

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Майкопский государственный технологический университет»**

**Кафедра Нефтегазового дела и энергетики**

**ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И РЕЖИМЫ ИХ РАБОТЫ**

Учебно-методическое пособие для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроэнергетические системы и сети) для всех форм обучения

Майкоп 2019

УДК 621.31(07)  
ББК 31.16  
П 64

СОСТАВИТЕЛИ: Р.Б. Кохужева

Данное учебно-методическое пособие содержит краткие сведения по электрооборудованию, электропотреблению и режимам работы различных потребителей и приемников электроэнергии. В нем изложены способы расчета электрических нагрузок. Приведены основные положения метода упорядоченных диаграмм, расчет с использованием коэффициентов спроса и равномерности максимумов нагрузок. Теоретические основы расчета сопровождаются рассмотрением примеров.

Для закрепления изложенного материала по каждому разделу приведены контрольные вопросы.

## ВВЕДЕНИЕ

Электрическая энергия оказывает значительное влияние на все отрасли народного хозяйства, а также на уровень развития и технический прогресс любого государства. Поэтому электроэнергетика наиболее объективно определяет уровень экономического развития страны. Проектирование систем электроснабжения требует комплексного подхода к выбору и оптимизации схем электрических сетей, техническому обоснованию решений, определяющих состав, структуру, внешние и внутренние связи, динамику развития и надежность работы системы в целом и ее отдельных элементов.

Цель изучения данной дисциплины состоит в получении теоретических знаний и практических навыков по электрооборудованию, электропотреблению и режимам работы различных потребителей, а также по формированию и влиянию электрических нагрузок на элементы системы электроснабжения.

Задачами дисциплины являются: изучение классификации и характеристик электроприемников и потребителей электроэнергии, характерных групп электроприемников и особенностей их режимов работы, графиков электрических нагрузок и их показателей; освоение методов определения расчетных электрических нагрузок, расхода электроэнергии, потерь мощности и энергии потребителей; ознакомление с путями повышения эффективности электропотребления; оценка влияния качества электроэнергии на работу электроприемника; знакомство с взаимоотношением потребителей с энергоснабжающей организацией и взаимодействиями с органами Госэнергонадзора, региональными энергетическими комиссиями и другими организациями.

Предлагаемое пособие предназначено для студентов электроэнергетических специальностей. В нем изложены способы расчета электрических нагрузок. Приведены основные положения метода упорядоченных диаграмм, расчет с использованием коэффициентов спроса и равномерности максимумов нагрузок. Теоретические основы расчета сопровождаются рассмотрением примеров. Для закрепления изложенного материала по каждому разделу приведены контрольные вопросы.

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Общие требования к качеству электрической энергии**

Современное развитие электрооборудования промышленных предприятий отличается большим распространением электроприемников с неблагоприятными с точки зрения работы системы электроснабжения характеристиками. Это обусловливается возросшими требованиями в области совершенствования и рационализации технологических процессов в промышленности и ставит трудные задачи при построении рациональной системы электроснабжения.

При проектировании электроснабжения необходимо прорабатывать мероприятия по нормализации рабочих режимов электрических сетей, питающих электроприемники, работа которых неблагоприятно отражается на качестве электроэнергии и на рациональных режимах работы ЭП, например электропечей. Это необходимо по условиям работы других электроприемников, присоединенных к электрическим сетям той же системы электроснабжения. Прогресс в технологических процессах требует соответствующего приспособления систем электроснабжения к новым условиям их работы. Необходимо предусматривать мероприятия и устройства, обеспечивающие надлежащее качество электроэнергии, установленное соответствующими стандартами, правилами устройства и правилами эксплуатации.

Для систем трехфазного тока качество электроэнергии характеризуется:

- отклонениями и колебаниями напряжения и частоты от установленных норм,
- несинусоидальностью формы кривой напряжения,
- смещением нейтрали
- несимметрией напряжений основной частоты.

Показатели качества электроэнергии во всем должны соответствовать требованиям ГОСТ 13109—97 «Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения», в котором подробно регламентированы нормативы качества и допустимые отступления. Мероприятия по обеспечению показателей качества электроэнергии, приведенные в ГОСТ 13109—97, должны решаться комплексно при проектировании электроснабжения, электропривода и электротермических установок. Они должны базироваться на

- рациональной технологии и режимах производства;
- правильном выборе типов и параметров электропривода и электропечей;
- на оптимальном решении системы электроснабжения в целом с учетом как энергетических, так и технологических факторов.

Энергоснабжающая организация обязана поставлять предприятию электроэнергию на нормированном уровне напряжения и частоты во всех ситуациях, предусмотренных ГОСТ 13109—97. Промышленное предприятие обязано принимать меры, чтобы такие показатели качества электроэнергии, как

колебание напряжения, несинусоидальность формы кривой напряжения, несимметрия напряжений, были в пределах нормированных величин, так как ухудшение этих показателей качества вызывается работой определенных видов электроприемников и практически не зависит от энергосистемы.

Электропромышленность должна обеспечивать поставку электротехнического оборудования, не ухудшающего показатели качества электроэнергии в системах электроснабжения против нормированных значений.

Для обеспечения надлежащего качества электроэнергии в проектах в первую очередь следует предусматривать использование устройств, необходимых также и по другим условиям, например для компенсации реактивной мощности и др.

Для этой цели в проектах должны предусматриваться устройства и приборы, необходимые для контроля качества электроэнергии и соответствия ее показателям, приведенным в ГОСТ 13109—97\*.

## **РАЗДЕЛ 1. ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКИ**

### **Тема 2.1 Классификация потребителей электрической энергии**

- 1. Классификация*
- 2. Графики электрических нагрузок, их классификация и формирование*
- 3. Режимы работы потребителей электрической энергии и энергосилового оборудования промышленных предприятий*

#### **1. Классификация**

*Приемником электроэнергии* — электроприемником, токоприемником — называют электрическую часть производственной установки, получающую электроэнергию от источника и преобразующую ее в механическую, тепловую, химическую, световую энергию, а также в энергию электростатического или электромагнитного поля.

Приемники электрической энергии промышленных предприятий классифицируют на следующие группы:

1. Приемники трехфазного тока напряжением до 1000 В, частотой 50 Гц.
2. Приемники трехфазного тока напряжением выше 1000 В, частотой 50 Гц.
3. Приемники однофазного тока напряжением до 1000 В, частотой 50 Гц.
4. Приемники, работающие с частотой, отличной от 50 Гц, питаемые от преобразовательных подстанций и установок.
5. Приемники постоянного тока, питаемые от преобразовательных подстанций и установок.

**По мощности и напряжению** все потребители электроэнергии можно разделить на две группы:

- потребители большой мощности (80-100 кВт и выше) на напряжение 3-6-10

кВ, получающие питание непосредственно от сети 3-6-10 кВ. К этой группе относятся мощные печи сопротивления и дуговые печи для плавки черных и цветных металлов, питаемые через собственные трансформаторы;

- потребители малой и средней мощности (ниже 80-100 кВт), питание которых возможно и экономически целесообразно только на напряжение 380-660 В.

**По роду тока** все потребители электроэнергии можно разделить на три группы:

- работающие от сети переменного тока нормальной промышленной частоты (50 Гц);
- работающие от сети переменного тока повышенной или пониженной частоты;
- работающие от сети постоянного тока.

Основной род тока, на котором работают электроустановки промышленных предприятий, - переменный трёхфазный ток частотой 50 Гц.

**По режимам работы** все потребители электроэнергии можно распределить на ряд групп, для которых предусматривается три режима работы:

- продолжительный;
- кратковременный;
- повторно-кратковременный.

**По технологическому назначению** приемники электроэнергии классифицируют в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию: электродвигатели приводов машин и механизмов; электротермические установки; электрохимические установки; установки электроосвещения; установки электростатического и электромагнитного поля, электрофильтры; устройства искровой обработки, устройства контроля и испытания изделий (рентгеновские аппараты, установки ультразвука и т. д.).

*Электропотребителем* называют совокупность электроприемников производственных установок цеха, корпуса, предприятия, присоединенных с помощью электрических сетей к общему пункту электропитания.

Электромеханическое устройство, предназначенное для электрификации и автоматизации производственных процессов называют *электрическим приводом*.

Одним из главных электрифицированных потребителей является **электропривод металлообрабатывающих станков**: токарные; сверлильные и расточные; шлифовальные и полировальные; комбинированные; зубо- и резьбообрабатывающие; фрезерные; строгальные, долбежные и протяжные; разрезные; разные.

**К силовым установкам общепромышленного назначения** относят

- подъемно-транспортные устройства,
- компрессоры,
- вентиляторы
- насосы.

**Электротермические приемники** промышленных предприятий в соответствии с методами нагрева делят на следующие группы:

дуговые электропечи для плавки черных и цветных металлов;  
 установки индукционного нагрева для сварки и термообработки металлов и сплавов;  
 электрические печи сопротивления и электросварочные установки.



Рисунок 1- Методы электрического нагрева

**Электрохимические и электролизные** установки (электролитические ванны для электролиза воды, растворов, расплавов цветных металлов; установки электрохимических процессов в газе; ванны для гальванических покрытий: омеднения, никелирования, хромирования, оцинкования и т. п.) работают на постоянном токе, который получают от преобразовательных подстанций, выпрямляющих трехфазный переменный ток.

**Установки электростатического** поля применяют для создания направленного движения капель при выполнении, например, электроокраски, для улавливания твердых взвешенных частиц в газе с помощью электрофильтров (очистка дымовых газов), для разделения смесей жидкости и газа, различающихся по размерам и электропроводности.

**Электросварочные установки.** Технологически сварку делят на дуговую и контактную, по способу производства работ — на ручную и автоматическую.

**Ручной электроинструмент.** К этой группе приемников электроэнергии относят различные ручные механизированные электроинструменты: электродрели, электрогайковерты, электротруборезы, электросверлилки, электрорубанки, ручные электропилы, электромолотки, глубинные вибраторы и др.

## 2 Графики электрических нагрузок, их классификация и формирование

Графиком суточной нагрузки (суточного напряжения) называется вычерченная на бумаге самопишущим измерительным прибором или персоналом по показаниям измерительных приборов линия, характеризующая потребление активной и реактивной мощности за выбранный интервал времени в течении суток.

Суточные графики нагрузок и напряжения позволяют произвести анализ режима работы электрооборудования и электрических сетей за истекшие сутки; расчет режима на предстоящие сутки; разработку мероприятий на будущее.

На суммарный график нагрузки энергосистемы оказывает влияние изменение длительности рабочего дня и рабочей недели. Энергосбыт своевременно извещает каждого потребителя и направляет ему бланки протоколов для записи показаний приборов.

Дежурный персонал электростанции в день составления суточных графиков производит запись: показаний активных и реактивных счетчиков установленных на линиях, питающих промышленные и коммунальные предприятия и организации; показания активных счетчиков, установленных на генераторах, связях, на собственных нуждах электростанций; активных и реактивных нагрузок по генераторам, токов статора и ротора; напряжений по отдельным системам шин и секциям генераторного напряжения, шин 35, 110, 220 кВ, а также шин от которых питаются линии потребителей; нагрузок в амперах, мегаваттах и мегаварах всех обмоток трансформаторов и т.д.

Электросетевые предприятия энергосистемы в день снятия суточных графиков производят записи: показаний активных и реактивных счетчиков, установленных на линиях, питающих промышленные и коммунальные предприятия и организации; показания активных счетчиков на линиях межсистемных связей, на хозяйственных нуждах подстанции; нагрузок линий всех обмоток трансформаторов, синхронных компенсаторов и линий межсистемных связей в амперах, мегаваттах и мегаварах, напряжений на шинах 35, 110, 220 кВ и выше, от которых питаются линии потребителей.

Суточные графики электрических нагрузок составляются в настоящее время, как правило, по разности показаний активных и реактивных электросчетчиков, записываемых ежечасно. Умножив разность последующего и предыдущего показаний на расчетный коэффициент счетчика, получают среднюю часовую нагрузку. Записывая показания счетчиков, необходимо отделять после запятой десятые и сотые доли и учитывать их при подсчете нагрузок. При наличии нескольких счетчиков предприятие заполняет суммарный протокол.

### **3 Режимы работы потребителей электрической энергии и энергосилового оборудования промышленных предприятий**

По режимам работы все потребители электроэнергии можно распределить на ряд групп, для которых предусматриваются **три режима работы:**

- продолжительный**, при котором электрические машины могут работать длительное время, причем превышение температуры отдельных частей машины не выходит за пределы, устанавливаемые стандартом;

- кратковременный**, при котором рабочий период не настолько длителен, чтобы температуры отдельных частей машины могли достигнуть установившегося значения, период же остановки машины настолько длителен, что машина успевает охладиться до температуры окружающей среды;

- повторно-кратковременный**, при котором рабочие периоды чередуются с периодами пауз, а длительность всего цикла не превышает 10 минут. При этом нагрев не превосходит допустимого, а охлаждение не достигает температуры окружающей среды.



*В продолжительном режиме* работает большинство электродвигателей, обслуживающих основные технологические агрегаты и механизмы. Длительно, без отключения, от нескольких часов до нескольких смен подряд, с достаточно высокой, неизменной или мало меняющейся нагрузкой работают электроприводы вентиляторов, насосов, компрессоров, преобразователей, механизмов непрерывного транспорта и т.п. Длительно с переменной нагрузкой и кратковременными отключениями, за время которых электродвигатель не успевает охладиться до температуры окружающей среды, а длительность циклов превышает 10 минут, работают электродвигатели, обслуживающие станки холодной обработки металлов, деревообрабатывающие станки, специальные механизмы литейных цехов, молоты, прессы и ковочные машины кузнечнопрессовых цехов.

*В кратковременном режиме* работает подавляющее большинство электроприводов вспомогательных механизмов металлорежущих станков, а также механизмов открывания фрамуг, гидравлических затворов, всякого рода заслонок и т.п.

*В повторно-кратковременном режиме* работают электродвигатели мостовых кранов, тельферов, подъёмников и аналогичных им установок, вспомогательных и некоторых главных приводов прокатных цехов. К этой группе относятся и сварочные аппараты, работающие с постоянными большими бросками мощности.

Самостоятельную группу электроприёмников составляют нагревательные аппараты и электропечи, работающие в продолжительном режиме с постоянной или мало меняющейся нагрузкой, и электрическое освещение, отличительной особенностью режима работы, которого является резкое изменение нагрузки почти от нуля до максимума в зависимости от времени суток и постоянство нагрузки во все время, когда освещение включено.

## **Тема 1.2 Характеристика типовых электроприводов**

- 1. Структура электропривода*
- 2. Электропривод металлообрабатывающих станков*
- 3. Силовые установки общепромышленного назначения*

### **1. Структура электропривода**

Электропривод (рисунок 2) состоит из: преобразователя 1, электродвигателя или группы электродвигателей 2, передаточного 3, управляющего 4 и рабочего 5 органов

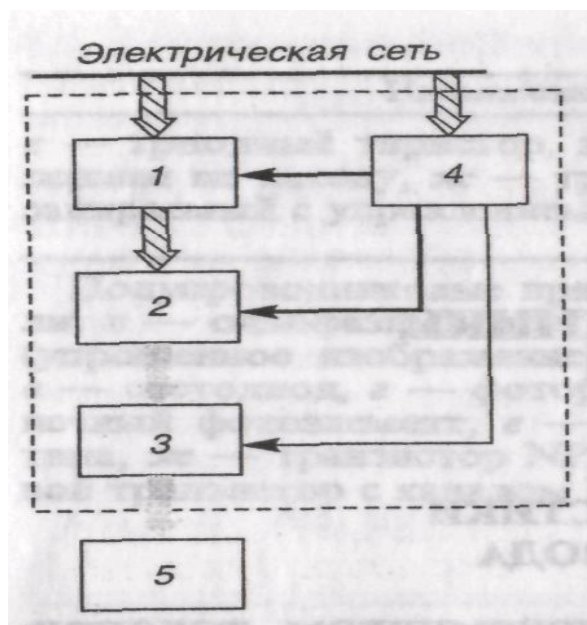


Рисунок 2- Структурная схема электропривода

Электрическую энергию электропривод преобразует в механическую и обеспечивает управление преобразованной энергией в соответствии с технологическими требованиями к режимам работы механизма. В простейшем случае электропривод представляет собой двигатель, питаемый от сети и приводящий в движение с постоянной скоростью какой-либо механизм. Для включения двигателя в сеть применяют обычный магнитный пускатель, контактор, рубильник или пакетный выключатель.

В зависимости от способа передачи энергии от двигателя к рабочим органам механизмов электроприводы бывают:

- *групповые* (один двигатель приводит в движение с помощью трансмиссий или передач группу рабочих машин или рабочих органов одной машины);
- *индивидуальные* (двигатель приводит в движение только один рабочий орган машины); Электропривод центробежного насоса — индивидуальный. По сравнению с групповым индивидуальный привод позволяет упростить кинематическую схему рабочей машины. Иногда двигатель встраивают в механизм так, что он образует с рабочим органом единое целое

- *многодвигательные* (отдельные рабочие органы машины приводятся в движение самостоятельным двигателем через систему передачи).

Совокупность связанных между собой электромагнитных, электромеханических, полупроводниковых и подобных им элементов называют системой управления приводом.

Движение электропривода, как и всякого механизма, подчиняется законам динамики и определяется силами (моментами), действующими в этой системе. Вращающий момент  $M_m$ , развиваемый электродвигателем, в любой момент времени уравнивается суммой момента статического сопротивления  $M_c$  и динамического (инерционного) момента  $M_{дин}$ ,

$$M_{дв} = M_c + M_{дин}.$$

(1)

Это уравнение называют уравнением движения электропривода. Вращающий момент электродвигателя считают положительным, если он направлен в сторону движения механизма, и отрицательным, если он препятствует его движению. Последний называют тормозным моментом.

Статический момент, приложенный к валу двигателя, проявляется в полезной работе, совершаемой механизмом, и работе сил трения. Динамический момент проявляется только во время переходных процессов, т. е. таких процессов, когда изменяются частота вращения электропривода и запас энергии движения в нем. Если вращающий момент электродвигателя и момент статического сопротивления системы находятся в состоянии динамического равновесия частота вращения электропривода не меняется. При нарушении равновесия между вращающим моментом электродвигателя и моментом статического сопротивления частота вращения электродвигателя начинает изменяться:

-если  $M_m > M_c$ , привод ускоряет свое движение, т. е. частота его вращения увеличивается;

-если  $M_m < M_c$ , то привод замедляет свое движение, т. е. частота его вращения снижается.

Величина динамического момента определяется разностью между вращающим моментом электродвигателя и моментом статического сопротивления.

## **2. Электропривод металлообрабатывающих станков**

Одним из главных электрифицированных потребителей является электропривод металлообрабатывающих станков.

Электрооборудование и автоматику *металлообрабатывающих станков* оснащают современными типами электроприводов и средствами автоматического управления. Это обеспечивает высокую производительность и точность обработки, безопасность и удобство управления и их обслуживания.

В соответствии с действующими каталогами металлообрабатывающие (металлорежущие) станки подразделяют на следующие девять групп:

- 1) токарные;
- 2) сверлильные и расточные;
- 3) шлифовальные и полировальные;
- 4) комбинированные;
- 5) зубо-и резьбо обрабатывающие;
- 6) фрезерные;
- 7) строгальные, долбежные и протяжные;
- 8) разрезные;
- 9) разные.

Каждую из указанных групп подразделяют на типы (с 1 по 9).

В соответствии с указанной классификацией условное обозначение (шифр) модели станка имеет три — четыре цифры: первая — группа станка; вторая — тип; третья и четвертая -наибольший размер обрабатываемой детали или условный размер станка.

Например, товарно-револьверный станок с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 26 мм имеет обозначение 1326; продольно-строгальный

двухстоечный станок для обработки изделий размером 4000x1500 мм имеет обозначение 7242.

### **3. Силовые установки общепромышленного назначения**

К силовым установкам общепромышленного назначения относят

- подъемно-транспортные устройства,
- компрессоры,
- вентиляторы
- насосы.

На промышленных предприятиях часто применяют различные *краны*, предназначенные для вертикального и горизонтального перемещения грузов. По способу передвижения их делят на перемещающиеся по рельсовым путям и самоходные.

Электрооборудование кранов, перемещающихся по рельсовым путям, подключают к стационарным источникам электроэнергии напряжением 380/220 В.

Многие из современных кранов — это машины с многодвигательным приводом. Применяются электродвигатели кранового типа, преимущественно переменного тока промышленной частоты 50 Гц асинхронные с фазным ротором. Краны имеют значительную мощность (30..250 кВт и более), поэтому энергетические показатели зависят от их режима работы,

Подъемно-транспортные устройства работают в повторно-кратковременном режиме. В связи с резкими изменениями нагрузки коэффициент мощности также изменяется в значительных пределах, в среднем 0,3...0,8.

*Двигатели компрессоров, вентиляторов и насосов* работают в продолжительном режиме и в зависимости от их мощности снабжаются электрической энергией напряжением 0,4...10 кВ.

Мощность этих установок изменяется в широком диапазоне (от долей киловатта до сотен и даже тысяч киловатт). Питание двигателей производят током промышленной частоты 50 Гц.

Для электропривода мелких и средних насосов, компрессоров и вентиляторов чаще всего применяют асинхронные двигатели с короткозамкнутой обмоткой ротора.

## **Тема 1.3 Ручной электроинструмент**

1. *Определения*
2. *Двигатели для электроинструмента*

### **1. Определения**

К этой группе приемников электроэнергии относят различные ручные механизированные электроинструменты: электродрели, электрогайковерты, электротруборезы, электросверлилки, электрорубанки, ручные электропилы, электромолотки, глубинные вибраторы и др. Электроинструмент отличается высоким КПД, несложен по устройству, надежен в работе и прост в

эксплуатации.

Номинальная мощность большинства ручных электроинструментов составляет от 0,27 до 1,5... 1,6 кВт.

**Электроинструментом** называют машину, предназначенную для выполнения механической работы и составляющую единое целое с электрическим двигателем.

По назначению и области применения электроинструменты могут быть: общего применения — сверлильные, шлифовальные, полировальные, фрезерные; для обработки металлов - - развертывающие, зенковальные ножницы, кромкорубы, шаберы, пилы; для обработки древесины пилы, рубанки, лобзики, сучкорезы; для обработки каменных материалов грунта и горных пород — молотки, перфораторы, трамбовки, бетоноломы. бороз-доделы; для сборочных работ - резьбонарезные, гайковерты, шпиль-коверты, шуруповерты, клепальные молотки, скобозабивные, гвозде-забивные.

Электроинструмент имеет корпус, в котором размещены двигатель с механической передачей, рабочий орган и устройство управления. Корпус служит защитой оператора от прикосновения к движущимся и находящимся под напряжением частям. В большинстве случаев корпус выполняется из термопластического материала, достоинством которого является малая масса, высокая технологичность, обеспечение дополнительной электрической изоляции, повышающей безопасность работы.

## **2. Двигатели для электроинструмента**

В электроинструментах применяются в основном высокоскоростные коллекторные двигатели последовательного возбуждения, выполняемые, как правило, в пластмассовом корпусе. Питание двигателя осуществляется от однофазной (реже трехфазной) сети переменного тока напряжением 220 и 380 В. На рис. 243 приведена типовая электрическая схема включения двигателя электроинструмента.

Недостатком коллекторного двигателя переменного тока является то, что он служит источником высокочастотных помех, поэтому для их снижения в корпусе двигателя устанавливаются емкостные фильтры  $C1$ ,  $C2$ ,  $C3$ .

Двигатели для электроинструмента применяют мощностью от 60 до 1500 Вт при частоте вращения вала под нагрузкой от 12 до 20 тыс. об/мин. Достоинствами этих двигателей являются возможность непосредственного подключения к электрической сети общего пользования без применения трансформаторов и преобразователей, способность переносить значительные перегрузки и колебания напряжения, работать в режимах частых пусков.

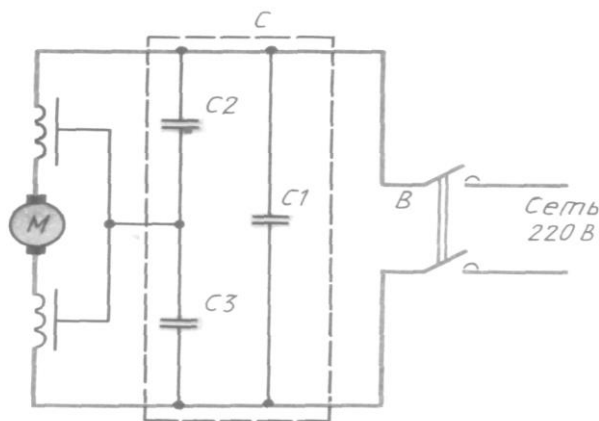


Рисунок 3- Типовая электрическая схема электроинструмента

Во многих ручных инструментах применяют трехфазные асинхронные двигатели, работающие от питающей сети частотой 50, 200, 400 Гц. Эти двигатели по конструктивному исполнению не отличаются от двигателей общего применения с одной номинальной частотой вращения. Реже применяют многоскоростные двигатели со ступенчатым или плавным регулированием частоты вращения. В первую очередь трехфазными двигателями оборудуется тяжелый ручной инструмент: мощные сверлильные переносные установки, молотки, пилы, трамбовки и другие инструменты.

## Тема 1.4 Характеристика установок электроосвещения

1. Общие понятия
2. Лампы накаливания
3. Газоразрядные лампы

### 1. Общие понятия

Электрическое освещение и источники света предназначены для создания световых условий, требуемых для труда и отдыха человека. В последние годы источники света все шире применяются для технологических целей (сушка, облучение сельскохозяйственной продукции, получение химических веществ, в информационной технике и т. д.). На освещение в нашей стране используется около 10% всей производимой электроэнергии.

*Светящееся тело излучает энергию, которая распространяется в окружающее пространство в виде электромагнитных колебаний с различными длинами волн. Та часть энергии, которая переносится лучами оптической части спектра, называется лучистой энергией.*

Электрические источники света характеризуются электрическими и световыми параметрами. К электрическим параметрам относятся: номинальное напряжение  $U_H$ ; номинальная мощность  $P_H$ ; номинальный ток лампы  $I_H$ . К световым — световой поток  $\Phi$ , излучаемый лампой, измеряемый в люменах (лм);

световая отдача лампы, равная отношению светового потока  $\Phi$  к потребляемой ею мощности  $P$ ; стабильность светового потока, которым считают световой поток лампы в конце срока службы, выраженный в процентах к начальному световому потоку.

Электрические светильники представляют собой однофазную электрическую нагрузку, но при правильной группировке осветительных приборов можно получить равномерную нагрузку по фазам (с несимметрией до 10%). Характер нагрузки от освещения изменяется в зависимости от времени суток, года и географического положения объекта. Частота тока общепромышленная — 50 Гц. Коэффициент мощности для ламп накаливания равен 1, для газоразрядных ламп — 0,6. Для осветительных установок применяют напряжение от 12 до 220 В. В тех производствах, где отключение освещения угрожает безопасности людей, применяют специальные системы аварийного освещения.

Для электрического освещения используются лампы накаливания и газоразрядные лампы.

## **2 Лампы накаливания**

Лампы накаливания являются основным источником света при устройстве внутреннего и наружного электрического освещения. В них световая энергия получается за счет нагревания тонкой вольфрамовой нити до температуры порядка 3300 °С проходящим через неё электрическим током. Лампы накаливания бывает следующих типов: общего назначения 15...1500 Вт, местного освещения 15...60 Вт, зеркальные 150...1000 Вт, прожекторные 500...1000 Вт, галогенные 1000...2000 Вт. Лампы накаливания применяются в основном для проходных и вспомогательных помещений без постоянного пребывания людей; в производственных помещениях с грубыми работами; для охранного освещения и аварийного освещения; для проездов и проходов на территории промпредприятий; для взрывоопасных помещений и взрывоопасных наружных установок, в наружных прожекторных установках и т.д.

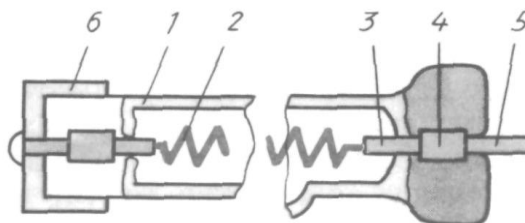
Лампы накаливания применяют во всех отраслях народного хозяйства. Их номенклатура достигает 1600 наименований, а выпуск более 2 млрд. штук в год. Во многих случаях они не имеют равноценной замены даже более экономичными газоразрядными лампами.

Основным их недостатком можно считать сравнительно низкую светоотдачу, малый срок службы (не более 2000 ч) и низкую механическую прочность.

*Стремление повысить светоотдачу ламп накаливания при достаточно высоком сроке службы привело к созданию вольфрамо-галогенных (галогенных) ламп.*

В этих лампах материалом для тела накала служит вольфрам. Колба лампы наполнена ксеноном с добавкой соединения галогенного элемента (фтора, хлора, брома и йода) с водородом. При высоких температурах тела накала они образуют химическое соединение с вольфрамом, препятствуя его испарению. Галогенные лампы малых размеров имеют прочную в виде трубки колбу из кварцевого стекла и обладают повышенной светоотдачей и яркостью.

Конструкция галогенной лампы представлена на рис. 258. В колбе лампы 1 расположено тело накала 2. Вводы 4 из молиб/ деновой фольги заштампованы в кварц. Внутренняя часть электродов 3 выполнена из вольфрама, внешние выводы 5 — из молибдена. Для крепления и присоединения к сети на концы лампы надеты цоколи 6.



В настоящее время галогенные лампы применяют для светильников общего и киносъемочного освещения, прожекторов, инфракрасных облучателей, аэродромных огней и т. п.

### 3. Газоразрядные лампы

Для внутреннего и наружного электроосвещения широко применяются следующие типы газоразрядных ламп:

- люминесцентные лампы 15...200 Вт,
- дуговые ртутные высокого давления и исправленной цветностью ДРЛ 80...1000 Вт
- ксеноновые ДКсТ. 5000...50000 Вт.

Люминесцентная лампа представляет собой трубку, на концах которой в цоколях смонтированы вольфрамовые электроды. Внутренняя поверхность трубки покрыта слоем особого состава (люминофором), способным светиться под действием лучистой энергии.

После откачки воздуха в трубку вводится под небольшим давлением аргон и капля ртути. Для включения люминесцентных ламп в сеть необходимо применять пускорегулирующие аппараты.

Расчеты и практика показывают, что применение высокоэкономичных люминесцентных ламп, световой КПД которых в 3-4 раза выше КПД лампы накаливания, позволяет *сократить расход электроэнергии в 2-3 раза*. Люминесцентные лампы предназначены для работы при температуре окружающего воздуха 18-25°C. Они применяются в помещениях с тонкими и напряженными работами (контроль и сортировка изделий, сборка приборов, чертежная работа); при необходимости правильного различения цветов и т. п.

Лампы ДРЛ (четырёхэлектродные) предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от 35 до -25 °С, а двухэлектродные от 25 до -35 °С.

Зажигание этих ламп происходит через специальные пускорегулирующие аппараты.

Лампы ДРЛ состоят из кварцевой колбы, содержащей ртутные пары при давлении от 2 до 4 атмосфер, и высокой стеклянной колбы, на внутренней



поверхности которой нанесен слой люминофора для пополнения спектра ртутных паров недостающими в них лучами красной части.

При включении разгорание лампы длится около 7 мин. Повторное зажигание лампы при выключении или прерыве питания можно только после ее остывания (около 10 мин.)

Лампы надежно зажигаются и горят при напряжении сети не ниже 200В. При снижении напряжения на 10% и более номинального лампы начинают гореть неустойчиво и при дальнейшем понижении могут погаснуть, а не горевшие лампы не зажечься.

Наряду с перечисленными преимуществами газоразрядные лампы имеют ряд недостатков, в числе которых следует указать на пульсации светового потока при питании от сети однофазного тока.

*Лампы ДРЛ* применяются для общего освещения помещений высотой более 6м (цехи металлургической, машиностроительной, судостроительной промышленности); для освещения строительных площадок; для основных проездов и проходов с интенсивным движением транспорта и людей.

*Ксеноновые лампы* включаются в сеть без балластных дросселей, их коэффициент мощности близок к 1. Для зажигания лампы необходим высоковольтный высокочастотный импульс напряжения, создаваемый специальными пусковыми устройствами. Лампы могут зажигаться и гореть при очень низких температурах (ниже -35 С). Свет, испускаемый лампами, близок к свету полуденного солнца, что обеспечивает хорошую цветопередачу.

Лампы применяются для освещения больших открытых пространств – карьеров, мест производства открытых работ на территории промпредприятий, открытых складов, железнодорожных сортировочных станций

## **Тема 1.5 Характеристика электротермических установок**

1. *Установки косвенного нагрева*
2. *Установки индукционного нагрева*

В процессе термической обработки металлов, получения качественных сталей и сплавов и др. используют электрический нагрев, который производится в специальных электрических печах и установках.

Электрические печи обладают существенными преимуществами по сравнению с другими сталеплавильными агрегатами, поэтому высоколегированные инструментальные сплавы, нержавеющие шарикоподшипниковые, жаростойкие и жаропрочные, а также многие конструкционные стали выплавляют только в этих цехах.

При протекании тока в твердом или жидком проводнике выделяется теплота. Если проводник является объектом нагрева, то происходит прямой нагрев. Если же в проводнике выделяется теплота, которая затем передается объекту нагрева, то происходит косвенный нагрев; проводник в этом случае называют электронагревателем или нагревательным элементом.

## 1. Установки косвенного нагрева

Косвенный способ нагрева используется в *электрических печах сопротивления*, в установках контактного инфракрасного нагрева и в электробытовых приборах (электроплиты, электродуховки, калориферы, электрокамины, паяльники и т. д.).

Наиболее энергоемкими из всех установок электронагрева являются электрические печи сопротивления (ЭПС). Наряду с небольшими лабораторными печами мощностью в сотни ватт или в несколько киловатт в промышленности применяют печи, мощность которых измеряется сотнями и тысячами киловатт. Область применения их — нагрев металла под термическую обработку и пластическую деформацию, плавка металлов, сушка материалов, пайка. Конструкции электропечей сопротивления чрезвычайно разнообразны.

## 2. Установки индукционного нагрева

При индукционном нагреве электромагнитное поле, создаваемое переменным током, возбуждает в нагреваемом теле вихревые токи. Этот эффект используется для плавки металлов и сплавов в индукционных печах, а также для термической обработки и для нагрева металлических тел в индукционных нагревательных установках.

**Устройство, создающее переменное электромагнитное поле, называется индуктором.**

Индуктор представляет собой цилиндрическую или плоскую спиральную катушку, или же проводник, форма которого зависит от формы нагреваемого изделия. Индуктор питается переменным током промышленной, средней или высокой частоты. Изделие помещают внутри катушки, переменное поле, созданное индуктором, наводит в детали вихревые токи. Так как сопротивление материала детали мало, то токи, протекающие в ней, велики, и деталь быстро (за десятки секунд) нагревается. Нагрев может быть сквозной и поверхностный.

Разнообразие применений индукционного нагрева обуславливает, в свою очередь, различие конструкций печей и установок.

Для питания установок их либо непосредственно подключают к сети промышленной частоты, либо используют специальные преобразователи частоты — электромашинные, полупроводниковые, ламповые. Мощность преобразователей — от единиц ватт до нескольких мегаватт.

К установкам, питаемым от сети промышленной частоты, относятся канальные трехфазные печи, крупные однофазные тигельные печи и крупные установки сквозного нагрева. В канальной печи (рис. 247) расплавленный металл образует вокруг стального сердечника явно выраженный короткозамкнутый виток 3, находясь в закрытом канале из высокоогнеупорной керамики. На сердечнике 4—4' находится обмотка индуктора 5, подключаемая к источнику питания. Обмотка индуктора выполнена из медной водоохлаждаемой

трубки. Такая печь подобна трансформатору, первичной обмоткой которого служит индуктор, а вторичной — короткозамкнутый виток обычно прямоугольного сечения. Устье канала находится у дна ванны / печи. В нижней части ванны находится основная масса расплава 2. Канал отделен от индуктора и от кожуха печи моноклитным фасонным блоком 6 из высококачественной огнеупорной керамики — так называемым подовым камнем. Нагреваясь вихревыми токами, металл циркулирует по каналу, постепенно вымывая его стенки. При высокой температуре подовые камни быстро разрушаются. Подовый камень 6, индуктор 5 и стержень 4 сердечника конструктивно образуют съемный узел — так называемую индукционную единицу. Печь оснащают одной трехфазной или тремя однофазными индукционными единицами. Такая печь является трехфазной нагрузкой для питающей сети.

## Тема 1.6 Характеристика установок электрической сварки

1. *Общие сведения*
2. *Контактная сварка*
3. *Дуговая сварка*
4. *Электронно-лучевая сварка*

### 1 Общие сведения

Практически нет ни одной отрасли машиностроения, приборостроения и строительства, в которых не применялись бы сварка и резка металлов. С помощью сварки получают неразъемные соединения почти всех металлов и сплавов различной толщины – от сотых долей миллиметра до нескольких метров.

*Электросваркой называется процесс получения неразъемных соединений металлических деталей с применением местного нагрева электрическим током и использования сил молекулярного сцепления.*

Электросварка делится на два основных вида: дуговую сварку и сварку сопротивлением, или контактную сварку. Тепловая энергия при дуговой сварке выделяется в дуговом разряде в непосредственной близости от свариваемого шва. При контактной сварке тепловая энергия выделяется непосредственно в свариваемом стыке за счет прохождения через свариваемые детали электрического тока.

Электросварка может выполняться как на постоянном токе, так и на переменном

Сварочные установки питаются от сетей напряжением 220/380 В.

Источники сварочного тока делятся на однопостовые и многопостовые. Однопостовые источники имеют небольшую мощность, обеспечивают питание только одного сварочного поста. Многопостовые источники имеют мощность, достаточную для одновременного питания нескольких сварочных постов. По конструктивному исполнению источники сварочного тока делятся на стационарные и передвижные.

Электросварочные установки по степени механизации технологических операций разделяются на установки, в которых эти операции выполняются вручную, установки полуавтоматические (когда автоматически поддерживается электрический режим сварки, остальные операции выполняются вручную) и установки автоматические.

Различают:- сварку сопротивлением, или контактную сварку;

- дуговую сварку ;
- плазменно-дуговую;
- электронно-лучевую сварку.

### 2 Контактная сварка

*Способ электрической сварки, при котором нагрев свариваемого участка происходит за счет выделения тепла в местах соприкосновения свариваемых деталей при прохождении через них сварочного тока, называется контактной*

*сваркой.*

Контактная сварка производится на переменном токе от сварочных трансформаторов, вторичные обмотки которых состоят из одного витка, замыкаемого электродами через два свариваемых куска металла. Напряжение вторичной цепи составляет от 2 до 25 В, сила сварочного тока измеряется десятками килоампер и достигает в самых крупных машинах 300 кА, а при сварке труб - до 1,5 млн. А.

Разновидностями контактной сварки являются:

- точечная;
- стыковая;
- шовная сварки.

Машины для точечной сварки бывают автоматическими и неавтоматическими, одноточечными и многоточечными, стационарными и переносными. Одноэлектродные машины имеют мощность от 5 до 1000 кВт с величиной сварочного тока от 0,5 до 160 кА.

Для сварки деталей толщиной менее 1 мм применяется импульсная сварка, которая проводится импульсом тока, получаемого при разряде конденсатора через первичную обмотку сварочного трансформатора, мощностью 0,1-0,2 кВА.

Для сварки стыков различных деталей применяется стыковая сварка. Стыковые машины мощностью от 0,75 до 100 кВт изготавливают с пружинными или рычажными механизмами сжатия, мощностью от 150 до 600 кВт - с приводом от электродвигателя или от гидравлического двигателя.

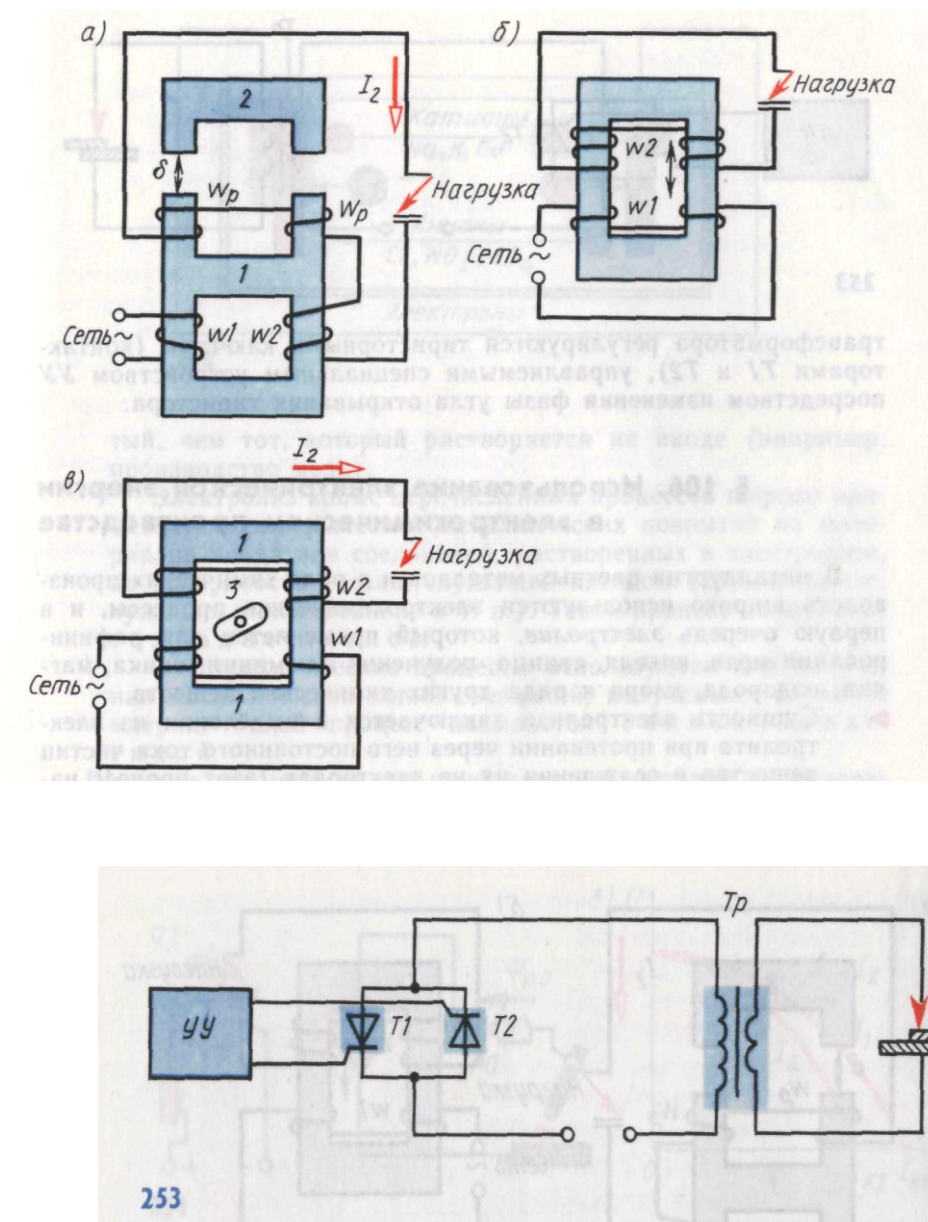
При шовной сварке соединение металлических деталей производится непрерывным или прерывистым швом электрическим током, подводимым к свариваемым деталям вращающимися роликами. Такой вид сварки применяют при производстве труб различного диаметра. Трубы свариваются из полос с продольным или спиральным сварочным швом.

Например, для электросварки труб диаметром 400-660 мм к заготовкам с продольным швом подводятся диски-электроды, вращающиеся вместе со сварочным трансформатором мощностью 4400 кВА и производящие нагрев и сварку стыка при напряжении 16 В и сварочном токе 275 кА.

Контактная электросварка имеет разновидности: стыковая, точечная и роликовая. Точечная и роликовая (шовная) сварка производится на контактных машинах мощными однополярными импульсами тока.

Свариваемые детали устанавливают между электродами контактной машины, плотно сжимают и включают ток. В месте контакта металл расплавляется и образуется сварная точка, при роликовой сварке заготовки устанавливают между роликами. При вращении роликов к ним импульсом подключается ток.

Высококачественная точечная сварка достигается при определенной амплитуде и длительности импульса тока. Коммутация тока производится в цепи первичной обмотки сварочного трансформатора  $T_p$  (рис. 253). Напряжение и ток вторичной обмотки



трансформатора регулируются тиристорными ключами (контакторами  $T_1$  и  $T_2$ ), управляемыми специальным устройством  $УУ$  посредством изменения фазы угла открывания тиристора.

### 3. Дуговая сварка

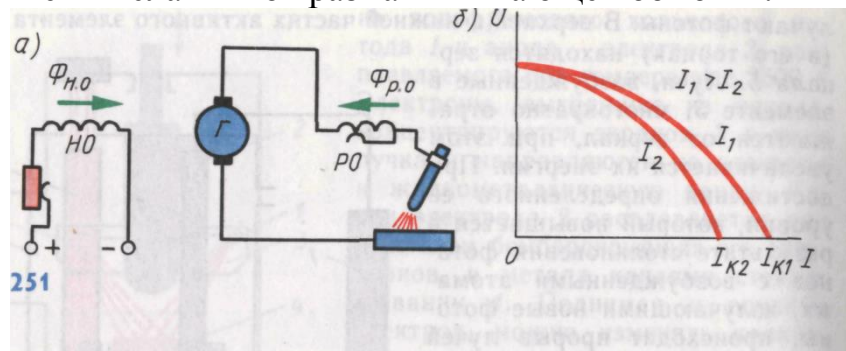
При дуговой сварке детали нагревают с помощью электрической дуги. Детали сами служат одним из электродов дуги. Черные металлы сваривают стальным электродом с обмазкой. В процессе сварки электрод расплавляется и образует шов. Детали из цветных металлов чаще сваривают с помощью угольного или графитового электрода — катода. Присадку вводят в зону сварки в виде отдельного присадочного прутка.

Устройства дуговой сварки отличаются повышенной электроопасностью. Поэтому напряжение холостого хода источников питания не превышает 90 В, рабочее напряжение составляет 35—70 В, напряжение дуги находится в

пределах 35—50 В.

Сварочный ток в зависимости от толщины деталей может быть 100—1200 А.

Простейшим источником питания для сварки постоянным током является генератор смешанного встречного возбуждения с последовательной размагничивающей обмоткой возбуждения  $PO$  (рис. 251, а). Внешняя характеристика генератора  $U(I)$  представлена на рис. 251,б. Напряжение холостого хода генератора регулируется реостатом в цепи независимой обмотки возбуждения  $HO$ , а регулирование тока короткого замыкания  $I_K$  осуществляется изменением числа витков размагничивающей обмотки.



В настоящее время получила большее распространение сварка переменным током, так как она обеспечивает не менее высокое качество свариваемого шва при меньшей стоимости источника тока, меньшем расходе электрической энергии на единицу свариваемой продукции, большей надежности электрооборудования и меньших эксплуатационных расходах.

#### 4. Электронно-лучевая сварка

Кроме рассмотренных выше способов сварки в настоящее время находит все большее применение электронно-лучевая сварка, а также сварка с использованием плазмы.

Электронный луч способен сваривать любые тугоплавкие металлы, камни и керамику. При электроннолучевой сварке расходуется в 20 раз меньше энергии, чем при дуговой. При этом здесь не приходится разогревать большие объемы металла. Луч легко перемещать, отклоняя поток электронов магнитным полем и оставляя само изделие неподвижным. Достигается ювелирная точность сварки и отпадает надобность в громадных приспособлениях для перемещения изделий. Для сварки корпусов ракет, деталей подводных кораблей, тепловыделяющих элементов атомных станций созданы сварочные камеры диаметром более 10 м. Вес обрабатываемых в них заготовок достигает 25 т.

Одним из состояний вещества является плазма, представляющая собой газообразную смесь движущихся электронов, ионов и нейтральных атомов. Источником плазмы является плазменный генератор, или плазмотрон. Дуговой плазмотрон устроен следующим образом. Он содержит анод и катод, на которые подается высокое напряжение. В пространство разрядной камеры подается плазмообразующее вещество, чаще всего газ - воздух, азот, аргон и т.д. Под действием высокого напряжения в газе возникает разряд, и между катодом и

анодом образуется плазменная дуга. Чтобы избежать перегрева стенок разрядной камеры, их охлаждают водой. В качестве анода может служить, например, металл, подвергаемый обработке с помощью плазмы. Применяются плазмотроны для резки, сварки металлов и других целей.

## **Тема 1.8 Применение электрических полей в технологических процессах**

- 1. Общие сведения*
- 2. Электрические фильтры*
- 3. Установки для электроокраски. Пневмоэлектрический способ*
- 4. Установки электростатической окраски*

### **1. Общие сведения**

Установки, использующие электрическое поле постоянного тока высокого напряжения в промышленности, предназначены для:

- направленного движения капель или твердых частиц;
- улавливания взвешенных в газе частиц;
- разделения смеси частиц.

Сильные электрические поля все в большей степени используются в различных технологических процессах:

- очистка газов от пыли;
- электроокраска;
- нанесение порошковых покрытий в электрическом поле и т. д.

Принцип создания указанных процессов заключается в том, что частицам твердого вещества или жидкости сообщается некоторый заряд, а электрическое поле, в которое они вносятся, создает их движение в определенном направлении.

### **2. Электрические фильтры**

Следует отметить, что во многих технологических процессах отходы производства улетучиваются в виде пыли и газов, засоряя при этом окружающую среду. Наиболее мощными источниками отходов являются тепловые электрические станции, особенно работающие на топливе с большой зольностью, металлургические заводы и предприятия химической промышленности. Для улавливания пыли используются электрические фильтры, которые во много раз снижают загрязненность атмосферы, а также повышают выход полезного продукта, что создает основы безотходных технологических процессов.

Принцип действия электрических фильтров может быть пояснен рисунком 255, а. В зону между электродами / (катод) и 2 (анод) направляется газовый поток с частицами пыли 3. Если к электродам от источника питания 4 подводится напряжение, то между ними создается электрическое поле и начинается движение электронов 5 и положительно и отрицательно заряженных ионов 6. Все эти частицы в соответствии с зарядами направляются к электродам. Ток между



электродами будет мал вследствие незначительного уровня ионизации межэлектродного пространства.

Эффективным ионизатором пространства между электродами может служить коронный разряд, который образуется вокруг малого цилиндра — катода *1* при напряженности электрического поля более **15 кВ/см**. При большей ионизации межэлектродного пространства возникает интенсивный поток отрицательных частиц, они налипают на частицы пыли и вместе двигаются в сторону анода. У анода частицы пыли теряют свой заряд и оседают на нем. При периодическом встряхивании анода пыль направляется в бункера. Электрические фильтры отличаются высокой эффективностью очистки газов, достигающей 97—99%.

Простейшая электрическая схема включения фильтра приведена на рис. 255, б. Катод *K* и анод *A* получают питание от источника, состоящего из трансформатора *Tr*, преобразователя ЯР и регулятора *P*.

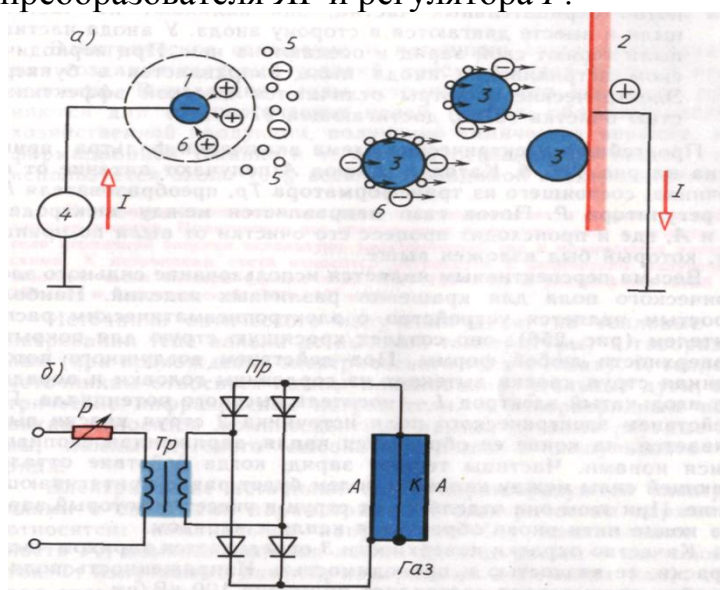


Рисунок - Схема работы электрофильтра

Поток газа направляется между электродами *C* и *A*, где и происходит процесс его очистки от пыли по принципу, который был изложен выше.

Электрофильтры применяются для очистки дымовых газов эл.станций, цементных и сажевых заводов, на предприятиях химической промышленности и т.д.

## 2 Установки для электроокраски. Пневмоэлектрический способ

Направленное движение заряженных взвешенных частиц или капель к окрашиваемому предмету применяется в машиностроении для электроокраски. По этому методу между электродами, одним из которых является заземленное окрашиваемое изделие (анод), а другим - коронирующие электроды (катоды), создается постоянное электрическое поле высокого напряжения. Контакт окрашиваемого изделия с заземленным конвейером обеспечивается металлическими подвесками. Частицы лакокрасочного материала, получившие отрицательный заряд, движутся по силовым линиям электрического поля и осаждаются на заземленном изделии. Способы электроокраски подразделяются

по типу аппаратуры и физической сущности процессов:

- пневмоэлектрический (электрическое поле создается выносными электродными сетками, а распыление осуществляется сжатым воздухом);
- электромеханический (частицы краски заряжаются на кромке электростатического вращающегося распылителя);
- электростатический (окрасочный состав распыляется с коронирующей кромки только под действием электрического поля).

Первый способ характеризуется повышенным расходом лакокрасочного материала. Более экономичен электромеханический способ распыления: окрасочный состав по краскопроводу подводится к вращающейся головке распылительного устройства и под действием центробежных сил равномерно стекает с коронирующей кромки распылителя. При этом частицы краски приобретают отрицательный заряд и за счет суммирования электростатических и механических сил перемещаются к изделию. Улавливание взвешенных в газе частиц при помощи электрического поля или установки электрофильтров получило широкое распространение в различных отраслях промышленности.

**Установки для электроокраски** Весьма перспективным является использование сильного электрического поля для **крашения различных изделий**. Наиболее простым является устройство с электропневматическим распылителем (рис. 256); оно создает красящую струю для покрытия поверхности любой формы. Под действием воздушного потока тонкая струя краски вытекает из горловины головки и попадает на игольчатый электрод / — носитель высокого потенциала. Под действием электрического поля источника 2 струя краски вытягивается, на конце ее образуется капля, заряженная скопившимися ионами. Частицы теряют заряд, когда действие отталкивающей силы между каплей и полем будет равно притягивающей силе. При этом она отделится от струи и унесет некоторый заряд; на конце нити вновь образуется капля с зарядом.

Качество окраски поверхности 3 определяется зарядом частиц краски, ее вязкостью и проводимостью. Напряженность поля на кромке распылителя составляет примерно **100 кВ/см**.

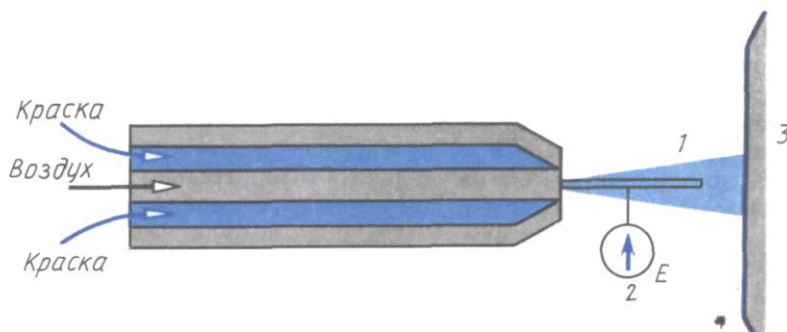


Рисунок - Устройство с электропневматическим распылителем

### 3. Установки электростатической окраски

Электростатическая окраска находит широкое применение при массовом производстве однородных изделий, например корпуса и кожухи аппаратов различных машин. Преимущества такой окраски особенно сказываются в конвейерных и поточных линиях непрерывного автоматизированного технологического процесса — в автомобилестроении, сельхозмашиностроении, приборостроении и др.

Принцип электростатической окраски заключается в следующем. Между коронирующим электродом, к которому подводится отрицательный потенциал источника тока, и окрашиваемым изделием, которое заземляется, создается сильное электрическое поле. В это поле вводится лакокрасочный материал, распыленный до мелких капель, которые под воздействием сил поля переносятся на окрашиваемое изделие.

Электростатическая окраска производится в специальных металлических помещениях-камерах, хорошо освещаемых и вентилируемых. В такой камере окрашиваемые изделия движутся по конвейеру, а при необходимости получают вращение в зоне электрического поля.

Электродвигатели механизмов электрокрасочных установок, а также вытяжной и приточной вентиляции должны выбираться во взрывонепроницаемом исполнении типов МА и ТАГ. Технологическая схема установки электростатической окраски приведена на рис. 3.3. Подготовленные к окраске изделия 1, укрепленные на Подвесном конвейере 2, помещаются на расстоянии 250 -г- 500 мм от чашечных распылителей 4, установленных на изолирующей стойке 3. Напряжение на корпус чаши распылителя подается от высоковольтного распределительного устройства 13, управляемого с пульта 8. Краска к распылителю подается из бачка 7 насосом дозирующего устройства 9 с двигателем до 0,5 кет.

Распределительное устройство состоит из высоковольтного повышающего трансформатора 10 и выпрямительного кенотрона 11, рассчитанных на получение выпрямленного напряжения 140 кВ с током до 5 мА, которое подается через ограничительное сопротивление 12 на шинопровод 14 и далее через проходной изолятор 6 на коронирующий электрод распылителя. Шинопровод имеет соединение с автоматическим разрядником 15, с помощью которого шинопровод заземляется для снятия остаточного заряда с оборудования. Краска распыляется при вращении чашеголовок распылителя воздушной турбинкой, получающей воздух от компрессора через воздухоочиститель 5. Распылению краски способствует также наличие высокого потенциала на корпусе чаши распылителя. Некоторые типы распылителей работают только за счет действия электрического поля. В качестве привода чашечных и грибковых распылителей, кроме турбинок, используются микродвигатели мощностью до 180 Вт.

При применении пневматических распылителей (пистолетов) в качестве коронирующих электродов используются электродные сетки из металлических трубчатых или прутковых рам или игольчатые электроды в виде трубок с острыми иглами.

Применяя электростатическую окраску, следует учитывать неравномерность электрического поля с усилением его на выпуклых поверхностях

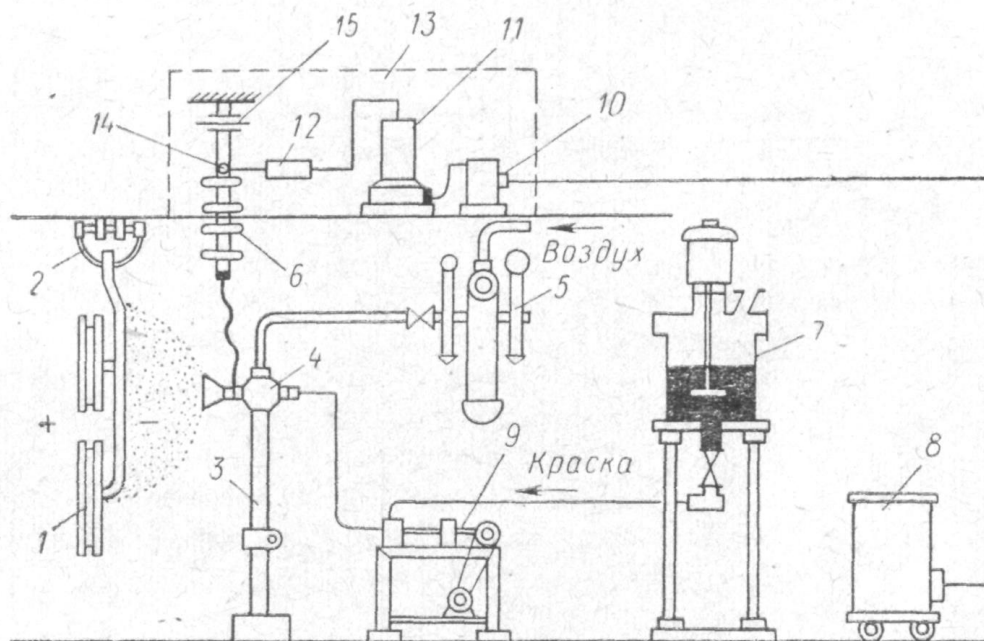


Рисунок - Технологическая схема установки электростатической окраски

и ослаблением на вогнутых. Поэтому более интенсивной окраске подвергаются выпуклые поверхности изделия, а для окраски вогнутых и углубленных частей приходится применять дополнительные приспособления в виде металлических экранов для усиления электрического поля в определенных местах.

Режим электростатической окраски изменяют регулированием напряжения, подаваемого на коронирующий электрод, или расстояния между электродом и окрашиваемым изделием. Режим окраски можно также изменять регулированием скорости привода распыляющего устройства для получения минимального размера капель лакокрасочного материала, что приводит к ускорению движения капель к окрашиваемому изделию в электрическом поле. При этом следует учитывать, что при определенном напряжении на электроде на острых частях изделий может возникнуть искровой разряд или положительная корона, при которой замедляется движение капель лакокрасочного материала к изделию. Рассмотрим особенности управления установкой электростатической окраски (рис. 3.4). Напряжение на установку подается от сети 220 В через автотрансформатор *АТ* на первичную обмотку повышающего трансформатора *ТВ*, затем на высоковольтный кенотрон *ВК* и далее через управляющую лампу-пентод *Л* на электрод.

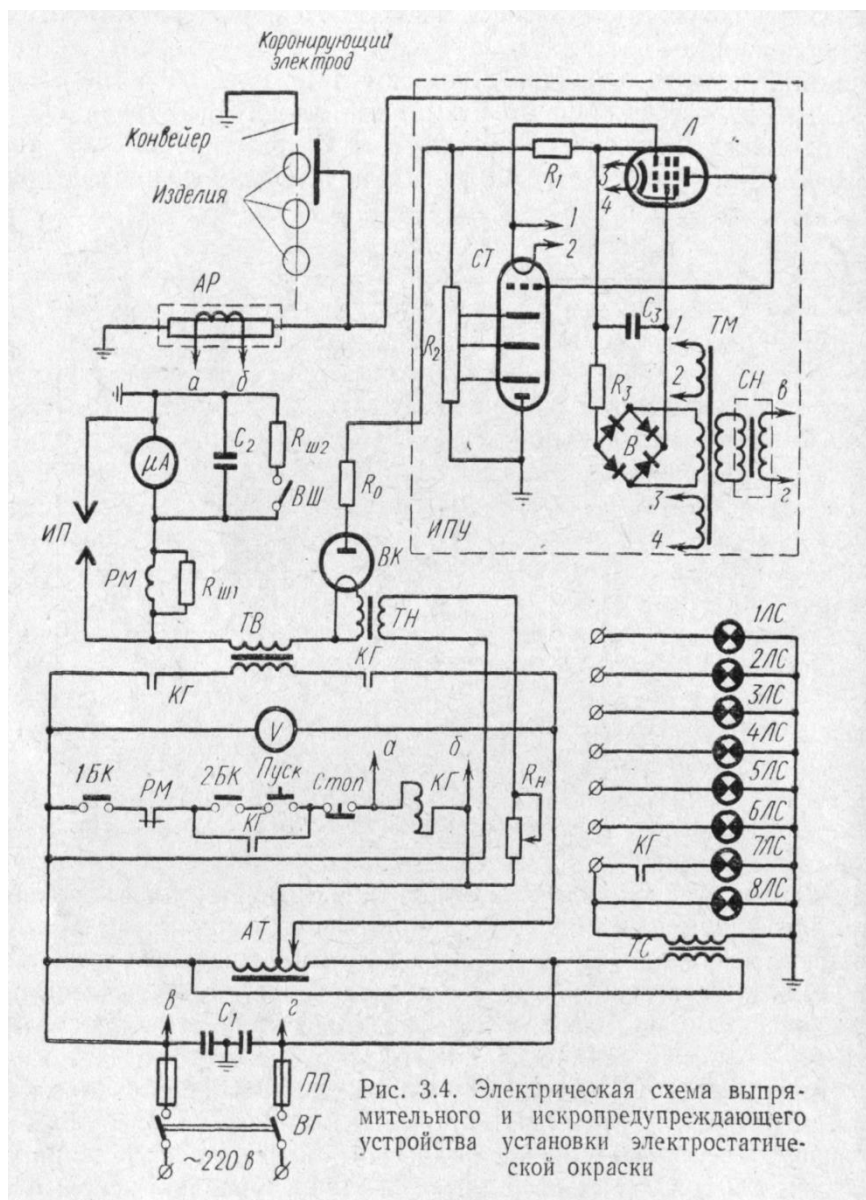


Рисунок -Электрическая схема выпрямительного и искропредупреждающего устройств установки электростатической окраски

Автотрансформатор  $AT$  обеспечивает регулировку выпрямленного напряжения в пределах 65 — 140 кВ. Контроль величины напряжения и тока осуществляется вольтметром и микроамперметром. При замкнутом состоянии блокировочных контактов  $1БК$  на ограждении окрасочной камеры и кабины высоковольтного оборудования и  $2БК$  на исходном контакте регулятора напряжения  $AT$  включается выключатель  $ВГ$  и подается напряжение на трансформатор накала кенотрона  $77/$ . При нажатии на кнопку «Пуск» контактор  $КГ$  включает повышающий трансформатор  $ТВ$ . Одновременно по цепи подается напряжение на электромагнит автоматического разрядника  $AP$ , и коронирующий электрод отключается от защитного заземления. При нажатии на кнопку «Стоп» контактор  $КГ$  отключает повышающий трансформатор  $ТВ$ , и электромагнит разрядника  $AP$  заземляет шинопровод и коронирующий электрод.

В установке предусмотрены следующие защиты: от перегрузки — при

помощи максимального реле  $PM$ ; от коротких замыканий на стороне низкого напряжения трансформатора  $TB$  — предохранителями  $Я/7$ ; от радиопомех — конденсаторами  $C_i$ ; от перенапряжений на микроамперметре и реле  $PM$  — искровым промежутком  $ИЛ$ .

Кроме указанных защит, установка оборудуется специальным искропредупреждающим устройством  $ИПУ$  (на схеме очерчено пунктирными линиями). При помощи  $ИПУ$  предотвращается искровой разряд между коронирующим электродом и окрашиваемым изделием, который может вызвать загорание краски на изделии. Устройство  $ИПУ$  представляет собой отдельный блок (см. рис. 3.4), в который входит высоковольтный тиратрон  $СТ$ , лампа-пентод  $Л$ , трансформатор  $ТМ$  со стабилизатором напряжения  $СН$ , питающий выпрямитель  $В$ , и цепи накала тиратрона и пентода.

При искровом разряде между коронирующим электродом и изделием увеличиваются анодный ток лампы  $Л$  и напряжение на резисторе  $R_2$ , которое подается на управляющую сетку тиратрона  $СТ$ . В результате тиратрон зажигается и шунтирует цепь кенотрона  $ВК$ , что снимает напряжение с коронирующего электрода. При этом возрастает ток в цепи защитного реле  $PM$ , которое, срабатывая, отключает контактор  $КГ$  и выпрямительное устройство.

Контроль за работой вспомогательных устройств установки (вентиляционных и насосных механизмов и др.) осуществляется сигнальными лампами  $ЛЛС$  -г-  $БЛС$ . Включение высокого напряжения контролируется лампой  $ЛЛС$ , установленной при входе в камеру окраски, и наличие напряжения, подаваемого на трансформатор  $ТС$ , контролируется лампой  $Я/7$ .

Кроме перечисленных блокирующих и сигнализирующих устройств, в установке электростатической окраски должно быть предусмотрено следующее: невозможность включения распылителей при выключенной вентиляции, неподвижном конвейере и включенном высоком напряжении; включение высокого напряжения при выключенной вентиляции.

## **Раздел 2 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

### **Тема 2.1 Организация взаимоотношений между энергосистемой и потребителями**

- 1. Юридически-правовые вопросы*
- 2. Техничко-экономические вопросы*
- 3. Оперативно-диспетчерские вопросы*

#### **1. Юридически-правовые вопросы**

Взаимоотношения между энергосистемой и потребителями регламентированы Правилами пользования электрической энергией. Их в определенной мере можно разделить на юридически-правовые, технико-экономические и оперативно-диспетчерские.

К юридически-правовым вопросам относятся следующие:

- регламентация порядка присоединения электроустановок потребителей к энергосистеме. Различные по составу и присоединяемой мощности потребители ставят перед энергосистемой задачи разной сложности присоединения;
- разграничения балансовой принадлежности оборудования и сетей и эксплуатационной ответственности между потребителем и энергосистемой;
- выбор соответствующих тарифов и системы расчета за электроэнергию;
- определение условий электроснабжения потребителей в период возникновения в энергосистеме временных дефицитов мощности или энергии в целях сохранения устойчивости режима системы и ее разгрузки за счет отключения части потребителей;
- определение порядка допуска персонала энергосистемы в электроустановки потребителей для оперативных переключений и для контроля над режимом электропотребления;
- регламентация ответственности энергосистемы и потребителей за электроснабжение, качество электроэнергии и соблюдение правил пользования электроэнергией.

#### **2. Техничко-экономические вопросы**

Техничко-экономические вопросы взаимоотношений между энергосистемой и потребителем связаны с разработкой и выполнением:

- технических условий на присоединение электроустановок потребителей к энергосистеме;
- схем размещения приборов контроля качества электроэнергии;
- схем размещения приборов учета;
- нормативов по компенсации реактивной мощности и оптимальных режимов работы компенсирующих устройств;
- правил и норм по надежной и экономичной эксплуатации электроустановок потребителей.

#### **3. Оперативно-диспетчерские вопросы**

Оперативно-диспетчерские взаимоотношения определяются необходимостью обеспечения:

- электроснабжения потребителей в соответствии с выбранным уровнем надежности схемы их внешнего электроснабжения;
- нормальных условий эксплуатации и ремонта оборудования, сетей и приборов энергосистемы и потребителей;
- установленных стандартом норм качества электроэнергии;
- разгрузки энергосистемы для сохранения устойчивости ее режима при возникновении временных аварийных дефицитов мощности.

Единство электрической схемы энергосистемы и потребителей обуславливает необходимость строгой регламентации взаимоотношений между оперативно-диспетчерским персоналом.

Координация взаимоотношений между энергосистемой и потребителем возложена на Энергосбыт.

## **Тема 2.2 Общие требования к эксплуатации электроустановок**

- 1. Разграничение ответственности между потребителями и энергосистемой*
- 2. Энергетический надзор*

### **1. Разграничения ответственности между потребителями и энергосистемой**

Взаимоотношения энергосистемы и потребителей по вопросам эксплуатации электроустановок и техники безопасности формируются по двум направлениям:

- разграничения ответственности за оперативное управление и эксплуатацию электроустановок и сооружений;

- осуществления энергосистемой через Энергосбыт функций государственного энергетического надзора за соблюдением потребителями правил технической эксплуатации и техники безопасности.

При разграничении ответственности за оперативное управление и эксплуатацию электроустановок и сооружений определяются:

- граница ответственности и принадлежности устройства и сооружения;
- юридически ответственные организации за их эксплуатацию и за состояние территории, на которой находится данное устройство или по которой проходят трассы воздушных и кабельных линий;
- перечень оперативных переключений на стороне высокого или низкого напряжения, разрешенных потребителю;
- уставки релейных защит, номинальные токи предохранителей, установленных в трансформаторных помещениях (ТП) или на вводе, принадлежащем энергосистеме, и на щите у потребителя;
- токи короткого замыкания, необходимые для расчета уставок релейных защит, заземлений и грозозащиты;



- порядок отключения оборудования для производства работ персоналом энергосистемы и потребителя.

Разграничение ответственности за эксплуатацию между энергосистемой и потребителями, за исключением бытовых, оформляется соответствующим актом.

По бытовым потребителям граница ответственности за эксплуатацию установлена правилами пользования электроэнергией на вводе в жилой дом. За эксплуатацию электроустановок после ввода несут ответственность:

-по государственным жилым домам — жилищно-эксплуатационные конторы или домоуправления;

-по кооперативным жилым домам и жилым домам, принадлежащим гражданам на праве личной собственности, — правления кооперативов и граждане, владельцы жилых домов. За эксплуатацию электропроводки и электроприемников в квартирах во всех случаях несут ответственность граждане, проживающие в этих квартирах.

В акте по разграничению принадлежности и ответственности на электроустановки напряжением до 1000 В указываются:

- наименования и адреса предприятия энергосистемы и потребителя; - номера ТП (РП) и вводного устройства, к которому присоединен потребитель;

- граница балансовой принадлежности и ответственности; разрешенная к присоединению мощность;

-общая защита на вводном распределительном щите в соответствии с разрешенной мощностью;

-состояние нулевой точки трансформатора, от которого осуществляется электроснабжение потребителя (заземлена наглухо или изолирована);

- воздушные или кабельные линии энергосистемы, проходящие по территории потребителя и особые условия (если они имеются).

Акт составляется в трех экземплярах (для электроснабжающего предприятия энергосистемы, Энергосбыта и потребителя).

Соблюдение перечисленных выше требований, зафиксированных в актах, является непременным условием нормального электроснабжения потребителей.

При эксплуатации электроустановок потребителей важную роль играет оперативный дежурный персонал, обеспечивающий ведение заданных режимов работы электрооборудования и поддерживающий постоянную оперативную связь по вопросам электроснабжения с дежурным предприятия энергосистемы

При производстве отдельных операций в электроустановке необходимо строго соблюдать действующие правила во избежание аварий с оборудованием и электротравм с обслуживающим персоналом.

При исчезновении напряжения от сети энергосистемы все операции в распредустройствах потребителя (отключения, осмотры) должны производиться с соблюдением всех правил безопасности, как в установках, находящихся под напряжением. Напряжение на установку потребителя может быть подано со стороны сети энергосистемы в любой момент, без предупреждения.

Персонал потребителя, производящий переключения в сети внешнего электроснабжения по заданию оперативного дежурного энергосистемы, обязан записать задание в сменный журнал, выполнить его и сообщить об исполнении

оперативному дежурному энергосистемы.

Сменный журнал должен ежедневно просматриваться и визироваться техническим руководителем (главным энергетиком, начальником электроцеха, начальником подстанции).

При отсутствии прямой телефонной связи между оперативным 1 дежурным энергосистемы и потребителем при пользовании для связи общей телефонной сетью рекомендуется производить проверку лиц, ведущих переговоры, встречным вызовом по телефону. Все оперативные переговоры должны производиться в краткой деловой форме с обязательной проверкой правильного понимания и усвоения полученного задания и контролироваться повторением полученного сообщения.

В помещении дежурного пункта оперативного персонала потребителя на видном месте должен быть вывешен список телефонов оперативных дежурных энергосистемы. Оперативный дежурный персонал потребителя обязан постоянно следить за исправностью телефонной связи. В случае нарушения имеющейся связи оперативный дежурный персонал потребителя изыскивает другие средства связи и сообщает об этом оперативному дежурному энергосистемы.

Потребитель при возникновении аварий в сети обязан приступить к ее ликвидации своими силами с привлечением в необходимых случаях специализированных организаций в строгом соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» о допуске командированного персонала. О возникновении аварии, ходе ее ликвидации и при несчастных случаях с людьми от поражения электрическим током потребитель обязан сообщить соответствующему оперативному дежурному энергосистемы и диспетчеру Энергосбыта.

При исчезновении напряжения на сборных шинах подстанции потребителя, в чем оперативный дежурный персонал убеждается по отсутствию напряжения на электроприемниках или по указаниям приборов, дежурный персонал обязан сообщить о случившемся соответствующему оперативному дежурному энергосистемы и далее действовать по его указанию. В этом случае напряжение со стороны энергосистемы может быть подано без предупреждения.

## **2. Энергетический надзор**

Расследование аварий и погашений в сети потребителя производится представителями инспекции по энергонадзору, Энергосбыта и потребителем в определенном порядке.

Осуществляемый инспекторами Энергосбыта государственный энергетический надзор за соблюдением потребителями Правил технической эксплуатации и техники безопасности направлен на предотвращение:

- аварийных нарушений электроснабжения потребителей по вине последних;
- повреждения оборудования и сетей вследствие неправильной эксплуатации электроустановок потребителей;
- несчастных случаев от поражения людей электрическим током;

- нерациональных режимов работы электротехнического и технологического оборудования потребителя;
- и нерационального расходования электрической энергии.

Особое значение для надежного электроснабжения потребителей имеет охрана кабельных и воздушных электрических линий энергосистемы. Повреждение этих коммуникаций может вызвать перерыв в электроснабжении заводов и фабрик, жилых кварталов, нарушить работу транспорта, привести к несчастным случаям с людьми, словом, причинить огромный ущерб народному хозяйству. Поэтому не допускаются какие бы то ни было земляные и строительно-монтажные работы на улицах, строительных площадках, территориях предприятий и во дворах жилых домов, а также в охранных зонах воздушных электрических линий *без ордера административной инспекции исполкома и письменного разрешения энергосистемы.*

При ведении работ в охранных зонах воздушных и кабельных электрических линий обязательно должно назначаться ответственное лицо для наблюдения за их сохранностью. В случае обнаружения кабеля, не указанного на схеме, необходимо немедленно прекратить работу, принять меры к охране неизвестного кабеля и известить об этом организацию, эксплуатирующую электросети.

В охранной зоне кабельной линии без письменного разрешения ее владельца не допускаются:

- строительные и монтажные работы,
- посадка и вырубка деревьев,
- устройство игровых и спортивных площадок,
- благоустройство и озеленение дворов,
- установка ограждений;
- выполнение земляных работ на глубине более 30 см и планировка грунта землеройными машинами;
- складирование материалов.

Во избежание повреждения электрических линий запрещается:

- сбрасывать большие тяжести, выливать растворы кислот, солей и щелочей, устраивать свалки на трассе кабельной линии;
- разводить огонь вблизи вводных и распределительных устройств и в охранных зонах кабельных линий;
- производить снос или реконструкцию зданий, дорог и других сооружений, где проходят кабельные линии или установлены вводные и распределительные устройства, без ведома энергосистемы или другой организации, эксплуатирующей электросети;
- производить строительно-монтажные и другие работы под проводами воздушных линий и в пределах их охранных зон.

С целью сохранности электрических кабелей их трассы на территории предприятий, организаций и строительных площадок, а также во дворах рекомендуется обозначить пикетами или надписями, особенно на поворотах трассы, над кабельными муфтами, при пересечении с железнодорожными путями и дорогами.

## Тема 2.3 Управление электроэнергетическими системами

1. Требования, предъявляемые к энергосистемам
2. Цели управления энергосистемой

### 1. Требования, предъявляемые к энергосистемам

*Особенностью работы электроэнергетических систем является то, что электростанции должны вырабатывать столько мощности, сколько ее требуется в данный момент для покрытия нагрузки потребителей, собственных нужд станций и потерь в сетях.* Поэтому оборудование станций и сетей должно быть готово ко всякому периодическому изменению нагрузки потребителей в течение суток или года. Для того чтобы наиболее экономично эксплуатировать электрическую станцию, персоналу диспетчерских служб энергосистемы необходимо заранее знать, как изменяется спрос на электрическую энергию. Зная эти изменения, персонал может подготовить остановку необходимого числа генераторов при снижении нагрузки и, наоборот, подготовить к пуску резервные генераторы при увеличении потребления энергии.

Следует также учитывать, что от энергосистем питается ряд потребителей, нарушение электроснабжения которых недопустимо, так как это может привести к авариям и человеческим жертвам, вызвать простои и недовыпуск продукции предприятиями и т.д. Поэтому к работе энергосистем предъявляются следующие основные требования:

- выполнение плана выработки и распределения электроэнергии с покрытием максимумов нагрузки;
- бесперебойная работа электрооборудования и надежная работа систем электроснабжения;
- обеспечение необходимого качества отпускаемой потребителям электроэнергии по напряжению и частоте.

Для обеспечения указанных требований энергосистемы оборудуются специальными диспетчерскими пунктами, которые оснащаются средствами контроля, управления, связью, четкой мнемонической схемой расположения электростанций, ЛЭП и понижающих подстанций.

Отличительной особенностью диспетчерской службы является полная ответственность диспетчера за работу электростанций, электросетей и электроснабжение потребителей. Распоряжение диспетчера является законом и должно безоговорочно выполняться все-ми звеньями энергосистемы.

### 2. Цели управления энергосистемой

*Основной целью управления энергосистемой является оптимизация ее построения, работы и эксплуатации.* Для этого необходимо знать:

- свойства и характеристики системы;
- данные о состоянии технологического процесса на электростанциях (о расходе воды и топлива, параметрах пара, скорости вращения турбин и т.д.);
- сведения об электрических параметрах режима (частоте, напряжениях,

токах, активных и реактивных мощностях и т.д.);

-положение схемы системы - какие элементы в данный момент находятся в работе, а какие отключены.

Вся эта обширная информация о работе энергосистемы должна перерабатываться и использоваться для оптимизации режима работы.

В системе управления электроэнергетикой большое значение имеют электронные цифровые вычислительные машины.

При аварии дежурный инженер должен найти пути и средства восстановления нормального режима, произвести требуемые переключения в схеме электрических соединений. При аварийных режимах в энергосистеме часто требуется выдать управляющий сигнал не более чем через 0,05 с. Человека здесь выручают автоматические устройства, обладающие при переработке информации большим, чем он, быстродействием.

## Список литературы

- 1 Горелов В.П., Горелов С.В., Качанов А.Н., Королева Т.Г. Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений. Учебное пособие для дипломного проектирования.- Орел,2006.- 119с
- 2 Головкин П.И. Энергосистема и потребители электрической энергии- М.: Энергия, 1979.- 368 с
- 3 Зимин Е.Н., Преображенский В.И., Чувашев И.И. Электрооборудование промышленных предприятий и установок.-М.: Энергоатомиздат,1993.- 552с
- 4 Журнал Главный энергетик -2004,2005 г.г
- 5 Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студентов СПО.-М.: Мастерство,2002. – 331 с.
- 6 Шихин А.Я., Белоусов Н.М., Пухляков и Ю.Х. и др. Электротехника: Учебник для профобразования – 3-е изд.- М.: Высш. шк. Издательский центр Академия,1999. – 293 с
- 7 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий- М.: Высшая школа, 2003.- 333 с
- 8 Соколова Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование: Общепромышленные механизмы и бытовая техника: Учебник для студентов СПО.- М.: Мастерство; Высшая школа, 2001.-221с