

**Теоретические основы по учебному предмету
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

Тема 8. Электрические аппараты

**Общие сведения
об электрических аппаратах**

Количество учебных часов:

Всего – 4

В т.ч. теоретических – 4

практических – 0

Разработаны на основании типовой учебной программы по учебному предмету «Электротехника», утверждённой постановлением Министерства образования Республики Беларусь 04.12.2013 №116.

Рекомендуется для использования преподавателями, мастерами п/о при организации и проведении теоретических и практических занятий; учащимися для изучения учебного материала.

*Предназначены для подготовки рабочих кадров по квалификации **3-36 03 52 - 51** «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования» – 2, 3, 4-й разряды*

Содержание

Содержание	1
Назначение и классификация электрических аппаратов	2
Общее устройство электрических коммутационных аппаратов.....	3
Основные требования, предъявляемые к ЭА	5
Основные материалы, применяемые в электрических аппаратах	5
Основные технические характеристики электрических аппаратов	5
Режимы работы ЭА.....	6
Категории применения ЭА.....	7
Климатическое исполнение аппаратов	8
Категория размещения ЭА.....	8
Влияние температуры окружающей среды и влажности	9
Степень защиты.....	9
Технические параметры, характеризующие технико-экономический уровень ЭА	10
Контрольные задания	11
Приложения	12
Приложение 1. Основные типы электрических аппаратов	12
Приложение 2. Классификация электрических аппаратов по напряжению	13
Приложение 3. Таблица 1.1. Основные категории применения электрических аппаратов	14
Приложение 4. Климатическое исполнение электроаппаратов по температуре.....	17
Приложение 5. Климатическое исполнение ЭА по влажности.....	18
Приложение 6. Характеристика степени защиты аппаратов.....	20
Приложение 7. Характеристика степени защиты аппаратов от попадания воды.....	21
Приложение 8. Характеристики условий эксплуатации аппаратов с учетом механических воздействий.....	22

НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Электрическим аппаратом (ЭА) называется электротехническое устройство, предназначенное для управления, регулирования и защиты электрических сетей и электроприемников, а также для коммутации, сигнализации, контроля и регулирования электротехническими и технологическими установками.

Классификация:

1. По назначению можно условно разделить на четыре группы (см. Приложение 1).

2. По принципу работы: *контактные* – с подвижными контактами, воздействующими на управляемую цепь путем замыкания или размыкания этих контактов; *бесконтактные* - не имеют размыкаемых или скользящих контактов, управление осуществляется путем изменения своих электрических параметров (R, L, C);

3. По функциональным признакам:

– *автоматические* – приходящие в действие от заданного режима работы цепи или машины;

– *неавтоматические* – действие которых зависит только от воли оператора.;

4. По способу управления: ручного управления; дистанционного управления; дистанционно-автоматизированного управления; автоматического управления;

5. В зависимости от природы явления, которое положено в основу действия аппаратов:

– *аппараты ручного управления* (рубильники; контроллеры; реостаты; пусковые сопротивления; кнопочные посты управления; универсальные переключатели; ручные пускатели; автоматические выключатели) – действие происходит в результате механического воздействия на них внешних сил;

– *электромагнитные аппараты* (магнитные пускатели, контакторы, электромагнитные реле) – работа основана на электромагнитных силах, возникающих при работе аппарата.

6. По принципу действия: электромагнитные; магнитоэлектрические; индукционные; тепловые;

7. По принципу работы:

– *контактные* – с подвижными контактами, воздействующими на управляемую цепь путем замыкания или размыкания этих контактов;

– *бесконтактные* – не имеют размыкаемых или скользящих контактов, управление осуществляется путем изменения своих электрических параметров (R, L, C);

– По функциональным признакам:

– *автоматические* – приходящие в действие от заданного режима работы цепи или машины;

– *неавтоматические* - действие которых зависит только от воли оператора.

В пределах одной группы или типа ЭА различают:

- по напряжения можно разделить на две группы (**см. Приложение 2**);
- по роду тока (постоянного, переменного с частотой 50Гц и более 50Гц);
- по роду защиты от воздействий окружающей среды в исполнениях – открытом, защищённом, герметичном, взрывобезопасном;
- по способу действия – электромагнитные, магнитоэлектрические, индукционные, тепловые;
- по ряду других факторов (быстродействие, способы гашения дуги и т.п.).

Аппаратура может работать в различных режимах: длительно, кратковременно или в условиях повторно-кратковременной нагрузки.

ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

Основные элементы коммутационных аппаратов:

1. Электромагнит.

Назначение: преобразуют электрическую энергию протекающего по обмотке тока сначала в магнитную энергию, создающую магнитное поле, а затем в механическую, вызывающую по явление электромагнитной тяговой силы или вращающего момента.

Линейные перемещения (см) или углы поворота (°) элементов магнитных систем электрических аппаратов обычно невелики. На рисунке (**см. Рис. 1**) показаны наиболее распространенные для низковольтных аппаратов электромагнитные системы.

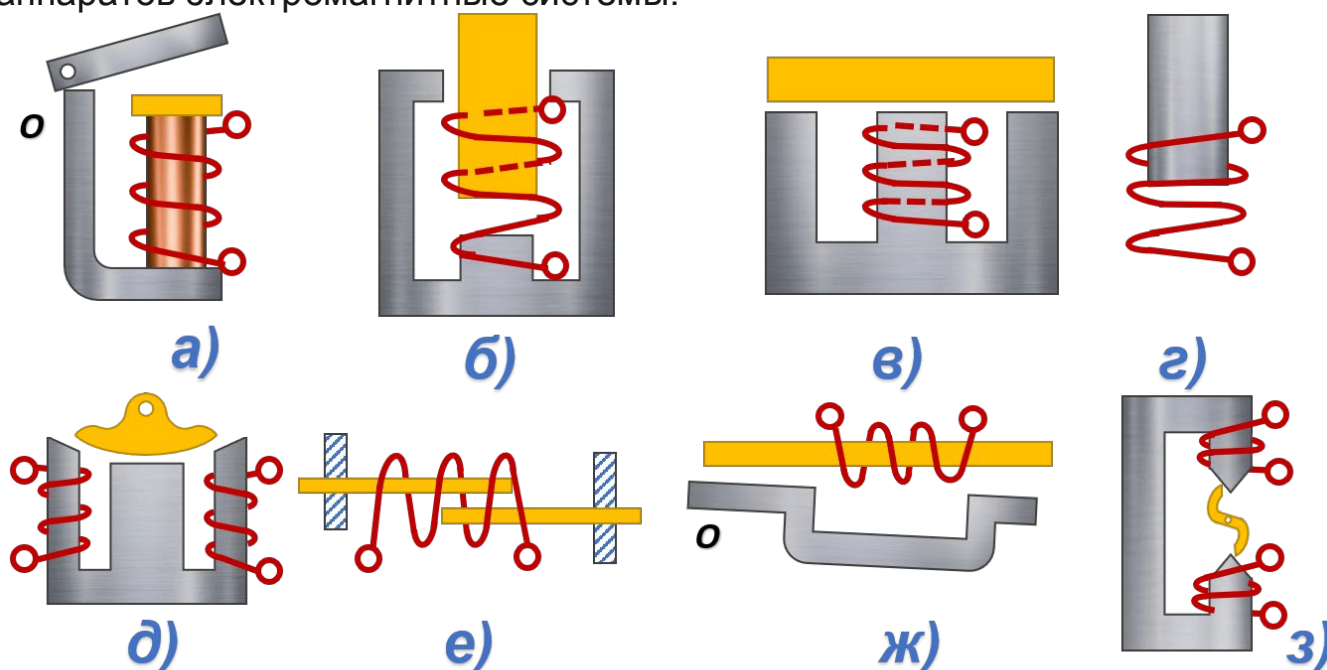


Рис. 1. Электромагнитные системы электрических аппаратов:

а — клапанная; б — броневая; в — Ш-образная; г — открытый соленоидный электромагнит; д — с поворотным якорем; е — открытая с ферромагнитными токоведущими пластинами; ж — плоская для многоконтактных реле; з — с Z-образным якорем для реле защиты

2. Дугогасительное устройство.

Для дугогасительных систем используют дугогасительные камеры (см. Рис. 2), в которых применяют следующие способы гашения дуги:

- удлинение: чем длиннее дуга, тем большее напряжение необходимо для ее поддержания;
- деление на ряд коротких дуг в металлических решетках;
- гашение в узких щелях из дугостойких материалов;
- движение в магнитном поле, созданном током I , а также быстрое вращение и перемещение.

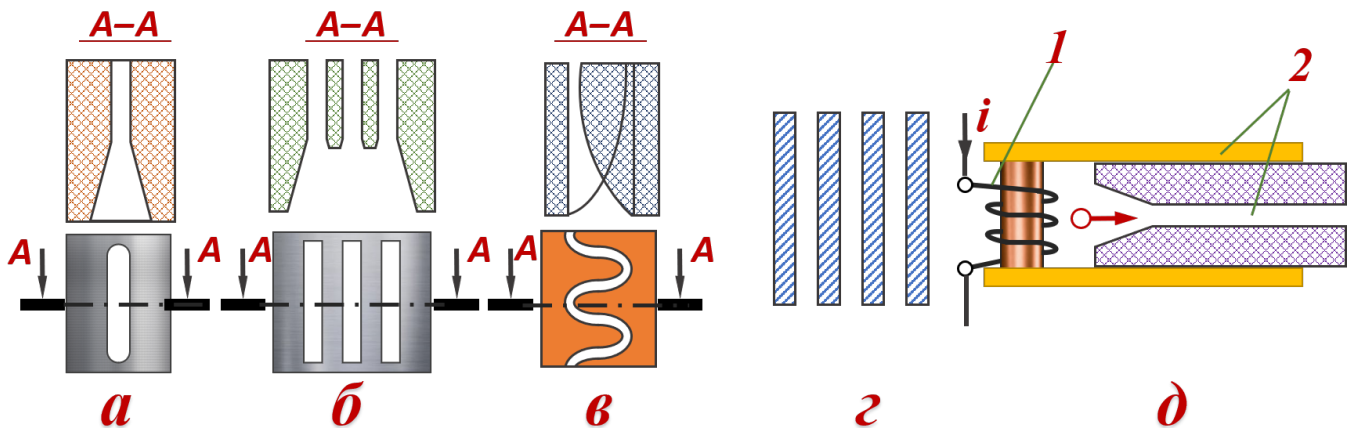


Рис. 2. Схемы дугогасительных камер низкого напряжения:

а, б, в — щелевые (соответственно с одной щелью, с несколькими параллельными щелями, лабиринтная); г — дугогасительная решетка из металлических пластин; д — с магнитным дутьем и щелевой камерой (1 — электромагнит; 2 — щелевая камера)

3. Контактная система.

Виды контактных групп приведены на рисунке (см. Рис. 3). Они больше всего подвержены износу и поэтому требуют постоянного и регулярного технического обслуживания.

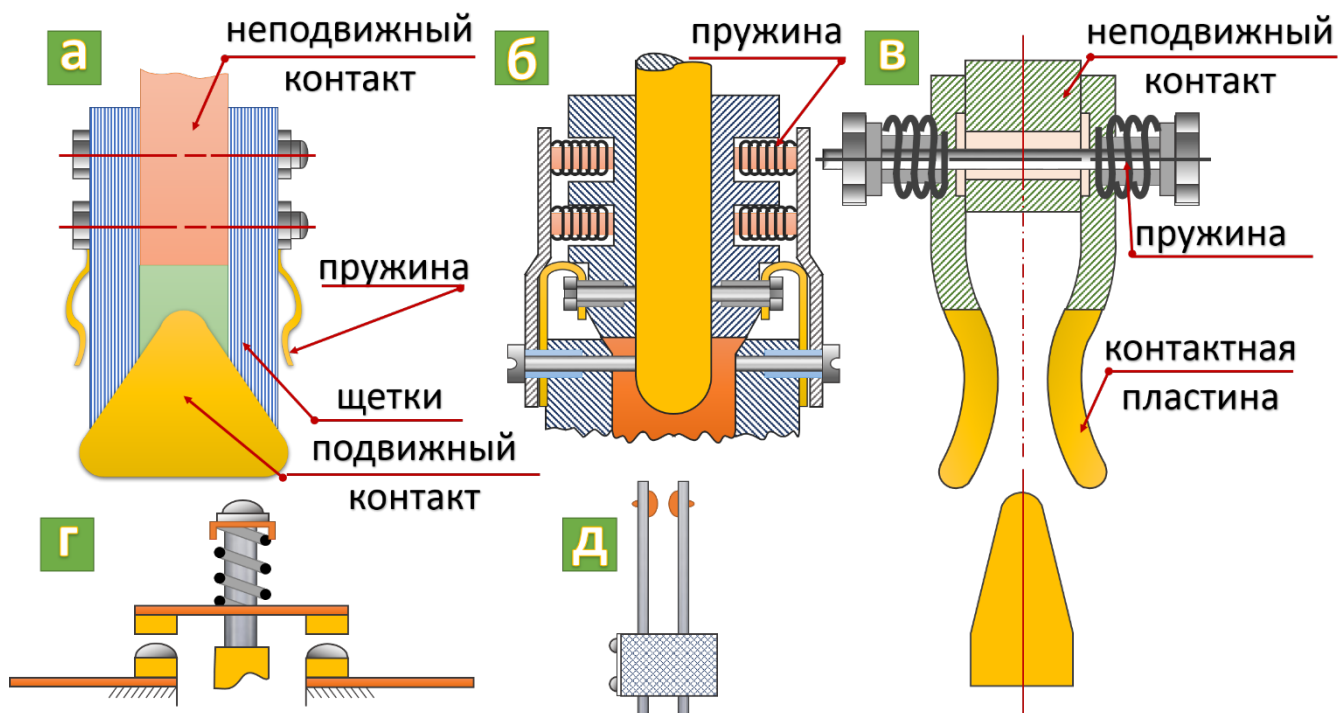


Рис. 3. Размыкающие контакты:

а — щеточные; б — розеточные; в — пальцевые; г — мостиковые; д — с плоскими пружинами

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЭА

Требования, предъявляемые к ЭА, зависят от назначения, условий применения и условий их эксплуатации.

Общие требования:

- температура ЭА и его деталей при работе должна быть в пределах класса его изоляции;
- термическая и электродинамическая устойчивость должна сохраняться при аномальных кратковременных воздействиях тока;
- электрическая изоляция ЭА должна быть устойчивой к кратковременным перенапряжениям;
- контакты аппаратов должны коммутировать все токи рабочих режимов, а также должны кратковременно выдерживать токи аварийных режимов;
- к каждому ЭА предъявляются требования надежности и точности работы, а также определенного быстродействия;
- любой ЭА должен, по возможности, иметь минимальные, габариты, вес, стоимость, а также быть простым по устройству, удобным в обслуживании и технологичным в производстве.

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Основные материалы могут быть разбиты на следующие группы:

- **проводниковые** - главным образом медь, алюминий, сталь, латунь;
- **магнитные** – различного рода стали и сплавы для магнитопроводов;
- **изоляционные** - киперная лента, текстолит, гетинакс, бакелитовые сплавы, керамика;
- **дуго(огне)стойкие изоляционные материалы** - асбест, керамика, пластмассы для дугогасительных камер;
- **сплавы высокого сопротивления** – нихром, манганин, константан;
- **контактные материалы** - серебро, медь, металлокерамика;
- **биметаллы** – используется разное линейное удлинение механически соединённых стали и алюминия, при нагревании протекающим по ним током;
- **конструкционные материалы** – металлы и пластмассы, обеспечивающие форму элементов конструкций и воспринимающие механические усилия.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Основными техническими параметрами аппаратов являются:

номинальное напряжение $U_{ном}$ — напряжение, на которое рассчитан ЭА как с точки зрения коммутации, управления и регулирования, так и изоляции его токоведущих частей;

номинальное рабочее напряжение $U_{ном.раб.}$ — напряжение, на которое ориентируются при проведении соответствующих испытаний и установлении категории применения ЭА;

номинальное напряжение изоляции $U_{ном.из.}$ — значение напряжения, по которому определяют испытательное напряжение при испытании изоляционных свойств, расстояние утечки и воздушные зазоры. Максимальное значение номинального рабочего напряжения не должно превышать наибольшее значение номинального напряжения изоляции. Примерная шкала номинальных напряжений:

для ЭА переменного тока: 36; 127; 220; 380; 660; 1140 В;

для ЭА постоянного тока: 6; 12; 24; 27; 48; 110; 220; 440; 600; 750 В.

Меньшие значения напряжения относят к цепям управления. Надежная работа ЭА возможна при повышении напряжения до $1,1U_{ном}$, а в цепи управления при его изменении от 0,85 до $1,1U_{ном}$;

номинальный ток $I_{ном}$ — это ток, длительное протекание которого не вызывает нагрева токоведущих частей ЭА выше допустимых значений, определяемых классом изоляции, с которой эти части соприкасаются.

Примерная шкала номинальных токов в цепях:

низкого напряжения: 1; 3; 6; 10; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000 и 6300 А,

высокого напряжения: 200; 400; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000; 6300; 8000; 10 000; 12 500; 16 000; 20 000; 25 000; 31 500 А;

номинальный рабочий ток $I_{ном.раб.}$ — это указанное изготовителем значение рабочих токов с учетом номинального рабочего напряжения, номинальной частоты, номинального режима, категории применения и типа защитной оболочки при ее наличии;

номинальный длительный ток $I_{ном.дл.}$ — это значение тока, который может проводить ЭА в продолжительном режиме;

условные тепловые токи на открытом воздухе и в оболочке, которые определяются условиями проведения испытаний открытых либо защищенных ЭА.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭА

Электрические аппараты работают в различных **номинальных режимах**, к которым относятся:

– **восьмичасовой режим** — главные контакты ЭА остаются замкнутыми, проводя установившийся ток достаточно долго, чтобы аппарат достиг теплового равновесия, но не более 8 ч без перерыва;

– **продолжительный режим** — главные контакты ЭА остаются замкнутыми, проводя установившийся ток без перерыва более 8 ч (в течение недель, месяцев или даже лет);

– **повторно-кратковременный режим** — главные контакты ЭА остаются замкнутыми или разомкнутыми с определенной периодичностью, но аппарат при этом не достигает теплового равновесия.

Характеризуется: значением тока и длительностью его прохождения, коэффициентом нагрузки (стандартные значения — 15, 25, 40 и 60 %), представляющим собой отношение периода прохождения тока ко всему времени.

Аппараты по числу циклов оперирования, которое они могут выполнять за 1 ч, подразделяют на 12 классов с числом циклов в час от 1 до 300000;

– **кратковременный режим** – главные контакты ЭА остаются замкнутыми в интервалы времени, недостаточные для достижения аппаратом теплового равновесия, которые чередуются с периодами нулевой нагрузки достаточной длительности, чтобы восстановить равенство температур с охлаждающей средой.

Стандартные значения коэффициента нагрузки для кратковременного режима, 3, 10, 60 и 90 мин при замкнутых контактах;

– **периодический режим** – регулярное повторение срабатывания происходит либо при постоянной, либо при переменной нагрузке.

КАТЕГОРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭА

Для аппаратов управления и, в частности, для контакторов и магнитных пускателей важным параметром является **категория применения** аппарата, которая определяет область применения ЭА в зависимости от характера нагрузки и условий эксплуатации. *В категории применения указываются:* режимы нормальной (частой) и редких коммутаций, в каждом режиме учитываются процессы включения и отключения.

Существуют:

4 основные категории применения ЭА *управления и распределения* переменного и постоянного тока;

16 категорий применения для цепей *управления* переменного тока;

7 категорий применения для цепей *управления* постоянного тока (**см. Приложение 3**).

Показатели, характеризующие каждую категорию применения.

1. Область применения аппарата (тип коммутируемой нагрузки) – аппарат работает с определенным типом нагрузки.

Пример: в основной **категории применения АС-3** аппарат должен включать пусковые токи асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и отключать тот же двигатель, работающий в номинальном режиме.

В основной **категории применения АС-4** аппарат должен включать пусковые токи асинхронного двигателя и отключать статорную обмотку медленно вращающегося или неподвижного (заторможенного) двигателя. Функции аппарата в **категории применения АС-1** значительно облегчены, когда нагрузкой является активная либо слабоиндуктивная цепь.

В цепях постоянного тока, когда аппарат работает в наиболее тяжелом режиме в основной **категории применения DC-5**: включает пусковые токи электродвигателей с последовательным возбуждением и отключает неподвижные или медленно вращающиеся двигатели.

Категория применения АС-11, характеризует цепи управления с электромагнитными нагрузками, а **категория применения DC-23** — цепи управления двигателями и другими сильно индуктивными нагрузками.

2. Коммутируемый ток характеризует коммутационную способность контактно-дугогасительной системы аппарата и определяется отношением коммутируемого тока к номинальному рабочему току.

3. Напряжение – в режиме редких коммутаций аппарат должен выдерживать 10%-ное превышение напряжения над номинальным.

4. Коммутируемая нагрузка. Характер нагрузки определяется коэффициентом мощности $\cos \varphi$ коммутируемой цепи для цепей переменного тока либо постоянной времени цепи τ , мс, для цепей постоянного тока.

Пример: при выборе контакторов для управления прямым пуском асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором аппарат должен в режиме нормальных коммутаций включать пусковые токи (категории применения АС-3 и АС-4), а в режиме редких коммутаций отключать номинальные токи (категория применения АС-3) или ударные пусковые токи (категория применения АС-4).

КЛИМАТИЧЕСКОЕ ИСПОЛНЕНИЕ АППАРАТОВ

ЭА изготавливают в разных климатических исполнениях (см. Таблица 1. Климатическое исполнение аппаратов).

Таблица 1. Климатическое исполнение аппаратов

Исполнение изделий	Обозначение	
	буквенное	цифровое
Изделия, предназначенные для эксплуатации в микроклиматических районах на суше, реках, озерах:		
<i>с умеренным климатом</i>	У	0
<i>с умеренным и холодным климатом</i>	УХЛ	1
<i>с влажным тропическим климатом</i>	ТВ	2
<i>с сухим тропическим климатом</i>	ТС	3
Для микроклиматических районов как с сухим, так и с влажным тропическим климатом	Т	4
Для всех районов на суше, кроме микроклиматического района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение)	О	5

КАТЕГОРИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭА

Таблица 2. Категория размещения ЭА

Характеристика категории размещения	Обозначение
Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)	1
Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного	2

изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)	
Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	3
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	4
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможны длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в трюмах, в цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т.п.)	5

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ВЛАЖНОСТИ

Значительное влияние на эксплуатацию электроаппаратов оказывают температура окружающей среды ([см. Приложение 4](#)) и влажность ([см. Приложение 5](#)).

СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ

Для предотвращения попадания внутрь ЭА инородных тел и воды и исключения соприкосновения людей с токоведущими и подвижными частями устанавливаются защитная оболочка.

Степень защиты обозначают буквами IP и двумя цифрами, которые характеризуют защиту аппарата:

первая цифра – от проникновения внутрь инородных тел и от соприкосновения людей с деталями аппарата ([см. Приложение 6](#));

вторая цифра — от попадания в аппарат воды (см. Приложение 7).

ЭА устанавливаются в производственных помещениях, где работают различные машины и механизмы, создающие вибрации и удары. Эти воздействия могут привести к нарушению их нормальной работы. Требования к вибро- и ударостойкости аппаратов регламентируются нормативными документами.

В Приложении 8 приведены группы механических воздействий, которые характерны для аппаратов защиты и управления.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ЭА

Механическая и коммутационная износостойкость определяются количеством коммутаций ЭА до тех пор, пока он станет непригодным для нормальной работы из-за износа его механических частей и коммутирующих контактов, которые подвержены воздействию электрической дуги при включении и отключении.

Выделяют три категории коммутационной износостойкости (А, Б и В), в зависимости от материала контактных накладок аппарата.

Номинальная включающая способность аппарата — значение тока, который аппарат может удовлетворительно включать в установленных условиях включения (напряжение до включения, характеристики испытательной цепи) — указывается применительно к номинальному рабочему напряжению и номинальному рабочему току.

Номинальная отключающая способность аппарата — значение тока, который аппарат может удовлетворительно отключать в установленных условиях отключения (характеристики испытательной цепи, останавливающееся напряжение промышленной частоты — указывается применительно к номинальному рабочему напряжению и номинальному рабочему току).

Номинальная наибольшая включающая способность — значение наибольшей включающей способности, установленное для данного выключателя изготовителем, определяется максимальным ожидаемым пиковым током (на переменном токе — ударным током короткого замыкания).

Номинальная наибольшая отключающая способность — значение наибольшей отключающей способности, установленное для данного выключателя изготовителем. Выключатель должен отключать любой ток короткого замыкания, не превышающий его номинальной отключающей способности (на переменном токе — это ожидаемый ток короткого замыкания).

Номинальные характеристики при коротких замыканиях:

номинальный кратковременный допустимый ток;

номинальная наибольшая включающая способность;

номинальная наибольшая отключающая способность;

номинальный условный ток короткого замыкания (ожидаемый ток) — это ток, который протекал бы в цепи, если бы каждый полюс аппарата был заменен проводником с ничтожно малым сопротивлением.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Раскройте понятие «электрический аппарат».
2. Дайте классификацию электрическим аппаратам.
3. Опишите общее устройство электрических аппаратов.
4. Перечислите основные аппараты, используемые для управления электроприводами.
5. Укажите, как делятся электрические аппараты по назначению.
6. Перечислите технические параметры, характеризующие технико-экономический уровень ЭА.
7. Поясните, что такое категории размещения ЭА.
8. Перечислите основные технические характеристики ЭА.
9. Опишите режимы работы ЭА.
10. Дайте характеристику категориям размещения ЭА.
11. Расскажите о степени защиты ЭА.

Приложение 1. Основные типы электрических аппаратов

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

КОММУТАЦИОННЫЕ (ВЫКЛЮЧАЮЩИЕ)	ЗАЩИТЫ	ТОКОГРАНИЧИВАЮЩИЕ И ПУСКРЕГУЛИРУЮЩИЕ	КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ (ГИБРИДНЫЕ)
предназначены для включения и отключения электрических цепей	осуществляют защиту электрических цепей от перегрузок, токов короткого замыкания, недопустимого повышения напряжения, снижения или исчезновения напряжения	предназначены для пуска, регулирования частоты вращения двигателей, изменения силы тока в электрических цепях, ограничения тока при коротких замыканиях	выполняют одновременно несколько из перечисленных функций – включение и отключение электрических цепей, защита их от перегрузок, токов короткого замыкания и др.
неавтоматического управления (рубильники, переключатели, магнитные пускатели)	реле защиты, предохранители	реостаты, контроллеры	
автоматического управления (реле, контакторы, автоматические выключатели)			

Приложение 2. Классификация электрических аппаратов по напряжению

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО НАПРЯЖЕНИЮ

АНН

Аппараты
Низкого
Напряжения

напряжение
не превышает 1000 В
(обычно до 660 В)

АВН

Аппараты
Высокого
Напряжения

напряжение
свыше 1000 В

работают
в сетях
с напряжением
до 1150 кВ
переменного тока
и
750 кВ постоянного
тока

осуществляют функции управления
режимами работы оборудования и его
защиты

Управления и
защиты

автоматические выключатели, контакторы, реле, пускатели
электродвигателей, переключатели, рубильники,
предохранители, кнопки управления и другие аппараты

осуществляют функцию регулирования
параметров электрической энергии

Автоматического
регулирования

стабилизаторы и регуляторы напряжения, тока, мощности
и других параметров электрической энергии

осуществляют функции контроля,
усиления и преобразования
электрических сигналов

Автоматики

реле, датчики, усилители, преобразователи и другие
аппараты, осуществляющие функции контроля, усиления и
преобразования электрических сигналов

Приложение 3. Таблица 1.1. Основные категории применения электрических аппаратов

Род тока	Категория применения	Номинальный рабочий ток*, А	Включение				Отключение			
			Отношение коммутируемого тока к номинальному рабочему току	Отношение напряжения перед включением к номинальному рабочему напряжению	Коэффициент мощности цепи $\cos \varphi = \pm 0,05$	Постоянная времени цепи т, мс $\pm 15 \%$	Отношение коммутируемого тока к номинальному рабочему току	Отношение напряжения перед включением к номинальному рабочему напряжению	Коэффициент мощности цепи $\cos \varphi = \pm 0,05$	Постоянная времени цепи т, мс $\pm 15 \%$
Режим нормальных коммутаций										
Переменный	АС-1; АС-21	Все значения	1	1	0,95	—	1	1	0,95	—
	АС-2		2,5		0,65		2,5			
	АС-3	до 17	6		0,35		1	0,17	0,65	
		свыше 17			0,65					
	АС-4	до 17	10		0,7		6	1	0,35	
		свыше 17			0,65					
	АС-11	Все значения	1		1		0,4	0,65		
	АС-22		0,65							
	АС-23	до 17	1		0,35		1	0,35		
		свыше 17							0,35	

Постоянный	DC-1 DC-21	Все значения	1	1	—	1	1	1	—	1		
	DC-2		2,5		2	1		0,1		7,5		
	DC-3				2,5	1		1		2		
	DC-4				7,5	1		0,3		10		
	DC-5				2,5	1		1		7,5		
	DC-11				до 300					до 300		
	DC-22				2					2		
	DC-23		1		7,5	7,5						
Режим редких коммутаций												
Переменный	AC-1 AC-21	Все значения	1,5	1,1	0,95	—	1,5	1,1	0,95	—		
	AC-2		4		0,65		4		0,65			
	AC-3	до 17	10		0,35		8		0,35			
		17—100										
		свыше 100									8	6
	AC-4	до 17	12		0,65		10		0,65			
		17—100			0,35						8	0,35
		свыше 100			10							
	AC-11	Все значения	11		0,7		11		0,7			
	AC-20		****		***		****		****			
	AC-22	до 17	3		0,65		3		0,65			
	AC-23	17—100	10		0,35		8		0,35			
свыше 100		8	6									

Постоянный	DC-1 DC-21	Все значения	—	—	—	—	—	—	—		
	DC-2		4	1,1		2,5	4	1,1	2,5		
	DC-3					15			15		
	DC-4		1,1			**	1,1		**		
	DC-5					**			**		
	DC-11		****	Все значения	1,1	—	****	****	1,1	****	
DC-20	4						2,5	4		—	2,5
DC-22							15				15
Постоянный	DC-23										

* Переменный ток выражен действующим значением симметричной составяющей.

** Для категории применения DC-11 постоянная времени при включении указана как $T_{0,95}$ (время, мс, необходимое для достижения 0,95 значения установившегося тока, которое рассчитывается по эмпирической формуле $T_{0,95} = 6P$, где P — мощность электромагнита, не более 50 Вт. Если мощность превышает 50 В, т принимают равным 300 мс).

*** Для номинального рабочего тока свыше 100 А минимальное значение коммутируемого тока: 1000 А — для категорий применения AC-3 и AC-23 при включении и AC-4 при отключении; 800 А — для категорий применения AC-3 и AC-23 при отключении; 1200 А — для категорий применения AC-4 при включении.

**** Если для категорий применения AC-20 и DC-20 коммутационная способность не равна нулю, то значения тока и коэффициента мощности (или постоянной времени) цепи должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на конкретные виды или серии и типы аппаратов.

* Переменный ток выражен действующим значением симметричной составяющей.

** Для категории применения DC-11 постоянная времени при включении указана как $T_{0,95}$ (время, мс, необходимое для достижения 0,95 значения установившегося тока, которое рассчитывается по эмпирической формуле $T_{0,95} = 6P$, где P — мощность электромагнита, не более 50 Вт. Если мощность превышает 50 В, т принимают равным 300 мс).

*** Для номинального рабочего тока свыше 100 А минимальное значение коммутируемого тока: 1000 А — для категорий применения AC-3 и AC-23 при включении и AC-4 при отключении; 800 А — для категорий применения AC-3 и AC-23 при отключении; 1200 А — для категорий применения AC-4 при включении.

**** Если для категорий применения AC-20 и DC-20 коммутационная способность не равна нулю, то значения тока и коэффициента мощности (или постоянной времени) цепи должны соответствовать установленным в стандартах или технических условиях на конкретные виды или серии и типы аппаратов.

Приложение 4. Климатическое исполнение электроаппаратов по температуре

Исполнение изделия	Категория размещения	Значение температуры при эксплуатации, °С				
		рабочее			предельное рабочее	
		верхнее значение	нижнее значение	среднее значение	верхнее значение	нижнее значение
У	1; 2; 3	40	-45	10	45	-50
	5	35	-5	10	35	-5
ХЛ	3	40	-60	10	45	-60
	5	35	-10	10	35	-10
УХЛ	1; 2; 3	40	-60	10	45	-60
	3,1	40	-10	10	45	-10
	4	35	1	20	40	1
Т	1; 2; 3	45	-10	27	55	-10
	5	35	1	10	35	1
О	4	45	1	27	55	1
	5	35	-10	10	35	-10
М	3	40	-40	10	45	-40
	3;5	45	-40	27	45	-40

Приложение 5. Климатическое исполнение ЭА по влажности

Исполнение изделия	Категория изделия	Относительная влажность		Абсолютная среднегодовое значение, г•м ⁻³
		Среднегодовое значение	Верхнее значение ¹	
УХЛ	4; 4.1; 4.2	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С	10
У, УХЛ (ХЛ5)	1; 2	75 % при 15 °С	100 % при 25 °С	11
ТУ	1.1	70 % при 15 °С	98 % при 25 °С	10
	2.1; 3; 3.1	75 % при 15 °С	98 % при 25 °С	11
	5 ³	90 % при 15 °С	100 % при 25 °С	13
	5.1	90 % при 15 °С	98 % при 25 °С	13
ТС	1; 2; 1.1; 3; 3.1	40 % при 27 °С	100 % при 25 °С	10
	4; 4.1; 4.2	40 % при 27 °С	80 % при 25 °С	10
	5	90 % при 15 аС	100% при 25 °С	13
	5.1	90 % при 15 °С	80 % при 25 °С	13
ТВ, Т, О, В	1; 2; 5	80 % при 27 °С	100 % при 35 °С ⁴	20
ТМ, ОМ²	1.1	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С	17
	2.1; 5.1	80 % при 27 °С	98 % при 35 °С	20
ТВ, Т, В	3	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С	17

ТМ⁶, ОМ²	3.1	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С	17
ТВ, О, В,	4	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С ⁴	17
ТМ, ОМ²	4.1	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С	10
	4.2	75 % при 27 °С	98 % при 35 °С	17
М	1; 2	80 % при 22 °С	100 % при 25 °С	15
	1.1	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С	11
	2.1	80 % при 22 °С	98 % при 25 °С	15
	3; 4; 3.1	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С	11
	4.1	60 % при 20 °С	80 % при 25 °С	10
	4.2	75 % при 22 °С	98 % при 25 °С	11

Примечания:

1. Указанное в таблице верхнее значение относительной влажности нормируется также при более низких температурах; при более высоких температурах относительная влажность ниже. При нормированном верхнем значении 100 % наблюдается конденсация влаги, при нормированных верхних значениях 80 или 98 % конденсация влаги не наблюдается. Значению 80 % при 25 °С соответствуют значения 90 % при 20 °С или 50— 60 % при 40 °С.
2. Для морских судов исполнения ОМ, предназначенных для непродолжительного пребывания в районах с тропическим климатом, значения сочетания температуры и влажности допускается принимать такими же, как и для исполнения М.
3. Для изделий, предназначенных для угольных шахт, значения влажности принимают такими же, как для исполнения Т.
4. Для изделий видов климатических исполнений ОМ4 и ОМ5, устанавливаемых в машинных и котельных отделениях кораблей, верхнее предельное рабочее значение 100 % при 50 °С.
5. Для исполнения ХЛ всех категорий размещения, кроме 5; 5.1, среднегодовое значение 85%при-6°С.
6. Для исполнения ТМ категорий размещения 1; 2; 2.1; 5; 5.1 среднегодовое значение 70% при 29°С.

Приложение 6. Характеристика степени защиты аппаратов

Первая цифра	Степень защиты	
	Краткое описание	Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от твердых тел размером более 50 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки большого участка человеческого тела, например руки, и твердых тел размером свыше 50 мм
2	Защита от твердых тел размером более 12 мм	Защита от прохождения внутрь оболочки пальцев или предметов длиной не более 30 мм и твердых тел размером свыше 12 мм
3	Защита от твердых тел размером не более 25 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки инструментов, проволоки и т.п. предметов толщиной более 2,5 мм и твердых тел, размером более 2,5 мм
4	Защита от твердых тел размером более 1x1 мм	Защита от проникновения внутрь оболочки проволоки и твердых тел размером более 1 мм
5	Защита от пыли	Проникновение внутрь оболочки пыли не предотвращено полностью, однако проникающая пыль не нарушает нормальную работу аппарата
6	Пыленепроницаемость	Проникновение пыли предотвращено полностью

Приложение 7. Характеристика степени защиты аппаратов от попадания воды

Вторая цифра	Краткое описание	Степень защиты Определение
0	Защита отсутствует	Специальная защита отсутствует
1	Защита от капель воды	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного влияния на аппарат
2	Защита от капель воды при наклоне 15°	Капли воды, вертикально падающие на оболочку, не должны оказывать вредного влития на аппарат при наклоне его оболочки на любой угол до 15° относительно нормального положения
3	Защита от дождя	Дождь, падающий на оболочку под углом 60°, не должен оказывать вредного действия на аппарат
4	Защита от брызг	Вода, разбрызгиваемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного действия на аппарат
5	Защита от водяной струи	Струя, выбрасываемая на оболочку в любом направлении, не должна оказывать вредного действия на аппарат
6	Защита от волн	При волнении вода не должна проникнуть в оболочку в количестве, достаточном для повреждения аппарата
7	Защита при погружении в воду	Вода не должна проникать в оболочку, погруженную в воду, при определенных значениях давления и времени в количестве, достаточном для повреждения аппарата

Приложение 8. Характеристики условий эксплуатации аппаратов с учетом механических воздействий

Группа условий эксплуатации	Место размещения изделий при эксплуатации	Вибрационные нагрузки		Удары	
		диапазон частот, Гц	максимальное ускорение, g	Ускорение, S	длительность, мс
M1	Непосредственно на стенах предприятий, фундаментах и т.п. при внешних источниках вибрации с частотой не выше 35 Гц; на строительно-дорожных машинах	1—35	0,5	—	—
M2	То же, что M1 на частоте вибраций не выше 50 Гц	1—50	0.5	—	—
M3	В стационарных установках (в шкафах, панелях, пультах, щитах) при внешних источниках вибраций с частотой не выше 35 Гц	1—35	0.5	3	2—20
M4	То же, что M3, но при частоте вибрации не выше 50 Гц	1—50	0.5	3	2—20
M5	В стационарных установках (в шкафах, пультах, панелях, щитах), расположенных непосредственно на фундаменте турбогенераторов мощностью 2500 кВт и выше, не имеющих источников ударных нагрузок; в турбогенераторах мощностью 2500 кВт и выше или на реакторах мощностью 2500 кВт и выше в качестве встроенных элементов	1 — 100	2.0		
M6	В зданиях машинных залов турбогенераторов мощностью 2500 кВт и выше, в трансформаторах мощностью 2500 кВт и выше в качестве встроенных элементов; на металлообрабатывающих и деревообрабатывающих быстроходных станках	1 — 100	1.0	—	—
M7	В стационарных установках (в шкафах, пультах, панелях, комплектных распределительных устройствах) машинных чалов электростанций с турбогенераторами мощностью 2500 кВт	1—100	1,0	3	2—20
M18	На передвижных или стационарных перевозимых установках (буровых), не работающих на ходу	1—35	0,5	15	2—15
M27	На тележках магистральных электропоездов, тепловозов, дизель-поездов, мотор-вагонов, железнодорожных вагонов для необрессоренных изделий	1—100	5,0	15	2—15
M25	В кузовах и под кузовами магистральных и промышленных электропоездов, тепловозов, дизель-поездов, мотор-вагонов, железнодорожных вагонов	1—100	1,0	3	40—60
M28	В городском и промышленном безрельсовом электротранспорте	1—60	1,0	3	2—20
M29	В городском рельсовом электротранспорте	1—60	1,0	3	2—20