


БПОУ ВО «ГРЯЗОВЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

РАСМОТРЕНО

Цикловой комиссии
Протокол № 1
От «31» августа 2018г.
Председатель ЦК
_____  Н. Н. Абанина

СОГЛАСОВАНО

Зам. директора по ОМР
_____  Е.А. Ткаченко
«31» августа 2018г.

**Методические рекомендации по организации к выполнению
практических (лабораторных) работ студентов**

**ПМ.03 Устранение и предупреждение аварий и неполадок
электрооборудования**

Профессия 13.01.10 Электромонтёр по ремонту и обслуживанию
электрооборудования (по отраслям)

2018 г.

Практическая работа (6 часов)

Тема: Составление технологических карт по техническому обслуживанию осветительных электроустановок

Цель: Научиться правильности составления технологической карты на техническое обслуживание осветительных электроустановок.

Материальное обеспечение: Информационный и презентационный материал, рабочие тетради.

Общие теоретические положения:

Правильная эксплуатация установок естественного и искусственного освещения играет важную роль для создания высокого уровня освещенности в помещениях и экономии электроэнергии, расходуемой на искусственное электрическое освещение.

Эксплуатация осветительных установок включает в себя:

- 1) регулярную очистку остекления помещений и светильников от загрязнения;
- 2) своевременную замену перегоревших ламп и контроль за постоянством напряжения в осветительной сети;
- 3) реализацию мероприятий, способствующих относительно меньшему загрязнению остекления, как, например, покрытие стекол специальными прозрачными пленками, легко удаляемыми при очистке, и др.;
- 4) повышение общего уровня культуры эксплуатации здания, обеспечивающей в помещениях необходимую чистоту воздуха и отсутствие выброса в атмосферу пыли, дыма, копоти и т. д., а также регулярную уборку помещений, окраску или побелку стен и потолка.

Правильная организация эксплуатации осветительной установки и добросовестный повседневный уход за ней обеспечивают сохранение ее работоспособности и соответствие действующим правилам и нормам. При разработке проекта осветительной установки предусматривается решение вопросов, связанных с обслуживанием светильников и доступом к элементам электрической сети.

При высоте подвеса светильников более 4,5 м (предельная высота для обслуживания со стремянки) для доступа к элементам осветительной установки возможно использование ряда способов. Например, обслуживание с мостовых монтажных, ремонтных и технологических кранов или кран-балок, оборудованных специальными огражденными площадками.

При значительном количестве светильников и размещении их рядами целесообразно устройство специальных светотехнических мостиков, которые располагаются выше кранов и позволяют вести работы по обслуживанию электрооборудования независимо от режима работы кранов и в любое время суток.

При групповом размещении светильников и для обслуживания одиночных светильников может быть предусмотрено устройство огражденных светотехнических площадок или установка специальных скоб с закрывающимися дугами.

При наличии технического этажа возможна организация обслуживания светильников с него, а в некоторых случаях предусматривается опускание светильников вниз для обслуживания их с пола. Находит также широкое применение обслуживание светильников с помощью передвижных телескопических вышек и выдвижных лестниц различной конструкции.

Независимо от типа применяемых источников света, для любой осветительной установки имеются общие требования к эксплуатационному персоналу и к организации эксплуатации. Эти требования можно сформулировать следующим образом.

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, осаждаясь 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. Постепенное загрязнение стен и потолков уменьшает их коэффициент отражения, при этом возрастает поглощение ими светового потока, что приводит также к снижению освещенности рабочих мест.

В связи с этим хорошее состояние осветительной установки обуславливается своевременной и тщательной очисткой элементов осветительного электрооборудования от всех видов загрязнений, регулярной покраской стен и потолков помещений и проведением планово-предупредительных осмотров и текущих ремонтов электрооборудования

Очистка. Очищают корпус и конструкции светильников и осветительных установок от пыли щеткой-щеткой 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 лампу 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

Осмотром и проверкой светильников должны устанавливаться: наличие, целостность и надежность закрепления рассеивателей, защитных стекол, экранирующих решеток, отражателей, надежность электрических контактов, состояние изоляции зарядных проводов, должны устанавливаться и устраняться возникающие неисправности в светильниках с люминесцентными лампами, причиной которых могут быть лампы, стартеры, ПРА, ошибки в схеме и др

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 к работе: Составить технологическую карту обслуживания осветительных установок по аналогии.

№ п-п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления

Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Составить технологическую карту ТО осветительных установок.
4. Составить отчет.

Содержание отчета:

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная технологическая карта.
5. Ответы на вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что включает в себя эксплуатация осветительных установок?
2. Какие приспособления используются для осмотра осветительных установок при высоте подвеса более 4,5 м?
3. Запишите основное правило эксплуатации осветительных установок.
4. Какая документация заполняется при эксплуатации осветительных установок?
5. Какие документы определяют сроки ТО осветительных установок?

Практическая работа (4 часа)

Тема: Составление технологических карт по техническому обслуживанию воздушных линий.

Цель: Научиться правильности составления технологической карты на техническое обслуживание воздушных линий.

Материальное обеспечение: Информационный и презентационный материал, рабочие тетради.

Общие теоретические положения:

Организация эксплуатации воздушных линий.

Эксплуатация воздушных линий электропередачи напряжением 0,38 - 20 кВ заключается в поддержании их в работоспособном состоянии путем осуществления технического обслуживания и ремонта.

Техническое обслуживание ВЛ состоит из комплекса мероприятий, направленных на предотвращение преждевременного износа элементов и (или) их разрушения. Качественное и своевременное техническое обслуживание является основным условием, обеспечивающим надежную работу ВЛ в межремонтный период.

Ремонт ВЛ заключается в проведении комплекса мероприятий для восстановления первоначальных характеристик ВЛ или отдельных ее элементов. При техническом обслуживании и ремонте производится плановое устранение дефектов ВЛ. Дефекты или повреждения элементов, которые представляют непосредственную угрозу безопасности населения и обслуживающего персонала, возникновения пожара и т.п., должны устраняться незамедлительно. Техническое обслуживание и ремонт, а также другие работы, непосредственно связанные с эксплуатацией ВЛ, следует выполнять с использованием транспортных средств, специальных машин, механизмов и приспособлений.

Машины, механизмы и приспособления рекомендуется размещать на ремонтно-производственных базах (РПБ) или ремонтно-эксплуатационных участках (пунктах) предприятий и районов электрических сетей.

При этом машины, механизмы и различного рода приспособления, постоянно используемые для централизованного обслуживания ВЛ, целесообразно закреплять за бригадами.

Ответственность за нормальную эксплуатацию средств механизации возлагается на производственное подразделение, за которым эти средства закреплены. Ответственность за состояние такелажных приспособлений, инструмента и другого оборудования, их своевременные ремонт и испытания возлагается на руководителей (мастеров) производственных подразделений, за которыми это оборудование закреплено.

Результаты осмотров и испытаний механизмов, такелажных приспособлений и другого оборудования следует заносить в журналы учета. Хранение и пользование инструментом и приспособлениями должны производиться с соблюдением требований действующих Правил безопасности

при работе с инструментом и приспособлениями, Правил применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках, технических требований к ним.

Хранение неисправного или непригодного для работы инструмента и приспособлений вместе с исправным и пригодным не допускается.

В помещении, предназначенном для хранения инструмента, приспособлений, инвентаря, необходимого для эксплуатации ВЛ, следует иметь список хранящихся механизмов, инструмента и приспособлений с указанием срока их очередных испытаний или осмотра.

Предприятию, осуществляющему эксплуатацию ВЛ, разрешается выполнять в охранных зонах все виды работ по техническому обслуживанию, ремонту или реконструкции ВЛ.

Плановые работы по ремонту и реконструкции ВЛ, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, должны производиться по согласованию с землепользователем и, как правило, в период, исключая повреждение сельскохозяйственных культур.

Работы по предотвращению нарушений в работе ВЛ и ликвидации последствий таких нарушений могут производиться в любое время года без согласования с землепользователями, но с уведомлением их о проводимых работах и последующим оформлением соответствующих документов.

Порядок эксплуатации ВЛ, находящихся на балансе ПЭС и проходящих по территории предприятий и организаций, в полосе отвода железных и автомобильных дорог, вблизи аэродромов, в охранных зонах трубопроводов и линий связи, следует согласовывать с соответствующими предприятиями и организациями.

Персоналу ПЭС предоставляется право беспрепятственного доступа к ВЛ для проведения всех видов работ.

При техническом обслуживании и ремонте ВЛ следует применять комплексные методы, обеспечивающие выполнение всех видов работ на данной ВЛ в полном объеме за возможно короткий срок.

Техническое обслуживание и ремонт ВЛ, выполняемые комплексным методом (работы группируются в комплексы по номенклатуре и периодичности), рекомендуется осуществлять бригадами централизованного обслуживания, оснащенными необходимыми специализированными машинами, средствами механизации, инвентарем, защитными средствами, средствами связи. За бригадами закрепляются производственные и бытовые помещения: кладовые, склады, мастерские, гаражи для автотранспорта и механизмов, раздевалки и душевые. Бригады обеспечиваются необходимой нормативно-технической документацией и производственными инструкциями.

При комплексном проведении работ ремонтный персонал и средства механизации рекомендуется сосредотачивать на ремонтируемом объекте, что позволит сократить длительность отключения объекта, улучшить использование трудовых и материальных ресурсов.

В ряде случаев из-за рассредоточенности объектов ремонта и различной периодичности выполнения работ целесообразно проведение однотипных работ

специализированными бригадами на одной или нескольких ВЛ (например, расчистка трасс, замена приставок и т.д.).

Безопасность при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту должна обеспечиваться путем выполнения организационно-технических мероприятий, предусмотренных действующими Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок, нормативными документами и технологическими картами. Комплексный ремонт объектов должен выполняться по проектам производства работ.

Персонал, выполняющий ремонтные работы под напряжением, должен пройти соответствующее обучение.

Выбор объемов и методов ремонта и технического обслуживания ВЛ должен осуществляться инженерно-техническим персоналом предприятия электрических сетей или РЭС на основании технико-экономического обоснования с учетом местных условий.

Планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ, оформление технической документации.

Для обеспечения планирования работ РЭС по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ распределительных сетей напряжением 0,38 - 20 кВ рекомендуется составлять:

1. Многолетний план-график ремонтов объектов распределительной сети.
2. Годовой план-график технического обслуживания и ремонта ВЛ.
3. Месячный план-график отключений ВЛ.
4. Годовой план материально-технического снабжения.

Многолетние планы-графики ремонтов рекомендуется составлять по каждому РЭС; они являются продолжением предыдущих планов-графиков и находятся на участке, в РЭС и в ПТС предприятия для руководства в работе. Работы по техническому обслуживанию и ремонту ВЛ 0,38 - 20 кВ следует осуществлять по годовому плану-графику и годовому плану.

Годовой план-график должен составляться в соответствии с периодичностью работ, указанной в ПТЭ, и ведомостями ремонтных работ, составленными на основании журналов дефектов, данных осмотров, проверок и измерений.

Ведомости ремонтных работ являются основанием для составления смет и спецификаций на материалы и оборудование.

Планируемые объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту должны быть проверены на соответствие имеющимся трудовым и материальным ресурсам. При этом рекомендуется предусматривать резерв времени на выполнение аварийно-восстановительных и других непредвиденных работ, необходимость проведения которых возникает в процессе эксплуатации.

После анализа расчетов, уточнения объемов работ и согласования с соответствующими службами ПЭС годовой план-график по РЭС должен утверждаться главным инженером ПЭС.

Срок утверждения смет и годовых планов-графиков устанавливается приказом главного инженера АОЭиЭ или ПЭС.

Месячный план-график отключений рекомендуется составлять на основании годового плана и должен обеспечивать минимальный недоотпуск электроэнергии при плановых отключениях, сохранность сельскохозяйственных угодий, учитывать сезонный характер отдельных видов работ на ВЛ.

Перед началом месяца мастеру участка следует произвести расчет рабочего времени бригады на месяц и на основании годового плана, перечней работ и утвержденных смет выдать бригаде задание.

Месячные задания бригадам (участкам) должны утверждаться начальником РЭС.

В случае, если в комплексном ремонте объекта должны принимать участие службы предприятия (РЗА, СМиТ и т.п.), месячный план-отчет по участку должен быть согласован с этими службами и утвержден главным инженером ПЭС.

Ежемесячно согласно утвержденному порядку руководству ПЭС следует производить сдачу-приемку месячных планов-отчетов РЭС.

С целью сокращения трудозатрат и улучшения качества планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту рекомендуется осуществлять на персональных компьютерах с автоматизацией рабочих мест ИТР РЭС и ПТС предприятия.

Все изменения на ВЛ, выполненные в процессе эксплуатации, должны быть внесены в инструкции, схемы и чертежи до ввода ВЛ в работу. Информация об изменениях должна доводиться до сведения всех работников (с записью в журнале распоряжений), для которых обязательно знание этих инструкций, схем и чертежей.

Технологические схемы (чертежи) должны проверяться на их соответствие фактическим эксплуатационным не реже 1 раза в 2 года с отметкой на них о проверке.

Техническое обслуживание воздушных линий.

Техническое обслуживание ВЛ осуществляется, как правило, за счет средств, выделяемых на эти работы. Работы по определению объемов ремонта, в том числе измерения испытания, проверки, осмотры осуществляются за счет средств, выделяемых на ремонт.

Выполнение работ по техническому обслуживанию осуществляется, как правило, электромонтерами РЭС.

Инженерно-технический персонал проводит выборочные осмотры отдельных линий (участков линий), включая все линии (участки), подлежащие ремонту в следующем году.

Перечни основных работ по техническому обслуживанию ВЛ 0,38 - 20 кВ приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Перечень работ, выполняемых при техническом обслуживании ВЛ.

Наименование работы	Периодичность	Примечание
Осмотры ВЛ		
Периодический осмотр	По графику, утвержденному главным инженером	
Осмотр по всей длине ВЛ электромонтерами	Не реже 1 раза в год	Заполняется листок осмотра
Выборочный осмотр отдельных участков ИТР	Не реже 1 раза в год	Заполняется листок осмотра
Верховой осмотр	По мере необходимости	
Осмотр, в том числе верховой, ВЛ, включенной в план ремонта на следующий год ИТР	В течении года, предшествующего ремонту	Совмещается с отключением ВЛ и проверкой степени затягивания верхних деталей опор, закрепления крюков, проводов. На основании осмотров составляются сметы и спецификации.
Осмотр ВЛ после капитального ремонта	По окончании ремонта ИТР	Составляется акт приемки
Внеочередной осмотр после стихийного бедствия или после воздействия сверхрасчетных механических нагрузок		Заполняется листок осмотра
Внеочередной осмотр после автоматического отключения ВЛ релейной защитой, в том числе после неуспешного повторного включения.		Заполняется листок осмотра
Внеочередной осмотр после успешного повторного включения.	На следующий день после включения.	
Проверки опор и их элементов		
Проверка степени загнивания опор	Перед подъемом на опору через 3-6 лет после ввода в эксплуатацию. Не реже 1 раза в 3 года.	Заполняется ведомость контроля

Проверка состояния железобетонных опор, элементов железобетонных приставок	Перед подъемом на опору, в процессе осмотра, при замене деталей. Не реже 1 раза в 6 лет	Заполняется ведомость контроля
Измерение сопротивления заземляющих устройств всех типов	После монтажа, переустройства заземляющих устройств не реже 1 раза в 6 лет.	
Измерение сопротивления заземляющих устройств у опор с разъединителями, защитными промежутками, трубчатыми и вентильными разрядниками и у опор с повторным заземлением нулевого провода.	При плановом ремонте.	
Выборочная проверка железобетонных опор в населенной местности на участках с сильноагрессивной средой или плохо проводящими грунтами	Не реже 1 раза в 12 лет. При плановом ремонте.	
Выборочная проверка состояния заземляющего устройства со вскрытием грунта.	При приемке в эксплуатацию.	
Измерение сопротивления петли «фаза-нуль»	При подключении новых потребителей. При выполнении работ, вызывающих изменение сопротивления. При возрастании нагрузки, требующей замены плавкой вставки предохранителя или установки автоматического	

	выключателя.	
Проверки проводов и арматуры		
Проверка состояния проводов и соединения проводов	При осмотрах, после установки новых соединителей. При капитальном ремонте	Оформляется в паспорте ВЛ
Проверка габаритов проводов, расстояний приближения, в том числе в местах пересечений.	В процессе осмотра	Заполняется ведомость
Проверка расстояний приближений проводов ВЛ к проводам других ВЛ или проводам ПВ при совместной подвеске на общих опорах.	В процессе осмотра	Оформляется в паспорте ВЛ
Проверка габаритов проводов до поросли.	По мере необходимости.	Оформляется в паспорте ВЛ
Проверка состояния проводов в местах возможного соприкосновения с деревьями, отдельными сучьями	В процессе осмотра	
Проверка отсутствия повреждений зажимов и арматуры для соединения проводов с оборудованием и подземным кабелем	В процессе осмотра	
Проверка разрядников и отдельных промежутков.	1 раз в 3 года снимаются с опоры для проверки.	Составляется ведомость
Проверка состояния защиты ВЛ от перенапряжений.	Ежегодно перед началом грозового сезона	Составляется ведомость

Таблица 2. Отдельные работы, выполняемые по мере необходимости.

Наименование работы	Примечание
Вырубка отдельных деревьев, обрезка сучьев, угрожающих повреждению провода.	Оформляется в паспорте ВЛ

Замена дефектных элементов опор	Оформляется в паспорте ВЛ
Выправка отдельных опор	Оформляется в паспорте ВЛ
Уплотнение грунта в пазухах котлованов опор	Оформляется в паспорте ВЛ
Перетяжка проводов	Оформляется в паспорте ВЛ
Удаление набросов на проводах ВЛ	Оформляется в паспорте ВЛ
Замена оборванных заземляющих проводников	Оформляется в паспорте ВЛ
Перетяжка проволочных бандажей крепления деревянных стоек к приставкам.	Оформляется в паспорте ВЛ
Восстановление знаков и плакатов на отдельных опорах, восстановление нумерации.	Оформляется в паспорте ВЛ
Замена разрядников	Оформляется в паспорте ВЛ
Выполнение мероприятий, связанных с охраной ВЛ. Допуск к работам сторонних организаций и надзор за работами, проводимыми вблизи ВЛ.	Оформляется в паспорте ВЛ
Технический надзор при строительстве и реконструкции ВЛ, выполняемых подрядными организациями. Работы. Связанные с проверкой объектов при приемке их на баланс и в эксплуатацию	Оформляется в паспорте ВЛ
Наблюдение за образованием гололёда.	Оформляется в паспорте ВЛ

Осмотры ВЛ

Периодические осмотры следует проводить в дневное время электромонтерами и инженерно-техническим персоналом в соответствии с годовым планом-графиком технического обслуживания путем обходов или объездов.

Осмотр производится с целью визуальной проверки состояния ВЛ. Результаты осмотра регистрируются в листке осмотра.

Осмотр ВЛ, включенных в план ремонтов на будущий год, следует проводить на основании перечня дефектов в целях уточнения объемов ремонта на основании инструментальных проверок загнивания древесины деревянных опор состояния железобетонных опор, сопротивления заземления опор сопротивления петли "фаза-нуль", расстояний от проводов до земли и зданий и сооружений, крон деревьев, кустарников По результатам осмотров составляются ведомости ремонтных работ, рассчитываются объемы трудозатрат, составляются сметы и спецификации.

Верховой осмотр ВЛ следует проводить в целях тщательного осмотра траверс, крюков, кронштейнов, штырей, проволочных и других типов вязок,

изоляторов, проводов и креплений узлов и элементов. Результаты осмотра регистрируются в листке осмотра.

Осмотр ВЛ после стихийного явления производится в целях выявления дефектов и повреждений, вызванных стихийным явлением (сверхрасчетный гололед, ледоход и разливы рек на участках ВЛ, сооруженных в поймах рек, ливни, ураганы, оползни, обвалы, пожары вблизи ВЛ и т.п.). Осмотр могут производить электромонтеры и инженерно-технические работники. Результаты осмотра регистрируются в листке осмотра.

Осмотр после автоматического отключения ВЛ релейной защитой производится по решению руководства РЭС на основании записей в оперативном журнале за предыдущие сутки и анализа отключений за предыдущие месяцы. При осмотре необходимо обратить внимание на наличие дефектов, приводящих к самоустраняющимся автоматическим отключениям ВЛ. Результаты осмотра регистрируются в листке осмотра.

Записи о неисправностях, требующих немедленного устранения, из листков осмотра вносятся мастером в журнал дефектов, а выполненные работы заносятся в журнал учета. Главным инженером РЭС устанавливается срок и способ устранения неисправностей и назначается ответственный за выполнение. После устранения отмечается его дата.

Проверки и измерения

Просека ВЛ должна содержаться в безопасном в пожарном отношении состоянии. Следует поддерживать установленную ширину просек и производить обрезку деревьев и расчистку от кустарников.

Работы на просеках ВЛ, проходящих по землям государственного лесного фонда, должны производиться в соответствии с требованиями Лесного кодекса РФ.

Отдельные деревья, растущие вне просеки и угрожающие падением на провода или опоры ВЛ, должны быть вырублены с последующим уведомлением об этом организации, в ведении которой находятся насаждения, и оформлением лесорубочных билетов (ордеров).

Проверки на ВЛ осуществляются с периодичностью, приведенной в таблице 1.

Проверка степени загнивания (или обгорания) деревянных элементов опор с помощью специальных инструментов и приспособлений производится с целью выявления степени загнивания древесины или обгорания стойки.

Проверка сопротивления заземления опор должна производиться в сухую погоду в период наибольшего просыхания грунта.

Полученные значения сопротивлений сравниваются с нормативным и в случае превышения производится соответствующая запись в ведомости проверок и измерений.

При проверке расстояний от проводов ВЛ и ответвлений до поверхности земли, зданий или сооружений, инженерных коммуникаций, крон деревьев, кустарников полученные значения сравниваются с допустимым значением по ПУЭ. Результаты проверок заносятся в ведомости измерений расстояний.

Выявленные нарушения по допустимым расстояниям должны быть устранены в кратчайшие сроки.

При проверке состояния железобетонных элементов опор выявляются: оголение арматуры, растрескивание бетона, раковины, сколы. При наличии приборов и методик неразрушающего контроля рекомендуется измерять прочность бетона (а при необходимости защитный слой бетона, степень напряжения арматуры в предварительно напряженных элементах). Результаты заносятся в ведомость проверок и измерений железобетонных опор (железобетонных элементов опор).

Проверка сопротивления петли "фаза-нуль" производится в целях выявления превышения фактического значения сопротивления петли по сравнению с нормативным, результаты проверки заносятся в ведомость и паспорт ВЛ. Работы по устранению дефекта следует выполнять незамедлительно.

Периодические осмотры *ВЛ выше 1000 В* электромонтеры проводят не реже одного раза в 6 мес, а инженерно-технические работники — не реже одного раза в год. При этом могут быть обнаружены следующие неисправности: набросы проволок на провода, обрывы или перегорания отдельных жил, нарушение регулировки проводов и изменение их стрел провеса; повреждения и загрязненность изоляторов; перекрытия и отклонения поддерживающих гирлянд изоляторов; неудовлетворительное крепление разрядников, загрязнение, повреждение лаковой поверхности и отсутствие указателей срабатывания; трещины и оседания фундаментов и опор; повреждения и ослабления оттяжек опор, а также гнивание, обгорание и расщепление их деталей; нарушения в охранной зоне ВЛ (складирование материалов, проезд негабаритных механизмов, наличие деревьев на краю просек).

При осмотрах воздушных линий выше 1000 В проверяют: состояние опор, на металлических опорах — наличие всех креплений; целостность бандажей и заземляющих спусков на деревянных опорах; состояние разрядников, аппаратуры и кабельных муфт; наличие и состояние предостерегающих плакатов, развешиваемых на опорах.

Трасса воздушной линии должна быть чистой, т. е. ей не должны угрожать при падении деревья, строения или другие посторонние предметы. Необходим постоянный контроль за охранной зоной, чтобы в ней без согласования не проводились строительные работы. Все выявленные дефекты отмечают в листке обхода (донесении), а дефекты, которые могут вызвать аварию, срочно устраняют.

Внеочередные осмотры ВЛ проводят при появлении гололеда, во время ледохода и разлива рек, при лесных и степных пожарах и в других экстремальных ситуациях, после автоматического отключения ВЛ даже при ее успешном повторном включении, а верховые осмотры с выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках — по графикам, но не реже одного раза в 6 лет.

Эксплуатация *ВЛ напряжением до 1000 В* заключается в периодических осмотрах, проверках и измерениях отдельных элементов линии. Эти работы

выполняют в следующие сроки: осмотры электромонтером — один раз в месяц; проверка наличия трещин на железобетонных опорах и выборочное вскрытие грунта в зоне переменной влажности — один раз в 6 лет, начиная с четвертого года эксплуатации; определение степени загнивания деталей деревянных опор — один раз в 3 года; измерение стрел провеса и габаритных расстояний ВЛ — во всех случаях, когда возникают сомнения при осмотрах; измерение сопротивления заземления — один раз в первый год эксплуатации и один раз в 3 года в дальнейшем; проверка и перетяжка всех креплений — ежегодно в первые 2 года эксплуатации и по мере надобности в дальнейшем.

Внеочередные осмотры ВЛ проводят при наступлении гололеда, тумана, ледохода и разлива рек, после каждого автоматического отключения, а ночные осмотры без отключения напряжения — не реже одного раза в год с целью выявления перегреваемых токопроводящих частей, возможного искрения в местах слабых контактов.

На линиях уличного освещения и общего пользования ежегодно в период максимальных нагрузок измеряют напряжения в начале и конце линии, а также на основных ответвлениях к потребителям. Ток по фазам измеряют 2 раза в год, а также после каждого изменения схемы для определения асимметрии нагрузок.

При обнаружении на проводе обрыва нескольких проволок (общим сечением до 17% сечения провода) это место перекрывают ремонтной муфтой или банджом. Такую муфту на сталеалюминиевом проводе устанавливают при обрыве до 34% алюминиевых проволок. Если оборвано большее количество жил, провод разрезают и соединяют с помощью соединительного зажима. Стрелы провеса проводов не должны отличаться от проектных данных более чем на +5%.

Поврежденные изоляторы обнаруживают как при осмотрах, так и при ревизиях и контроле электрической прочности подвесных изоляторов, проводимом один раз в 6 лет. Изолятор считается дефектным, если его напряжение меньше 50% напряжения исправного.

Изоляторы могут иметь пробой, ожоги глазури, оплавление металлических частей и даже разрушение фарфора, что является следствием их пробоя электрической дугой, а также ухудшения электрических характеристик в результате старения при эксплуатации. Часто пробой изоляторов могут быть из-за сильного загрязнения их поверхности и при напряжениях, превышающих рабочее.

Контроль загнивания деталей деревянных опор осуществляют не реже одного раза в 3 года и перед каждым подъемом на опору. Степень загнивания измеряют специальным щупом на глубине 0,3—0,5 м от уровня земли. Опора считается непригодной для дальнейшей эксплуатации, если глубина ее загнивания по радиусу более 3 см при диаметре 25 см и более.

Перед началом грозового сезона проверяют размеры внутренних и внешних искровых промежутков между электродами разрядников, длина которых зависит от конструкции последних.. Разрядник должен быть установлен с углом наклона к горизонтали 10—15°, а его открытый конец обращен вниз, в противоположную сторону от опоры.

Металлические опоры и металлические детали железобетонных и деревянных опор необходимо периодически покрывать устойчивыми против атмосферных воздействий красителями, а подножки — битумом.

Задание к работе: Составить технологическую карту технического обслуживания ВЛ по аналогии. (Для выбора инструментов и приспособлений пользоваться справочником)

№ п-п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления

Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Составить технологическую карту основных работ ТО ВЛ.
4. Составить отчет.

Содержание отчета:

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная технологическая карта.
5. Ответы на вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие операции производятся при техническом обслуживании ВЛ?
2. В какое время года можно производить техническое обслуживание ВЛ?
3. С кем согласовывается график проведения технического обслуживания ВЛ?
4. Какие документы составляются для проведения технического обслуживания ВЛ?
5. На основании каких документов устанавливаются сроки проведения технического обслуживания ВЛ?

Практическая работа (4 часа)

Тема: Составление технологических карт по техническому обслуживанию кабельных линий.

Цель: Научиться правильности составления технологической карты на техническое обслуживание кабельных линий.

Материальное обеспечение: информационный материал, рабочие тетради.

Общие теоретические положения:

При техническом обслуживании кабельных линий (КЛ) периодически проводят их осмотры с целью визуального обнаружения неисправностей и дефектов.

КЛ на напряжение до 35 кВ, проложенные открыто, должны осматриваться не реже 1 раза в 6 месяцев; проложенные в земле - не реже 1 раза в 3 месяца. Не реже 1 раза в 6 месяцев выборочные осмотры КЛ должны проводиться административно-техническим персоналом.

Внеочередные осмотры КЛ должны проводиться в период паводков и после ливневых дождей, когда возможны сдвиги почвы и попадание грунтовых вод в подземные кабельные сооружения, а также после отключения КЛ релейной защитой.

Эксплуатационный персонал должен постоянно следить за техническим состоянием кабелей и трасс кабельных линий. Надежность кабельных линий при эксплуатации обеспечивается выполнением мероприятий, в которые входят контроль за температурой нагрева кабеля, осмотры, ремонты, профилактические испытания.

Для продолжительности срока службы кабельной линии необходимо следить за температурой жил кабеля, так как перегрев изоляции ускоряет его старение. Максимально допустимая температура токопроводящих жил кабеля определяется его конструкцией. Так, для кабелей напряжением 10 кВ с бумажной изоляцией и вязкой нестекающей пропиткой допускается температура не более 60° С; для кабелей 0,66 – 6 кВ с резиновой изоляцией и вязкой нестекающей пропиткой — 65° С; для кабелей до 6 кВ с пластмассовой (из полиэтилена, самозатухающего полиэтилена и поливинилхлоридного пластиката) изоляцией – 70° С; для кабелей 6 кВ с бумажной изоляцией и обедненной пропиткой – 75° С, а с пластмассовой (из самозатухающего полиэтилена) или бумажной изоляцией и вязкой или обедненной пропиткой — 80° С.

Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели с изоляцией из пропитанной бумаги, резины и пластмассы выбирают по действующим ГОСТам. Кабельные линии напряжением 6–10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных, могут быть кратковременно перегруженными на значение, которое зависит от вида прокладки. Так, например, кабель, проложенный в земле и имеющий коэффициент предварительной нагрузки 0,6, может быть перегружен

на 35% в течение получаса, на 30% – 1 ч и на 15% – 3 ч, а при коэффициенте предварительной нагрузки 0,8 – на 20% в течение получаса, на 15% – 1 ч и на 10% – 3 ч. Для кабельных линий, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузка снижается на 10%.

Осмотры кабельных линий до 35 кВ проводят в следующие сроки: трассы кабелей, проложенных в земле, по эстакадам, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий — не реже одного раза в 3 мес; концевые муфты на линиях до 1000 В – один раз в год, а выше 1000 В – один раз в 6 мес (кабельные муфты, расположенные в ТП, РУ и подстанциях, осматривают одновременно с другим оборудованием); кабельные колодцы – 2 раза в год; коллекторы, шахты и каналы на подстанциях с постоянным оперативным обслуживанием — не реже одного раза в месяц. Внеочередные обходы осуществляют в периоды паводков и после ливней.

При осмотре кабелей внутри помещений, в туннелях, шахтах, кабельных полуэтажах проверяют: исправность освещения, вентиляции, сигнализации о появлении дыма; наличие средств пожаротушения; состояние несгораемых перегородок и дверей между отсеками и помещениями; температуру воздуха и металлических оболочек кабелей; состояние опорных конструкций, соединительных и концевых муфт, металлических оболочек и антикоррозионных покровов брони; наличие маркировки; отсутствие горючих предметов и материалов.

Большую опасность для целостности кабелей представляют земляные работы, выполняемые на трассах или вблизи них. Поэтому необходимо обеспечить постоянный надзор за кабелями на все время работы.

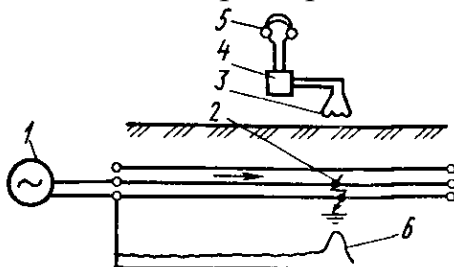


Рис. .1 Схема определения места повреждения кабеля индукционным методом:

1 – генератор звуковой частоты, 2 – место повреждения, 3 – приемная рамка, 4 – усилитель, 5 – телефон, 6 – электромагнитные колебания вдоль кабельной трассы

Места производства земляных работ по степени опасности повреждения кабелей делятся на две зоны: первая – участок земли, расположенный на трассе кабеля или на расстоянии до 1 м от крайнего кабеля напряжением выше 1000 В; вторая – участок земли, расположенный от крайнего кабеля на расстоянии свыше 1 м.

При работе в первой зоне запрещается: применять экскаваторы и другие землеройные машины; использовать ударные механизмы (клин-бабы, шар-бабы и др.) на расстоянии ближе 5 м; применять механизмы для раскопки грунта (отбойные молотки, электромолотки) на глубину выше 0,4 м при нормальной

глубине заложения кабеля (0,7–1 м); выполнять земляные работы в зимнее время без предварительного отогрева грунта; осуществлять работы без надзора представителем организации, эксплуатирующей кабельную линию.

Чтобы своевременно выявить дефекты изоляции кабеля, соединительных и концевых муфт и предупредить внезапный выход его из строя или разрушение токами коротких замыканий, проводят профилактические испытания кабельных линий повышенным напряжением постоянного тока.

При повреждении кабеля прежде всего определяют с помощью мегаомметра 2500 В характер неисправности. Измеряют сопротивление изоляции токопроводящих жил кабеля относительно земли и между собой каждой пары жил и проверяют на отсутствие их обрыва. Зону повреждения обнаруживают несколькими методами, но чаще всего индукционным (для определения мест замыкания между жилами кабеля). По двум замкнутым между собой жилам кабеля (рис. 65) пропускают ток 10 – 20 А звуковой частоты (800 – 1000 Гц) от специального генератора 1. При этом вокруг кабеля до места замыкания возникают электромагнитные колебания, распространяющиеся и над поверхностью земли. Эти колебания улавливают прибором с приемной рамкой 3, усилителем 4 и телефоном 5. Оператор, проходя с этим прибором по трассе, прослушивает звуки наведенных электромагнитных волн. Звук при приближении к месту повреждения сначала усиливается, а затем прекращается на расстоянии от него около 1 м.

Особое внимание уделяют кабелям, проложенным в районах прохождения электрифицированного транспорта. В такой кабельной линии следует измерять не менее 2 раз в течение первого года эксплуатации уровни потенциалов и блуждающих токов. Если уровень приблизился к опасной черте, принимают меры, устраняющие это явление.

Каждая линия должна иметь свой единый диспетчерский номер или наименование для удобства оперативных переключений. Открыто проложенные кабели и все кабельные муфты снабжают бирками с обозначениями марки, сечения, номера или наименования линии. На бирках соединительных муфт указывают номер муфты и дату монтажа.

При осмотрах трасс КЛ, проложенных в земле, проверяется наличие знаков привязки линии к постоянным ориентирам (или пикетов на незастроенной территории), обозначающих трассу. На трассе КЛ не должно быть вспучивания или проседания грунта, не должно производиться каких-либо работ, раскопок, складирования строительных материалов, свалок мусора.

Правилами охраны электрических сетей для КЛ, проложенной в земле, устанавливается охранная зона в размере 1 м с каждой стороны от крайних кабелей. Любые работы в охранной зоне КЛ должны выполняться с разрешения и под наблюдением организации, эксплуатирующей кабель.

В местах выхода кабеля из земли, например на стену здания или опору ВЛ, должна быть защита кабеля от механических повреждений.

Осмотры КЛ, проложенных в кабельных сооружениях (тоннелях, эстакадах и других), должны проводить два человека. В первую очередь

проверяется с помощью газоанализатора отсутствие в кабельных сооружениях газов, состояние освещения и вентиляции.

Проверяется общее состояние кабельных сооружений, наличие средств пожаротушения, отсутствие посторонних предметов. Все металлические конструкции кабельных сооружений должны быть покрыты негорючим антикоррозийным составом.

Кабельные туннели должны быть оборудованы средствами для отвода ливневых и почвенных вод. Эти средства должны находиться в исправном состоянии.

По температуре внутри кабельных сооружений косвенно контролируется тепловой режим кабелей. Температура воздуха внутри сооружений должна превышать температуру наружного воздуха не более чем на 10°C.

На открыто проложенных кабелях должны быть стойкие к воздействию окружающей среды бирки, прикрепляемые в начале и конце кабеля и через 50 м. На этих бирках указываются: марка и сечение кабеля, напряжение, номер или другое условное обозначение линии. На бирках муфт должны быть отмечены номер муфты и дата ее монтажа.

Проверяется состояние антикоррозийного покрова металлических оболочек кабелей, расстояния между кабелями, состояние соединительных и концевых кабельных муфт, отсутствие следов вытекания масла или кабельной мастики.

Все замеченные при осмотрах дефекты и неисправности КЛ заносятся в листок осмотра. Эти дефекты и неисправности в зависимости от их характера устраняются при текущем техническом обслуживании. Повреждения аварийного характера должны быть устранены немедленно.

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию устанавливается допустимая токовая нагрузка. Эта нагрузка определяется по условию, что температура жил кабеля будет не выше длительно допустимой температуры θ ДОП, нормируемой.

Для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией величина θ зависит от номинального напряжения $U_{ном}$ (см. табл. 1).

Таблица 1. Допустимая температура нагрева

$U_{ном}, кВ$	До 3	6	10	20	35
$\theta, ^\circ C$	80	65	60	55	50

Для кабелей: с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида $\theta_{ДОП} = 70^\circ C$; с изоляцией из сшитого полиэтилена $\theta_{ДОП} = 90^\circ C$; с резиновой изоляцией $\theta_{ДОП} = 65^\circ C$.

Перегрев изоляции кабеля выше $\theta_{ДОП}$ заметно ускоряет процесс ее старения и, следовательно, сокращает срок службы кабеля.

Непосредственное измерение температуры жилы кабеля представляет значительные трудности. Поэтому для проверки теплового режима кабель нагружают током и снимаются показания термодатчиков, установленных на стальной броне (оболочке или шланге) кабеля.

Температура жилы кабеля $\theta_{\text{Ж}}$ рассчитывается по формуле $\theta = \theta_{\text{б}} + \Delta\theta$, (1) где $\theta_{\text{б}}$ - температура брони (оболочки или шланга), измеренная при испытании; $\Delta\theta$ - превышение температуры жилы кабеля над температурой брони (оболочки или шланга).

Величина $\Delta\theta$ рассчитывается по эмпирической формуле или определяется по номограммам. Одна из таких номограмм для кабелей с алюминиевыми жилами, находящихся в эксплуатации от 5 до 25 лет. Токовая нагрузка КЛ, при которой $\theta_{\text{Ж}} = \theta_{\text{ДОП}}$, соответствует допустимой длительной нагрузке.

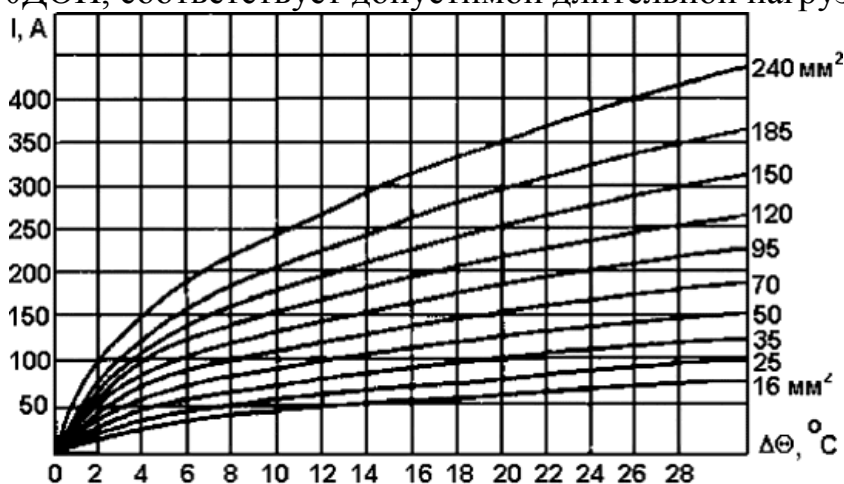


Рис. 2. Разность температур между броней и алюминиевыми жилами кабелей напряжением 10 кВ

В практической эксплуатации действительную токовую нагрузку кабеля I сопоставляют с длительно допустимым током $I_{\text{доп}}$, приводимым в справочной литературе [2]. Длительный режим работы кабеля считается допустимым при выполнении условия: $I < k I_{\text{доп}}$, (.2)

где k - поправочный коэффициент.

Принимаемые по справочным данным поправочные коэффициенты учитывают реальную температуру охлаждающей среды, количество кабелей в земляной траншее, удельное тепловое сопротивление грунта, срок службы кабеля и другие факторы.

При эксплуатации КЛ допускаются кратковременные перегрузки, например, на период ликвидации аварии (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей). Допустимые перегрузки кабелей напряжением до 10 кВ в зависимости от вида изоляции составляют: кабели с бумажной изоляцией - на 30%; изоляцией из полиэтилена и поливинилхлорида - на 15%; резины - на 18%; сшитого полиэтилена - на 25%; для кабелей со всеми видами изоляции, находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%.

Указанные перегрузки допускаются продолжительностью не более 6 часов в сутки в течение 5 суток. Суммарная продолжительность перегрузки в год не должна превышать 100 ч.

Для кабелей напряжением 20-35 кВ с бумажной изоляцией перегрузки не допускаются (Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей).

Контроль нагрузочного режима КЛ осуществляется снятием графиков нагрузки, выполняемым не реже 2 раз в год. Причем один раз контроль осуществляется в период зимнего максимума нагрузки.

Особое внимание при техническом обслуживании КЛ уделяется кабельной изоляции. Одним из средств контроля состояния изоляции является измерение ее сопротивления, выполняемое мегаомметром. Схемы измерения фазной и междуфазной изоляции кабеля показаны на рис. 2. Отсчет величины сопротивления изоляции осуществляется приблизительно через 1 минуту после начала процесса измерения. Сопротивление изоляции кабелей на напряжение до 1 кВ должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции кабелей на напряжение выше 1 кВ не нормируется.

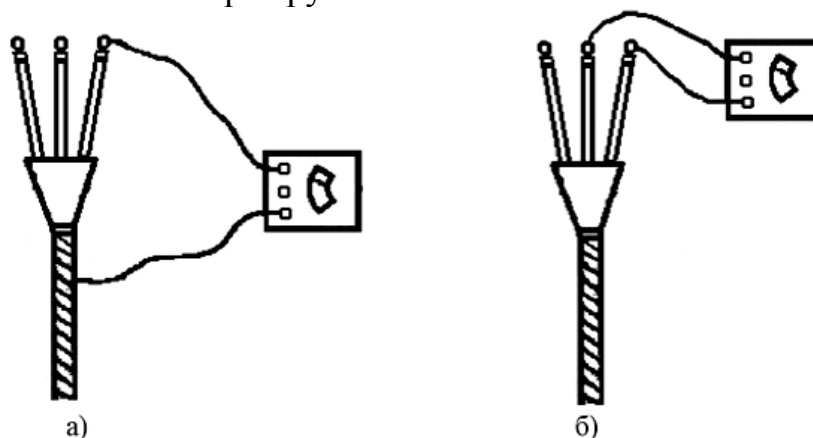


Рис.3. Измерение сопротивления фазной (а) и междуфазной (б) изоляции кабеля

Электрическая прочность изоляции КЛ проверяется испытанием повышенным выпрямленным напряжением. Величина испытательного напряжения $U_{исп}$ и длительность его приложения $t_{в}$ в зависимости от вида кабельной изоляции приведены в табл. 2.

Испытательное напряжение прикладывается поочередно к каждой жиле кабеля, при этом две другие жилы кабеля и его металлическая оболочка (экран) должны быть заземлены. Испытательное напряжение поднимается плавно со скоростью 1... 2 кВ/с до требуемого значения и поддерживается неизменным в течение времени, указанного в табл. 2.

При проведении испытаний повышенным напряжением измеряются токи утечки и их несимметрия по фазам.

Таблица 2. Величины приложенного напряжения.

Уном, Ко	до 1	3	6	10	20	35
Бумажная пропитанная изоляция						
Уисп, КВ / t , МИН	2,5/5	15-25/5	36/5	60/5	100/5	175/ 5
Пластмассовая изоляция и СПЭ-изоляция						
Уисп, КВ / t , МИН	2,5/5	7,5/5	36/5	60/5		

Резиновая изоляция						
Уисп, КВ / t, МИН		6/5	12/5	20/5		

Изоляция кабеля считается удовлетворительной, если не произошло ее пробоя, а токи утечки и коэффициент несимметрии этих токов по фазам не превысили значений, приведенных в табл. 3.

Таблица 3. Точки утечки и коэффициент несимметрии.

U _{ном} , Ко	6	10	20	35
I _{ут} , мА	0,2	0,5	1,5	1,8
I _{ут max} / I _{ут min}	2	3	3	3

У кабелей с пластмассовой защитной оболочкой (шлангом) дополнительным испытаниям повышенным выпрямленным напряжением подвергается защитная оболочка. Испытательное выпрямленное напряжение -10 кВ в течение 1 мин. подается между металлической оболочкой (экраном) и землей. При неуспешных испытаниях отыскивается место повреждения пластмассовой оболочки и выполняется ее ремонт.

На вертикальных участках кабелей напряжением 20...35 кВ с бумажной изоляцией контролируется осушение изоляции. Этот контроль осуществляется с помощью термометров, укрепленных на броне кабеля в верхней, средней и нижней частях вертикального участка. Разность показаний термометров более чем на 2...3°C свидетельствует о сильном осушении изоляции и начавшемся процессе ее пробоя. В этом случае вертикальный участок кабеля должен быть выведен из эксплуатации и заменен. У одножильных кабелей, собранных в трехфазную группу, измеряется токораспределение. Неравномерность распределения токов по фазам должна быть не более 10%.

После отсоединения кабеля от оборудования, профилактических испытаний, монтажа или перемонтажа кабельных муфт должны быть проверены фазировка кабеля и целостность его жил. Сущность фазировки заключается в проверке соответствия фаз А, В и С кабеля фазам А, В и С, например, распределительного устройства, к шинам которого подключается кабель после отсоединения.

Определение целостности жил выполняется мегаомметром. Измерения сопротивления проводят между каждой парой фаз с одного конца кабеля. Жилы кабеля на другом конце замыкаются между собой. При целых жилах кабеля мегаомметр при всех измерениях должен показать нулевое сопротивление.

Задание к работе: Составить технологическую карту технического обслуживания кабельных линий по аналогии. (Для выбора инструментов и приспособлений пользоваться справочником)

№ п-п	Вид работ	Срок проведения	Инструменты и приспособления
-------	-----------	-----------------	------------------------------

Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный материал.
3. Составить технологическую карту основных работ ТО КЛ.
4. Составить отчет.

Содержание отчета:

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная технологическая карта.
5. Ответы на вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие сроки проведения технического обслуживания кабельных линий, проложенных открыто, в земле?
2. Когда проводятся внеочередные осмотры КЛ?
3. Назовите допустимую температуру нагрева для кабелей с различной изоляцией.
4. На что влияет перегрев кабельных линий?
5. Назовите допустимую токовую нагрузку для кабелей с различной изоляцией

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (2 часа)

Контроль состояния реле различных типов.

Цель работы: Освоить методику выполнения работ на испытательных стендах по проверке и наладке тепловых реле (расцепителей), пускателей и автоматических выключателей.

Задания:

1. Снять времятоковую характеристику тепловых реле (расцепителей) и сравнить с типовой характеристикой (по заданию преподавателя)
2. Отрегулировать тепловое реле (расцепитель).
3. Проверить по контрольным точкам результаты регулирования.

Инструменты и приспособления: Монтерский инструмент.

Оборудование: тепловые реле, автоматические выключатели с тепловыми расцепителями, секундомер.

Материалы: Монтажные провода, изолента.

Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
Ознакомиться с принципиальной схемой стенда по техническому паспорту. Изучить по лекционному материалу и методическому обеспечению, литературе, методы регулировки и настройки тепловых реле (расцепителей). Ознакомиться с рабочим местом, выбрать оборудование. Ознакомиться с правилами техники безопасности при работе.	Преподаватель выдает тепловые реле, автоматические выключатели, дает задание для настройки аппаратуры.
Снять времятоковую характеристику теплового реле пускателя и расцепителя автоматического выключателя, сравнить с типовой характеристикой по паспорту.	Подключить реле по стенду, выставить время и включая нагрузку определить время и токосрабатывание.
Отрегулировать тепловое реле (расцепитель) на номинальный ток и испытывать.	Отметить данные исследований, сравнить с градуировкой, нулевое деление должно совпадать с I _н .
Проверить по контрольным точкам результаты регулирования время и ток срабатывания.	Проверить данные испытаний с расчетными.
Убрать рабочее место, выполнить письменный отчет.	

Контрольные вопросы:

1. Каков объем работ по наладке пускозащитной аппаратуры перед вводом в

эксплуатацию?

2. Перечислить основные типы тепловых реле и требования, предъявляемые к ним.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Определение зависимостей, характеризующих стекание тока в землю через защитный заземлитель

Цель работы: выявить зависимости, характеризующие явления при стекании тока в землю через различные виды заземлителей.

1. Теоретическая часть

Стекание тока в землю происходит только через проводник, находящийся с нею в непосредственном контакте. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным.

В последнем случае проводник или группа соединенных между собой проводников, находящихся в контакте с землей, называется *заземлителем*.

Причинами стекания тока в землю является замыкание токоведущей части на заземленный корпус электрического оборудования или падение провода на землю либо использование земли в качестве провода и т. п. Во всех этих случаях происходит резкое снижение потенциала φ_3 , заземлившейся токоведущей части до значения, равного произведению тока, стекающего в землю, I_3 , на сопротивление заземлителя растеканию тока R_3 .

$$\varphi_3 = I_3 R_3 . \quad (1)$$

Это явление используют как меру защиты от поражения током при случайном появлении напряжения на металлических нетоковедущих частях, которые с этой целью заземляют. Однако наряду с понижением потенциала заземлившейся токоведущей части при стекании тока в землю возникают и отрицательные явления, появляется потенциал на заземлителе и находящихся в контакте с ним металлических частях, а также на поверхности грунта вокруг места стекания тока в землю. Возникающие при этом разности потенциалов отдельных точек электрической цепи протекания тока, в том числе точек на поверхности земли, достигают больших значений и представлять опасность для человека.

Значение потенциалов, их разностей и характер изменений, а, следовательно, и обусловленная ими опасность поражения человека током зависят от многих факторов:

- значения тока, стекающего в землю;
- конфигурации, размеров, числа и взаимного расположения электродов;
- удельного сопротивления грунта и др.

Воздействуя на некоторые из этих факторов можно снизить разности потенциалов, действующие на человека, до безопасных значений.

1.1.Заземлитель с полусферическим электродом

Заземлитель с полусферическим электродом – заземлитель со сферическим электродом, заглубленный так, что его центр находится на уровне земли.

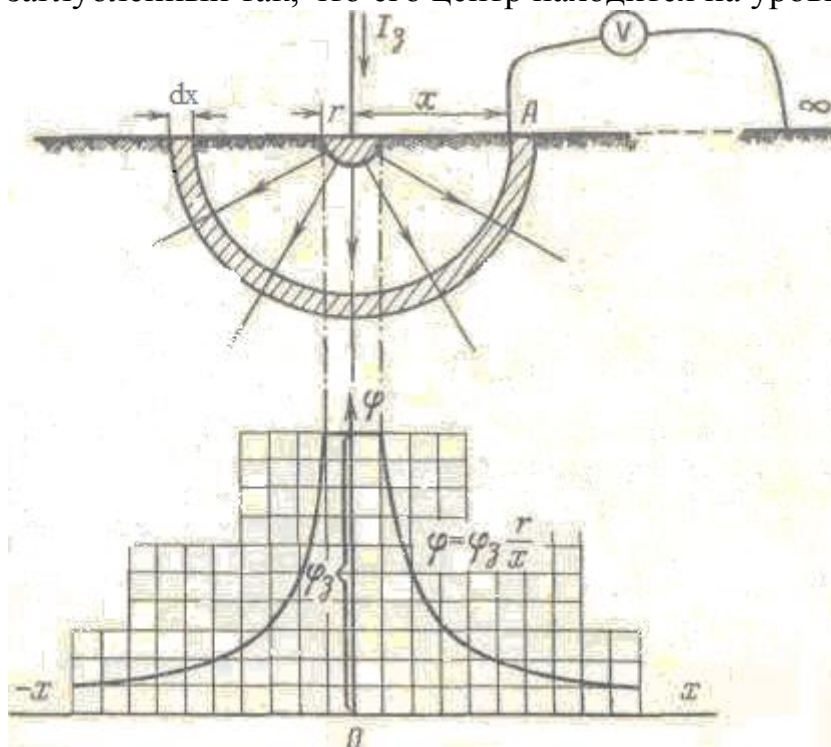


Рис. 1 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с полусферическим электродом

Для такого заземлителя уравнение потенциальной кривой на поверхности земли будет равно

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi x}, \quad (2)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет при x , равном радиусу заземлителя r , т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi r}, \quad (3)$$

Разделив (2) на (3), получим

$$\varphi = \varphi_3 r \frac{I}{x}, \quad (4)$$

1.2.Заземлитель с вертикальным трубчатым электродом

Рассмотрим заземлитель с вертикальным трубчатым электродом длиной l , и диаметром d , погруженный в землю так, чтобы его верхний конец был на уровне земли.

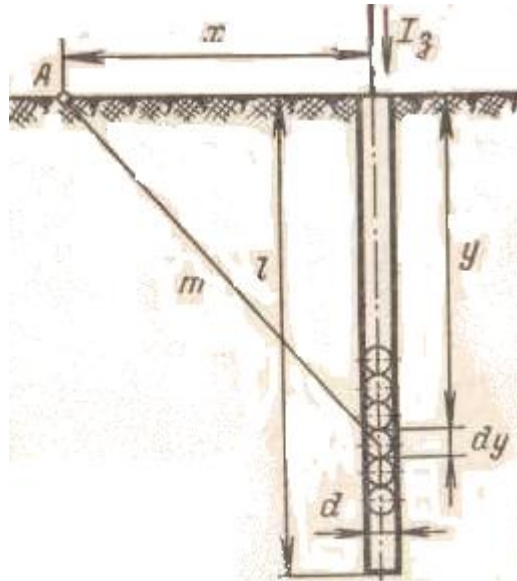


Рис. 2 - Определение уравнения потенциальной кривой заземлителя с вертикальным трубчатым электродом

С заземлителя стекает ток I_3 . Найдем выражение для расчета потенциала точек на поверхности земли и потенциала заземлителя.

Разбиваем заземлитель по длине на бесконечно малые участки каждый длиной dy и диаметром dy .

С каждого такого участка в землю стекает ток, который обуславливает возникновение элементарного потенциала $d\phi$, в некоторой точке земли.

$$dI_3 = \frac{I_3}{l} dy, \quad (4)$$

Рассмотрим точку A на поверхности земли, отстоящую от оси заземлителя на расстоянии x .

Потенциал этой точки будет равен

$$d\phi = \frac{dI_3 \rho}{2\pi} \cdot \frac{1}{m}, \quad (6)$$

Учитывая, что $m = \sqrt{x^2 + y^2}$, и заменяя dI_3 его значением из формулы (4), получаем

$$d\phi = \frac{I_3 \rho}{2\pi L} \cdot \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad (7)$$

Проинтегрировав это уравнение по всей длине заземлителя (от 0 до l), получим искомое уравнение для потенциала точки А, т. е. уравнение потенциальной кривой

$$d\varphi = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \int_0^l \frac{dy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}, \quad (8)$$

Потенциал заземлителя φ_3 , будет, при $x = 0,5d$ т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{(0,5d)^2 + l^2} + l}{0,5d}, \quad (9)$$

Здесь $0,5 d \ll l$, следовательно, первым слагаемым под корнем можно пренебречь. Тогда это уравнение примет вид

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (10)$$

На рис. 2.3 показана потенциальная кривая заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с отношением размеров $l : d = 50$.

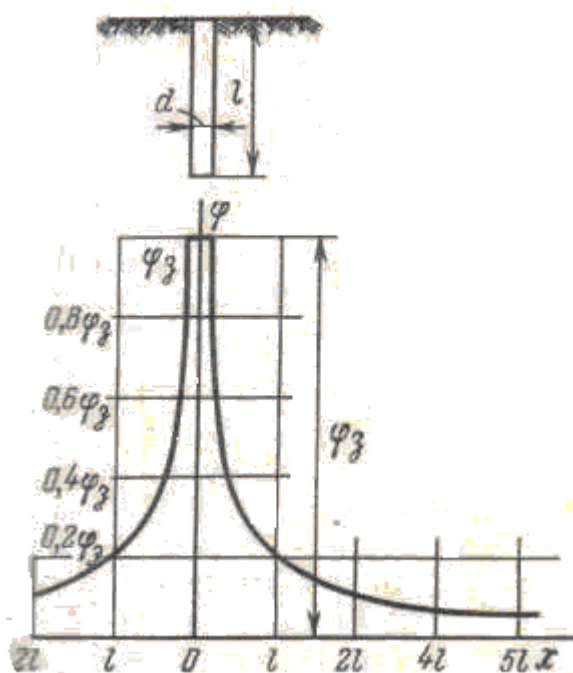


Рис. 3 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с вертикальным трубчатым электродом с размерами $l : d = 50$ ($l = 2,5$; $d = 0,05$)

1.3. Заземлитель с протяженным трубчатым электродом на поверхности

У этого вида заземлителя, находящегося на поверхности земли и заглубленного так, что его продольная ось совпадает с поверхностью земли, изменения потенциальной кривой различны в различных направлениях.

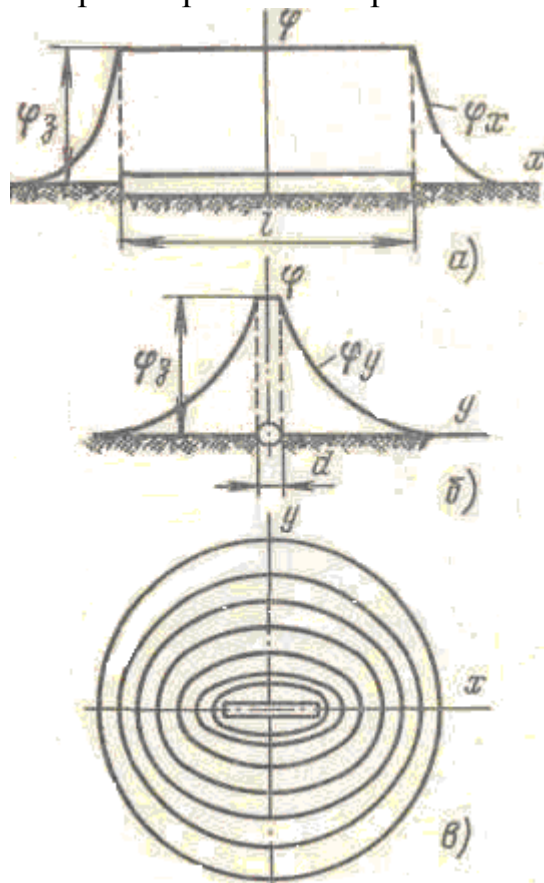


Рис. 4 - Распределение потенциала на поверхности земли вокруг заземлителя с протяженным трубчатым электродом:

- а) потенциальная кривая вдоль оси заземлителя;
- б) потенциальная кривая в плоскости, перпендикулярной оси заземлителя и пересекающей его в середине;
- в) эквипотенциальные кривые на поверхности земли вокруг протяженного заземлителя.

Наиболее резко потенциал падает вдоль оси заземлителя, а наиболее плавно – поперек оси по линии, проведенной через его середину.

Уравнение потенциальных кривых этого заземлителя имеют следующий вид:

- а) вдоль оси заземлителя (по оси x),

$$\varphi_x = \frac{I_3 \rho}{2 \pi l} \ln \frac{\sqrt{l^2 + d^2} + 2x}{\sqrt{l^2 + d^2} + 2x - 2l}, \quad (11)$$

где l и d – длина и диаметр сечения заземлителя.

- б) поперек оси заземлителя (по оси y),

$$\varphi_y = \frac{I_3 \rho}{\pi l} \ln \frac{\sqrt{l^2 + 4y^2} + l}{2y}, \quad (12)$$

Потенциал заземлителя будет при наименьшем значении x , т. е. при $x = 0,5l$, если φ_3 вычисляется из (11), или при наименьшем значении y , т. е. при $y = 0,5d$, если φ_3 вычисляется из (12), т. е.

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}, \quad (13)$$

Эквипотенциальные линии на поверхности земли вокруг протяженного заземлителя приближаются по форме к эллипсам; на большом расстоянии от заземлителя они переходят в окружности (рис.4 в)

1.4. Напряжение прикосновения

Напряжение прикосновения для человека, касающегося заземленного корпуса электрооборудования и стоящего на земле (случай 3 на рис. 5), определяется отрезком АВ и зависит от формы потенциальной кривой и расстояния x между человеком и заземлителем (чем дальше от заземлителя находится человек, тем больше $U_{пр}$ и наоборот). Так, при наибольшем расстоянии, т. е. при $x \rightarrow \infty$, практически при $x \geq 20$ м (случай 1 на рис. 5) напряжение прикосновения имеет наибольшее значение: $U_{пр} = \varphi_3$; при этом коэффициент прикосновения $\alpha_1 = 1$. Это — наиболее опасный случай прикосновения.

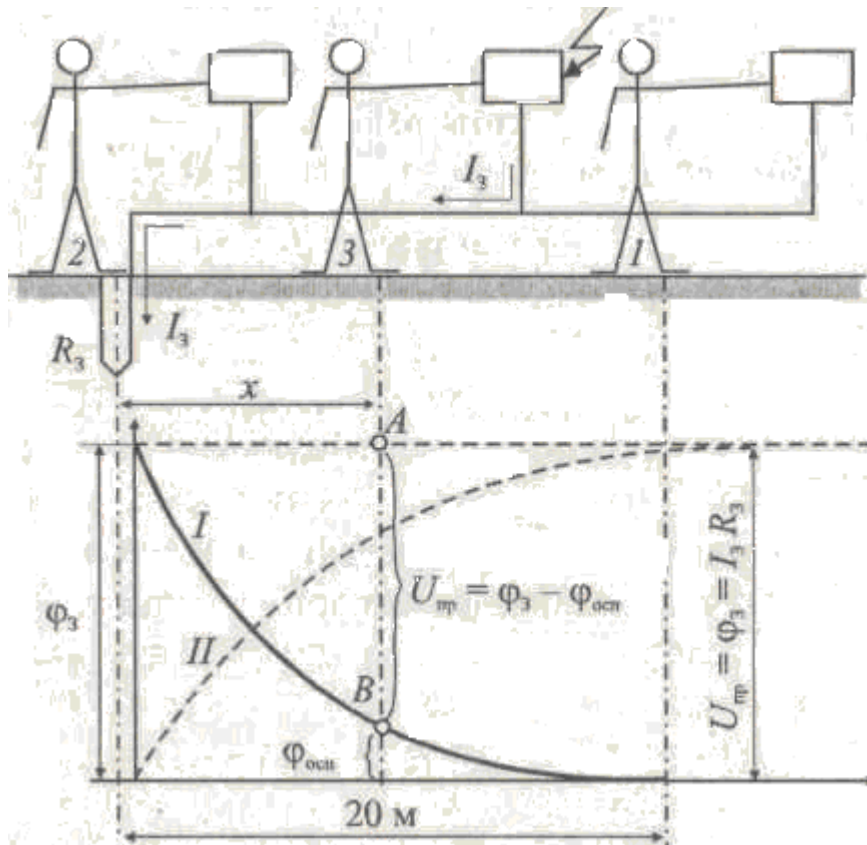


Рис.5 - Напряжение прикосновения при одиночном заземлителе:

I - потенциальная кривая; II – кривая, характеризующая изменение $U_{пр}$ при изменении x

При наименьшем значении x , т. е. когда человек стоит непосредственно на заземлителе (случай 2 на рис. 5), $U_{пр} = 0$ и $\alpha_1 = 0$. Это — безопасный случай, так как человек не подвергается воздействию напряжения, хотя он, и находится под потенциалом заземлителя ϕ_3 .

При других значениях x в пределах $0 - 20$ м (случай 3 на рис. 5) $U_{пр}$ плавно возрастает от 0 до ϕ_3 , а α_1 — от 0 до 1.

В практике устройства защитных заземлений необходимо знать максимальные напряжения прикосновения.

Для примера проанализируем изменение $U_{пр}$ и α_1 , при одиночном полусферическом заземлителе радиусом r . В этом случае потенциал любой точки на поверхности земли вокруг заземлителя описывается уравнением $\phi = r\phi_3/x$, поэтому

$$U_{пр} = \phi_3 - \frac{\phi_3 r}{x} = \phi_3 \left(1 - \frac{r}{x}\right), \quad (14)$$

а коэффициент прикосновения

$$\alpha_1 = 1 - \frac{r}{x}, \quad (15)$$

При $x \rightarrow \infty$, а практически при $x \geq 20$ м (случай 1 на рис. 5) $\frac{r}{x} \approx 0$. Напряжение прикосновения и коэффициент прикосновения будут иметь максимальные значения: $U_{пр \max} = \phi_3$; $\alpha_1 = 1$.

При $x = r$ (случай 2 на рис. 5) $\frac{r}{x} = 1$, поэтому $U_{np} = 0$ и $\alpha_1 = 0$.

При промежуточных значениях x от r до 20 м U_{np} и α_1 определяются из выражения (14) и (15).

При заземлителе с вертикальным трубчатым электродом выражение для расчета U_{np} и α_1 можно получить, вычитая уравнение потенциала некоторой точки основания из уравнения потенциала заземлителя

$$U_{np} = \varphi_3 - \varphi_{осн} = \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d} - \frac{I_3 \rho}{2\pi l} \ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x} = \varphi_3 \left(1 - \frac{\ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}}{\ln \frac{4l}{d}} \right),$$

(16)

$$\alpha_1 = 1 - \frac{\ln \frac{\sqrt{x^2 + l^2} + l}{x}}{\ln \frac{4l}{d}}, \quad (17)$$

Максимальные U_{np} и α_1 будут при $x = \infty$.

1.5 Шаговое напряжение

Шаговое напряжения возникает между ногами человека в следствии не равномерного распределения потенциала заземлителя по земле (рис. 6). Точка касания ноги расположенная ближе к заземляющему электроду будет иметь больший потенциал, по сравнению с более удаленной. Следовательно, между двумя точками касания на расстоянии шага (0,8 м) существует разность потенциала. Эта разность и называется шаговым напряжением.

Величина шагового напряжения зависит от величины шага и от расстояния x от заземлителя. Шаговое напряжения для полусферического электрода можно найти на основании (4) по следующему выражению:

$$U_{ш} = \varphi - \varphi_a = (r\varphi_3/x) - (r\varphi_3/x+a) = r\varphi_3 a/x(x+a) \quad (18)$$

Как видно $U_{ш1} > U_{ш2}$ если расстояние от заземлителя больше. Следовательно, по мере удаления от места замыкания вытечена шагового напряжения уменьшается. Шаговое напряжения на расстоянии 10..20 м от места замыкания практически не представляет опасность.

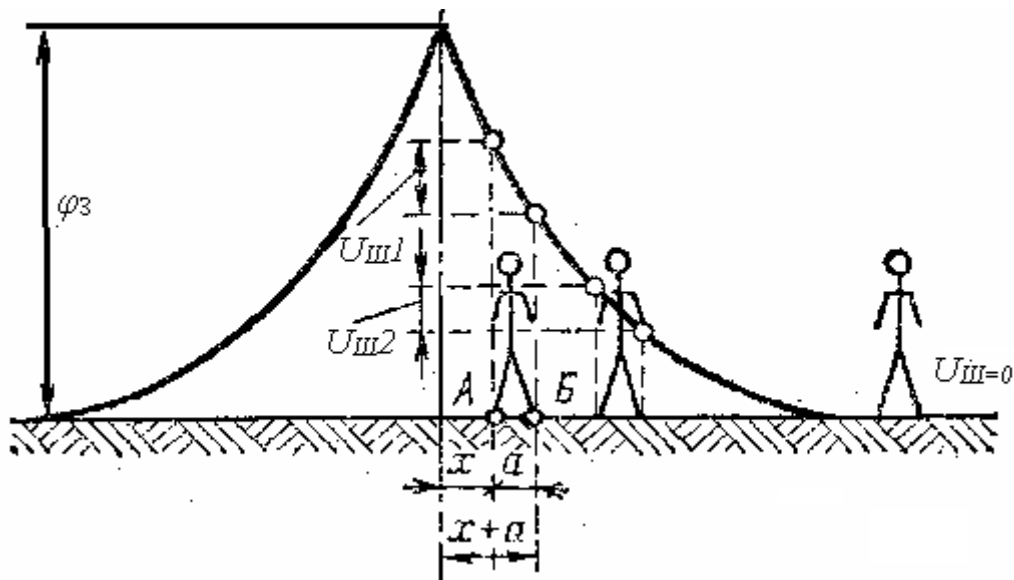


Рисунок 6 – шаговое напряжение

2. Экспериментальная часть

2.1 Описание лабораторной установки

В лабораторной работе используются следующие блоки:

- блок линейных дросселей;
- трехфазный источник питания;
- блок мультиметров;
- трехфазный трансформатор;
- модель сферического, трубчатого вертикального и протяженного трубчатого заземлителя.

2.3 Порядок выполнения работы

Работа осуществляется в следующей последовательности:

1. Соедините гнезда защитного заземления всех блоков, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника питания желтыми проводами с зеленой полосой.
2. Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений рис 6
3. Используйте модель заземлителя с полусферическим заземлителем
4. Включите трехфазный источник питания и питание блока мультиметров.
5. Снимите следующие зависимости от расстояния x :
 - потенциала точек земли (т.1-т.12) в зоне растекания тока $\varphi = f(x)$,
 - напряжение прикосновения $U_{\text{пр}} = f(x)$,
 - шагового напряжения $U_{\text{ш}} = f(\Delta x)$, для этого:
 - 5.1 установить удельное сопротивления грунта $\rho = 700$ (песок);
 - 5.1.1 включив вольтметр блока мультиметров между гнездом « » и гнездами, соответствующих точек земли (т.1-т.12), снять зависимость $\varphi = f(x)$;

5.2 включив вольтметр блока мультиметров между гнездом «0» и гнездами, соответствующих точек земли (т.1-т.12), снять зависимость напряжения прикосновения $U_{пр} = f(x)$;

5.3 включив вольтметр между соседними гнездами соответствующих точек земли (т.1-т.12), измерить $U_{ш} = f(\Delta x)$

5.4 полученные данные занести в табл. 2.1

6. Ток стекания в землю контролируйте с помощью амперметра блока мультиметров. **Он не должен превышать 0,5 А!**

7. Провести аналогичные измерения для удельного сопротивления грунта $\rho=200$ (чернозем) и $\rho=100$ (суглинок).

11. По завершении эксперимента отключите трехфазный источник питания и питание блока мультиметров.

12. По результатам измерений постройте график изменения потенциала основания от расстояния $\varphi_{осн} = f(x)$ в одних осях для трех типов грунта.

12. Используйте полученные зависимости для формулирования выводов о влиянии на электробезопасность удельного сопротивления грунта, в котором он заложен, и расстояния от заземлителя до места установки защищаемого электрооборудования.

Рисунок 7 - Схема лабораторного стенда

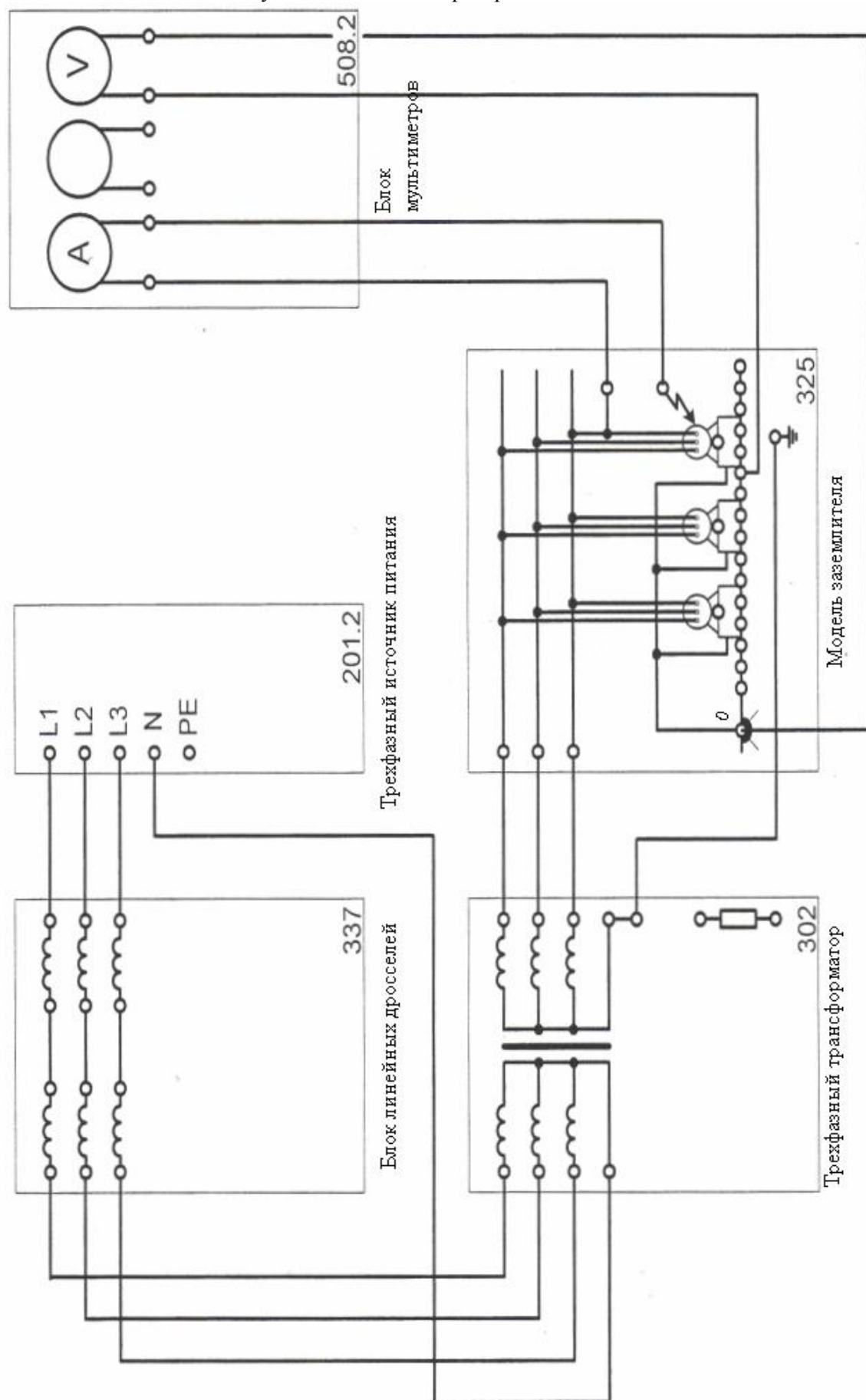


Таблица 1.

Измеренные значения

Вид заземлителя			Заземлитель с полусферическим электродом (325)											
			$\rho=700$ (песок);				$\rho=200$ (чернозем);				$\rho=100$ (суглинок);			
№	x	Δx	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В	φ , В	I, А	$U_{\text{пр}}$, В	$U_{\text{ш}}$, В
1	0	0-0,8												
2	0,8	0,8-1,6												
3	1,6	1,6-2,4												
4	2,4	2,4-3,2												
5	3,2	3,2-4												
6	4	4-4,8												
7	4,8	4,8-5,6												
8	5,6	5,6-6,4												
9	6,4	6,4-7,2												
10	7,2	7,2-8												
11	8	8-8,8												
12	8,8	8,8-9,6												
13	9,6	9,6-10,4												
14	10,4	10,4-11,2												
15	11,2	11,2-12												
16	12													

Контрольные вопросы

1. Причина возникновения шагового напряжения?
2. Как распределяется потенциал на поверхности грунта в зоне растекания тока с заземляющего электрода.
3. На каком расстоянии начинается «земля» с нулевым потенциалом?
4. Как зависит напряжения прикосновения заземленного корпуса от расстояния от места замыкания на землю?
5. Как влияет величина напряжения прикосновения на величину сопротивления растеканию заземляющего устройства?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Контроль изоляции в электрической сети с изолированной нейтралью
Время – 4 часа.

Цель работы: Освоить методику измерения сопротивления петли «фаза-нуль» с помощью прибора.

Задания:

1. Ознакомиться с конструкцией прибора М417.
2. Измерить сопротивление петли «фаза-нуль» на лабораторной установке.
3. Рассчитать допустимое значение полного сопротивления петли (данные для расчета указывает преподаватель)
4. Сравнить опытные и расчетные значения полного сопротивления петли «фаза-нуль» и сделать заключение.

Инструменты и приспособления: Монтерский инструмент, диэлектрические перчатки.

Оборудование: Прибор М 417.

Материалы: Кабель КРПТ 4х4 мм², изолента.

№№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. Условия
1.	Ознакомиться с конструкцией прибора М 417, по лекционным записям, литературе освоить методику измерения сопротивления петли «фаза-нуль».	Изучить правила безопасности при работе с приборами.
2.	Выбрать лабораторную установку с плавкими вставками, автоматическими выключателями. Перед началом измерения прибор калибруют. Подключение и отключение зажимов выполняют в диэлектрических перчатках. Измерять прибором сопротивление цепи электропроводки при защите плавкими вставками, записать данные, затем провести измерения электромагнитной защиты автоматическими выключателями.	Подключение и отключение зажимов выполняет преподаватель.
3.	Рассчитать допустимое значение полного сопротивления петли «фаза-нуль» и сделать заключение об эффективности защиты. Эффективность системы зануления, определяют, проверяя условия автоматического отключения поврежденной электроустановки. Для плавких предохранителей: $I' > 3 \cdot I_n$, где I_n – номинальный ток плавкой вставки	

	<p>предохранителя.</p> <p>Для автоматических выключателей с электромагнитными расцепителями ток однофазного к.з.</p> <p>$I_k > (1, 2, 5 \dots 1,4) I_{\text{р.}}$, где $I_{\text{р.}}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя.</p> <p>Сопротивление петли «фаза-нуль»</p> <p>$Z_n < \frac{U_{\text{ф}}}{3I_{\text{в}}} - Z_e$, или</p> <p>$Z_n < \frac{U_{\text{ф}}}{(1, 2, 5 \dots 1,4) I_{\text{р.}}} - Z_t$,</p> <p>Где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение;</p> <p>Z_t – сопротивление силового тректора Току однофазного к.з.</p>	
4.	Сделать заключение о состоянии электроустановки, выполнить письменный отчет.	

Контрольные вопросы:

1. Как проверить исправность системы зануления?
2. С какой целью и с какой периодичностью проводят проверку сопротивления петли «фаза-нуль».
3. Какие испытания производят при эксплуатации внутренних электропроводок?

Лабораторная работа (2 часа)

Тема: Измерение сопротивления заземления

Цель: Изучить методику проверки целостности заземления электродвигателей.

Материальное обеспечение: Информационный материал, рабочие тетради.

Общие теоретические положения:

Все электроустановки (смонтированные или реконструированные) согласно Правилам Устройства Электроустановок (ПУЭ) и Правилам Технической Эксплуатации Электроустановок Потребителей (ПТЭЭП) подвергаются регламентированным электрическим испытаниям.

Виды испытаний (измерений):

- проверка состояния элементов заземляющих устройств электроустановок
- проверка наличия цепи и замеры переходных сопротивлений между заземлителями и заземляющими проводниками, заземляемыми оборудованием (элементами) и заземляющими проводниками
- измерение (замер) сопротивления заземляющих устройств всех типов (замер заземления)
- измерение (замер) сопротивления изоляций кабелей, обмоток электродвигателей, аппаратов, вторичных цепей и электропроводок, и электрооборудования напряжением до 1000 В

По результатам электрических измерений (испытаний) составляется Технический отчет с окончательным заключением о состоянии смонтированной электроустановки, который подписывает начальник лаборатории и специалисты, проводившие электроизмерения. Обязательным приложением Технического отчета является копия свидетельства о регистрации электроизмерительной лаборатории. Технический отчет включает в себя следующие протоколы:

- Протокол визуального осмотра
- Протокол наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами электрооборудования (металлосвязь)
- Протокол проверки сопротивлений заземлителей и заземляющих устройств
- Протокол измерения сопротивления изоляции проводов, кабелей, аппаратов и обмоток электрических машин

Потребителю электроэнергии очень важно отнестись к данным видам работ внимательно, т.к. они позволяют выявить все недостатки электроустановки: фальсифицированные аппараты защиты и коммутации, целостность проводников и наличие хороших контактов, соответствие выполненной электроустановки электропроекту.

Замер сопротивления изоляции

Сопrotивление изоляции измеряется, как правило, для каждого провода относительно остальных заземленных проводов. Если измерения по этой схеме дадут неудовлетворительный результат, то производится замер сопротивления изоляции каждого провода относительно земли (остальные провода не заземляются) и между каждыми двумя проводами.

Если электропроводки, находящиеся в эксплуатации, имеют сопротивление изоляции ниже 1 Мом, то заключение о пригодности делается после испытаний их переменным током промышленной частоты напряжением 1 кВ.

Измерение сопротивления заземляющих устройств (контур заземления):

Измерение сопротивления заземляющих устройств (замер заземления) проводится с целью проверки его соответствия требованиям нормативных документов (ПУЭ гл. 1.8., ПТЭЭП пр. 3).

Для замера сопротивления заземлителей создается искусственная цепь протекания тока через испытываемый заземлитель. Для этого на некотором расстоянии от испытываемого заземлителя располагается вспомогательный заземлитель (токовый электрод), подключаемый вместе с испытываемым заземлителем к источнику напряжения. Для измерения падения напряжения на испытываемом заземлителе при прохождении через него тока в зоне нулевого потенциала располагается зонд (потенциальный электрод).

Для получения как можно более реальных результатов рекомендуется измерения производить в период наибольшего удельного сопротивления грунта. Сопротивление заземляющего устройства определяется умножением измеренного значения на поправочные коэффициенты, учитывающие конфигурацию устройства, климатические условия и состояние почвы. Для заземлителей, находящихся в промерзшем грунте или ниже глубины промерзания, введение поправочного коэффициента не требуется. Измерение удельного сопротивления грунта проводится, когда измеренное сопротивление заземлителя больше проектного значения или не соответствует нормативным требованиям. В этом случае проверяется допустимая степень этого несоответствия при повышенных удельных сопротивлениях грунта.

Проверка наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами (металлосвязь)

Измерения производятся с целью определения целостности и непрерывности защитных проводников от измеряемого объекта до заземлителя или магистрали заземления и проводников выравнивания потенциалов, определения сопротивления измеряемого участка защитной цепи и с целью измерения (или отсутствия) напряжения на заземленных корпусах проверяемого оборудования в рабочем режиме.

Качество электрических соединений проверяется осмотром, а сварочных соединений ударами молотка (кувалды) с последующими измерениями цепи.

Измерения сопротивления производятся между любой открытой проводящей частью и ближайшей точкой главного проводника системы управления потенциалов. Защитные проводники включают металлические электротехнические трубы, металлические оболочки кабелей.

Замер петли фаза-нуль:

Контур, состоящий из фазы трансформатора и цепи фазного и нулевого проводников принято называть петлей «фаза-нуль».

Измерение сопротивления петли «фаза-нуль» и токов однофазных замыканий проводится с целью проверки надежности срабатывания аппаратов защиты от сверхтоков при замыкании фазного проводника на открытые проводящие части.

Проверка надежности и быстроты отключения поврежденного участка сети состоит в следующем: Определяется ток короткого замыкания на корпус $I_{кз}$. Этот ток сопоставляется с расчетным током срабатывания защиты испытуемого участка сети. Если возможный в данном участке сети ток аварийного режима превышает ток срабатывания защиты с достаточной кратностью, надежность отключения считается обеспеченной. Ток короткого замыкания $I_{кз}$ - это отношение номинального напряжения сети к полному сопротивлению петли «фаза-нуль». $I_{кз}$ сравнивается с нормами ПТЭЭП.

Проверка наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.

Целью этой проверки является определение непрерывности и надежности цепи заземления. В заземляющих проводниках, соединяющих оборудование с контуром заземления, не должно быть обрывов и неудовлетворительных контактов. В простых неразветвленных сетях измерение сопротивления переходных контактов производится непосредственно между заземлителем и каждым заземляемым элементом. В сложных, разветвленных сетях сначала производится измерение сопротивления между заземлителем и отдельными участками заземляющей магистрали, а потом измерение сопротивления между участком и заземленными элементами. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения на корпусах проверяемого оборудования. Удобнее всего использовать специально предназначенный для таких проверок омметр типа М-372 (рис. 1.).

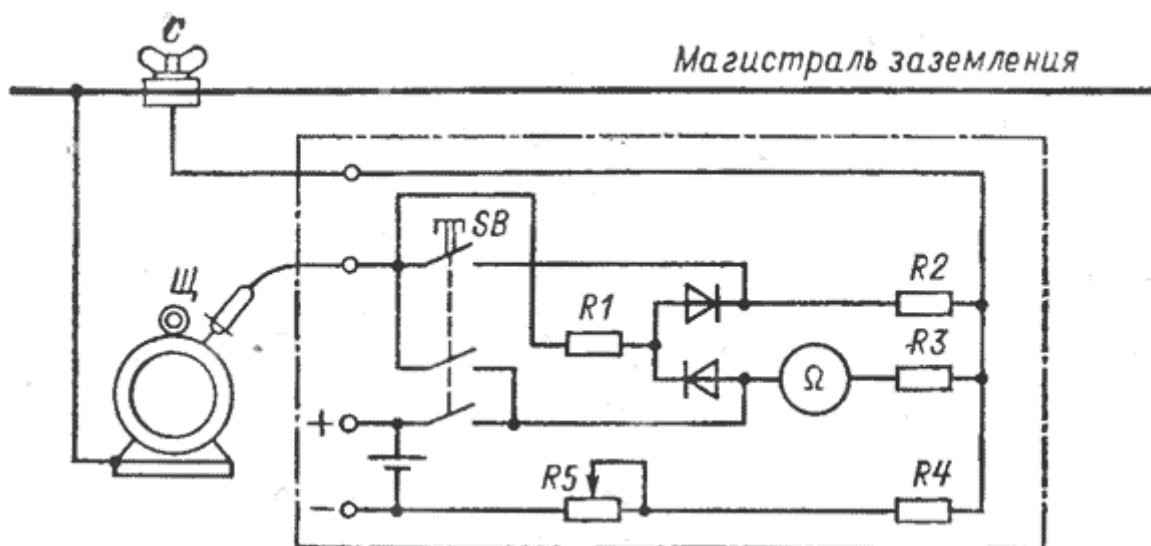


Рис. 1. Схема омметра типа М-372

Прибор позволяет обнаруживать напряжение на заземленном (или зануленном) корпусе от 60 (первое деление) до 380 В и измерять сопротивление от 0,1 до 50 Ом. Прибор снабжен ремнем (во время измерений испытатель может повесить его на грудь), струбциной С, при помощи которой один из зажимов прибора присоединяют к зачищенному месту на заземляющей магистрали медным гибким проводом сечением 1,5; 2,5 или 4 мм², длина которого соответственно должна быть 3, 5 или 8 м, и щупом Щ с изолирующей рукояткой и присоединенным к нему гибким проводником сопротивлением 0,035 Ом. Присоединив прибор к струбцине и щупу, корректором R5 устанавливают стрелку на нуль, затем нажимают кнопку SB и рукояткой устанавливают стрелку на отметке бесконечность. Отпустив кнопку, касаются острием щупа очищенного от краски места на корпусе проверяемого электроприемника. Если стрелка отклоняется, то на корпусе есть напряжение, и нажимать кнопку нельзя во избежание повреждения прибора. Если напряжения нет, то нажимают кнопку и по шкале оценивают сопротивление, которое в большинстве случаев меньше 0,1 Ом. Сопротивление заземляющих проводников не нормировано, но если оно у какого-то аппарата значительно увеличилось по сравнению с измеренным при последних испытаниях или сильно отличается от сопротивления проводника у других аппаратов, надо тщательно проверить качество переходных контактов цепи, особенно в месте присоединения заземляющего проводника к корпусу данного аппарата. Для измерения сопротивлений можно также использовать мосты типов ММВ, УМВ, МВУ или измерители сопротивления заземления типа МС-08, у которых одно деление шкалы при положении переключателя «Измерение X0,01» соответствует 0,02 Ом, при этом зажимы 1\ и Е1 соединяют со щупом, а /2 и Е2—с магистралью заземления (или наоборот). Во избежание повреждения прибора при плохом контакте щупа с корпусом электроприемника надо начинать вращать рукоятку осторожно. При измерении" применяются довольно длинные проводники их сопротивление должно быть учтено при определении

сопротивления заземляющего проводника. Для присоединения провода к испытуемому объекту используется специальный щуп из трехгранного напильника с изолирующей ручкой. К напильнику вблизи ручки приваривается контактный зажим для провода. Для присоединения к заземлителю или магистрали заземления и получения хорошего контакта провод снабжается струбиной. Имеются рекомендации о проведении проверки целостности заземляющих проводников путем подачи в проверяемую цепь через реостат и понизительный трансформатор 300—500 В-Л напряжения 12 В. В этом случае разрыв цепи или плохой контакт будут обнаружены по отсутствию тока, колебанию стрелки амперметра или (малому значению тока. Однако этот способ из-за опасности искрения и значительного нагрева в местах плохого контакта недопустим во взрыво- и пожароопасных помещениях. Измерение электрических сопротивлений во взрыво- и пожароопасных помещениях производится искробезопасным омметром типа М-372И, который имеет неполноление ИО / водород и может применяться во взрывоопасных помещениях всех классов. Измерение прибором производится только по специальным схемам, исключающим образование опасной искры при включении прибор.

Задание к работе: Изучить информационный и презентационный материал и описать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
3. Записать методику проверки наличия электрической цепи между заземленным оборудованием и заземлителем.
4. Составить отчет.

Содержание отчета:

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Выполненная работа.
5. Ответы на вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. На основании каких документов проводится проверка целостности заземления электродвигателей?
2. Перечислите виды испытаний целостности заземления электродвигателе.
3. В каких документах отражаются результаты проверки целостности заземления электродвигателей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Тема: **Профилактические испытания масляного выключателя ВМП-10 после ремонта (2 часа).**

Цель работы: Изучить назначение, конструкцию и принцип работы масляного выключателя. Выяснить объем его послеремонтных профилактических испытаний.

Задания:

1. Ознакомиться с рабочим местом, записать паспортные данные выключателя.
2. Измерить мегаомметром (напряжение 2,5 кВ) сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей выключателя, выполненных из органических материалов.
3. Найти длину хода подвижных стержней в розеточных контактах и выяснить, одновременно ли происходит их соприкосновение.
4. Определить сопротивление контактов постоянному току.
5. Измерить работу выключателя, включая и отключая привод дистанционно или вручную.
6. Опробовать работу выключателя, включая и отключая привод ! дистанционно или вручную.

Методика выполнения работы. Перед началом испытаний необходимо ознакомиться с оборудованием и приборами, установленными на рабочем месте; записать паспортные данные выключателя и привода. При выполнении всех операций учащиеся должны строго соблюдать правила безопасности. I Сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей измеряют при отключенном масляном выключателе; оно должно быть не менее 300 МОм. Результатом измерений сравнивают с допустимыми значениями, приведенными в нормах.

Инструменты: Монтерский инструмент, набор ключей, линейка.

Оборудование: Выключатель масляной, мегаомметр, секундомер.

Материалы: Монтажные провода.

№№ п/п	содержание задания	тех.условия
1.	Ознакомиться с рабочим местом, записать паспортные данные выключателя, прочитать лекционный материал и методические указания по рабочему месту, ознакомиться с инструкцией по монтажу ТО и ТР. Изучить технику безопасности.	Подготовить рабочее место, оборудование, инструмент, материалы.
2.	Измерить мегаомметром (напряжение 2,5 кВ)	

	сопротивление изоляции подвижных и направляющих частей выключателя, выполненных из органических материалов.	
3.	Найти длину ходы подвижных стержней в розеточеских контактах и выяснить одновременность их соприкосновения. Через понижающий трактор, с выходным напряжением 12 ... 24 В, подключить 3' сигнальные лампы последовательно в каждую фазу выключателя. При включенном выключателя при одновременном замыкании стержней с розетками должны загореться все лампочки сразу.	Подачу напряжения на привод выключателя и отключение производят преподаватель.
4.	Определить сопротивление контактов постоянному току.	
5.	Измерить секундомером время и скорость включения и отключения выключателя.	Работы проводить под наблюдением преподавателя.
6.	Опробовать работу выключателя, включая и отключающая привод дистанционно и вручную.	
7.	Разобрать схему, выполнить письменный отчет.	

Контрольные вопросы:

1. Причины повреждений и отказов в работе масляных выключателей.
2. Какова технология устранения неисправностей масляных выключателей.
3. Назовите требования охраны труда при ремонте и испытаниях установок напряжением выше 1 кВ.

Лабораторная работа

Тема: Испытание трансформатора перед включением в сеть.
(2 часа)

Цель работы: Изучить методы проверки трансформаторов перед включением в сеть и способы их сушки.

Задания:

1. Проверить мегаомметром сопротивление изоляции обмоток трансформаторов.
2. Выяснить, как соединены обмотки.
3. Определить фазы трансформаторов и включить их на параллельную работу.

Инструменты и приспособления: Монтерский инструмент, ключи рожковые.

Оборудование: Трехфазные силовые трансформаторы ТМ, мегаомметр, вольтметр.

Материалы: Кабель КРПТ 4х4 мм², изолента.

Технические условия

1. Изучить инструкционную карту и инструкции по технике безопасности.
2. Подобрать согласно задания.
3. Мегаомметр М4100/5 на 2500 В.
4. Схема соединений указана на бирке трактора.
5. Вольтметр со шкалой измерений до 500 Вольт.

Контрольные вопросы:

1. При каких условиях можно включить трактор без сушки?
2. Какие испытания проводят при включении тракторов в сеть?
3. Какие основные правила безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации тракторов?

Лабораторная работа

Определение степени увлажненности изоляции трансформатора.
(2 часа)

Цель работы: Изучить способы и освоить методику определения степени влажности изоляции обмоток трансформаторов.

Задания:

1. Измерить сопротивление изоляции всех обмоток между фазами, каждой фазой и корпусом.
2. Определить коэффициент абсорбции.
3. Рассчитать намагничивающую обмотки трансформаторов при сушке индукционным методом («потерями в собственном баке»).
4. Определить параметры трансформаторов при сушке токами нулевой последовательности.

Инструменты и приспособления: Монтерский инструмент.

Оборудование: Силовые трансформаторы, мегаомметр М4100/5

№.№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	По лекционным материалам и пособиям изучить, методику и объем определения степени влажности изоляции трансформатора.	
2.	Подготовить рабочее место, инструмент, оборудование.	
3.	Измерить сопротивление изоляции между обмотками и баком. Сравнить полученный результат.	Мегаомметр М4100/4 или М4100/5.
4.	Определить коэффициент абсорбции $K_{аб} = R_{60}/R_{15}$	Измеряется через 15 и 60 С. после приложения напряжения, должен быть не менее 1,3.
5.	Рассчитать намагничивающую обмотку трансформаторов при сушке индукционным методом по лекционному материалу.	Выполнить замеры бака трактора.
6.	Определить параметры тракторов при сушке токами нулевой последовательности.	Выполнить необходимые замеры параметров трактора, указанные в литературе.
7.	Убрать рабочее место, выполнить письменный отчет.	

Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные способы сушки трансформаторов.
2. Назовите качество масла трансформаторного масла, необходимые при его эксплуатации.
3. При каких условиях можно включить трансформатор без сушки?

Лабораторная работа

Определение неисправностей трансформаторов и составления дефектной ведомости (2 часа).

Цель работы: Получить навыки в определении неисправностей трансформаторов, принимаемых в ремонт. Научиться составлять дефектную ведомость.

Задания:

1. Освоить методику дефектации трансформатора.
2. Изучить техническую и эксплуатационную документацию, необходимую при ремонте трансформаторов.
3. Запомнить дефектную ведомость и определить объем ремонта.

Методика выполнения занятия. Преподаватель выделяет учащемуся конкретный силовой трансформатор и выдает необходимые приборы, техническую и эксплуатационную документацию.

Инструменты: Монтерский инструмент, набор ключей.

Оборудование: Силовой трансформатор, стенд АИИ-70. Амперметры 3 шт., мегаомметр напряжением 25 кВ или 1 кВ, омметр.

Материалы: Монтажные провода, ветошь для обтирки деталей.

№.№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	Освоить методику дефектации трансформатора, изучить лекционный материал и методические разработки по ТО и ремонту трансформаторов.	Преподаватель выдает методические разработки
2.	Изучить техническую документацию, паспорт на силовой трансформатор (напряжение, схемы соединения обмоток, токи х.х. и к.з.).	Паспорт прилагается к рабочему месту трансформатора.
3.	Заполнить дефектную ведомость при наружном осмотре трансформатора. Проверить мегаомметром сопротивление. Обмоток между фазами, фазами и корпусом, на обрыв. Подключить к обмоткам высшего напряжения последовательно амперметры, подать на них напряжение 380 В. (Вторичная обмотка вывода разомкнута), если токи у всех амперметров одинаковы обмотки исправны, нет виткового замыкания и одинаковое количество витков в	Выключает и отключает установку преподаватель.

	каждой фазе.	
4.	Разобрать трактор, снять верхнюю крышку, поднять обмотки и произвести дефектацию обмоток, магнитопровода, выводов к переключателю напряжения. Определить объем ремонта.	При подъеме магнитопровода с обмотками соблюдать осторожность, жестко зафиксировать, после подъема

Контрольные вопросы:

1. Перечислить основные неисправности трансформаторов, их признаки и причины.
2. Основные требования, предъявляемые при приемке трансформаторов в ремонт.
3. Перечислите особенности дефектации изоляции трансформатора.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Ознакомление с графиком планово-предупредительного ремонта (ППР), обеспечивающего работоспособность трансформаторных подстанций.

Цель: Ознакомиться с графиками технического обслуживания электрооборудования и правилами их составления.

Материальное обеспечение: Информационный и презентационный материал, рабочие тетради.

Общие теоретические положения:

Периодичность технического обслуживания и ремонтов электрооборудования. Трудоемкость работ Система ППРЭ устанавливает периодичность технического обслуживания и ремонтов основного электрооборудования в зависимости от характера среды, в которой оно работает. Например, для асинхронных электродвигателей при двухсменной работе периодичность технического обслуживания для пяти охарактеризованных выше категорий сред составляет соответственно 45, 30, 15, 15 и 10 дней, периодичность текущих ремонтов — 12, 6, 6, 6 и 6 месяцев и капитальных ремонтов — 6, 5, 5, 5 и 4 года. При этом одновременно с техническим обслуживанием и текущим ремонтом электродвигателей проводят техническое обслуживание и ремонт их аппаратуры управления и защиты. Периодичность технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов генераторов передвижных электростанций, работающих в помещениях, составляет соответственно 15 дней, 12 месяцев и 5 лет, а работающих на открытом воздухе или под навесом — 7 дней, 6 месяцев и 4 года. Периодичность ремонтных работ сварочных трансформаторов составляет 15 дней, 12 месяцев и 3 года при их работе в помещениях и 7 дней, 6 месяцев и 2 года при работе на открытом воздухе. Генераторы зарядных станций (многоамперные низковольтные постоянного тока), работающие в помещении, имеют периодичность ремонтных работ 15 дней, 4 месяца и 3 года. Техническое обслуживание электропроводок в чистых помещениях с нормальной средой проводят один раз в 6 месяцев, а в сырых, пыльных и пожароопасных помещениях — один раз в 3 месяца. Один раз в 3 месяца проводят техническое обслуживание надземной части заземляющих устройств. При односменной работе электрооборудования система ППРЭ рекомендует приведенные данные по периодичности технического обслуживания и ремонтов умножать на коэффициент 1,4, а при трех сменах — на 0,6. Рекомендуются очищать и продувать электрооборудование, работающее в тяжелых условиях, без его разборки через 10...20 рабочих смен, а работу с подшипниками совмещать с техническим обслуживанием или плановыми ремонтами. При эксплуатации нового электрооборудования сельскохозяйственного назначения рекомендуется руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей.

С учетом изложенного в каждом хозяйстве составляют графики проведения технического обслуживания и текущих ремонтов электрооборудования и электроустановок. Графики капитальных ремонтов электрооборудования, как правило, не составляют.

Для укрупненных расчетов, связанных с планированием и учетом работ по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования системой ППРЭ, введено понятие «Условная единица ремонта». Под условной единицей понимается трудоемкость технического обслуживания и ремонта электродвигателя закрытого исполнения с короткозамкнутым ротором условной мощностью 5 кВт, напряжением 380/220 В, частотой вращения 1500 об/мин. При нормальной доступности элементов электрооборудования и средней обеспеченности техническими средствами трудоемкость (чел.-ч) одной единицы ремонта по видам ремонтных работ :

техническое обслуживание	0,5
смазка	0,25
текущий ремонт	4,8
капитальный ремонт	12,5

В зависимости от условий ремонта можно изменять нормативы трудоемкости до $\pm 15\%$ без изменения общих годовых затрат на соответствующий вид ремонтных работ.

Составление графиков ППРЭ. Материально-техническое обеспечение работ

Для правильной организации работ в хозяйстве составляют графики технического обслуживания и текущих ремонтов. Особого внимания требует составление первых графиков, так как необходимо предусмотреть занятость всего рабочего дня электромонтеров, максимально избежать переходов электромонтеров между объектами, предусмотреть обеспечение их необходимым инструментом, материалами, приборами. Годовой график текущего ремонта электрооборудования составляют по следующей форме.

Электрооборудование	Место установки	Месяц											
		январь				февраль				март			
		1	2	...	31	1	2	...	29	1	2	...	31

Графики технического обслуживания электрооборудования

составляют обычно на месяц или квартал. Квартальный график технического обслуживания электрооборудования составляют по следующей форме.

электрооборудование и место установки	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII

На текущий ремонт электрооборудования (асинхронного двигателя, синхронного генератора, сварочного генератора и трансформатора, магнитного пускателя и автоматического выключателя, рубильника, пакетного выключателя и переключателя, ключа и кнопки управления, осветительного щитка с пакетными выключателями и распределительного шкафа с рубильниками и предохранителями) разработаны дифференцированные нормы на один ремонт, а на техническое обслуживание разработаны суммарные нормы расхода материалов на год эксплуатации.

Для воздушных и кабельных электрических линий, внутренней электропроводки, сети управления, контроля и сигнализации, заземляющего устройства, электрошкафа управления, светильника и облучателя, реле, КИП, нагревающего устройства парников и теплиц, электрических брудеров, электрокалориферов, электродных водогрейных котлов и водонагревателей-термосов разработаны суммарные нормы расхода материалов на техническое обслуживание и текущие ремонты на год эксплуатации.

Таблица 1

Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА электрических сетей 0,4—35 кВ

Место установки устройств РЗА	Цикл ТО	Число часов и лет эксплуатации														
		0	8640 1	17280 2	25920 3	34560 4	43200 5	51840 6	60480 7	69120 8	77760 9	86400 10	95040 11	103680 12	112320 13	120960 14
В помещениях I категории (вариант 1)	12	Н	K1		—	0	—	K	—	0	—	K	—	B	—	0
В помещениях I категории (вариант 2)	6	Н	K1		—	K	—	B	—	K	—	K	—	B	—	K
В помещениях II категории (вариант 1)	6	Н	K1		—	K	—	B	—	K	—	K	—	B	—	K
В помещениях II категории (вариант 2)	3	Н	K1		B	K		B	K		B	K		B	K	

Примечания.

1. Н — проверка (наладка) при новом включении, К1 — первый профилактический контроль, К — профилактический контроль, В — профилактическое восстановление, О — опробование.

2. В таблице указаны обязательные опробования. Кроме того, опробования рекомендуется производить в годы, когда не проводятся другие виды обслуживания. Если при проведении опробования или профилактического контроля выявлен отказ устройства или его элементов, то производится устранение причины, вызвавшей отказ, и, при необходимости, в зависимости от характера отказа – профилактическое восстановление.

Таблица 2

Периодичность проведения технического обслуживания устройств РЗА, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110–750 кВ

Устройство РЗА	Цикл ТО, лет	Число часов и лет эксплуатации																
		0	8640 1	17280 2	25920 3	34560 4	43200 5	51840 6	60480 7	69120 8	77760 9	86400 10	95040 11	103680 12	112320 13	120960 14	129600 15	138240 16
Элементы подстанций 110 – 750 кВ																		
на электромеханической элементной базе	8	Н	К1	–	–	К	–	–	–	В	–	–	–	К	–	–	–	В
на микроэлектронной элементной базе	6	Н	К1	–	К	–	–	В	–	–	К	–	–	В	–	–	К	–
Элементы электростанций, установленных в помеще- ниях:																		
I категории (ГЩУ, БЩУ, релейные щиты)	8	Н	К1	–	–	К	–	–	–	В	–	–	–	К	–	–	–	В
II категории (КРУ, 6 кВ, РУСН 0,4 кВ)	6	Н	К1	–	К	–	–	В	–	–	К	–	–	В	–	–	К	–
III категории (повышен- ная вибрация)	3	Н	К1	–	В	–	–	В	–	–	В	–	–	В	–	–	В	–
Расцепители автоматов до 1000 В	6	Н	К1	–	–	–	–	В	–	–	–	–	–	В	–	–	–	–

Примечания.

1. В объем профилактического контроля устройств РЗА входит в обязательном порядке восстановление реле серий РТ-80, РТ-90, РТ-40/Р, ИТ-80, ИТ-90, ЭВ-100, ЭВ-200, РПВ-58, РПВ-258, РТВ, РВМ, РП-8, РП-11, РП-18.

2. Замена электронных ламп в высокочастотных аппаратах линейных защит должна проводиться один раз в четыре года.

3. Обозначения – см. табл. 1.

Периодичность тестового контроля устройств РЗА электростанций и подстанций 110–750 кВ для устройств на микроэлектронной базе установлена не реже 1 раза в год.

Для устройств РЗА на микроэлектронной базе со встроенными средствами тестового контроля, как правило, должна предусматриваться тренировка перед первым включением в эксплуатацию. Тренировка заключается в подаче на устройство на 3–5 суток оперативного тока и (при возможности) рабочих токов и напряжений; устройство при этом должно быть включено на сигнал. По истечении срока тренировки следует произвести тестовый контроль устройства и при отсутствии каких-либо

неисправностей перевести устройство на отключение. При невозможности проведения тренировки первый тестовый контроль должен быть проведен в срок до двух недель после ввода в эксплуатацию.

Периодичность опробований для устройств РЗА электростанций и подстанций 110–750 кВ определяется по местным условиям и утверждается решением главного инженера предприятия. Опробование устройств автоматического включения резерва (АВР) собственных нужд (СН) тепловых электростанций должно проводиться оперативным персоналом не реже 1 раза в 6 месяцев, а устройств АВР элементов питания СН – не реже 1 раза в год. Правильная работа устройств в период за 3 месяца до намеченного срока может быть засчитана за проведение внеочередного опробования.

Периодичность технических осмотров аппаратуры и вторичных цепей устанавливается в соответствии с местными условиями, но не реже 2 раз в год.

С целью совмещения проведения ТО устройств РЗА с ремонтом основного оборудования допускается перенос запланированного вида ТО на срок до одного года.

Ремонт РЗА проводится путем замены отдельных вышедших из строя элементов. Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости не регламентируются.

Работы выполняются электромонтерами по ремонту аппаратуры РЗА, как правило, 5–6 разрядов.

Объем и периодичность работ по техобслуживанию трансформаторов

Объем и периодичность работ по техническому обслуживанию трансформаторов и их составных частей приведены в таблице 3.

Таблица 3

Наименование работ	Операции контроля	Регламентные и ремонтные операции	Периодичность
1	2	3	4
1. Трансформатор			
1.1. Внешний осмотр	+	-	Согласно п.8.1.2. настоящей инструкции
1.2. Контроль уровня масла	+	-	- / -
1.3. Контроль температуры масла	+	-	- / -
1.4. Отбор проб масла для испытания и анализа	-	+	Согласно таблицы 9.1. настоящей инструкции
1.5. Периодические	-	+	Согласно типовых ГKD

испытания изоляции			34.20.302-2002
1.6. Профилактический текущий ремонт	-	+	Один раз в год согласно п.12.1. настоящей инструкции
1.7. Профилактический капитальный ремонт	-	+	Первый раз – в зависимости от состояния трансформатора, но не позднее чем через 12 лет, в дальнейшем – при необходимости, в зависимости от состояния трансформатора
2. Система охлаждения			
2.1. Внешний осмотр	+	-	При внешнем осмотре трансформатора
2.2. Текущий ремонт	-	+	Ежегодно
2.3. Замена подшипников в электродвигателях вентиляторов	-	+	По истечении ресурса подшипников
2.4. Осмотр автоматических выключателей и контактных поверхностей магнитных пускателей	+	-	Один раз в год, а также после каждого отключения тока повреждения
2.5. Проверка сопротивления изоляции электрических цепей	-	+	Один раз в три года
3. Расширители, стрелочные маслоуказатели, воздухоосушители			
3.1. Очистка внутренней поверхности от загрязнений	-	+	Во время ремонта со сливом масла
3.2. Проверка технического состояния стрелочного маслоуказателя	-	+	При текущем ремонте трансформатора
3.3. Контроль состояния	+	-	При внешнем осмотре

силикагеля и уровня масла в масляном затворе воздухоосушительного фильтра			трансформатора
3.4. Замена силикагеля в воздухоосушительном фильтре	-	+	При изменении цвета отдельных зерен индикаторного силикагеля
4. Устройства РПН			
4.1. Внешний осмотр и проверка положения привода	+	-	При внешнем осмотре трансформатора
4.2. Контроль количества выполненных переключений	+	-	Один раз в месяц
4.3. Отбор проб масла для испытаний и анализа	-	+	Согласно таблице 9.1. настоящей инструкции
4.4. Ревизия контактора	-	+	При каждом срабатывании защитного реле или разрыве предохранительной мембраны
4.5. Замена масла в баке контактора	-	+	Согласно инструкции по эксплуатации устройства РПН
4.6. Замена контактов контактора	-	+	Согласно инструкции по эксплуатации устройства РПН
4.7. Периодические испытания	-	+	- / -
4.8. Снятие окисной пленки с поверхности контактов	-	+	Согласно п.9.3.7. настоящей инструкции
4.9. Проверка смазки шарниров и трущихся деталей передачи устройства РПН	-	+	Один раз в 6 месяцев
4.10. Профилактический	-	+	Ежегодно, а также после

текущий ремонт			определенного количества переключений согласно инструкции по эксплуатации РПН
4.11. Смена смазки в редукторе привода устройства РПН	-	+	Согласно инструкции по эксплуатации устройства РПН
1	2	3	4
5. Адсорбционные фильтры			
Замена силикагеля	-	+	Первая - через 1 год после включения, в последующем - по состоянию масла, в частности при увеличении tgd до значения, составляющее 0,7 допустимого

Задание к работе: Ознакомиться с информационным и презентационным материалом, ответить на вопросы для самоконтроля.

Порядок выполнения работы:

1. Изучить инструкцию к практической работе.
2. Изучить информационный и презентационный материал.
4. Записать годовой график текущего ремонта и квартального ТО электрооборудования
3. Ответить на вопросы.

Содержание отчета:

1. Тема.
2. Цель.
3. Материальное обеспечение.
4. Ответы на вопросы.

Вопросы для самоконтроля:

1. На основании чего составляются графики технического обслуживания электрооборудования.
2. Какова периодичность ТО электродвигателей.
3. Какова периодичность ТО генераторов зарядных станций.
4. Какова периодичность ТО электропроводки.

5. что такое условная единица ремонта.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: Определение причины износа элементов электрооборудования распределительных устройств.

Цель занятия: Освоить методы определения неисправностей аппаратуры, возникающих в процессе эксплуатации, способы их устранения, методику расчета катушек магнитного пускателя.

Задания:

1. По рекомендации преподавателя изучить инструкцию по эксплуатации конкретного аппарата (магнитного пускателя, автоматического выключателя и др.), описать техническую характеристику и начертить принципиальную схему.
2. Перечислить основные виды и причины характерных неисправностей пусковой, защитной и регулирующей аппаратуры.
3. Кратко описать способы устранения основных неисправностей магнитного пускателя и рассчитать катушку, паспортные данные которой не сохранились.

№№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	По заданию преподавателя изучить инструкцию пускозащитного аппарата, выполнить описание технической характеристики и начертить принципиальную схему.	При описании технической характеристики указать, ток номинальный, количество размыкающих, размыкающих контактов, напряжение катушки, ток теплового расцепителя, электромагнитного расцепителя величина по току, защита от окружающей среды.
2.	Перечислить виды и причины неисправностей пускозащитной и регулирующей аппаратуры.	Списание указано в методической работе.
3.	Описать способы устранения неисправностей	Основные способы

	магнитного пускателя и рассчитать катушку, паспортные данные которой не сохранились.	ремонта и регулировки указаны в методической работе.
--	--	--

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности текущего ремонта пакетных выключателей.
2. Рассказать особенности ремонта катушек контакторов и магнитных пускателей.
3. В чем заключаются меры безопасности при выполнении текущего ремонта пускозащитной аппаратуры?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Тема: Проверка электродвигателей перед вводом в эксплуатацию. (2 часа).

Цель работы: Изучать методику проверки асинхронных электродвигателей перед эксплуатацией.

Задания:

1. Ознакомиться с объектом испытаний, измерительными приборами и испытательной аппаратурой.
2. Провести профилактические испытания в необходимом объеме.

Инструменты и приспособления: Монтерский инструмент.

Оборудование: Трехфазный асинхронный электродвигатель с к.з. ротором, магнитный пускатель с тепловым реле, кнопочный пост, амперметры 3 шт. или клещи токоизмерительные Ц 91, Ц 4501, мегаомметр М 4100/4, лабораторный тр-р от 0 до 1000 В.

Материалы: Провода ПВ 1 х 2,5 мм² - 3 м., кабель КРПТ-4х2,5 мм² - 2 м, изолента.

№№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	Вводный инструктаж. По лекционному материалу и пособиям изучить методику и объем испытаний электродвигателей при вводе в эксплуатацию и после капитального ремонта. Выбрать пускозащитную и измерительную аппаратуру. Говорить правила безопасности при работе с асинхронными электродвигателями.	Изучить инструкционную карту и инструкции по технике безопасности.
2.	Подготовка рабочего места, инструмента, материалов, оборудования.	Подобрать инструменты, оборудование, материалы согласно задания.
3.	Осмотреть двигатель, изучить паспортные данные, проверить схему соединения обмоток.	Схема соединения обмоток трехфазного электродвигателя напряжением 380 В – «звезда».
4.	Проверить сопротивление изоляции обмоток: между фазными обмотками и корпусом.	
5.	Проверить электрическую прочность изоляции повышенным напряжением промышленной частоты 50 Гц в течении 1 минуты.	Лабораторный трансформатор.

6.	Подключить двигатель и произвести пробный пуск в режиме холостого хода, зафиксировать ток холостого хода.	Пуско-защитная аппаратура, амперметры.
7.	Дать на двигатель нагрузку и проконтролировать пусковой и нагрузочный токи.	Включение и отключение от сети производит преподаватель.
8.	Выполнить демонтаж схемы, убрать рабочее место. Написать отчет о проделанной работе.	

Контрольные вопросы:

1. Какие испытания проводят при приемке смонтированного электродвигателя в эксплуатацию?
2. Какими методами можно определить маркировку выводных концов асинхронных электродвигателей?
3. Как контролируют загрузку и температуру электродвигателей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: СПОСОБЫ ПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить способы пуска АД; научиться осуществлять пуск АД разными способами.

Для выполнения работы необходимо

знать:

- назначение и устройство АД;
- области применения АД;
- устройство реакторов автотрансформаторов коммутационного оборудования;
- устройство дросселя и алгоритм его подключения;

уметь:

- анализировать работу АД.

Выполнение данной практической работы способствует формированию профессиональных компетенций: **ПК 1.1. Выполнять наладку, регулировку и проверку электрического и электромеханического оборудования; ПК 1.3. Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования.**

ОБОРУДОВАНИЕ:

Асинхронный двигатель; коммутационная аппаратура, дроссели, автотрансформаторы.

Инструменты: отвертки, пассатижи, накидные ключи, молоток, выкаладки, съемник, вспомогательные приспособления, тиски.

Приборы: омметр

КРАТКАЯ ТЕОРИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Пуск непосредственным включением в сеть. Этот способ пуска, отличаясь простотой, имеет существенный недостаток: в момент подключения двигателя в сети в обмотке статора возникает пусковой ток, превышающий номинальный ток двигателя в 5 – 7 раз.

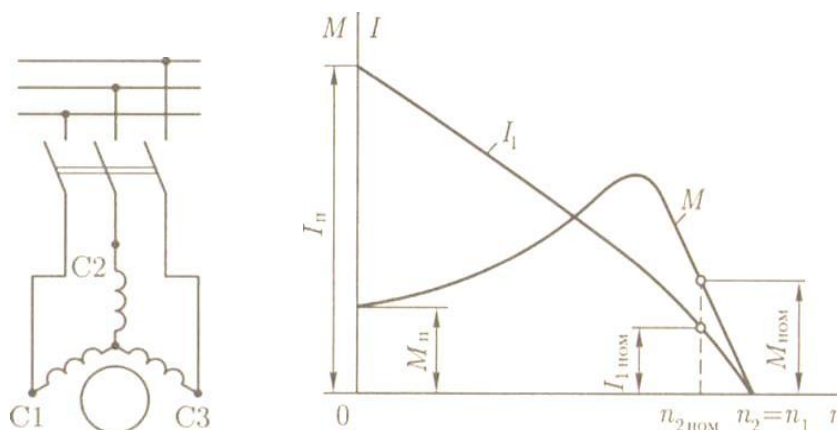


Рис.1. Схема непосредственного включения в сеть (а) и графики изменения тока и момента при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

При небольшой инерционности исполнительного механизма частота вращения двигателя быстро достигает установившегося значения и пусковой ток также быстро уменьшается, не вызывая чрезмерного перегрева обмотки

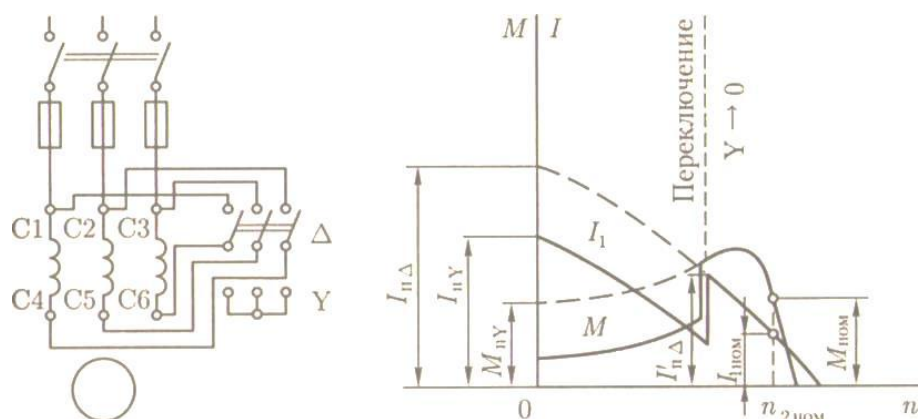
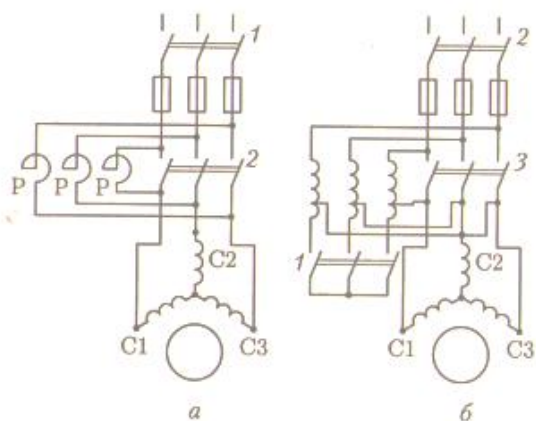


Рис. 2. Схема включения (а) и графики изменения момента и тока (фазного) при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со звезды на треугольник

статора. Но такой значительный бросок тока в питающей сети может вызвать в ней заметное падение напряжения, что нарушит работу других потребителей, включенных в эту сеть. Однако этот способ пуска, благодаря своей простоте, получил наибольшее применение для двигателей малой и средней мощности. Предельная мощность асинхронного двигателя, допускающего пуск прямым включением в сеть, определяется в каждом конкретном случае, в зависимости от допустимой нагрузки питающей сети. Включение такого двигателя в сеть, питающую другие силовые и осветительные устройства, не должно вызывать падения напряжения в этой сети более чем на 15 % от номинального значения. При этом необходимо иметь в виду условия пуска двигателя: пуск в режиме холостого хода или пуск под нагрузкой.

При необходимости уменьшения пускового тока двигателя применяют какой-либо из специальных способов пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении.

Пуск при пониженном напряжении. Пусковой ток двигателя пропорционален подведенному напряжению U_l , понижение которого вызывает соответствующее уменьшение пускового тока. Существует несколько способов понижения подводимого к двигателю напряжения. Рассмотрим некоторые из них.



Для асинхронных двигателей, работающих при соединении обмоток статора треугольником, можно применить *пуск переключением обмотки статора со звезды на треугольник* (рис. а). В момент подключения двигателя к сети переключатель ставят в положение «звезда», при котором обмотка статора оказывается соединенной в звезду, и фазное напряжение на статоре понижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшается и ток в фазных обмотках двигателя (рис. б). Кроме того, при соединении обмоток звездой линейный ток равен фазному, в то время как при соединении этих же обмоток треугольником линейный ток больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Следовательно, включив обмотки статора звездой, мы добиваемся уменьшения линейного тока в $(\sqrt{3})^2 = 3$ раза. После того как ротор двигателя разгонится до частоты вращения, близкой к установившейся, переключатель быстро переводят в положение «треугольник» и фазные обмотки двигателя оказываются под номинальным напряжением. Возникший при этом бросок тока до значения $I_{п\Delta}$ является незначительным.

Рассмотренный способ пуска имеет существенный недостаток – понижение фазного напряжения в $\sqrt{3}$ раз сопровождается уменьшением пускового момента в три раза, так как, пусковой момент асинхронного двигателя прямо пропорционален квадрату напряжения U_l . Такое значительное уменьшение пускового момента не позволяет применять этот способ пуска для двигателей, включаемых в сеть при значительной нагрузке на валу.

Описанный способ понижения напряжения при пуске применим лишь для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником. Более универсальным является способ пуска *понижением подводимого к двигателю напряжения посредством реакторов* (реактивных катушек – дросселей). Порядок включения двигателя в этом случае следующий (рис. 3, а). При разомкнутом рубильнике 2 включают рубильник 1. При этом ток из сети поступает в обмотку статора через реакторы Р, на которых происходит падение напряжения $j\dot{I}_п x_p$ (где x_p – индуктивное сопротивление реактора, Ом). В результате на обмотку статора подается пониженное напряжение $\dot{U}'_1 = \dot{U}_{1ном} - j\dot{I}_п x_p$. После разгона ротора двигателя включают рубильник 2 и подводимое к обмотке статора напряжение оказывается номинальным.

Преимущество применения дросселей при пуске асинхронных двигателей состоит в том, что по мере разгона ротора частота тока и роторе снижается ($f_2 = f_1 s$), а также уменьшается сопротивление дросселя $x_p = 2\pi f_1 s$. В конце пуска $x_p \approx 0$.

Недостаток этого способа пуска состоит в том, что понижение на напряжения в $(U'_1/U_{1ном})$ раз сопровождается уменьшением пускового момента M_n в $(U'_1/U_{1ном})^2$ раз.

При пуске двигателя через понижающий автотрансформатор (рис. 5, б) вначале замыкают рубильник 1, соединяющий обмотки автотрансформатора звездой, а затем включают рубильник 2 и двигатель оказывается подключенным на пониженное напряжение U'_1 . При этом пусковой ток двигателя, измеренный на выходе автотрансформатора, уменьшается в K_A раз, где K_A – коэффициент трансформации автотрансформатора. Что же касается тока в питающей двигатель сети, т. е. тока на входе автотрансформатора, то он уменьшается в K_A^2 раз по сравнению с пусковым током при непосредственном включении двигателя в сеть. Дело в том, что в понижающем автотрансформаторе первичный ток меньше вторичного в K_A раз и поэтому уменьшение пускового тока при автотрансформаторном пуске составляет $K_A K_A = K_A^2$ раз. Например, если кратность пускового тока асинхронного двигателя при непосредственном его включении в сеть составляет $I_{п}/I_{1ном} = 6$, а напряжение сети 380 В, то при автотрансформаторном пуске с понижением напряжения до 220 В кратность пускового тока в сети составит $I_{п}^1/I_{1ном} = 6/(380/220)^2 = 2$.

После первоначального разгона ротора двигателя рубильник 1 размыкают и автотрансформатор превращается в реактор. При этом напряжение на выводах обмотки статора несколько повышается, но все же

остается меньше номинального. Включением рубильника 3 на двигатель подается полное напряжение сети. Таким образом, автотрансформаторный пуск проходит тремя ступенями: на первой ступени к двигателю подводится напряжение $U_1' = (0,50 \div 0,60) U_{1ном}$, на второй $U_1' = (0,70 \div 0,80) U_{1ном}$ и, наконец, на третьей ступени к двигателю подводится номинальное напряжение $U_{1ном}$.

Как и предыдущие способы пуска при пониженном напряжении, автотрансформаторный способ сопровождается уменьшением пускового момента, так как значение последнего прямо пропорционально квадрату напряжения. Автотрансформаторный способ пуска лучше реакторного, так как при реакторном пуске пусковой ток в питающей сети уменьшается в $\frac{U_1'}{U_{1ном}}$ раз, а при автотрансформатором – в $(U_1'/U_{1ном})^2$ раз. Но некоторая сложность пусковой операции и повышенная стоимость пусковой аппаратуры (понижающий автотрансформатор и переключающая аппаратура) несколько ограничивают применение этого способа пуска асинхронных двигателей.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ФОРМА ОТЧЕТНОСТИ:

Задание 1. Изучить:

- схему непосредственного включения в сеть;
- схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с последующим переключением обмоток статора с треугольника на звезду;

Задание 2. Прочитать:

- схему непосредственного включения в сеть;
- схему пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с последующим переключением обмоток статора с треугольника на звезду;

Задание 3. Собрать изученные схемы и продемонстрировать преподавателю работоспособность схемы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Чем отличается работа двигателя в режиме треугольника и в режиме звезды?
2. Для чего нужны автотрансформаторы и дроссели при запуске электродвигателя?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: Определение начал и концов обмоток статора

Цель урока: учиться определять «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя.

Задачи:

- I. Изучить порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя методом трансформации .
- II. Изучить порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя методом подбора концов.
- III. Изучить порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя методом «развернутого треугольника».
- IV. Произвести нахождение «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя различными методами.

Ход работы:

1. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 235) порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя (АЭД) методом трансформации. Перечертите себе в тетрадь схему поиска «начала» и «концы» обмоток статора АЭД.

- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
- Составьте последовательность проведения проверки.

2. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 236) порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора асинхронного электродвигателя (АЭД) методом подбора концов.

- Начертите в тетради схему поиска «начала» и «концы» обмоток статора АЭД.
- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
- Какие электродвигатели нельзя проверять данным методом.
- Составьте последовательность проведения проверки

3. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 236) порядок нахождения «начала» и «концы» обмоток статора АЭД методом «развернутого треугольника».

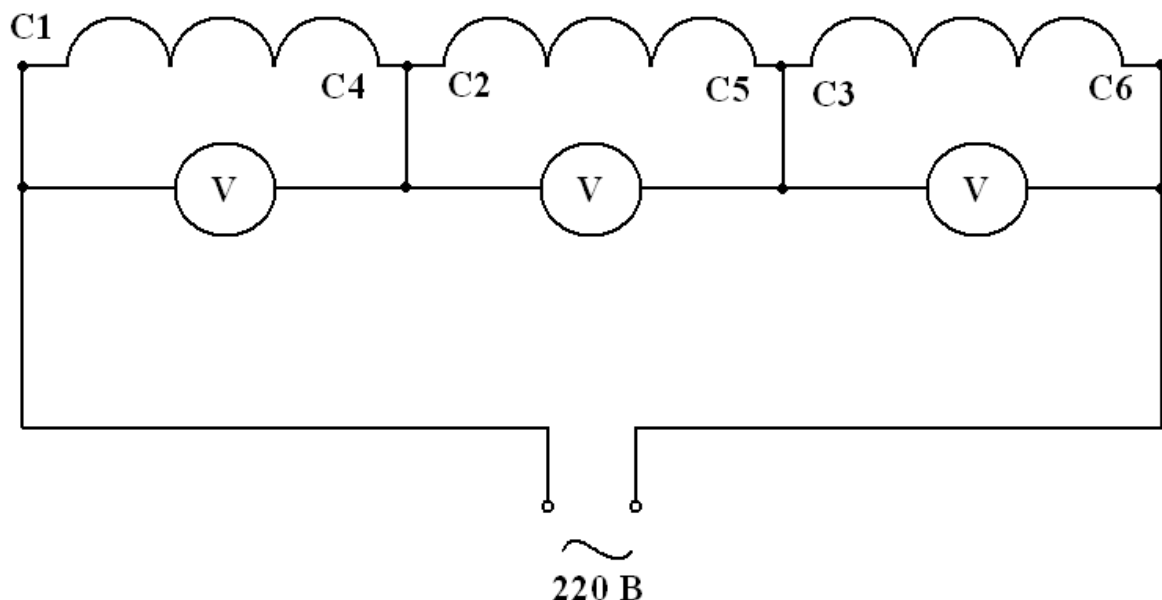
- Начертите в тетради схему поиска «начала» и «концы» обмоток статора АЭД методом «развернутого треугольника».
- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.

4. Произведите поиск «начала» и «концы» обмоток статора АЭД различными методами и составьте отчет по проделанной работе

Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для метода трансформации.
2. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для метода подбора концов.
3. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для метода «развернутого треугольника».
4. Опишите последовательность проведения проверки методом трансформации .
5. Опишите последовательность проведения проверки методом подбора концов
6. Опишите последовательность проведения проверки методом подбора концов.

Приложение А



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: Дефектация асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

Цель работы:

1. Выполнить дефектацию электродвигателя.
2. Составить дефективную ведомость.
3. Устранить обнаруженные неисправности в обмотке статора и сборочных единицах с подшипниками.

Методика выполнения работы. Перед выполнением задания следует проверить, подготовлено ли рабочее место в соответствии с правилами безопасности. При дефектации электродвигателя необходимо, используя современные диагностические средства, проконтролировать целостность статорной обмотки; определить, нет ли замыканий между фазными обмотками, обмотками и корпусом, а также межвитковых; проверить, нет ли обрывов стержней короткозамкнутого ротора в собранном и разобранном электродвигателе; найти неисправности в сборочных единицах с подшипниками.

Инструменты: Монтерский инструмент, набор ключей.

Оборудование: Асинхронный электродвигатель с к.з. ротором, мегаомметр М 4100/4 на 1000 В, омметр, электромагнит.

Материалы: Монтажные провода.

№№ п/п	Содержание и последовательность выполнения задания	Тех. условия
1.	Подготовить рабочее место, оборудование, инструментов, ознакомиться с правилами техники безопасности, лекционным материалом и методическими пособиями.	Руководствоваться методическими пособиями на рабочем месте.
2.	Провести дефектацию двигателя в сборе, выявить механические и электрические неисправности, затем разобрать электродвигатель, выполнить дефектацию механической части: посадочные места под подшипника в подшипниковых щитах, вала ротора; электрическую часть: мегаомметром проверить на обрыв цепи в обмотках; замыкание между фазными и обмотками, обмоткой и корпусом; межвитковые замыкания. Выявляются контрольной лампой, омметром, либо одним из методов: симметрии токов или напряжений; милливольтметра; электромагнита.	Подачу напряжения к установке и отключение выполняет преподаватель
3.	Составить дефектную ведомость. Устранить обнаруженные неисправности составить письменный отчет о проделанной работе.	

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды ремонтов электрических машин и сроки их проведения.
2. Перечислите операции текущего ремонта.
3. Назвать Виды неисправностей электродвигателя с к.з. ротором.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: Изучение способов сушки изоляции электродвигателей

Цель урока: учиться производить сушку обмоток статора асинхронного электродвигателя различными методами.

Задачи:

1. Изучить порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом .
2. Изучить порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
3. Изучить порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.
4. Научиться производить сборку схему и настройку сушки токовым методом.

Ход работы:

1. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 245) порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом.

- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
- Составьте последовательность проведения сушки.

2. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 246) порядок сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.

- Начертите в тетради схему сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.
- Составьте последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом

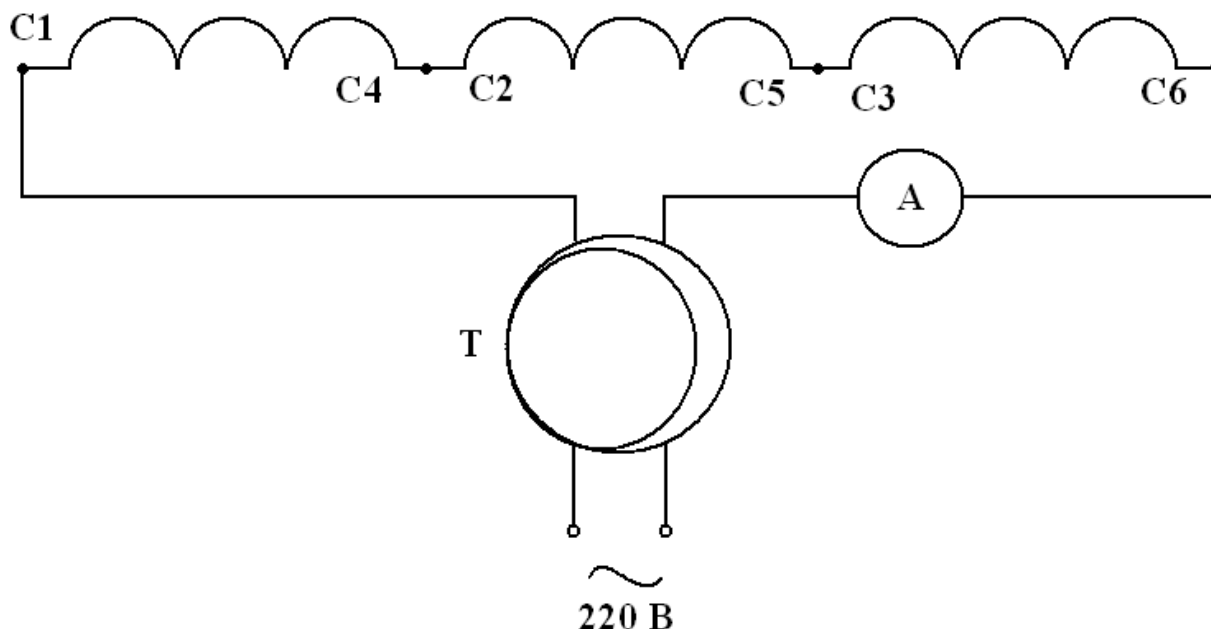
3. Найдите в учебнике Коломиец А.П. «Устройство, ремонт и обслуживание электрооборудования в сельскохозяйственном производстве» (стр. 246) порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.

- Начертите в тетради схему порядок токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.

- Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для данного метода.

4. Производите сборку схемы и настройку сушки токовым методом. (Приложение А).

Рис. 1. Сушка изоляции малыми токами



Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя внешним нагревом.
2. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя индукционным нагревом.
3. Перечислите оборудование, которое необходимо использовать для токовой сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя.
4. Опишите последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя, внешним нагревом.
5. Опишите последовательность проведения сушки обмоток статора асинхронного электродвигателя, индукционным нагревом.
6. Опишите последовательность проведения токовой сушки, обмоток статора асинхронного электродвигателя.
7. Опишите значение коэффициента абсорбции.
8. Опишите процесс замера коэффициента абсорбции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Расчет эксплуатационных показателей асинхронного двигателя»

*Обучающийся должен
знать:*

- устройство асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;

уметь:

- рассчитывать параметры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором;
- строить механическую характеристику АД с короткозамкнутым ротором.

Задача. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР имеет технические данные, приведенные в таблице, работает от сети с частотой 50 Гц и напряжением $U_C = 380\text{В}$.

Определить: высоту оси вращения h ; число полюсов $2p$; особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое скольжение $S_{кр}$; частоту вращения поля статора n_1 и частоту вращения ротора при номинальной нагрузке n_n ; частоту тока в роторе при номинальной нагрузке f_{2S} , номинальный момент на валу двигателя $M_{ном}$; начальный пусковой M_n и максимальный $M_{макс}$ моменты; силу номинального и пускового токов I_n и I_n питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем мощность P_1 (кВт) при номинальной нагрузке.

Рассчитать данные и построить механическую характеристику электродвигателя $M = f(S)$, приняв $S = 0$, S_n , $S_{кр}$, $S = 1$, $S = 0,4$ и $S = 0,6$.

Примечание: Для электродвигателей, имеющих соединение обмоток только «звездой», определить, насколько изменится сила пускового тока. Начальный, пусковой и максимальный моменты при снижении напряжения в сети на 10%.

Таблица. Исходные данные к задаче

вариант	Типоразмер двигателя	Номинальная мощность P_n , кВт	При номинальной нагрузке			$\frac{M_n}{M_{ном}}$	$\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{I_n}{I_{ном}}$	Номинальное напряжение U_n , В при соединении обмоток статора	
			КПД, %	$\cos \phi$	скольжение S_n , %				У	Д
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АИР100S2Y1	4	87	0,88	5	2	2,2	7,5	380	-
2	АИР100L2Y3	5,5	88	0,89	5	2	2,2	7,5	380	-
3	АИР112M2Y3	7,5	87,5	0,8	3,5	2	2,2	7,5	380	-

				8						
4	АИР132М2У3	11	88	0,9	3	1,6	2,2	7,5	380	-
5	АИР160S2У2	15	89	0,8 9	3	1,8	2,7	7	660	380
6	АИР160М2У2	18,5	89,5	0,9	3	1,8	2,7	7	660	380
7	АИР180S2У1	22	89,5	0,8 8	2,7	1,7	2,7	7	660	380
8	АИР100L4СУ1	4	85	0,8 4	6	2	2,2	7	380	-
9	АИР112М4У5	5,5	87,5	0,8 8	4,5	2	2,2	7	380	-
10	АИР132S4У2	7,5	87,5	0,8 6	4	2	2,2	7,5	380	-
11	АИР132М4У2	11	87,5	0,8 7	3,5	2	2,2	7,5	380	-
12	АИР160S4У2	15	89,5	0,8 9	3	1,9	2,9	7	660	380
13	АИР160М4У2	18,5	90	0,8 9	3	1,9	2,9	7	660	380
14	АИР180М2СУ 1	30	90,5	0,8 8	2,5	1,7	2,7	7,5	660	380
15	АИР180М4У2	30	91,5	0,8 6	2	1,7	2,7	7	660	380
16	АИР112М6СУ 1	4	82	0,8 1	5	2	2,2	6	380	-
17	АИР132S6СУ1	5,5	85	0,8	4	2	2,2	7	380	-
18	АИР132М6У3	7,5	85	0,8 1	4	2	2,2	7	380	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	АИР160S6У4	11	87	0,8 4	3	1,7	2,5	6,5	380	-
20	АИР160М6У2	15	88	0,8 5	3	1,7	2,6	6,5	660	380
21	АИР180М6У2	18,5	88	0,8 5	2	1,6	2,4	6,5	660	380
22	АИР132М8У5	5,5	83	0,7 4	5	1,8	2,2	6	380	-
23	АИР160S8У4	7,5	87	0,7 5	3	1,6	2,4	5,5	380	-
24	АИР160М8У3	11	87,5	0,7 5	3	1,6	2,4	6	380	-
25	АИР180М8У2	15	89	0,8 2	2,5	1,6	2,2	5,5	660	380

Задание 1.

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором АИР180S4У2 имеет следующие технические данные: номинальную мощность $P_n = 22$ кВт; номинальное напряжение при соединении обмоток в треугольник или звезду $U_n = 380/660$ В; скольжение $S_n = 2,5\%$; КПД = 90%, $\cos\varphi = 0,87$; кратности моментов: пускового $M_p/M_n = 1,5$; максимального $\lambda = M_{\max}/M_n = 2,4$, (κ - перегрузочная способность двигателя), минимального $\kappa = M_{\min}/M_n = 1,7$; кратность пускового тока $\kappa_i = I_{\text{пуск}}/I_{\text{ном}} = 6,5$.

Напряжение питающей сети $U_n = 380$ В (фазное), частота $f = 50$ Гц.

Определить: высоту оси вращения h , число полюсов $2p$, особые условия работы, климатическое исполнение, категорию размещения, критическое

скольжение $S_{кр}$, частоту вращения поля статора n_1 частоту тока в роторе f_{2s} и частоту вращения ротора $n_{ном}$ при номинальной нагрузке, момент на валу $M_{ном}$, начальный пусковой $M_{п}$ и максимальный $M_{макс}$ моменты; силу номинального и пускового токов $I_{1н}$ и $I_{п}$ в питающей сети при соединении обмоток статора звездой и треугольником; потребляемую электродвигателем мощность при номинальной нагрузке P_1 (кВт).

По упрощенной формуле Клосса рассчитать данные и построить механическую характеристику $M=f(S)$.

Решение:

1. Высоту оси вращения h и число полюсов $2p$ находят из структуры обозначения типоразмера электродвигателя: АИР180S4У2

$$h = 180 \text{ мм}; 2p = 4.$$

Буква «У» в структуре обозначения показывает, что двигатель предназначен для работы в умеренном климате, цифра 2 - для размещения под навесом (вторая категория размещения).

2. Критическое скольжение:

$$S_{кр} = S_{ном} \left(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1} \right) = 2,5 \left(2,4 + \sqrt{2,4^2 - 1} \right) = 2,5 * 4,58 = 11,5\%$$

3. Частота вращения поля статора:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500 \text{ мин}^{-1}.$$

4. Частота тока в роторе при номинальной нагрузке:

$$f_{2s} = f_1 * S_{ном} = 50 * 0,025 = 1,25 \text{ Гц}.$$

5. Частота вращения ротора при номинальной нагрузке:

$$n_n = n_1 (1 - S_n) = 1500 * (1 - 0,025) \approx 1462 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Номинальный момент на валу двигателя:

$$M_{ном} = 9,55 \frac{P_n}{n_n} = 9,55 \frac{22 \cdot 10^3}{1462} = 143,7 \text{ Нм}.$$

7. Начальный пусковой момент:

$$M_{п} = 1,5 * M_{ном} = 1,5 * 143,7 = 215,55 \text{ Нм}.$$

8. Максимальный момент:

$$M_{макс} = \lambda * M_{ном} = 2,4 * 143,7 = 344,88 \text{ Нм}.$$

9. Потребляемая электродвигателем из сети мощность:

$$P_1 = P_n / \eta_n = 22 / 0,9 = 24,44 \text{ кВт}.$$

10. Сила номинального тока в питающей сети определяется при сопряжении обмоток статора в «треугольник»:

$$I_{1ном} = P_1 / \sqrt{3} U_1 * \cos \varphi_n = 24440 / 1,73 * 380 * 0,87 = 42,73 \text{ А}.$$

Сила номинального тока в фазе обмотки статора:

$$I_{1ф} = I_{1ном} / \sqrt{3} = 42,73 / 1,73 = 24,7 \text{ А}.$$

11. Сила пускового тока при соединении обмоток статора «треугольником» (то есть при номинальном напряжении):

$$I_{п\Delta} = k_i * I_{1ном} = 6,5 * 42,73 = 277,7 \text{ А}.$$

Сила пускового тока при соединении обмоток статора «звездой»:

$$I_{пY} = I_{п\Delta} / 3 = 277,7 / 3 = 92,6 \text{ А.}$$

12. Начальный пусковой и максимальный моменты также уменьшатся в 3 раза, так как развиваемый двигателем момент пропорционален квадрату напряжения U_1

$$M_{пY} = M_{п\Delta} / 3 = 215,55 / 3 \approx 71,8 \text{ Н м,}$$

$$M_{максY} = M_{макс\Delta} / 3 = 344,88 / 3 \approx 114,9 \text{ Н м.}$$

13. Значения моментов при $S = 0,4$ и $S = 0,6$ определяем по упрощенной формуле Клосса:

$$M = M_{макс} \frac{2}{S / S_{кр} + S_{кр} / S},$$

$$M_{0,4} \approx 344,88 \cdot \frac{2}{0,4/0,115 + 0,115/0,4} = 344,88 \cdot 0,53 = 183,17 \text{ Нм.}$$

$$M_{0,6} \approx 344,88 \cdot \frac{2}{0,6/0,115 + 0,115/0,6} = 344,88 \cdot 0,37 = 127,54 \text{ Нм.}$$

14. По значениям скольжений и моментов:

$S = 0 \text{ о.е.}$	$S_n = 0,025$	$S_{кр} = 0,115$	$S = 0,4$	$S = 0,6$	$S = 1$
$M = 0, \text{ Нм.}$	$M_n = 143,7$	$M_{кр} = 344,88$	$M_{0,4} = 183,17$	$M_{0,6} = 127,54$	$M_{пуск} = 215,55$

Строим механическую характеристику $M = f(S)$.

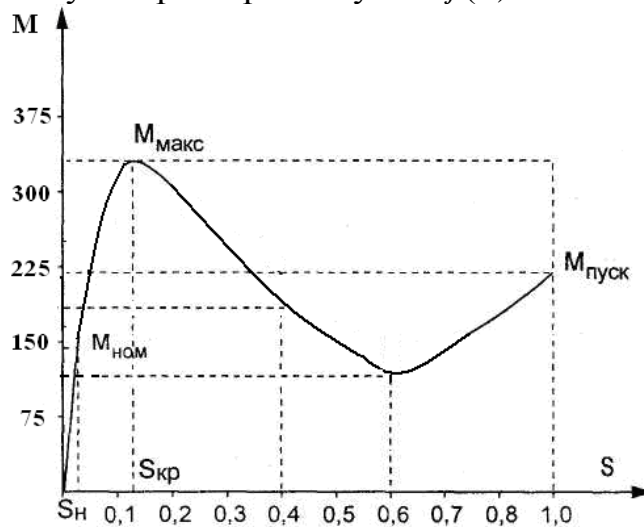


Рис. 1.3. Механическая характеристика асинхронного двигателя АИР180S4У2.

15. Сила пускового тока при снижении U_1 на 10%,

$$I_n^I = I_n \frac{0,9U_n}{U_n} = 0,9 \cdot 277,7 = 249,9 \text{ А.}$$

Начальный, пусковой и максимальный моменты составят при $U_1 = 0,9U_n$:

$$M_n^I = M_n \cdot \left(\frac{0,9U_n}{U_n} \right)^2 = 0,81 M_n = 0,81 \cdot 143,7 = 116,4 \text{ Нм;}$$

$$M_{макс}^I = M_{макс} \cdot \left(\frac{0,9U_n}{U_n} \right)^2 = 0,81 M_{макс} = 0,81 \cdot 344,88 = 279,35 \text{ Нм.}$$

Вывод. Квадратичная зависимость момента асинхронных двигателей от напряжения $M=U_c^2$ является их недостатком, так как при незначительном снижении напряжения момент существенно изменяется.

Изменение напряжения влияет не только на значения моментов, но и на значение частоты вращения двигателя.

Пуск двигателя возможен, если его пусковой момент $M_{\text{пуск}}$ больше момента M_c , равного сумме моментов холостого хода и сопротивления рабочей машины, приводимой во вращение.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА

Тема: Выбор пуско-защитной аппаратуры асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

*Обучающийся должен
знать:*

- условия выбора двигателя, магнитного пускателя, теплового реле, автоматического выключателя, предохранителя, сечения и марки привода (кабеля);

уметь:

- пользоваться справочной литературой.

Задача. Рабочая машина (агрегат, установка, рабочий механизм) приводится в движение с помощью передаточного устройства трехфазным АД с короткозамкнутым ротором. Двигатель питается от сети напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью при частоте $f_n = 50$ Гц.

Данные к задаче представлены в таблице.

Климатический район, где расположена рабочая машина, определить по месту расположения учебного заведения.

Требуется:

1. Вычертить схему управления двигателя рабочей машины в зависимости от наличия реверса с помощью магнитного пускателя.
2. Выбрать электродвигатель для привода рабочей машины, магнитный пускатель, тепловое реле, сечение провода (кабеля), автоматический выключатель для защиты электроустановки от перегрузки и короткого замыкания.

Таблица 1. Исходные данные к задаче

Варианты	Рабочая машина, агрегат, установка, механизм	Тип передачи	Частота вращения рабочего вала машины, мин ⁻¹	Потребляемая мощность, кВт	Характеристика места установки рабочей машины	Способ прокладки проводов (кабеля)
1	2	3	4	5	6	7
Дробилка – измельчитель грубых кормов повышенной влажности ИРТ-80						
01, 26, 51, 76	ротор дробилки	непосредственно	2920	27	под навесом	в металло-рукове
0,2 27, 52, 77	загрузочный бункер	вариаторная + коническая + клиноременная	$n_{мин}=218$ $n_{макс}=515$	1,4	—«—	—«—
Измельчитель грубых кормов ИГК 30Б						
03, 28, 53, 78	ротор дробилки	клиноременная 1:3	2920	25,6	—«—	—«—
Установка доильная «Елочка-Автомат» УДА-16А						
04, 29, 54, 79	молочный насос НМУ-6	непосредственно	2940	0,6	как и под навесом	в ПВХ-рукаве
05, 30, 55, 80	вакуумная установка УВУ-60	непосредственно	2850	3,2	—«—	—«—
Универсальная доильная установка УДС-3Б						
06, 31, 56,	вакуумная установка	непосредственно	2850	2,4	—«—	—«—

81	УВУ-45					
Резервуар – охладитель молока МКА-2000 л-2А						
07, 32, 57, 82	молочный насос МЦ-10-20	36 непосредственно	2850	1,2	—«—	—«—
Установка теплоохладильная ТХУ 23						
08, 33, 58, 83	насос хладоносителя (воды) 1,5К-6А	непосредственно	2900	1,5	—«—	—«—
Холодильная машина МВТ-20-01						
09, 34, 59, 84	вентилятор	непосредственно	1360	0,55	Сухое неотапливаемое	—«—
Агрегат картофелезапарочный АКЗ-3						
10, 35, 60, 85	выгрузной шнек	Червячный одноходовой редуктор + цепь	85	1,0		в металло-рукаве
1	2	3	4	5	6	7
Дробилка кормов молотковая ДКМ-5						
11, 36, 61, 86	ротор дробилки	непосредственно	2920	27	под навесом	—«—
12, 37, 62, 87	загрузочный шнек	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	0,9	—«—	—«—
Агрегат для сухой очистки и измельчения корнеклубнеплодов ИКУ-Ф-10						
13, 38, 63, 88	измельчитель кормов	непосредственно	975	7,0	—«—	—«—
14, 39, 64, 89	конвейер винтовой	непосредственно	950	2,0	—«—	—«—
15, 40, 65, 90	конвейер скребковый	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический 3:1	935	0,9	—«—	—«—
16, 41, 66, 91	очиститель	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический 1,54:1	935	1,85	—«—	—«—
Кормораздатчик КЭС-1,7						
17, 42, 67, 92	механизм передвижения	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	0,6	как и на открытом воздухе	гибкий кабель в металло-рукаве
18, 43, 68, 93	механизм раздачи корма	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	85	2,0	—«—	—«—
19, 44, 69, 94	Электрофреза для обработки почвы ФС-0,85А	Редуктор 2-х ступенчатый цилиндрический	240	3,0	—«—	гибкий кабель
20, 45, 70, 95	Нория Н1-10, h=30 м	червячный двухзаходный редуктор	114	1,0	—«—	в металло-рукаве
21, 46, 71, 96	Нория Н1-20, h=30 м	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор + клиноременная	92	3,5	—«—	—«—
22, 47, 72, 97	Нория Н1-100, h=30 м	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор + клиноременная	61	11	под навесом	—«—
23, 48, 73, 98	Ленточный трансформатор ЛТ-100	клиноременная	114	12	на открытом воздухе	—«—
24, 49, 74, 99	Цепной трансформатор Т1-ТСЦ-25/15	2-х ступенчатый цилиндрический редуктор	61	2,5	под навесом	—«—

25, 50, 75, 00	Токарно-винторезный станок 1К-62, главный привод	клиноременная + цилиндрический редуктор	20...3000	9	сухое, отапливаемое	в трубе
----------------	--	---	-----------	---	---------------------	---------

Методические указания

Задача – комплексная, содержит задания по выбору электродвигателя для привода конкретной рабочей машины, аппаратов управления, проводов (кабеля) для питания электродвигателя, аппаратов защиты.

Электродвигатели к рабочим машинам выбирают по условиям:

- по напряжению и роду тока $U_{ндв} = U_{сети}$
- частоте вращения $n_{ндв} = n_{раб. м.}$
- условиям окружающей среды: климатическое исполнение, категория размещения
- значению нагрузки: $P_{н. дв} \geq P_{потр. раб. м.} (P_x)$
- режиму нагрузки: длительный, кратковременный, повторно-кратковременный.

В сельскохозяйственном производстве, в основном, используют трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, предназначенные для продолжительного режима работы при напряжении 380/220 В.

Выбор электродвигателя по частоте вращения

Прямое соединение двигателя с машиной с помощью муфты возможно только при совпадении частот вращения двигателя и приводного вала машины. Если частоты не совпадают, то подбирают двигатель с большей частотой вращения и применяют соответствующего типа передачу. Тип передачи выбирают в зависимости от необходимого передаточного числа и конструктивных особенностей производственной установки.

Таблица 2. КПД и максимально допустимые передаточные числа различных передач

Тип передачи	Максимально допустимое передаточное число	КПД
Прямая (с помощью муфты)	1	
Клиноременная	10	0,95...0,96
Цепная	8	0,96...0,97
Зубчатая сухая	7	0,93...0,95
Зубчатая в масляной ванне	7	0,95...0,98
Двухступенчатый цилиндрический редуктор		0,86...0,94
Редуктор с однозаходной червячной передачей		0,72...0,77
Редуктор двухзаходной червячной передачей		0,80...0,85

При выборе электродвигателя по номинальной частоте вращения учитывают и технические показатели. Масса и стоимость быстроходных двигателей меньше, а номинальные КПД и коэффициент мощности $\cos\varphi$ больше.

Технико-экономические расчеты и практический опыт показывают, что в большинстве случаев наиболее экономичны двигатели с частотой вращения 1500 мин^{-1} . Число таких двигателей в сельском хозяйстве превышает 90%. Двигатели на 3000 мин^{-1} применяют для привода центробежных насосов и вентиляторов большого напора. Двигатели на 1000 мин^{-1} используют для привода поршневых компрессоров, вентиляторов среднего напора большой производительности и в других случаях, когда возможно прямое соединение с валом рабочей машины.

Тихоходные двигатели обладают техническими преимуществами по сравнению с быстроходными в том случае, когда осуществляются частые пуски и реверсы. При этом тихоходные двигатели, обладая малой величиной кинетической энергии ротора, обеспечивают меньшие потери энергии и время переходных процессов.

Выбирая тип двигателя в зависимости от характера нагрузки и мощности механизмов, можно руководствоваться следующими данными. При длительной постоянной и переменной нагрузках мощностью до 100 кВт наиболее экономичны асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, при нагрузках больше 100 кВт – синхронные двигатели. При резкопеременной нагрузке мощностью до 100 кВт применяют асинхронные двигатели с повышенным скольжением, при мощности свыше 100 кВт – асинхронные двигатели с фазным ротором.

Выбор электродвигателя по условиям окружающей среды

Электродвигатели одного и того же типа изготавливают в различных конструктивных исполнениях в зависимости от среды, в которой они могут работать, и способа механического монтажа их на производственной машине.

Выбор электродвигателей по характеру нагрузки

Различный характер работы технологических установок обусловил выделение восьми стандартизованных нагрузочных режимов работы двигателей электропривода, условное обозначение которых проставляется на паспортной табличке (щитке) электродвигателя: S1, S2...S8

Из них наиболее используемые: S1 – длительный, S2 – кратковременный, S3 – повторно-кратковременный.

Для режима работы S2 электродвигатели выпускают на стандартные продолжительности работы 10, 30, 60 и 90 мин.

Режим S3 дополнительно характеризуется относительной продолжительностью включения (ПВ):

$$ПВ = 100\% \cdot t_p / t_{\Sigma}$$

$$t_{\Sigma} = t_p + t_o$$

где t_p , t_o , t_{Σ} – продолжительности работы, отключения и одного цикла $t_{\Sigma} \leq 10$ мин.

Стандартные значения ПВ: 15, 25, 40 и 60%.

Выбор электродвигателя по мощности

Мощность электрического привода определяется мощностью используемого в его составе двигателя, который должен иметь в процессе работы допустимую температуру нагрева, надежно запускаться при возможных снижениях питающего напряжения, устойчиво работать при возникновении различных внешних возмущений.

Мощность двигателя для привода рабочей машины определяют по мощности нагрузки на ее валу (P_x), и режиму работы.

При выборе электродвигателя по мощности возможны два случая:

- 1) мощность нагрузки на валу рабочей машины известна (приводится в технической характеристике машины);
- 2) мощность нагрузки на валу рабочей машины неизвестна.

Во втором случае для определения мощности P_x нужно использовать нагрузочные диаграммы, снятые каким-либо регистрирующим прибором; нормативы, учитывающие расход энергии и выход вырабатываемой продукции; известные формулы для расчета P_x .

При известной мощности нагрузки P_x на валу рабочей машины мощность электродвигателя выбирают из условия

$$P_{\text{н-дв}} \geq P_x / \eta_{\text{п}} K_3,$$

где η – к.п.д. передачи (о.е), см. табл. 2.

K_3 - рекомендуемый коэффициент загрузки двигателя для данного типа машины или механизма (см. табл. 3.)

Таблица 3.

Наименование машин	Коэффициент загрузки, K_3
зерноочистительные и зерносушильные машины	1,0
транспортные устройства для подачи кормов, зерна на токах, сбора яиц	0,8
транспортные устройства для уборки навоза, помета	0,6
кормоприготовительные машины	0,6-1,0
доильные установки	0,8
сепараторы, пастеризаторы	0,95
маслоизготовительные и охлаждающие устройства	0,65
инкубаторы, насосы и вентиляторы	1,0
мельницы	0,7-0,9
металлообрабатывающие станки	1,0

Общий к.п.д. передачи всех механических передач из n-ступеней равен $\eta_{\text{п}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \eta_n$

Выбор аппаратов управления и защиты

Методика выбора аппаратов управления и защиты установлена руководящими техническими материалами РТМ «Методика выбора элементов пускорегулирующей и защитной аппаратуры электроприводов сельскохозяйственных машин». Согласно этому документу аппараты

управления и защиты выбирают в зависимости от установленной мощности и режима работы электроприемника, условий внешней среды, технических требований и монтажного исполнения.

Выбор аппаратов защиты начинают с определения вида (принципа действия) защиты. Неправильный выбор вида защиты способствует интенсивному старению изоляции и сокращению срока службы электроприемников, возникновению пожаров, а также поражению животных и людей электрическим током. Учитывая это, рекомендуют следующие виды защиты.

Таблица 4. Выбор вида защиты

Электроприемники	Вид защиты	Аппараты защиты
Электроприводы металлорежущих и деревообрабатывающих станков, зерноочистительных машин, механизмов, работающих в присутствии обслуживающего персонала	Токовая	Предохранители, тепловые реле. Автоматические выключатели
Электроприводы вентиляторов, насосов, компрессоров	Токовая	То же
Электроприводы механизмов, работающих в животноводческих помещениях	Температурная. Фазочувствительная	Устройства УВТЗ, ФУЗ-У, ФУЗ-М
Электроприводы дробилок, измельчителей, молотилок, мельниц, дозаторов, пилорам, котельных насосов, сушилок	То же	То же
Электроприводы транспортеров элеваторов, шнеков, тельферов, лебедок, кранов, лифтов	В зависимости от характера нагрузки. Токовая или температурная	Автоматические выключатели, устройства УВТЗ
Электроприводы механизмов, работающих без присутствия обслуживающего персонала (вентиляторы сушики сена, погружные насосы и пр.)	Температурная. Фазочувствительная	Устройства УВТЗ, ФУЗ-У, ФУЗ-М
Электротермические и осветительные установки	Токовая	Автоматические выключатели

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного управления трехфазными АД и другими электроустановками, а также для защиты от самозапуска, от снижения напряжения, а в исполнении с тепловыми реле от длительных перегрузок и обрыва фазы.

В настоящее время выпускают пускатели серии ПМЛ со встроенными тепловыми реле серии РТЛ, имеющие меньшие габаритные размеры, значительно ниже их инерционность, они постепенно заменяют пускатели старых серий ПМЕ, ПАЕ (см. приложения 2 и 3).

Выбор магнитных пускателей производится:

- по напряжению сети $U_{н.п.} \geq U_{сети}$;
- по роду тока и его значению $I_{н.п.} \geq I_{раб. макс}$;

- по напряжению катушки $U_K = U_{упр}$;
- по исполнению (степень защиты, категория размещения, необходимое количество вспомогательных контактов, наличие реверса, теплового реле и т.д.),

где $U_{н.п.}$, $U_{сети}$, U_K , $U_{упр}$ – соответственно номинальное напряжение пускателя, сети, катушки, управления. $I_{н.п.}$, $I_{р.макс}$ – соответственно номинальный ток пускателя, рабочий максимальный ток потребителя.

Выбор тепловых реле производится:

- по напряжению сети $U_{н.п.} \geq U_{сети}$;
- по роду тока и его значению $I_{н.п.} \geq I_{раб. макс}$;

$$I_{т.расц} \geq I_{р. макс};$$

$$I_y \geq I_{р. макс},$$

где $U_{н.п.}$, $U_{сети}$ – соответственно номинальное напряжение пускателя и сети; $I_{н.п.}$, $I_{т.расц}$, I_y – соответственно номинальный ток реле, теплового расцепителя и ток уставки теплового расцепителя; $I_{раб. макс}$ – рабочий максимальный ток потребителя.

Для асинхронного двигателя:

$$I_{р. макс} = I_{н.д.} \text{ если } k_3 \geq 0,7;$$

$$I_{р. макс} = 1,1 k_3 I_{н.д.} \text{ если } k_3 \leq 0,7.$$

Технические данные магнитных пускателей и тепловых реле представлены в приложениях 2 и 3.

Электропроводки выбирают в зависимости от вида электроприемников (стационарные, мобильные) с учетом условий окружающей среды и требований безопасности и противопожарной безопасности.

Для облегчения выбора марок проводов и кабелей и способа их прокладки можно пользоваться специальными справочными таблицами.

При этом следует выбирать провода и кабели с алюминиевыми жилами, за исключением тех случаев, когда электропроводки проектируются во взрывоопасных помещениях, в киноаппаратных, в зрительных залах на 800 и более мест и других объектах, где электропроводки выполняются проводами и кабелями с медными жилами. В сырых, особо сырых с химически активной средой, а также в пожароопасных помещениях следует применять провода и кабели с пластмассовой изоляцией.

Расчет сетей по нагреву заключается в выборе сечения проводника в зависимости от токовой нагрузки, ограниченной предельной допустимой для проводов и кабелей температурой. Длительно допустимая токовая нагрузка зависит от температуры окружающей среды.

Температура окружающей среды для воздуха принимают равной 25°C, для земли и воды +15°C.

$$\text{Таким образом } I_{доп} = I_{доп.табл} \cdot k_0,$$

где k_0 – поправочный коэффициент, принимается по таблице 1.3.3. ПУЭ-85.

Сечения проводов и кабелей напряжением до 1000 В определяются по условию нагревания длительным расчетным током

$$I_{доп} \geq I_p;$$

Для осветительных проводок с лампами накаливания расчетный ток определяют по формулам.

$$\text{Для однофазной линии освещения } I = \frac{P_p}{U_\phi}$$

Для двухфазной линии при подключении ламп на фазное напряжение

$$I = \frac{P_p}{2 \cdot U_\phi}$$

Для трехфазной линии

$$I = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

Если к осветительной проводке присоединены светильники с люминесцентными лампами, то расчетный ток определяют по формулам: для однофазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{ном}}{U_\phi \cdot \cos \varphi};$$

для двухфазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{ном}}{2 \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi};$$

для трехфазной линии

$$I = \frac{1,25 \cdot P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi};$$

Для ламп ДРЛ следует вместо коэффициента 1,25 подставить величину 1,12, так как ДРЛ имеет меньшие пусковые токи.

Длительные допустимые токи на изолированные провода представлены в приложении 6.

Допустимый ток ($I_{доп}$), кроме того, должен быть согласован с током аппарата защиты ($I_{пл.в}$ – плавкого предохранителя, или I_y – автоматического выключателя), защищающего данный участок сети.

Предохранители устанавливают в местах изменения сечения проводника (с большего на меньшее), на вводах в здание, в головных участках сети.

Выбор предохранителей производится:
по напряжению

$$U_{н.п.} \geq U_{сети};$$

по току предохранителя

$$I_{н.п.} \geq I_{р. макс};$$

по предельной коммутационной способности

$$I_{пр} \geq I_{к.з.}^{(3)} \quad \text{или} \quad \geq I_k^{(1)}$$

Номинальный ток плавкой вставки для безинерционных предохранителей должен удовлетворять двум условиям:

$$\begin{aligned} I_{пл.в.} &\geq I_{р. макс}; \\ I_{пл.в.} &\geq I_{макс} / \alpha, \end{aligned}$$

где $I_{пл.в}$, $I_{р.макс}$, $I_{макс}$ - соответственно ток плавкой вставки, ток рабочий максимальный, ток максимальный (пусковой или пиковый); α - коэффициент зависящий от длительности прохождения пускового (пикового) тока, $\alpha = 1,6 \dots 2,5$.

При $t_{пуска} < 8 \text{ сек}$ $\alpha = 2,5$
 $t_{пуска} > 8 \text{ сек}$ $\alpha = 1,6 \dots 2$.

Сечения проводов и кабелей согласуют с выбранными вставками:

1. $I_{доп} \geq 1,25 I_v$ – при защите от перегрузок;
 2. $I_{доп} \geq 0,33 I_v$ – при защите только от к.з. – по селективности защиты.
- Технические данные предохранителей представлены в приложении 5.

Выбор автоматических выключателей производится:

- по напряжению $U_{н.п.} \geq U_{сети}$;
- по роду тока и его значению $I_{н.а} \geq I_{р.макс}$;

Для отдельного двигателя за расчетный максимальный ток принимается

$$I_{р.макс} = I_{н.дв}, \text{ если } k_3 > 0,7;$$

$$I_{р.макс} = 1,1 \cdot k_3 \cdot I_{н.дв}, \text{ если } k_3 < 0,7.$$

Для группы двигателей

$$I_{р.макс} = \sum_{i=1}^{i=n} I_{н.дв.i},$$

где $I_{н.дв.i}$ - номинальный ток i -го двигателя, А,

n - число одновременно работающих двигателей

- *соответствия исполнения аппарата условиям окружающей среды и режиму работы;*

- *по току уставки теплового расцепителя автомата,*

$$I_{у.т.р.} \geq k_n I_{р.макс}$$

где k_n - коэффициент надежности для автоматических выключателей АЕ 2000, А 3700 – $k_n = 1,15$

ВА – $k_n = 1,2 \dots 1,35$ в зависимости от тока.

- *по типу уставки электромагнитного расцепителя*

$$I_{у.э.р.} \geq k_n I_{макс}$$

где $I_{макс} = k_i \cdot I_{н.дв}$ – для одиночного двигателя

$$I_{макс} = \sum_{i=1}^{i=n-1} I_{н.дв} + I_{пускмакс}.$$

где $\sum_{i=1}^{i=n-1} I_{н.дв}$ – сумма номинальных токов электродвигателей без пускаемого двигателя,

$I_{пускмакс}$ - наибольший пусковой ток одного из двигателей.

– *по предельно отключаемому току*

$$I_{пред.откл} \geq I_{к.з.макс}$$

– *по условию чувствительности при однофазных, коротких замыканиях:*

$$k_{\check{c}}^{(i)} \geq \frac{I_{к.з}^{(i)}}{I_{у.т.р.}} \geq 3 - \text{ для невзрывоопасной среды}$$

$$k_{\text{ч}}^{(1)} \geq \frac{I_{\text{кз}}^{(1)}}{I_{\text{у.т.р.}}} \geq 6 - \text{для взрывоопасной среды}$$

Сечение проводов и кабелей согласуют с выбранными уставками расцепителей автоматов:

1. $I_{\text{доп}} > 1,25 I_{\text{у.т.р.}}$ - при защите от перегрузок
2. $I_{\text{доп}} > I_{\text{утр}}/1,5$ - при защите только от к.з. для автоматов с тепловыми расцепителями
3. $I_{\text{доп}} > I_{\text{уэр}}/4,5$ - при защите только от к.з. для автоматов с электромагнитными расцепителями.

Технические данные проводов, предохранителей и автоматических выключателей приведены в приложениях 6, 5, 4 соответственно.

Пример задачи.

Электропривод основного движения токарно-винторезного станка осуществляется трехфазным асинхронным электродвигателем с к.з. ротором серии АИР с помощью клиноременной передачи и 2-х ступенчатого цилиндрического редуктора.

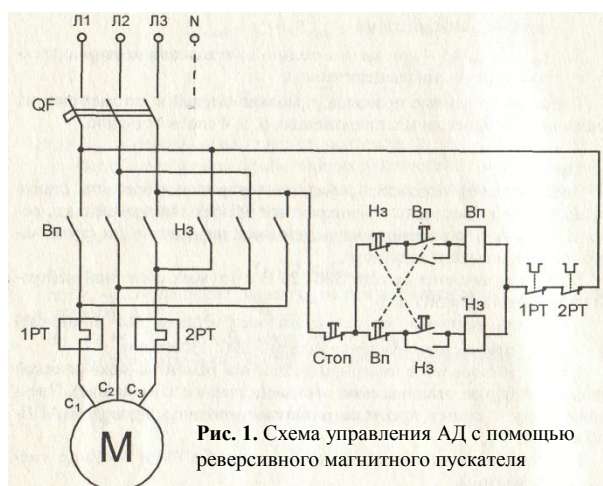
Двигатель питается от сети 380/220 В с глухозаземленной нейтралью при частоте $f_1 = 50$ Гц.

Мощность нагрузки на выходном валу станка (на шпинделе) $P_x = 6,3$ кВт при частоте вращения вала $n_x = 200...3000$ мин⁻¹.

Станок установлен в токарном отделении ремонтно-механической мастерской (сухое отапливаемое производственное помещение). Электропроводку к станку предусматривается выполнить проводом АПВ-660 в трубе. Микроклиматический район, где расположена РММ – «У» (с умеренным климатом).

Требуется:

1. Вычертить схему управления двигателем основного движения станка 1К62 с помощью реверсивного магнитного пускателя.
2. Выбрать электродвигатель для основного движения станка, магнитный пускатель, тепловое реле, сечение провода для питания станка, автоматический выключатель для защиты электроустановки от перегрузки и коротких замыканий.



Решение:

1. Вычерчиваем схему управления АД с помощью реверсивного магнитного пускателя.

2. Выбор электродвигателя.

Исходные данные: Мощность нагрузки: $P_x = 6,3$ кВт;

Тип передачи: клиноременная + 2-х ступенчатый цилиндрический редуктор;

Микроклиматический район расположения РММ - «У» (с умеренным климатом).

Помещение установки станка - сухое производственное отапливаемое - категория размещения - 4.

2.1. Определяем мощность электродвигателя из условия

$$P_{дв} \geq P_x / \eta_n K_3,$$

где $P_x = 6,3$ кВт - по условию

$\eta_n = \eta_{кл.рем} \cdot \eta_{ц.ред} = 0,95 \cdot 0,9 = 0,855$ - общий К.П.Д. передачи

$\eta_{кл.рем} = 0,95$ - К.П.Д. клиноременной передачи по табл. 2.

$\eta_{ц.ред} = 0,9$ - К.П.Д. передачи 2-х ступенчатого цилиндрического редуктора по табл. 2.

$K_3 = 1$ - коэффициент загрузки двигателя для токарно-винторезных станков по табл. 3.

$$P_{дв} = 6,3 / 0,855 \cdot 1 = 7,4 \text{ кВт.}$$

2.2. Выбираем стандартную номинальную мощность электродвигателя (см. приложение 1).

$$P_n = 7,5 \text{ кВт} \geq P_{да}$$

2.3. Определяем частоту вращения двигателя

$$n_{дв} = \frac{n_{x,мин} + n_{x,макс}}{2} = \frac{200 + 3000}{2} = \frac{3200}{2} = 1600 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем синхронную частоту вращения двигателя $n_1 = 1500 \text{ мин}^{-1}$, $2p = 4$.

2.4. По приложению 1 выбираем электродвигатель АМР132S4 с техническими данными:

$$P_n = 7,5 \text{ кВт,}$$

$$U_n = 380 \text{ В, } I_{ном} = 15,4 \text{ А.}$$

$$\eta = 87,5\%$$

$$\cos \varphi = 0,86$$

$$k_i = 7,5$$

$$n_n = 1440 \text{ мин}^{-1},$$

С привязкой по 1 варианту, с высотой оси вращения 132 мм, с установочным размером по длине станины S, четырехполюсный. Климатическое исполнение У, категория размещения 4. Двигатель - АИР13284У4.

2. Выбор магнитного пускателя

Исходные данные:

$P_n = 7,5$ кВт - номинальная мощность электродвигателя;

$I_{ном} = 15,4$ А - номинальный ток;

$U_n = 380$ В - номинальное напряжение;

$k_i = 7,5$ - кратность пускового тока;

место установки пускателя - шкаф управления станка;

реверс есть.

Решение:

1. По приложению 2 выбираем магнитный пускатель ПМЛ-2000 второй величины с номинальным током

$I_{н.п.} = 25$ А $> I_{н.дв.} = 15,4$ А.

2. Мощность управляемого двигателя при напряжении 380 В $P_{у.дв.} = 11$ кВт

$P_{у.дв.} = 11$ кВт $> P_{н.дв.} = 7,5$ кВт.

С учетом места установки, наличия реверса выбираем по приложению 2 пускатель ПМЛ-261102, реверсивный, без кнопок «Пуск» и «Стоп», открытого исполнения.

3. Выбор теплового реле

Исходные данные:

$P_n = 7,5$ кВт - номинальная мощность электродвигателя;

$U_n = 380$ В

$I_n = 15,4$ А

По приложению 3 выбираем тепловое реле РТЛ-102104, исходя из условия $I_{н.п.} = 25$ А $\geq I_{р.макс.} = I_n = 15,4$ А, так как $k_3 > 0,7$.

Среднее значение силы тока теплового элемента $I_{ср.} = 16$ А. Пределы регулирования силы тока несрабатывания 13... 19 А.

4. Выбор сечения проводов для питания электродвигателя

Исходные данные:

$P_n = 7,5$ кВт

$I_{ном} = 15,4$ А

$U_n = 380$ В

$k_i = 7,5$

Помещение сухое, отапливаемое, способ прокладки проводов – в трубе, рекомендуемый провод – АПВ-660.

Решение:

4.1. Определяем рабочий (расчетный) ток двигателя:

$I_{р. макс.} = I_n = 15,4$ А, так как $k_3 > 0,7$.

4.2. Максимальный ток двигателя

$I_{макс} = I_{пуск} = k_i \cdot I_n = 7,5 \cdot 15,4 = 115,5$ А.

4.3. По приложению 4 выбираем автоматический выключатель с комбинированным расцепителем АЕ 2000, исходя из условия:

$I_{н.п.} \geq I_{р.макс.} = 15,4$ А

Принимаем к установке автомат АЕ-2036 с $I_{н.а.} = 25$ А и $U_n = 500$ В.

4.4. Ток уставки теплового расцепителя автомата

$$I_{y.т.р.} \geq K_n \cdot I_{р.макс} = 1,15 \cdot 15,4 = 17,7 \text{ А},$$

где $K_n = 1,15$ – для автоматов АЕ-2000, принимаем $I_{y.т.р.} = 20 \text{ А}$.

4.5. Ток уставки электромагнитного расцепителя

$$I_{y.э.р.} \geq K_n \cdot I_{макс} = 1,15 \cdot 115,5 = 132,8 \text{ А}.$$

Принимаем $I_{y.э.р.} = 12 I_{ном}$, так как при $I_{y.э.р.} = 3 I_{ном}$ автоматический выключатель будет ложно срабатывать при пуске электродвигателя.

4.6. По приложению 6 выбираем сечение токопроводящей жилы $F = 4,0 \text{ мм}^2$ с $I_{доп. табл.} = 28 \text{ А}$ для трех проводов, проложенных в трубе (для данного помещения ПУЭ разрешают использовать трубу в качестве защитного и заземляющего проводников).

$$I_{доп. табл.} = 28 \text{ А} > I_{y.т.р.} = 20 \text{ А} > I_{р.макс.} = 15,4 \text{ А}.$$

Приложение 1.

Технические данные асинхронных электродвигателей трехфазного тока с короткозамкнутым ротором серии АИР мощностью от 0,25 до 75 кВт (по данным Информэлектро)

Тип двигателя	При номинальной нагрузке					Кратность пускового тока	Кратность моментов		
	Мощность, кВт	Частота вращения мин ⁻¹	сила тока статора, А	КПД %	коэффициент мощности		пускового	максимального	минимального
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИР56В2	0,25	2730	0,70	69	0,79	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63А2	0,37	2730	0,91	72	0,86	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР63В2	0,55	2730	1,31	75	0,85	5,0	2,2	2,2	1,8
АИР71А2	0,75	2820	1,75	78,5	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР71В2	1,1	2800	2,55	79	0,83	6,0	2,1	2,2	1,6
АИР80А2	1,5	2850	3,31	81	0,85	7,0	2,1	2,2	1,6
АИР80В2	2,2	2850	4,63	83	0,87	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР90L2	3,0	2850	6,13	84,5	0,88	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100S2	4,0	2850	7,94	87	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР100L2	5,5	2850	10,7	88	0,89	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР112M2	7,5	2900	14,8	87,5	0,88	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР132M2	11	2910	21,0	88	0,90	7,5	1,6	2,2	1,2
АИР160S2	15	2910	28,5	90	0,89	7,0	1,8	2,7	1,7
АИР160M2	18,5	2910	34,5	90,5	0,90	7,0	2,0	2,7	1,8
АИР180S2	22	2920	41,5	90,5	0,89	7,0	2,0	2,7	1,9
АИР1802	30	2920	55,5	91,5	0,90	7,5	2,2	3,0	1,9
АИР200M2	37	2940	70,6	91,5	0,87	7,0	1,6	2,8	1,5
АИР200L2	45	2940	86,5	92	0,88	7,5	1,8	2,8	1,5
АИР225M2	55	2940	99,3	92,5	0,91	7,5	1,8	2,6	1,5
АИР250S2	75	2940	136	93	0,90	7,5	1,8	3,0	1,6
АИР63А4	0,25	1320	0,88	68	0,67	5,0	2,1	2,2	1,8
АИР63В4	0,37	1320	1,18	68	0,70	5,0	2,1	2,2	1,8
АИР71А4	0,55	1360	1,69	70,5	0,70	5,0	2,3	2,2	1,8
АИР71В4	0,75	1360	2,14	73	0,73	5,0	2,2	2,2	1,6
АИР80А4	1,1	1395	2,75	75	0,81	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР80В4	1,5	1395	3,52	78	0,83	5,5	2,2	2,2	1,6
АИР90L4	2,2	1400	5,0	81	0,83	6,5	2,1	2,2	1,6
АИР100S4	3,0	1410	6,7	82	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L4	4,0	1410	8,4	85	0,83	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР112M4	5,5	1430	11,4	85,5	0,86	7,0	2,0	2,2	1,6

АИР160M8	7,5	725	17,5	87	0,75	5,5	1,6	2,4	1,4
АИР180M8	11	725	25,5	87,5	0,75	6,0	1,6	2,4	1,4
АИР200M8	15	730	31,2	89	0,82	5,5	1,6	2,2	1,5
АИР200L8	18,5	730	39,0	89	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР225M8	22	730	45,8	90	0,81	6,0	1,6	2,3	1,4
АИР250S8	30	730	62,2	90,5	0,81	6,0	1,4	2,3	1,3
АИР250M8	37	735	77,9	92,5	0,78	6,0	1,5	2,3	1,4
АИР280S8	45	735	93,6	92,5	0,79	6,0	1,4	2,2	1,3
АИР280M8	55	725	106	92	0,86	6,0	1,3	2,2	1,0
АИР315S8	75	725	141	93	0,87	6,0	1,4	2,2	1,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АИР132S4	7,5	1440	15,4	87,5	0,86	7,5	1,9	2,2	1,6
АИР132M4	11	1450	22,0	87,5	0,87	7,5	2,0	2,2	1,6
АИР160S4	15	1455	28,5	90	0,87	7,0	2,0	2,9	1,8
АИР160M4	18,5	1455	34,9	90,5	0,89	7,0	1,9	2,9	1,8
АИР180S4	22	1460	42,5	90,5	0,89	7,0	1,7	2,4	1,5
АИР200M4	37	1470	68,3	92,5	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР200L4	45	1470	83,0	92,2	0,89	7,5	1,7	2,7	1,6
АИР225M4	55	1470	101	93	0,89	7,0	1,7	2,6	1,6
АИР250S4	75	1480	138	94	0,89	7,5	1,7	2,5	1,4
АИР63B6	0,25	860	1,04	59	0,62	4,0	2,0	2,2	1,6
АИР71A6	0,37	915	1,31	65	0,65	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР71B6	0,55	915	1,74	68,6	0,70	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80A6	0,75	920	2,26	70	0,72	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР80B6	1,1	920	3,05	74	0,74	4,5	2,0	2,2	1,6
АИР90L6	7,5	925	4,2	76	0,72	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР100L6	2,2	945	5,6	81	0,74	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112MA6	3,0	950	7,1	81	0,76	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР112MB6	4,0	950	9,2	82	0,81	6,0	2,0	2,2	1,6
АИР132S6	6,5	960	12,3	85	0,80	7,0	2,0	2,2	1,6
АИРВ2M6	7,5	960	16,5	85,5	0,81	7,0	2,0	2,2	1,6
АИР160S6	11	970	22,9	89,5	0,83	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР160M6	15	970	30,1	88	0,85	6,5	2,0	2,7	1,6
АИР180M6	18,5	980	37	88	0,85	6,5	1,8	2,4	1,6
АИР200M6	22	980	14,7	90	0,83	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР200L6	30	975	59,6	90	0,85	6,5	1,6	2,4	1,4
АИР225M6	37	980	72,7	91	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250S6	45	980	87	92,5	0,85	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР250M6	55	980	105	92,5	0,86	6,5	1,5	2,3	1,4
АИР280S6	75	980	137	92,5	0,90	6,5	1,3	2,2	1,0
АИР80A8	0,25	690	1,04	56	0,65	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР80B8	0,37	700	1,54	60	0,61	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LA8	0,55	700	2,07	64	0,63	4,0	1,8	1,9	1,4
АИР90LB8	0,75	700	2,47	70	0,66	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР100L8	1,1	700	3,32	72	0,70	3,5	1,6	1,7	1,2
АИР112MA8	1,5	705	4,1	76	0,73	5,5	1,6	1,7	1,2
АИР112MB8	2,2	710	6,2	76,5	0,71	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132S8	3,0	710	7,8	79	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР132M8	4,0	715	10,5	83	0,70	6,0	1,8	2,2	1,4
АИР160S8	5,5	710	13,6	83	0,74	6,0	1,8	2,2	1,4

Приложение 2.

Технические данные пускателей серии ПМЛ (По данным каталога Информэлектро 07.14.01-79)

Величина пускателя	Номинальная сила тока, А	Число и исполнение контактов вспомогательной цепи	Тип и исполнение						
			Нереверсивное			Реверсивное			
			Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Без кнопок «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп»	С кнопками «Пуск» и «Стоп» и сигнальными лампами	Звезда — треугольник
1	10	1з. 1р.	ПМЛ-121002	ПМЛ-122002	ПМЛ-123002	ПМЛ-161102	ПМЛ-162102	ПМЛ-163102	ПМЛ-172002
2	25	1з. 1р.	ПМЛ-221002	ПМЛ-222002	ПМЛ-223002	ПМЛ-261102	ПМЛ-262102	ПМЛ-263102	ПМЛ-272002
3	40	1з. +1р.	+ ПМЛ-321002	ПМЛ-322002	ПМЛ-323002	ПМЛ-361002	ПМЛ-362002	ПМЛ-363002	-
4	63	1з. +1р.	+ ПМЛ-421002	ПМЛ-422002	ПМЛ-423002	ПМЛ-461002	ПМЛ-462002	ПМЛ-463002	ПМЛ-472002
5	80	1з. +1р. 2з. +2р.	+ ПМЛ-521002 + ПМЛ-521102	-	-	ПМЛ-561102 ПМЛ-561102	-	-	ПМЛ-472002 ПМЛ-571002
6	125	1з. +1р. 2з. +2р.	+ ПМЛ-621002 + ПМЛ-621002	-	-	ПМЛ-661002 ПМЛ-661102	-	-	ПМЛ-671002
7	200	2з. +2р.	+ ПМЛ-721102	-	-	ПМЛ-761102	-	-	-

Примечание к приложению 2.

1. Все пускатели имеют степень защиты IP54.
2. Пускатели первой - четвертой величины допускают установку одной дополнительной контактной приставки для вспомогательных цепей в исполнениях 4р.; 1з.+1р.; 2з.+2р.; 2з.; 4з.
3. Номинальная сила тока указана для пускателей открытого исполнения.

Приложение 4.

Технические данные трехполюсных автоматов с комбинированными расцепителями

Типо-исполнение	Номинальные сила тока и напряжение выключателя	Расцепители Сила номинального тока $I_{ном}$, А	Пределы регулирования	Кратность силы тока срабатывания
АЕ2016Р	10 А, 500 В	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10	$(0,9...1,15) \cdot I_{ном.р.}$	$12 \cdot I_{ном.р.}$
АЕ2036Р	25 А, 500 В	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25		
АЕ2046Р	63 А, 500 В	10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63		
АЕ2056Р	100 А, 500 В	16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100		
АП50Б	63 А, 500 В	1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 50; 63	$(0,6...1,0) \cdot I_{ном.р.}$	$12 \cdot I_{ном.р.}$
АЗ714Б	160 А, 660 В	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160	$(0,64...1,0) \cdot I_{ном.р.}$	
ВА51Г25	25 А, 660 В	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	$(0,8...1,0) \cdot I_{ном.р.}$	$10 \cdot I_{ном.р.}$
ВА51Г31	100 А, 660 В	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100		$14 \cdot I_{ном.р.}$
ВА51Г33	160 А, 660 В	80; 100; 125; 160		
ВА51-35	250 А, 660 В	160; 200; 250		$10 \cdot I_{ном.р.}$
ВА51-37	400 А, 660 В	250; 320; 400		
ВА51-39	630 А, 660 В	400; 500; 630		

Приложение 3.

Технические данные тепловых реле серии РТЛ, встраиваемых в пускатели НМЛ (согласно ТУ 16-523, 549-78)

Величина пускателя	Тип реле	Номинальная сила тока реле, А	Среднее значение силы тока теплового элемента реле, А	Пределы регулирования силы тока несрабатывания, А
1	2	3	4	5
1	РТЛ – 100104	25	0,14	0,1-0,17
	РТЛ – 100204		0,21	0,16-0,26
	РТЛ – 100304		0,32	0,24-0,4
	РТЛ – 100404		0,52	0,38-0,65
	РТЛ – 100504		0,8	0,61-1,0
	РТЛ – 100604		1,3	0,95-1,6
	РТЛ – 100704		2,0	1,5-2,6
	РТЛ – 100804		3,2	2,4-4,0
	РТЛ – 101004		5,0	3,8-6,0
	РТЛ – 101204		6,8	5,5-8,0
	РТЛ – 101404		8,5	7,0-10
2	РТЛ – 101004		8,5	7,0-10
	РТЛ – 101604		12	9,5-14
	РТЛ – 102104		16	13-19
	РТЛ – 202204		21,5	18-25
3	РТЛ – 102204	80	21,5	18-25
	РТЛ – 205304		27,0	23-32
	РТЛ – 205504		35,0	30-40
4	РТЛ – 205504		35	30-40
	РТЛ – 205704		44	38-50
	РТЛ – 205904		52	47-57
	РТЛ – 206104		60	54-66
5	РТЛ – 206104		60	54-66
	РТЛ – 206304		71,5	63-80
6	РТЛ – 206304	200	71,5	63-80
	РТЛ – 312504		99	75-105
	РТЛ – 312504		110	95-125
7	РТЛ – 312504		110	95-125
	РТЛ – 316004		140	120-160
	РТЛ – 320004		175	150-200

Приложение 5.

Технические данные плавких предохранителей

Тип	Исполнение	Номинальные величины			Разрывная способность (амплитудное значение), кА
		напряжение, В	ток патрона, А	ток плавкой вставки, А	
ПРС	Пробочный резьбовой	380	6	1,2,4,6	2
			20	10,16,20	60
			63	25,40,63	60
			100	80,100	60
НПН2	Закрытый неразборный с наполнителем	500	15	6,10,15	10
			60	15,20,25,35,45,60	10
ПН-Р (ПН2)	Закрытый разборный с наполнителем	500	100	30,40,50,60,80,100	50
			250	80,100,120,150,200,250	40
			400	20,250,300,350,400	25
ПР2	Закрытый разборный без наполнителя	500	15	6,10,15	7
			60	15,20,25,35,45,60	3,5
			100	60,80,100	10
			200	100,125,160,200	10
			350	200,225,260,300,350	11
ПН-50	Закрытый неразборный (стеклянный) без наполнителя	600	5	0,25; 0,5; 1;2;3;4,5	2

Приложение 6.

Длительные допустимые токи (токовые нагрузки)
на изолированные провода и кабели, в амперах

Площадь сечения токопроводящей жилы, мм ²	Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с медными жилами		Провода с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией с алюминиевыми жилами			Трехжильные кабели с медными жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, бронированные и небронированные		Трехжильные кабели с алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией, бронированные и небронированные	
	открытая проводка	три провода в трубе	открытая проводка	два провода в трубе	три провода в трубе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	30	25	24	20	19	25	38	19	29
4,0	41	35	32	28	28	35	49	27	38
6,0	50	42	39	36	32	42	60	32	46
10	80	60	55	50	47	55	90	42	70
16	100	80	80	60	60	75	115	60	90
25	140	100	105	85	80	95	150	75	115
35	170	125	130	100	95	120	180	90	140
50	215	170	165	140	130	145	225	110	175
70	270	210	210	175	165	180	275	140	210
95	330	255	255	215	200	220	330	170	255
120	385	290	295	245	220	260	385	200	295

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА (2 часа)

Тема: Заполнение наряда допуска в электроустановках

Задание: Заполните наряд допуск для работы в электроустановках, используя указания по заполнению.

УКАЗАНИЯ

по заполнению наряда-допуска для работы в электроустановках

1. Записи в наряде должны быть разборчивыми. Заполнение наряда карандашом и исправление текста запрещаются.
2. Система нумерации нарядов устанавливается руководством организации.
3. При указании дат пишутся число, месяц и две последние цифры, обозначающие год, например: 29.09.00, 19.12.01, 30.01.02.
4. Кроме фамилий работников, указываемых в наряде, записываются их инициалы и группа по электробезопасности.
5. В наряде указываются диспетчерские наименования (обозначения) электроустановок, присоединений, оборудования.
6. В случае недостатка строк в таблицах основного бланка наряда разрешается прикладывать к нему дополнительный бланк под тем же номером с указанием фамилии и инициалов выдающего наряд для продолжения записей. При этом в последних строках соответствующей таблицы основного бланка следует записать: «См. дополнительный бланк».

Лицевая сторона наряда

7. В строке «Подразделение» указывается структурное подразделение (цех, служба, район, участок) организации, в электроустановках которой предстоят работы.
8. В случаях, когда ответственный руководитель работ не назначается, в строке «Ответственному руководителю работ» указывается «Не назначается».
9. В строке «допускающему» указывается фамилия допускающего, назначаемого из числа оперативного персонала, или производителя (ответственного руководителя) работ из числа ремонтного персонала, совмещающего обязанности допускающего. При выполнении работ в электроустановках, где допускающим является работник из числа местного оперативного персонала, в строке записывается «оперативному персоналу» без указания фамилии.
10. В строке «с членами бригады» перечисляются члены бригады, выполняющие работы в электроустановке. При выполнении работ с применением автомобилей, механизмов и самоходных кранов указывается, кто из членов бригады является водителем, крановщиком, стропальщиком, а также тип механизма или самоходного крана, на котором он работает.

11. В строке «поручается»:

для электроустановок РУ и КЛ указываются наименование электроустановки

и ее присоединений, в которых предстоит работать, содержание работы;

для ВЛ указываются наименование линии и граница участка, где предстоит работать (номер опор, на которых или между которыми, включая их, будет проводиться работа, отдельные пролеты), а также содержание работы. Для многоцепной ВЛ указывается также наименование цепи, а при пофазном ремонте – и расположение фазы на опоре.

12. В строках «Работу начать» и «Работу закончить» указываются дата и время начала и окончания работы по данному наряду.

13. При работе в электроустановках РУ и на КЛ в таблице «Меры по подготовке рабочих мест» указываются:

в графе 1 – наименование электроустановок, в которых необходимо провести операции с коммутационными аппаратами и установить заземления;

в графе 2 – наименования (обозначения) коммутационных аппаратов, присоединений, оборудования, с которыми проводятся операции, и места, где должны быть установлены заземления.

Отключения во вторичных цепях, в устройствах релейной защиты, электроавматики, телемеханики, связи указывать в этой таблице не требуется.

14. При работе на ВЛ в таблице «Меры по подготовке рабочих мест» указываются:

в графе 1 – наименования линий, цепей, проводов, записанные в строке «поручается» наряда, а также наименования других ВЛ или цепей, подлежащих отключению и заземлению в связи с выполнением работ на ремонтируемой ВЛ или цепи (например, ВЛ, пересекающихся с ремонтируемой линией или проходящих вблизи нее, других цепей многоцепной ВЛ и т.п.);

в графе 2 для ВЛ, отключаемых и заземляемых допускающим из числа оперативного персонала, - наименование коммутационных аппаратов в РУ и на самой ВЛ, с которыми проводятся операции, и номера опор, на которых должны быть установлены заземления.

В этой же графе должны быть указаны номера опор или пролеты, где производитель работ должен установить заземления на провода и тросы на рабочем месте в соответствии с пп. 3.6.2, 3.6.6, 3.6.8, 3.6.10, 3.6.12 настоящих правил.

Если места установки заземлений при выдаче наряда определить нельзя или работа будет проводиться с перестановкой заземлений, в графе указывается «Заземлить на рабочих местах».

В графе 2 должны быть указаны также места, где производитель работ должен установить заземления на ВЛ, пересекающихся с ремонтируемой или

проходящей вблизи нее. Если эти ВЛ эксплуатируются другой организацией (службой), в строке наряда «Отдельные указания» должно быть указано о необходимости проверки заземлений, устанавливаемых персоналом этой организации (службы).

15. В таблицу «Меры по подготовке рабочих мест» должны быть внесены те операции с коммутационными аппаратами, которые нужны для подготовки непосредственно рабочего места. Переключения, выполняемые в процессе подготовки рабочего места, связанные с изменением схем (например, перевод присоединений с одной системы шин на другую, перевод участка сети с одного источника питания на другой и т.п.), в таблицу не записываются.

16. В тех случаях, когда допускающему из числа оперативного персонала при выдаче наряда поручается допуск на уже подготовленные рабочие места, в графу 2 таблицы выдающий наряд вносит перечень отключений и заземлений, необходимых для подготовки рабочих мест, и указывает, какие из этих операций уже выполнены.

При работах, не требующих подготовки рабочего места, в графах таблицы делается запись «Не требуется».

17. В строке «Отдельные указания» указываются:

дополнительные меры, обеспечивающие безопасность работников (установка ограждений, проверка воздуха в помещении на отсутствие водорода, меры пожарной безопасности и т.п.);

этапы работы и отдельные операции, которые должны выполняться под непрерывным управлением ответственного руководителя работ (п. 2.1.5 настоящих Правил);

в случае оформления наряда наблюдающему – фамилия и инициалы ответственного работника, возглавляющего бригаду (п. 2.1.8 настоящих Правил);

разрешение ответственному руководителю и производителю работ выполнять перевод работников на другое рабочее место (п. 32.9.1 настоящих Правил);

разрешение ответственному руководителю работ (наблюдающему) осуществлять повторный допуск (п. 2.10.3 настоящих Правил);

разрешение включить электроустановку или ее часть (отдельные коммутационные аппараты) без разрешения или распоряжения оперативного персонала (п. 2.12.2 настоящих Правил);

разрешается на временное снятие заземлений (п. 3.5.5 настоящих Правил);

разрешение производителю работ оперировать коммутационными аппаратами (п. 9.2 настоящих Правил);

указание о том, что ремонтируемая линия находится в зоне наведенного напряжения от другой ВЛ (п. 4.15.43 настоящих Правил);

дополнительные требования, предъявляемые к мерам безопасности при работах в зоне влияния электрического и магнитного поля (п. 4.1.18 настоящих Правил);

указание о необходимости проверки заземления ВЛ других организаций (п. 14 настоящего приложения),

Выдающему наряд разрешается вносить по своему усмотрению в эти строки и другие записи, связанные с выполняемой работой.

18. В строках «Наряд выдал» и «Наряд продлил» выдающий наряд указывает дату и время его подписания.

Работники, выдающие и продлевающие наряд, помимо подписи должны указывать свою фамилию.

19. Таблица «Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ» заполняется при получении разрешения на подготовку рабочего места и первичный допуск.

В графе 1 работники, подготавливающие рабочие места, и допускающий указывают должности и фамилии работников, выдавших разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ. При передаче разрешений лично в графе 1 расписываются работники, выдающие разрешение, с указанием своей должности.

В графе 2 указываются дата и время выдачи разрешения.

В графе 3 расписываются работники, получившие разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ. При подготовке рабочих мест несколькими работниками или работниками различных цехов в графе 3 расписываются все, кто готовил рабочие места.

Если разрешения на подготовку рабочего места и на допуск запрашиваются не одновременно, то в таблице «Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ» заполняют две строки: одну по разрешению на подготовку рабочего места, другую – по разрешению на допуск.

Оборотная сторона наряда

20. При работах в РУ и на КЛ в строках «Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались» допускающий указывает наименования оставшихся под напряжением токоведущих частей ремонтируемого и соседних присоединений(или оборудования соседних присоединений), ближайших к рабочему месту.

При работах на ВЛ в этих строках записываются наименования токоведущих частей, указанные выдающим наряд в строках «Отдельные указания», а при необходимости и наименования других токоведущих частей.

Допускающий и ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдающий, если ответственный руководитель не назначен) расписываются под строками «Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались» только при первичном допуске к выполнению работ.

21. В таблице «Ежедневный отпуск к работе и время ее окончания» оформляются ежедневный допуск к работе и ее окончание, в том числе допуск при переводе на другое рабочее место.

Если производитель работ совмещает обязанности допускающего, а также если производителю работ разрешено проводить повторный допуск бригады к выполнению работ, он расписывается в графах 3 и 4.

Когда ответственному руководителю работ разрешено проводить повторный допуск бригады к работам, он расписывается в графе 3.

Окончание работ, связанное с окончанием рабочего дня, производитель работ (наблюдающий) оформляет в графах 5 и 6.

22. В таблице «Изменения в составе бригады» при вводе в состав бригады или выводе из ее состава водителя автомобиля или машиниста механизма, крановщика указывается также тип закрепленного за ним автомобиля, механизма или самоходного крана. В графе 4 расписывается работник, выдавший разрешение на изменение состава бригады. При передаче разрешения по телефону, радио производитель работ в графе 4 указывает фамилию этого работника.

23. После полного окончания работ производитель работ (наблюдающий) и ответственный руководитель работ расписываются в соответствующих строках наряда, указывая при этом дату и время полного окончания работ. Если ответственный руководитель работ не назначался, то подпись в строке «Ответственный руководитель работ» не ставится.

Если во время оформления в наряде полного окончания работы оперативный персонал или допускающий из числа оперативного персонала отсутствует либо производитель работ совмещает обязанности допускающего, производитель работ или наблюдающий оформляет полное окончание работ только в своем экземпляре наряда, указывая должность и фамилию работника, которому он сообщил о полном окончании работ, а также дату и время сообщения.

Если во время оформления в наряде полного окончания работы оперативный персонал или допускающий из числа оперативного персонала присутствует, производитель работ или наблюдающий оформляет полное окончание работ в обоих экземплярах наряда.

Если бригада заземлений не устанавливала, то слова «заземления, установленные бригадой сняты» из текста сообщения вычерчиваются.

24. Допуску к работе по наряду предшествует проведение целевого инструктажа, оформляемого в таблице «Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске». Проведение целевого инструктажа должно охватывать всех участвующих в работе по наряду работников – от выдавшего наряд до членов бригады.

Подписи работников в таблице целевого инструктажа являются подтверждением проведения и получения инструктажа.

ЖУРНАЛ УЧЕТА РАБОТ ПО НАРЯДАМ И РАСПОРЯЖЕНИЯМ

Работы в электроустановках по нарядам-допускам (далее – нарядам) и распоряжениям учитываются в предназначенном для этого журнале по проведенной ниже форме.

При работах по нарядам в журнале оформляется только первичный допуск к работам и указываются номер наряда, место и наименование работы, дата и время начала и полного окончания работы (графы 2, 3, 9 и 10); при работах по распоряжению должны быть оформлены все графы журнала, за исключением графы 2 (номер наряда).

Форма журнала может быть дополнена или видоизменена.

Допускается учет работ по нарядам и распоряжениям вести иным образом, установленным руководителем организации, при сохранении сведений, содержащихся в графах формы журнала.

Независимо от принятого порядка учета работ по нарядам и распоряжениям, факт допуска к работе должен быть зарегистрирован записью в оперативном журнале.

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

Учет работ по нарядам и распоряжениям оформляется только в оперативном журнале, если выдача наряда или распоряжения исходит от работников из числа оперативного персонала, обладающих таким правом (п. 2.1.4 настоящих Правил).

При работах по распоряжению в графе 8 журнала регистрируется краткое содержание целевого инструктажа с подписями работника, отдавшего распоряжение и проводившего целевой инструктаж, и работников, получивших инструктаж. Если инструктаж проводится с использованием средств связи, проведение и получение инструктажа фиксируется в двух журналах учета работ по нарядам и распоряжениям – в журнале работника, отдавшего распоряжение, и в журнале работников, получивших инструктаж, с подтверждающими подписями в обоих журналах.

Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям должен быть пронумерован, прошнурован и скреплен печатью организации.

Срок хранения журнала – один месяц со дня регистрации в графе 10 полного окончания работы по последнему, зарегистрированному в журнале наряду или распоряжению.

Порядок работы

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

Организация _____
Подразделение _____

НАРЯД-ДОПУСК № _____
для работы в электроустановках

Ответственному руководителю работ _____
(фамилия, инициалы)

допускающему _____
(фамилия, инициалы)

Производителю работ _____
(фамилия, инициалы)

наблюдающему _____
(фамилия, инициалы)

с членами бригады _____
(фамилия, инициалы)

_____ (фамилия, инициалы)

поручается _____

Работу начать: дата _____ время _____
(дата) (время)

Работу начать: дата _____ время _____
(дата) (время)

Меры по подготовке рабочих мест

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

Отдельные указания _____

Работу начать: дата _____ время _____
(дата) (время)

Подпись _____

Фамилия _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

Наряд продлил по: дата _____ время _____
(дата) (время)

Подпись _____

Фамилия _____
(подпись) (фамилия, инициалы)

Дата _____ время _____
(дата) (время)

Разрешение на подготовку рабочих мест и на допуск к выполнению работ

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

Рабочие места подготовлены. Под напряжением остались:

Допускающий

(подпись)

Ответственный руководитель работ

(производитель работ или наблюдающий)

(подпись)

Ежедневный допуск к работе и время ее окончания

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

Изменения в составе бригаде

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

Регистрация целевого инструктажа при первичном допуске

Инструктаж провел	Инструктаж получил
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Лицо, выдавшее наряд </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Ответственный руководитель работ (производитель работ, наблюдаю- щий) </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Допускающий</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Ответственный руководитель работ </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Члены бригады</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Производитель работ (наблюдающий) </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Ответственный руководитель работ </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Производитель работ (наблюдающий) </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Производитель работ </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Члены бригады</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(фамилия, инициалы)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>(подпись)</div> <div style="border-bottom: 1px solid black; width: 150px;"></div> </div>

Работа полностью закончена, бригада удалена, заземления, установленные бригадой, сняты, сообщено

(кому) _____

(должность) _____

(фамилия, инициалы) _____

Дата _____ время _____

(дата)

(время)

Производитель работ (наблюдающий)

(подпись) (фамилия, инициалы)

Ответственный руководитель работ _____

(подпись) (фамилия, инициалы)