

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕР-
СИТЕТ

Кафедра «Электроснабжение»

ПОТРЕБИТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Рабочая программа, методические указания
и контрольное задание для студентов специальности
I-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям)»

Минск 2008

УДК 621.311.1(075)

ББК 31.29-5я7

П64

Приводится рабочая программа дисциплины «Потребители электроэнергии» для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)». По каждому разделу даются методические рекомендации, которые могут быть полезными при изучении дисциплины, и указывается учебная литература. Описывается содержание контрольной работы с необходимыми методическими указаниями по ее выполнению.

Составители:

В.Н.Радкевич, В.Б.Козловская, И.В.Колосова

Рецензенты: И.И.Сергей, М.И.Фурсанов

С о д е р ж а н и е

Предисловие	3
1. Введение	4
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКА- ЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ	
2. Основные характеристики приемников и потребителей электроэнергии	5
3. Энергетические расходные характеристики приемников и потребителей электроэнергии	7
4. Электрические нагрузки потребителей электроэнергии	8
5. Выбор электрических аппаратов и проводников для электроснабжения приемников электроэнергии	10
6. Электрические осветительные установки	11
7. Электротехнологические установки	12
8. Силовые общепромышленные установки	16
9. Промышленные приемники и потребители электроэнер- гии с электродвигателями	17
10. Основные непромышленные потребители электроэнер- гии	25
11. Взаимосвязи между потребителями электроэнергии и энергосистемой	27
КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ	30
ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	39
Л и т е р а т у р а	49

Предисловие

Рабочая программа, методические указания и контрольное задание по дисциплине «Потребители электроэнергии» для студентов специальности I-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям)» составлены в соответствии с базовой программой, утвержденной Советом энергетического факультета, протокол № 6 от 1 марта 2001 г.

«Потребители электроэнергии» - одна из важнейших профилирующих дисциплин для специальности I-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям)».

Целью изучения дисциплины является приобретение высокого уровня профессиональной подготовки специалистов для работы в области электроэнергетики.

Задачами дисциплины являются изучение общих характеристик приемников и потребителей электроэнергии, используемых в народном хозяйстве, условий и схем их электроснабжения, взаимосвязей и взаимоотношений с энергосистемой, методов определения электрических нагрузок, выбора электрических аппаратов и проводников электрических сетей. Изучаются также электроприемники и потребители электроэнергии различных отраслей промышленности, силовые общепромышленные установки, электротехнологические установки и основные непромышленные потребители электроэнергии: коммунально-бытовые, сельскохозяйственные и т.п.

Рабочая программа дисциплины состоит из 11 разделов, по каждому из которых должна быть изучена рекомендуемая основная и дополнительная литература. С целью закрепления теоретических знаний выполняется контрольное задание. Для проверки усвоения изучаемого предмета предусматривается экзамен.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

1. Введение

Цели и задачи дисциплины. Понятие об электроприемниках и потребителях электрической энергии. Общая классификация потребителей электрической энергии. Структура потребления электроэнергии в Республике Беларусь.

Методические указания

Электроприемник – это аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии. Потребителем электрической энергии называется электроприемник или группа электроприемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории. Потребителями электроэнергии являются предприятия, организации, учреждения, территориально обособленные цеха и т.п., присоединенные к электрическим сетям энергоснабжающей организации и использующие электроэнергию с помощью электроприемников.

В зависимости от выполняемых функций, режимов и особенностей электроснабжения потребители электроэнергии делятся на следующие основные группы:

- промышленные и приравненные к ним потребители;
- производственные сельскохозяйственные потребители (колхозы, совхозы, фермы, лесхозы, рыбхозы и т.п.);
- обобщественно-коммунальные потребители (непромышленные), к которым относятся государственные учреждения, детские сады, учебные заведения, вокзалы, кинотеатры и т.д.;
- бытовые потребители (квартиры, дома, дачи и т.п.);
- оптовые потребители-перепродавцы.

В Республике Беларусь около 60% от общего объема потребляемой электроэнергии приходится на промышленные предприятия, остальная электроэнергия распределяется между потребителями примерно следующим образом: непромышленные потребители –

около 10%, сельскохозяйственные потребители – около 6%, население – 20%, железнодорожный и городской транспорт – 4%.

Литература [1, с. 10-12; 2, с. 13-14; 6, с. 26-32].

2. Основные характеристики приемников и потребителей электроэнергии

Режимы работы по нагреву: продолжительный, кратковременный, повторно-кратковременный. Номинальная (установленная) мощность электроприемников. Номинальные напряжения. Род тока, частота тока. Категории электроприемников по надежности электроснабжения. Стабильность расположения оборудования. Удельный расход электроэнергии. Коэффициенты, характеризующие режимы работы электроприемников и потребителей электроэнергии: использования, включения, загрузки, максимума и спроса.

Методические указания

Для электродвигателей и трансформаторов по нагреву установлено три основных режима: продолжительный (S1), кратковременный (S2) и повторно-кратковременный (S3). Режим S3 характеризуется величиной продолжительности включения (ПВ) в процентах или долях единицы. При продолжительности рабочего цикла более 10 мин и $ПВ > 60\%$ режим работы считается продолжительным.

Номинальная мощность электродвигателя – это мощность, развиваемая им на валу при номинальном напряжении. Под номинальной мощностью других электроприемников понимается мощность, потребляемая ими из сети при номинальном напряжении. При этом паспортная мощность электроприемников режима S3 приводится к номинальной длительной мощности при $ПВ = 100\%$.

Номинальное напряжение – это напряжение, на которое спроектирована сеть или оборудование и к которому относят их рабочие характеристики. Номинальное напряжение должно соответствовать действующим стандартам. Для трехфазных электрических сетей переменного тока следует принимать напряжения 230/400, 400/690 и 1000 В.

Основным током в электроустановках промышленных предприятий является переменный трехфазный ток. Электроприемники постоянного тока получают энергию от преобразователей. Стандартной частотой в странах Европы является частота 50 Гц. На промышленных предприятиях применяются электроприемники, использующие пониженную (ниже 50 Гц), повышенную-среднюю (до 30 кГц) и высокую (выше 30 кГц) частоты переменного тока, получаемые от преобразователей. Необходимо отметить, что для систем электроснабжения все приемники с преобразователями являются потребителями переменного тока промышленной частоты.

По надежности электроснабжения электроприемники делятся на три категории. Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийной остановки производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего основного оборудования. Удельный расход электроэнергии используется в расчетах, связанных с определением электрических нагрузок и показателей электропотребления. Важной характеристикой потребителей электроэнергии является степень стабильности расположения технического оборудования, которое в процессе эксплуатации может перемещаться по площади производственного здания или заменяться другим, более производительным. В таких случаях электрические сети должны быть приспособлены к быстрому перестроению без существенного нарушения производственного процесса.

В данном разделе необходимо также изучить основные коэффициенты, позволяющие представлять режимы работы приемников и потребителей электроэнергии в аналитических расчетах: использования, включения, загрузки, максимума и спроса.

Правильное определение характеристик электроприемников дает возможность избежать ошибок при проектировании и является основой рационального построения систем электроснабжения промышленных объектов.

Литература [2, с. 14-18; 3, с. 23-33; 4, с. 13-14, 20-30].

3. Энергетические расходные характеристики приемников и потребителей электроэнергии

Определение абсолютного и удельного расхода энергии, потребляемой мощности и часовой производительности оборудования. Расходные характеристики промышленных электроприемников. Построение энергетических расходных характеристик.

Методические указания

Необходимо изучить, как определяется абсолютный (в кВт·ч) и удельный (в кВт·ч на единицу продукции или работ) расход электроэнергии за определенный период расчетным путем, потребляемая мощность и часовая производительность оборудования. Расходные энергетические характеристики отражают зависимость потребляемой мощности, абсолютного или удельного расхода электроэнергии от выпуска продукции за календарный промежуток времени или от часовой производительности агрегата, участка, цеха или предприятия. По потребляемой мощности различают следующие основные формы энергетических расходных характеристик: вогнутая, выпуклая, прямолинейная и аномальная. Подавляющее большинство производственного оборудования в зоне рабочих нагрузок имеет практически прямолинейные расходные характеристики. Энергетические расходные характеристики строят по приближенным формулам, полученными с определенными допущениями в отношении физических закономерностей исходных расчетных показателей, либо на основе экспериментальных данных. В последнем случае уравнение расходной характеристики получают методами аппроксимации (сглаживания).

Энергетические расходные характеристики используются для установления оптимальных технологических параметров оборудования, при нормировании расходов электроэнергии и выявлении потенциала энергосбережения на промышленных предприятиях.

Литература [4, с. 33-35; 11, с. 243-247].

4. Электрические нагрузки потребителей электроэнергии

Основные понятия и определения: установленная мощность, средние, среднеквадратические, максимальные и расчетные электрические нагрузки. Вероятностный характер электрических нагрузок. Методы определения нагрузок электроприемников: по коэффициенту расчетных нагрузок, по коэффициенту спроса и установленной мощности, по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции, по удельной нагрузке на единицу производственной площади. Статистический метод определения расчетных нагрузок. Методы, применяемые при определении электрических нагрузок силовых и осветительных электроприемников промышленных предприятий. Расчет нагрузок однофазных электроприемников. Определение электрических нагрузок жилых и общественных зданий. Расчет электрических нагрузок сельскохозяйственных потребителей. Пиковые нагрузки.

Методические указания

Установленная (суммарная номинальная) мощность приемников электроэнергии является достаточно достоверной исходной информацией для расчета электрических нагрузок. Среднее значение изменяющейся электрической нагрузки является ее главной статистической характеристикой. Расчет нагрузок силовых электроприемников основными методами ведется с использованием средних нагрузок за наиболее загруженную смену. Среднеквадратичные нагрузки применяются при оценке потерь электроэнергии в элементах системы электроснабжения, а также при анализе графиков нагрузки. Максимальные нагрузки представляют собой наибольшие из соответствующих средних величин за некоторый промежуток времени. Различают максимальные длительные нагрузки (при интервалах осреднения, например, 10, 15, 30, 60, 120 мин) и максимальные кратковременные (пиковые) нагрузки. Расчетная нагрузка по допустимому нагреву – это такая длительная неизменная нагрузка элемента системы электроснабжения (шинопровода, линии, трансформатора и т.д.), которая эквивалентна ожидаемой изменяющейся нагрузке по наиболее тяжелому тепловому воздействию:

максимальной температуре нагрева проводника или максимальному тепловому износу его изоляции.

Электрические нагрузки имеют вероятностный характер. Поэтому методы определения электрических нагрузок используют некоторые положения теории вероятностей и математической статистики. К основным методам определения расчетных нагрузок силовых электроприемников промышленных предприятий относятся: метод коэффициентов расчетных нагрузок, коэффициента спроса и установленной мощности, статистический метод, к вспомогательным – удельного расхода электроэнергии на единицу продукции и удельной нагрузки на единицу производственной площади.

Расчетные нагрузки электрического освещения при выполнении светотехнического расчета определяются по коэффициенту спроса и установленной мощности. Если светотехнический расчет не выполнялся, то нагрузки освещения рассчитываются по удельной мощности на единицу производственной площади.

Однофазные электроприемники, распределенные по фазам с неравномерностью не выше 15% по отношению к общей мощности электроприемников в группе, учитываются в расчетах как трехфазные электроприемники той же суммарной мощности. При превышении неравномерности в 15% расчетная нагрузка принимается равной утроенному значению нагрузки наиболее загруженной фазы.

В данном разделе следует также изучить методы определения расчетных нагрузок жилых и общественных зданий, а также сельскохозяйственных потребителей электроэнергии.

Пиковые нагрузки необходимо уметь определять для выбора устройств защиты, расчета потерь напряжения в контактных сетях, оценке размаха изменения напряжения и т.д.

Литература [2, с. 51-60; 4, с. 30-42; 5, с. 23-52; 9, с. 121-149; 11, с. 77-90; 14, с. 66-90].

5. Выбор электрических аппаратов и проводников для электроснабжения приемников электроэнергии

Основные коммутационные и защитные аппараты напряжением до 1 кВ. Принципы защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ от сверхтоков. Выбор плавких предохранителей и автоматических выключателей. Схемы силовых и осветительных электрических сетей. Классификация электрических сетей до 1 кВ по конструктивному исполнению. Провода и кабели, применяемые в электрических сетях напряжением до 1 кВ. Выбор сечений проводников по допустимому нагреву. Проверка выбранного сечения по условию соответствия аппарату максимальной токовой защиты. Расчет силовых и осветительных сетей напряжением до 1 кВ по потере напряжения.

Методические указания

Основными электрическими аппаратами в электроустановках напряжением до 1 кВ являются рубильники, пакетные выключатели и переключатели, контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели и плавкие предохранители. С помощью автоматических выключателей и предохранителей осуществляется защита электрооборудования и электрических сетей от сверхтоков. Сверхток – это ток, значение которого превосходит наибольшее рабочее значение тока электроустановки. При выборе устройств защиты для предохранителей определяется номинальный ток плавкой вставки, а для автоматических выключателей – номинальный ток расцепителя и ток уставки срабатывания расцепителя при коротком замыкании. Электрические сети могут быть построены по радиальному, магистральному (с применением шинпроводов) или смешанному схемам. Электрические сети внутри помещений выполняются в виде шинпроводов (магистральных, распределительных, троллейных и осветительных), кабельных линий и электропроводок. В электропроводках используются установочные изолированные провода с защитными оболочками (защищенные) и без оболочек (незащищенные), а также небронированные силовые кабели с резиновой или пластмассовой изоляцией, в любых оболочках, с площадью сечения фазной жилы не более 16 мм^2 . Кабели, не соответствующие выше прив-

денным требованиям, относятся к кабельным линиям. Сечения проводников любых сетей выбираются по допустимому нагреву. Выбранное сечение должно соответствовать аппарату максимальной токовой защиты. Сечения проводников осветительных сетей выбираются также по допустимой потере напряжения.

Силовые сети рассчитываются по потере напряжения, если в здании нет трансформаторной подстанции. Сечения проводников силовых сетей напряжением до 1 кВ, кроме ответвлений к электроприемникам, при времени использования максимальной нагрузки более 5000 ч в год проверяются также по экономической плотности тока.

Кабели с пластмассовой изоляцией жил необходимо проверять по термической стойкости. Минимальное сечение фазных проводников в электрических сетях напряжением до 1 кВ составляет 2,5 мм² для алюминия и 1,5 мм² для меди.

Литература [1, с. 182-222; 9, с. 37-46, с. 254-257; 11, с. 133-210].

6. Электрические осветительные установки

Сравнительные характеристики электрических ламп. Области применения электрических ламп различных типов. Характеристика световых приборов как потребителей электроэнергии.

Методические указания

В осветительных установках в качестве источников света применяются газоразрядные лампы и, при обосновании, лампы накаливания. Перспективным представляется использование для освещения светодиодных источников света. Основными характеристиками ламп являются номинальное напряжение, номинальная мощность, световой поток, световая отдача, цветопередача и срок службы.

Световые приборы представляют собой однофазную нагрузку в трехфазных сетях. Из-за относительно небольшой единичной мощности источников света (как правило, не более 2 кВт) в электрической сети путем правильной группировки светильников можно дос-

тичь достаточно равномерной нагрузкой фаз (с несимметрией не более 5-10%). Характер осветительной нагрузки равномерный.

Для осветительных установок промышленных предприятий применяется напряжение 6-230 В промышленной частоты. Коэффициент мощности ($\cos\varphi$) для ламп накаливания равен единице, для газоразрядных ламп, работающих с компенсированными пускорегулирующими аппаратами (ПРА), - 0,9-0,95, а с некомпенсированными ПРА – 0,35-0,5. Следует учитывать, что при работе газоразрядных ламп в проводниках сети, в том числе и нулевых, появляются высшие гармоники тока.

Кратковременные (на несколько секунд) аварийные перерывы в питании осветительных установок, как правило, допустимы. На производстве, где длительные погасания источников света недопустимы, применяется резервирование питания. В тех помещениях, где отключение освещения угрожает безопасности людей или требуется продолжение работы, применяются специальные системы аварийного освещения.

Литература [2, с. 23-24; 4, с. 25; 8, с. 34-102].

7. Электротехнологические установки

Электрические печи и электротермические установки. Электрические печи сопротивления косвенного и прямого нагрева. Индукционные плавильные печи и установки. Дуговые электрические печи. Установки дуговой и контактной электросварки. Преобразовательные установки потребителей электроэнергии. Электролизные установки.

Методические указания

Основными электротермическими установками на промышленных предприятиях являются электрические печи сопротивления (ЭПС), индукционные печи и установки, а также дуговые электрические печи. Номинальная мощность ЭПС составляет от единиц киловатт до десятков мегаватт. Их питание осуществляется переменным током промышленной частоты, как правило, на напряжении 0,4 кВ. В ЭПС большой мощности может использоваться на-

пряжение 0,69 кВ. Выпускаются ЭПС в одно- и трехфазном исполнении. Существуют ЭПС прямого и косвенного (с нагревательными элементами) нагрева. Коэффициент мощности ЭПС близок к единице. Исключение составляют ЭПС с понизительными или регулировочными трансформаторами, а также с тиристорными источниками питания, у которых среднее значение $\cos \varphi = 0,7-0,9$. В зависимости от технологического процесса ЭПС работают в продолжительном или циклическом режиме. По надежности электроснабжения ЭПС являются электроприемниками первой и второй категории.

Печи и установки индукционного и диэлектрического нагрева подразделяются на плавильные печи и установки для закалки и сквозного нагрева. Плавильные печи с сердечником (канальные печи), используемые для плавления цветных металлов и их сплавов, имеют мощность от 60 до 6000 кВ·А. Печи питаются током промышленной частоты на напряжении 0,4 и 0,69 кВ, а при значительной мощности – 6 и 10 кВ. Печи могут быть одно- и трехфазными. Естественный коэффициент мощности канальных печей составляет 0,2-0,8. Печи без сердечника (тигельные печи), применяемые для выплавки черных и цветных металлов и их сплавов, питаются током промышленной частоты на напряжении 0,4 кВ и выше, а также током повышенной частоты 500-10000 Гц. Мощность печных трансформаторов достигает 20000 кВ·А. Естественный коэффициент мощности печей без сердечника не превышает 0,1 – 0,4. Режим работы индукционных печей - продолжительный, электрическая нагрузка – непрерывно-циклическая, переменная.

Индукционные установки для закалки и сквозного нагрева питаются током при частотах от 50 Гц до сотен килогерц. Как правило, их мощность не превышает 1500 кВт. Установки могут быть одно- и трех фазными. При единичной мощности до 300 кВт установки питаются на напряжении 0,4 кВ. Установки диэлектрического нагрева применяются для сушки и клейки древесины, пайки и сварки пластмасс, нагрева пресс-порошков и т. д. Питание таких установок производится током при частоте 40-50 МГц и выше. Особенностью установок повышенной частоты, питаемых от статических преобразователей, является наличие высших гармоник тока в питающей сети. Все индукционные установки относятся к электроприемникам второй категории.

Дуговые электрические печи подразделяются на печи прямого и косвенного действия. В печах прямого действия расплавление металла осуществляется электрической дугой, горящей между электродами и металлом. Этот принцип работы использован в дуговых сталеплавленых печах (ДСП) и дуговых вакуумных печах (ДВП). Питание ДСП осуществляется на напряжении 6-110 кВ. ДСП представляет собой трехэлектродное устройство, получающее электроэнергию от трехфазного печного трансформатора. Единичная мощность ДСП достигает 90 МВ·А и более. Нагрузка ДСП является циклической, резкопеременной, неравномерной по фазам. Ток эксплуатационного короткого замыкания превышает номинальный в 2,5-3,5 раза. Коэффициент мощности ДСП равен 0,85-0,9. Режим ДСП из-за нелинейности электрической дуги характеризуется несинусоидальностью токов и напряжений. В электрических сетях ДСП имеются высшие гармоники тока и напряжения. ДВП питаются на постоянном напряжении 30-40 В. Мощность источников питания ДВП достигает 10 МВ·А. В печах косвенного действия нагревание металла производится электрической дугой, горящей между электродами. Мощность таких печей сравнительно невелика (до 500 кВ·А). Питание осуществляется током промышленной частоты от печных трансформаторов. По надежности электроснабжения дуговые печи относятся к электроприемникам первой и второй категории.

Электросварочные установки могут работать на переменном или постоянном токе. Электросварка подразделяется по технологии на дуговую и контактную, по способу производства работ – на ручную и автоматическую. Электросварочные агрегаты постоянного тока состоят из двигателя переменного тока и сварочного генератора постоянного тока. В такой системе изменяющаяся во времени сварочная нагрузка в питающей сети распределяется по фазам равномерно. Коэффициент мощности при номинальном режиме работы составляет 0,7-0,8, при холостом ходе снижается до 0,4. Имеются также сварочные установки, питающиеся от выпрямителей.

Сварочные трансформаторы дуговой сварки и сварочные аппараты контактной сварки питаются от сети напряжением 400 или 230 В переменного тока промышленной частоты. Они дают однофазную нагрузку с повторно-кратковременным режимом работы, неравномерной нагрузкой фаз и, как правило, низким коэффициентом мощ-

ности: 0,3-0,35 – для дуговой и 0,4-0,7 – для контактной электросварки. По надежности электроснабжения сварочные установки являются электроприемниками второй категории.

Преобразовательные установки (ПУ) служат для преобразования трехфазного переменного тока промышленной частоты в постоянный, а также в трехфазный или однофазный ток пониженной, повышенной или высокой частоты. Они служат для питания двигателей разнообразных механизмов и машин, электролизных ванн, внутризаводского электрического транспорта, сварочных установок постоянного тока, электрофильтров и т.д. Преобразовательные установки для электролиза преобразуют ток промышленной частоты напряжением 6-35 кВ в постоянный ток необходимого по технологическим условиям напряжения (до 825 В). Мощность силовых трансформаторов электролизных агрегатов достигает 40 МВ·А. Режим работы электролизных установок обеспечивает достаточно равномерный и симметричный по фазам график нагрузки. Коэффициент мощности электролизных установок равен 0,85-0,9. Электролизные установки должны снабжаться электроэнергией как электроприемники первой категории, допускающие кратковременные перерывы электроснабжения.

Преобразовательные установки для внутризаводского транспорта имеют мощность от сотен до 3000 кВт. Питание их производится переменным током промышленной частоты напряжением 0,4-35 кВ. Нагрузка на стороне переменного тока ПУ симметричная по фазам, но имеет резко переменный характер. Электроснабжение должно осуществляться как электроприемников первой и второй категории, допускающих кратковременные перерывы питания.

Следует отметить, что основными источниками высших гармоник тока и напряжения на промышленных предприятиях являются вентильные преобразователи. Существенное влияние на несинусоидальность напряжения оказывают также дуговые электрические печи и электросварочные установки.

Технологические установки, имеющие резкопеременный характер нагрузки, питаются, как правило, от отдельных распределительных устройств или отдельными линиями от трансформаторных подстанций.

Литература [2, с. 20-23; 3, с. 73-95; 4, с. 15-20; 10, с. 125-153; 15, с. 36-85].

8. Силовые общепромышленные установки

Компрессоры, вентиляторы, насосы. Подъемно-транспортные устройства. Характеристика силовых общепромышленных установок как потребителей электроэнергии.

Методические указания

Компрессоры предназначены для сжатия воздуха, газов и паров до определенного давления. Для небольших по производительности компрессорных установок используются поршневые компрессоры с приводом от тихоходных (94-187 1/мин) синхронных электродвигателей с диапазоном номинальных мощностей от 50 до 9000 кВт. При большой производительности применяются турбокомпрессоры мощностью 700-18000 кВт с приводом от быстроходных двигателей. Насосы, используемые для перекачки различных жидкостей, имеют мощность от долей киловатта до 12,5 МВт. По конструктивному исполнению насосы могут быть центробежными, поршневыми, шестеренчатыми и роторными. Вентиляторы применяются в технологических установках, а также для создания необходимых санитарно-технических условий в производственных помещениях. Электродвигатели вентиляторов имеют широкий диапазон мощности – от десятков ватт до десятков мегаватт. Двигатели компрессоров, насосов и вентиляторов работают в продолжительном режиме (за исключением насосов-дозаторов) и в зависимости от мощности обеспечиваются электроэнергией на напряжении 0,23-10 кВ. Питание осуществляется током промышленной частоты. Характер нагрузки, как правило, ровный. Электрическая нагрузка равномерная и симметричная по фазам. Коэффициент мощности стабилен и имеет значение 0,8-0,85. Компрессоры, вентиляторы на вредных производствах, главного проветривания на шахтах, насосы в системах водоснабжения и пожаротушения и т.п. являются электроприемниками первой категории.

Подъемно-транспортные устройства, к которым относятся краны, кран-балки, тельферы и подъемники, работают в повторно-кратковременном режиме. Для них характерны частые толчки нагрузки. Резкие изменения нагрузки приводят к тому, что коэффициент мощности варьируется в широких пределах (0,3-0,8). Мощности

двигателей электроприводов достигают сотен киловатт. В подъемно-транспортных устройствах применяется как переменный при частоте 50 Гц, так и постоянный ток. В большинстве случаев нагрузка на стороне переменного тока является симметричной по фазам. По надежности электроснабжения подъемно-транспортные устройства в зависимости от места работы и установки относятся к электроприемникам первой или второй категории.

Поточно-транспортные системы включают в себя конвейеры, транспортеры, рольганги, нории, шнеки и т. д. Мощности приводов указанных транспортирующих механизмов обычно не превосходят 20-40 кВт. Питание, как правило, осуществляется на напряжении 0,4 кВ переменным током при частоте 50 Гц. Режим работы длительный. Категория по надежности электроснабжения механизмов поточно-транспортных систем зависит от технологического процесса. Расположение механизмов постоянное.

Литература [3, с. 66-72; 4, с. 14-15].

9. Промышленные приемники и потребители электроэнергии с электродвигателями

Машиностроение, станкостроение, металлообработка, деревообработка. Черная металлургия. Горнодобывающая промышленность. Нефтепромыслы, нефтедобыча и нефтепереработка. Химическая промышленность. Бумажно-целлюлозная промышленность. Промышленность строительных материалов. Легкая промышленность.

Методические указания

В машиностроении, станкостроении и металлообработке основными электроприемниками с электродвигателями являются металлорежущие станки, а также кузнечно-штамповочные машины и прессы. К металлорежущим станкам относятся токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные и шлифовальные. Мощности приводов станков варьируются в широком диапазоне – от долей киловатта до мегаватта и более. Средняя мощность приводов станков массового машиностроения находится в пределах 5-10 кВт. В цехах крупных заводов она составляет 15-25 кВт. Металлорежущие стан-

ки являются потребителями переменного тока с частотой 50 Гц. Для некоторых шлифовальных, фрезерных и сверлильных станков применяется повышенная частота. Питание станков осуществляется, как правило, на напряжении 400 В. В цехах тяжелого машиностроения может также применяться напряжение 690 В. Режим работы станков весьма разнообразный. Для некоторых станков характерны частые пуски, остановки и реверсы. Коэффициент мощности нагрузки металлорежущих станков 0,4-0,65.

По надежности электроснабжения станки, в основном, относятся к электроприемникам второй или третьей категории. Исключение составляют некоторые крупные станки, обрабатывающие уникальные детали и являющиеся электроприемниками первой категории. Расположение металлорежущих станков является нестабильным.

К кузнечно-штамповочным машинам и прессам относится оборудование, предназначенное дляковки и штамповки металлов в горячем и холодном состоянии. Кривошипные прессы холодной штамповки имеют мощность электропривода в диапазоне от 2 до 180 кВт, горячей штамповки – от 28 до 500 кВт. Наиболее мощными являются гидравлические прессы, работающие от насосно-аккумуляторных станций. Мощности двигателей составляют 250-1500 кВт. Питание осуществляется переменным трехфазным током при частоте 50 Гц на напряжении 0,4, 0,63, 6 и 10 кВ.

Режим работы кузнечно-штамповочных машин и прессов характеризуется чередованием холостых ходов с кратковременными толчками ударной нагрузки. Среднее значение коэффициента мощности составляет 0,65. Иногда ковочные машины имеют установку для электрического индукционного нагрева металла мощности до 500 кВт·А. По надежности электроснабжения кузнечно-штамповочные машины и прессы относятся ко второй категории.

В деревообработке при первичной обработке древесины применяются механизмы (лесопильные рамы, электропилы и др.) мощностью 1-140 кВт. Деревообрабатывающие станки (круглопильные, обрезные, продольно-торцевые, строгальные, фрезерные, сверлильные, токарные по дереву, шлифовальные и др.) имеют мощность 1-120 кВт. Режим работы длительный с неравномерной нагрузкой из-за неоднородности материала (наличие сучков) и степени влажности обрабатываемой древесины. Коэффициент мощности деревообрабатывающих станков 0,55-0,7. Деревообрабатывающие станки

работают с использованием трехфазного переменного тока при напряжении 400 В. Для получения повышенных частот вращения применяются двигатели повышенной частоты (100-400 Гц) с питанием от преобразователей.

По надежности электроснабжения станки деревообработки относятся ко второй категории. Расположение станков стабильное.

В металлургическом производстве для обеспечения работы дуговых электрических печей используется большое количество электродвигателей, мощность которых колеблется от долей киловатта до 1400 кВт. Они используются для привода механизмов регулирования положения электродов, подъема свода и наклона печи, насосов охлаждения, устройства газоочистки и т.д. Наиболее мощными являются электродвигатели газоочистки. Они имеют мощность 1000-1400 кВт. Суммарная мощность механизмов печи достигает 10 МВт. Напряжение 6 или 10 кВ применяется для крупных двигателей, 400 В – для двигателей мощностью до 200 кВт. Режим работы двигателей может быть различным: продолжительный или повторно-кратковременный с ПВ=15-40%. По степени бесперебойности электроснабжения к электроприемникам первой категории относятся насосы водоснабжения, агрегаты газоочистки, системы автоматического управления. Остальные электроприемники, хотя и требуют надежного электроснабжения, допускают кратковременные перемены питания.

Машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) предназначены для получения стальных заготовок-слитков для прокатного производства. Основными электроприемниками МНЛЗ являются электродвигатели тянущего устройства, кристаллизатора, валков зоны вторичного охлаждения, рольгангов, режущего устройства. Большая часть из перечисленных механизмов требует плавного регулирования частоты вращения. Поэтому в МНЛЗ применяются электродвигатели как переменного (с преобразователями частоты), так и постоянного тока. Суммарная мощность МНЛЗ составляет 1000-12000 кВт. Электроприемники МНЛЗ относятся к первой категории. Электроприемниками первой категории являются также заливные, разливочные и т.п. краны, работающие с жидким металлом.

Слитки, полученные на МНЛЗ, затем поступают на прокатные станы. В прокатных станах имеются две основные группы потребителей электроэнергии: главный привод клетей и приводы вспомога-

тельных механизмов, обеспечивающих транспортировку и резку металла. Мощность отдельных двигателей главных приводов достигает 10 МВт на переменном и 11,4 МВт на постоянном токе. Наиболее мощными являются многоклетьевые станы для горячей прокатки листа. Режим работы главных приводов – резкопеременный. Электродвигатели главных приводов непрерывных горячих широкополосных станов относятся к электроприемникам первой категории, а реверсивных – ко второй. Двигатели вспомогательных механизмов (кранов, рольгангов, шлепперов, кантователей, ножниц и т.д.) имеют мощности от десятков до 2500 кВт. Большинство из них работают в повторно-кратковременном режиме с ПВ=15-40% с частыми пусками. При частоте включения до 400 в час применяются асинхронные двигатели, при большей – двигатели постоянного тока. Напряжение двигателей переменного тока 0,4, 6 и 10 кВ. Категория по надежности электроснабжения для вспомогательных механизмов такая же, как и главных приводов.

В горнодобывающей промышленности мощность электродвигателей, применяемых для добычи полезных ископаемых (сильвинита, угля и т.д.) в подземных выработках находится в пределах 1-3 кВт для электроинструмента, 4,2-40 кВт – для конвейеров и лебедок, 500-1000 кВт – для комбайнов и проходческих комплексов, 1250-8800 кВт – для скипового подъема, 1000 кВт – для клетьевого подъема, 1000-4000 кВт – для вентиляторов главного проветривания. Электроснабжение осуществляется на напряжении 0,4, 0,69, 1 и 6-10 кВ.

Под землей применяется напряжение до 6 кВ. Электрические сети всех напряжений в подземных выработках работают с изолированной нейтралью. Механизмы в забое работают в тяжелом повторно-кратковременном режиме с ПВ до 60%, а насосы водоотлива и вентиляторы – в продолжительном режиме.

В шахтах электрооборудование должно иметь специальное исполнение (рудничное и взрывозащитное) и большую механическую прочность. Электроснабжение шахт должно быть весьма надежным. К электроприемникам первой категории относятся вентиляторы главного проветривания, двигатели главного подъема, насосы водоотлива, световые приборы. Расположение водоотлива, подъемных устройств и главного вентилятора постоянное.

Суммарная установленная мощность потребителей отдельных рудников достигает 50 МВт. На обогатительных фабриках из полезных ископаемых извлекают наиболее ценные компоненты. На фабриках применяются дробилки с электродвигателями мощностью до 800 кВт, грохоты мощностью до 30 кВт, вакуумные насосы мощностью 300 кВт и более, сушильные барабаны мощностью 160 кВт, флотационные машины с многодвигательным приводом с единичной мощностью двигателей до 20 кВт, конвейеры мощностью 250-900 кВт и т.д. Питание осуществляется на напряжении 0,4, 6 и 10 кВ. Режим работы электроприемников продолжительный. Характер нагрузки достаточно равномерный и спокойный. По надежности электроснабжения большинство установок фабрик относятся ко второй категории.

На нефтепромыслах вращение долота при бурении скважин производится электродвигателями с поверхности земли (роторное бурение), турбобурами или электробурами, расположенными в скважине непосредственно над долотом. Мощность двигателей основных механизмов буровых установок – роторного стола и лебедок составляет 125-2000 кВт, буровых насосов – 225-1500 кВт, вспомогательных механизмов – до 30 кВт. Суммарная мощность электродвигателей буровых установок может быть более 10 МВт. Напряжение основных двигателей 690 В. Режим работы при спуске и подъеме – повторно-кратковременный, при бурении – продолжительный с изменяющейся нагрузкой. По надежности электроснабжения установки при глубине бурения более 3000 м, менее глубокие, но со сложными геологическими условиями, а также расположенные на море относятся к первой категории.

Нефтедобыча из скважин осуществляется с помощью станков-качалок с двигателями мощностью 1,7-55 кВт. Их график нагрузки характеризуется пиками и провалами, что обуславливает значение коэффициента мощности 0,4-0,7. Станки-качалки относятся к электроприемникам второй категории, допускающим перерывы электроснабжения на несколько минут.

В глубоких скважинах могут применяться погружные центробежные насосы с электродвигателями специальной конструкции мощностью 7-95 кВт с нестандартным напряжением 300-1000 В, которые питаются от специальных автотрансформаторов с первичным напряжением 400 В. Коэффициент мощности таких установок

0,57-0,9. Режим работы продолжительный. Категория по надежности электроснабжения – вторая. При компрессорном способе нефтедобычи мощность электродвигателей 200 кВт, напряжение 6 кВ, режим работы продолжительный. Компрессоры являются электроприемниками первой категории. На нефтепромыслах широко применяются разнообразные насосы с электродвигателями от 4,5 до 2000 кВт, которые относятся к электроприемникам второй категории. Исключение составляют противопожарные насосы и установки центральных насосных станций, которые являются приемниками первой категории. Насосные установки обычно работают в продолжительном режиме.

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) состоят из отдельных комплексных технологических установок. Мощности отдельных механизмов на НПЗ: 0,4-3,5 кВт для дозировочных насосов, 0,6-85 кВт для винтовых насосов, 5,5-500 кВт для центробежных насосов, 160-2200 кВт для крекинг-насосов, 58-630 кВт для поршневых компрессоров и 500-12000 кВт для турбокомпрессоров. Кроме технологических имеются общезаводские установки, из которых наиболее мощными являются блоки оборотной воды мощностью несколько тысяч киловатт, товарно-сырьевая база с многочисленными насосными, электрообессоливающие установки. Привод осуществляется на переменном токе частотой 50 Гц. На НПЗ применяется напряжение 0,4 кВ для двигателей мощностью до 200 кВт, 6 и 10 кВ для более мощных. Около 50% всей нагрузки НПЗ составляет нагрузка высоковольтных двигателей. Режим работы, в основном, продолжительный. По надежности электроснабжения электроприемники НПЗ относятся к первой и второй категории.

В химической промышленности основные механизмы имеют мощность: мешалки, центрифуги, фильтр-прессы – 1-55 кВт, центробежные насосы – 6-1500 кВт, поршневые компрессоры – 50-6300 кВт, турбокомпрессоры – 700-12000 кВт.

В резинотехнической промышленности используются червячные прессы мощностью 110-550 кВт, вальцы – 80-400 кВт, каландры – 45-195 кВт и др.

На предприятиях по **переработке пластмасс** применяются таблеточные и прессово-литьевые машины, термопластавтоматы, гидрпрессы мощностью 2-85 кВт, агрегаты для изготовления листа – до 115 кВт и т.п. На **предприятиях искусственного волокна** при-

меняются прядильные машины центрифугального шелка мощностью до 5 кВт, крутильные и перемоточные машины с двигателями от 1 до 50 кВт, прядильные машины с сушилкой для штапельного волокна мощностью до 400 кВт и т.д. Питание осуществляется на напряжении 0,4, 0,63, 6 и 10 кВ. Режим работы двигателей, в основном, продолжительный (кроме насосов-дозаторов, работающих кратковременно). К электроприемникам первой категории относятся мешалки некоторых производств, санитарно-технические вентиляторы, установки водоснабжения и производства холода и др. Технологический процесс и расположение установок основных производств достаточно стабильны.

В бумажно-целлюлозной промышленности мощности механизмов колеблются от 1,5-4 до 20-30 кВт для щепколовок и сортировочных машин, от 750 до 9000 кВт для дефибреров. Многодвигательные приводы бумаго- и картоноделательных машин имеют суммарные мощности от 100 до 4500-7000 кВт. В бумажной промышленности применяется напряжение 0,4, 0,63, 6 и 10 кВ. Питание осуществляется на переменном трехфазном токе при частоте 50 Гц. Режим работы большинства электроприемников продолжительный. К первой категории по надежности электроснабжения относятся вакуум-насосы бумагоделательных машин. Механизмы подготовительных цехов относятся ко второй категории.

В промышленности строительных материалов (цементные заводы, стеклозаводы, заводы железобетонных изделий и т.п.) номинальная мощность электродвигателей находится в пределах: для смесителей и сушильных барабанов – до 55 кВт, цементных мельниц – до 1800 кВт, вентиляторов, дробилок и компрессоров – 300-1600 кВт. На цементных заводах нагрузка двигателей напряжением 6 кВ мощностью 400-1800 кВт составляет более 60% от общей нагрузки. Двигатели меньшей мощности получают электроэнергию на напряжении 0,4 кВ. Основным агрегатом цементных заводов является вращающаяся печь. Для главного привода печей применяют асинхронные электродвигатели с фазным ротором мощностью 60-500 кВт. Работу печи обеспечивают вспомогательные механизмы: шламовые питатели с двигателями постоянного тока, а также элеваторы, транспортеры, маслонасосы, вентиляторы и т.д. с асинхронными электродвигателями. К электроприемникам первой категории

относятся приводы вращающихся печей, компрессоры, вентиляторы и насосы.

На стеклозаводах применяются дробилки, сушильные агрегаты, стеклоформующие машины мощностью 1,5-2,5 кВт, стеклопрокатные машины мощностью 6,5 кВт, шлифовальные и полировальные станки, конвейеры, рольганги и т.д. Автоматизированный конвейер шлифовки и полировки стекла имеет около ста двигателей переменного тока общей мощностью 2500-4500 кВт. Наибольшая мощность двигателя до 65 кВт. На стеклозаводах к первой категории по надежности электроснабжения относятся машины для вытягивания и проката стекла, а также механизмы, обслуживающие стекловаренную печь.

На заводах железобетонных изделий применяются: бетономешалки и растворомешалки с двигателями мощностью 20-40 кВт, формовочные машины с вибраторами, имеющие многодвигательный привод общей мощностью около 75 кВт, бетоноукладчики, конвейеры по производству панелей перекрытий и т.д. Электротехнологическими установками являются электросварка и электронагрев. По надежности электроснабжения относятся, в основном, ко второй категории. Напряжение силовых электроприемников в промышленности строительных материалов 400 В, а мощных двигателей – 6 и 10 кВ. Большинство механизмов работает в продолжительном режиме. Производство имеет непрерывный характер.

В легкой промышленности мощность отдельных механизмов, как правило, не превышает 15-16 кВт, часто применяются микродвигатели. В текстильном производстве используются разрыхлительные, трепальные, чесальные, ровничные, прядильные и ткацкие машины. Для прядения хлопка применяются машины и агрегаты мощностью 0,6-30 кВт, для хлопко-ткачества – 0,6-36 кВт, для отделки тканей – 0,25-150 кВт, для прядения шерсти – 0,27-44 кВт, для шерстечкачества – 0,1-36 кВт, для мытья, крашения и отделки шерсти – 0,25-46 кВт.

На предприятиях могут применяться комбинированные агрегаты, выполняющие несколько технологических операций, оборудованные многодвигательным приводом (сушильно-ширильные стабилизационные машины, печатные машины и т.д.). Их мощность достигает 370 кВт.

В трикотажном и швейном производстве используются мотальные, кругловязальные, швейные, петельные, красобметочные, пуговичные, кружевные и др. машины, раскройные ножи и автоматы, вышивальные автоматы, оверлоки, прессы и т.п. Наиболее мощными являются мотальные машины (5-48 кВт), автоматы раскроя (32 кВт), прессы (7-23 кВт) и кругловязальные машины (2,2-6 кВт).

В обувном производстве применяются раскройные прессы (0,75 кВт), литьевые агрегаты (70 кВт), фрезерные станки для обработки подошвы, швейные машины (0,4 кВт), машины для влажной тепловой обработки обуви (10 кВт), термошкафы для разогрева компонентов (10,1 кВт) и т.п.

В меховом производстве используются специальные машины: мездрильные, чесальные, стригальные, шерстерезные и др. мощностью 0,5-10 кВт. Большинство электроприемников текстильных машин работают в продолжительном режиме. К первой категории относятся некоторые установки отделочных и красильных производств. В остальных производствах электроприемники, в основном, относятся ко второй категории по степени бесперебойности электроснабжения. В текстильной, обувной и швейной промышленности расположение оборудования, как правило, стабильное.

Литература [3, с.34-65; 12, с. 89-119; 15, с. 5-85, 143-180, 284-303].

10. Основные непромышленные потребители электроэнергии

Приемники и потребители электроэнергии жилых и общественных зданий. Сельскохозяйственные потребители электроэнергии: в животноводстве, растениеводстве, подсобных подразделениях сельскохозяйственных предприятий. Потребители электроэнергии электрифицированного железнодорожного и городского транспорта. Применение электроэнергии в строительстве.

Методические указания

В жилых зданиях различают электроприемники квартир и электроприемники общедомового назначения. К первым относятся ос-

ветительные и бытовые электроприборы, а ко вторым – светильники общедемовых помещений, лифтовые установки, вентиляционные системы, противопожарные устройства, домофоны, кодовые замки и т.п. Бытовые приборы делятся на нагревательные для приготовления пищи, для обработки и хранения продуктов, хозяйственные, культурно-бытовые, санитарно-гигиенические, электроводонагревательные и электроотопительные.

Электроприемники общественных зданий условно делятся на осветительные и силовые. К силовым относятся электроприемники подъемно-транспортного, механического, электротеплового, холодильного и санитарно-технического оборудования, связи, сигнализации и управления, противопожарных устройств и других видов оборудования. Энергоемкими потребителями электроэнергии являются прачечные, бани, фабрики химической чистки, ледовые дворцы и др. Общественные здания обычно имеют приточно-вытяжные вентиляционные установки, а в таких зданиях, как гостиницы, зрелищные предприятия, музеи, универсальные магазины применяются системы воздушного отопления и кондиционирования воздуха. Во многих зданиях устанавливаются насосы систем горячего и холодного водоснабжения. Большинство механизмов оборудовано асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

В сельском хозяйстве, помимо осветительных установок, используется значительное количество силовых приемников электроэнергии.

В животноводстве основными силовыми электроприемниками являются кормоприготовительные агрегаты, дробилки, соломосилосорезки, транспортеры, агрегаты для приготовления травяной муки, кормораздатчики, доильные агрегаты, охладители-очистители молока, пастеризаторы, сепараторы, вентиляционные установки, насосы, электростригальные аппараты, кормораздатчики, инкубаторы и др. Потребителями электроэнергии в растениеводстве являются зерноочистительные агрегаты и комплексы, зерносушилки, молотильные машины, системы электрообогрева и машины для обработки почвы в парниках и теплицах, дождевальные установки и т. д. В подсобных подразделениях сельскохозяйственных предприятий применяются токарные, сверлильные, точильные, фрезерные, шлифовальные, расточные и другие станки, электросварочные агрегаты, пилорамы, электрические пилы, деревообрабатывающие строгаль-

ные и фрезерные станки, вентиляторы, насосы, компрессоры и т. д. Мощность отдельных силовых установок в сельском хозяйстве не превышает 200 кВт.

Как правило, применяются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, которые питаются на напряжении 0,4 кВ.

Электрифицированный транспорт магистральных и пригородных железных дорог питается на переменном однофазном токе промышленной частоты при номинальном напряжении 25 кВ. На магистральных дорогах для тяги применяются электровозы мощностью 4590-6520 кВт с двигателями постоянного тока. Моторные вагоны пригородных электропоездов имеют мощность 800-880 кВт. Переменное напряжение питания 25 кВ на электровозе и в моторном вагоне понижается с помощью трансформатора и выпрямляется полупроводниковым преобразователем.

Трамваи и троллейбусы получают электроэнергию на постоянном токе при напряжении 550 В, а метрополитена – при напряжении 750 В. Трамвайные вагоны имеют мощность 172-180 кВт, троллейбусы – 110-150 кВт, а моторные вагоны метрополитена – 272 кВт. Электрифицированный железнодорожный и городской транспорт питается от тяговых подстанций. Высшее напряжение тяговых подстанций железнодорожного транспорта составляет 110-220 кВ, метрополитена – 10-35 кВ, трамвая и троллейбуса – 10 кВ.

В строительстве электроэнергия применяется для привода электродвигателей подъемно-транспортных установок, бетоно- и растворомешалок, средств малой механизации, машин и оборудования для строительно-отделочных работ, для обеспечения работы сварочных установок, для электронагрева бетона, железобетонных изделий и грунта, для электрического освещения и т. д.

Литература [13, с.9-37; 5, с. 14-15; 16, с. 316-372, 534-573].

11. Взаимосвязи между потребителями электроэнергии и энергосистемой

Расчеты за потребленную электроэнергию. Расчетный и технический учет электроэнергии на производственных предприятиях. Приборы и системы учета и контроля электропотребления. Участие предприятий в регулировании графика нагрузки энергосистемы.

Способы снижения электрических нагрузок потребителей. Технологическая и аварийная бронь электроснабжения.

Методические указания

Расчеты за электропотребление производятся по одноставочным или двухставочным тарифам, которые могут дифференцироваться по зонам суток (дням недели, сезонам года). Расчетный учет электроэнергии предназначен для измерения количества выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии с целью денежного расчета за нее.

Технический учет применяется для контроля расхода электроэнергии внутри предприятия. В качестве расчетных счетчиков на промышленных предприятиях следует предусматривать многотарифные (не менее четырех тарифов) электронные приборы учета электроэнергии с интеграцией их в автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ). Для технического учета допускается использовать индукционные и электронные счетчики, которые рекомендуется объединять в соответствующую АСКУЭ.

Расчетные первичные приборы учета следует устанавливать, как правило, в точках балансового разграничения электрических сетей предприятия с энергоснабжающей организацией.

При дефиците мощности в энергосистеме должна быть возможность ограничения потребления электроэнергии и мощности. Для этого разрабатываются соответствующие графики, определяющие величины и очередности ограничения электропотребления и отключения электроэнергии с учетом технологических особенностей производств промышленных предприятий. С этой целью на предприятиях должны предусматриваться такие структуры групп электроприемников и схемы их электроснабжения, которые позволяли бы быстро снижать нагрузку предприятия, не затрагивая производств с ответственными потребителями электроэнергии. Для предприятий, участвующих в графиках ограничений электропотребления, рассчитывается активная нагрузка технологической и аварийной брони. Технологическая бронь электроснабжения определяется минимальной потребляемой мощностью и временем, необходимым для завершения технологического процесса, после чего производятся соответствующие отключения. Аварийная бронь оп-

ределяется минимальной мощностью (расходом электроэнергии), обеспечивающей при остановке предприятия безопасность людей, сохранность оборудования, питание аварийного и охранного освещения, вентиляции, канализации, отопления, водоотлива, средств пожаротушения и других ответственных электроприемников.

Литература: [1, с. 350-352; 2, с. 282-297; 6, с. 229-235; 11, с. 94-97, 105-114].

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Каждый студент должен выполнить контрольную работу, содержание которой приведено ниже. Работа оформляется в школьной тетради с приложением необходимых рисунков и схем, которые можно выполнять на миллиметровой бумаге. Однотипные расчеты повторять не следует. Достаточно привести пример расчета и результаты представить в сводной таблице. Текст задания переписывать из методических указаний не требуется. Необходимо лишь указать номера выполняемых вариантов, которые определяются по сумме двух последних цифр шифра студента в таблице 3 и двух первых – в таблице 2.

Допускается выполнять и оформлять работу с помощью компьютера самостоятельно, без заимствования текста, расчетов и оформительских элементов ранее выполненных работ.

Задание

Механический цех машиностроительного завода, план которого с расстановкой технологического оборудования (таблица 1) представлен на рис. 1, питается от комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ по схеме, показанной на рис. 2. Номинальная мощность трансформатора $S_{\text{НОМ}}$, его коэффициент загрузки β_{T} , коэффициент мощности нагрузки трансформатора $\cos \varphi_{\text{T}}$, расстояние от ТП до распределительного пункта (РП) цеха l даны в таблице 2, а номинальные мощности электродвигателей $P_{\text{НОМ}}$ станков в таблице 3. Электроприемники напряжением до 1 кВ питаются от цехового РП. При нечетной последней цифре шифра студента принимается РП-А, а в остальных случаях РП-Б. Станки, для которых значения $P_{\text{НОМ}}$ не заданы, в расчетах не учитываются и на чертежах не изображаются.

В контрольной работе необходимо выполнить следующее:

1. Выбрать пусковые и защитные аппараты для электродвигателей.
2. Наметить группы электроприемников, определить их расчетные нагрузки и расчетную нагрузку цеха в целом.

3. Выбрать схему цеховой распределительной сети напряжением до 1 кВ, типы панелей, применяемых для РП, типы и места расположения распределительных шинопроводов. Начертить план цеха с силовой распределительной сетью.
4. Выбрать защитные аппараты в распределительных шинопроводах и РП цеха, а также автоматические выключатели QF1 и QF2.
5. Выбрать сечения проводов и жил кабелей для подключения электродвигателей, распределительных шинопроводов и РП цеха.
6. Определить величину напряжения на зажимах наиболее удаленного от РП цеха электроприемника.
7. Составить расчетную схему цеховой сети, на которой указать типы выбранных распределительных устройств и электрических аппаратов, номинальные токи плавких вставок предохранителей и уставок автоматических выключателей, марки проводов и кабелей.

Таблица 1

Электроприемники цеха

№ пп	Номера	Наименование станков	Коэффициент использования, $K_{и}$	Коэффициент активной мощности, $\cos \varphi$	Коэффициент реактивной мощности, $\operatorname{tg} \varphi$
1	1...20	токарные	0,12-0,14	0,4-0,5	2,29-1,73
2	21...28	строгальные	0,17	0,65	1,17
3	29...35	молоты	0,2-0,24	0,65	1,17
4	36...41	шлифовальные	0,2-0,35	0,65	1,17
5	42...51	штамповочные прессы	0,17	0,65	1,17

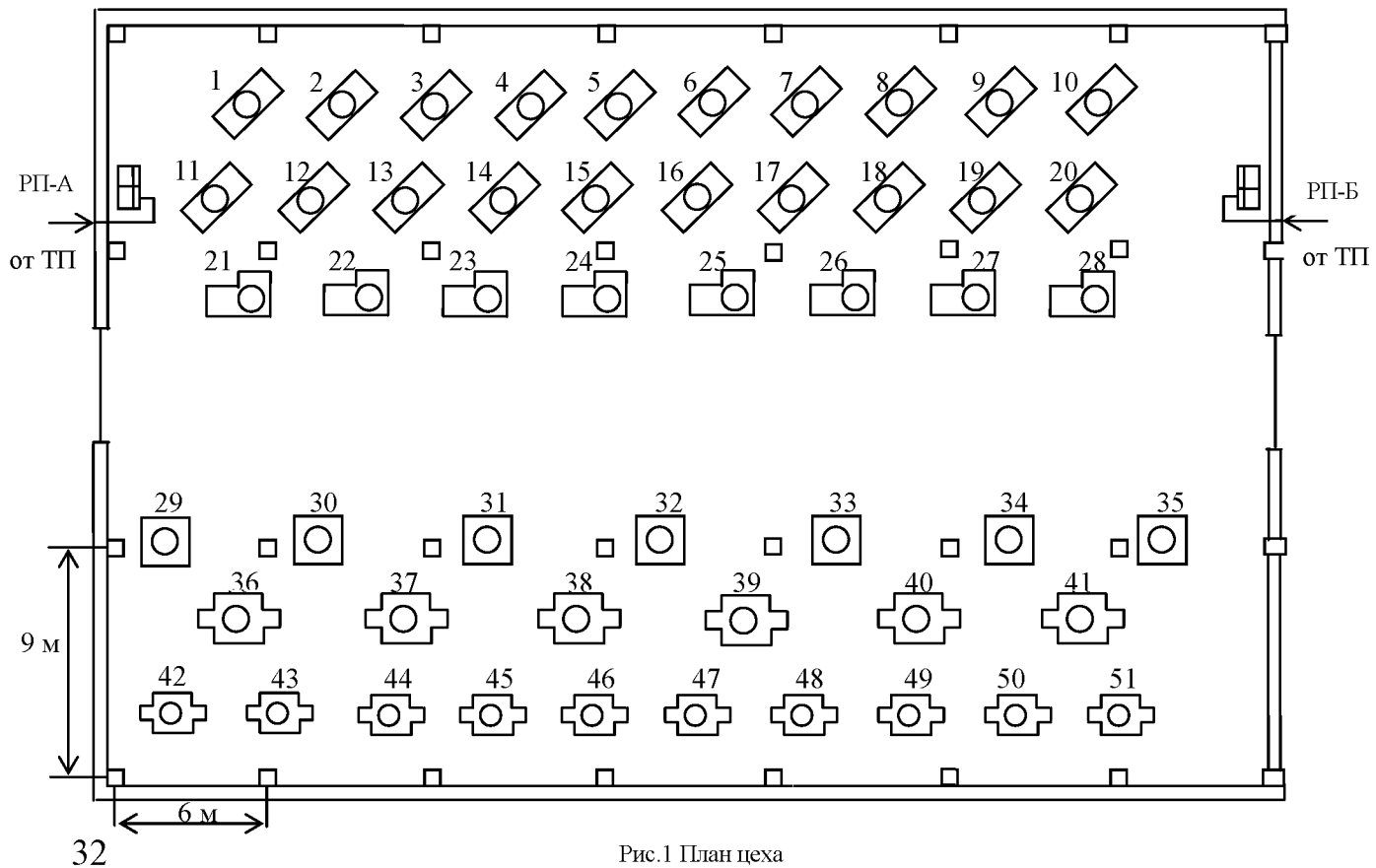


Рис.1 План цеха

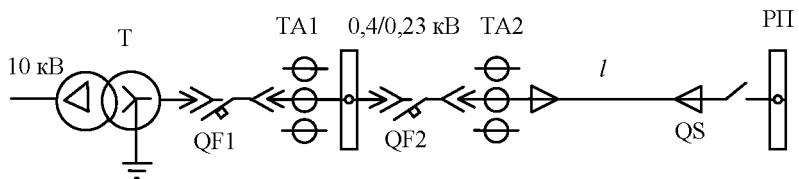


Рис. 2. Схема электроснабжения цеха

Таблица 2

Параметры схемы электроснабжения

№ варианта определяется по сумме двух первых цифр шифра	$S_{\text{ном}},$ кВ·А	β_T	$\cos\varphi_T$	l, м
1	2	3	4	5
0	2500	0,65	0,9	200
1	1000	0,7	0,92	170
2	1600	0,9	0,94	110
3	630	0,7	0,95	90
4	1000	0,65	0,98	160
5	1600	0,7	0,92	120
6	630	0,8	0,88	95
7	1000	0,75	0,86	130
8	1600	0,8	0,84	100
9	1250	0,75	0,81	180
10	1000	0,8	0,92	75

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
11	1600	0,75	0,96	190
12	630	0,85	0,84	60
13	2500	0,7	0,86	115
14	1600	0,65	0,96	80
15	630	0,7	0,92	125
16	1000	0,9	0,94	70
17	1600	0,7	0,9	85
18	630	0,85	0,88	50

Таблица 3

Номинальные мощности электродвигателей

№ варианта определяется по сумме двух последних цифр шифра	Мощности электродвигателей, кВт					
	Номера станков					
	1...10	11...20	21...28	29...35	36...41	42...51
1	2	3	4	5	6	7
0	5,5	5,5	-	3,0	11,0	7,5
1	7,5	-	15,0	-	7,5	5,5
2	4,0	11,0	-	2,2	-	15,0
3	11,0	7,5	11,0	-	5,5	-
4	-	15,0	7,5	-	11,0	4,0
5	15,0	-	7,5	4,0	-	5,5

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
6	7,5	5,5	-	3,0	4,0	-
7	11,0	4,0	5,5	-	-	7,5
8	15,0	-	11,0	2,2	7,5	-
9	-	11,0	7,5	5,5	-	15,0
10	4,0	-	-	4,0	15,0	5,5
11	5,5	7,5	15,0	3,0	-	-
12	7,5	4,0	15,0	2,2	7,5	-
13	-	11,0	7,5	4,0	15,0	-
14	11,0	5,5	-	-	7,5	15,0
15	-	7,5	-	5,5	15,0	4,0
16	-	-	11,0	3,0	15,0	7,5
17	3,0	3,0	15,0	2,2	-	11,0
18	4,0	4,0	11,0	-	7,5	5,5

Методические указания

Электропривод станков осуществляется асинхронными электродвигателями серии АИ или 4А. Для управления ими рекомендуется применять магнитные пускатели с тепловыми реле серии ПМЛ, ПМА и т.п. Защиту двигателей целесообразно выполнять автоматическими выключателями серии ВА51 и др. Допускается вместо выключателей использовать предохранители с плавкими вставками (типа ППН, ПН2 и т.п.).

В распределительных панелях РП и шинопроводах для защиты отходящих линий, как правило, должны применяться предохранители

тели. Отметим, что в шинопроводах ШРА4 на номинальные токи 250А и более устанавливаются предохранители только одного типоразмера – ПН2-100.

Выключатели QF1 и QF2 следует принять с комбинированными или полупроводниковыми расцепителями серии ВА51, ВА52, ВА53 и т.п. Необходимо обеспечить селективность в работе выключателей QF1, QF2 и защитных аппаратов цеховых распределительных устройств, что достигается соответствующим подбором уставок автоматов и плавких вставок предохранителей. Расчетные нагрузки для каждой группы электроприемников и цеха в целом определяются методом коэффициента расчетной нагрузки.

Питание электроприемников целесообразно осуществлять по магистральной схеме с применением распределительных шинопроводов. Цеховой РП выполняется панелями типа ЩО70М, П94 и т.п. Шинопроводы к РП цеха можно подключать небронированными кабелями (марки АВВГ и т.п.) или проводами марки АПВ, проложенными в пластмассовых трубах.

Питающая линия от ТП до цехового РП выполняется кабелем.

Сечения проводов и жил кабелей напряжением до 1 кВ выбираются по нагреву расчетным током. Выбранное сечение должно быть согласовано с номинальным током плавкой вставки предохранителя или расцепителя автоматического выключателя, защищающих данный участок.

Для определения напряжения на зажимах электроприемников необходимо найти потери напряжения в трансформаторе, линиях и шинопроводах. В работе рекомендуется принять трансформаторы типа ТМГ или ТМЗ.

Потеря напряжения в трансформаторе в % рассчитывается по выражению

$$\Delta U_T = \beta_T (U_a \cos \varphi_T + U_p \sin \varphi_T) \quad (1)$$

где β_T - коэффициент загрузки трансформатора;

U_a и U_p - активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания U_K ;

$\cos \varphi_T$ - коэффициент мощности нагрузки трансформатора.

Значения U_a и U_p в % определяются по формулам:

$$U_a = \frac{\Delta P_k}{S_{\text{НОМ}}} \cdot 100, \quad (2)$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}, \quad (3)$$

где ΔP_k - потери мощности короткого замыкания трансформатора.

Потеря напряжения в линии электропередачи в %

$$\Delta U_{\text{Л}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{рл}} (R_{\text{Л}} \cos \varphi_{\text{Л}} + X_{\text{Л}} \sin \varphi_{\text{Л}})}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100, \quad (4)$$

где $I_{\text{рл}}$ - расчетный ток линии;

$R_{\text{Л}}$ и $X_{\text{Л}}$ - активное и индуктивное сопротивление линии;

$\cos \varphi_{\text{Л}}$ - коэффициент мощности нагрузки линии;

$U_{\text{НОМ}}$ - номинальное напряжение сети, $U_{\text{НОМ}} = 400 \text{ В}$.

Потеря напряжения в распределительном шинопроводе с равномерной нагрузкой

$$\Delta U_{\text{Ш}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{рш}} (R_{\text{Ш}} \cos \varphi_{\text{Ш}} + X_{\text{Ш}} \sin \varphi_{\text{Ш}})}{2U_{\text{НОМ}}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $I_{\text{рш}}$ - расчетный ток шинопровода;

$R_{\text{Ш}}$ и $X_{\text{Ш}}$ - активное и индуктивное сопротивления расчетного участка шинопровода;

$\cos \varphi_{\text{Ш}}$ - коэффициент мощности нагрузки шинопровода.

Потерей напряжения в проводниках, подключающих электроприемники к шинопроводу, можно пренебречь. Тогда напряжение на зажимах электроприемника в % определяется как

$$U_{\text{Э}} = U_{\text{ХХ}} - \sum_{i=1}^n \Delta U_i, \quad (6)$$

где $U_{\text{ХХ}}$ - напряжение холостого хода трансформатора,

$$U_{\text{ХХ}} = 105\%;$$

U_i - потеря напряжения в i -м элементе схемы (трансформаторе, линиях, шинопроводе);

n - число элементов на пути от ТП до точки, в которой определяется $U_{\text{э}}$.

На зажимах электродвигателей напряжение должно быть в пределах от 95 до 105% номинального (400В). Если напряжение ниже допустимого, то необходимо предусмотреть мероприятия, уменьшающие потери напряжения в распределительной сети: компенсацию реактивной мощности, увеличение сечений проводов, жил кабелей и т.п.

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Абразивно-отрезной станок – металлорежущий станок, предназначенный для разрезания заготовок различных профилей из чёрных и цветных металлов.

Абсорбер – аппарат для улавливания паров летучих растворителей (спирта, эфира, ацетона и т.п.) и газов путём поглощения их твёрдыми пористыми веществами или жидкостями.

Автомат – устройство, выполняющее по заданной программе без непосредственного участия человека все технологические операции в производственном процессе.

Автоматическая линия – система машин, основного и вспомогательного оборудования, автоматически выполняющих весь процесс изготовления или переработки продукта производства или его части.

Агрегат – соединение нескольких разнотипных машин, аппаратов и т.д. для совместной работы.

Агрегатный станок – металлорежущий станок, который комплектуется из стандартных кинематично не связанных между собой узлов, объединённых в единый рабочий комплекс общей системой управления. На агрегатных станках сверлильные, расточные, резьбонарезные и фрезерные работы выполняются большим числом режущих инструментов, что повышает их производительность.

Аппарат – прибор, приспособление, оборудование, устройство.

Балансировочный станок – станок для определения углового положения, а также величины дисбаланса и его ликвидации в разных неуравновешенных быстро вращающихся деталях.

Бесцентрово-шлифовальный станок – металлорежущий станок для шлифования внешних и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения, в котором обработка производится без закрепления в центрах или патроне станка.

Бетоносмеситель – установка для приготовления цементнобетонных смесей небольших объёмов.

Блуминг (блюминг) – мощный прокатный обжимной стан, предназначенный для преобразования тяжёлых стальных слитков в брусы квадратного сечения (блумы).

Вакуумная печь – дуговая печь, в которой преобразование электрической энергии в тепловую производится с помощью элек-

трической дуги, горящей при пониженном давлении в вакуумной камере. Применяются для получения высококачественных слитков из сложнoleгированных сталей, титана, меди и т.п.

Вальцы – различные рабочие механизмы, обрабатывающие материал путём пропускания его между вращающимися в разных направлениях валами.

Вальян – в прядении – цилиндр кардочесальной машины, обтянутый игольчатой лентой (кардой); в ткачестве – цилиндр, набивающий ткань на ткацкие станки.

Вентилятор – прибор для перемещения воздуха, газов или смеси их с мелкими частицами (пыль, опилки и т.д.) с большой скоростью и под некоторым давлением (обычно до 0,15 МПа).

Вибратор – устройство для создания серии слабых толчков, применяется для уплотнения бетона, забивки свай и т.п.

Газгольдер – хранилище для больших объёмов газа.

Газлифт – установка для добычи нефти из буровой скважины путём нагнетания сжатого нефтяного газа, подъёма воды и различных жидкостей.

Голландер – машина для обдирки ячменя.

Градирня – башенный охладитель – сооружение для охлаждения воды в системе оборотного водоснабжения.

Гребнечесальная машина – устройство для расчёсывания длинных волокон специальными гребнями с целью удаления коротких или порванных волокон.

Грейфер – грузозахватное приспособление подъёмного механизма для перегрузки сыпучих материалов (руды, угля, камня и т.д.).

Грохот – устройство для механической сортировки (грохочения) сыпучих материалов по крупности частиц (кусков) просеиванием их через неподвижные решётки, а также через качающиеся, вращающиеся или вибрирующие сетки.

Дезинтегратор – агрегат для мелкого измельчения сыпучих материалов различной твёрдости (песка, мела, глины и т.д.).

Дефростер – устройство для размораживания мороженых продуктов (камера в холодильнике, имеющая отопление и усиленную циркуляцию воздуха).

Дефибратор (дефибрер) – машина для измельчения дерева в волокнистую массу.

Дезмульсатор – прибор для разрушения эмульсии (механической смеси нефти, масла и т.п. с водой).

Дистиллятор – прибор для перегонки жидкостей с целью её очищения, изменения концентрации раствора и т.п.

Диффузор – аппарат для извлечения каких-либо веществ, например, сахара из свекловичной стружки и т.п.).

Дозатор – устройство для автоматического отмеривания (дозирования) заданной массы или объёма жидких и сыпучих веществ.

Долбежный станок – 1) металлорежущий станок строгального типа с вертикальным возвратно-поступательным движением резца и прямолинейным или вращательным движением обрабатываемой детали, применяется для обработки труднодоступных поверхностей и канавок любой формы; 2) деревообрабатывающий станок для обработки пазов и отверстий.

Дробилка – машина для измельчения кусковых материалов (главным образом минерального сырья).

Дуговая сталеплавильная печь – электрометаллургический агрегат для выплавки стали с использованием электрической дуги, создающей в печи высокую температуру.

Заточной станок – станок для заточки режущего инструмента и механической обработки небольших деталей с помощью наждака.

Зубообрабатывающий станок – металлорежущий станок для обработки зубчатых и червячных колёс, а также зубчатых реек.

Индукционная печь – электротермическая установка, в которой нагрев осуществляется за счёт выделения теплоты в нагреваемом теле током, индуктированным в нём переменным электромагнитным полем. Печи могут быть с сердечником, питающиеся током промышленной частоты, и без сердечника, работающие на повышенной частоте.

Кабестан – механизм для передвижения груза, состоящий из вала, на который при вращении наматывается цепь или канат, прикрепленные другим концом к перемещаемому грузу.

Каландр – машина, состоящая из системы валов, между которыми пропускают ткань или бумагу для придания им гладкости или глянцеvitости. В резиновой промышленности каландр применяется для прокатки резиновых смесей в листы.

Кантователь – устройство для поворота на 90° слитка металла на прокатном стане.

Кардочесальная машина – устройство, состоящее из многих вращающихся цилиндров, обтянутых игольчатой или пальчатой лентой, для обработки волокон.

Карусельный станок – металлорежущий станок токарной группы с вертикальным расположением шпинделя для обработки крупных заготовок.

Классификатор – машина для разделения твёрдых материалов по прочности, чистоте и размерам зёрен.

Клеть – 1) устройство для подъёма и опускания в шахтах людей и грузов; 2) в прокатном стане – станина с валками, создающими необходимый профиль металла.

Компрессор – машина для сжатия воздуха, газов, паров до определенного давления.

Конвейер – транспортное устройство для перемещения массовых однородных грузов, а также для передвижения обрабатываемого материала или собираемых частей изделия от одного рабочего к другому.

Конвертор – вращающийся аппарат, в котором получают литую сталь продуванием воздуха под давлением через залитый в него расплавленный чугун.

Копировальный станок – устройство для обработки деталей со сложными объёмными поверхностями (штампы, гребни и т.п.) по заранее заготовленной модели или шаблону.

Кран – подъёмно-транспортная машина, поднимающая груз, а также перемещающая его в горизонтальном направлении на большое расстояние. Различают краны мостовые, козловые, башенные, консольные, порталные и т.п.

Кран-балка – подъёмный кран мостового типа, у которого тельфер передвигается по ездовой балке с колёсами.

Лебёдка – приспособление для перемещения грузов в виде вращающегося барабана с наматываемым на него канатом или цепью.

Машина – механизм, совершающий какую-нибудь полезную работу с преобразованием одного вида энергии в другой.

Мельница – машина для измельчения (помола) различных материалов до частиц мельче 5 мм. Отличается от дробилок более тонким помолом.

Механизм – устройство для передачи и преобразования движений и скоростей.

Мерсеризационный агрегат – устройство для обработки целлюлозных волокон, главным образом хлопка, хлопчатобумажной ткани или пряжи крепким раствором едкого натра с целью придания материалу шелковистого блеска, мягкости, крепости и других качеств.

Миксер – 1) машина для приготовления резиновых смесей; 2) сосуд для сохранения в жидком состоянии чугуна, получаемого из печей, для выравнивания его химического состава, а также удаления из него серы.

Молот кузнечный – установка дляковки и горячей штамповки, в процессе которых производится обработка изделий путём деформации металла ударами.

Насос – машина для накачивания или выкачивания жидкостей, газов.

Нория – непрерывно действующее грузоподъёмное устройство, состоящее из ряда черпаков, сидящих на бесконечной цепи.

Обдирочный станок – машина для грубой обработки металлических поверхностей.

Отрезной круглопильный станок – металлорежущий станок для разрезания пиловыми дисками металлических заготовок круглого или фасонного проката.

Пастеризатор – котёл с двойными стенками и плотно закрывающейся крышкой для пастеризации жидкостей в целях их обезвреживания.

Перфоратор – горная машина ударного действия для механического бурения шпуров, скважин и т.п.

Печь – устройство или сооружение для термической обработки материалов, изделий и т.п.

Печь диэлектрического нагрева – электротермическая установка, в которой нагрев происходит за счёт диэлектрических потерь в диэлектрике или полупроводнике, помещённом в переменное электрическое поле.

Печь сопротивления – электротермическая установка, в которой нагрев осуществляется пропусканием через нагреваемое тело электрического тока (печи прямого действия) или с помощью нагревательных элементов (печи косвенного действия).

Питатель – механизм непрерывного транспорта для равномерной и регулируемой подачи насыпных и штучных материалов из

бункера, загрузочных лотков и т.д. к транспортирующим и перерабатывающим машинам.

Подъёмник – грузоподъёмная машина, перемещающаяся по жестким вертикальным или наклонным направлениям или по рельсовому пути – лифты, клетки, скипы, слипы (для ремонта судов) и т.д.

Пресс – механизм или машина для создания давления с целью сжатия или уплотнения вещества, изменения его формы, отжимания жидкости и т.д.

Прибор – приспособление, специальное устройство, аппарат для производства какой-нибудь работы.

Протяжной станок – металлорежущий станок для обработки поверхностей разных форм и размеров протягиванием.

Прядильная машина – устройство для получения пряжи из ровницы или лент волокна.

Разрыхлительная машина – устройство для разделения при помощи зубьев на клочки волокон спрессованного сырья (хлопка, шерсти и т.д.) в прядильном производстве.

Расточный станок – металлорежущий станок для обработки вращающимся режущим инструментом предварительно полученных отверстий.

Рафинатор – устройство для очистки от посторонних примесей какого-либо технического продукта.

Револьверный станок – разновидность токарного станка, главной частью которого является вращающаяся головка, несущая либо несколько инструментов, либо несколько обрабатываемых предметов, по очереди подвергающихся действию одного инструмента.

Ровничная машина – устройство для вытягивания и небольшого скручивания пучков волокон после чесания с целью получения ровницы – однородной пушистой толстой нити.

Рольганг – транспортёр, по которому грузы перемещаются по вращающимся роликам.

Руднотермическая печь – агрегат для производства ферросплавов, сплавов цветных металлов, карбида кальция, жёлтого фосфора и т.д. В этих печах преобразование электроэнергии в теплоту происходит за счёт дугового разряда или протекания тока по шихте, а также по расплавленному шлаку.

Сатуратор – 1) в сахароварении – аппарат для обработки углекислотой сахарного сиропа с целью удаления из него излишней свободной извести; 2) аппарат для насыщения жидкостей углекислым газом.

Сверлильный станок – станок для обработки цилиндрических отверстий в неподвижных деталях вращающимся сверлом с поступательным движением.

Сепаратор – аппарат для механического или электрического разделения жидкостей и сыпучих тел, а также разнородных минералов, механически связанных в руде, с целью обогащения полезных ископаемых.

Силос – металлический или железобетонный резервуар для хранения сыпучих материалов (сахара, муки, цемента и т.п.).

Скип – большая клеть (короб) из металла, которая служит для подъёма руды, угля, известняка и т.п. Применяется в рудниках, при загрузке доменных печей и т.д.

Скрепер – машина для перемещения руды или угля и погрузки их в вагоны, бункера и т.п.

Скруббер – аппарат для очистки газа, основанный на использовании очищающего действия жидкости при соприкосновении с нею газа.

Слябинг – мощный прокатный обжимной стан для получения плоских стальных пластин (слябов), идущих на прокатку листов.

Смеситель – машина, предназначенная для приготовления растворов, бетонных и др. смесей.

Стан – большая и сложная машина для изготовления крупных металлических изделий в металлургическом производстве.

Станок – машина для обработки металла, дерева, пластмассы и т.п., а также изготовления разнообразных изделий.

Стриппер – механизм в виде мостового крана для выталкивания стальных слитков из изложниц – узких и высоких чугунных форм, в которые разливают сталь из специальных ковшов.

Строгальный станок – металлорежущий или деревообрабатывающий станок для обработки плоских поверхностей строганием. В нём резец (или деталь) совершает возвратно-поступательное движение, а деталь (или резец) неподвижна.

Суппорт – часть токарного станка, на которой закрепляются режущие инструменты, служащие для их перемещения в ходе обработки деталей.

Сушильный барабан – агрегат для сушки зернового или кускового материала.

Таль – грузоподъёмный механизм, подвешенный к неподвижной конструкции или тележке, способной перемещаться по направляющим путям.

Тельфер – устройство для подъёма и горизонтального перемещения грузов, представляющее собой таль, прикреплённую к тележке, перемещающейся по подвесным однорельсовым путям.

Токарный станок – металлорежущий или деревообрабатывающий станок, на котором обработка деталей ведётся точением с помощью резца. При этом закреплённая в шпинделе деталь вращается, а резец, зажатый в суппорте, перемещается поступательно.

Транспортёр – устройство для перемещения грузов с помощью движущейся металлической, резиновой или иной бесконечной ленты.

Трепальная машина – устройство для очищения волокон от примесей и получения слоя волокна (холста), поступающего затем на чесальную машину в прядильном производстве.

Турбобур – аппарат для вращательного бурения в горном деле, нефтедобыче и т.д.

Турбокомпрессор – центробежный воздушный насос для получения сжатого воздуха, газа или пара, приводимый в движение турбиной.

Фильтр – прибор для очищения жидкости от взвешенных в ней твердых частиц путём процеживания или газа – от взвешенных твердых и жидких частиц.

Фильтрпресс – аппарат для фильтрования под давлением.

Флотационная машина – устройство для обогащения полезных ископаемых, основанное на принципе всплывания измельчённых частей полезного ископаемого на поверхности воды вместе с пузырьками воздуха.

Формовочная машина – устройство для изготовления многупустотных панелей перекрытий, силикатных и шлаковых блоков на заводах железобетонных изделий.

Фрезерный станок – станок для механической обработки металла, дерева, пластмассы с вращательным движением фрезы (многолезцового режущего инструмента) и поступательным перемещением обрабатываемого предмета.

Центрифуга – аппарат для механического разделения смеси на составные части действием центробежной силы.

Циклон – аппарат для очистки воздуха и газа от взвешенных твердых частиц (пыли) под действием центробежной силы при вращательном движении воздуха или газа.

Чесальная машина – устройство для разделения слоя волокна на отдельные волокна в виде лент и их очистки.

Шибер – заслонка в дымоходе заводской печи в виде поднимающейся и опускающейся чугунной плиты.

Шлеппер – механизм прокатного стана для перемещения прокатываемого металла в поперечном направлении (с одного рольганга на другой).

Шлифовальный станок – станок для обработки деталей и поверхности металла, дерева и т.п. с помощью абразивного инструмента. При шлифовании абразивный круг обычно быстро вращается, а деталь движется поступательно, вращается или неподвижна. В последнем случае поступательно движется вращающийся круг.

Шнек – транспортное устройство в виде винтового конвейера для перемешивания кусковых или сыпучих грузов и перемещения их на небольшие расстояния.

Шпиндель – 1) главный вал станка (токарного, сверлильного, шлифовального и др.) с вращательным движением. На нём укрепляются детали, передающие ему вращение, и зажимы для закрепления обрабатываемой детали или инструмента. Станок может иметь несколько шпинделей; 2) веретено в прядильной машине; 3) вал прокатного стана, передающий вращение от электродвигателя к валкам.

Штабелер – устройство для складирования грузов в ряды правильной формы.

Штамп – инструмент для горячей или холодной обработки металлов давлением, который применяется на молотах или прессах. Различают ковочные штампы, вырезные, вытяжные, гибочные, чеканочные и др.

Эжектор – пароструйный насос, приспособленный для выкачивания воздуха.

Экскаватор – машина для выемки грунта, подъёма забранного грунта, перемещения и отвала его на выбранное место.

Экструдер – червячный пресс для переработки гранулированных пластмасс в изоляционные или шланговые покрытия (при производстве кабелей, проводов и т.д.).

Элеватор – подъёмно-транспортная машина непрерывного действия для перемещения в вертикальном направлении насыпных или штучных грузов.

Электродегидратор – аппарат для обезвоживания и обессоливания нефти.

Электролизёр – электролизная ванна для получения химически чистых цветных металлов, а также для покрытия металлом различных деталей и предметов.

Электросварочная установка – устройство для создания неразъёмных соединений металлических изделий с помощью электрического тока.

Электрофильтр – устройство для очистки промышленных газов от пыли и жидких частиц в цементном, химическом и металлургическом производстве, а также на тепловых электростанциях.

Электрошлаковая печь – это агрегат специальной электрометаллургии для получения слитков и отливок высокого качества путём очистки металла с помощью жидкого шлака. Как приёмник электроэнергии такая печь представляет собой печь сопротивления косвенного действия с жидким нагревателем.

Эмульсор – машина для приготовления эмульсии механическим распылением битума или дёгтя в воде.

Л и т е р а т у р а

Основная

1. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высшая школа, 1986.-400 с.
2. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий. – Минск: Вышэйшая школа, 1988.-358 с.
3. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1973.-584 с.
4. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1984.-472 с.

Дополнительная

5. Будзко И.А., Левин М.С. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов. – М.: Агропромиздат, 1985.-320 с.
6. Головкин П.И. Энергосистема и потребители электрической энергии.-М.: Энергоатомиздат, 1984.-360 с.
7. Головкин П.И. Режимы электроснабжения потребителей.-М.: Энергия, 1991.-112 с.
8. Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение: справочник.- Минск: Техноперспектива, 2007. – 255 с.
9. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 320 с.
10. Миронов Ю.М., Миронова А.Н. Электрооборудование и электроснабжение электротермических, плазменных и лучевых установок. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 376 с.
11. Радкевич В.Н. Проектирование систем электроснабжения. – Минск: НПООО «Пион», 2001.-292 с.
12. Ровенский В.Б., Игнатов В.А. Электрооборудование металлорежущих станков и автоматических линий. – М.: Высшая школа, 1983. – 151 с.
13. Тульчин И.К., Нудлер Г.И. Электрические сети и электрооборудование жилых и общественных зданий. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 480 с.

14. Ус А.Г., Евминов Л.И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий.- Минск: НПООО «Пион», 2002.- 457 с.

15. Электрооборудование промышленных предприятий: в 2-х ч.- Ч.2: Специальное электрооборудование промышленных установок и заводов / Я.М.Бунич, А.Н.Глазков, К.А.Кастовский. – М.: Стройиздат, 1981. – 391 с.

16. Электротехнический справочник: в 3 т.- Т.3: В 2 кн.- Кн. 2: Использование электрической энергии / Под общей ред. Н.Н.Орлова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 616 с.