

УДК 621.311

Составитель: А.С. Романченко

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А. С. Чернышёв*

Электроснабжение: основные понятия, термины и определения: методические рекомендации для самостоятельной работы студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А. С. Романченко. - Курск, 2021. 30 с.: Библиогр.: с. 30.

Приведены основные понятия, термины и определения, являющиеся базовыми в разделах дисциплины «Основы электротехники и электроснабжения», посвященных вопросам электроснабжения. Данные понятия, термины и определения распределены по основным разделам изучаемой дисциплины, имеют достаточно подробное описание и приведены в порядке их появления при освоении данной дисциплины. Приведены общие рекомендации по самостоятельному изучению студентами дисциплины «Основы электротехники и электроснабжения» с использованием материала, приведенного в данном методическом пособии.

Предназначены для индивидуальной самостоятельной работы студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство при изучении дисциплины «Основы электротехники и электроснабжения».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *28.06.21* Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. *1,7*. Уч.-изд.л. *1,8*. Тираж 30 экз. Заказ *886*. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ».....	4
1 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ	6
1.1 Общие вопросы электроснабжения	6
1.2 Электрические сети	11
1.3 Электрическое освещение	13
2 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНО- СТИ	18
2.1 Основы электропривода и аппаратура управления и защиты	18
2.2 Основы электробезопасности	24
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	30

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

Дисциплина «Основы электротехники и электроснабжения» изучается студентами направления подготовки бакалавров «Строительство» очной и заочной формы обучения.

Цель данной работы – дать студенту основные понятия, термины и определения, которые должны послужить базой и своеобразными вехами при изучении соответствующих разделов, входящих в дисциплину «Основы электротехники и электроснабжения».

При самостоятельной работе по изучению вопросов, относящихся ко второй части дисциплины «Основы электротехники и электроснабжения» студент должен твердо помнить, что знания не приобретаются ради знаний. Для изучения данной дисциплины нужны знания и компетенции, полученные и освоенные при изучении физики (в первую очередь разделы электричества и магнетизма), электротехники и высшей математики. Даже знания и компетенции, полученные и освоенные при изучении дисциплины «Инженерная графика» пригодятся, ведь схемы электроснабжения и электрических сетей и схемы замещения электротехнических устройств необходимо уметь «читать» и чертить! В свою очередь знания и компетенции, полученные и освоенные при изучении дисциплины «Основы электротехники и электроснабжения» необходимы будут студенту при изучении последующих профилирующих дисциплин, а также в последующей профессиональной деятельности.

Данное методическое пособие построено следующим образом: основные понятия, термины и определения распределены по разделам. Разделы приведены в том порядке, в каком они представлены в рабочей программе дисциплины. Понятия, термины и определения внутри разделов приведены не в алфавитном порядке, а в той последовательности, в которой они, как правило, встречаются при изучении соответствующего раздела рабочей программы дисциплины или учебника. Это должно облегчить студенту изучение материала по учебнику или учебному пособию: прочитал определение соответствующего термина, а затем нашел его в учебнике или учебном пособии. Или наоборот: встретил в учебнике или учебном пособии термин и нашел его объяснение в данном методическом пособии. Рекомендуется следующий порядок использования данного методического пособия: вначале оз-

накомиться с основными понятиями, терминами и определениями соответствующего раздела данного пособия, а затем приступить к изучению аналогичного раздела учебника или учебного пособия.

Следует обратить внимание, что название разделов данного методического пособия может отличаться от названий, приведенных в разных учебниках или учебных пособиях. Связано это отчасти с тем, что понятие «электроснабжение» – понятие многогранное, изучать его можно не один семестр и часто это не одна дисциплина, а несколько. А студенты направления подготовки «Строительство» изучают только «основы электроснабжения».

В библиографическом списке, приведенном в конце данного методического пособия, приведены далеко не все учебники и учебные пособия, которыми можно воспользоваться при изучении основ электроснабжения. Студент вправе сам выбрать себе учебник из числа тех, что рекомендует преподаватель, или есть в наличии в библиотеке. Рекомендуется пользоваться одним учебником, но когда какой-либо вопрос изложен в нем недостаточно ясно или вовсе не нашел отражения, использовать другой учебник или учебное пособие.

1 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

1.1 Общие вопросы электроснабжения

Электроснабжение – это процесс производства, передачи и распределения электрической энергии с целью обеспечения электроэнергией потребителей во всех отраслях экономики страны: промышленности, транспорта, строительства, сельского хозяйства, жилищно-коммунального хозяйства.

Система электроснабжения – достаточно широкое понятие, означающее совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией.

Энергетическая система (энергосистема) – совокупность электрических станций, электрических и тепловых сетей, приемников электроэнергии, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

Электрическая часть энергосистемы (электропитающая или электрическая система) – это совокупность электроустановок электрических станций и электрических сетей энергосистемы, включающая в себя трансформаторные подстанции, линии электропередачи, распределительные устройства.

Основные требования, предъявляемые к электроснабжению предприятий стройиндустрии:

- 1) обеспечение подачи необходимого для предприятия количества электроэнергии и надежности электроснабжения;
- 2) обеспечение требуемого качества электроэнергии;
- 3) обеспечение электробезопасности;
- 4) обеспечение экономичности электроснабжения.

Особенности электроснабжения строительства:

1) возможная удаленность строительной площадки от источников электроэнергии и связанное с этим использование временных источников питания;

2) частые изменения в схеме электроснабжения в связи с изменением фронта работ;

3) изменение установленной и расчетной мощности по ходу строительства;

- 4) использование уже сооруженных стационарных сетей строящегося объекта для временного электроснабжения строительства;
- 5) менее жесткие требования к качеству электроэнергии;
- 6) значительная часть электрических сетей носит временный характер и обычно выполняется без тщательных расчетов.

Электрическая станция (электростанция) – предприятие или установка, предназначенная для производства электрической энергии или электрической и тепловой энергии.

Электрическая подстанция – электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электроэнергии.

Трансформаторная подстанция (ТП) – это электрическая подстанция, предназначенная для преобразования электроэнергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформаторов.

Линия электропередачи (ЛЭП) – электроустановка, предназначенная для передачи электрической энергии.

Электроустановка – устройство, в котором в зависимости от его назначения производится, передается, распределяется и потребляется электроэнергия.

Приемник электрической энергии (электроприемник) – электрическая установка для приема и использования электроэнергии. Также *приемник электроэнергии* – это электрическая часть технологической установки или механизма, получающая энергию из сети и расходующая её на выполнение технологических процессов, преобразуя в другие виды энергии.

Электроприемники (электропотребители) классифицируются по следующим признакам: напряжению, роду силы тока, его частоте, единичной мощности, степени надежности электроснабжения, режиму работы, технологическому назначению.

По напряжению электроприемники делятся на две группы: до 1000 В и свыше 1000 В. По роду силы тока электроприемники делятся на три группы: приемники переменного тока промышленной частоты (50 Гц), приемники постоянного тока, приемники переменного тока с частотой, отличной от 50 Гц (повышенной или пониженной).

По степени надежности электроснабжения «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) предусматривают три категории электропотребителей:

- 1) *электропотребители первой категории* – электропотребители, перерыв снабжения электроэнергией которых связан с опасностью для

людей или влечет за собой большой материальный ущерб (доменные печи, котельные производственного пара, подъемные и вентиляционные установки шахт, аварийное освещение и др.). Они должны работать непрерывно, поэтому обеспечиваются как основным, так и резервным электропитанием;

2) *электропотребители второй категории* – электропотребители, перерыв электроснабжения которых ведет к массовому недопуску продукции, простоя технологического оборудования, рабочих, промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности городских и сельских жителей;

3) *электропотребители третьей категории* – все остальные электропотребители, не подходящие под определение первой и второй категорий. Электропотребители данной категории допускают перерыв электроснабжения не более одних суток.

Потребители первой категории должны иметь не менее двух независимых друг от друга источников питания (например, питаются от двух независимых ТП или имеют резервный источник электроэнергии в виде дизель-генератора), второй категории – один источник, а если есть возможность, то предусматривается резервный источник. Строительная площадка, как правило, относятся ко второй категории.

Электрическая сеть – совокупность электроустановок, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии (ЛЭП и подстанций), работающих на определенной территории. В местах потребления электроэнергии электрическая сеть – это совокупность ЛЭП, соединяющих ТП с отдельными потребителями и распределительными устройствами на объектах.

Электрическая сеть делится на основную и распределительную.

Основная электрическая сеть обеспечивает связь между крупными электростанциями и передачу мощности от этих станций в районы потребления электроэнергии.

Распределительная электрическая сеть обеспечивает передачу электроэнергии от подстанций основной сети и от небольших электростанций к потребителям электроэнергии.

Электрические сети по уровню напряжения принято делить на сети:

- высокого напряжения – 110 кВ и выше;
- среднего первого напряжения – 27,5-60 кВ;
- среднего второго напряжения – 1-20 кВ;
- низкого напряжения – ниже 1 кВ (0,69 кВ, 0,4 кВ и ниже).

Электрические схемы электроснабжения (схемы сетей) могут быть радиальными, магистральными и смешанными – с односторонним или двухсторонним питанием. При *магистральной схеме* потребители получают питание от общей магистрали. Пример – сельская улица. Также питаются светильники наружного освещения. При *радиальной схеме* электроэнергия подается от источника прямо к отдельным потребителям или группам потребителей без ответвлений. Пример – питание многоэтажных домов, объектов на строительной площадке (СП).

Радиальная схема более надежная (авария на одной линии не влияет на работу приемников, питающихся от другой линии), но требует больших капитальных затрат (большой расход проводниковых материалов), чем магистральная схема, которая более экономична.

Магистральная схема менее надежна, чем радиальная, т.к. при исчезновении напряжения на магистрали все подключенные к ней потребители оказываются обесточенными. Для повышения надежности питания электроприемников применяют двухстороннее питание магистральной линии – подключение к двум относительно удаленным ТП.

Схемы электроснабжения подразделяются на внешние и внутренние. *Внешняя схема* осуществляет питание объекта от энергосистемы, а *внутренняя* обеспечивает распределение электроэнергии по потребителям внутри объекта (завода, строительной площадки и т.д.).

Номинальным напряжением сетей, генераторов, трансформаторов и приемников электроэнергии называется напряжение, при котором они предназначены работать в нормальном режиме. Номинальные напряжения генераторов и трансформаторов с учетом потери напряжения в сетях приняты на 5% выше номинальных напряжений соответствующих электрических сетей и электроприемников.

При напряжении больше 1 кВ приняты следующие стандартные напряжения: 3, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 500, 750, 1150 кВ. Напряжения 3, 6, 150 кВ для вновь проектируемых сетей и электроустановок не рекомендуются.

Для питания крупных экскаваторов, земснарядов, насосов может применяться напряжение 6 кВ, для питания остальных электропотребителей – напряжение ниже 1000 В: 660, 380, 220, 127, 60, 36, 12 В. В основном используется напряжение переменного тока 380 / 220 В, но для питания мощных электропотребителей на предприятиях используется напряжение переменного тока 660 / 380 В. Для питания электрифицированного инструмента и освещения в сырых помещениях при-

меняется пониженное напряжения 36 В, а в особо опасных местах – 12 В. Основной род тока – переменный с частотой 50 Гц. Некоторый электроинструмент рассчитан на работу при частоте тока 200 или 400 Гц при питании через преобразователь частоты.

Качество электроснабжения потребителей электроэнергии определяет производительную работу электрифицированных машин и механизмов на объектах стройиндустрии. Оно характеризуется двумя группами показателей. Первая группа показателей связана с понятием *надежности электросистемы* и определяется вероятностью безотказной работы и вероятностью аварийного простоя потребителей. Вторая группа показателей характеризуется *качеством электроэнергии у приемников*: отклонением и колебаниями напряжения и частоты, степенью несинусоидальности формы кривой напряжения и т.д.

Коэффициент мощности – это отношение активной мощности P к полной мощности S , который для синусоидальных токов равен:

$$\lambda = \cos \varphi = P / S = P / \sqrt{P^2 + Q^2} ,$$

где φ – угол сдвига фаз тока и напряжения в сети, Q – реактивная мощность, которая для применяемого оборудования представляет собой индуктивную мощность. При повышении коэффициента мощности снижаются потери мощности и напряжения в сети (в ЛЭП). Это можно сделать за счет уменьшения реактивной мощности объекта, например, за счет её компенсации.

Пути повышения коэффициента мощности: естественные и искусственные методы. К естественным методам повышения коэффициента мощности относятся все мероприятия, связанные с оптимизацией технологических режимов, ликвидацией холостой работы трансформаторов и асинхронных двигателей, заменой асинхронных двигателей на синхронные, исключением возможности применения завышенных по мощности двигателей и трансформаторов и т.д.

К искусственным методам компенсации реактивной мощности, а значит повышения коэффициента мощности, можно отнести использование конденсаторов и синхронных компенсаторов, т.е. синхронных двигателей, которые при работе в режиме перевозбуждения представляют собой емкостную нагрузку. Выбор компенсирующих устройств осуществляется на основе технико-экономических расчетов. Так, применение синхронных компенсаторов в маломощных установках нецелесообразно. Наилучший эффект получается при установке компенсирующих устройств в непосредственной близости от потребителей реактивной энергии.

Пути экономии электроэнергии:

- 1) повышение коэффициента мощности;
- 2) нормирование, оперативный учет и анализ энергобаланса и электропотребления по каждому технологическому процессу;
- 3) оптимизация технологических процессов;
- 4) ввод в эксплуатацию резервных ЛЭП, включаемых параллельно рабочей, что также снижает потери электроэнергии, т.к. уменьшает сопротивление;
- 5) не допускать работу трансформаторов с низкими нагрузками. При изменении нагрузки в широких пределах устанавливать на понижающих подстанциях несколько трансформаторов, работающих параллельно, и регулировать количество одновременно работающих трансформаторов;
- 6) обеспечение работы рабочих машин и двигателей в номинальном режиме при максимальном КПД. Поэтому естественным будет замена недогруженных двигателей на менее мощные;
- 7) снижение времени холостого хода сварочных агрегатов, автоматизация и совершенствование технологии сварочных работ, замена по возможности дуговой сварки на контактную, что может обеспечить снижение расхода электроэнергии в 2-2,5 раза;
- 8) замена пневматического инструмента электрическим в ряде случаев обеспечивает снижение расхода электроэнергии в 2-10 раз;
- 9) поддержание номинального напряжения, применение современных светильников и эффективной отражательной арматуры, содержание их в надлежащей чистоте позволяет не только повысить производительность труда на объекте стройиндустрии, но и существенно снизить расход электроэнергии на освещение.

1.2 Электрические сети

Электрической сетью называется совокупность трансформаторных подстанций и линий электропередачи различных напряжений, предназначенных для передачи и распределения электроэнергии.

По назначению они делятся на сети *внешнего и внутреннего* электроснабжения. Сети внешнего электроснабжения связывают электростанции и трансформаторные подстанции с помощью ЛЭП.

Питающей называется линия от источника питания к распределительному пункту, отдельному токоприемнику или подстанции без распределения электроэнергии по всей её длине.

Распределительной называется сеть, к которой непосредственно присоединяются электроприемники.

По выполнению электрические линии подразделяются на *воздушные, кабельные, токопроводы (троллейные сети) и шинопроводы*.

Воздушная линия электропередачи – это устройство для передачи электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изолирующих конструкций и арматуры к опорам, несущим конструкциям, кронштейнам, к стенам зданий и к инженерным сооружениям (мостам, путепроводам и т.п.).

Основными конструктивными элементами воздушных линий являются *провода, тросы, опоры, изоляторы и линейная арматура*.

В воздушных линиях используются неизолированные и изолированные многопроволочные провода из алюминия и его сплавов, из меди (крайне редко из-за высокой стоимости), а также сталеалюминевые провода, где центральный стальной трос обеспечивает механическую прочность, а алюминиевые провода высокую электропроводность. Провода подвешиваются к стальным, железобетонным или деревянным опорам при помощи подвесных или штыревых керамических или стеклянных изоляторов. Применяют также изоляторы из полимерных материалов. В верхней части опор над проводами для защиты от грозозовых перенапряжений монтируют грозозащитные тросы.

Опоры воздушных линий делятся на *промежуточные, анкерные и угловые*. Большая часть опор служит только для поддержания проводов на высоте. Это и есть *промежуточные опоры*. *Анкерные опоры* устанавливаются в начале и конце линии, с обеих сторон переходов через автомобильные и железные дороги, реки и другие препятствия, их рассчитывают на устойчивость при одностороннем обрыве всех проводов. В условиях строительства опоры воздушных линий рекомендуется применять железобетонные или деревянные с *железобетонными пасынками* (приставками, которые заглубляются в землю). Металлические опоры применяют для высоковольтных ЛЭП.

Сетями внутреннего электроснабжения называются сети напряжением до 1000 В, которые размещаются внутри зданий или на территории объектов. Сети внутри помещений еще называются *электропроводками*. Они в основном выполняются изолированным проводом или гибкими кабелями, в том числе кабелями с резиновой изоляцией. На предприятиях внутри цехов также используются *шинопроводы*, отводы от которых выполняются изолированными проводами или гибкими кабелями.

Кабелем называют одножильный или чаще многожильный изолированный провод специальной конструкции в герметичной оболочке. *Силовые кабели* предназначены для передачи электроэнергии.

Бронированные кабели – кабели, прокладываемые непосредственно в земле (в траншеях) и защищенные от механических воздействий (поверх герметичной оболочки) броней из стальных лент, покрытой сверху слоем кабельной пряжи, пропитанной битумом.

Установочные провода и кабели – это провода с резиновой и пластмассовой изоляцией и кабели с резиновой изоляцией, которые служат для выполнения электропроводок. Выпускают их, как правило, на напряжение до 500 В с алюминиевыми и медными жилами.

Шланговые кабели и провода – предназначены для подключения подвижных электроприемников. Их применяют на строительных площадках для питания электроприводов передвижных строительных машин и механизмов – кранов, экскаваторов, компрессоров; для питания сварочных трансформаторов, электроинструмента и т.д. Выпускаются шланговые кабели и провода только с медными жилами, сплетенными из тонких проволочек (для большей гибкости). Для защиты от механических воздействий и от проникновения сырости шланговые кабели и провода в дополнение к резиновой изоляции жил имеют толстую (до 5...8 мм толщиной) резиновую оболочку. Особенность их – наличие дополнительной, так называемой заземляющей, жилы, предназначенной для заземления корпусов строительных механизмов с электроприводом.

Инвентарные электротехнические устройства – это передвижные и переносные электротехнические устройства, предназначенные для формирования мобильных электрических сетей на строительных площадках. К ним относятся:

- передвижные трансформаторные подстанции – КТП;
- передвижные и переносные распределительные шкафы для подсоединения отдельных линий и электропотребителей;
- подключаемые пункты для строительных механизмов и электроинструмента;
- пусковые ящики для электродвигателей, оборудованные блоками предохранитель-выключатель;
- стойки и вышки для светильников и прожекторов.

1.3 Электрическое освещение

Освещенность E – физическая величина, определяющая достаточность освещения на той или иной поверхности или в той или иной точке; единица её измерения – *люкс* (лк). Например, для выполнения точных работ в механических мастерских по нормам требуется освещенность в 100...150 лк, а для чтения – порядка 75 лк.

Виды освещения: общее, местное и комбинированное. *Общее освещение* может быть равномерным и локализованным. При *общем равномерном освещении* освещается всё помещение или наружная площадка, для этого светильники устанавливаются равномерно. При *общем локализованном освещении* на отдельных участках помещения или наружной территории создается большая освещенность за счет или дополнительных светильников, или более частого их размещения. При *местном освещении* освещаются только рабочие поверхности. При *комбинированном освещении* применяют одновременно общее и местное освещение. Применение одного местного электроосвещения не допускается.

Кроме обычного (рабочего) освещения предусматривается *аварийное освещение*, обеспечивающее минимальную освещенность: не менее 10% нормальной освещенности данного помещения. Для аварийного освещения используют лампы накаливания и обязательно отдельное электропитание. Например, при питании объекта от двух трансформаторных подстанций рабочее освещение подключают к одной подстанции, а аварийное освещение – к другой подстанции.

Основные группы источников света по принципу преобразования в них электроэнергии в энергию видимых излучений:

- тепловые, основанные на принципе теплового излучения;
- разрядные, в которых видимое излучение возникает при электрическом разряде в газах или парах в межэлектродном пространстве;
- прочие, в том числе полупроводниковые (светодиодные) лампы и индукционные лампы.

К первой группе относятся так называемые *теплоизлучатели: лампы накаливания и галогенные лампы* (типа КГ, КИ), у которых значительная часть потребляемой от электросети энергии выделяется в виде тепла.

Ко второй группе относятся:

- *газоразрядные лампы низкого давления:* люминесцентные лампы (например, типа ЛДЦ) и компактные люминесцентные лампы;

- *разрядные лампы высокого давления*: ртутные лампы (ДРЛ), металлогалогенные лампы (ДРИ), натриевые лампы (ДНаТ), ксеноновые лампы (ДКсТ).

В качестве источников света на объектах стройиндустрии и в промышленности применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы низкого и высокого давления. В последнее время широко внедряются светодиодные лампы.

Для источников света наиболее часто используются следующие показатели:

- номинальное напряжение (U_H) – напряжение, на которое рассчитана лампа или на которое она может включаться с использованием специальной арматуры;

- световая отдача ($\gamma = F/P$) – отношение светового потока к потребляемой мощности (лм/Вт), отражающее энергетическую экономичность источника света;

- единичная номинальная мощность лампы, влияющая на выбор числа устанавливаемых светильников;

- цветность излучения (спектральный состав света) – имеет важное значение при выборе источника света в помещениях, где требуется правильная цветопередача при искусственном освещении;

- срок службы (час).

Принцип действия ламп накаливания основан на световом излучении твердых тел, нагреваемых током до высоких температур. Видимое излучение получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити до температуры, близкой к температуре плавления вольфрама. Чтобы нить не перегорела, из стеклянной колбы полностью удаляют воздух или заполняют колбу инертным газом. В результате различают лампы: вакуумные (лампы накаливания), *газополные, галогенные, ксеноновые*.

В газоразрядных источниках света используется излучение газов или паров металла под действием электрического тока, который представляет собой в данном случае перемещение ионов и электронов между электродами лампы. *Люминесцентные (флуоресцентные) лампы* – это газоразрядные источники света низкого давления, в которых ультрафиолетовое излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в длинноволновое видимое излучение. Газоразрядные лампы требуют специальной пускорегулирующей аппаратуры (стартеры, дроссели, конденсаторы и т.п.). *Стартёр* – это неоновая лампочка с двумя электродами, один из которых – биметаллическая пластинка.

Он служит для зажигания лампы. Назначение дросселя – обеспечить бросок напряжения для запуска лампы.

К газоразрядным лампам низкого давления относятся люминесцентные лампы:

ЛДЦ – лампы дневного света, предназначенные для правильной светопередачи;

ЛД – лампы дневного света;

ЛХБ – лампы холодного белого света;

ЛТБ – лампы теплого белого света;

ЛБ – лампы белого света.

Газоразрядные лампы высокого давления условно делятся на три группы:

- дуговые ртутные люминесцентные лампы (типа ДРЛ);

- металлогалогенные (металлогалогенные) лампы типа ДРИ (дуговые ртутные иодидные, в ртутный разряд которых вводятся различные добавки, например, иодиды натрия, галлия и индия);

- натриевые лампы высокого давления, которые являются самыми экономичными: НВД (натриевые высокого давления) или ДНаТ (дуговые натриевые трубчатые), где используется разряд в парах натрия при высоком давлении. Наибольшую единичную мощность имеют лампы ДКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые безбалластные), в которых используется электрический разряд в газе ксеноне.

Индукционная лампа – это безэлектродный люминесцентный источник света, излучающий согласно закону электромагнитной индукции и благодаря электрическому разряду в газе. Является энергосберегающим источником света. Основное отличие и преимущество – отсутствие электродов, что резко увеличивает срок службы. Основной недостаток – сравнительно большая стоимость индукционных ламп. Данные лампы применяются в наружном и внутреннем освещении, в том числе в прожекторном освещении и в освещении туннелей.

Основой светодиодных ламп является светоизлучающий диод (СИД), сконструированный в 1962 г. Долгое время светодиоды использовались как элементы индикации и сигнализации в радиоэлектронных устройствах. С появлением мощных светодиодов их стали применять для нужд освещения. Достоинства светодиодных ламп:

- механическая прочность и надежность в работе;

- срок службы до 100 тыс. часов;

- низковольтный электропотребитель, т.е. электробезопасный в эксплуатации.

Главный недостаток – высокая цена.

Для создания необходимых условий освещения, удовлетворяющих указанным требованиям, служит *осветительная арматура*. Осветительная арматура вместе с помещенной в нее лампой называется *светильником*.

Светильники служат для освещения предметов, расположенных на относительно небольшом расстоянии. В качестве осветительных приборов дальнего действия применяют *прожекторы* различных типов. Для устройства наружного освещения используют светильники с лампами накаливания и с газоразрядными лампами высокого давления (как правило, типа ДРЛ), а в последнее время – со светодиодными лампами.

2 ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

2.1 Основы электропривода и аппаратура управления и защиты

Электроприводом называют электромеханическое устройство, предназначенное для приведения в движение рабочих органов машины или исполнительного механизма. Состоит из электрической и механической частей. Электрическая часть электропривода состоит из электродвигателя и электроаппаратуры, необходимой для управления работой электродвигателя и его защиты.

По структуре схемы передачи энергии от электросети к рабочим органам машины различают три основных типа электропривода: *групповой, одиночный и многодвигательный*.

Групповым называют электропривод, у которого от одного электродвигателя с помощью трансмиссии приводится в действие несколько (группа) рабочих машин. Этот тип привода применялся в XIX веке и в начале XX века и практически не применяется сейчас.

Одиночным называется электропривод, у которого один электродвигатель приводит в действие одну рабочую машину. Это самый распространенный тип электропривода, особенно в условиях строительства: привод насосов, транспортеров, вентиляторов и т.д.

Многодвигательным называется электропривод, у которого для привода отдельных рабочих органов машины используется свой электродвигатель. Пример – привод башенного крана, у которого один электродвигатель обеспечивает движение крана по рельсам, другой электродвигатель – поворот крана вокруг своей оси в горизонтальной плоскости, третий электродвигатель – поднятие груза и т.д.

По степени автоматизации электропривод можно разделить на *автоматизированный, полуавтоматизированный, ручной*.

Номинальным режимом работы электрической машины называют такой режим её работы, который рассчитан для данной машины заводом-изготовителем.

Номинальные напряжения, на которые выпускают электродвигатели общего применения:

- переменного трехфазного тока – 220, 380, 660, 3000 и 6000 В;
- переменного однофазного тока – 36, 220 В;
- постоянного тока – 110, 220 и 440 В.

По условиям нагрева электродвигателей различают три основных режима их работы: *длительный, кратковременный и повторно-кратковременный*.

Длительным режимом работы называют режим, когда все части электродвигателя во время работы нагреваются до установившейся температуры, при которой рассчитан работать двигатель. Различают длительный режим при постоянной нагрузке (например, электропривод вентиляторов, центробежных насосов, компрессоров) и длительный режим при переменной нагрузке (например, электропривод транспортеров, привод электровозов при движении между станциями).

Кратковременным режимом работы называют режим, когда длительность рабочего периода недостаточна для того, чтобы температура электродвигателя достигла установившегося значения. Последующая затем остановка (пауза) двигателя настолько продолжительна, что он успевает охладиться до температуры окружающей среды. В кратковременном режиме, например, работает электродвигатель, обеспечивающий движение башенного крана по рельсам.

Повторно-кратковременным режимом работы называют режим, при котором за время рабочего периода электродвигатель не успевает нагреться до установившегося значения температуры, а за время последующей паузы не успевает охладиться до температуры окружающей среды. Повторно-кратковременный режим характеризуется величиной *относительной продолжительности включения (ПВ)*:

$$ПВ = t_p / (t_p + t_n),$$

где t_p – продолжительность рабочего периода; t_n – продолжительность паузы. Как правило, ПВ выражают в процентах. Установлены следующие стандартные значения ПВ: 15, 25, 40 и 60 процентов, причем ПВ, равная 25%, принимается за номинальную. Продолжительность одного цикла не должна превышать 10 минут, в противном случае режим работы электродвигателя считается длительным.

Повторно-кратковременный режим работы весьма распространен для электропривода различных механизмов, в том числе строительных машин. В таком режиме работают основные электродвигатели башенных кранов, одноковшовых экскаваторов, а также подъемники, лифты, бетономешалки и т.д.

Выбор электродвигателя при проектировании и изготовлении электропривода производится с учетом разных условий: по роду силы тока (постоянный, переменный) и номинальному напряжению; по номинальной мощности и скорости; механической характеристике; пус-

ковым и тормозным свойствам; регулированию скорости; конструктивному исполнению.

Как известно, зависимость скорости вращения от вращающего момента называется *механической характеристикой* электродвигателя, которой оценивают электромеханические свойства двигателя и выявляют его пригодность для данного исполнительного механизма. Существуют следующие виды механических характеристик:

- *абсолютно жесткая* механическая характеристика присуща электродвигателям, у которых строго постоянная скорость вращения, не зависящая от изменения нагрузки. Такой характеристикой обладают синхронные двигатели;

- *жесткая* механическая характеристика у двигателей, у которых сравнительно небольшое снижение скорости (не более 5-10%) при возрастании нагрузки. Такую характеристику имеют трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и двигатели постоянного тока с независимым и с параллельным возбуждением;

- *мягкая* механическая характеристика электродвигателя определяется относительно большим изменением скорости вращения при возрастании нагрузки. Такую характеристику имеют двигатели постоянного тока с последовательным возбуждением и трехфазные асинхронные двигатели с сопротивлением в цепи фазного ротора.

По роду защиты от воздействия окружающей среды выпускаются электродвигатели следующих типов:

- *открытые*, у которых все вращающиеся и токоведущие части не имеют специальных защитных приспособлений;

- *защищенные* электродвигатели, у которых все вращающиеся и токоведущие части предохранены от случайных прикосновений, от попадания внутрь посторонних предметов, капель воды или брызг. Однако отсутствует защита от пыли и вредных газов, что ограничивает область их применения;

- *закрытые* электродвигатели, у которых имеются отверстия лишь для ввода проводов и соединительных болтов. Данные электродвигатели подразделяются на обычные, обдуваемые, продуваемые (с закрытой вентиляцией) и герметичные. Закрытые электродвигатели могут устанавливаться на открытом воздухе вне зданий, в пыльных и пожароопасных помещениях;

- *взрывозащищенные* электродвигатели.

Для управления электротехническими устройствами необходимо большое число различных аппаратов. В зависимости от назначения их

можно разделить на две основные группы: *коммутационные аппараты и защитные аппараты*.

Коммутационные аппараты предназначены, как правило, для нечастых включений или отключений электрооборудования и электрических цепей и их элементов. Если в них используется мускульная сила человека, то их часто называют *аппаратурой ручного управления*. К ним относятся: рубильники, кнопочные выключатели, кнопки управления и кнопочные пульта, тумблеры, пакетные выключатели, универсальные переключатели, контроллеры и др. Их используют в цепях постоянного и переменного тока с напряжением до 500 В.

Контроллер – это коммутационный аппарат, позволяющий простым поворотом ручки или маховичка не только включать или выключать электрические цепи, но и производить сложные переключения элементов в схемах управления электрических машин и электроустановок по заданной программе. Разновидностью контроллера является *командоконтроллер*, у которого основной деталью является коммутирующее устройство кулачкового типа – кулачковый контакторный элемент, а количество переключаемых цепей, как правило, меньше, чем у контроллера.

В цепях управления электродвигателями, особенно при автоматизации управления, также применяют коммутационные аппараты (выключатели), срабатывающие, когда приводимый двигателем механизм перемещается на определенное расстояние или на заданный угол поворота. Это *конечные и путевые выключатели*. Данные аппараты ещё относят к так называемой *аппаратуре технологического контроля*. По принципу работы они делятся на:

- *рычажные*, срабатывающие при действии на них отключающих устройств;

- *приводные (шпиндельные)*, которые жестко связаны с валом механизма и срабатывают после поворота вала на определенный угол.

Аппаратура релейно-контакторного управления – это коммутационные аппараты, в которых замыкание и размыкание контактов, как правило, осуществляется с использованием электромагнитов.

Реле – это аппарат, который при достижении физической величины (тока, напряжения, частоты, силы света, температуры, давления и т.п.), на которую настроена воспринимающая часть реле, заданного значения срабатывает, в результате чего исполнительная часть реле производит необходимые переключения в управляемых цепях. Иначе: реле – это аппарат, который срабатывает, если входной сигнал достиг

заданной величины. В зависимости от входного сигнала различают различные виды реле: *токовые реле (максимального тока, минимального тока)*, *реле минимального напряжения*, *тепловое реле*, *реле времени* и т.д.

Электромагнитное реле максимального тока представляет собой электромагнит, который срабатывает, если ток в его обмотке достиг заданного значения. При этом якорь притягивается к сердечнику электромагнита (ярму), одна часть контактов замыкается, а другая часть – размыкается. В первоначальное состояние реле возвращается под действием пружины после отключения тока.

В *электромагнитном реле минимального напряжения* в рабочем состоянии якорь притянут к сердечнику электромагнита. Если напряжение в сети (а значит и на обмотке электромагнита) станет ниже порогового значения, силы тяги электромагнита будет недостаточно для удержания якоря в прижатом к сердечнику состоянии, и якорь под действием пружины придет в движение, размыкая контакты реле.

Контактором называется электромагнитный коммутационный аппарат для замыканий и размыканий силовых электрических цепей, приводимый в действие с помощью электромагнита. В зависимости от рода тока различают контакторы постоянного и переменного тока. Контакторы постоянного тока выпускаются одно- и двухполюсными (по числу одновременно переключаемых цепей), а контакторы переменного тока – двух-, трех- и четырехполюсными. В отличие от электромагнитных реле, где все контакты, как правило, равноценные, в контакторах различают главные (силовые) контакты и блок-контакты (вспомогательные или управляющие контакты).

Между силовыми контактами коммутационных аппаратов может возникать электрическая дуга, которая вызывает ускоренный износ контактов. Для сокращения времени горения дуги применяются различные системы принудительного дугогашения, например, *дугогасительные камеры*, в которые помещают контакты.

Магнитным пускателем называется малогабаритный контактор специального исполнения, предназначенный для пуска, остановки и реверсирования электродвигателей, а также для коммутации других электрических цепей, имеющий, как правило, встроенные тепловые реле для защиты электрической цепи от перегрузки.

Аппаратура максимальной защиты предназначена защищать электродвигатели, другое электрооборудование и электрические сети от перегрева, связанного с протеканием по проводам и элементам

электрооборудования больших токов, вызванных коротким замыканием на каком-то участке цепи (токи короткого замыкания), нагрузкой, превышающей допустимую (перегрузка) или понижением напряжения меньше допустимого при прежней нагрузке.

К аппаратуре максимальной защиты относятся: *плавкие предохранители, тепловые расцепители (тепловые реле), электромагнитные расцепители, автоматические выключатели.*

Плавкий предохранитель включают последовательно в защищаемую электрическую цепь так, чтобы если ток в цепи превысит допустимое значение, его *плавкая вставка* расплавилась (разрушилась), разрывая электрическую цепь. Плавкую вставку выполняют из легкоплавкого металла.

Для защиты электродвигателей и других электротехнических устройств от длительных перегрузок используют *тепловые реле* на основе биметаллических элементов. Так как тепловое реле весьма инерционно (на нагрев, удлинение и изгиб биметаллических пластин требуется время, намного большее, чем время срабатывания плавкого предохранителя), его не используют для защиты от токов короткого замыкания.

Помимо плавких предохранителей для защиты от токов короткого замыкания применяют *электромагнитные расцепители*. В зависимости от конструкции и способа включения электромагнитные расцепители используют не только как защиту от максимального тока, но и для защиты электрооборудования при минимальном токе или при минимальном напряжении. Основой данного расцепителя является индуктивная катушка, через которую протекает ток защищаемой цепи. Время срабатывания электромагнитного расцепителя очень мало, поэтому он нашел широкое применение в сетях до 1000 В.

Автоматический выключатель – это коммутационный аппарат, в котором замыкание контактов осуществляется за счет мускульной силы человека, а размыкание контактов – за счет силы взведенных пружин или срабатывания элементов защиты: тепловых реле и электромагнитных расцепителей. Различают автоматические выключатели по количеству одновременно коммутируемых цепей: двух и трех контактные. Существуют автоматические выключатели с установкой только одного типа расцепителя: теплового или электромагнитного.

2.2 Основы электробезопасности

Безусловно опасная сила тока – 50 мА (согласно правил техники безопасности). Величина тока через человека зависит не только от величины напряжения, которое на него воздействует, но и от сопротивления тела человека. Значительным электрическим сопротивлением обладает только поверхностный слой кожи человека. Это сопротивление зависит от многих причин (влажности кожи, степени расширения кожных капилляров и др.) и резко снижается после употребления алкоголя. Электрическое сопротивление человека также зависит от его эмоционального состояния и снижается, если человек не выспался, расстроен, поругался с кем-то и т.д. Нарушения кожного покрова (порезы, царапины и т.д.) также резко снижают электрическое сопротивление человека в данных местах.

Напряжение прикосновения U_{np} – это напряжение, которое воздействует на человека при его касании металлической части электрооборудования, оказавшейся под напряжением при неисправности изоляции токоведущих частей данного электрооборудования.

Правила техники безопасности считают опасными для человека следующие значения напряжения прикосновения:

- в сухом помещении $U_{np} = 65$ В;
- в сырых помещениях с относительной влажностью 75% и токопроводящими полами $U_{np} = 36$ В;
- в особо опасных помещениях (металлические кабины, котлы, помещения с относительной влажностью 100%) $U_{np} = 12$ В.

Для обеспечения электробезопасности должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- пониженное (малое) напряжение;
- электрическое разделение сетей;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная);
- компенсация токов замыкания на землю;
- оградительные устройства;
- предупреждающая сигнализация;

- блокировка;
- знаки безопасности (предупреждающие знаки);
- средства защиты и предохранительные принадлежности.

Различают следующие условия работы с электроустановками по степени электробезопасности: *условия с повышенной опасностью, особо опасные условия, условия без повышенной опасности.*

Условия с повышенной опасностью поражения людей электрическим током:

- наличие влажности (пары или конденсирующаяся влага, выделяющаяся в виде мелких капель, при относительной влажности более 75%);

- наличие проводящей пыли (технологическая или иная пыль, осевшая на проводах, проникая внутрь машин и аппаратов и отлагаясь на электроустановках, ухудшает условия охлаждения изоляции, но не вызывает опасности пожара или взрыва);

- наличие токопроводящих оснований (металлических, земляных, бетонных, кирпичных);

- наличие повышенной температуры независимо от времени года и различных тепловых излучений (температура превышает 35°C, кратковременно 40°C);

- наличие возможностей одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Особо опасные условия поражения людей электрическим током:

- наличие сырости (дождь, снег, частое опрыскивание и покрытие влагой потолка, стен, предметов, находящихся внутри помещений);

- наличие химически активной среды;

- наличие двух или более условий повышенной опасности.

Условия без повышенной опасности поражения людей электрическим током: отсутствие условий, создающих повышенную или особую опасность.

На объектах стройиндустрии используется довольно много различных электропотребителей: электродвигатели для привода строительных машин и механизмов, трансформаторы, электрические светильники, электрическое технологическое оборудование и др.

Электродвигатель должен быть немедленно отключен при:

- несчастном случае с человеком;

- появлении дыма или огня из электродвигателя или аппаратуры управления;
- сильной вибрации электродвигателя;
- поломке приводимого механизма;
- недопустимом нагреве подшипников;
- чрезмерном снижении скорости электродвигателя, сопровождающимся сильным его нагреванием;
- неожиданном непреодолимом стопорении двигателя.

Электродвигатели, как и прочие электроустановки, должны быть заземлены. Внешний осмотр заземления должен проводиться ежедневно перед включением электродвигателя (электроустановки). Периодичность технических осмотров и ремонтов устанавливается местными инструкциями.

Мероприятия по обеспечению безопасного ведения работ с электроустановками включают в себя *организационные и технические* мероприятия. *Организационные мероприятия* включают в себя виды работ в электроустановках, выполняемых по наряду, по распоряжению, в порядке текущей эксплуатации.

Наряд – письменное задание, изложенное на бланке установленной формы, определяющее место, время начала и окончания работ, условия безопасного ведения работ, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность работ. По наряду должны выполняться работы: при полном снятии напряжения; с частичным снятием напряжения; без снятия напряжения вблизи и на токоведущих частях, находящихся под напряжением.

Распоряжение – задание на работу в электроустановках, записанное в оперативном журнале. Распоряжение имеет разовый характер, выдается на одну работу, действует на одну смену или в течение часа в зависимости от характера работы.

В порядке текущей эксплуатации оперативным или оперативно-ремонтным персоналом производятся работы на закрепленном участке в течение одной смены по специальному перечню с последующей записью в оперативном журнале.

Защитными средствами называются приборы, аппараты, переносные устройства, служащие для защиты персонала от поражения электрическим током. Минимальные нормы комплектов защитных средств для электроустановок напряжением до 1000 В при вводе их в эксплуатацию следующие:

- указатель напряжения – один;

- изолирующие клещи – одни;
- диэлектрические перчатки, галоши – по две пары;
- монтерский инструмент с изолирующими ручками – не менее двух комплектов;
- переносные заземления – не менее двух;
- предупреждающие плакаты – не менее двух комплектов;
- диэлектрические коврики – два;
- временные ограждения – не менее двух комплектов;
- защитные очки – одна пара;
- противогаз – один.

Одним из наиболее важных мероприятий, значительно повышающим электробезопасность выполняемых работ, является правильное устройство *защитного заземления*, которое служит защитой от поражения током при переходе напряжения на конструктивные металлические части оборудования.

Заземлением электроустановки (как правило, её металлического корпуса) называют преднамеренное электрическое соединение её с землей при помощи провода (*оголенного заземляющего проводника*), присоединенного к металлическому *заземлителю*, имеющему непосредственное соприкосновение с землей. Заземлитель и заземляющие проводники носят название *заземляющего устройства*.

Заземлению подлежат металлические части строительных машин и механизмов с электроприводом, корпуса электроинструментов (если предусмотрено инструкцией по эксплуатации), корпуса электрооборудования и пускорегулирующих аппаратов, конструкции, каркасы и кожухи электротехнических устройств и другие металлические части, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. Защитное заземление выполняется различно в зависимости от напряжения и системы электроснабжения.

Электрические сети напряжением до 1000 В (сети 380/220 В) на строительных объектах сооружаются по четырехпроводной системе – «звезда» с нейтралью. В таких сетях, согласно существующим правилам, в обязательном порядке заземляется нейтраль в нескольких точках, поэтому такая система называется системой с глухозаземленной нейтралью. Для этого у каждой трансформаторной подстанции (ТП) устраивают заземляющий контур, к которому подсоединяют вывод нулевой (нейтральной) точки силового трансформатора, а следовательно и нулевой провод сети. Сопротивление заземляющего устройства ТП должно быть не более 4 Ом.

Нейтральный (нулевой) провод линий электропередачи повторно заземляют на концах линий и ответвлений, в том числе обязательно в зоне работы строительных механизмов, а нулевой провод воздушных линий также повторно заземляют через каждые 250 м.

В сетях с глухозаземленной нейтралью защитное заземление выполняют присоединением заземляемых частей электроустановки к заземленному нулевому проводу электрической сети. Действие такого заземления, которое еще называют *занулением*, состоит в том, что в случае повреждения изоляции и появления напряжения на корпусе оборудования возникает контур фаза силового трансформатора на ТП – линейный провод – корпус – нейтральный провод – нулевая точка трансформатора с очень малым сопротивлением, т.е. создается короткое замыкание в одной из фаз трансформатора через нулевой провод, в результате чего поврежденная часть установки автоматически отключается, так как срабатывает защита: перегорает плавкая вставка предохранителя или отключается автомат на электрошите, к которому подключено оборудование, или срабатывает защита на ТП.

Заземление корпусов строительных машин осуществляется с помощью заземляющей жилы шлангового кабеля, питающего электропривод машины. Один конец заземляющей жилы присоединяется к заземляющему болту на корпусе (или металлоконструкциях) машины, а другой – к заземляющему болту на корпусе пускового ящика (электрошита или электрошкафа), через который машина подключена к электросети. В свою очередь корпус пускового ящика (электрошита или электрошкафа) присоединяется к нейтральному проводу сети. Аналогично выполняется защитное заземление (зануление) в современных зданиях, где проводка однофазной сети внутри помещений (квартир) выполняется в виде трех изолированных проводов: провод для подключения к фазе, нейтральный провод и заземляющий провод, подключенный к заземляющему болту на корпусе электрошита или электрошкафа здания. Внутри помещения (квартиры) эти провода подводятся к розеткам, имеющим заземляющий контакт (так называемые «евро-розетки» для подключения современных «евро-вилок»).

Так как сети свыше 1000 В выполняются без нейтрального провода (называется «схема с изолированной нейтралью»), то у электроустановок с высоковольтным приводом (например, асинхронным или синхронным двигателем на 6 кВ), подключенным к таким сетям, заземление выполняют сооружением местного заземляющего устройства (отдельного заземляющего контура) с присоединением к нему за-

земляемых отдельных частей оборудования. Аналогичное местное заземляющее устройство применяют и в случае заземления отдельно стоящего электрооборудования, подключенного к основной сети трехпроводной (для трехфазной нагрузки) или двухпроводной (для однофазной нагрузки) линией передачи. Согласно существующим правилам сопротивление такого заземляющего устройства в установках на напряжение до 1000 В не должно превышать 4 Ом; в сетях напряжением 6 и 10 кВ значение сопротивления рассчитывается, но не должно превышать 10 Ом.

В качестве искусственных заземлителей применяют вертикально забитые в землю отрезки угловой стали сечением 50×50 мм, длиной 2...2,5 м или стальные стержни из круглой стали (нередко из стальной арматуры) диаметром 12...14 мм, длиной до 4...5 м (прутковые заземлители). Отдельные заземлители связывают между собой в общий заземляющий контур стальными полосами сечением 40×4 мм с помощью сварки. Заземляющие проводники присоединяют к заземляющему контуру (к стальной полосе) также сваркой, а к корпусам электрооборудования – болтами. Необходимое количество заземлителей в контуре определяется расчетом: меньше электрическое сопротивление заземляющего устройства – больше заземлителей. На количество заземлителей и глубину их углубления влияет характер грунта и глубина его промерзания. Более благоприятные для устройства заземления грунты – глинистые, наименее благоприятные – песчаные и скалистые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила устройства электроустановок [Текст]: 7-е изд. СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.
2. Иванов, И. И. Электротехника [Текст] : учебное пособие / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев. - 5-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2008. - 496 с.
3. Касаткин, А. С. Курс электротехники [Текст] : учебник / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. - 8-е изд., стер. - М. : Высшая школа, 2005. - 542 с.
4. Электротехника и электрооборудование [Текст] : учебное пособие / под ред. П. П. Ястребова. – Воронеж : ВГУ, 1987. – 384 с.
5. Бирюлин, В. И. Электроснабжение промышленных и гражданских объектов [Текст]: учебное пособие / В. И. Бирюлин, Д. В. Куделина. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020. – 259 с.
6. Ларин, О. М. Электроэнергетические системы и сети [Текст]: учебное пособие / О. М. Ларин [и др.]. - 3-е изд. - Курск: Университетская книга, 2018. - 130 с.
7. Электропитающие системы и электрические сети [Текст]: учебное пособие / Н. В. Хорошилов [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 352 с.
8. Сибикин, Ю. Д. Основы электроснабжения объектов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин. - М., Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 328 с. // Режим доступа – <http://biblioclub.ru/>
9. Глушков, Г. Н. Электроснабжение строительно-монтажных работ [Текст]: учебник / Г. Н. Глушков. - М.: Стройиздат, 1982. - 232 с.
10. Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию [Текст] : учебное пособие / И. И. Алиев. - 2-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 2000. – 255 с.