

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая читателю книга наиболее полно отражает тенденции в развитии электрических аппаратов управления и автоматики. В ней использованы материалы отечественных и зарубежных публикаций, учтены наиболее важные теоретические разработки последних лет по исследованию физических процессов в электрических аппаратах управления и автоматики.

В книге дается обзор тепловых и электромеханических процессов в электрических аппаратах. Рассмотрены следующие темы: требования к аппаратам и к изоляции; электрические контакты и их поведение в разных режимах работы; тепловые процессы в замкнутых и разомкнутых контактах; электромагнитные и электродинамические взаимодействия; коммутационные процессы в контактных и бесконтактных аппаратах.

Задачей данного пособия заключается в следующем: получение знаний основ теории электрических аппаратов; определение функции управления режимами работы, регулирования параметров, контроля и защиты электрических систем и их основных частей, рассчитанных на разные условия эксплуатации.

Кроме того, необходимо учитывать, что резкий рост мощности промышленных установок и увеличение в связи с этим величины токов короткого замыкания в сетях напряжения до 1000 В и выше вынуждает всемерно повышать отключающую способность электрических аппаратов. Это повышение должно сочетаться с уменьшением габаритов и металлоемкости изделий. В связи с этим возникают задачи: создать устройства с надежной контактной системой, меньшими по размерам дугогасительными камерами.

Пособие разработано на основании государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования и предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих электрические аппараты управления и автоматики по направлению подготовки специалистов «Электрические аппараты», а также для широкого круга инженерно-технических работников, сталкивающихся с отмеченными проблемами в электроэнергетических системах.

ВВЕДЕНИЕ

В пособии рассмотрены вопросы теории и принципы построения большинства из электрических аппаратов (ЭА). Такие ЭА, как контакторы и пускатели, контроллеры, автоматические выключатели, тепловые реле, предохранители, рубильники и пакетные переключатели, традиционно рассматриваются в курсе «Электрические аппараты управления» (ЭАУ).

Разделение учебного материала на курсы «Электромеханические аппараты автоматики» (ЭМАА) и ЭАУ весьма условно. Помимо рубильников и пакетных переключателей, которые осуществляют коммутационные процессы в электрической цепи в основном ручным способом, все остальные аппараты, анализируемые в курсе ЭАУ, представляют собой аппараты автоматического управления.

Электрические аппараты, функционирование которых основано на использовании перемещения их составных элементов, называются электромеханическими аппаратами (ЭМА).

ЭАУ осуществляют функции управления током на пути от источника электрической энергии к потребителю, т. е. выполняют функции коммутации, стабилизации, регулирования и преобразования.

К электромеханическим аппаратам автоматики (ЭМАА) традиционно относят:

- первичные электромеханические измерительные преобразователи;
- различные электромеханические реле;
- шаговые искатели (распределители), осуществляющие поочередное подключение одной цепи к ряду других;
- командную аппаратуру: конечные и путевые выключатели, поворотные переключатели и др.;
- различные исполнительные аппараты контроля и управления, в том числе: электромагнитные муфты, электромагнитные клапаны и др.;
- электрические и магнитные опоры.

Дисциплина ЭМАА представляет собой одну из составных частей системы дисциплин, изучаемых по специальности «Электрические аппараты». Основной целью этой дисциплины является получение знаний по устройству и принципам действия различных ЭМАА, методам анализа протекающих при их работе процессов и приобретение навыков по их обслуживанию.

Пути развития ЭА во многом зависят от направления развития современных объектов управления. Последние характеризуются:

- увеличением объема автоматизации и энергоооруженности всех видов машин и установок промышленного назначения, сопровождающимся возрастанием потребности во всех видах аппаратов и комплектных устройств управления и повышением требований к надежности, а также уменьшением размеров комплектных устройств и отдельных элементов управления;

- интенсификацией производственных процессов и, как следствие, повышением функциональных требований к аппаратам по допустимой частоте

включений, коммутационной способности, быстродействию и т. д. Последнее обстоятельство обуславливает развитие полупроводниковых и магнитных быстродействующих средств управления;

– массовым применением аппаратов управления на крупных промышленных объектах, которое влечет за собой необходимость строгой стандартизации, нормализации размеров аппаратуры, а также взаимозаменяемости;

– усложнением производственных технологических процессов, требующих значительного расширения исполнений выпускаемых аппаратов на основе унификации отдельных деталей и узлов аппаратуры; массовым изготовлением систем и узлов автоматики и электроснабжения общепромышленных машин и установок, осуществимым только на базе современных методов высокопроизводительного и надежного монтажа устройств управления.

Уровень автоматизации производственных процессов в различных областях промышленности неодинаков и колеблется от полностью автоматизированных производств, с применением компьютерной техники, до ручного включения электродвигателей с помощью простейших командоконтроллеров и переключателей.

Такое положение сохранится и в ближайшее время. Это обусловливает необходимость серийного выпуска изделий, как современных элементов сложнейших систем управления, так и самых простых аппаратов управления.

В самых сложных системах управления применяются системы автоматического и программного управления, построенные на базе полупроводниковых и магнитных элементов, причем эти элементы используются преимущественно в логических и распределительных частях систем управления, в то время как управление силовой целью этих систем по преимуществу остается традиционно контактным.

В современных зарубежных источниках указывается, что выключатели для силовых цепей на полупроводниковых элементах по стоимости составляют не более 5 % от стоимости общего выпуска выключателей, и сейчас еще не видно перспектив существенного расширения их применения.

Общие тенденции повышения требований к надежности работы аппаратуры вызвали развитие аппаратов управления на герметизированных магнитоуправляемых контактах (герконах), которые условно можно назвать полустатическими, поскольку, кроме этих контактов, в них нет никаких подвижных частей.

Аппараты на герконах занимают промежуточное положение по долговечности между обычными контактными и полупроводниковыми аппаратами управления и функционально весьма подходят для сочетания полупроводниковых и контактных систем управления.

Наряду с крупными чисто техническими преимуществами систем управления на полупроводниковых элементах они намного дороже контактных систем, и в объектах со средним и низким уровнями автоматизации и с относительно невысокими требованиями по быстродействию и надежности

экономически себя не оправдывают. Кроме того, они обладают рядом недостатков, ограничивающих их использование. Отметим важнейшие из них.

Бесконтактные аппараты не создают полного разрыва цепи, не выдерживают перегрузок по току, не терпят перенапряжений. При больших токах в силовой цепи требуют громоздкого искусственного охлаждения. Все это делает контактную аппаратуру основной для массового применения, особенно в силовой цепи больших токов. При решении возникающих здесь задач существенное значение приобретают тепловые процессы, электродинамические процессы и процессы гашения дуги, которые осуществляются быстро, в малом объеме, с возможно меньшим световым и звуковым эффектом.

Разработка устройств, удовлетворяющих указанным требованиям, заставляет глубже вникать в рассмотрение физических процессов, связанных с электромеханическими взаимодействиями основных узлов и деталей аппаратов, а также с движением и гашением дуги. Следует отметить, что с повышением отключаемых токов, увеличением скорости перемещения дуги, процессы гашения существенно усложняются. Возникают физические явления, которые в прежних условиях не привлекали должного внимания исследователей. К ним относятся газодинамические процессы, сопровождающие движение и гашение мощных электрических дуг в дугогасительных устройствах коммутационных аппаратов. Влияние их на перемещение дуги должно быть таким, чтобы не появились факторы, причиняющие вред функционированию аппарата.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТАХ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ

1.1. Определение и классификация

К аппаратам управления относятся:

- *рубильники, контактные выключатели, переключатели* – простые неавтоматические аппараты управления с ручным приводом, предназначенные для коммутации цепей при небольших токах (при подаче или снятии питания с отдельных участков сети);
- *автоматический выключатель (автомат)* – защитный аппарат, осуществляющий при появлении аварийной ситуации автоматическое отключение электрической цепи или повторное автоматическое включение цепи. Иногда аппараты осуществляют автоматическое включение резервного источника энергии;
- *автоматы гашения магнитного поля* – защитные аппараты, которые осуществляют быстрое гашение магнитного поля, возникающего при отключении короткого замыкания, неисправности изоляции и внутреннем замыкании в обмотках возбуждения электрических машин;
- *предохранители (плавкие вставки, ПАРы)* – коммутационные электрические аппараты, предназначенные для отключения защищаемой цепи при токах, превышающих определенное значение;
- *контакторы* — аппараты с дистанционным управлением, предназначенные для частых включений и отключений электрической цепи при нормальных токах нагрузки, а также при редких отключениях токов перегрузки, в 7–10 раз превышающих номинальный ток;
- *пускатели* – аппараты, служащие для включения и отключения электрических двигателей как постоянного, так и переменного тока;
- *командааппараты* – устройства в основном ручного управления, предназначенные для коммутации тока в цепи управления и в цепях катушек электрических аппаратов или элементов автоматики;
- *командоконтроллеры* – разновидность командоаппаратов, имеющих большое количество контактов, позволяющих производить переключения в цепях управления сложных схем автоматизированного электропривода при большой частоте переключений и при соблюдении последовательности при повороте приводного вала;
- *кнопки управления* – подвижные контакты, которые предназначены для дистанционного управления электромагнитными аппаратами постоянного и переменного тока напряжением до 500 В и приводятся в действие оператором.

Таким образом, коммутационные аппараты распределения энергии выполняют две функции:

- неавтоматическое включение и отключение электрических цепей при подаче или снятии электропитания с участка цепи;

– автоматическое отключение электрических цепей в случае появления в них каких-либо ненормальных явлений, угрожающих безопасности обслуживающего персонала или сохранности установки (например, в случае коротких замыканий). Иногда аппараты осуществляют автоматическое включение резервного источника энергии или автоматическое повторное включение после аварийного отключения. Кроме того, указанные аппараты устанавливаются в устройствах для управления электроприводом (станциях управления, магнитных пускателях).

По конструкции к аппаратам распределения энергии примыкают дуговые ограничители перенапряжений, предназначенные для защиты полупроводниковых элементов.

Распределительные устройства – это группа коммутационных аппаратов, электрически соединенных между собой и выполненных единой конструкцией. Выполняемые ими функции определяются составом входящих в них аппаратов. Кроме основной коммутационной аппаратуры, в распределительных устройствах могут устанавливаться также измерительные приборы, реостаты, реле, регуляторы, сигнальные аппараты и т. д.

Распределительные устройства устанавливают в следующих местах:

- у источников энергии (на вторичной стороне понижающих трансформаторов, у генераторов или преобразователей);
- в местах, где требуется осуществить распределение энергии по нескольким направлениям;
- у отдельных приемников энергии.

Каждая из указанных групп аппаратов в зависимости от конструктивных принципов, положенных в их основу, от показателей, характеризующих их работу при ненормальных режимах, и защищенности от воздействия внешней среды подразделяется на ряд подгрупп. Кроме того, все аппараты различаются: по роду и частоте тока; по номинальному напряжению и току; по числу коммутируемых цепей. Указанные номинальные данные могут быть различными у аппарата и его элементов (катушек электромагнитов, нагревателей и т. п.).

Аппараты исполняются на частоту до 10000 Гц. Наиболее распространенным является исполнение аппаратов на номинальную частоту переменного тока 50 Гц. Шунтовые обмотки электромагнитов исполняются на частоту не выше 60 Гц, так как при повышенной частоте они не развивают достаточного тягового усилия. Поэтому при необходимости питать цепи управления от источника повышенной частоты обычно используют выпрямительные устройства.

Номинальным напряжением главной цепи аппарата считается наибольшее номинальное напряжение сети и приемников энергии установок, где он должен использоваться. Аппарат должен допускать работу и при соответствующем напряжении источников энергии. Обычно аппараты выполняются на переменные напряжения 220, 380, 660 В и на постоянные

напряжения 24, 220, 440, 825, 1650, 3300 В. Наиболее распространено исполнение на переменное напряжение 380 В. В некоторых установках встречается переменное напряжение 500 В. При таком напряжении в ряде случаев могут быть использованы аппараты, предназначенные для цепей с напряжением 380 В. Иногда такое использование недопустимо из-за плохого гашения малых токов.

Цепи управления аппарата исполняются на разные стандартные (а иногда и нестандартные) напряжения. Но надо иметь в виду, что обычно шунтовые обмотки электромагнитов исполняются на напряжения не более 380 В и постоянные 220 В, так как трудно выполнить надежные катушки на большие напряжения.

Номинальным током аппаратов распределительных устройств называется ток, который он должен пропускать в продолжительном режиме работы. Это значит, что период нагрузки аппарата без отключения может продолжаться как угодно долго.

В аппарате могут быть сменные элементы, номинальный ток которых (в выполненных конструкциях от 0,05 А) не превышает номинального тока аппарата. Шкала номинальных токов этих элементов зависит от наличия и пределов регулировки тока установки.

Эти обстоятельства следует учитывать при конструировании аппаратов.

К аппаратам автоматики относятся:

- *реле тока* – аппараты, при которых ток скачкообразно изменяется по величине, превышающей заданный ток срабатывания, и приходят в исходное положение при токах, меньших тока отпускания;

- *реле времени* – аппараты, в которых предусмотрена выдержка времени между моментом подачи напряжения и моментом замыкания или размыкания контактов;

- *реле напряжения* – аппараты, которые срабатывают при определенной величине напряжения на катушках;

- *электромагнитные муфты* – устройства для автоматического расцепления и сцепления и для изменения направления вращения отдельных элементов и узлов электропривода.

К автоматам следует отнести тепловые, температурные, а также бесконтактные аппараты, которые будут рассмотрены ниже.

1.2. Общие требования, предъявляемые к электрическим аппаратам управления и автоматики

Главным требованием к любому виду электрического аппарата является нормальное функционирование в соответствии с конкретным назначением.

Нормальное функционирование – это удовлетворение ТУ и ГОСТу, определяющим функциональную пригодность аппарата.

Обычно ТУ используются в стадии разработки аппарата на определённые номинальные технические параметры. ГОСТ используется при серийном выпуске изделий.

Все аппараты должны удовлетворять некоторым общим требованиям:

- 1) допустимой температуры нагрева токоведущих частей и деталей, находящихся вблизи;
- 2) термической и электродинамической стойкостью при протекании токов короткого замыкания;
- 3) надежностью при возникновении перенапряжений;
- 4) быстродействием, сопровождающим включение и отключение аппаратов.

Кроме этих требований, к аппаратам предъявляются и специфические, перечисленные ниже в порядке их важности:

- надежная работа в нормальном режиме в течение достаточного времени и при условии, что соответствующее этому времени число коммутационных операций не превышает нормированного;
- безотказное выполнение требуемых функций в предусмотренных ненормальных режимах и быстрое восстановление питания после отключения;
- безопасность обслуживания;
- малые трудоемкость и затраты материалов (в особенности дефицитных), малая номенклатура применяемых материалов, крепежных деталей; максимальная применяемость стандартизованных, нормализованных и унифицированных узлов и деталей, блочность конструкции и её узлов;
- простота монтажа, приспособленность отдельных аппаратов к встройке в комплектные устройства;
- малые эксплуатационные расходы, в частности простота ухода, малые потери энергии внутри аппарата, ремонтопригодность;
- малое место, потребное для монтажа;
- удобство оперирования;
- малый звуковой и световой эффекты, малое выделение газов и пыли при отключении дуги;
- эстетичность конструкции (дизайн).

Коммутационная аппаратура распределения энергии должна быть особо надежна, так как выход её из строя приводит к лишению питания целой группы потребителей. При выходе из строя аппарата управления обычно приводит к простою одного приемника энергии. Несрабатывание аппарата распределения энергии при коротком замыкании может привести к аварии. Это обстоятельство нужно учитывать при проектировании конструкции.

1.3. Параметры работы аппаратов

Джоулевое тепло, которое выделяется при протекании тока в аппарате, частично расходуется на нагрев токоведущих частей, а частично отдаётся в окружающую среду или находящимся вблизи их изоляционным деталям.

Нагревостойкость изоляционных деталей определяет допустимую температуру токоведущих частей при длительном протекании тока.

В ГОСТ указаны допустимые температуры нагрева для основных классов электрической изоляции. Учёт допустимой температуры при проектировании аппаратов определяет их надёжность.

Ток в проводниках, при котором температура в изоляционных частях будет соответствовать допустимой при длительном протекании, называется **номинальным**. Номинальный ток и номинальное напряжение оговариваются в ТУ и являются основными требованиями к электрическим аппаратам.

При протекании токов по проводникам вблизи их возникают магнитные поля. Они, взаимодействуя друг с другом, в некоторых областях усиливаются, а в некоторых случаях ослабляются. В результате между проводниками с токами, связанных общим магнитным потоком, возникают механические силы, называемые **электродинамическими**. Аналогичные силы возникают между проводником, обтекаемым током, и ферромагнитной массой.

При нормальных эксплуатационных условиях электродинамические силы, как правило, не вызывают каких-либо деформаций в аппарате.

Однако, при коротком замыкании эти силы достигают больших величин и могут вызвать деформацию и разрушение отдельных частей или всего аппарата. Это обстоятельство требует проведения расчета аппарата (или отдельных его узлов) на электродинамическую стойкость, т. е. на способность выдержать без повреждений прохождение наибольшего возможного в эксплуатационных условиях тока короткого замыкания.

Способность аппарата выдержать воздействие токов короткого замыкания в течение определенного времени, в продолжении которого температура нагрева токоведущих элементов не превысит допустимых значений, называется **термической стойкостью**.

Короткое замыкание является кратковременным режимом и поэтому нагрев токами термической стойкости можно допустить более высокий, чем при длительном режиме. Однако этот нагрев не должен приводить к снижению электрических и механических свойств изоляции и проводов.

Предельно допустимой температурой для токоведущих частей (кроме алюминия) являются:

- соприкасающихся с органической изоляцией – 250 °C;
- не соприкасающихся с изоляцией – 300 °C.

Для алюминиевых токоведущих частей ограничиваются температурой для всех перечисленных случаев не выше 200 °C.

Электрические аппараты предназначены для работы в режимах: продолжительном, кратковременном, повторно-кратковременном.

Продолжительным называется режим, при котором ток протекает по токоведущим частям сколь угодно долго. При этом температура принимает установившееся допустимое значение.

Кратковременным называется режим, при которым ток нагрузки не успевает выйти на установившийся режим. При снятии нагрузки температура токоведущих частей снижается до температуры окружающей среды.

Повторно-кратковременным называется режим, при котором периоды нагрузки t_h чередуются с паузами t_n , т. е. когда нагрузки нет.

Режим характеризуется относительной продолжительностью включений, ПВ%:

$$PB\% = \frac{t_h}{t_h + t_n} \cdot 100\%,$$

где $t_h + t_n$ – длительность цикла.

Стандартные значения ПВ%: 15, 25, 40, 60 %.

1.4. Условия, в которых должны работать электрические аппараты управления и автоматики

Аппараты управления и автоматики должны работать как в так называемых нормальных, так и в разных специальных условиях.

Все выпускаемые типы аппаратов должны допускать работу в тропическом климате. Для этого разрабатывают аппараты специального исполнения, стойкие к повышенным влаге и температуре среды, плесени и воздействию насекомых. При их изготовлении применяют специальные материалы, пропитки и покрытия и снижают номинальные токи.

Некоторые аппараты должны иметь исполнения, допускающие работу в холодном климате. При этом учитывается изменение механических свойств и размеров деталей при охлаждении.

Большая номенклатура аппаратов специальной конструкции предназначается для работы в установках, перемещающихся по земле, воде и воздуху, где специфичным является воздействие наклонов, вибрации, ударов, а иногда повышенной температуры, химически активной среды (морской туман) и разного вида облучений. Специфические требования предъявляются к подземным энергетическим установкам.

Значительна номенклатура аппаратов, предназначенных для работы во взрывоопасной и (или) химически активной среде. Эти изделия имеют специальные оболочки.

Добавочные требования к электрооборудованию, устанавливаемому в вышеуказанных особых условиях, приведены в специальных нормах и в книге не рассматриваются.

Температура среды. В соответствии с ГОСТом аппаратура нормального исполнения должна быть рассчитана на работу при температуре среды от 5 до 40 °C или от -40 до 40 °C при отсутствии непосредственного воздействия солнечной радиации. Так как аппараты, как правило, встраиваются в

комплектные устройства, где имеют место дополнительным подогрев и ухудшенные условия теплоотдачи, то отдельные аппараты надо рассчитывать на работу при температуре окружающего воздуха на 10–15 °С и выше. Если отдельный аппарат имеет собственную оболочку, то влияние ее на нагрев может быть значительно больше вышеуказанного. Для аппаратов в оболочке предельная температура 40 °С относится к среде вне оболочки (на расстоянии 1–2 м от нее).

Влажность. По ГОСТу аппараты должны быть рассчитаны на работу при относительной влажности до 90 % при 20 °С и 50 % при 40 °С. Однако по требованиям рекомендаций Международной электротехнической комиссии (МЭК) [1.2] надо также, чтобы конструктор учел, что изредка на аппарате может конденсироваться влага.

Механические воздействия. Аппараты нормального исполнения монтируются в стационарных установках, которые не испытывают внешних ударов и вибраций. Однако ударные сотрясения могут возникнуть при работе соседних аппаратов (например, при включении соленоидного привода). Надо, чтобы такие сотрясения не вызвали нарушений нормальной работы (например, ложного отключения в номинальном режиме). Уровень такого рода сотрясений не нормирован, поэтому проверка стойкости аппаратуры по отношению к ним должна проводиться в условиях, наиболее близко приближающихся к натурным.

Высота над уровнем моря. Согласно ГОСТу аппараты должны быть рассчитаны на установку на высоте до 1 км над уровнем моря. При большей высоте из-за снижения давления воздуха снижаются электрическая прочность и теплоотдача конвекцией и ухудшаются условия гашения дуги (немного при переменном токе и значительно при постоянном токе). В интервале высот 1–6 км при ее повышении на 1 км происходит снижение давления на 10 %. Для сохранения относительного уровня электрической прочности достаточно снизить напряжение на 10 %, а для сохранения превышения температуры наиболее критичных в этом отношении деталей достаточно снизить выделяемую мощность на 4 %. Влияние давления воздуха на дугогашение сильно зависит от конкретных условий.

С увеличением высоты температура окружающей среды (по ГОСТу на стандартную атмосферу) уменьшается на 6,5 °С на каждый 1 км (до 10 км), что, безусловно, компенсирует ухудшение теплоотдачи. Поэтому в общем случае можно не опасаться перегрева токоведущих частей, если не снижать напряжение и ток.

В подавляющем большинстве случаев существующие запасы по дугогасительной способности и диэлектрической прочности достаточны для того, чтобы аппараты нормального исполнения работали на высоте 2000 м без снижения их номинальных данных.

Пределы изменения напряжения. По ГОСТу аппараты должны допускать работу при напряжениях главной цепи и цепи управления до 110 % номинальных, однако предельно допустимую температуру катушек относят

к 105 % номинального напряжения в продолжительном режиме, так как считают, что в среднем напряжение не будет выше этой величины.

Все аппараты (распределения энергии и управления) должны работать при снижении напряжения в цепях управления до 85 % номинального. Однако у аппаратов распределения энергии, служащих для защиты электроустановок от сверхтока в главной цепи, рекомендуется, чтобы нижний предел напряжения, при котором обеспечивается падежное отключение (как аварийное, так и оперативное), был не более 60–70 %. Согласно правилам МЭК, автоматы должны быть рассчитаны на работу при следующих пределах напряжения цепей управления: при включении 85–105 % номинального, а отключении 70–120 % номинального. Лучше всего, чтобы работа аппаратов управления была не связана или возможно меньше связана с величиной и постоянством напряжения, питающего цепь управления (энергия, расходуемая на включение, аккумулируется заранее, а на отключение – подводится током главной цепи независимо от ее напряжения).

При использовании электрических аппаратов в условиях *агрессивных сред* (загрязнения воздушной среды метаном и другими легко воспламенямыми газами) принимаются меры к исключению их непроизвольного срабатывания путём повышения их надёжности, живучести и безопасности защитой оболочками при конструировании.

1.5. Допустимое превышение температуры токоведущих частей аппаратов в нормальном режиме

Для того чтобы аппарат надежно работал в нормальном режиме (ток не больше номинального и т. п.), нормируют предельно допустимую температуру токоведущих частей. Однако надо помнить, что одно только выполнение норм не решает задачу, так как надежность в большей степени зависит от конструкции, технологии, качества материалов и изготовления, чем от выполнения норм.

В соответствии с ГОСТом превышения температуры отдельных частей аппаратов, работающих при номинальном токе и напряжении, составляют не выше 105 °С при температуре окружающей среды, превышающей 40 °С.

Контакты, используемые в главной цепи электрических аппаратов, должны быть изготовлены из специальных материалов, наименее подверженных износу, обгоранию и окислению. Среди таких материалов можно использовать: а) медь; б) серебро, серебро – окись кадмия, серебро – окись меди; блок-контакты из серебра – 55; 65; 95 °С.

Контактные соединения внутри аппарата, кроме паяных и сварных, составляют: а) из меди и ее сплавов, из алюминия и его сплавов без защитных покрытий; б) из меди и ее сплавов, из алюминия и его сплавов и из низкоуглеродистой стали, защищенные от коррозии неблагородным металлом, обеспечивающим стабильность переходного сопротивления лучше меди, 55 °С; стыковые 160 °С; скользящие 80 °С; в) из меди и ее сплавов и из

низкоуглеродистой стали, защищенные от коррозии серебром. Контактные соединения, паянные мягкими оловянистыми припоями, обеспечивают механическую прочность до 60 °С. Контактные соединения внешних проводников из меди, алюминия и его сплавов (присоединительные зажимы) обеспечивают допустимую температуру шин, соединяющих аппараты внутри распределительных устройств, такую же, как и для контактных соединений внутри аппарата.

Указанные ранее контакты (контактные накладки, гальванопокрытия) должны иметь такую толщину слоя, чтобы после испытаний на механическую и электрическую износостойчивость и коммутационную способность контакт происходил по тому же материалу, что и до испытания.

Хотя нормы и допускают на стыковых серебряных главных контактах температуру до 200 °С (160 + 40), однако обычно их температура ограничивается допустимым нагревом присоединительных зажимов и термостойкостью соседних частей (пружин, изоляции и т. п.). Ограничение температуры скользящих серебряных контактов до 120 °С вызвано тем, что при больших температурах при взаимном перемещении деталей серебро сильно задирается.

При медных контактах допускается значительно меньшая температура, чем при серебряных, потому что они интенсивно окисляются. Для аппаратов управления, работающих в прерывисто-продолжительном режиме, ГОСТ допускает превышение температуры медных контактов, на 10 °С больше, чем в продолжительном режиме (т. е. 65 °С). Прерывисто-продолжительный режим означает, что работа под нагрузкой без отключения продолжается больше времени, необходимого для достижения установившейся температуры частей. Однако через интервалы времени, указываемые в информационных материалах, эта аппаратура должна отключаться и вновь включаться. Имеется в виду, что этот интервал не должен превышать 8 ч (длительность рабочей смены). Требование это вытекает из того, что аппаратура управления хотя бы 1 раз в смену нормально отключается на время перерывов.

Практически для аппаратуры управления характерна гораздо большая частота отключения. С точки зрения способности аппарата длительно проводить ток продолжительный режим является более тяжелым, чем прерывисто-продолжительный, так как в последнем режиме включение и отключение способствуют очистке контактов от окисных и других пленок, вызывающих сильное увеличение переходного сопротивления и рост температуры контактов.

Если аппарат распределения энергии погружен в масло, то ГОСТ допускает превышение температуры масла в верхнем слое 40 °С и деталей в масле 50 °С, за исключением коммутирующих контактов из меди, для которых принято 40 °С (учитывая возможность роста переходного сопротивления), и катушек, для которых принято 60 °С (учитывая, что это среднее превышение температуры меди обмотки, а не температура поверхности).

При превышении температурных режимов использование электрических аппаратов оговорено в ГОСТах.

1.6. Требования к изоляции

Изоляция аппарата при выпуске его с завода должна иметь требуемые изоляционные и механические свойства и сохранять их на достаточно высоком уровне в процессе нормальной эксплуатации под действием тепла, электрической дуги и влаги.

Механическая прочность изоляции проверяется в процессе испытания на оговоренное техническими требованиями число включений заводом аппарата как в холодном, так и в нагретом до установившейся рабочей температуры состоянии и должна в течение 1 мин выдерживать нижеследующее испытательное напряжение переменного тока 50 Гц:

- Номинальное напряжение до 24 В (вкл.) – 500 В;
- » » . . . до 220 В (вкл.) – 1500 В;
- » » . . . до 500 В (вкл.) – 2000 В;
- » » . . . до 660 В (вкл.) – 2500 В;
- » » . . . до 750 В (вкл.) – 3000 В;
- » » . . . до 1000 В (вкл.) – 3500.

Кроме того, согласно тому же ГОСТу сопротивление изоляции нового аппарата должно быть не менее:

1. При температуре и влажности воздуха в отапливаемых производственных помещениях предприятия-изготовителя (а не у потребителя!):

- а) аппараты распределения энергии, предназначенные для защиты установки: в холодном состоянии 20 МОм; в нагретом состоянии 6 МОм;
- б) прочие аппараты распределения энергии и аппараты управления: в холодном состоянии 10 МОм; в нагретом состоянии 3 МОм.

2. После пребывания в камере влажности с относительной влажностью $95\pm3\%$ при температуре $20\pm5^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч:

- а) аппараты распределения энергии, предназначенные для защиты установки, 1 МОм;
- б) прочие аппараты распределения энергии и аппараты управления 0,5 МОм.

После пребывания в камере влажности аппараты должны допускать нормальную работу.

Обычно сопротивление изоляции сухого аппарата более 100 МОм, если оно меньше, то можно полагать, что аппарат очень влажный или изоляция недоброкачественная. В последнем случае это должно проявиться при испытании на влагостойкость. Следует иметь в виду, что если сопротивление изоляции аппарата у потребителя окажется меньше указанного в п. 1, то это еще не означает, что требования ГОСТа не выдержаны (аппарат может быть сильно влажный), и только проверка по п. 2 определит кондиционность изделия.

Теплостойкость наиболее распространенных (вследствие дешевизны и хорошей текучести) пластмасс на фенольной основе с органическим наполнителем (карболит и т. п.), равная примерно 100°C (по Мартенсу), является в большинстве случаев минимально допустимой для частей, соприкасающихся

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru