# БИЛЕТ №4

**4–1 Тиристорные устройства: Управляемые выпрямители, преобразователи переменного напряжения в переменное одной частоты. Схемы, принцип работы, область применения, достоинства и недостатки**

***Регулирование в источниках вторичного электропитания***

Величину выпрямленного напряжения в ряде случаев нужно изменять. Такая необходимость может возникнуть при включении мощных двигателей, накала генераторных ламп, для уменьшения бросков тока при включении. При исследовании работы РЭА, приборов, например, при снятии ВАХ также требуется регулируемое напряжение.

Регулирование выпрямленного напряжения можно осуществлять на стороне переменного тока (входе), на стороне постоянного тока (выходе) и в самом выпрямителе применением регулируемых вентилей.

В качестве регуляторов напряжения на стороне переменного тока применяются:

регулируемые трансформаторы или автотрансформаторы.

регулирующие дроссели (магнитные усилители).

В регулируемом трансформаторе или автотрансформаторе первичная или вторичная обмотка выполняются с несколькими выводами. С помощью переключателя изменяется число витков обмотки и, следовательно выходное напряжение трансформатора или автотрансформатора. При коммутации обмоток часть витков может оказаться замкнутой накоротко движком переключателя, что приведет к созданию в замкнутых витках чрезмерно больших токов и к выходу трансформатора из строя. Поэтому такую коммутацию рекомендуется производить после отключения трансформатора из сети. Это является большим недостатком. В ЛАТРах угольная щетка выполняется в виде ролика так, чтобы она могла перекрывать не более двух проводников, то есть чтобы не более одного витка замыкалось щеткой накоротко.

Регулирующий дроссель (или магнитный усилитель) включается на входе выпрямителя. Если обмотки переменного тока магнитного усилителя включить последовательно с нагрузкой и изменить ток в обмотке управления, то будет изменяться индуктивное сопротивление обмоток дросселя и падение напряжения на этих обмотках. Следовательно, будет изменяться. При увеличении , уменьшается , уменьшается , уменьшается и растет .

Недостатки: большая масса, габариты, значительная потребляемая реактивная мощность, то есть низкий , инерционность (большое время срабатывания).

Достоинства: простота, надежность.

Регулирование напряжения на стороне постоянного тока осуществляется переменными резисторами, включенными как делитель напряжения или реостат. Общим недостатком таких регуляторов является снижение К.П.Д., так как в них выделяется часть преобразуемой энергии.

**Применение тиристоров для регулирования напряжения**

В управляемых выпрямителях используются управляемые вентили – тиристоры. Регулирование осуществляется за счет задержки момента прохождения тока через вентиль по отношению к моменту его собственного отпирания. Так, например, в двухполупериодном выпрямителе при замене неуправляемых вентилей на управляемые и подаче на УЭ положительных управляющих импульсов напряжение на нагрузке изменится:

Постоянное напряжение уменьшится. Угол задержки включения называется углом управления . При увеличении уменьшается.

Для четкого момента включения: 1) управляющий импульс должен быть синхронизирован с частотой сети и иметь крутой передний фронт (скорость нарастания 20–30 В/мкс). 2) амплитуда и длительность управляющего импульса должны быть достаточными для надежного открывания, но амплитуда не должна превышать . Регулирование напряжения осуществляется путем изменения фазы управляющего импульса относительно фазы . Структурная схема управления вентилями:

ФУ – фазосдвигающее устройство, обеспечивающее регулировку фазы управляющего импульса УИ. Основным элементом является реактивный элемент дросселя или, например, емкость конденсатора.

Фазовращатель:

При изменении тока подмагничивания дросселя его индуктивность меняется и меняется угол . неизменно по величине.

ФУ может быть выполнено с емкостью:

ФИ – формирователь импульсов, формирующий и усиливающий управляющие импульсы, это может быть просто дифференцирующая цепочка.

В фазовращателе вертикального управления происходит сравнение постоянного напряжения (управляющего) с напряжением, линейно изменяющимся во времени и синхронизированном с .

В момент равенства сравниваемых напряжений формируется управляющий импульс. При изменении величины меняется фаза формируемого импульса относительно .

Многие тиристорные регуляторы мощности используют принцип фазового управления. Принцип работы таких регуляторов основан на изменении момента включения тиристора относительно перехода сетевого напряжения через ноль. На рисунке 1 черным цветом показано сетевое напряжение, а красным цветом – напряжение на нагрузке, подключенной к регулятору с фазовым управлением.

**4–2 Синхронный компенсатор: назначение, принцип работы. Общая информация**

Понимание того, насколько важно качество электроэнергии (соотношение ее активной и реактивной составляющих – коэффициент мощности), постоянно растет, и вместе с ним будет расти и применение **компенсации коэффициента мощности** (ККМ). Улучшение качества электроэнергии путем увеличения ее коэффициента мощности уменьшает расходы и гарантирует быстрое возвращение затраченных капиталов. В распределении мощности в сетях с малым и средним напряжением ККМ уделяет основное внимание соотношению активной и реактивной составляющих мощности (cosφ) и оптимизации стабильности напряжения, путем генерации реактивной мощности с целью увеличения качества и стабильности напряжения на распределительном уровне.

**Компенсатор синхронный,** синхронный электродвигатель, работающий без активной нагрузки, предназначенный для улучшения коэффициента мощности (cos) и регулирования напряжения в линиях электропередачи и в электрических сетях (см. *Компенсирующие устройства*). В зависимости от изменений величины и характера нагрузки (индуктивная или емкостная) электрической сети меняется напряжение у потребителя (на приемных концах линии электропередачи). Если нагрузка электрической сети велика и носит индуктивный характер, к сети подключают К. с., работающий в перевозбужденном режиме, что эквивалентно подключению емкостной нагрузки. При передаче электроэнергии по линии большой протяженности с малой нагрузкой на режим работы сети заметно влияет распределенная емкость в линии. В этом случае для компенсации емкостного тока в сети к линии подключают К. с., работающий в недовозбужденном режиме. Постоянство напряжения в линии поддерживается регулированием тока возбуждения от напряжения регулятора. Пуск К. с. осуществляется также, как и обычных синхронных двигателей; сила пускового тока К. с. составляет 30–100% его номинального значения. К. с. изготовляют мощностью до 100 *ква* и более; мощные К. с. имеют водородное или водяное охлаждение. Применяются главным образом на электрических подстанциях.

Синхронные компенсаторы серий КС и КСВ предназначаются для работы в качестве генераторов реактивной мощности и служат для улучшения коэффициента мощности сети и регулирования ее напряжения. Синхронные компенсаторы серии КС выполняются закрытыми с косвенным воздушным охлаждением и предназначаются для установки в закрытом помещении. Их вентиляция осуществляется по замкнутому циклу с охлаждением воздуха в водяных охладителях, расположенных в фундаментной яме. Компенсаторы серии КСВ имеют закрытое исполнение и охлаждаются водородом при избыточном давлении 0,1 МПа в КСВ-50 и 0,2 МПа в КСВ-100 и КСВ-160. Водород охлаждается в охладителях, размещенных в торцевых частях статора. Асинхронный пуск компенсаторов осуществляется при пониженном с помощью реактора напряжении (до 40% для КСВ-100 и КСВ-160 и до 50% для всех остальных компенсаторов).

На базе компенсаторов серии КСВ в настоящее время разработаны компенсаторы типов КСВБ и КСВБО, возбуждаемые от бесщеточных возбудителей, пристроенных с торцов компенсаторов. Компенсаторы типа КСВ»: имеют реверсивное возбуждение (положительное и отрицательное). Положительное возбуждение осуществляется, как и для компенсатора КСВБ, от будителя ВБД160–830У1, отрицательное – от возбудителя ВБДО160–145У1, который питает допол – нительную обмотку возбуждения, расположенную на полюсах ротора компенсатора.

**Генерация реактивной мощности**

Любое электрооборудование, использующее магнитные поля (двигатели, дроссели, трансформаторы, оборудование индукционного нагрева, генераторы для дуговой сварки) подвержено определенному запаздыванию при изменении тока, которое называется индуктивностью. Это запаздывание электрооборудования сохраняет направление тока на определенное время, не смотря на то, что отрицательное напряжение пытается его переменить. Пока этот фазовый сдвиг сохраняется, ток и напряжение имеют противоположные знаки. Производящаяся все это время отрицательная мощность отдается обратно в сеть. Когда ток и напряжение по знаку снова уравниваются, необходима такая же энергия, чтобы восстановить магнитные поля индукционного оборудования. Эта магнитная реверсионная энергия называется реактивной мощностью. В сетях с напряжением переменного тока (50/60 Hz) такой процесс повторяется 50–60 раз в секунду. Очевидным выходом из данной ситуации является накопление реверсионной магнитной энергии в конденсаторах с целью освобождения сети (линии питания).

Именно поэтому автоматические системы компенсации реактивной мощности (расстроенные / стандартные) устанавливаются на мощную нагрузку, например, на заводах. Такие системы состоят из нескольких конденсаторных блоков, которые могут быть подключены и отключены по мере надобности, и управляются контролером ККМ на основании данных трансформатора тока.

**Низкий коэффициент мощности (cosφ)**

Низкий cosφ приводит к

* повышению затрат и потребления энергии,
* уменьшению мощности, передающейся по сети,
* потерям мощности в сети
* повышению потерь трансформатора
* повышенному падению напряжения в распределенных сетях питания

**Увеличение коэффициента мощности**

Увеличение коэффициента мощности может быть достигнуто путем

* компенсации реактивной мощности конденсаторами
* активной компенсации – использование полупроводников
* перевозбуждением синхронных машин (двигатель / генератор)

**Типы ККМ (расстроенный или стандартный)**

* индивидуальная или фиксированная компенсация (каждый источник реактивной мощности компенсируется индивидуально)
* групповая компенсация (источники реактивной мощности объединены в группу и компенсируются как одно целое)
* центральная или автоматическая компенсация (централизованной системой ККМ)
* смешанная компенсация

В системе электроснабжения потери в сетях составляют 8–12% от объема производства. Для уменьшения этих потерь необходимо: правильно определять электрические нагрузки; рационально передавать и распределять электрическую энергию; обеспечивать необходимую степень надежности; обеспечивать необходимое качество электроэнергии; обеспечивать электромагнитную совместимость приемника с сетью; экономить электроэнергию. Мероприятия, могущие обеспечить вышеперечисленные задачи это – создание быстродействующих средств компенсации реактивной мощности, улучшающей качество; сокращение потерь достигается компенсацией реактивной мощности, увеличением загрузки трансформаторов, уменьшением потерь в них, приближением трансформаторов к нагрузкам, использование экономичного оборудования и оптимизация его режимов работы, а также использование автоматических систем управления электроснабжением. Режим работы энергосистемы характеризуется тремя параметрами: напряжением, током и активной мощностью. Вспомогательный параметр – реактивная мощность. Реактивная мощность и энергия ухудшают показатели работы энергосистемы, то есть загрузка реактивными токами генераторов электростанций увеличивает расход топлива; увеличиваются потери в подводящих сетях и приемниках; увеличивается падение напряжения в сетях. Реактивную мощность потребляют такие элементы питающей сети как трансформаторы электростанций; главные понизительные электростанции, линии электропередач – на это приходится 42% реактивной мощности генератора, из них 22% на повышающие трансформаторы; 6,5% на линии электропередач районной системы; 12,5% на понижающие трансформаторы. Основные же потребители реактивной мощности – асинхронные электродвигатели, которые потребляют 40% всей мощности совместно с бытовыми и собственными нуждами; электрические печи 8%; преобразователи 10%; трансформаторы всех ступеней трансформации 35%; линии электропередач 7%. Говоря иначе, существуют приемники электроэнергии, нуждающиеся в реактивной мощности. Одной реактивной мощности, выдаваемой генератором явно недостаточно. Увеличивать реактивную мощность, выдаваемую генератором нецелесообразно из-за вышеперечисленных причин, т.е. нужно выдавать реактивную мощность именно там, где она больше всего нужна.

**4–3 Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения: назначение, устройство, виды, предъявляемые требования**

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА электрических систем – совокупность устройств (или отдельное устройство), содержащая 1 или несколько реле и способная реагировать на нарушения нормального режима работы (напр., при коротком замыкании, перенапряжении) различных элементов электрической системы, автоматически выявлять их и давать команду на отключение поврежденного участка или какие-либо другие переключения в электрической системе.

|  |
| --- |
|  |

**Измерительная часть** включает: измерительные органы и пусковые органы. Непрерывно контролирует состояние защищаемого объекта и определяет условие срабатывания в соответствии со значениями входящих величин.включает: логический орган. Данная часть формирует управляющее воздействие в зависимости от комбинаций и последующих поступлений от сигналов измерительной части

**Сигнальный орган** формирует сигнал о срабатывании защиты, как в целом, так и отдельных ступеней.

**С**овременные крупные промышленные предприятия представляют собой комплекс ряда технологических, энергетических, транспортных, информационных и других систем с непрерывным режимом работы, характеризуются сложностью структуры и взаимосвязей между ними.

Технически грамотное применение и управление электрооборудованием позволяет максимально реализовать технологические возможности используемого оборудования, повысить его экономическую эффективность и обеспечить безопасность условий труда.

Цифровые устройства релейной защиты благодаря функциям диагностики выявляют повреждения или анормальные режимы работы электротехнического оборудования на ранней стадии его развития. Вместе с тем, в нормальных рабочих условиях, данные получаемые от устройств защиты могут быть использованы для оптимизации работы оборудования и повышения производительности предприятия в целом.

Внедряя современные средства защиты в общую систему автоматизации, управление электротехническим объектами может быть улучшено, а нежелательные внеплановые простои сокращены. Все это приводит к быстрой окупаемости устройств релейной защиты и диагностики, делая их ценным компонентом системы автоматизации предприятия.

Использование современной элементной базы высокой степени интеграции позволит повысить аппаратную надежность самих устройств защиты и диагностики, которая должна быть не ниже, чем надежность защищаемого оборудования.

* доступа к информации о состоянии и параметрах режима смежных элементов;
* возможности модернизации системы без изменения элементной базы путем введения новых алгоритмов;
* использования оборудования программно-, аппаратно- и конструктивно совместимого с локальной вычислительной сетью и другими автоматизированными системами;
* придания дополнительных свойств информативного характера, заключающихся в возможности индикации текущих значений контролируемых параметров и их фиксации в момент превышения заданных уставок.

# Требования, предъявляемые к релейной защите системой управления предприятия

**А**нализируя роль, которую занимают устройства защиты в системе производства продукции, необходимо рассматривать как процессы управления предприятием, так и требованиями к самому электрооборудованию. Эти требования должны исходить как от разработчиков электротехнического оборудования, релейной защиты, так и от людей занятых в автоматизации процессов производства предприятия.

Повышение требований в отношении надежности определяется поточностью технологического процесса. Выход из строя одного из звеньев технологической цепи приводит к ее остановке, к снижению производительности и качества продукции. Каждая остановка вызывает нарушение технологического процесса. Восстановление нормального режима после пуска во многих случаях требует довольно продолжительного времени. Кроме того, всякие нарушения технологического процесса, вызывающие колебание качества получаемых продуктов, отрицательно сказываются на последующих процессах, в которых они используются.

# Эффективность применения систем релейной защиты на предприятии

В современной экономике, предприятия должны производить качественную продукцию на приемлемом уровне затрат. Затраты, таким образом, можно разбить на следующие составляющие:

* инвестиционные;
* восстановительные и ремонтные;
* операционные;
* потери продукции при простоях;

Существует возможность минимизации перечисленных затрат при верном выборе и применении защитных средств электротехнического оборудования. Четкое управление агрегатом, механизмом совместно с устройством защиты приводит к решению использования менее мощного оборудования без чрезмерного запаса по мощности. Это позволяет снизить инвестиционные затраты, затраты на потребление электроэнергии, поскольку электродвигатель, линии питания и т.д. будут работать с большей эффективностью.

Выработка запланированных объемов, сокращение аварийных простоев технологического оборудования и связанная с ними недодача продукции предприятия находятся в прямой зависимости от правильной и четкой организации ухода, профилактических осмотров и планово-предупредительных ремонтов электрооборудования.

Расширение функциональных возможностей электрооборудования способствует использованию наиболее выгодных технологических режимов, повышает оперативность управления с целью оптимизации процессов.

Различные сбои в работе электрооборудования, завязанного в единые системы управления, ведут к потерям и снижению эффективности работы предприятия. Повышение уровня механизации и автоматизации производства требует повышения безопасности эксплуатации технологического и электрического оборудования. Применение в системах электроснабжения промышленного предприятия новых видов электрооборудования снизит потери электроэнергии в коммуникациях и повысит ее качество [3].

Внедрение на предприятии системы защиты и диагностики электрооборудования позволит эффективней эксплуатировать электрохозяйство, исключать неблагоприятные факторы в работе по электротехнической части и придерживаться вышеуказанных требований.

При внедрении микроконтроллерных устройств защиты и диагностики основного электрооборудования следует подробнее рассмотреть следующие факторы влияющие на эффективность их применения.

Отличительной особенностью защиты и диагностики электрооборудования является ее функционирование в реальном масштабе времени, т.е. в темпе протекания процессов. Влияние системы на эффективность производства проявляется как:

* экономия потребляемой электроэнергии и сокращение потерь;
* сокращение простоев и ремонтов и как следствие уменьшение непроизводительных затрат (оплата простоев, сверхурочных…) и следовательно прирост прибыли за счет их снижения или экономии на непроизводительных затратах;
* сокращение уровня брака и значит увеличение доходов от снижения брака;
* относительная экономия заработной платы основных производственных рабочих за счет увеличения разрыва между темпом прироста производительности труда и темпом прироста заработной платы;
* уменьшение сверхнормативных запасов товарно-материальных ценностей;
* частичное увеличение загрузки оборудования, смягчение (ликвидация) аритмии производства и следовательно увеличение сменности работы оборудования, увеличение объемов производства и пророст валовой прибыли.

К основным источникам эффективности системы следует отнести:

* улучшение использования электротехнического оборудования за счет сокращения времени простоев по организационно-техническим причинам, стабилизации и оптимизации режимов работы последнего и его загрузки, сокращение времени непроизводительной работы, улучшение сопряженности и ритмичности работы всех электротехнических аппаратов, линий, участков;
* улучшение использования электроэнергии;
* уменьшение затрат труда, вызванных внеплановыми ремонтами оборудования;
* сокращение или полной ликвидации сверхурочных работ и потерь от брака при возможных авариях;

Рассматриваемая система защиты и диагностики соотносится с вопросом стабилизации и оптимизации процесса производства. Это означает, что любая стабилизация требований, предъявляемых к производству, позволяет ему производить внутреннюю перестройку и приспосабливаться к этим требованиям таким образом, чтобы получить наибольший эффект. Физически он возникает благодаря тому, что персонал предприятия стремится так организовать свою работу, чтобы она была более эффективной. Если отсутствуют стимулы к повышению производительности труда, то работник старается обеспечить выполнение работы с наименьшими затратами сил. Если стимулируется повышение производительности труда, то, кроме упомянутого, работник старается увеличить объем выполненной работы [4].

В условиях интенсификации производства и режима экономии производственных ресурсов большое значение имеет сокращение расходов на ремонт оборудования с целью обеспечения максимальной его производительности.

Отмеченное положение на предприятии вызывает необходимость совершенствования действующей уже много лет системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) в части планирования затрат на капитальный ремонт и порядка расчета распределения расходов на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО).

Целесообразно в системе нормативов ППР учитывать стоимость единицы производительности оборудования и усилить хозрасчетную функцию амортизационных отчислений. Такой подход позволит обеспечить согласование производительности оборудования с затратами на ППР и снизить их. Для более достоверного учета, а следовательно и возможности определения резервов, в отличие от существующей практики обезличенного учета расходов по видам и группам оборудования, планировать (распределять) и учитывать РСЭО, следует исходя из стоимости оборудования [5].

Внезапное прекращение электроснабжения промышленного предприятия или возникновения повреждения и неисправностей звеньев технологического процесса, у ряда производств могут вызвать взрывы, пожары, выбросы ядовитых веществ, опасные концентрации газов, повреждения технологических установок.

Остановка технологического процесса сопровождается непроизводительными затратами. Основная доля этих непроизводительных затрат (ущерб) приходится на участок от минимального режима (или режима холостого хода) до остановки процесса. Этот же участок характеризуется наибольшей длительностью.

Если остановка технологического процесса идет не по оптимальному режиму, то непроизводительные затраты возрастают. Для каждой технологической установки существует также некоторое предельное время, за которое еще можно принять меры для остановки без катастрофических последствий.

Если возможное повреждение электрооборудования привело к нарушению технологического процесса, то после восстановления нормального режима работы последнего и ликвидации возможных повреждений технологического оборудования понадобится еще время для выхода на предаварийный объем производительности.

Ущерб при остановке технологического процесса выражается в следующем:

* ущерб от расстройства технологического процесса, брака, продукции, порчи сырья и материалов, аварий, выхода из строя и сокращения срока службы оборудования, увеличения расхода материалов, электроэнергии, труда на единицу продукции, простоя персонала и т.п., называется прямым ущербом или непосредственным;
* ущерб от недовыпуска продукции, называемой дополнительным ущербом;

Прямой ущерб складывается из ущерба, определяемым самим фактом возникновения аварии, а также ущербом, зависящим от длительности катастрофы и ущербом, учитывающим затраты на восстановление технологического процесса до номинального режима.

Ущерб от недоотпуска будет характеризоваться разницей сумм приведенных затрат предприятия при нормальной и ненормальной работе, поскольку количество фактического годового выпуска в последнем случае уменьшится, то и приведенные затраты на единицу продукции возрастут. Возможно, что дополнительного ущерба не будет, если недовыпуск продукции может быть компенсирован за счет резерва производительности без увеличения годовых затрат предприятия.

Работа электротехнического оборудования и приводных механизмов при пониженном качестве электроэнергии сопровождается снижением их технико-экономических показателей. В связи с эти ущерб подразделяют на электротехнический и технологический.

Технологическая составляющая прямого ущерба определяется суммой трех составляющих: обусловленной самим фактом нарушения нормальной работы электрооборудования или электроснабжения; зависящей от длительности нарушения или ремонта; учитывающей затраты на восстановление технологического процесса до номинального режима.

Для конкретного потребителя указанные составляющие определяют расчетным путем на основании анализа влияния нарушения нормальной работы электроустановок на работу потребителей или с использованием статистических и экспериментальных данных.

**4–4 Техническая документация: ведение документации на рабочих местах оперативного персонала**

Извлечение из правил «Технической эксплуатации электроустановок потребителей»

1.8.1. У каждого Потребителя должна быть следующая техническая документация:

• генеральный план с нанесенными зданиями, сооружениями и подземными электротехническими коммуникациями;

• утвержденная проектная документация (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями;

• акты приемки скрытых работ, испытаний и наладки электрооборудования, приемки электроустановок в эксплуатацию;

• исполнительные рабочие схемы первичных и вторичных электрических соединений;

• акты разграничения сетей по имущественной (балансовой) принадлежности и эксплуатационной ответственности между энергоснабжающей организацией и Потребителем;

• технические паспорта основного электрооборудования, зданий и сооружений энергообъектов, сертификаты на оборудование и материалы, подлежащие обязательной сертификации;

• производственные инструкции по эксплуатации электроустановок;

• должностные инструкции по каждому рабочему месту, инструкции по охране труда на рабочих местах (оператору персональной электронно-вычислительной машины (далее – ПЭВМ), по применению переносных электроприемников и т.п.), инструкции по пожарной безопасности, инструкции по предотвращению и ликвидации аварий, инструкции по выполнению переключений без распоряжений, инструкция по учету электроэнергии и ее рациональному использованию, инструкции по охране труда для работников, обслуживающих электрооборудование электроустановок. Все инструкции разрабатываются с учетом видов выполняемых работ (работы по оперативным переключениям в электроустановках, верхолазные работы, работы на высоте, монтажные, наладочные, ремонтные работы, проведение испытаний и измерений и т.п.) и утверждаются руководителем Потребителя.

• Комплект указанной выше документации должен храниться у Потребителя и при изменении собственника передаваться в полном объеме новому владельцу. Порядок хранения документации устанавливается руководителем Потребителя.

1.8.2. У каждого Потребителя для структурных подразделений должны быть составлены перечни технической документации, утвержденные техническим руководителем. Полный комплект инструкций должен храниться у ответственного за электрохозяйство цеха, участка и необходимый комплект – у соответствующего персонала на рабочем месте.
Перечни должны пересматриваться не реже 1 раза в 3 года.

В перечень должны входить следующие документы:

• журналы учета электрооборудования с перечислением основного электрооборудования и с указанием их технических данных, а также присвоенных им инвентарных номеров (к журналам прилагаются инструкции по эксплуатации и технические паспорта заводов-изготовителей, сертификаты, удостоверяющие качество оборудования, изделий и материалов, протоколы и акты испытаний и измерений, ремонта оборудования и линий электропередачи, технического обслуживания устройств РЗА;

• чертежи электрооборудования, электроустановок и сооружений, комплекты чертежей запасных частей, исполнительные чертежи воздушных и кабельных трасс и кабельные журналы;

• чертежи подземных кабельных трасс и заземляющих устройств с привязками к зданиям и постоянным сооружениям и указанием мест установки соединительных муфт и пересечений с другими коммуникациями;

• общие схемы электроснабжения, составленные по Потребителю в целом и по отдельным цехам и участкам (подразделениям);

• акты или письменное указание руководителя Потребителя по разграничению сетей по балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности между структурными подразделениями (при необходимости);

• комплект производственных инструкций по эксплуатации электроустановок цеха, участка (подразделения) и комплекты необходимых должностных инструкций и инструкций по охране труда для работников данного подразделения (службы);

• списки работников:

• – имеющих право выполнения оперативных переключений, ведения оперативных переговоров, единоличного осмотра электроустановок и электротехнической части технологического оборудования;

• – имеющих право отдавать распоряжения, выдавать наряды;

• – которым даны права допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ, наблюдающего;

• – допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность;

• – подлежащих проверке знаний на право производства специальных работ в электроустановках;

• перечень газоопасных подземных сооружений, специальных работ в электроустановках;

• ВЛ, которые после отключения находятся под наведенным напряжением;

• перечень работ, разрешенных в порядке текущей эксплуатации;

• электроустановок, где требуются дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности производства работ;

• должностей инженерно-технических работников (далее – ИТР) и электротехнологического персонала, которым необходимо иметь соответствующую группу по электробезопасности;

• профессий и рабочих мест, требующих отнесения персонала к группе I по электробезопасности;

• разделение обязанностей электротехнологического и электротехнического персонала;

• электроустановок, находящихся в оперативном управлении;

• перечень сложных переключений, выполняемых по бланкам переключений;

• средств измерений, переведенных в разряд индикаторов;

• инвентарных средств защиты, распределенных между объектами.

1.8.3. Все изменения в электроустановках, выполненные в процессе эксплуатации, должны своевременно отражаться на схемах и чертежах за подписью ответственного за электрохозяйство с указанием его должности и даты внесения изменения.

Информация об изменениях в схемах должна доводиться до сведения всех работников, для которых обязательно знание этих схем, с записью в журнале учета работ по нарядам и распоряжениям.

1.8.4. Обозначения и номера на схемах должны соответствовать обозначениям и номерам, выполненным в натуре.

1.8.5. Соответствие электрических (технологических) схем (чертежей) фактическим эксплуатационным должно проверяться не реже 1 раза в 2 года с отметкой на них о проверке.

1.8.6. Комплект схем электроснабжения должен находиться у ответственного за электрохозяйство на его рабочем месте.

Оперативные схемы электроустановок данного цеха, участка (подразделения) и связанных с ними электрически других подразделений должны храниться на рабочем месте оперативного персонала подразделения.

Основные схемы вывешиваются на видном месте в помещении данной электроустановки.

1.8.7. Все рабочие места должны быть снабжены необходимыми инструкциями: производственными (эксплуатационными), должностными, по охране труда и о мерах пожарной безопасности.

1.8.8. В случае изменения условий эксплуатации электрооборудования в инструкции вносятся соответствующие дополнения, о чем сообщается работникам, для которых обязательно знание этих инструкций, под роспись.
Инструкции пересматриваются не реже 1 раза в 3 года.

1.8.9. На рабочих местах оперативного персонала (на подстанциях, в распределительных устройствах или в помещениях, отведенных для обслуживающего электроустановки персонала) должна вестись следующая документация:

• оперативная схема, а при необходимости и схема-макет. Для Потребителей, имеющих простую и наглядную схему электроснабжения, достаточно иметь однолинейную схему первичных электрических соединений, на которой не отмечается фактическое положение коммутационных аппаратов;

• оперативный журнал;

• журнал учета работ по нарядам и распоряжениям;

• журнал выдачи и возврата ключей от электроустановок;

• журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики;

• журнал или картотека дефектов и неполадок на электрооборудовании;

• ведомости показаний контрольно-измерительных приборов и электросчетчиков;

• журнал учета электрооборудования;

• кабельный журнал.

• На рабочих местах должна также иметься следующая документация:

• списки работников:

• – имеющих право выполнения оперативных переключений, ведения оперативных переговоров, единоличного осмотра электроустановок и электротехнической части технологического оборудования;

• – имеющих право отдавать распоряжения, выдавать наряды;

• – которым даны права допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ, наблюдающего;

• – допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность;

• – подлежащих проверке знаний на право производства специальных работ в электроустановках;

• списки ответственных работников энергоснабжающей организации и организаций-субабонентов, имеющих право вести оперативные переговоры;

• перечень оборудования, линий электропередачи и устройств РЗА, находящихся в оперативном управлении на закрепленном участке;

• производственная инструкция по переключениям в электроустановках;

• бланки нарядов-допусков для работы в электроустановках;

• перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации.

В зависимости от местных условий (организационной структуры и формы оперативного управления, состава оперативного персонала и электроустановок, находящихся в его оперативном управлении) в состав оперативной документации может быть включена следующая документация:

• журнал регистрации инструктажа на рабочем месте;

• однолинейная схема электрических соединений электроустановки при нормальном режиме работы оборудования;

• журнал по учету противоаварийных и противопожарных тренировок;

• журнал релейной защиты, автоматики и телемеханики и карты уставок релейной защиты и автоматики;

• местная инструкция по предотвращению и ликвидации аварий;

• перечень сложных оперативных переключений;

• бланки переключений.

Объем оперативной документации может быть дополнен по решению руководителя Потребителя или ответственного за электрохозяйство.

1.8.10. Оперативную документацию периодически (в установленные в организации сроки, но не реже 1 раза в месяц) должен просматривать вышестоящий оперативный или административно-технический персонал и принимать меры к устранению обнаруженных недостатков.

1.8.11. Оперативная документация, диаграммы регистрирующих контрольно-измерительных приборов, ведомости показаний расчетных электросчетчиков, выходные документы, формируемые оперативно-информационным комплексом автоматизированных систем управления (далее – АСУ), относятся к документам строгого учета и подлежат хранению в установленном порядке.

**4–5 Причины электротравматизма и виды электротравм**

## Электробезопасность. Действие электрического тока на организм человека

Виды воздействия электрического тока:

1. Термическое. результат воздействия – ожоги, нагрев ткани.
2. Электролитическое. Результат воздействия – разложение органики внутри человека (кровь).
3. биологическое. Результат воздействия – спазм (сокращение) мышц.
4. Электродинамическое (механическое), приводит к разрыву мышц. Наличие источника напряжения и замкнутой цепи приводит к удару током.

**Электротравма** – травма, полученная в результате воздействия электрического тока или электрической дуги.

Виды электротравм:

 Местная электротравма (вероятность 20%);

 Электрические удары (25%);

 Смешанные (55%).

Виды местных электротравм:

1. Ожог. Получается в результате воздействия электрической дуги. Симптомы – покраснение, образование пузыря, омертвление кожи, обугливание.
2. Электрические знаки. Сопротивление кожи и внутренних органов, приводит к пробою кожи в виде кружочка в месте прохождения электрического тока через кожу.
3. металлизация кожи. При возникновении короткого замыкания происходит расплавление электрических частей, и разлетающиеся в разные стороны частицы металла попадают на кожу.
4. механические повреждения.
5. электроавтономные. При возникновении электрической дуги происходит яркая вспышка и воздействует на сетчатку глаза (яркие электрические искры при сварке).
6. Смешанные.

Степени воздействия электрических ударов на тело человека:

 1 степень – судорожные едва ощутимые сокращения мышц;

 2 степень – судорожные сокращения мышц без потери сознания;

 3 степень – потеря сознания с сохранением дыхания и работы сердца;

 4 степень – потеря сознания с нарушением дыхания и работы сердца;

 5 степень – клиническая смерть.

Виды смерти:

1. биологическая – необратимое прекращение биологических процессов в клетках и тканях организма.
2. клиническая – короткий период (в пределах 4–6 минут, точное время зависит от температуры окружающей среды) после прекращения дыхания и сердечной деятельности, в который еще сохраняется жизнеспособность тканей. В это период существует возможность вернуть человека к жизни.

Факторы влияющие на исход поражения электрическим током:

|  |
| --- |
|  |

1. Электрическое сопротивление тела человека. Человека поражает ток, который зависит от напряжения и сопротивления тела:

.

Части тела человека, повреждаемые при поражении человека электрическим током:

* + кожа в месте входа тока;
	+ внутренние органы;
	+ кожа в месте выхода тока.

Сопротивление внутренних органов мало. Сопротивление кожи зависит от ее состояния (чистая и сухая или влажная (вспотевшая)).

Электрические параметры:

* + сопротивления в электроде.
	+ Сила тока. Вызывает повышенное потовыделение и усиливает кровообращение в местах прохождения электрического тока.
	+ Напряжение. Чем выше напряжение, тем меньше сопротивление тела человека. Сопротивление человека может изменяться в 200 раз. При напряжении >50 В сопротивление человека равно 1000 Ом, при напряжении <50 В сопротивление человека равно 6000 Ом.
1. Величина и длительность воздействия тока на тело человека.

Виды тока:

* + ощутимый ток (1 мА0 для переменного напряжения);
	+ неотпускающий ток 10–15 мА;
	+ смертельный ток 0,1 А.

|  |
| --- |
|  |

1. Длительность тока определяется: сердце в расслабленном состоянии 1 сек. (где через 0,5 сек. наступает фибриляция сердца).
2. Пути протекания тока:

|  |
| --- |
|  |

* + правая рука – голова;
	+ левая рука – голова;
	+ правая рука – левая рука;
	+ правая нога – левая нога;
	+ правая нога – правая рука;
	+ правая нога – левая рука;
	+ левая нога – правая рука;
	+ левая нога – левая рука;
	+ голова – ноги.

Смертельный путь прохождения тока: голова – левая рука (левая нога).

1. Род и частота тока (напряжение до 500 В). Переменный ток опаснее постоянного. При повышении частоты тока до 50 Гц возрастает вероятность летального исхода, при дальнейшем увеличении частоты тока опасность снижается.
2. Индивидуальные характеристики человека:
	* состояние здоровья;
	* сердечнососудистые заболевания;
	* кожные заболевания.

## Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях.

Анализ опасности сводится к определению величины и характера (постоянный, переменный) тока, протекающего через человека.

Напряжение, под которое попадает человек, называется **напряжением прикосновения** (напряжением шага). **Напряжением прикосновения** называется напряжение между четырьмя точками цепи, которых одновременно касается человек. **Напряжением шага** называется напряжение между четырьмя точками, находящимися на расстоянии шага друг от друга.

# Типы сетей переменного тока.

1. Однофазные сети.

1.1. Двухпроводные изолированные от плюса.

Поскольку

то опасность максимальна, если изоляционное сопротивление равно 0. Изоляционное сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм. Сети с изолированным проводом более безопасны.

1.2. Двухпроводные с заземлённым проводом.

Если человек прикоснулся к незазёмлённым проводам, то через него протекает ток не больше 4 А:

где Kh – сопротивление человеческого тела.

2. Трехфазные сети.

2.1. Трёхпроводные изолированные от плюса;

Четырёх проводная сеть. Через человека протекает ток, зависящий от фазного напряжения и суммы сопротивлений устройства и человека:

.

Напряжение между четырьмя фазами называется **сменным напряжением**.

2.2. Четырёхпроводные с заземлённой нейтралью.

Ток, протекающий через человека:

Z – полное сопротивление цепи.

Чем больше Z, тем меньше ток, следовательно меньше последствия от поражения электрическим током.

## Защитные меры электрической безопасности.

1. **Заземление** – преднамеренное электрическое соединение корпуса электрической установки с заземляющим устройством (заземляющее устройство – металлические пластины, закопанные в землю, поскольку Земля обладает большой емкостью).
2. Принцип действия защитного заземления – это снижение величины напряжения прикосновения и уменьшения величины тока протекающего через человека.
3. Область применения защитного заземления:
	* сети с напряжением до 1000 В, с изолированной нейтралью.
	* сети с напряжением выше 1000 В, с любым режимом нейтрали.
4. **Зануление** – преднамеренное электрическое соединение корпуса электрической установки с нулевым защитным проводником.
5. Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание.
6. Область применения – сети до 100 В с глухо-заземлённой нейтралью.
7. Защитное отклонение:
	* датчик;
	* использованный элемент.

Область применения – сети с напряжением до 1000 В.

1. Выравнивание потенциалов.
2. Использование малых напряжений (до 40 В, малое напряжение – с помощью трансформатора).
3. Электрическое разделение сети – связь с плюсом отсутствует.
4. Использование двойной изоляции. Применяется, если корпус на предмете пластмассовый и неисправность произошла внутри прибора.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работы:

 возможность экстренного отключения электрической энергии;

 запрещающие плакаты;

 проверка на отсутствие напряжения;

 заземление (заземляются токоведущие части). Классификация электрозащитных средств:

1. По напряжению:
	* до 1000 В;
	* выше 1000 В.
2. Основные (можно прикасаться под напряжением) и дополнительные (нельзя).

Все основные средства должны проверяться испытаниями (проверяется отсутствие проколов, разрывов и т.д.) и получить штамп об их пригодности.

Основные электрозащитные средства, применяемые при напряжении до 1000 В:

 Диэлектрические перчатки.

 Инструменты с изолирующими рукоятками.

 Изолирующие и электроизмерительные клещи.

 Изолирующие штанги.

Дополнительные электрозащитные средства, применяемые при напряжении до 1000 В:

 Диэлектрические галоши.

 Диэлектрические коврики.

 Изолирующие подставки.

 Оградительные устройства.

 Переносимые заземления.

 Плакаты и знаки безопасности.

Основные электрозащитные средства, применяемые при напряжении свыше 1000 В:

 Изолирующие штанги.

 Изолирующие и электроизмерительные клещи.

 Указатели напряжения.

Дополнительные электрозащитные средства, применяемые при напряжении свыше 1000 В:

 Диэлектрические галоши.

 Изолирующие штанги.

 Переносимые заземления.

 Диэлектрические перчатки.