение и мощность источника выбираются таким образом, чтобы обеспечить протекание по проводам ВЛ тока в 1,5-2 раза превышающего длительно допустимый ток. Такое превышение допустимого длительного тока оправдано кратковременностью процесса плавки (~1 ч), а также более интенсивным охлаждением провода в зимний период.

Следует обратить внимание на то, что допустимые длительные токи приводятся в справочной литературе для температуры воздуха 25° С.

Для ВЛ напряжением 220 кВ и выше с проводами сечений 240 мм² и более плавка гололеда переменным током требует очень больших мощностей источника питания (десятки МВА). Для параметров проводов ВЛ такого класса справедливо соотношение $R \ll X$. Полная мощность источника увеличивается за счет большой и бесполезной для плавки гололеда реактивной нагрузки. На таких ВЛ плавка гололеда осуществляется выпрямленным током.

Выпрямитель подключается к шинам 6-10 кВ подстанций или отдельному трансформатору. Используются, как правило, две схемы плавки гололеда выпрямленным током: «фаза - фаза» и «фаза - две фазы».

Параметры выпускаемых отечественной промышленностью нерегулируемых выпрямительных блоков, подключаемых к переменному напряжению 10 кВ:

- выпрямленное напряжение 14 кВ;
- выпрямленный ток 1200 А;
- мощность на выходе 16800 кВт.

Для получения большей мощности выпрямительные блоки можно включать последовательно или параллельно.

Эксплуатационный персонал ВЛ должен контролировать процесс гололедообразования и обеспечивать своевременное включение схем плавки гололеда. ВЛ, на которых производится плавка гололеда, должны быть оснащены сигнализаторами гололеда, работоспособность которых должна проверяться ежегодно перед наступлением зимнего периода.

Следует отметить, что плавка гололеда должна проводиться в районах интенсивного гололедообразования ($\delta > 20$ мм) с частой пляской проводов. В других случаях применение плавки гололеда должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

Контрольные вопросы по теме гололеда и вибрации на ВЛ

1. Перечислите основные способы расположения проводов на опоре и укажите рекомендации ПУЭ по условиям их применения?
2. . Опишите явление вибрации и пляски проводов в пролетах ВЛ?
3. Назовите способ расположения проводов на опорах, который рекомендован ПУЭ при прохождении трассы ВЛ в особых гололедных районах?
4. Укажите климатические условия, при которых применение опор с горизонтальным расположением проводов является обязательным требованием ПУЭ?
5. Укажите рекомендации ПУЭ по расположению проводов на опорах ВЛ в районах с интенсивной пляской?
6. Опишите смешанной расположение проводов на опорах ВЛ?

7. Поясните на рисунке расположение проводов «елкой», «обратной елкой», «бочкой»?
8. Дайте определение вертикальному и горизонтальному габаритам ВЛ

Задание 5

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У19,У21-У23,У25;

Тема 1.5. Техническое обслуживание трансформаторных подстанций

Практическое занятие №5

Оперативные переключения в распределительных устройствах.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение правил оперативных переключений в распределительных устройствах. Получение практических навыков по производству переключений.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Электрическое оборудование электростанций (подстанций) может находиться в одном из следующих оперативных состояний: в работе, ремонте, резерве (ручном или автоматическом). Оперативное состояние

Оборудования определяется положением коммутационных аппаратов, предназначенных для его включения и отключения. Изменение оперативного состояния оборудования, выполняемое с помощью коммутационных аппаратов, называется оперативными переключениями. Оперативные переключения в распределительных устройствах производятся при необходимости изменения оперативного состояния оборудования (например, вывод в ремонт, ввод в работу, отключение в резерв, включение из резерва) или изменения схемы первичных соединений электрической части станции.

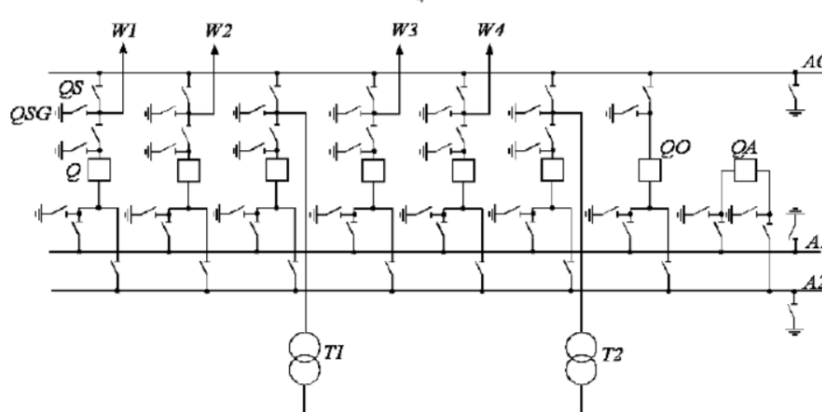


Рисунок 1 – Схема «две системы сборных шин с обходной системой сборных шин»

Переключения в распределительных устройствах могут производить только лица, обученные правилам производства переключений, прошедшие проверку знания схем, расположения оборудования, правил техники безопасности и допущенные к оперативной работе. Ответственными за безопасность работ являются:

- Лицо, выдающее наряд, отдающее распоряжение, – ответственное лицо из электротехнического персонала. Устанавливает необходимость и объем работы, отвечает за возможность безопасного ее выполнения, достаточность квалификации ответственного руководителя, производителя работ или наблюдающего, а также членов бригады. Выдающий наряд должен иметь группу

по электробезопасности не ниже V в электроустановках напряжением выше 1000В.

- Допускающий - ответственное лицо из оперативного персонала. Несет ответственность за правильность выполнения необходимых для допуска и производства работ мер безопасности, их достаточность и соответствие характеру и месту работы; за правильность допуска к работе, приемку рабочего места по

окончании работы с оформлением в нарядах или журналах. Должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV в электроустановках напряжением выше 1000В.

- Ответственный руководитель работ – лицо из электротехнического персонала. Принимая рабочее место от допускающего или осуществляя допуск, ответственный руководитель отвечает наравне с допускающим за правильную подготовку рабочего места и достаточность выполненных мер безопасности, необходимых для производства работы. Ответственными руководителями назначаются лица, имеющие группу по электробезопасности не ниже V.

- Производитель работ – принимает рабочее место от допускающего, отвечает за правильность его подготовки и за выполнение необходимых для производства работы мер безопасности, за проведение инструктажа бригады о мерах безопасности при работе и их выполнении. Должен иметь группу по электробезопасности не ниже IV в установках выше 1000В.

- Наблюдающий – контролирует наличие установленных на месте работы заземлений, ограждений, плакатов, запирающих устройств и отвечает за безопасность членов бригады. Назначается для надзора за бригадами

строительных рабочих, разнорабочих, такелажников и других лиц из неэлектротехнического персонала при

Выполнении ими работы в электроустановках по нарядам или распоряжениям. Для надзора за электротехническим персоналом наблюдающий назначается в случае проведения работ в электроустановках при особо опасных условиях (группа по электробезопасности не ниже III). Наблюдающему запрещается совмещать надзор с выполнением какой-либо работы и оставлять бригаду без надзора во время работы.

- Члены бригады. Обязаны соблюдать «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок» и инструктивные указания, полученные при допуске к работам и во время работы. Переключения могут производиться по наряду (бланк переключений), распоряжению, в порядке текущей эксплуатации (с обязательным соблюдением последовательности операций, установленных местными инструкциями для

конкретных схем).

Перевод более одного присоединения с одной системы сборных шин на другую производится по наряду. Наряд - это задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее:

- содержание;
- место работы;
- время начала и окончания работы;
- условия безопасного проведения работы;
- состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы и пр.

В бланк переключений вносятся в технологической последовательности операции с коммутационными аппаратами, цепями оперативного тока, устройствами релейной защиты, автоматики и телемеханики, проверки отсутствия напряжения и т.д.

Распоряжение - это задание на производство работы, определяющее:

- содержание работы;
- место;
- время;
- меры безопасности;
- лиц, которым поручено ее выполнение.

Распоряжение может быть передано непосредственно или с помощью средств связи с последующей записью в оперативном журнале. При выполнении оперативных переключений должны строго выполняться организационные и технические мероприятия, способствующие исключению возможных ошибок персонала.

К организационным мероприятиям относятся:

- оформление работы нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе, переводов на другое рабочее место, окончание работы.

К техническим мероприятиям относятся:

- производство необходимых отключений и принятие мер для предотвращения ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры;
- вывешивание запрещающих плакатов на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационной аппаратурой;
- проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях;
- наложение заземлений (включение заземляющих ножей);
- вывешивание предупреждающих и предписывающих плакатов, ограждение рабочих мест.

Последовательность основных операций при отключении и включении электрических цепей

Правильная последовательность операций с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, предупреждает возникновение Аварийных режимов в работе электроустановок, повреждение электрооборудования, нарушение электроснабжения потребителей, обеспечивает безопасность лиц, выполняющих эти операции.

При отключении электрической цепи с выключателями первой выполняется операция отключения выключателей, так как они снабжены устройствами гашения дуги, возникающей при разрыве цепи тока.

При этом снимается напряжение с элемента электрической цепи (линии электропередачи, трансформатора и т.д.). Выключатель при этом может оставаться под напряжением. Если электрическая цепь выводится в ремонт, то для безопасности работ и создания видимого разрыва в цепи она отключается и разъединителями. Теоретически совершенно безразлична последовательность отключения линейных и шинных разъединителей, но практикой для открытых РУ последовательность установлена такая: сначала отключаются линейные (трансформаторные), а затем шинные разъединители.

При включении электрической цепи сначала включают шинные, затем линейные (трансформаторные) разъединители. Такая очередность операций с линейными и шинными разъединителями объясняется необходимостью уменьшения последствий повреждений, которые могут иметь место при ошибках персонала. В РУ закрытого типа, где линейные (кабельные) разъединители расположены невысоко от пола и чаще всего не имеют сплошного ограждения, операции с ними небезопасны для персонала в случае ошибочных действий (отключение под нагрузкой). Поэтому целесообразно при отключении линии в ЗРУ первыми отключать не линейные, а шинные разъединители, расположенные на большем удалении от персонала.

При включении электрической цепи в работу операции с выключателями выполняются в последнюю очередь во всех случаях.

Вывод в ремонт выключателя присоединения

При плановом выводе в ремонт выключателя любого из присоединений его функции должен выполнять обходной выключатель. Основные этапы переключений при этом следующие.

1 Включают разъединитель обходного выключателя со стороны той системы шин, на которую включено присоединение с выводимым в ремонт выключателем, затем -разъединитель со стороны обходной системы шин.

2 Обходную систему шин опробуют путем кратковременной подачи напряжения включением обходного выключателя.минимальными уставками его защит и включенной по оперативным цепям дифференциальной защитой шин.

3 При отсутствии короткого замыкания обходной выключатель отключают. При этом с обходной системы шин снимается напряжение. После опробования обходной системы шин на защитах обходного выключателя устанавливаются уставки защит присоединения, выключатель которого выводится в ремонт.

4 Включают разъединитель со стороны обходной системы шин присоединения, создавая параллельный путь протекания тока. После этого обходная система находится под напряжением.

5 Обходной выключатель включают.

6 Выводимый в ремонт выключатель отключают.

После отключения выключателя присоединения производят переключения в цепях релейной защиты и автоматики. В частности вводят в схему дифференциальной защиты шин трансформаторы тока обходного выключателя и выводят цепи трансформаторов тока присоединения, переводят основные быстродействующие защиты с выводимого в ремонт выключателя на обходной. Включают устройства автоматики.

7 Отключают разъединители с обеих сторон выводимого в ремонт выключателя и включают заземляющие ножи.

Ввод в работу выключателя присоединения

Так как на время ремонта на выключателе отключали все устройства релейной защиты, то при вводе его в работу к нему подключают временные защиты, проверенные от постороннего источника. К схеме дифференциальной защиты шин подключают цепи трансформатора тока вводимого в работу выключателя.

1 Заземляющие ножи отключают, разъединители с обеих сторон вводимого в работу выключателя включают.

2 Включают выключатель присоединения.

3 Отключают обходной выключатель. После отключения обходного выключателя производят переключения в цепях релейной защиты и автоматики. Выводят из схемы дифференциальной защиты шин трансформаторы тока присоединения, переводят основные быстродействующие защиты с обходного выключателя на введенный в работу

выключатель. Вводят в работу устройства автоматики. Временно включенные защиты отключают.

4 Отключают разъединитель присоединения со стороны обходной системы шин.

5 Отключают разъединители обходного выключателя.

Вывод в ремонт рабочей системы сборных шин

В нормальном режиме эксплуатации обе рабочие системы шин находятся под напряжением, шиносоединительный выключатель включен. Такой режим называется работой с фиксированным распределением присоединений. Для проведения плановых ремонтных работ система шин освобождается путем переключения (перевода) всех присоединений на другую рабочую систему шин.

Перевод присоединений с одной системы на другую требует переключений не только в первичных цепях, но и в цепях релейной защиты. Другой возможный режим работы схемы “две системы сборных шин с обходной системой”: одна рабочая система шин находится под напряжением, вторая рабочая система шин находится в резерве, шиносоединительный выключатель отключен.

Необходимым условием для перевода присоединений на одну из систем шин является равенство потенциалов обеих систем шин. Это условие обеспечивается включением шиносоединительного выключателя, электрически соединяющего обе системы шин. Одновременно шиносоединительный выключатель шунтирует каждую пару шинных разъединителей, принадлежащих присоединению. Теперь включение одного шинного разъединителя при включенном другом, а также отключение одного из двух включенных на обе системы шин разъединителей любого из переводимых присоединений не представляет опасности, поскольку шунтирующая их цепь обладает весьма малым сопротивлением и, следовательно, падение напряжения на ней будет небольшим. В этом случае разность потенциалов между подвижным и неподвижным контактами разъединителей при их коммутации будет также незначительной и дуга не возникнет, даже если ток при коммутации окажется большим.

Основные этапы переключений при выводе в ремонт рабочей системы сборных шин (предполагается, что до начала оперативных переключений одна система шин находилась в работе, другая - в резерве) следующие.

1 Включают разъединители шиносоединительного выключателя.

2 Включают шиносоединительный выключатель. Включения шиносоединительного выключателя производят необходимые переключения в цепях релейной защиты и автоматики, в

частности дифференциальную защиту шин переводят в режим с нарушением фиксации присоединений; отключают АПВ шин; снимают оперативный ток с привода шиносоединительного выключателя. Последнее необходимо для предотвращения

потери питания для переводимых присоединений при случайном отключении этого выключателя. В распределительном устройстве проверяют включенное положение шиносоединительного выключателя и его разъединителей.

3 Включают шинные разъединители присоединений на остающуюся в работе системы шин.

4 Отключают шинные разъединители присоединений с выводимой в ремонт системы шин.

После указанных операций производят необходимые переключения во вторичных цепях: производят переключения цепей напряжения устройств релейной защиты, автоматики и измерений на трансформатор напряжения системы шин, оставшейся в работе. Затем подают оперативный ток на привод шиносоединительного выключателя и проверяют отсутствие тока через шиносоединительный выключатель.

5 Отключают шиносоединительный выключатель.

6 Отключают разъединители шиносоединительного выключателя.

7 Выводимая в ремонт система шин заземляется.

Порядок выполнения работы

Практическая работа представляет собой тренажер для обучения основным правилам выполнения оперативных переключений в распределительном устройстве с двумя системами сборных шин и обходной системой, выполненный на ЭВМ по программе «Switch». В данной работе рассматриваются только основные технические мероприятия по переключениям в распределительном устройстве и не рассматриваются организационные.

Для выполнения практической работы необходимо в схеме «две системы борных шин с обходной» (рисунок 1) по программе «Switch» произвести следующие оперативные переключения:

1 Вывод в ремонт линейного выключателя.

2 Ввод в работу линейного выключателя.

3 Вывод в ремонт рабочей системы сборных шин.

Перед выполнением работы на ЭВМ ознакомиться с инструкцией к программе.

В программе предусмотрено производство переключений в трех режимах: обучения, обучения и контроля, контроля. Для получения зачета студент должен выполнить предложенные задания в режиме контроля.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1 Титульный лист.

2 Цель работы.

3 Схему РУ “две системы сборных шин с обходной системой”, выполненную с соблюдением требований ЕСКД.

4 Распечатку о выполнении работы.

Контрольные вопросы

1 Что следует понимать под оперативным состоянием оборудования?

2 Каковы условия возникновения электрической дуги при коммутации?

3 При каких условиях разрешается выполнять разъединителями оперативные переключения?

4 Какова последовательность операций с разъединителями и выключателями при включении и отключении электрической цепи и почему?

Задание 6

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У19,У21-У23,У25;

Тема 1.5. Техническое обслуживание трансформаторных подстанций

Практическое занятие №6

Техническое обслуживание силовых трансформаторов

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Знакомство с перечнем работ по ТО силовых трансформаторов

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Важнейшим требованием, предъявляемым к эксплуатации силовых трансформаторов и трансформаторных установок, является **контроль за температурой трансформаторов**. Это объясняется тем, что при работе трансформатора с температурой выше допустимой, сокращается срок службы находящегося в нем изоляционного масла.

Для контроля за температурой на крышке трансформатора установлен ртутный термометр. Так как степень нагрева трансформатора определяется в основном величиной нагрузки, то за ней ведется систематический контроль.

Осуществляется этот контроль по показаниям амперметров, которыми снабжаются трансформаторы мощностью 1000 кВА и выше.

Существенную роль в нагреве трансформатора играет температура окружающего воздуха. Чтобы не допустить повышения температуры в помещениях, где размещены трансформаторы, предусматривают вентиляцию, которая отводит нагретый воздух из камеры трансформатора и засасывает холодный. При работе трансформатора с номинальной нагрузкой разница между температурой отводимого и засасываемого воздуха не должна превышать 15°. Если естественная вентиляция оказывается недостаточной, прибегают к установке принудительной вентиляции.

В трансформаторных установках могут возникать пожары, опасность которых усугубляется наличием в масляных трансформаторах большого объема масла. Поэтому в этих установках предусматривают противопожарные средства, которые всегда должны находиться в исправном состоянии.

Осмотры работающих трансформаторов производят, не отключая их. Периодичность этих осмотров определяют исходя из того, является ли трансформаторная установка объектом с постоянным дежурством или без него.

Периодические осмотры.

Сроки периодических осмотров устанавливаются местными инструкциями.

На подстанциях с постоянным дежурством персонала трансформаторы осматриваются не реже 1 раза в сутки, а на подстанциях, обслуживаемых оперативно-выездными бригадами (ОВБ), - не реже 1 раза в месяц.

Осмотры должны также производиться при получении сигнала о нарушении режима работы трансформаторов или их систем охлаждения, при срабатывании устройств релейной защиты и автоматики. При стихийных бедствиях (пожарах, землетрясениях и т. д.) трансформаторы должны осматриваться немедленно.

При осмотре проверяются:

- внешнее состояние трансформаторов и их систем охлаждения,
- устройств регулирования напряжения под нагрузкой,
- устройств защиты масла от окисления и увлажнения,
- фарфоровых и маслonaполненных вводов,
- защитных разрядников на линейных вводах и в нейтрали,
- кранов, фланцев и люков,
- резиновых прокладок и уплотнений (они не должны набухать и выпучиваться),
- отсутствие течей масла и уровень его в расширителях,
- целость и исправность приборов (термометров, манометров, газовых реле), маслоуказателей, мембран выхлопных труб,
- исправность заземления бака трансформатора,
- наличие и исправность средств пожаротушения, маслоприемных ям и дренажей,
- состояние надписей и окраски трансформаторов.



На слух проверяется гул трансформатора, а также отсутствие звуков электрических разрядов. Осматриваются контактные соединения и указатели, контролирующие их перегрев.

В закрытых камерах трансформаторов проверяется исправность кровли, дверей и вентиляционных проемов. При нормальной работе вентиляции помещения разность температур входящего снизу и выходящего сверху воздуха не должна превышать 15°C при номинальной нагрузке трансформатора.

Отключение трансформатора от сети, как правило, производят выключателями со стороны нагрузки (НН и СН), а затем со стороны питания (ВН). На подстанциях с упрощенной схемой (без выключателей со стороны ВН) отключение трансформаторов от сети рекомендуется производить отделителями после отключения выключателей со стороны нагрузки.

В том случае, когда силовые трансформаторы работают в напряженном режиме, их осмотры надо производить чаще. Надобность в более частых осмотрах силовых трансформаторов возникает также при их недостаточно удовлетворительном техническом состоянии, например при большой степени износа. В этих случаях главный энергетик предприятия устанавливает более частую периодичность осмотров трансформаторов.

Кроме очередных осмотров силовых трансформаторов, производят также и **внеочередные осмотры**. Надобность во внеочередных осмотрах силовых трансформаторов возникает, например при резком понижении температуры окружающей среды, так как в этом случае масло может уйти из расширителя.

Внеочередные осмотры силовых трансформаторов производят также после их отключений, в результате срабатывания защиты.

При осмотрах силовых трансформаторов проверяют по амперметрам их нагрузку, а также обращают внимание на термометры, фиксирующие температуру верхних слоев масла.

При каждом осмотре трансформатора необходимо проверять и записывать температуру масла. Нормами оговаривается предельное значение температуры его верхних слоев. При номинальной нагрузке температура верхних слоев масла не должна превышать:

- 95°C при естественном масляном охлаждении (М) или с обдувом вентиляторами (Д),
- 75°C при наличии принудительной циркуляции масла (ДЦ, НДЦ),
- 70°C на входе в маслоохладитель - при водяном охлаждении масла (Ц, НЦ).

Дальнейшее повышение температуры является признаком перегрузки трансформатора, его неисправности или недостаточного охлаждения.

Во всех случаях длительная работа трансформатора с повышенной температурой масла недопустима.

Следует обращать также внимание на уровень и цвет масла, находящегося в трансформаторе. Уровень масла должен находиться на контрольной черте. Хорошее масло имеет светло-желтый цвет. Тщательно осматривают внешнее состояние изоляторов, на которых могут появляться трещины, иметь место вытекания мастики, следы перекрытий, загрязнение и другие дефекты.

Одновременно производят тщательный наружный осмотр состояния заземления трансформатора и проверяют, не вытекает ли масло из его кожуха.

Важно осмотреть состояние строительной части помещения: не проникает ли влага через кровлю, имеются ли сетки в стенных проемах, хорошо ли запирается помещение и т. д. Внимательно прислушиваясь к шуму, которым сопровождается работа трансформатора, можно выявить ненормальности в его работе. Если внутри трансформатора прослушивается явно посторонний шум, трансформатор необходимо отключить.



Осматривает силовые трансформаторы дежурный персонал, при этом он должен находиться перед барьером.

Текущий ремонт силового трансформатора с отключением его от питающей сети производят в порядке реализации планово-предупредительного ремонта.

Периодичность текущих ремонтов силовых трансформаторов зависит от их технического состояния и от условий эксплуатации. Сроки текущих ремонтов устанавливаются в местных инструкциях предприятия. Однако такие ремонты надо производить не реже одного раза в год.

Текущий ремонт силовых трансформаторов с отключением от питающей сети включает наружный осмотр трансформатора, устранение обнаруженных дефектов, а также очистку изоляторов и бака. Спускают грязь из расширителя, доливают при необходимости в него масло и проверяют правильность показаний маслоуказателя. Проверяют спускной кран и уплотнения, осматривают охлаждающие устройства и чистят их, проверяют состояние газовой защиты и целостность мембраны выхлопной трубы. Проводят также необходимые измерения и испытания.

При хорошо выполненном текущем ремонте не должно быть аварийных выходов из строя трансформаторов, а продолжительность их эксплуатации должна возрастать.

У каждого силового трансформатора, находящегося в работе, происходит постепенный износ имеющихся в нем изоляционных материалов. Износ изоляции ускоряется вместе с

повышением нагрузки. При неполной загрузке силового трансформатора износ его изоляции замедляется. За счет этого допускается в отдельные периоды перегрузка трансформатора, которая не сокращает нормальный срок его работы.

Величину допустимой перегрузки силового трансформатора в отдельные часы суток за счет его недогрузки в другие часы определяют по диаграммам нагрузочной способности трансформатора. Такие диаграммы составлены для силовых трансформаторов с естественным масляным и принудительным воздушным охлаждением исходя из нормального срока износа изоляции трансформаторов от нагрева. Для пользования указанными диаграммами необходимо располагать коэффициентом суточного графика нагрузки трансформатора, который определяется по заданному суточному графику по формуле.

Чтобы использовать фактор, допускающий увеличение нагрузки силового трансформатора в отдельные часы зимних пик за счет недогрузки трансформатора в летнее время года, пользуются следующим положением: на каждый процент недогрузки трансформатора в летнее время допускается 1 % перегрузки трансформатора в зимнее время, но не более 15%. Общая перегрузка трансформатора, которая может быть принята при использовании обоих указанных факторов, не должна превышать 30%.

Все вышесказанное относится к допускаемым перегрузкам силовых трансформаторов в условиях их нормальной эксплуатации. Иначе решается вопрос о допустимых перегрузках силовых трансформаторов в аварийных случаях.

Аварийные перегрузки допускаются независимо от величины предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды в следующих пределах:

Перегрузка по току, %.	30	45	60	75	100
Допустимая длительность, мин.....	120	80	45	20	10

Современные силовые трансформаторы при номинальном первичном напряжении работают с большими величинами магнитной индукции. Поэтому даже небольшое увеличение первичного напряжения вызывает повышенный нагрев стали трансформатора и может угрожать его целостности. В связи с этим при эксплуатации трансформатора величина подведенного напряжения ограничивается и ее необходимо контролировать.

Максимально допустимое превышение первичного напряжения принимается для трансформаторов равным 5% от напряжения, соответствующего данному ответвлению.

Особенностью силовых трансформаторов, работающих с принудительным охлаждением масла, является быстрое повышение температуры масла при прекращении работы системы охлаждения. Однако учитывая значительную теплоемкость трансформаторов, допускают их работу в аварийных режимах при прекращении циркуляции масла или воды, а также при остановке вентиляторов дутья. Предельная длительность работы трансформаторов в указанных условиях определяется местными инструкциями. В инструкциях учитываются как результаты предыдущих испытаний, так и заводские данные трансформаторов. Но при всех условиях работу трансформаторов при прекращении системы охлаждения допускают не больше, чем в течение одного часа.

Величина сопротивления изоляции обмоток силовых трансформаторов не нормируется, тем не менее эта характеристика относится к числу важнейших показателей состояния трансформатора и ее систематически контролируют, сравнивая с величиной, которая имела место при вводе трансформатора в эксплуатацию. Измерения производят при одинаковой температуре и одинаковой продолжительности испытания (обычно 1 мин). Величина сопротивления изоляции обмоток трансформатора считается удовлетворительной, если она составляет не менее 70% от первоначального значения.

Необходимым условием обеспечения нормального срока службы силового трансформатора является контроль за его нагрузкой. Если вести эксплуатацию силового трансформатора, не превышая допускаемых для него нагрузок, примерный срок службы силового трансформатора составляет около 20 лет. Необходимо при этом иметь в виду, что систематические недогрузки силовых трансформаторов с целью удлинения срока его службы имеют и свои отрицательные стороны: за это время конструкция трансформатора морально стареет. Чтобы контролировать нагрузку трансформаторов мощностью 1000 кВА и выше,

устанавливают амперметры, шкала которых соответствует допустимой перегрузке трансформатора.

Температуру масла трансформаторов мощностью менее 1000 кВА контролируют ртутными термометрами. При большей мощности трансформаторов для этой цели также используют манометрические термометры. Их устанавливают для удобства контроля за температурой на высоте 1,5 м от земли. Так как манометрические термометры обладают меньшей точностью, чем ртутные, время от времени производится сверка их показаний с показаниями ртутных термометров.

При неправильном включении трансформаторов на параллельную работу могут возникать короткие замыкания, а также неравномерное распределение нагрузки между работающими трансформаторами. Чтобы этого не произошло, в трансформаторах, включаемых на параллельную работу, должно соблюдаться:

- а) равенство коэффициентов трансформации;
- б) совпадение групп соединения;
- в) равенство напряжений короткого замыкания;
- г) отношение мощностей трансформаторов, не превышающее 3;
- д) совпадение фаз соединяемых цепей (фазировка).

Проверку приведенных рекомендаций производят по заводским данным трансформаторов, включаемых на параллельную работу. Если проверка подтверждает наличие указанных условий, то приступают к фазировке трансформаторов, после чего их можно включать на параллельную работу.

Фазировка трансформаторов производится перед их включением в эксплуатацию после монтажа или капитального ремонта со сменой обмоток. Перед тем как включить трансформатор после капитального или текущего ремонта, проверяют результаты предписанных испытаний и измерений. Релейную защиту трансформатора устанавливают на отключение. После этого тщательно осматривают трансформаторную установку. При осмотре установки обращают внимание на состояние системы управления и сигнализации, а также на положение коммутационной аппаратуры. Проверяют, не оставлены ли где-либо переносные закоротки и заземления. Опробуют действия привода выключателя путем однократного включения и отключения, без чего приступать к оперированию разъединителями не разрешается.

Пробное включение трансформатора в сеть производят толчком на полное напряжение. Такое включение опасности для трансформатора не представляет, так как при наличии в нем повреждений он под действием защиты своевременно отключится от сети.

Так как порядок включения и отключения трансформаторов в значительной мере обуславливается местными условиями, предприятия разрабатывают специальные инструкции. В инструкциях должны быть отражены следующие положения:

- а) трансформатор должен включаться под напряжение с той стороны, где установлена защита;
- б) включение и отключение разъединителями тока холостого хода трансформаторов может производиться лишь при напряжении и мощности трансформаторов, указанных в ПУЭ.

Порядок оперирования переключателем ответвлений у трансформатора зависит от вида переключательного устройства. В том случае, когда переключатель предназначен для переключения ответвлений под нагрузкой, переключения производятся дистанционно и отключать трансформатор от сети не требуется.

Если же переключатель ответвлений не предназначен для переключений под нагрузкой, оперировать им можно лишь после того, как трансформатор отключен от сети со всех сторон.

При эксплуатации трансформаторов имеют место случаи ложного срабатывания газовых реле.

Газовая защита может срабатывать ложно, причины этого состоят в следующем:

1. сотрясения трансформатора в результате воздействия больших токов перегрузки, проходящих по его обмоткам, а также сквозных токов короткого замыкания за трансформатором;
2. ненормальная вибрация при пуске и остановке вентиляторов и циркуляционных насосов у трансформаторов с принудительными системами охлаждения от возникающих перетоков и толчков масла в трубопроводах;

3. несвоевременная доливка масла и снижение его уровня;
4. неправильная установка трансформатора, при которой возможен значительный выброс воздуха через газовое реле, то же может быть и при доливке масла в трансформатор.

В случаях ложного срабатывания газовой защиты допускается одно повторное включение трансформатора при отсутствии видимых внешних признаков его повреждения.

Если отключение трансформатора произошло в результате действия защит, которые не связаны с его повреждением, можно включать трансформатор в сеть без его проверки.

Совместное срабатывание газовой и дифференциальной защит трансформатора говорит о серьезных повреждениях внутри трансформатора.

Поэтому в каждом случае отключения трансформатора под действием газового реле проверяют правильность работы реле.

Если в газовом реле после его срабатывания обнаружен газ, то его необходимо проверить на горючесть. Одновременно берут пробу газа для химического анализа на содержание в нем веществ, характеризующих внутренние повреждения трансформаторов (повышенное содержание водорода и метана свидетельствует о разложении масла химической дугой). Проверяют газ на горючесть горящей спичкой, которую подносят к предварительно открытому верхнему крану газового реле.

Если газ горит, это свидетельствует о наличии внутреннего повреждения в трансформаторе и его выводят из работы для внутреннего осмотра.

Если выделяющийся газ окажется негорючим и бесцветным, то это значит, что реле сработало из-за выделения воздуха из трансформатора. В этом случае необходимо выпустить воздух из реле.

Скопление в газовом реле негорючего газа может свидетельствовать о начале повреждения, и при повторных пробах газ может оказаться горючим, поскольку при дальнейшем развитии повреждения продолжавшееся разложение масла и твердой изоляции обмоток ведет к образованию горючего газа.

При выяснении причин, вызвавших срабатывание газовой защиты, обращают также внимание на цвет выделяющегося газа. Цвет газа может определять характер имеющегося повреждения. Так, бело-серый цвет газа указывает на повреждение бумаги или электрокартона, желтый — дерева, а черный — масла.

Обратить внимание на цвет газа надо сразу же после срабатывания газового реле, иначе вещества, окрашивающие газ, могут осесть, и цвет газа изменится.

Газовое реле отключает трансформатор при понижении уровня масла в его баке. В этом случае доливают масло, а газовое реле переводят для работы на сигнал. Перевод защиты на нормальную работу (на отключение) производится после того, как выделение воздуха из бака трансформатора прекратится.

В процессе эксплуатации у трансформаторов измеряют сопротивление изоляции обмоток и коэффициент абсорбции. Измерения производят мегомметром на напряжение 2500 в. Хотя значения этих показателей не нормируются, они учитываются при общей оценке состояния трансформатора.

При оценке указанных показателей исходят из их сравнения с аналогичными показателями, полученными при предыдущих измерениях, и в частности, с заводскими данными. Чтобы сравнивать эти показатели, измерения следует проводить при одной температуре и одинаковой продолжительности испытания (1 мин).

Также измеряют тангенс угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформатора. При резком повышении по сравнению с ранее получавшимися значениями (на 30% и более) необходимо выяснить причину этого явления. Причиной резкого повышения тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток трансформатора может быть повышение тангенса угла диэлектрических потерь самого масла, находящегося в трансформаторе.

Дежурный или оперативно-ремонтный персонал, заметив какое-либо нарушение в работе трансформатора, должен немедленно поставить об этом в известность начальника цеха электростанции, начальника подстанции, района электросети или соответствующей службы

предприятия, принять, если это возможно, необходимые меры для устранения неисправности, сделать запись в журнал дефектов или в оперативный журнал.

Отмеченные осмотры должны в порядке контроля за действиями дежурного персонала дополняться периодическими осмотрами трансформаторных установок более квалифицированным служебным персоналом.

Признаки неисправности работы силовых трансформаторов при эксплуатации

Перегрев трансформатора

1. Перегрузка трансформатора.

Необходимо проверить нагрузку трансформатора. У трансформаторов с постоянной нагрузкой перегрузку можно установить по амперметрам, у трансформаторов с неравномерным графиком нагрузки – путем снятия суточного графика по току.

Следует также иметь в виду, что трансформаторы допускают нормальные перегрузки, зависящие от графика нагрузки, температуры окружающей среды и недогрузки в летнее время. Кроме того, допускаются аварийные перегрузки трансформаторов независимо от предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды.

Необходимо разгрузить трансформатор, включив на параллельную работу еще один трансформатор или отключив менее ответственных потребителей.

2. Высокая температура трансформаторного помещения.

Необходимо измерить температуру воздуха в трансформаторном помещении на расстоянии 1,5–2 м от бака трансформатора на середине его высоты. Если эта температура более чем на 8–10 °С превышает температуру наружного воздуха, необходимо улучшить вентиляцию трансформаторного помещения.

3. Низкий уровень масла в трансформаторе.

В данном случае обнаженная часть обмотки и активной стали сильно перегревается; убедившись в отсутствии течи масла из бака, необходимо долить масло до нормального уровня.

4. Внутренние повреждения трансформатора: замыкания между витками, фазами; образование короткозамкнутых контуров из-за повреждения изоляции болтов (шпилек), стягивающих активную сталь трансформатора; замыкания между листами активной стали трансформатора.

Все эти недостатки при незначительных короткозамкнутых контурах, несмотря на высокую местную температуру, обычно не всегда дают заметное повышение общей температуры масла, но развитие этих повреждений ведет к быстрому росту температуры масла.

Ненормальное гудение в трансформаторе

1. Ослабла прессовка шихтованного магнитопровода трансформатора.

Необходимо подтянуть прессующие болты.

2. Нарушена прессовка стыков в стыковом магнитопроводе трансформатора.

Под влиянием вибрации магнитопровода ослабла затяжка вертикальных болтов, стягивающих стержни с ярмами, это изменило зазоры в стыках, что и вызвало усиленное гудение. Необходимо перепрессовать магнитопровод, заменив прокладки в верхних и нижних стыках листов магнитопровода.

3. Вибрируют крайние листы магнитопровода трансформатора.

Необходимо расклинить листы электрокартоном.

4. Ослабли болты, крепящие крышку трансформатора, и прочие детали.

Необходимо проверить затяжку всех болтов.

5. Трансформатор перегружен или нагрузка фаз отличается значительной несимметричностью.

Необходимо устранить перегрузку трансформатора или уменьшить несимметрию нагрузки потребителей.

6. Возникают замыкания между фазами и витками.

Необходимо отремонтировать обмотку.

7. Трансформатор работает при повышенном напряжении.

Необходимо установить переключатель напряжения (при его наличии) в положение, соответствующее повышенному напряжению.

Потрескивание внутри трансформатора

1. Перекрытие (но не пробой) между обмоткой или отводами на корпус вследствие перенапряжений.

Необходимо осмотреть и отремонтировать обмотку.

2. Обрыв заземления.

Как известно, активная сталь и все прочие детали магнитопровода в трансформаторе заземляются для отвода в землю статических зарядов, появляющихся на этих частях, так как обмотка и металлические части магнитопровода – это, по существу, – обкладки конденсатора.

При обрыве заземления могут происходить разряды обмотки или ее отводов на корпус, что воспринимается как треск внутри трансформатора.

Необходимо восстановить заземление до того уровня, на котором оно было выполнено заводом-изготовителем: присоединить заземление в тех же точках и с той же стороны трансформатора, т. е. со стороны выводов обмотки низшего напряжения. Однако при неправильном восстановлении заземления в трансформаторе могут возникнуть короткозамкнутые контуры, в которых могут появиться циркулирующие токи.

Пробой обмоток трансформатора и обрыв в них

1. Пробой обмоток на корпус между обмотками высшего и низшего напряжения или между фазами.

Причины пробоя обмоток трансформатора:

- возникли перенапряжения, связанные с грозовыми явлениями, аварийными или коммутационными процессами;
- резко ухудшилось качество масла (увлажнение, загрязнение и пр.);
- понизился уровень масла;
- изоляция подверглась естественному износу (старению);
- при внешних коротких замыканиях, а также при замыканиях внутри трансформатора возникли электродинамические усилия.

Пробой изоляции обмотки трансформатора можно обнаружить мегомметром. Однако в некоторых случаях, когда в результате перенапряжений на обмотке возникают оголенные места в виде точек (точечный разряд), выявить дефект можно, только испытав трансформатор приложенным напряжением. Необходимо отремонтировать обмотку, а в случае необходимости заменить трансформаторное масло.

2. Обрывы в обмотках трансформатора.

В результате обрыва или плохого контакта происходит оплавление или выгорание части проводника. Дефект обнаруживается по выделению горючего газа в газовом реле и работе реле на сигнал или отключение.

Причины обрывы в обмотках трансформатора:

- плохо выполнена пайка обмотки;
- возникли повреждения проводов, соединяющих концы обмоток с выводами;
- при коротких замыканиях внутри и вне трансформатора развиваются электродинамические усилия. Обрыв можно обнаружить по показаниям амперметров или с помощью мегомметра.

Необходимо отремонтировать обмотку.

Работа газовой защиты трансформатора

Газовая защита от внутренних повреждений или ненормального режима работы трансформатора в зависимости от интенсивности газообразования срабатывает или на сигнал, или на отключение, или одновременно на то и другое.

Газовая защита сработала на сигнал.

Причины срабатывания газовой защиты трансформатора:

- произошли небольшие внутренние повреждения трансформатора, что привело к слабому газообразованию;
- при заливке или очистке масла в трансформатор попал воздух;
- медленно понижается уровень масла из-за снижения температуры окружающей среды или вследствие течи масла из бака.

Газовая защита трансформатора сработала на сигнал и на отключение или только на отключение. Это вызывается внутренними повреждениями трансформатора и другими причинами, сопровождаемыми сильным газообразованием:

- произошло замыкание между витками первичной или вторичной обмоток трансформатора.

По замкнутым накоротко виткам проходит ток большой силы, причем ток в фазе может лишь незначительно возрасти; изоляция витков быстро сгорает, могут выгорать сами витки, причем возможно разрушение и соседних витков. При развитии авария может перейти в междофазное короткое замыкание.

Если число замкнутых витков значительно, то в короткий промежуток времени масло сильно нагревается и может закипеть. При отсутствии газового реле может произойти выброс масла и дыма через предохранительную пробку расширителя.

- произошло междофазное короткое замыкание. При этом может произойти выброс масла из расширителя или через диафрагму предохранительной трубы, которая устанавливается в трансформаторах мощностью 1000 кВА и выше;

- образовался короткозамкнутый контур из-за повреждения изоляции болтов, стягивающих активную сталь трансформатора. Короткозамкнутый контур сильно нагревается и вызывает перегрев масла.

- произошло замыкание между листами активной стали вследствие повреждения междолистовой изоляции в результате естественного износа (старения) изоляции. Вызванные таким повреждением изоляции значительные вихревые токи способствуют большим местным перегревам активной стали, что с течением времени может привести к местному выгоранию стали (пожару в железе). В стыковых магнитопроводах может произойти сильное нагревание стыков вихревыми токами из-за повреждения прокладок в них;

- значительно снизился уровень масла в трансформаторе или из масла интенсивно выделяется воздух вследствие резкого похолодания или же после ремонта (заливка свежего масла, его очистка центрифугой и пр.).

Необходимо подчеркнуть, что в практике отмечены также случаи ложной работы газовой защиты из-за неисправности цепей вторичной коммутации защиты. Поэтому перед тем как приступить к устранению неисправности, необходимо точно установить причину, вызвавшую срабатывание газовой защиты. Для этого необходимо выяснить, какая из защит (релейных) сработала, произвести исследование газов, скопившихся в газовом реле, и определить их горючесть, цвет, количество и химический состав.

Горючесть газа свидетельствует о наличии внутреннего повреждения. Если газы бесцветны и не горят, то причиной действия реле является выделившийся из масла воздух.

Цвет выделившегося газа позволяет судить о характере повреждения; бело-серый цвет свидетельствует о повреждении бумаги или картона, желтый – дерева, черный – масла. Но так как окраска газа может через некоторое время исчезнуть, то его цвет следует определить тут же при его появлении.

Снижение температуры вспышки масла также свидетельствует о наличии внутреннего повреждения.

Если причиной действия газовой защиты было выделение воздуха, то его необходимо выпустить из реле.

При снижении уровня масла следует долить, отключить газовую защиту от действия на отключение.

Порядок выполнения практической работы:

1. Изучить краткие теоретические сведения по теме «Эксплуатация силовых трансформаторов».

2. Составить отчет по работе, ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы по теме:

1. Мероприятия при ТО силовых трансформаторов

2. На что обращают внимание при периодических осмотрах

3. Назвать причины, по которым проводят внеочередные осмотры силовых трансформаторов.
4. Что включает в себя контроль состояния масла
5. Где фиксируются нарушения в работе силового трансформатора?
6. Какие мероприятия включает текущий ремонт силового трансформатора?
7. Допустимые нагрузки и перегрузки
8. Как осуществляется контроль за нагрузками?
9. Условия включения на параллельную работу.
10. Порядок включения и отключения силовых трансформаторов.
11. В каких случаях газовое реле может сработать ложно?
12. Действия оперативного персонала при работе газового реле.
13. Причины неисправностей силовых трансформаторов.

Задание 7

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У19,У21-У23,У25;

Тема 1.6. Техническое обслуживание электроприводов

Практическое занятие №7

Пуск и остановка электродвигателей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение способов пуска электродвигателей. Изучение методов определения технического состояния электродвигателей

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Общая часть.

1.1. Настоящая инструкция предназначена для правильной и безопасной эксплуатации, технического обслуживания электродвигателей переменного и постоянного тока любой мощности.

1.2. При эксплуатации электродвигателей, дополнительно к настоящей инструкции, необходимо пользоваться нормативно-техническими документами, перечисленными в таблице 1.1.

Нормативно-технические документы

Таблица 1.1

ПУЭ	Правила устройства электроустановок
ПОТ РМ-016-2001	Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок
ПТЭЭП	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей
ИОТ Р 10-053-04	Инструкция по охране труда электромонтёра по ремонту и обслуживанию электрооборудования и электроустановок
ИОТ Р 10-202-04	Инструкция по охране труда для электромонтёра по эксплуатации распределительных сетей
ИОТ Р 10-204-04	Инструкция по охране труда для электромонтёра по обслуживанию подстанций

1.3. После приемки электродвигателя (а также устройств управления и пуска, силовых и контрольных кабелей присоединения, относящиеся к данному электродвигателю) эксплуатирующая организация должна собрать и оформить всю техническую документацию по данному электродвигателю.

На каждый электродвигатель, работающий во взрывоопасной зоне должен быть заведен паспорт, содержащий все необходимые технические данные по электродвигателю

(паспортные данные), данные по ремонту, испытаниям и измерениям параметров взрывозащиты, данные по неисправностям и дефектам электродвигателя.

Для электродвигателей обычного исполнения аналогичный паспорт составляется при номинальном напряжении электродвигателя более 1000В или единичной мощности свыше 250кВт включительно.

Форма паспорта утверждается ответственным за электрохозяйство. Результаты, занесённые в паспорт электродвигателя, подписываются так же ответственным за

электрохозяйство.

2. Назначение и технические данные.

2.1. Электродвигатель предназначен для преобразования электрической энергии в механическую. Электродвигатель – основной элемент электропривода рабочих машин.

2.2. Каждый электродвигатель характеризуется номинальными данными:

- $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт;
- $U_{ном}$ – номинальное напряжение электродвигателя, В;
- $I_{ном}$ – номинальный ток электродвигателя, А;
- $n_{ном}$ – номинальная частота вращения, об/мин;
- $\cos\varphi$ – коэффициент мощности (для электродвигателей переменного тока);
- КПД – коэффициент полезного действия;;
- соединение обмоток – Y (звезда) Δ (треугольник) (для трёхфазных электродвигателей переменного тока);
- класс нагревостойкости изоляции обмоток статора – F (буква обозначающая класс);
- $I_{ном}$ ротора - номинальный ток ротора, А (для электродвигателей постоянного тока и переменного тока с фазным ротором);
- режим работы электродвигателя – S+цифра обозначающая режим работы.

2.3. Электроизоляционные материалы, применяемые при изготовлении электродвигателей, разделяются на семь классов по нагревостойкости (эти же классы материалов применимы и для других электрических машин). В таблице 2.1 приведены значения температуры изоляции в зависимости от класса. На практике запрещается допускать перегрева электродвигателя (любой из его частей) свыше 80°С, но в аварийных

режимах (когда из группы в работе остался только один электродвигатель и т.п. ситуации)

можно ориентироваться на цифры в таблице 2.1.

Предельная температура обмоток по классу изоляции

Таблица 2.1

Класс нагревостойкости	Y	A	E	B	F	H	C
Предельно допустимая температура, °C	90	105	120	130	155	180	>180

2.4. В зависимости от температуры окружающего воздуха изменяется номинальная мощность электродвигателя, что следует учитывать при эксплуатации. В таблице 2.2 приведена зависимость мощности от температуры окружающей среды.

Зависимость номинальной мощности электродвигателя от температуры окружающей среды

Таблица 2.2

Температура окружающей среды, °C	40	45	50	55	60
Номинальная мощность, %	100	96	92	87	82

2.5. Каждый электродвигатель рассчитан на эксплуатацию в определённых условиях - климатическое исполнение. В таблице 2.3 приведена увязка климатических исполнений электрических двигателей с категориями их размещения по параметрам окружающей среды.

Увязка климатических исполнений электродвигателей с категориями их размещения Таблица 2.3

Климатическое исполнение	Категория размещения	Температура, °C		Максимальное значение относительной влажности, %
		верхнее значение	нижнее значение	
У	1, 2	+40	-45	100 при 25 °C
У	3	+40	-45	98 при 25 °C
У	4	+35	+1	80 при 25 °C
Т	2	+50	-10	100 при 35 °C
УХЛ	4	+40	-50	100 при 25 °C
ХЛ	1, 2	+40	-60	100 при 25 °C

2.6. Каждый электродвигатель можно охарактеризовать в зависимости от степени защиты (степень защиты электродвигателя обозначена в паспорте, либо на специальной табличке с паспортными данными, закреплённой на самом электродвигателе). В таблицах 2.4 и 2.5 приведены описания и условные обозначения степеней защиты. Таблица 2.5 относится ко всем типам машин (силовым трансформаторам, электродвигателям и т.п.).

2.7. Выбор и установка электродвигателей, пускорегулирующей аппаратуры, контрольно—измерительных приборов, устройств защиты, а также всего электрического и вспомогательного оборудования к ним должны соответствовать требованиям ПУЭ и условиям окружающей среды.

2.8. При выборе мощности электродвигателей необходимо учитывать условия работы производственного механизма, для которого предназначен электродвигатель. Применение электродвигателей недостаточной мощности может привести к нарушению нормальной работы механизма, а использование электродвигателей завышенной мощности ухудшает экономические показатели установки, ведёт к её удорожанию и увеличению потерь электроэнергии.

Цифры в обозначении степеней защиты электродвигателей Таблица 2.4

Номер цифры	Цифра	Степень защиты
Первая цифра	0	Специальная защита отсутствует
	1	Защита от проникновения твёрдых тел диаметром более 50 мм, исключено случайное прикосновение к токоведущим или движущимся частям внутри оболочки частью тела, например рукой
	2	Защита от проникновения твёрдых тел диаметром более 12 мм, исключено прикосновение пальцами к опасным частям внутри оболочки
	3	Защита от проникновения инструментов, проволоки и т.д. диаметром или толщиной 2,5 мм
	4	Защита от проникновения твёрдых тел размером свыше 1 мм
	5	Защита от пыли. Пыль внутрь оболочки не может проникать в количестве, нарушающем работу электродвигателя.
Вторая цифра	0	Защита отсутствует.
	1	Защита от вертикально падающих капель воды
	2	Защита от капель воды при наклоне оболочки до 15°
	3	Защита от дождя под углом до 60°
	4	Защита от брызг в любом направлении
	5	Защита от водяных струй в любом направлении
	6	Защита от воздействия морских волн
	7	Защита при кратковременном погружении в воду на определённую глубину
	8	Защита при длительном погружении в воду при условиях, определяемых производителем

Условные обозначения и описания степеней защиты Таблица 2.5

Условное обозначение	Характеристика степени защиты
IP00	Машина, не имеющая специальной защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями машины, защиты от попадания твёрдых тел внутрь корпуса, защиты от проникновения воды.
IP01	Машина, защищённая от капель воды, падающих вертикально на оболочку и не имеющая специальной защиты обслуживающего персонала от соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями машины, защита от попадания твёрдых тел внутрь корпуса
IP10	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм, защита от проникновения воды отсутствует

Условное обозначение	Характеристика степени защиты
IP11	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих вертикально на оболочку
IP12	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих вертикально на оболочку при наклоне оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения.
IP13	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки большого участка поверхности человеческого тела (например, руки), от проникновения твёрдых тел размером более 50 мм и от капель воды, падающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP20	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм, защита от проникновения воды отсутствует
IP21	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, падающих вертикально на оболочку
IP22	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, падающих вертикально на оболочку при наклоне оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
IP23	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной более 80 мм, от проникновения твёрдых тел размером свыше 12 мм и капель воды, попадающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP43	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки проволоки и твёрдых тел размером более 1 мм и капель воды, падающих на оболочку под углом 60° от вертикали
IP44	Машина, защищённая от проникновения внутрь оболочки проволоки и твёрдых тел размером более 1 мм и от воды, разбрызгиваемой на оболочку в любом направлении
IP54	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и от воды, разбрызгиваемой на оболочку в любом направлении
IP55	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и защищённая от струй воды, попадающих на оболочку в любом направлении
IP55	Машина, не полностью защищённая от проникновения внутрь оболочки пыли (однако пыль не может проникать в количестве, достаточном для нарушения работы изделия) и защищённая от волн воды (вода при волнении не попадает внутрь оболочки в количестве, достаточном для повреждения)

2.9. Электродвигатели характеризуются определённым режимом работы – установленным заводом-изготовителем порядком чередования периодов, характеризующихся величиной и продолжительностью нагрузки, отключений, торможений, пуска и реверса по время работы. В таблице 2.6 приведены режимы и их характеристики. Запрещается эксплуатировать электродвигатели (за исключением острой необходимости или в аварийных ситуациях) в не свойственных для них режимах работы.

Режимы работы электродвигателей

Таблица 2.6

Режим работы	Характеристика режима
Продолжительный режим S1	Режим работы электродвигателя, когда при неизменной номинальной нагрузке $P_{ном}$ работа электродвигателя продолжается так долго, что температура перегрева всех его частей успевает достигнуть установившихся значений. Различают продолжительный режим с неизменной нагрузкой и продолжительный режим с изменяющейся нагрузкой.
Кратковременный режим S2	Режим работы электродвигателя, при котором периоды неизменной номинальной нагрузки чередуются с периодами отключения электродвигателя. При этом периоды работы настолько кратковременные, что температура всех частей электродвигателя не успевает достигнуть установившихся значений, а периоды отключения настолько продолжительны, что все части электродвигателя успевают достигнуть температуры окружающей среды. В условном обозначении указывается продолжительность работы электродвигателя, например S2-30мин (стандартно: 10; 30; 60 и 90 минут)
Повторно-кратковременный режим S	Режим работы электродвигателя, при котором кратковременные режимы работы электродвигателя чередуются с периодами его отключения (паузами), причём за период работы превышение температуры не успевает достигнуть установившихся значений, а за период паузы части электродвигателя не успевают охладиться до температуры окружающей среды. Режим характеризуется относительной продолжительностью включения в процентах: S3-40% - ПВ=40% (электродвигатель 40% времени работает, 60% - отдыхает). Разрешается перевод электродвигателя из режима S1 в режим работы S3, при этом мощность электродвигателя может быть увеличена: при ПВ=60% - на 30%; при ПВ=40% - на 60%; при ПВ=25% - на 100% и при ПВ=15% - в 2,6 раза.

3. Устройство и работа.

3.1. Асинхронный электродвигатель представляет собой машину переменного тока, имеющую неподвижный статор с обмоткой и вращающийся ротор, который выполняется в зависимости от конструкции электродвигателя. Характерной особенностью асинхронного электродвигателя является неравенство частот вращения ротора и вращающегося поля статора.

3.2. Конструктивно асинхронные электродвигатели переменного тока подразделяются на два основных типа: с фазным ротором и с короткозамкнутым ротором. Эти типы электродвигателей имеют одинаковую конструкцию статора и отличаются лишь формой выполнения ротора. На рисунке 1 представлена конструкция асинхронного Электродвигателя

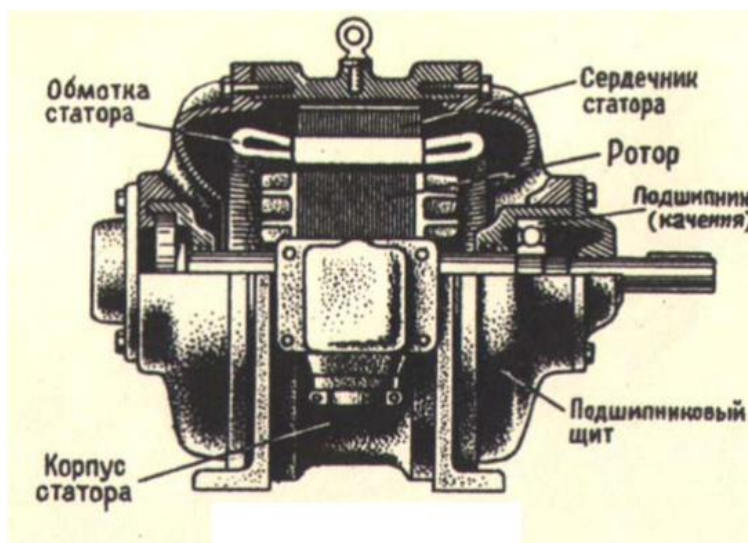


Рис. 1 Асинхронный электродвигатель в разрезе.

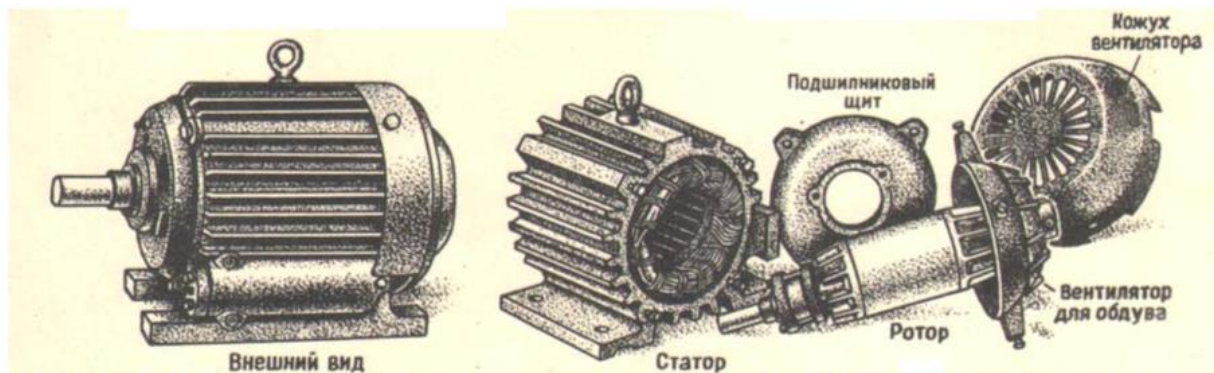


Рис. 2 Асинхронный электродвигатель серии АО, внешний вид (слева) и элементы его конструкции (справа).

3.3. Асинхронные машины относятся к категории неявнополюсных машин, поскольку ни на статоре, ни на роторе асинхронной машины нет явно выраженных полюсов, при этом обмотки (и статора и ротора) равномерно распределены в пазах по внутреннему периметру сердечника статора и внешнему периметру сердечника ротора.

3.4. Электродвигатель постоянного тока по конструкции состоит из статора и ротора. Характерной его особенностью является наличие у них коллектора и контактных щёток - механического преобразователя переменного тока в постоянный. На рисунке 3 представлен электродвигатель постоянного тока с его конструктивными деталями.



Рис. 3 Электродвигатель постоянного тока открытого исполнения в разобранном состоянии.

3.5. Электродвигатели постоянного тока различаются по способу возбуждения: электродвигатели могут быть с независимым, параллельным, последовательным и смешанным возбуждением, а также с использованием постоянного магнита. Электродвигатели постоянного тока являются обращаемыми машинами – машину можно использовать в качестве электродвигателя и в качестве генератора.

3.6. Принцип работы асинхронных электродвигателей переменного тока и электродвигателей постоянного тока состоит во взаимодействии магнитных полей статора и ротора.

В асинхронном электродвигателе трёхфазное магнитное поле статора индуцируемое трёхфазным переменным током создаёт магнитное поле в роторе, и соответственно ток в его обмотке, что в свою очередь создаёт магнитное поле ротора. В результате два магнитных поля, взаимодействуя, создают вращательный момент. ЭДС самоиндукции в обмотке статора действует в встречно подводимому напряжению и ограничивает ток через обмотку.

В электродвигателе постоянного тока вращательный момент создаётся постоянным магнитным полем статора и якоря (ротора). Магнитное поле статора не изменяемое (постоянное), магнитное поле якоря изменяется, или регулируется, за счёт изменения тока якоря. Изменение параметров магнитного поля якоря и обуславливает регулировочные характеристики электродвигателя постоянного тока.

4. Подготовка к работе.

4.1. До начала работы электродвигателя оперативному персоналу (если ввод в работу электродвигателя производится оперативным персоналом) или оперативно-ремонтному

персоналу (если электродвигатель вводится в работу силами оперативно-ремонтного персонала) необходимо:

- произвести внешний осмотр электродвигателя и приводимого им механизма;
- проверить соответствие реальных пусковых условий пусковым условиям номинальным – проверить уровень напряжения на шинах 0,4кВ – уровень напряжения должен быть в пределах номинального для данного электродвигателя;
- проверить затяжку всех болтовых соединений;
- проверить надёжность цепи зануления для электродвигателей 0,4кВ;
- проверить ограждение токоведущих частей электродвигателя;
- проверить наличие ограждения вращающихся частей электродвигателя;
- проверить готовность схем и пуско - регулирующих устройств для электродвигателей (схемы с коммутационными аппаратами в цепях управления должны быть введены в работу);
- доложить начальнику смены ЭСН КС «Ухтинская» о готовности электродвигателя к пуску;

4.2. Приведённый выше порядок подготовки электродвигателя к пуску действителен как для вновь вводимых электродвигателей, так и для электродвигателей, прошедших ремонт.

4.3. Оперативному персоналу запрещается производить пуск электродвигателя без проведения внешнего осмотра.

4.4. Электродвигатели с короткозамкнутыми роторами разрешается пускать из холодного состояния 2 раза подряд, из горячего 1 раз, если заводской инструкцией не допускается большего количества пусков. Последующие пуски разрешаются после охлаждения электродвигателя в течении времени, определяемого заводской инструкцией для данного типа электродвигателя.

4.5. Повторные включения электродвигателей в случае отключения их основными защитами разрешаются после обследования и проведения контрольных измерений сопротивления изоляции. Для электродвигателей ответственных механизмов, не имеющих резерва, одно повторное включение после действия основных защит разрешается по результатам внешнего осмотра двигателя. Повторное включение электродвигателей в случае действия резервных защит до выяснения причины отключения не допускается.

4.6. Выбор плавких вставок для защиты от многофазных замыканий электродвигателей механизмов с лёгкими условиями пуска производится по формуле:

$$I_{\text{вставки}} = \frac{I_{\text{пусковой}}}{2,5}$$

а для двигателей механизмов с тяжёлыми условиями пуска (большая длительность разгона, частые пуски и т.д.) по формуле:

$$I_{\text{вставки}} = \frac{I_{\text{пусковой}}}{1,6}$$

где $I_{\text{вставки}}$ – номинальный ток плавкой вставки (А)

$I_{\text{вставки}}$ – пусковой ток электродвигателя ($I_{\text{вставки}} = I_{\text{ном}} * k_{\text{пуск}}$, где $k_{\text{пуск}}$ - коэффициент пускового тока для конкретного электродвигателя)

4.7. Плавкие вставки предохранителей должны быть калиброваны с указанием на клейме номинального тока вставки. Клеймо должно быть завода—изготовителя или электротехнической лаборатории. Применять некалиброванные вставки запрещается.

4.8. Защита всех элементов сети потребителей, а также технологическая блокировка узлов должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечивался самозапуск

электродвигателей ответственных механизмов. Перечень ответственных механизмов, участвующих в самозапуске, должен быть утверждён техническим руководителем Потребителя.

Аппараты управления следует располагать по возможности ближе к электродвигателю в местах, удобных для обслуживания, если по условиям экономичности, удобства обслуживания и расхода кабеля не требуется иное размещение.

Если с места, где установлен аппарат управления электродвигателя (кнопка, ключ и т.п.), не виден приводимый им механизм и, если этот механизм постоянно обслуживается персоналом, необходимо предусматривать следующее:

1. Сигнализацию или звуковое оповещение о предстоящем пуске механизма.
2. Установку вблизи электродвигателя и приводимого механизма аппаратов для аварийного отключения электродвигателя, исключающих возможность

дистанционного пуска.

При наличии управления из нескольких мест должны предусматриваться аппараты (выключатели, переключатели), исключающие возможность дистанционного пуска механизма или линии, выведенных в ремонт.

5. Требования к безопасному производству работ.

5.1. На электродвигателях и на приводимых ими механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения механизма и двигателя. На пускорегулирующих устройствах должны быть отмечены положения «Пуск» и «Стоп». При кнопочном включении и отключении оборудования и механизмов, кнопки включения должны быть заглублены на 3—5 мм за габариты пусковой коробки.

5.2. Выключатели, контакторы, магнитные пускатели, рубильники, пускорегулирующие устройства и т.п., а также предохранители должны иметь надписи, указывающие, к какому электродвигателю они относятся.

5.3. Выводы статорной и роторной обмоток и кабельной воронки должны быть закрыты ограждениями. Вращающиеся части машин – шкивы, муфты, вентиляторы, открытые части валов, должны быть закрыты ограждениями, снятие которых во время работы электродвигателей запрещается.

5.4. Защита электродвигателей должна быть выполнена в соответствии с ПУЭ. На электродвигателях, у которых возможна систематическая перегрузка по техническим причинам, устанавливается защита от перегрузки, действующая на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение. При отключении электродвигателя ответственного механизма от действия защиты и отсутствии резервного допускается повторное включение электродвигателя после тщательной проверки схемы управления, защиты и самого электродвигателя.

5.5. Электродвигатели механизмов, технологический процесс которых регулируется по току статора, а также механизмов, подверженных технологической перегрузке, должны быть оснащены амперметрами, устанавливаемыми на пусковом щите или панели. Амперметры должны быть также включены в цепи возбуждения синхронных электродвигателей. На шкале амперметра должна быть красная черта соответствующая длительно допустимому или номинальному значению тока статора (ротора). На электродвигателях постоянного тока, используемых для привода ответственных механизмов, независимо от их мощности должен контролироваться ток якоря.

5.6. Электродвигатели, длительно находящиеся в резерве, должны быть постоянно готовы к немедленному пуску; их необходимо периодически осматривать и опробовать вместе с механизмами по графику, утверждённому техническим руководителем Потребителя. При этом у электродвигателей наружной установки, не имеющих обогрева, должны проверяться сопротивление изоляции обмотки статора и коэффициент абсорбции.

5.7. Электродвигатели должны быть немедленно отключены от сети в следующих случаях:

- при несчастных случаях с людьми;
- появлении дыма или огня из корпуса электродвигателя, а также из его пускорегулирующей аппаратуры;
- поломке приводного механизма;

- резком увеличении вибрации подшипников механизма;
- нагреве подшипников сверх допустимой температуры, установленной в инструкции завода изготовителя;
- значительным снижением числа оборотов, сопровождающимся быстрым нагревом электродвигателя.

5.8. Если работа на электродвигателе или приводимом им в движение механизме связана с прикосновением к токоведущим и вращающимся частям, электродвигатель должен быть отключен с выполнением технических мероприятий, предотвращающих его ошибочное включение. При этом у двухскоростного электродвигателя должны быть отключены и разобраны обе цепи питания обмоток статора.

5.9. Работа, не связанная с прикосновением к токоведущим или вращающимся частям электродвигателя и приводимого им в движение механизма, может производиться на работающем электродвигателе. Не допускается снимать ограждения вращающихся частей работающих электродвигателя и механизма.

5.10. При работе на электродвигателе допускается установка заземления на любом участке кабельной линии, соединяющей электродвигатель с секцией РУ, щитом, сборкой.

Если работы на электродвигателе рассчитаны на длительный срок, не выполняются или прерваны на несколько дней, то отсоединенная от него кабельная линия должна быть заземлена также со стороны электродвигателя. В тех случаях, когда сечение жил кабеля не позволяет применять переносные заземления, у электродвигателей напряжением до 1000В допускается заземлять кабельную линию медным проводником сечением не менее сечения жилы кабеля либо соединять между собой жилы кабеля и изолировать их. Такое заземление или соединение жил кабеля должно учитываться в оперативной документации наравне с переносным заземлением.

5.11. Перед допуском к работам на электродвигателях, способных к вращению за счёт соединённых с ними механизмов (дымососы, вентиляторы, насосы и др.), штурвалы запорной арматуры (задвижек, вентилей, шиберов и т.п.) должны быть заперты на замок. Кроме того, приняты меры по затормаживанию роторов электродвигателей или расцеплению соединительных муфт. Необходимые операции с запорной арматурой должны быть согласованы с начальником смены технологического цеха, участка с записью в оперативном журнале.

5.12. Со схем ручного дистанционного и автоматического управления электроприводами запорной арматуры, направляющих аппаратов должно быть снято напряжение. На штурвалах задвижек, шиберов, вентилей должны быть вывешены плакаты "Не открывать! Работают люди", а на ключах, кнопках управления электроприводами запорной арматуры - "Не включать! Работают люди".

5.13. На однотипных или близких по габариту электродвигателях, установленных рядом с двигателем, на котором предстоит выполнить работу, должны быть вывешены плакаты "Стоять! Напряжение" независимо от того, находятся они в работе или остановлены.

5.14. При необходимости проведения опробования в процессе работы порядок включения электродвигателя (для опробования) должен быть следующим:

- производитель работ удаляет бригаду с места работы, оформляет окончание работы и сдаёт наряд оперативному персоналу.
- оперативный персонал снимает установленные заземления, плакаты, выполняет сборку схемы.
- после опробования при необходимости продолжения работы на электродвигателе оперативный персонал вновь подготавливает рабочее место и бригада по наряду повторно допускается к работе на электродвигателе.

5.15. Работа на вращающемся электродвигателе без соприкосновения с токоведущими и вращающимися частями может проводиться по распоряжению.

5.16. Обслуживание щётчного аппарата на работающем электродвигателе допускается по распоряжению обученному для этой цели работнику, имеющему группу 3, при соблюдении следующих мер предосторожности:

- работать с использованием средств защиты лица и глаз, в застёгнутой спецодежде, остерегаясь захвата её вращающимися частями электродвигателя.
- пользоваться диэлектрическими галошами, ковриками.
- не касаться руками одновременно токоведущих частей двух полюсов или токоведущих и заземляющих частей.
- кольца ротора допускается шлифовать на вращающемся электродвигателе лишь с помощью колодок из изоляционного материала.

6. Техническое обслуживание

6.1. Периодичность ТО устанавливается в зависимости от производственных условий, но не реже 1 раза в 2 месяца. При ТО надо производить:

- чистку электродвигателей от загрязнений (удаление с доступных частей масла, влаги и пыли);
- проверять состояние контактных колец и щёток у электродвигателей с фазным ротором;
- надёжность заземления и соединения электродвигателей с приводными механизмами;
- необходимо периодически контролировать режим работы, не перегружать электродвигатели;
- исправное состояние болтовых соединений электродвигателей..

6.2. Периодичность капитальных и текущих ремонтов электродвигателей, определяет технический руководитель Потребителя. В зависимости от местных условий, как правило, текущий ремонт и обдувка электродвигателей должны производиться одновременно с ремонтом приводимых механизмов.

6.3. При ТР должна производиться:

- разборка электродвигателя, внутренняя чистка его;
- замена смазки подшипников, (замена смазки в подшипниках при нормальных условиях эксплуатации должна производиться через 4000 ч работы, но не реже 1 раза в год). При работе электродвигателя в пыльной и влажной среде смена смазки должна производиться чаще, в зависимости от местных условий;
- измерение сопротивления изоляции обмоток от корпуса, при обнаружении понижения сопротивления изоляции обмотки статора необходимо немедленно принять меры к её восстановлению в соответствии с ПТЭЭП;
- после сборки электродвигателя производят пробный пуск, во время которого убеждаются в отсутствии стуков и вибраций, задевания вентилятора о кожух

6.4. Капитальный ремонт с выемкой ротора электродвигателей ответственных механизмов, работающих в тяжёлых температурных условиях и при загрязнённости окружающей среды, должен производиться не реже одного раза в 2 года.

6.5. Профилактические испытания и измерения на электродвигателях должны проводиться в соответствии с нормами испытаний электрооборудования.

6.6. Для контроля наличия напряжения на групповых щитках и сборках электродвигателей должны быть установлены вольтметры или сигнальные лампы.

6.7. Для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо поддерживать напряжение на шинах в пределах от 100 до 105% номинального. В случаях необходимости допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от –5 до + 10% номинального.

6.8. Вибрация электродвигателя, измеренная на каждом подшипнике, не должна превышать величин, указанных в таблице 2.7.

6.9. Контроль за нагрузкой электродвигателей, щётчным аппаратом, вибрацией, температурой элементов и охлаждающих сред электродвигателя (обмотки и сердечники статора, воздуха, подшипников и т.д.), уход за подшипниками (поддержание требуемого уровня масла) и устройствами подвода охлаждающего воздуха, а также операции по пуску и останову электродвигателя должен осуществлять персонал подразделения, обслуживающего механизма.

Допустимые уровни вибрации электродвигателей**Таблица 2.7**

Синхронная скорость вращения (об/мин)	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации подшипника, мм	0,05	0,10	0,13	0,16

7. Вывод из эксплуатации.

7.1. При окончании срока эксплуатации и демонтажа электродвигателя (электродвигателей), при невозможности его (их) дальнейшего использования на объектах, необходимо провести следующие мероприятия:

- а) разобрать электродвигатель (электродвигатели) и отделить цветные и черные металлы для последующей переработки или использования;
- б) оставшиеся части электродвигателя (электродвигателей) утилизировать в соответствии с инструкцией на утилизацию данного материала.

Контрольные вопросы.

2. Для чего нужна схема пуска электродвигателя?
3. Что является основным элементом в магнитном пускателе?
4. Что является основным элементом в тепловом реле?
5. Перечислить основные элементы схемы пуска электродвигателя (пускатель, тепловое реле, кнопочный пост, УЗО, двигатель).
6. В зависимости от нагрузки на валу привода и пусковых моментов, какими способами осуществляют пуск электродвигателя?
7. Какие виды останова привода существуют?
8. Как осуществляется пробный пуск электродвигателя, что при этом проверяют?
9. Как осуществляется проверка электродвигателей под нагрузкой?
10. Какие требования техники безопасности необходимо выполнять при проверках и испытаниях?
11. Какие неисправности асинхронных электродвигателей можно определить без разборки, и как это делают?

Задание 8

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У6,У18,У19,У21; У22,У24;

Тема1.7 Техника безопасности при эксплуатации и техническом обслуживании электрооборудования

Практическое занятие №8

Изучение защитных средств, применяемых в электроустановках.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

изучить назначение и область применения основных и дополнительных средств защиты.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Средства защиты, используемые в электроустановках, по характеру их применения подразделяются на две категории: средства коллективной защиты и средства индивидуальной защиты.

Электрозащитные средства разделяются на основные, которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением, и дополнительные, которые не могут обеспечить защиту от поражения током, а применяются совместно с основными.

При использовании основных средств защиты достаточно применение одного дополнительного. Средство защиты должно быть рассчитано на применение при наибольшем допустимом рабочем напряжении.

Средства защиты должны храниться в условиях, обеспечивающих их исправность и пригодность к употреблению, поэтому они должны быть защищены от увлажнения,

загрязнения и механических повреждений.

Основные и дополнительные электрозащитные средства

Электроустановки выше 1000 В	Электроустановки до 1000 В
1	2
Основные электрозащитные средства	
Штанги изолирующие	Штанги изолирующие
Клеши изолирующие	Клеши изолирующие
Клеши электроизмерительные	Клеши электроизмерительные
Указатели напряжения емкостного типа	Указатели напряжения
Указатели напряжения для фазировки	Инструмент слесарно-монтажный с изолирующими рукоятками
Указатели напряжения бесконтактные	Переносные заземления

1	2
Изолирующие устройства и приспособления для работ под напряжением: - изолирующие лестницы - площадки - изолирующие тяги - канаты - телескопические вышки с изолирующим звеном, кабины, тележки для работы у провода.	Диэлектрические перчатки
Индивидуальные экранирующие комплекты	
Дополнительные электрозащитные средства	
Диэлектрические перчатки	Диэлектрические галоши или сапоги
Диэлектрические коврики	Изолирующие подставки и накладки
Изолирующие подставки и накладки	Диэлектрические коврики
Колпаки диэлектрические	
Сигнализаторы напряжения индивидуальные	
Сигнализаторы напряжения стационарные	

Резиновые диэлектрические защитные средства

Среди средств, защищающих персонал от поражения током, наиболее широкое распространение имеют диэлектрические перчатки, галоши, боты и ковры. Они изготавливаются из резины специального состава, обладающей высокой электрической прочностью и хорошей эластичностью. Однако и специальная резина разрушается под действием тепла, света, минеральных масел, бензина, щелочей и т.п., легко повреждается механически.

Диэлектрические перчатки

Диэлектрические перчатки изготавливаются двух типов:

- диэлектрические перчатки для электроустановок до 1000 В, в которых они применяются как основное защитное средство при работах под напряжением. Эти перчатки запрещается применять в электроустановках выше 1000 В;

- диэлектрические перчатки для электроустановок выше 1000 В, в которых они применяются как дополнительное защитное средство при работах с помощью основных изолирующих защитных средств (штанг, указателей высокого напряжения, изолирующих и электроизмерительных клещей и т.п.). Кроме того, эти диэлектрические перчатки используются без применения других защитных средств при операциях с приводами разъединителей, выключателей и другой аппаратуры напряжением выше 1000 В.

Диэлектрические перчатки, предназначенные для электроустановок выше 1000 В, могут применяться в электроустановках до 1000 В в качестве основного защитного средства. Перчатки следует надевать на полную их глубину, натянув раструб перчаток на рукава одежды. Недопустимо завертывать края перчаток или спускать поверх них рукава одежды.

В электроустановках могут применяться перчатки из диэлектрической резины бесшовные или со швом, пятипалые или двухпалые. В электроустановках разрешается использовать только диэлектрические перчатки с маркировкой по защитным свойствам Эв и Эн. Длина перчаток должна быть не менее 350 мм. Размер диэлектрических перчаток должен позволять надевать под них трикотажные перчатки для защиты рук от пониженных температур при работе в холодную погоду. Ширина по нижнему краю перчаток должна позволять натягивать их на рукава верхней одежды.

Правила использования диэлектрических перчаток

Перед применением перчатки следует осмотреть, обратив внимание на отсутствие механических повреждений, загрязнения и увлажнения, а также проверить наличие проколов путем скручивания перчаток в сторону пальцев.

Каждый раз перед применением диэлектрические перчатки должны проверяться путем заполнения их воздухом на герметичность, т.е. для выявления в них сквозных отверстий и надрывов, которые могут явиться причиной поражения человека током.

При работе в перчатках их края не допускается подвертывать. Для защиты от механических повреждений разрешается надевать поверх перчаток кожаные или брезентовые перчатки и рукавицы.

Перчатки, находящиеся в эксплуатации, следует периодически, по мере необходимости, промывать содовым или мыльным раствором с последующей сушкой.

Диэлектрические галоши и боты

Диэлектрические галоши и боты как дополнительные защитные средства применяются при операциях, выполняемых с помощью основных защитных средств. При этом боты могут применяться как в закрытых, так и открытых электроустановках любого напряжения, а галоши - только в закрытых электроустановках до 1000 В включительно.

Кроме того, диэлектрические галоши и боты используются в качестве защиты от шаговых напряжений в электроустановках любого напряжения и любого типа, в том числе на воздушных линиях электропередачи. Диэлектрические галоши и боты надевают на обычную обувь, которая должна быть чистой и сухой.

Диэлектрическая обувь должна отличаться по цвету от остальной резиновой обуви. Галоши и боты должны состоять из резинового верха, резиновой рифленой подошвы, текстильной подкладки и внутренних усилительных деталей. Формовые боты могут

выпускаться бесподкладочными. Боты должны иметь отвороты. Высота бот должна быть не менее 160 мм.

Нормы и периодичность электрических испытаний диэлектрических галош и бот приведены в "Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках" (СО 153-34.03603-2003).

Правила пользования диэлектрической обувью

Электроустановки следует комплектовать диэлектрической обувью нескольких размеров. Перед применением галоши и боты должны быть осмотрены с целью обнаружения возможных дефектов (отслоения облицовочных деталей или подкладки, наличие посторонних жестких включений и т.п.).

Диэлектрические ковры

Диэлектрические ковры применяются в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения током. При этом помещения не должны быть сырыми и пыльными.

Ковры расстилаются по полу перед оборудованием, где возможно соприкосновение с токоведущими частями, находящимися под напряжением до 1000 В, при эксплуатационно-ремонтном обслуживании оборудования, в том числе перед щитами и сборками, у колец и щеточного аппарата генераторов и электродвигателей, на испытательных стендах и т.п. Они применяются также в местах, где производятся включение и отключение рубильников, разъединителей, выключателей, управление реостатами и другие операции с коммутационными и пусковыми аппаратами как до 1000 В, так и выше.

Диэлектрические ковры должны иметь размер не менее 75х75 см. В сырых и пыльных помещениях диэлектрические свойства их резко ухудшаются, поэтому в таких помещениях вместо ковров следует применять изолирующие подставки.

Диэлектрические ковры изготавливают в соответствии с требованиями государственного стандарта в зависимости от назначения и условий эксплуатации следующих двух групп: 1-я группа - обычного исполнения и 2-я группа - маслобензостойкие.

Ковры изготавливаются толщиной 6 ± 1 мм, длиной от 500 до 8000

мм и шириной от 500 до 1200 мм. Ковры должны иметь рифленую лицевую поверхность.

Ковры должны быть одноцветными.

Изолирующая подставка представляет собой настил, укрепленный на опорных изоляторах высотой не менее 70 мм. Настил размером не менее 500х500 мм следует изготавливать из хорошо просушенных строганых деревянных планок без сучков и косослоя.

Зазоры между планками должны составлять 10-30 мм. Планки должны соединяться без применения металлических крепежных деталей. Настил должен быть окрашен со всех сторон. Допускается изготавливать настил из синтетических материалов.

Изолирующие подставки должны быть прочными и устойчивыми. В случае применения съемных изоляторов соединение их с настилом должно исключать возможность соскальзывания настила. Для устранения возможности опрокидывания подставки края настила не должны выступать за опорную поверхность изоляторов.

В эксплуатации диэлектрические ковры и изолирующие подставки не испытывают. Их осматривают не реже 1 раза в 6 мес., а также непосредственно перед применением. При обнаружении механических дефектов ковры изымают из эксплуатации и заменяют новыми, а подставки направляют в ремонт. После ремонта подставки должны быть испытаны по нормам приемосдаточных испытаний.

После хранения на складе при отрицательной температуре диэлектрические ковры перед применением должны быть выдержаны в упакованном виде при температуре (20 ± 5) °С не менее 24 ч.

Задание

1) Изучить назначение, область применения и конструкцию основных и дополнительных средств защиты.

2) Записать перечень основных и дополнительных защитных средств для РУ напряжением больше 1000В и РУ напряжением меньше 1000В.

3) Дать краткое описание резиновым диэлектрическим защитным средствам, заполнив

таблицу .

Наименование защитного средства	Описание	Правила использования

4) Самостоятельно рассмотреть знаки и плакаты безопасности, указать их значение и использование.

5) Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1) Принцип защитного действия съемной изолирующей вышки?
- 2) Как устроены и работают указатели напряжения?
- 3) Как и где хранят и учитывают защитные средства?
- 4) Как определить пригодность защитных средств к использованию?

Задание 9

Проверяемые результаты: ПК 2.1, ПК2.2, ПК2.3; У1-У6,У18,У19,У21; У22,У24;

Тема1.7 Техника безопасности при эксплуатации и техническом обслуживании электрооборудования

Практическое занятие №9

Изучение последовательности и сроков испытаний защитных средств в электроустановках на подстанциях 6-35 кВ. И бригадных автомобилях ОВБ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучить порядок хранения средств защиты, а также учет и контроль их состояния.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Назначение и область применения средств защиты

При работе в электроустановках используются:

- средства защиты от поражения электрическим током (электрозащитные средства);
- средства защиты от электрических полей повышенной напряженности, коллективные и индивидуальные (в электроустановках напряжением 330 кВ и выше);
- средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная)

К электрозащитным средствам относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- сигнализаторы наличия напряжения индивидуальные и стационарные;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля);
- диэлектрические перчатки, галоши, боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- защитные ограждения (щиты и ширмы);
- изолирующие накладные и колпаки;
- ручной изолирующий инструмент;
- переносные заземления;



- плакаты и знаки безопасности;
- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше;
- гибкие изолирующие покрытия и накладки для работ под напряжением в электроустановках напряжением до 1000 В;
- лестницы приставные и стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т.п.);
- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся:

- диэлектрические перчатки и боты;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки и накладки;
- штанги для переноса и выравнивания потенциала;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К основным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- изолирующие штанги всех видов;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- ручной изолирующий инструмент.

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам для электроустановок напряжением до 1000 В относятся:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

К средствам защиты от электрических полей повышенной напряженности относятся комплекты индивидуальные экранирующие для работ на потенциале провода воздушной линии электропередачи (ВЛ) и на потенциале земли в открытом распределительном устройстве (ОРУ) и на ВЛ, а также съемные и переносные экранирующие устройства и плакаты безопасности.

Кроме перечисленных средств защиты в электроустановках применяются следующие средства индивидуальной защиты:

- средства защиты головы (каска защитные);
- средства защиты глаз и лица (очки и щитки защитные);
- средства защиты органов дыхания (противогазы и респираторы);
- средства защиты рук (рукавицы);
- средства защиты от падения с высоты (пояса предохранительные и канаты страховочные);
- одежда специальная защитная (комплекты для защиты от электрической дуги).

Выбор необходимых электрозащитных средств, средств защиты от электрических полей повышенной напряженности и средств индивидуальной защиты регламентируется настоящей

Инструкцией, Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок, санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты, руководящими указаниями по защите персонала от воздействия электрического поля и другими соответствующими нормативно-техническими документами с учетом местных условий.

2. Порядок хранения средств защиты

Средства защиты необходимо хранить и перевозить в условиях, обеспечивающих их исправность и пригодность к применению, они должны быть защищены от механических повреждений, загрязнения и увлажнения.

Средства защиты необходимо хранить в закрытых помещениях.

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в эксплуатации, следует хранить в шкафах, на стеллажах, полках, отдельно от инструмента и других средств защиты. Они должны быть защищены от воздействия кислот, щелочей, масел, бензина и других разрушающих веществ, а также от прямого воздействия солнечных лучей и теплоизлучения нагревательных приборов (не ближе 1 м от них).

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в эксплуатации, нельзя хранить внавал в мешках, ящиках и т.п.

Средства защиты из резины и полимерных материалов, находящиеся в складском запасе, необходимо хранить в сухом помещении при температуре (0-30) °С.

Изолирующие штанги, клещи и указатели напряжения выше 1000 В следует хранить в условиях, исключающих их прогиб и соприкосновение со стенами.

Средства защиты органов дыхания необходимо хранить в сухих помещениях в специальных сумках.

Средства защиты, изолирующие устройства и приспособления для работ под напряжением следует содержать в сухом, проветриваемом помещении.

Экранирующие средства защиты должны храниться отдельно от электрозащитных.

Индивидуальные экранирующие комплекты хранят в специальных шкафах: спецодежду - на вешалках, а спецобувь, средства защиты головы, лица и рук - на полках. При хранении они должны быть защищены от воздействия влаги и агрессивных сред.

Средства защиты, находящиеся в пользовании выездных бригад или в индивидуальном пользовании персонала, необходимо хранить в ящиках, сумках или чехлах отдельно от прочего инструмента.

Средства защиты размещают в специально оборудованных местах, как правило, у входа в помещение, а также на щитах управления. В местах хранения должны иметься перечни средств защиты. Места хранения должны быть оборудованы крючками или кронштейнами для штанг, клещей изолирующих, переносных заземлений, плакатов безопасности, а также шкафами, стеллажами и т.п. для прочих средств защиты.

3. Учет средств защиты и контроль за их состоянием

Все находящиеся в эксплуатации электрозащитные средства и средства индивидуальной защиты должны быть пронумерованы, за исключением касок защитных, диэлектрических ковров, изолирующих подставок, плакатов безопасности, защитных ограждений, штанг для переноса и выравнивания потенциала. Допускается использование заводских номеров.

Нумерация устанавливается отдельно для каждого вида средств защиты с учетом принятой системы организации эксплуатации и местных условий.

Инвентарный номер наносят, как правило, непосредственно на средство защиты краской или выбивают на металлических деталях. Возможно также нанесение номера на прикрепленную к средству защиты специальную бирку.

Если средство защиты состоит из нескольких частей, общий для него номер необходимо ставить на каждой части.

В подразделениях предприятий и организаций необходимо вести журналы учета и содержания средств защиты.

Средства защиты, выданные в индивидуальное пользование, также должны быть зарегистрированы в журнале.

Наличие и состояние средств защиты проверяется периодическим осмотром, который проводится не реже 1 раза в 6 мес. (для переносных заземлений - не реже 1 раза в 3 мес.) работником, ответственным за их состояние, с записью результатов осмотра в журнал.

Электрозащитные средства, кроме изолирующих подставок, диэлектрических ковров, переносных заземлений, защитных ограждений, плакатов и знаков безопасности, а также предохранительные монтерские пояса и страховочные канаты, полученные для эксплуатации от заводов-изготовителей или со складов, должны быть проверены по нормам эксплуатационных испытаний.

На выдержавшие испытания средства защиты, применение которых зависит от напряжения электроустановки, ставится штамп. Штамп должен быть отчетливо виден. Он должен наноситься несмываемой краской или наклеиваться на изолирующей части около ограничительного кольца изолирующих электрозащитных средств и устройств для работы под напряжением или у края резиновых изделий и предохранительных приспособлений. Если средство защиты состоит из нескольких частей, штамп ставят только на одной части. Способ нанесения штампа и его размеры не должны ухудшать изоляционных характеристик средств защиты.

При испытаниях диэлектрических перчаток, бот и галош должна быть произведена маркировка по их защитным свойствам Эв и Эн, если заводская маркировка утрачена.

На средствах защиты, не выдержавших испытания, штамп должен быть перечеркнут красной краской.

Изолированный инструмент, указатели напряжения до 1000 В, а также предохранительные пояса и страховочные канаты разрешается маркировать доступными средствами.

Результаты эксплуатационных испытаний средств защиты регистрируются в специальных журналах (рекомендуемая форма приведена в Приложении 2). На средства защиты, принадлежащие сторонним организациям, кроме того, должны оформляться протоколы испытаний (рекомендуемая форма приведена в Приложении 3).

4. Общие правила испытаний средств защиты

Приемо-сдаточные, периодические и типовые испытания проводятся на предприятии-изготовителе по нормам, и методикам, изложенным в соответствующих стандартах или технических условиях.

В эксплуатации средства защиты подвергают эксплуатационным очередным и внеочередным испытаниям (после падения, ремонта, замены каких-либо деталей, при наличии признаков неисправности). Нормы эксплуатационных испытаний и сроки их проведения приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Нормы и сроки эксплуатационных механических испытаний средств защиты

Наименование средства защиты	Испытание статической нагрузкой	Продолжительность испытания, мин.	Нагрузка Н (кгс)	Периодичность испытаний
Специальные полимерные изоляторы	На растяжение	1	1,25 Р _н ¹⁾	1 раз в 12 мес.
Изолирующие канаты	На разрыв	1	25 % Р _p ²⁾	То же
Гибкие изоляторы	На растяжение	1	1,25 Р _н ³⁾	То же
Гибкая изолирующая лестница:				
- тетива	На растяжение	1	2000 (200)	То же
- ступенька	На изгиб	1	1250	

Наименование средства защиты	Испытание статической нагрузкой	Продолжительность испытания, мин.	Нагрузка Н (кгс)	Периодичность испытаний
			(125)	
Жесткая изолирующая лестница:				
- тетива	На растяжение	1	2000 (200)	То же
- ступенька	На изгиб	1	1250 (125)	
- лестница под углом 45°	На изгиб	1	1250 (125)	
Изолирующие вставки телескопических вышек	На сжатие	1	2200 (220)	То же
	На изгиб	1	250 (25)	
Предохранительные пояса ⁴⁾ и страховочные канаты	На разрыв	5	4000 (400)	1 раз в 6 мес.
Приставные изолирующие лестницы и стремянки:				1 раз в 6 мес.
- тетива	На изгиб	2	1000 (100)	
- ступенька	На изгиб	2	1200 (120)	

Таблица 2. Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний средств защиты

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин.	Ток, протекающий через изделие, мА, не более	Периодичность испытаний
Штанги изолирующие (кроме измерительных)	До 1 До 35 110 и выше	2 3-кратное линейное, но менее 40 3-кратное фазное	5 5 5	- - -	1 раз в 24 мес.
Изолирующая часть штанг переносных заземлений с металлическими звеньями	6-10 110-220 330-500 750 1150	40 50 100 150 200	5 5 5 5 5	- - - - -	То же
Изолирующие гибкие элементы заземления бесштанговой конструкции	500 750 1150	100 150 200	5 5 5	- - -	То же
Измерительные штанги	До 35 110 и выше	3-кратное линейное, но менее 40 3-кратное фазное	5 5	- -	1 раз в 12 мес.
Головки	35-500	30	5	-	То же

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин.	Ток, протекающий через изделие, мА, не более	Периодичность испытаний
измерительных штанг					
Продольные и поперечные планки ползунковых головок и изолирующий капроновый канатик измерительных штанг	220-500	2,5 на 1 см длины	5	-	То же
Изолирующие клещи	До 1 Выше 1 до 10 До 35	2 40 105	5 5 5	- - -	1 раз в 24 мес.
Указатели напряжения выше 1000 В - изолирующая часть - рабочая часть ¹⁾ - напряжение индикации	До 10 Выше 10 до 20 Выше 20 до 35 110 Выше 110 до 220 До 10 Выше 10 до 20 35	40 60 105 190 380 12 24 42 Не более 25 % номинального напряжения электроустановки	5 5 5 5 5 1 1 1	- - - - - - - -	1 раз в 12 мес.
Указатели напряжения до 1000 В: - изоляция корпусов - проверка повышенным напряжением: - однополюсные - двухполюсные - проверка тока через указатель: однополюсные двухполюсные ²⁾ - напряжение индикации	До 0,5 Выше 0,5 до 1 До 1 До 1 До 1 До 1 До 1	1 2 1,1 U _{раб.наиб.} 1,1 U _{раб.наиб.} U _{раб.наиб.} U _{раб.наиб.} Не выше 0,05	1 1 1 1 - - -	- - - - 0,6 10 -	1 раз в 12 мес.
Указатели					1 раз в 12

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин.	Ток, протекающий через изделие, мА, не более	Периодичность испытаний
напряжения для проверки совпадения фаз:					мес.
- изолирующая часть	До 10 Выше 10 до 20	40 60	5 5	- -	
	35	105	5	-	
	110	190	5	-	
- рабочая часть	До 10	12	1	-	
	15	17	1	-	
	20	24	1	-	
	35	50	1	-	
	110	100	1	-	
- напряжение индикации:					
по схеме согласного включения	6	Не менее 7,6	-	-	
	10	Не менее 12,7	-	-	
	15	Не менее 20	-	-	
	20	Не менее 28	-	-	
	35	Не менее 40	-	-	
	110	Не менее 100	-	-	
по схеме встречного включения	6	Не выше 1,5	-	-	
	10	Не выше 2,5	-	-	
	15	Не выше 3,5	-	-	
	20	Не выше 5	-	-	
	35	Не выше 17	-	-	
	110	Не выше 50	-	-	
- соединительный провод	До 20 35-110	20 50	- -	- -	
Электроизмерительные клещи	До 1 Выше 1 до 10	2 40	5 5	- -	1 раз в 24 мес.
Устройства для прокола кабеля:	До 10	40	5	-	1 раз в 12 мес.
- изолирующая часть					
Перчатки диэлектрические	Все напряжения	6	1	6	1 раз в 6 мес.
Боты диэлектрические	Все напряжения	15	1	7,5	1 раз в 36 мес.
Галоши диэлектрические	До 1	3,5	1	2	1 раз в 12 мес.
Изолирующие накладки:					1 раз в 24 мес.
- жесткие	До 0,5 Выше 0,5 до 1 Выше 1 до 10 15	1 2 20 30	5 5 5 5	- - - -	

Наименование средства защиты	Напряжение электроустановок, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Продолжительность испытания, мин.	Ток, протекающий через изделие, мА, не более	Периодичность испытаний
- гибкие из полимерных материалов	20 До 0,5 Выше 0,5 до 1	40 1 2	5 1 1	- 6 6	
Изолирующие колпаки на жилы отключенных кабелей	До 10	20	1	-	1 раз в 12 мес.
Изолирующий инструмент с однослойной изоляцией	До 1	2	1	-	То же
Специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше	110-1150	2,5 на 1 см длины	1	0,5	То же
Гибкие изолирующие покрытия для работ под напряжением в электроустановках до 1000 В	До 1	6	1	1 мА/1 дм ²	То же
Гибкие изолирующие накладки для работ под напряжением в электроустановках до 1000 В	До 1	6	1	-	1 раз в 12 мес.
Приставные изолирующие лестницы и стремянки	До и выше 1	1 на 1 см длины	1	-	1 раз в 6 мес.

Примечания:

1) Испытание рабочей части указателей напряжения до 35 кВ проводится для указателей такой конструкции, при операциях с которыми рабочая часть может стать причиной междупазного замыкания или замыкания фазы на землю.

2) Для двухполюсных указателей напряжения с лампой накаливания до 10 Вт напряжением 220 В значение тока определяется мощностью лампы.

Испытания проводятся по утвержденным методикам (инструкциям).

Механические испытания проводят перед электрическими.

Все испытания средств защиты должны проводиться специально обученными и аттестованными работниками.

Каждое средство защиты перед испытанием должно быть тщательно осмотрено с целью проверки наличия маркировки изготовителя, номера, комплектности, отсутствия механических повреждений, состояния изоляционных поверхностей (для изолирующих средств защиты). При несоответствии средства защиты требованиям настоящей Инструкции испытания не проводят до устранения выявленных недостатков.

Электрические испытания следует проводить переменным током промышленной частоты, как правило, при температуре плюс $(25 \pm 15)^\circ\text{C}$.

Электрические испытания изолирующих штанг, указателей напряжения, указателей напряжения для проверки совпадения фаз, изолирующих и электроизмерительных клещей следует начинать с проверки электрической прочности изоляции.

Скорость подъема напряжения до $1/3$ испытательного может быть произвольной (напряжение, равное указанному, может быть приложено толчком), дальнейшее повышение напряжения должно быть плавным и быстрым, но позволяющим при напряжении более $3/4$ испытательного считывать показания измерительного прибора. После достижения нормированного значения и выдержки при этом значении в течение нормированного времени напряжение должно быть плавно и быстро снижено до нуля или до значения не выше $1/3$ испытательного напряжения, после чего напряжение отключается.

Испытательное напряжение прикладывается к изолирующей части средства защиты. При отсутствии соответствующего источника напряжения для испытания целиком изолирующих штанг, изолирующих частей указателей напряжения и указателей напряжения для проверки совпадения фаз и т.п. допускается испытание их по частям. При этом изолирующая часть делится на участки, к которым прикладывается часть нормированного полного испытательного напряжения, пропорциональная длине участка и увеличенная на 20 %.

Основные изолирующие электрозащитные средства, предназначенные для электроустановок напряжением выше 1 до 35 кВ включительно, испытываются напряжением, равным 3-кратному линейному, но не ниже 40 кВ, а предназначенные для электроустановок напряжением 110 кВ и выше - равным 3-кратному фазному.

Длительность приложения полного испытательного напряжения, как правило, составляет 1 мин. для изолирующих средств защиты до 1000 В и для изоляции из эластичных материалов и фарфора и 5 мин. - для изоляции из слоистых диэлектриков.

Токи, протекающие через изоляцию изделий, нормируются для электрозащитных средств из резины и эластичных полимерных материалов и изолирующих устройств для работ под напряжением. Нормируются также рабочие токи, протекающие через указатели напряжения до 1000 В.

Пробой, перекрытие и разряды по поверхности определяются по отключению испытательной установки в процессе испытаний, по показаниям измерительных приборов и визуально.

Электрозащитные средства из твердых материалов сразу после испытания следует проверить ощупыванием на отсутствие местных нагревов из-за диэлектрических потерь.

При возникновении пробоя, перекрытия или разрядов по поверхности, увеличении тока через изделие выше нормированного значения, наличии местных нагревов средство защиты бракуется.

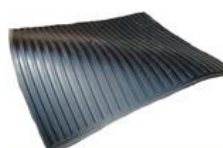
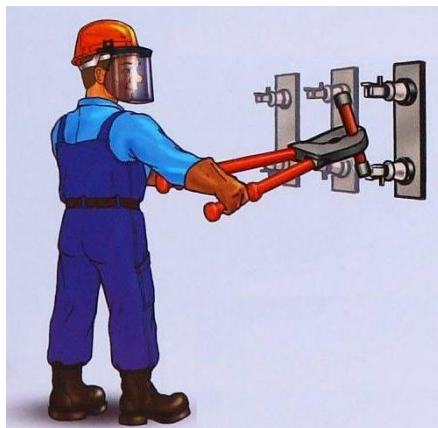
Группа _____

ФИО студента _____

Цель работы: изучить порядок хранения средств защиты, а также учет и контроль их состояния.

Что такое средства защиты и зачем их используют (своими словами) (max 0,5 балла)			
Как, кем и в какой период проверяется наличие и состояние средств защиты (max 0,5 балла)			
Заполнить таблицу «Нормы и сроки эксплуатационных механических испытаний средств защиты» (max 0,5 балла)	Наименование средства защиты	Испытание статической нагрузкой	Периодичность испытаний
	Специальные полимерные изоляторы		
	Гибкие изоляторы		
	Изолирующие канаты		
	Гибкая изолирующая лестница: - тетива - ступенька		
	Жесткая изолирующая лестница: - тетива - ступенька - лестница под углом 45°		
	Предохранительные пояса и страховочные канаты		
	Изолирующие вставки телескопических вышек		
	Приставные изолирующие лестницы и стремянки: - тетива - ступенька		
Записать что относится к электрозащитным средствам относятся (max 0,5 балл)			

Подписать
название средств
защиты
(max 0,5 балла)



Записать какие средства защиты являются дополнительными, а какие основными и от чего это зависит (max 0,5 балла)				
Заполнить таблицу «Нормы и сроки эксплуатационных электрических испытаний средств защиты» (max 0,5 балла)	Наименование средства защиты	Напряжение электроустановки	Продолжительность испытания, мин.	Периодичность испытаний

Оценка: _____

Дата проверки: _____

Подпись преподавателя: _____

Литература

Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные печатные и/или электронные издания

1. Котеленец Н.Ф. Техническая эксплуатация, диагностика и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учебное издание / Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. - Москва: Академия, 2023. - 320 с. (Специальности среднего профессионального образования). - URL: <https://academia-moscow.ru> - Режим доступа: Электронная библиотека «Academiamoscow». - Текст: электронный
2. Полищук В.И. Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования: уч.пособ. - М.: НИЦ-ИНФРА-М, 2022. - 190 с. <https://znanium.com/>

3. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок :уч.пос.- М.:Издательство Форум, 2022.- 367с. <https://znanium.com/>

4. Сайты: [www. Smart – home. Spb.ru](http://www.smart-home.spb.ru); [www. eleczon.ru](http://www.eleczon.ru); [www. ekb.pulscen.ru](http://www.ekb.pulscen.ru); [www. elektrotehnik.ru](http://www.elektrotehnik.ru); www.semi.com.tw; www.chat.ru/~vare.ru; www.rizne.by.ru.

Дополнительные источники:

Учебники:

1. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования, М. изд.центр «Академия», 2017
2. Александровская А.Н. Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования М.: Изд.центр «Академия», 2016
3. Макаров В.А. «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования станций и подстанций», М. изд.центр «Академия», 2015
4. Нестеренко Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей, М. изд.центр «Академия», 2014
5. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Учебник. Книга 1 – М.: Академия, 2012
6. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Учебник. Книга 2 – М.: Академия, 2014.