ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 52776— 2007 (МЭК 60034-1—2004)

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Номинальные данные и характеристики

IEC 60034-1:2004
Rotating electrical machines —
Part 1: Rating and performance
(MOD)

Издание официальное

БЗ 5—2006/116

Москва
Стандартинформ
2008

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН ОАО «Научно-исследовательский институт электроэнергетики» (ВНИИЭ)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 333 «Машины электрические вращающиеся»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2007 г. № 299-ст

4 Настоящий национальный стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 60034-1:2004 «Вращающиеся электрические машины. Номинальные данные и характеристики» (IEC 60034-1:2004 «Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance»). При этом дополнительные положения, учитывающие потребности национальной экономики России выделены курсивом, а информация о причинах включения этих положений приведена в приложении Е.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (подраздел 3.6).

Сведения о соответствии национальных стандартов ссылочным международным (региональным) стандартам приведены в дополнительном приложении Д

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2008

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 3
4 Режимы работы . . . 7
4.1 Определение режима работы . . . 7
4.2 Типовые режимы . . . 7
5 Номинальные данные . . . 16
5.1 Представление номинальных данных . . . 16
5.2 Классы номинальных данных . . . 17
5.3 Выбор классов номинальных данных . . . 18
5.4 Определение выходных мощностей для различных классов номинальных данных . . . 18
5.5 Номинальная отдаваемая (выходная) мощность . . . 18
5.6 Номинальное напряжение . . . 18
5.7 Координация напряжений и выходных мощностей . . . 18
5.8 Машины с несколькими номинальными данными . . . 19
5.9 Номинальный коэффициент мощности синхронных машин . . . 19
6 Условия эксплуатации . . . 19
6.1 Общие положения . . . 19
6.2 Высота над уровнем моря . . . 19
6.3 Максимальная температура окружающего воздуха . . . 19
6.4 Минимальная температура окружающего воздуха . . . 19
6.5 Температура охлаждающей воды . . . 19
6.6 Хранение и транспортирование . . . 20
6.7 Чистота водорода, используемого для охлаждения машин . . . 20
6.8 Требования к дистилляту, используемому для охлаждения обмоток . . . 20
6.9 Дополнительные требования . . . 20
7 Условия эксплуатации, обусловленные электрической сетью . . . 20
7.1 Электроснабжение . . . 20
7.2 Форма и симметрия напряжений и токов . . . 20
7.3 Отклонения напряжения и частоты при работе . . . 23
7.4 Трехфазные машины переменного тока, работающие в системах с изолированной нейтралью . . . 24
7.5 Уровни импульсной прочности (амплитудные значения и градиент напряжения) . . . 25
8 Тепловые характеристики и испытания . . . 25
8.1 Классы нагревостойкости машин . . . 25
8.2 Нормативная охлаждающая среда . . . 25
8.3 Условия проведения испытаний на нагревание . . . 26
8.4 Превышение температуры части машины . . . 27
8.5 Методы измерения температур . . . 27
8.6 Определение температуры обмотки . . . 28
8.7 Продолжительность испытаний на нагревание . . . 29
8.8 Определение эквивалентной тепловой постоянной времени для машин, предназначенных для работы в типовом режиме S9 . . . 29
8.9 Определение температуры подшипника . . . 30
8.10 Предельные значения температуры и превышения температуры . . . 30
9 Другие характеристики и испытания . . . 39
9.1 Испытания . . . 39
9.2 Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением . . . 39
9.3 Кратковременные перегрузки по току . . . 47
9.4 Кратковременная перегрузка двигателей по вращающему моменту . . . 48
9.5 Минимальный вращающий момент асинхронных двигателей в процессе пуска . . . 49
9.6 Безопасная рабочая частота вращения короткозамкнутых асинхронных двигателей . . . 49
9.7 Повышенная частота вращения . . . 50
9.8 Ток внезапного короткого замыкания синхронных машин . . . 51

9.9 Испытание синхронных машин на устойчивость при внезапных коротких замыканиях 51
9.10 Коммутационные испытания коллекторных машин 51
9.11 Искажение синусоидальности кривой напряжения синхронных машин 51
9.12 Номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения 52
9.13 Кратность потолочного установившегося напряжения возбуждения и кратность потолочного установившегося тока возбуждения синхронных машин 52
9.14 Параметры генераторов автономных электростанций 52
9.15 Показатели надежности электрических машин 52
9.16 Допускаемые уровни шума 52
9.17 Допускаемые вибрации 52
10 Таблички паспортных данных 52
10.1 Общие положения 52
10.2 Маркировка 53
11 Различные требования 54
11.1 Защитное заземление машин 54
11.2 Шпонка (шпонки) на конце вала 55
11.3 Комплектность, маркировка, транспортирование, упаковка и хранение 55
12 Допускаемые отклонения 56
13 Электромагнитная совместимость 58
13.1 Общие положения 58
13.2 Устойчивость машин к электромагнитным помехам 58
13.3 Помехоэмиссия 58
13.4 Испытания машин на устойчивость к электромагнитным помехам 58
13.5 Испытания на помехоэмиссию 58
14 Требования безопасности 59
15 Гарантии изготовителя 59
Приложение А (рекомендуемое) Определение номинальной скорости нарастания напряжения возбуждения 60
Приложение Б (справочное) Руководство по применению типового режима S10 и определению относительного термического срока службы изоляционной системы 61
Приложение В (обязательное) Дополнительные требования 62
Приложение Г (справочное) Предельные значения показателей электромагнитной совместимости . . 64
Приложение Д (обязательное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок 65
Приложение Е (рекомендуемое) Сопоставление структуры настоящего стандарта и международного стандарта МЭК 60034-1:2004 66
Библиография 68

Введение

Модификация национального стандарта по отношению к международному связана с необходимостью учета:

- национальных требований в области техники и экономики, специфики отечественного электромашиностроения и потребителей электрических машин;
- особенностей многолетней практики применения электрических машин в России;
- несоответствия требований международного стандарта по климатическим и географическим условиям эксплуатации особенностям Российской Федерации, техническим и технологическим различиям производства машин;
- более высоких требований и норм по ряду показателей, установленных в действующих национальных стандартах и технических условиях на электрические машины конкретных типов.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Номинальные данные и характеристики

Rotating electrical machines. Rating and performance

Дата введения — 2008—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на вращающиеся электрические машины постоянного и переменного тока без ограничения мощности, напряжения и частоты.

Стандарт не распространяется на электрические машины, предназначенные для применения в бортовых системах подвижных средств наземного, водного и воздушного транспорта, на которые должны быть разработаны специальные стандарты.

На машины, охватываемые требованиями настоящего стандарта, могут распространяться новые, уточненные или дополнительные требования, установленные другими стандартами.

Примечание — Если некоторые пункты настоящего стандарта уточняются в специальных стандартах для возможности эксплуатации машины в специфических условиях, например в космическом пространстве или под воздействием радиации, то остальные требования остаются действительными, если только они не противоречат этим специфическим уточнениям.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты.

ГОСТ Р 50034 — 92 Совместимость технических средств электромагнитная. Двигатели асинхронные напряжением до 1000 В. Нормы и методы испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам

ГОСТ Р 50460 — 92 Знак соответствия при обязательной сертификации. Форма, размеры и технические требования

ГОСТ Р 51137 — 98 Электроприводы регулируемые асинхронные для объектов энергетики. Общие технические условия

ГОСТ Р 51317.4.14 — 2000 (МЭК 61000-4-14 — 99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебаниям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.28 — 2000 (МЭК 61000-4-28 — 99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к изменениям частоты питающего напряжения. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51318.11— 99 (СИСПР 11 — 97) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от промышленных, научных, медицинских и бытовых (ПНМБ) высокочастотных устройств. Нормы и методы испытаний

ГОСТ Р 51318.14.1 — 99 (СИСПР 14-1 — 93) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от бытовых приборов, электрических инструментов и аналогичных устройств. Нормы и методы испытаний

ГОСТ Р 51320 — 99 Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные. Методы испытаний технических средств — источников индустриальных радиопомех

Издание официальное

ГОСТ Р 51330.0 — 99 (МЭК 60079-0 — 98) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.

ГОСТ Р МЭК 60204-1 — 99 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

ГОСТ 12.1.003 — 83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004 — 91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.007.0 — 75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.1 — 75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности

ГОСТ 15.309 — 98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 20.39.312 — 85 Комплексная система общих технических требований. Изделия электротехнические. Требования по надежности

ГОСТ 533 — 2000 (МЭК 34-3 — 88) Машины электрические вращающиеся. Турбогенераторы. Общие технические условия

ГОСТ 609 — 84 Машины электрические вращающиеся. Компенсаторы синхронные. Общие технические условия

ГОСТ 2479 — 79 Машины электрические вращающиеся. Условные обозначения конструктивных исполнений по способу монтажа

ГОСТ 5616 — 89 Генераторы и генераторы-двигатели электрические гидротурбинные. Общие технические условия

ГОСТ 7217 — 87 Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытаний

ГОСТ 8865 — 93 Система электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация

ГОСТ 9630 — 80 Двигатели трехфазные асинхронные напряжением свыше 1000 В. Общие технические условия

ГОСТ 10159 — 79 Машины электрические вращающиеся коллекторные. Методы испытаний

ГОСТ 10169 — 77 Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний

ГОСТ 11828 — 86 Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний

ГОСТ 11929 — 87 Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. Определение уровня шума

ГОСТ 12139 — 84 Машины электрические вращающиеся. Ряды номинальных мощностей, напряжений и частот

ГОСТ 12969 — 67 Таблички для машин и приборов. Технические требования

ГОСТ 12971 — 67 Таблички прямоугольные для машин и приборов. Размеры

ГОСТ 14254 — 96 (МЭК 529 — 89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 14777 — 76 Радиопомехи индустриальные. Термины и определения

ГОСТ 14965 — 80 Генераторы трехфазные синхронные мощностью свыше 100 кВт. Общие технические условия

ГОСТ 15150 — 69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 15543.1 — 89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 16264.0 — 85 Машины электрические малой мощности. Двигатели. Общие технические условия

ГОСТ 16372 — 93 (МЭК 34-9 — 90) Машины электрические вращающиеся. Допустимые уровни шума

ГОСТ 16504 — 81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 16962.1 — 89 (МЭК 68-2-1 — 74) Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 16962.2 — 90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 17494 — 87 (МЭК 34-5 — 81) Машины электрические вращающиеся. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин

ГОСТ 17516.1 — 90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 18620 — 86 Изделия электротехнические. Маркировка

ГОСТ 20459 — 87 (МЭК 34-6 — 69) Машины электрические вращающиеся. Методы охлаждения. Обозначения

ГОСТ 20832 — 75 Система стандартов по вибрации. Машины электрические вращающиеся массой до 0,5 кг. Допустимые вибрации

ГОСТ 21130 — 75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ 21558 — 2000 Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия

ГОСТ 23216 — 78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 24683 — 81 Изделия электротехнические. Методы контроля стойкости к воздействию специальных сред

ГОСТ 25364 — 97 Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений

ГОСТ 25941 — 83 (МЭК 34-2 — 72, МЭК 34-2А — 74) Машины электрические вращающиеся. Методы определения потерь и коэффициента полезного действия

ГОСТ 26772 — 85 Машины электрические вращающиеся. Обозначение выводов и направление вращения

ГОСТ 27222 — 91 (МЭК 279 — 69) Машины электрические вращающиеся. Измерение сопротивления обмоток машин переменного тока без отключения от сети

ГОСТ 27471 — 87 Машины электрические вращающиеся. Термины и определения

ГОСТ 27710 — 88 Материалы электроизоляционные. Общие требования к методу испытания на нагревостойкость

ГОСТ 28327 — 89 (МЭК 34-12 — 80) Машины электрические вращающиеся. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором напряжением до 660 В включительно

ГОСТ 28927 — 91(МЭК 842 — 88) Синхронные машины с водородным охлаждением. Правила установки и эксплуатации. Технические требования

ГОСТ 29322 — 92 (МЭК 38 — 83) Стандартные напряжения

ГОСТ 30372 — 95/ГОСТ Р 50397 — 92 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27471 и ГОСТ 30372, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **номинальное значение** (rated value): Числовое значение параметра, установленное обычно изготовителем для согласованных условий эксплуатации машины.

Примечание — Номинальное напряжение или пределы напряжения — напряжение или пределы напряжения между линейными выводами.

3.2 **номинальные данные** (rating): Совокупность номинальных значений параметров и условий эксплуатации.

3.3 **номинальная мощность** (rated output): Числовое значение выходной мощности, включенное в номинальные данные.

3.4 **нагрузка** (load): Все числовые значения электрических и механических величин, требуемые от вращающейся электрической машины электрической сетью или сочлененным с ней механизмом в данный момент времени.

3.5 **холостой ход** (no-load operation): Состояние машины, вращающейся при нулевой отдаваемой мощности (но при всех других нормальных условиях работы).

3.6 **полная нагрузка** (full load): Нагрузка, обеспечивающая работу машины при номинальных данных.

3.7 **величина полной нагрузки** (full load value): Числовое значение параметра при работе машины с полной нагрузкой.

Примечание — Это понятие применимо к мощности, вращающему моменту, току, частоте вращения и т.д.

3.8 **состояние обесточенности и покоя** (de-energized and rest): Полное отсутствие всякого движения и электрического питания, а также механического воздействия сочлененного с машиной механизма.

3.9 **режим** (duty): Режим нагрузки (нагрузок), для которой (которых) машина предназначена, включая, если это необходимо, периоды пуска, электрического торможения, холостого хода, состояния отключения и покоя, а также их продолжительность и последовательность во времени.

3.10 **типовой режим** (duty type): Продолжительный, кратковременный или периодический режимы, включающие одну или несколько нагрузок, остающихся неизменными в течение нормированного промежутка времени, или непериодический режим, в течение которого нагрузка и частота вращения изменяются в допустимом диапазоне.

3.11 **коэффициент циклической продолжительности включения** (cyclic duration factor): Отношение продолжительности работы машины с нагрузкой, включая пуск и электрическое торможение, к продолжительности рабочего цикла.

3.12 **вращающий момент при заторможенном роторе** (locked-rotor torque): Наименьший вращающий момент, развиваемый двигателем на его валу и определенный при всех угловых положениях заторможенного ротора при номинальных значениях напряжения и частоты питания.

3.13 **ток при заторможенном роторе** (locked-rotor current): Наибольшее действующее значение установившегося тока, потребляемого двигателем из сети, измеренное при всех угловых положениях заторможенного ротора, при номинальных значениях напряжения и частоты питания.

3.14 **минимальный вращающий момент в процессе пуска двигателя переменного тока** (pull-up torque of an a.c. motor): Наименьшее значение установившегося вращающего момента, развиваемого двигателем в диапазоне частот вращения от нуля до частоты вращения, соответствующей максимальному моменту, при номинальных значениях напряжения и частоты питания.

Примечания

1 Это определение не распространяется на те асинхронные двигатели, у которых вращающий момент непрерывно уменьшается при увеличении частоты вращения.

2 В дополнение к установившемуся асинхронному моменту при некоторых частотах вращения возникают гармонические синхронные моменты, зависящие от угла нагрузки ротора. При этих частотах вращения и некоторых значениях углов нагрузки ротора ускоряющий момент может быть отрицательным. Однако, как показывает опыт и расчеты, это рабочее состояние неустойчиво, и поэтому гармонические синхронные моменты не включены в это определение.

3.15 **максимальный (опрокидывающий) вращающий момент асинхронного двигателя** (breakdown torque of an a.c. motor): Наибольшее значение вращающего момента в установившемся режиме, развиваемого двигателем без резкого снижения частоты вращения при номинальных значениях напряжения и частоты.

Примечание — Определение неприменимо к тем двигателям, у которых вращающий момент непрерывно понижается при возрастании частоты вращения.

3.16 **максимальный момент синхронного двигателя** (pull-out torque of a synchronous motor): Наибольший вращающий момент, развиваемый синхронным двигателем при синхронной частоте вращения и при номинальных значениях напряжения, частоты питания и тока возбуждения.

3.17 **охлаждение** (cooling): Процесс, с помощью которого тепло, обусловленное потерями, выделяемыми в машине, передается первичной охлаждающей среде, которая может постоянно заменяться или может сама охлаждаться вторичной охлаждающей средой в теплообменнике.

3.18 **охлаждающая среда** (coolant): Жидкая или газообразная среда, посредством которой отводится или переносится тепло.

3.19 **первичная охлаждающая среда** (primary coolant): Жидкость или газ, которые, имея температуру ниже температуры соприкасающихся с ними частей машины, отводят тепло от этих частей.

3.20 **вторичная охлаждающая среда** (secondary coolant): Охлаждающая жидкая или газообразная среда, которая, имея температуру ниже температуры первичной охлаждающей среды, отводит тепло, отдаваемое через теплообменник или наружную поверхность машин первичной охлаждающей средой.

3.21 **обмотка с непосредственным (внутренним) охлаждением** (direct cooled (inner cooled) winding)[1]: Обмотка, охлаждаемая, главным образом, с помощью охлаждающей среды, протекающей в непосредственном контакте с охлаждаемой частью по полым проводникам, трубкам, трубопроводам или каналам, которые независимо от их ориентации являются неотъемлемой частью обмотки внутри основной изоляции.

3.22 **обмотка с косвенным охлаждением** (indirect cooled winding)[*]: Обмотка, охлаждаемая любым иным методом, отличным от непосредственного охлаждения.

Примечание — Для систем охлаждения и охладителей, отличных от тех, что приведены в 3.17 — 3.22, следует руководствоваться определениями по ГОСТ 20459.

3.23 **дополнительная изоляция** (supplementary insulation): Независимая изоляция, предусмотренная в дополнение к основной изоляции с целью обеспечения защиты от поражений электрическим током в случае повреждения основной изоляции.

3.24 **момент инерции** (moment of inertia): Интегральная сумма произведений массы отдельных частей тела на квадраты расстояний (радиусов) их центров тяжести от заданной оси.

3.25 **практически установившееся тепловое состояние** (steady thermal state): Состояние, при котором превышения температур различных частей машины изменяются не более чем на 2 К в течение часа.

Примечание — Практически установившееся тепловое состояние может быть определено по графику изменения превышения температуры во времени, причем разность температур в течение часа не должна превышать 2 К.

3.26 **эквивалентная тепловая постоянная времени** (thermal equivalent time constant): Постоянная времени, определяющая экспоненциальную кривую, приближенно заменяющую реальную кривую изменения температуры системы, состоящей из нескольких элементов с различными постоянными времени нагрева, при внезапном изменении на конечную величину мощности источника нагрева.

3.27 **капсулированная обмотка** (encapsulated winding): Обмотка, полностью закрытая или герметизированная литой изоляцией.

3.28 **номинальное значение коэффициента формы тока при питании двигателя постоянного тока от статического преобразователя** (rated form factor of direct current supplied to d.c. motor armature from a static power convertor) $K_{ф\ ном}$: Отношение максимально допускаемого среднеквадратичного значения тока $I_{эф\ max\ ном}$ к его среднему (за период) значению $I_{ср\ ном}$ при номинальных условиях:

$$K_{ф\ ном} = I_{эф\ max\ ном} / I_{ср\ ном}.$$

3.29 **коэффициент пульсации тока** (current ripple factor)q_i: Отношение разности наибольшего I_{max} и наименьшего I_{min} значений пульсирующего тока к двукратному среднему (за период) значению $I_{ср}$:

$$q_i = (I_{max} - I_{min}) / 2\ I_{ср}.$$

Примечание — Для малых значений пульсации тока коэффициент пульсации может быть аппроксимирован с использованием следующей формулы:

$$q_i = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min}).$$

Примечание — Приведенное выражение может быть использовано для аппроксимации, если расчетное значение q_i не более 0,4.

3.30 **допускаемое отклонение** (tolerance): Допускаемое отклонение измеренной величины от установленной в стандарте (техническом задании, технических условиях).

3.31 **типовое испытание** (type test): Испытание одной или более машин определенной конструкции, проводимое для подтверждения соответствия данного типа машины определенным требованиям.

Примечание — Типовое испытание может быть признано успешным, если оно проводилось на машине, которая имеет незначительные отклонения от номинальных данных или других характеристик, которые находятся в пределах допускаемых отклонений. Эти отклонения должны быть согласованы.

---

[1] Во всех случаях, когда для обмотки не указано «косвенное» или «непосредственное охлаждение», подразумевается обмотка с косвенным охлаждением.

3.32 ***контрольное* испытание** (*control* test): Испытание, которому подвергается каждая машина во время или после ее производства для определения соответствия определенным критериям.

3.33 ***номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения синхронной машины*** *(excitation system nominal response)* $U_{в\,ном}$: *Средняя скорость нарастания напряжения возбуждения* $V_{ном}$, *вычисленная за отрезок времени, в течение которого напряжение возбуждения в процессе форсировки от начального номинального уровня* $U_{в\,ном}$ *достигнет значения, равного:*

$$U_{в\,ном} + 0{,}632\ (U_{в.\,п} - U_{в\,ном}),$$

где $U_{в.\,п}$ *— потолочное (предельное) напряжение возбуждения.*

Примечание — *Пояснения к определению и вычислению номинальной скорости нарастания напряжения возбуждения даны в приложении А.*

3.34 ***практически синусоидальное напряжение*** *(virtually sinusoidal voltage): Напряжение, у которого коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения не превышает 5 %.*

3.35 ***номинальный момент двигателя*** *(rated torque): Вращающий момент двигателя, рассчитанный по номинальной отдаваемой мощности и номинальной частоте вращения.*

3.36 ***номинальное изменение напряжения генератора*** *(rated voltage variation of generator), % или доля от номинального напряжения генератора: Изменение напряжения на выводах генератора (при работе отдельно от других генераторов) при изменении нагрузки от номинальной до нулевой и при сохранении номинальной частоты вращения; для машин с независимым возбуждением, кроме того, при сохранении номинального тока возбуждения, а для машин с самовозбуждением — при обмотке возбуждения, имеющей расчетную рабочую температуру и неизменное сопротивление цепи обмотки возбуждения.*

3.37 ***номинальное изменение частоты вращения двигателя постоянного тока*** *(rated variation of speed of direct current motors), % или доля номинальной частоты вращения: Изменение частоты вращения двигателя при номинальном напряжении на его зажимах при следующих изменениях нагрузки:*

для двигателей, допускающих нулевую нагрузку, — от номинальной нагрузки до нулевой;

для двигателей, не допускающих нулевой нагрузки, — от номинальной нагрузки до 0,25 номинальной нагрузки.

3.38 ***помехоэмиссия; электромагнитная эмиссия от источника помехи*** *(emission): Генерирование источником помехи электромагнитной энергии.*

3.39 ***невосприимчивость (электромагнитная)*** *(immunity): Способность технического средства противостоять воздействию электромагнитной помехи.*

3.40 ***излучаемая помеха (радиопомеха)*** *(radiated disturbance): Электромагнитная помеха, распространяющаяся в пространстве.*

3.41 ***кондуктивная помеха*** *(conducted disturbance): Электромагнитная помеха, распространяющаяся по проводам.*

3.42 ***индустриальная помеха*** *(man-made noise): Электромагнитная помеха, создаваемая техническими средствами.*

3.43 ***устойчивость к электромагнитной помехе (помехоустойчивость)*** *(immunity to a disturbance): Способность технического средства сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров в отсутствие дополнительных средств защиты от помех, не относящихся к принципу действия или построения технических средств.*

3.44 ***квазипиковое значение напряжения индустриальных радиопомех; ИРП*** *(quasi peak man-made radiated disturbance; QRD): Напряжение ИРП, измеряемое измерителем ИРП, в котором используется детектор с постоянными времени, имитирующими инерционность слухового восприятия, — по ГОСТ 14777.*

3.45 ***среднее значение напряжения индустриальных радиопомех; ИРП*** *(average man-made radiated disturbance, ARD): Напряжение ИРП, измеряемое измерителем ИРП, с детектором средних значений — по ГОСТ Р 51318.14.1.*

3.46 ***асинхронизированная синхронная машина*** *(induction synchronous machine): Неявнополюсная синхронная машина с продольно-поперечным возбуждением, у которой обмотки индуктора присоединяются к регулируемому преобразователю частоты.*

3.47 **повторно-кратковременный периодический режим:** Периодический режим, при котором продолжительность работы с нагрузкой недостаточна для достижения теплового равновесия.

4 Режимы работы

4.1 Определение режима работы

Режим работы электрических машин устанавливает потребитель (заказчик), который может описывать режим одним из следующих способов:

а) численно, когда нагрузка не изменяется или изменяется известным образом;

б) временным графиком переменных величин;

в) путем выбора одного из типовых режимов от S1 до S10, не менее тяжелого, чем ожидаемый режим в эксплуатации.

Типовой режим должен быть обозначен соответствующей аббревиатурой, согласно 4.2, записанной после номинальной (базовой) нагрузки.

Выражения для коэффициента циклической продолжительности включения приведены на рисунках 1—10, соответствующих каждому типовому режиму.

Момент инерции двигателя $J_Д$ и относительный ожидаемый термический срок службы ТСС изоляционных систем (см. приложение Б) устанавливаются и обеспечиваются изготовителем, *а значения момента инерции приводимого механизма указываются заказчиком.*

В случае, когда потребитель (заказчик) не устанавливает типовой режим, производитель считает, что предполагается использование машины для работы в типовом режиме S1 (продолжительном режиме).

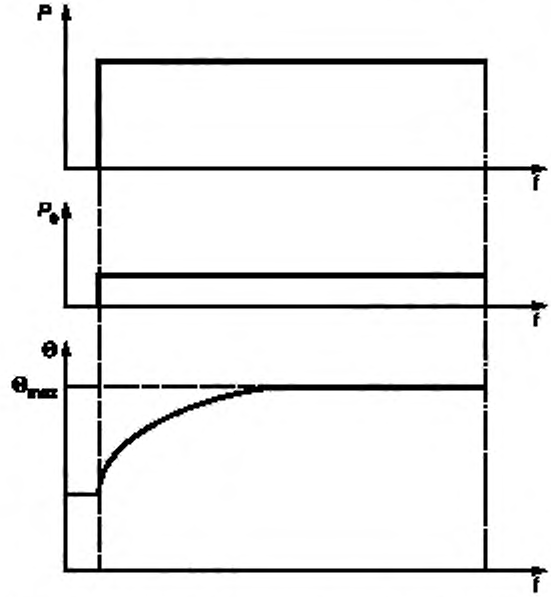
Допускаются другие, отличные от указанных в 4.2, типовые режимы работы или использование электрических машин в нескольких типовых режимах, что должно устанавливаться в стандартах или технических условиях на машины конкретных типов.

4.2 Типовые режимы

Типовые режимы от S1 до S10 установлены специально для применения к двигателям, однако некоторые из них могут быть также применены для характеристики режима работы генераторов, например S1, S2, S10.

4.2.1 Типовой режим S1 — продолжительный режим

Режим работы электрических машин с постоянной нагрузкой и продолжительностью, достаточной для достижения практически установившегося теплового состояния (рисунок 1). Условное обозначение режима — S1.



P — нагрузка, $P_э$ — электрические потери; $Θ$ — температура. $Θ_{max}$ — достигнутая максимальная температура. t — время

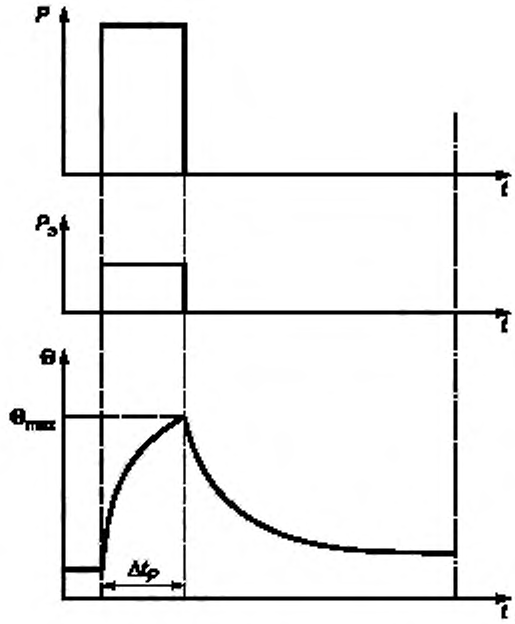
Рисунок 1

4.2.2 Типовой режим S2 — кратковременный режим

Режим работы при постоянной нагрузке в течение определенного времени, недостаточного для достижения практически установившегося теплового состояния, за которым следует состояние покоя длительностью, достаточной для того, чтобы температура машины сравнялась с температурой охлаждающей среды (агента) с точностью до 2 К (рисунок 2).

Условное обозначение режима — S2, за которым следует указание длительности периода нагрузки.

Пример — S2 60 мин.



P — нагрузка, $P_э$ — электрические потери; Θ — температура; $Θ_{max}$ — достигнутая максимальная температура; t — время, $Δt_p$ — время работы с постоянной нагрузкой

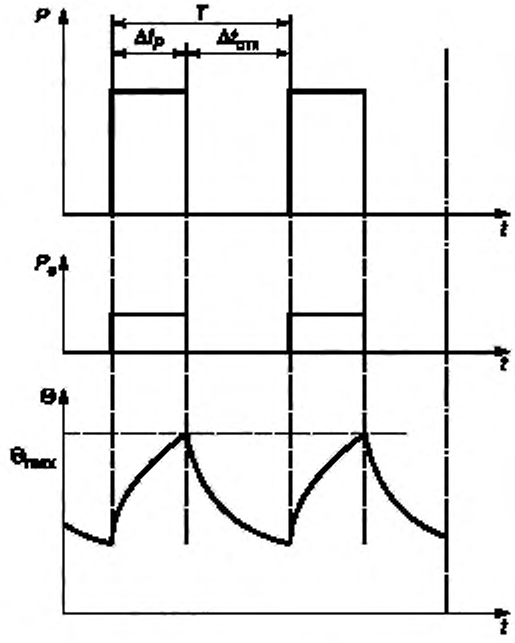
Рисунок 2

4.2.3 Типовой режим S3 — повторно-кратковременный периодический режим

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых включает в себя время работы при постоянной нагрузке и время покоя (рисунок 3). В этом режиме цикл работы таков, что пусковой ток не оказывает существенного влияния на превышение температуры.

Условное обозначение режима — S3, далее следует коэффициент циклической продолжительности включения.

Пример — S3 25 %.



P — нагрузка; $P_э$ — электрические потери; Θ — температура; Θ_{max} — достигнутая максимальная температура, t — время; Δt_p — время работы с постоянной нагрузкой; T — время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{отк}$ — время остановки или отключения питания машины

Коэффициент циклической продолжительности включения равен $\Delta t_p/T$

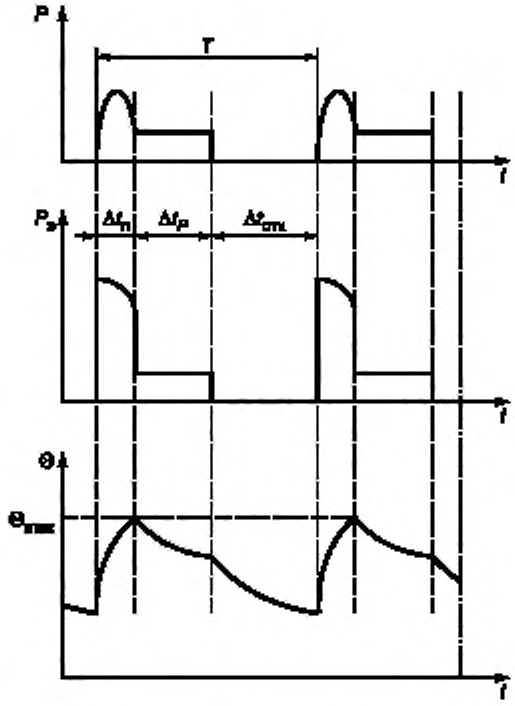
Рисунок 3

4.2.4 Типовой режим S4 — повторно-кратковременный периодический режим с пусками

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых содержит относительно длинный пуск, время работы с постоянной нагрузкой и время покоя (рисунок 4).

Условное обозначение режима — S4, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя $J_д$ и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, причем оба момента отнесены к валу двигателя.

Пример — S4 25 % $J_д$ = 0,15 кг · м² $J_{нагр}$ = 0,7 кг · м².



P — нагрузка, $P_э$ — электрические потери, Θ — температура. $Θ_{max}$ — достигнутая максимальная температура; t — время; $\Delta t_р$ — время работы с постоянной нагрузкой, T — время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{отк}$ — время остановки или отключения питания машины; $\Delta t_п$ — время пуска (разгона)

Коэффициент циклической продолжительности включения равен $(\Delta t_п + \Delta t_р)/T$.

Рисунок 4

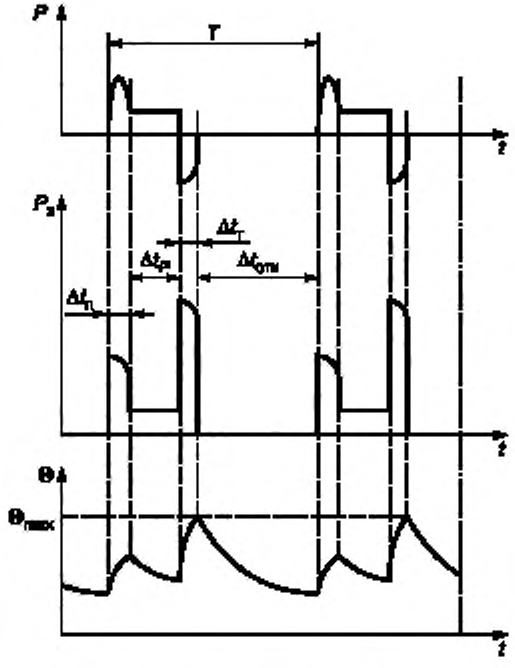
4.2.5 Типовой режим S5 — повторно-кратковременный периодический режим с электрическим торможением

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени пуска, времени работы с постоянной нагрузкой, времени электрического торможения и времени покоя (рисунок 5).

Условное обозначение режима — S5, далее следуют коэффициент циклической продолжительности включения, момент инерции двигателя $J_д$ и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, причем оба момента отнесены к валу двигателя.

Пример — S5 25 %; $J_д$ = 0,15 кг · м²; $J_{нагр}$ = 0,7 кг · м².

Примечание – Для режимов S4, S5 рекомендуемое число пусков в час составляет 30, 60, 120, 240, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях.



P — нагрузка; $P_э$ — электрические потери; Θ — температура; $Θ_{max}$ — достигнутая максимальная температура; t — время; $\Delta t_р$ — время работы с постоянной нагрузкой; T — время одного цикла нагрузки; $\Delta t_{отк}$ — время остановки или отключения питания машины; $\Delta t_п$ — время пуска (разгона), $\Delta t_т$ — время электрического торможения

Коэффициент циклической продолжительности включения равен $(\Delta t_п + \Delta t_р + \Delta t_т)/T$.

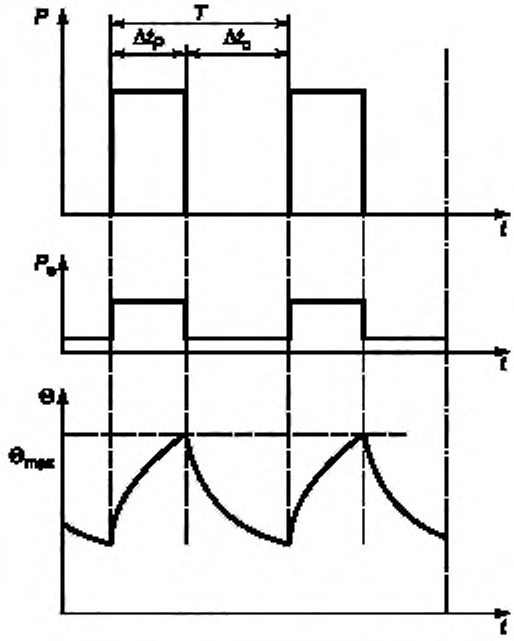
Рисунок 5

4.2.6 Типовой режим S6 — непрерывный периодический режим с кратковременной нагрузкой

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени работы при постоянной нагрузке и времени работы на холостом ходу. Время покоя отсутствует (рисунок 6).

Условное обозначение режима — S6, далее следует коэффициент циклической продолжительности включения.

Пример — S6 40 %.



P — нагрузка; $P_э$ — электрические потери, Θ — температура, Θ_{max} — достигнутая максимальная температура, t — время; Δt_P — время работы с постоянной нагрузкой; T — время одного цикла нагрузки, Δt_0 — время работы без нагрузки

Коэффициент циклической продолжительности включения равен $\Delta t_P/T$.

Рисунок 6

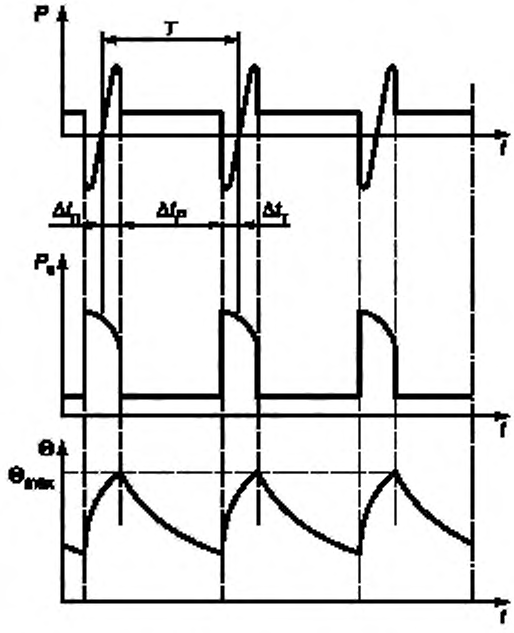
4.2.7 Типовой режим S7 — непрерывный периодический режим с электрическим торможением

Последовательность одинаковых рабочих циклов, каждый из которых состоит из времени пуска, времени работы при постоянной нагрузке и времени электрического торможения. Время покоя отсутствует (рисунок 7).

Условное обозначение режима — S7, далее следуют моменты инерции двигателя $J_д$ и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, которые отнесены к валу двигателя.

Пример — S7; $J_д$ = 0,4 кг · м²; $J_{нагр}$ = 7,5 кг · м².

Примечание — Для режима S7 рекомендуемое число пусков в час составляет 30, 60, 120, 240, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях.



P — нагрузка; $P_э$ — электрические потери; Θ — температура; Θ_{max} — достигнутая максимальная температура; t — время; $\Delta t_р$ — время работы с постоянной нагрузкой; T — время одного цикла нагрузки; $\Delta t_п$ — время пуска (разгона); $\Delta t_т$ — время электрического торможения

Коэффициент циклической продолжительности включения равен 1.

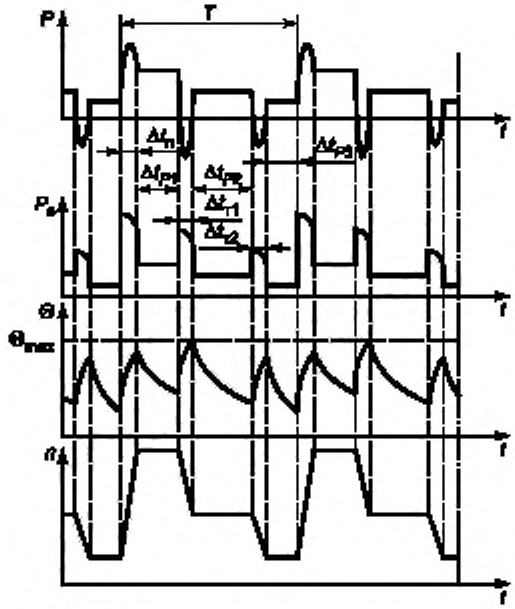
Рисунок 7

4.2.8 Типовой режим S8 — непрерывный периодический режим с взаимозависимыми изменениями нагрузки и частоты вращения

Последовательность одинаковых рабочих циклов, где каждый цикл состоит из времени работы при постоянной нагрузке, соответствующей заданной частоте вращения, за которым следуют один или более периодов работы при других постоянных нагрузках, соответствующих различным частотам вращения, что достигается, например, путем изменения числа полюсов в асинхронных двигателях. Время покоя отсутствует (рисунок 8).

Условное обозначение режима — S8, далее следуют момент инерции двигателя $J_д$ и момент инерции нагрузки $J_{нагр}$, которые отнесены к валу двигателя, вместе с нагрузкой и частотой вращения, и коэффициентом циклической продолжительности включения для каждой частоты вращения.

Пример — S8; $J_д$ = 0,5 кг · м²; $J_{нагр}$ = 6 кг · м²; 16 кВт 740 мин⁻¹ — 30 %; 40 кВт 1460 мин⁻¹ — 30 %; 25 кВт 980 мин⁻¹ — 40 %.



P — нагрузка; $P_э$ — электрические потери; Θ — температура; Θ_{max} — достигнутая максимальная температура; t — время, Δt_p — время работы с постоянной нагрузкой ($P1$, $P2$, $P3$), T — время одного цикла нагрузки ($T1$, $T2$); $\Delta t_д$ — время пуска (разгона), $\Delta t_{r1, 2, ...}$ — время электрического торможения. n — частота вращения

Коэффициент циклической продолжительности включения равен $(\Delta t_д + \Delta t_{p1})/T$; $(\Delta t_{r1} + \Delta t_{p2})/T$; $(\Delta t_{r2} + \Delta t_{p3})/T$.

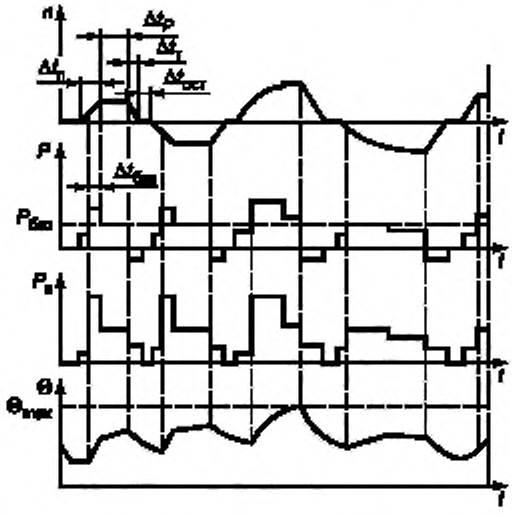
Рисунок 8

4.2.9 Типовой режим S9 — режим с непериодическими изменениями, нагрузки и частоты вращения

Режим, при котором обычно нагрузка и частота вращения изменяются непериодически в допустимом рабочем диапазоне. Этот режим часто включает в себя перегрузки, которые могут значительно превышать базовую нагрузку (рисунок 9).

Условное обозначение режима — S9.

Для этого типа режима постоянная нагрузка, выбранная соответствующим образом и основанная на типовом режиме S1, берется как базовая $P_{баз}$ (см. рисунок 9) для определения перегрузки.



P — нагрузка; $P_{баз}$ — базовая нагрузка; $P_э$ — электрические потери; Θ — температура, Θ_{max} — достигнутая максимальная температура; t — время; Δt_p — время работы с постоянной нагрузкой, Δt_n — время пуска (разгона); Δt_r — время электрического торможения; $\Delta t_{ост}$ — время остановки или отключения питания машин; $\Delta t_{баз}$ — время работы с базовой нагрузкой; n — частота вращения

Рисунок 9

4.2.10 Типовой режим S10 — режим с дискретными постоянными нагрузками и частотами вращения

Режим, состоящий из ограниченного числа дискретных нагрузок (или эквивалентных нагрузок) и, если возможно, частот вращения, при этом каждая комбинация нагрузки/частоты вращения сохраняется достаточное время для того, чтобы машина достигла практически установившегося теплового состояния (рисунок 10). Минимальная нагрузка в течение рабочего цикла может иметь и нулевое значение (холостой ход, покой или бестоковое состояние).

Условное обозначение режима — S10, за которым следуют значения величины $P/\Delta t$ (P — соответствующая нагрузка в долях базовой нагрузки и Δt — ее продолжительность в долях продолжительности полного цикла нагрузки и относительная величина ожидаемого термического срока службы (ТСС) изоляционной системы). Нормативной базовой величиной для оценки ожидаемого термического срока службы изоляции является ожидаемый термический срок службы при номинальной мощности и допускаемом пределе превышения температуры, соответствующих продолжительному типовому режиму S1.

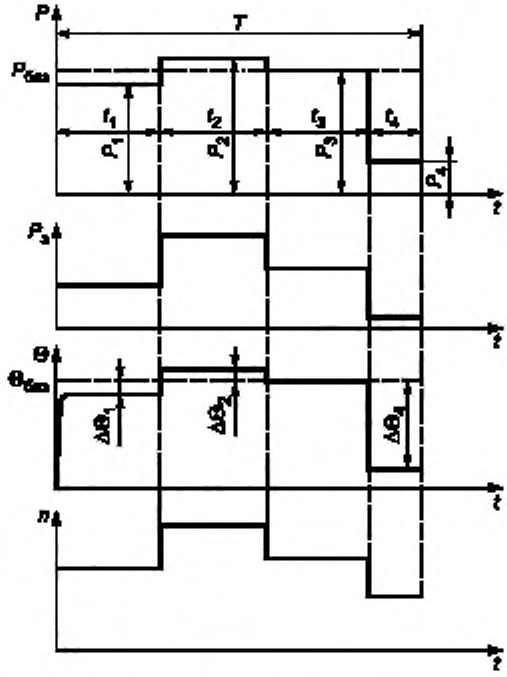
Нагрузка для времени холостого хода и обесточенного состояния машины обозначается буквой О.

Пример — S10; P/Δt = 1,1/0,4; 1/0,3; 0,9/0,2; О/0,1; ТСС = 0,6

Значение ТСС должно быть округлено до ближайшего значения, кратного 0,05. Сведения, разъясняющие смысл этого параметра, и рекомендации по определению его значения даны в приложении Б.

Для этого типового режима постоянная нагрузка, выбранная в соответствии с типовым режимом S1, принимается за базовую ($P_{баз}$ см. на рисунке 10) для дискретных нагрузок.

Примечание — Дискретные нагрузки являются, как правило, эквивалентной нагрузкой, интегрированной за определенный период времени. Нет необходимости, чтобы каждый цикл нагрузки точно повторял предыдущий, однако каждая нагрузка внутри цикла должна поддерживаться достаточное время для достижения установившегося теплового состояния, и каждый нагрузочный цикл должен интегрированно давать ту же вероятность относительного ожидаемого термического срока службы изоляции машины.



P — нагрузка, $P_{баз}$ — базовая нагрузка в соответствии с типовым режимом S1, $P_{1,2,...,i}$ — постоянная часть нагрузки внутри одного цикла нагрузки; $P_э$ — электрические потери, $Θ$ — температура, $Θ_{баз}$ — температура при базовой нагрузке $P_{баз}$; t — время, $t_{1,2,3,4}$ — время работы с постоянной нагрузкой внутри цикла нагрузки; T — время одного цикла нагрузки, $ΔΘ_{1,2,...,i}$ — разница между превышением температуры обмоток при каждой из различных нагрузок внутри одного цикла и превышением температуры при базовой нагрузке в режиме S1; n — частота вращения

Рисунок 10

5 Номинальные данные

5.1 Представление номинальных данных

Номинальные данные (см. 3.2) устанавливаются производителем. При этом производитель должен выбрать один из классов номинальных данных, определенных в 5.2.1 — 5.2.6. Обозначение класса номинальных данных должно быть записано после номинальной выходной мощности.

Если обозначение режима не указано, применяются номинальные данные для продолжительного режима работы.

В случае, когда изготовителем к машине присоединены дополнительные (вспомогательные) элементы (реакторы, конденсаторы и т.п.), которые рассматриваются как неотъемлемая часть машины, номинальные величины следует относить к выводам всего комплекса.

Примечание — Это не относится к силовым трансформаторам, включенным между машиной и сетью.

Для машин, питаемых от статических преобразователей, вопрос определения номинальных данных требует специального рассмотрения и решается по согласованию.

5.2 Классы номинальных данных

5.2.1 Номинальные данные для продолжительного режима

Номинальные данные, при которых машина может работать неограниченное время и при этом соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Этот класс номинальных данных соответствует типовому режиму S1 и обозначается, как для режима S1.

5.2.2 Номинальные данные для кратковременного режима

Номинальные данные, при которых машина, включенная в сеть при температуре окружающей среды, может работать ограниченный период времени и при этом соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Этот класс номинальных данных соответствует типовому режиму S2 и обозначается, как для режима S2.

5.2.3 Номинальные данные для периодического режима

Номинальные данные, при которых машина может работать при циклических нагрузках и при этом соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Этот класс номинальных данных соответствует одному из типов периодических режимов от S3 до S8 и обозначается, как соответствующий типовой режим.

Если не оговорено иное, продолжительность одного цикла должна быть равна 10 мин и коэффициент циклической продолжительности включения должен быть равен одному из следующих значений: 15, 25, 40, 60 %.

5.2.4 Номинальные данные для непериодического режима

Номинальные данные, при которых машина может работать непериодически и при этом соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Этот класс номинальных данных соответствует типовому непериодическому режиму S9 и обозначается, как для режима S9.

5.2.5 Номинальные данные для режима с дискретными постоянными нагрузками и частотами вращения

Номинальные данные, при которых машина может работать при нагрузках и частотах вращения, отвечающих режиму S10, неограниченный период времени и при этом может соответствовать требованиям настоящего стандарта. Максимально допускаемую нагрузку внутри одного цикла следует устанавливать с учетом ее влияния на все части машины, например на изоляционную систему в соответствии с действием экспоненциального закона изменения относительного ожидаемого термического срока службы, температуру подшипников, а также на термическое расширение других частей машины.

Максимальная нагрузка не должна превышать 1,15 нагрузки типового режима S1, если другое не оговорено в соответствующих стандартах или соглашениях. Минимальная нагрузка может иметь значение ноль — машина работает на холостом ходу или находится в покое и обесточена.

Рекомендации по применению этого класса номинальных данных приведены в приложении Б.

Этот класс номинальных данных соответствует типовому режиму S10 и обозначается, как для режима S10.

Примечание — В других стандартах максимальную нагрузку допускается регламентировать по допускаемой температуре обмоток (или допускаемому превышению температуры) вместо значений нагрузки в долях номинальной, соответствующей режиму S1.

5.2.6 Номинальные данные для эквивалентной нагрузки

Для испытаний выбирают номинальные данные такой эквивалентной нагрузки, при неизменном значении которой машина может работать до достижения установившегося теплового состояния при тех превышениях температур обмотки статора, которые равны средним превышениям температуры в течение одного цикла типового режима.

Примечание — При определении эквивалентной нагрузки следует учитывать изменения нагрузки, частоты вращения и охлаждения в пределах цикла.

Этот класс номинальных данных в случае применения обозначается «экв».

5.3 Выбор классов номинальных данных

Машина, изготовленная для общего применения, должна иметь номинальные данные для продолжительного типового режима S1.

Если режим не был указан потребителем, применяется типовой режим S1 и установленные номинальные данные должны соответствовать данным для продолжительного режима работы.

Если машина предназначена для кратковременного режима, номинальные данные должны соответствовать типовому режиму S2 согласно 4.2.2.

Если машина предназначена для работы при переменных нагрузках или нагрузках, включающих время холостого хода или время состояния покоя и отключения от сети, номинальные данные должны соответствовать номинальным данным для одного выбранного периодического типового режима от S3 до S8 согласно 4.2.3 — 4.2.8.

Если машина предназначена для работы с непериодическими переменными нагрузками при переменных частотах вращения, включая перегрузки, за номинальные данные принимают номинальные данные, соответствующие непериодическому режиму S9 согласно 4.2.9.

Если машина предназначена для работы при дискретных постоянных нагрузках, включая время перегрузки и время холостого хода (или время покоя), номинальные данные должны соответствовать номинальным данным типового режима с дискретными постоянными нагрузками S10 согласно 4.2.10.

5.4 Определение выходных мощностей для различных классов номинальных данных

При определении номинальных данных:

- для типовых режимов от S1 до S8 за номинальную выходную мощность(и) принимается(ются) установленная(ые) значение(я) постоянной нагрузки(ок) согласно 4.2.1 — 4.2.8;

- для типовых режимов S9 и S10 за номинальную выходную мощность принимается базовая нагрузка, соответствующая типовому режиму SI, согласно 4.2.9 и 4.2.10.

5.5 Номинальная отдаваемая (выходная) мощность

5.5.1 Генераторы постоянного тока

Генераторы, у которых номинальная мощность — мощность на выводах, выраженная в ваттах (Вт).

5.5.2 Генераторы переменного тока

Генераторы, у которых номинальная мощность — кажущаяся (полная) мощность на выводах, выраженная в вольт-амперах (В·А) с указанием коэффициента мощности, *или активная мощность на выводах, выраженная в ваттах (Вт).*

5.5.3 Двигатели

Двигатели, у которых номинальная мощность — механическая мощность на валу, выраженная в ваттах (Вт).

Примечание — В некоторых странах для выражения механической мощности на валу двигателя используют лошадиную силу. 1 л.с. равна 745,7 Вт или одна метрическая л.с. равна 736 Вт.

5.5.4 Синхронные компенсаторы

Компенсаторы, у которых номинальная мощность — реактивная мощность на выводах, которая выражена в вольт-амперах реактивных (вар) в режимах как перевозбуждения, так и недовозбуждения.

5.6 Номинальное напряжение

5.6.1 Генераторы постоянного тока

Для генераторов постоянного тока, предназначенных для работы при относительно малых отклонениях напряжения, номинальная отдаваемая мощность и номинальный ток соответствуют верхнему уровню напряжения, если не установлено иное, см. также 7.3.

5.6.2 Генераторы переменного тока

Для генераторов переменного тока, предназначенных для работы при относительно малых отклонениях напряжения, номинальная мощность и коэффициент мощности относятся к любому напряжению внутри предела его изменения, если не установлено иное, см. также 7.3.

5.6.3 Системы возбуждения

Напряжение на выводах или контактных кольцах обмотки возбуждения с учетом падения напряжения под щетками при протекании номинального тока в установившемся тепловом режиме работы и нормируемом значении температуры охлаждающей среды и частоты вращения.

5.7 Координация напряжений и выходных мощностей

Нецелесообразно создавать электрические машины на все номинальные мощности при всех номинальных напряжениях. Как правило, для машин переменного тока, исходя из конструктивных и производ-

ственных соображений, существуют предпочтительные соотношения уровней напряжений свыше 1 кВ и соответствующих значений номинальных мощностей, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Предпочтительные номинальные напряжения и соответствующие им номинальные мощности

Номинальное напряжение, кВ	Наименьшая номинальная мощность, кВт (или кВ·А)
От 1,0 до 3,0 включ.	100
Св. 3,0 » 6,0 »	150
» 6,0 » 11,0 »	*400*
» 11,0	2500

По требованию заказчика (потребителя) допускаются отступления от указанных предпочтительных соотношений уровней напряжения и выходной мощности.

5.8 Машины с несколькими номинальными данными

Машина с более чем одним комплексом номинальных данных должна полностью соответствовать требованиям настоящего стандарта при всех номинальных данных.

Для многоскоростных двигателей номинальные данные должны быть установлены для каждой номинальной частоты вращения.

Если номинальная величина (выходная мощность, напряжение, частота вращения и т.д.) может иметь несколько значений или изменяться непрерывно между двумя предельными значениями, номинальные данные должны быть установлены для этих дискретных или предельных значений. Такое положение неприменимо к изменениям напряжения и частоты во время работы, указанным в 7.3, или для переключений звезда — треугольник, предназначенных для пуска.

5.9 Номинальный коэффициент мощности синхронных машин

Номинальный коэффициент мощности синхронных машин при частоте 50 Гц (если нет других указаний в стандартах или технических условиях на отдельные виды этих машин) должен быть:

- для синхронных генераторов — 0,8 (при отстающем токе относительно напряжения сети);

- для синхронных двигателей — 0,9 (при опережающем токе относительно напряжения сети).

По заказу потребителя синхронные машины допускается изготовлять с коэффициентом мощности, отличным от указанных выше. Номинальные данные таких машин должны быть указаны изготовителем.

Номинальный коэффициент мощности синхронных машин, частота которых отличается от 50 Гц, устанавливается стандартами или техническими условиями на эти машины.

6 Условия эксплуатации

6.1 Общие положения

Электрические машины должны быть пригодны для работы в условиях, указанных ниже, если иное не оговорено. Для условий, отличных от приведенных, проводят корректировку показателей по разделу 8.

6.2 Высота над уровнем моря

Высота над уровнем моря — не более 1000 м.

6.3 Максимальная температура окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха не должна превышать 40 °С, *если в стандартах и технических условиях на машины конкретных типов не установлены иные температуры в соответствии с климатическим исполнением по ГОСТ 15150 и категорией размещения электрической машины по ГОСТ 15543.1.*

6.4 Минимальная температура окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха не должна быть менее *значения, установленного в стандартах и технических условиях на машины конкретных типов в соответствии с климатическим исполнением по ГОСТ 15150 и категорией размещения электрической машины по ГОСТ 15543.1.*

6.5 Температура охлаждающей воды

Температура охлаждающей воды, поступающей в машину или охладитель, или окружающей воды (в случае погружных машин с поверхностным охлаждением корпуса или машин с кожухом, охлаждаемым водой) должна быть *не более 30 °С, если иная температура не установлена в стандартах и технических условиях на машины конкретных типов.*

Минимальная температура охлаждающей воды устанавливается в стандартах и технических условиях на машины конкретных типов по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1.

6.6 Хранение и транспортирование

Если во время хранения, транспортирования или после монтажа электрической машины возможны температуры более низкие, чем указано в 6.4, заказчик должен проинформировать об этом производителя и указать ожидаемые минимальные температуры.

6.7 Чистота водорода, используемого для охлаждения машины

Машины, охлаждаемые водородом, должны быть способны работать с номинальной выходной мощностью при номинальных условиях с содержанием водорода в охлаждающей среде не менее 95 % по объему.

Содержание водорода в охлаждающей среде турбогенераторов — по ГОСТ 533.

Примечание — По соображениям безопасности содержание водорода в охлаждающей среде должно всегда поддерживаться на уровне не менее 95 % при условии, что другим газом, входящим в состав смеси, является воздух.

При расчете коэффициента полезного действия машины по ГОСТ 25941 содержание газовой смеси должно быть 98 % водорода и 2 % воздуха по объему при определенных значениях давления и температуры охлажденного газа, если иное не оговорено. Вентиляционные потери машины должны быть рассчитаны при соответствующей плотности водорода.

6.8 Требования к дистилляту, используемому для охлаждения обмоток

Машины с жидкостным охлаждением должны быть рассчитаны на применение дистиллята для охлаждения обмоток статора и ротора с электрическим удельным сопротивлением не менее 2000 Ом·м при температуре 25 °С и допускать кратковременное снижение электрического удельного сопротивления дистиллята до 500 Ом·м.

6.9 Дополнительные требования

В стандартах, технических условиях и технических заданиях на конкретные виды машин дополнительно должны быть указаны:

- степень защиты, обеспечиваемая оболочками, по ГОСТ 14254 и ГОСТ 17494;

- стойкость к механическим внешним воздействующим факторам по ГОСТ 17516.1;

- устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1;

- сейсмостойкость по ГОСТ 17516.1;

- группа условий эксплуатации по ГОСТ 17516.1

- способ охлаждения по ГОСТ 20459;

- исполнение по способу монтажа по ГОСТ 2479.

7 Условия эксплуатации, обусловленные электрической сетью

7.1 Электроснабжение

Для трехфазных машин переменного тока с номинальной частотой 50 Гц или 60 Гц, предназначенных для непосредственного присоединения к электрическим сетям, номинальные напряжения следует выбирать по ГОСТ 12139 и ГОСТ 29322.

Примечание — Для крупных высоковольтных машин переменного тока напряжения допускается выбирать в условиях оптимизации рабочих характеристик.

Для электродвигателей переменного тока, питаемых от преобразователей, номинальные значения напряжения и частоты должны быть выбраны по согласованию с потребителем.

7.2 Форма и симметрия напряжений и токов

7.2.1 Двигатели переменного тока

7.2.1.1 Двигатели переменного тока, предназначенные для присоединения к сети переменного тока фиксированной частоты, питаемой от генератора(ов) переменного тока, работающего(их) от автономной сети или параллельно с мощной сетью, должны быть пригодны для работы при напряжении питания, коэффициент искажения синусоидальности напряжения которого не превышает :

- 0,08 для двигателей напряжением до 1000 В,

- 0,05 для двигателей напряжением свыше 1000 В.

Коэффициент искажения синусоидальности напряжения k_U вычисляют по формуле

$$k_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{k} u_n^2},$$

где u_n — отношение напряжения n-й гармонической составляющей U_n к номинальному напряжению $U_{ном}$;

n — номер гармонической составляющей напряжения (некратные трем в случае трехфазных асинхронных двигателей);

$k = 13$ для двигателей, работающих с сетью бесконечной мощности;

$k = 6q \pm 1$ для двигателей, работающих в автономной сети (q — число пазов на полюс и фазу).

Трехфазные двигатели должны быть способны отдавать номинальную мощность при работе от трехфазной сети с напряжением, содержащим составляющую обратной последовательности, не превышающую *2 %* составляющей прямой последовательности, и составляющую нулевой последовательности, не превышающую *2 %* составляющей прямой последовательности *(для сети напряжением до 1000 В).*

Если несимметрия и несинусоидальность питающего напряжения при предельно допускаемых значениях коэффициента искажения синусоидальности напряжения и составляющих обратной и нулевой последовательностей возникают одновременно при работе двигателя с номинальной нагрузкой, то работа при таких условиях не должна приводить к недопустимому перегреву двигателя. Рекомендуется, чтобы температуры или превышения температуры, возникающие в результате работы при указанных условиях, не превышали значений, установленных в настоящем стандарте, более чем на 10 К.

Примечание — В зоне действия больших однофазных нагрузок (например, вблизи индукционных печей), а также в сельских местностях и в случае смешанной промышленной и бытовой сети искажение напряжения может выходить за указанные выше пределы. В таких случаях необходимо специальное согласование.

7.2.1.2 Двигатели переменного тока, питаемые от статических вентильных преобразователей, должны быть способны работать при питающем напряжении с более высоким содержанием гармоник.

Допустимые значения коэффициента искажения синусоидальности и составляющих обратной и нулевой последовательностей питающего напряжения должны быть указаны в стандартах или технических условиях на конкретные типы двигателей.

Для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, охватываемых ГОСТ 28327, — по МЭК 34-17 [2].

Примечание — Если питающее напряжение существенно отличается от синусоидального, например при питании от статических преобразователей, при определении рабочих характеристик необходимо учитывать эффективные значения как полной формы волны напряжения, так и его основной гармоники.

7.2.2 Генераторы переменного тока

7.2.2.1 Трехфазные генераторы переменного тока должны быть пригодны для питания сетей, по которым при подводе симметричного и синусоидального напряжения:

- протекает ток, имеющий коэффициент искажения синусоидальности не более 0,05;

- система токов в цепи такова, что ни составляющая обратной последовательности, ни составляющая нулевой последовательности не превышают 5 % составляющей тока прямой последовательности тока, *если в стандартах или технических условиях на конкретные типы машин не установлены более жесткие требования.*

Коэффициент искажения синусоидальности тока k_I вычисляют по формуле

$$k_I = \sqrt{\sum_{n=2}^{k=13} i_n^2},$$

где i_n – отношение тока n-й гармонической составляющей I_n к номинальному току $I_{ном}$;

n – номер гармонической составляющей тока.

В случаях, когда предельные значения коэффициента искажения синусоидальности тока и несимметрии токов возникают одновременно при работе генератора номинальной нагрузкой, в генераторе не должно возникать опасных нагревов. Рекомендуется, чтобы температуры или превышения температуры, возникающие в результате работы при указанных условиях, не превышали значений, установленных в настоящем стандарте, более чем примерно на 10 К.

7.2.2.2 Для трехфазных генераторов переменного тока 50 Гц коэффициент искажения синусоидальности линейного напряжения при холостом ходе и номинальном напряжении должен быть:

- не более 0,05 для генераторов мощностью свыше 100 кВт (кВ·А);

- не более 0,1 для генераторов мощностью от 10 до 100 кВт (кВ·А).

Для трехфазных генераторов мощностью менее 10 кВт (кВ·А) коэффициент искажения синусоидальности линейного напряжения устанавливается в стандартах или технических условиях на конкретные типы генераторов или по согласованию.

Коэффициент искажения синусоидальности линейного напряжения генератора $к_U$ вычисляют по формуле

$$к_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{6q+1} u_n^2},$$

где u_n — отношение напряжения n-й гармонической составляющей U_n к номинальному напряжению $U_{ном}$;

n — номер гармонической составляющей напряжения (некратные трем в случае трехфазных генераторов);

q — число пазов на полюс и фазу.

7.2.3 Синхронные машины

Трехфазные синхронные машины, если не нормировано иное, должны допускать продолжительную работу в несимметричных системах при токах в фазах не выше номинального, а также кратковременную работу в аварийных режимах, если соответственно относительная величина тока обратной последовательности ($I_2/I_{ном}$) в длительных режимах и произведение квадрата относительной величины тока обратной последовательности на время $(I_2/I_{ном})^2 t$ в кратковременном режиме не превышают значений, указанных в таблице 2.

Таблица 2 — Условия работы синхронных машин в несимметричных режимах

Тип машины	Максимальное значение $I_2/I_{ном}$ при продолжительной работе, о.е.	Максимальное значение $(I_2/I_{ном})^2 t$ для работы в аварийных условиях, с
Явнополюсные машины		
1 Косвенное охлаждение обмоток:		
двигатели	0,1	20
генераторы мощностью:		
до 125 МВ·А включ.	*0,14*	*40*
св.125 МВ·А	*0,1*	*40*
синхронные компенсаторы	*0,14*	20
2 Непосредственное охлаждение (внутреннее охлаждение) статора и/или обмотки возбуждения:		
двигатели	0,08	15
генераторы	*0,07*	*20*
синхронные компенсаторы	0,08	15
Неявнополюсные машины		
3 Косвенное охлаждение обмоток *статора* и ротора:		
воздухом	0,1	*30*
водородом	0,1	*30*
4 Косвенное охлаждение обмоток статора и непосредственное охлаждение обмотки ротора	*0,08*	*15*
5 Непосредственное (внутреннее) охлаждение обмоток *статора* и ротора *(газовое или жидкостное)* машин мощностью:		
до 800 МВ·А	*0,08*	*8*
св.800 МВ·А	*0,08*	*6*

7.2.4 Двигатели постоянного тока, питаемые от статических преобразователей

При питании двигателей постоянного тока от преобразователей пульсации напряжения и тока влияют на работу машины. По сравнению с двигателями, питаемыми непосредственно от источника постоянного тока, в случае применения преобразователей возрастают потери и нагрев, ухудшаются условия коммутации. Поэтому двигатели мощностью свыше 5 кВт, предназначенные для питания от статических преобразователей, необходимо конструировать с учетом специфических условий такого электроснабжения. Изготовитель двигателя, если считает необходимым, может предусмотреть установку внешнего индуктивного сопротивления для уменьшения пульсации питающего напряжения и тока.

Двигатели номинальной мощностью, не превышающей 5 кВт, не предназначенные для питания от какого-либо определенного статического преобразователя, должны быть пригодны для работы с любым статическим преобразователем при наличии или отсутствии внешней индуктивности при условии, что номинальное значение коэффициента формы тока, для которого двигатель сконструирован, не превышено и что уровень изоляции цепи якоря двигателя соответствует номинальному значению напряжения переменного тока на входе статического преобразователя.

Во всех случаях пульсации тока на выходе статического преобразователя принимаются настолько низкими, что коэффициент пульсации тока не должен превышает 0,1 при номинальных условиях.

7.3 Отклонения напряжения и частоты при работе

Для машин переменного тока, предназначенных для использования в силовых сетях с фиксированной частотой, питаемых от генератора переменного тока, работающего от автономной сети или параллельно с мощной сетью, комбинации одновременных отклонений напряжения и частоты определяют зонами А или Б в соответствии с рисунком 11 для генераторов и синхронных компенсаторов и рисунком 12 — для двигателей.

Для машин постоянного тока, которые непосредственно подсоединены к источникам постоянного тока, зоны А и Б применимы только по отношению к изменениям напряжения.

Машина должна быть способна выполнять свою основную функцию, указанную в таблице 3, при продолжительной работе внутри зоны А. Однако при этом она может не полностью обеспечивать свои рабочие характеристики, соответствующие номинальным значениям напряжения и частоты, возможны их некоторые отклонения. Превышения температуры могут быть выше, чем при номинальных значениях напряжения и частоты.

Машина должна быть способна выполнять свою основную функцию внутри зоны Б, однако при этом могут иметь место бóльшие, чем в зоне А, отклонения ее рабочих характеристик от характеристик при номинальных напряжении и частоте. Превышения температуры будут выше, чем при номинальных значениях напряжения и частоты и при работе в зоне А. Продолжительная работа за пределами зоны Б не рекомендуется.

Примечания

1 В условиях эксплуатации иногда может возникнуть необходимость работы машины за пределами зоны А. Такие режимы должны быть ограничены по отклонениям, продолжительности и частоте случаев. При этом необходимо, если это практически возможно, принимать быстрые меры по ограничению негативного воздействия указанных режимов на машину, например уменьшением ее выходной мощности. Это позволит избежать сокращения срока службы машины, обусловленного температурными воздействиями.

2 Предельные превышения температуры или предельные температуры, указанные в настоящем стандарте, относятся к точке, соответствующей работе с номинальными данными; они могут быть превышены, когда рабочая точка машины удаляется от номинальной точки. При работе в режимах, соответствующих границам зоны А, превышения температуры и температуры могут превышать пределы, указанные в настоящем стандарте, приблизительно на 10 °С.

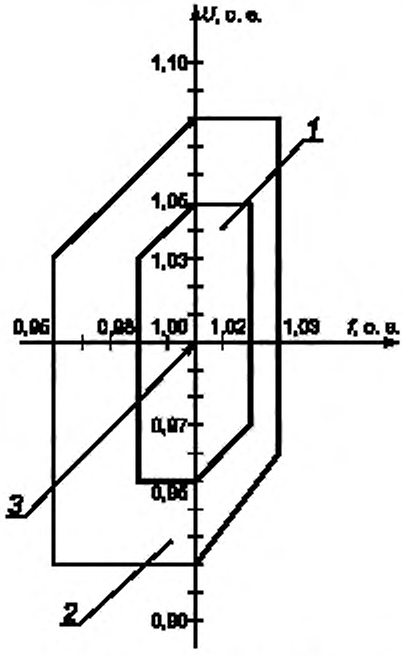
3 Двигатель переменного тока может быть включен при нижнем пределе напряжения, только если его пусковой вращающий момент превышает момент сопротивления нагрузки, однако это не является требованием данного пункта. *Пусковые характеристики асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором — по ГОСТ 9630 и ГОСТ 28327.*

Таблица 3 — Основные функции машин

Тип машины	Основная функция
1 Генераторы переменного тока, кроме указанных в пункте 5	Обеспечивать выдачу номинальной полной (кажущейся) мощности (кВ·А) при номинальном коэффициенте мощности при возможности их раздельного контроля
2 Асинхронные двигатели	Обеспечивать номинальный момент (Н·м)

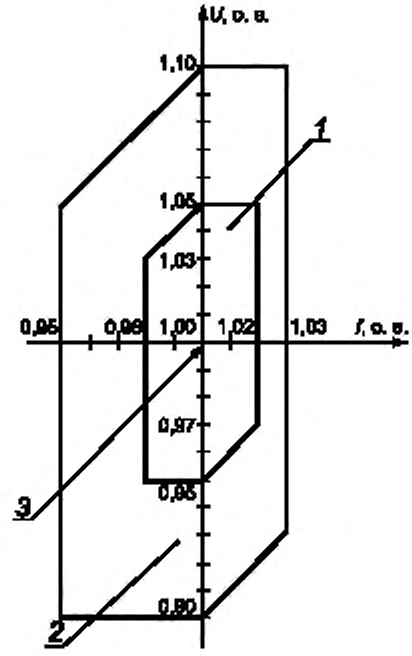
Окончание таблицы 3

Тип машины	Основная функция
3 Синхронные двигатели, кроме указанных в пункте 5	Обеспечивать номинальный момент (Н·м) и возбуждение, поддерживающее номинальный ток возбуждения или номинальный коэффициент мощности, при возможности их раздельного контроля
4 Синхронные компенсаторы, кроме указанных в пункте 5	Обеспечивать выдачу номинальной полной (кажущейся) мощности (кВ·А) внутри зоны, относящейся к генератору (рисунок 11), если не согласовано иное
5 Турбогенераторы номинальной мощностью не менее 10 МВ·А	По ГОСТ 533
6 Генераторы постоянного тока	Обеспечивать выдачу номинальной мощности (кВт)
7 Двигатели постоянного тока	Обеспечивать номинальный момент (Н·м) при возбуждении шунтового двигателя, поддерживающего номинальную частоту вращения, при возможности их раздельного контроля



1 — зона А, *2* — зона Б (вне зоны А); *3* — точка номинальных значений

Рисунок 11 — Предельные значения напряжения и частоты для генераторов



1 — зона А; *2* — зона Б (вне зоны А); *3* — точка номинальных значений

Рисунок 12 — Предельные значения напряжения и частоты для двигателей

7.4 Трехфазные машины переменного тока, работающие в системах с изолированной нейтралью

Трехфазные машины переменного тока должны быть пригодны для продолжительной работы с нейтралью, потенциал которой близок или равен потенциалу земли. Они должны быть также пригодны для работы в сетях с изолированной нейтралью при редко возникающих замыканиях на землю одной из фаз в течение непродолжительных периодов времени, достаточных для выявления места замыкания и устранения повреждения. Если предполагается непрерывная или продолжительная работа машины в этих услови-

ях, то уровень ее изоляции должен быть пригодным для этих условий. *Допустимость длительной работы с замыканием на землю одной из фаз должна быть оговорена в стандартах, технических условиях или соглашениях на машины конкретных типов.* Если машина не имеет одинаковые уровни изоляции у линейных выводов и у нейтрали, то это должно быть указано изготовителем.

Примечание — Заземление или соединение нейтральных точек машин не следует проводить без консультации с изготовителем машины, так как при некоторых условиях эксплуатации существует опасность возникновения токов нулевой последовательности всех возможных частот и риск механического повреждения обмотки при замыкании между фазой и нейтралью.

7.5 Уровни импульсной прочности (амплитудные значения и градиент напряжения)

Для изоляции обмотки статора машин переменного тока изготовитель должен устанавливать предельные значения амплитуд и градиентов импульсного напряжения при продолжительной работе:

- для высоковольтных машин по [1];
- для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, охватываемых ГОСТ 28327, — по [2].

8 Тепловые характеристики и испытания

8.1 Классы нагревостойкости машин

По нагреву машины классифицируют по ГОСТ 8865 в соответствии с нагревостойкостью используемых в них изоляционных систем (материалов).

Изготовитель машины несет ответственность за интерпретацию результатов, полученных при испытании применяемой изоляционной системы на термическую стойкость.

Примечания

1 Классификация нагревостойкости новой изоляционной системы не должна быть непосредственно увязана с нагревостойкостью отдельных материалов, использованных в ней.

2 Допускается продолжать использовать существующие изоляционные системы в том случае, если их положительные свойства подтверждены удовлетворительным опытом эксплуатации.

8.2 Нормативная охлаждающая среда

Характеристика нормативной охлаждающей среды для указанных ранее методов охлаждения машины приведена в таблице 4.

Если используется третья охлаждающая среда, превышение температуры должно быть определено по отношению к температуре первичной или вторичной охлаждающих сред, указанных в таблице 4.

Примечание — Машина может иметь комбинированную систему охлаждения, состоящую из сочетания систем, указанных в таблице 4, в этом случае для различных обмоток могут быть применены разные нормативные охлаждающие среды.

Таблица 4 — Нормативная охлаждающая среда (см. также таблицу 5)

Первичная охлаждающая среда	Метод охлаждения	Вторичная охлаждающая среда	Номер таблицы	Нормируемый параметр нагревания, установленный в таблицах, указанных в графе 4	Нормативная охлаждающая среда
1	2	3	4	5	6
Воздух	Косвенное	Нет	7	Превышение температуры	Окружающий воздух. Нормируемая температура на входе в машину — 40 °С
Воздух	Косвенное	Воздух	7		
Воздух	Косвенное	Вода	7		Охлаждающая среда на входе в машину или окружающая вода. Нормируемая температура охлаждающего газа на входе в машину — 40 °С. Нормируемая температура окружающей воды — *30 °С* [1]
Водород	Косвенное	Вода	8		

Окончание таблицы 4

Первичная охлаждающая среда	Метод охлаждения	Вторичная охлаждающая среда	Номер таблицы	Нормируемый параметр нагревания, установленный в таблицах, указанных в графе 4	Нормативная охлаждающая среда
1	2	3	4	5	6
Воздух	Непосредственно	Нет	11	Температура	Окружающий воздух. Нормируемая температура на входе в машину — 40 °С
Воздух	Непосредственно	Воздух	11		
Воздух	Непосредственно	Вода	11		Газ на входе в машину или жидкость на входе в обмотки. Нормируемая температура — 40 °С
Водород или жидкость	Непосредственно	Вода	11		

[1] Для машины с косвенным охлаждением обмоток и теплообменником, охлаждаемым водой, в качестве нормативной охлаждающей среды допускается устанавливать первичную либо вторичную охлаждающую среду, которая должна быть указана на табличке паспортных данных.

Для погружной машины с поверхностным охлаждением или машины с кожухом, охлаждаемым водой, в качестве нормативной охлаждающей среды следует принять вторичную охлаждающую среду.

Таблица 5 — Ориентировочные значения максимальной температуры окружающей среды

Высота над уровнем моря, м	Класс нагревостойкости изоляции		
	130 (B)	155 (F)	180 (H)
	Температура, °С		
1000	40	40	40
2000	32	30	28
3000	24	19	15
4000	16	9	3

8.3 Условия проведения испытаний на нагревание

8.3.1 Электропитание

При испытаниях на нагревание двигателей переменного тока коэффициент искажения синусоидальности питающего напряжения не должен превышать 5 %, напряжение обратной последовательности не должно превышать 0,5 % напряжения прямой последовательности, влияние составляющей напряжения нулевой последовательности должно быть исключено.

Вместо составляющей обратной последовательности напряжений по согласованию может быть измерена составляющая обратной последовательности токов, которая не должна превышать 2,5 % составляющих прямой последовательности.

8.3.2 Температура машины перед испытанием

Если температура обмотки должна определяться по увеличению ее сопротивления, то начальная температура обмотки не должна отличаться от температуры охлаждающей среды более чем на 2 К.

Если машина должна быть испытана при работе в кратковременном режиме (типовой режим S2), ее начальная температура не должна отличаться от температуры охлаждающей среды более чем на 5 К.

Примечание — Под начальной температурой понимается температура разгруженной и неподвижной машины в исходном состоянии перед испытанием.

8.3.3 Температура охлаждающей среды

Машина может быть испытана на нагревание практически при любой удобной температуре охлаждающей среды с последующей корректировкой температур и превышений температуры обмоток с косвенным и непосредственным охлаждением с учетом условий на месте эксплуатации.

8.3.4 Измерение температуры охлаждающей среды во время испытания

За температуру охлаждающей среды во время испытания принимают среднеарифметическое значение из отсчетов по нескольким измерителям температуры, снятых через равные промежутки времени в течение последней четверти периода испытания в заданном режиме. Для уменьшения ошибок, обусловленных отставанием изменения температуры активных частей машины крупных машин от изменения температуры охлаждающей среды, должны быть приняты все возможные меры для уменьшения этих изменений *до уровня не более 1 К в час.*

8.3.4.1 Открытые или закрытые машины без охладителей (охлаждаемые окружающим воздухом или газом)

Температура окружающего воздуха или газа должна быть измерена несколькими термометрами, расположенными в различных точках вокруг машины, на высоте, равной половине высоты машины на расстоянии от 1 до 2 м от машины. Каждый термометр должен быть защищен от возможности нагревания радиацией и охлаждения или нагревания потоками воздуха.

8.3.4.2 Машины, охлаждаемые воздухом или газом от удаленного источника по вентиляционным трубопроводам, и машины с отдельно установленными охладителями

Температуру первичной охлаждающей среды следует измерять на входе в машину.

8.3.4.3 Закрытые машины с встроенными или установленными на корпусе охладителями

Температуру первичной охлаждающей среды следует измерять на входе в машину. Температуру вторичной охлаждающей среды следует измерять на входе в охладитель.

8.4 Превышение температуры части машины

Превышение температуры части машины $\Delta\Theta$ определяют как разность между температурой этой части, измеренной методом, указанным в 8.5, и температурой охлаждающей среды, измеренной в соответствии с 8.3.4.

Для сравнения полученных значений с предельными значениями превышения температуры температуру, если возможно, следует измерять непосредственно перед отключением машины в конце теплового испытания, как указано в 8.7. Если это невозможно, например когда используется прямое измерение сопротивления, следует руководствоваться методикой, изложенной в ГОСТ 11828 (9.4). Для машин, испытуемых в периодических режимах (типовые режимы S3 — S8), за температуру в конце испытания принимают температуру в середине периода последней части рабочего цикла, имеющего наибольшую температуру (см. также 8.7.3).

8.5 Методы измерения температур

8.5.1 Общее положение

Измерение температуры обмоток, других частей электрической машины и *охлаждающих сред* проводят следующими тремя методами:

- методом сопротивления (С);
- методом заложенных термопреобразователей (ЗТП);
- методом термометра (Т).

Перечисленные методы не следует использовать для взаимного контроля.

8.5.2 Метод сопротивления

Температуру обмоток определяют по изменению их сопротивления.

8.5.3 Метод заложенных термопреобразователей

Температуру определяют с помощью термопреобразователей (например, термометра сопротивления, термопары или полупроводниковых терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом), заложенных в машину в процессе ее производства в точки, недоступные после сборки машины.

8.5.4 Метод термометра

Температуру определяют с помощью термометров, прикладываемых в доступных местах собранной машины. Термин «термометр» включает в себя не только термометры расширения, но также термопары, не встроенные при изготовлении машины, и термометры сопротивления. Если термометры расширения используют в местах, где существует сильно изменяющееся или движущееся магнитное поле, то следует пользоваться спиртовыми термометрами вместо ртутных.

8.6 Определение температуры обмотки

8.6.1 Выбор метода

Как правило, для измерения температуры изолированных обмоток машин следует применять метод сопротивления в соответствии с 8.5.1 (см. также 8.6.2).

Для машин переменного тока не менее 5000 кВт (кВ·А) в качестве предпочтительного метода измерения температур обмоток и стали статора следует применять метод заложенных термопреобразователей.

Для машин переменного тока мощностью менее 5000 кВт (кВ·А), но более 200 кВт (кВ·А) изготовитель может использовать по своему выбору либо метод сопротивления, либо метод заложенных термопреобразователей, если не согласовано иное.

Для машин переменного тока мощностью не более 200 кВт (кВ·А) изготовитель может использовать по своему выбору измерение температуры методом сопротивления непосредственно после быстрого останова машины или наложением тока на рабочий ток по ГОСТ 27222 (8.6.2.1), если не оговорено иное.

В машинах номинальной мощностью не более 600 Вт (В·А), когда обмотки неоднородны или выполнение необходимых соединений связано с определенными трудностями, температуру допускается измерять посредством термометров. При этом пределы превышения температур должны соответствовать значениям, полученным при измерении методом сопротивления.

Применение метода термометра допускается:

- когда практически невозможно определить превышение температуры методом сопротивления, как, например, в случае катушек низкого сопротивления добавочных полюсов и компенсационных обмоток, а также, как правило, для катушек низкого сопротивления, особенно когда сопротивление контактов и соединений составляет значительную часть общего сопротивления;
- когда вращающиеся или неподвижные обмотки однослойные;
- при проведении контрольных испытаний на машинах крупносерийного производства.

Для статорных обмоток машин переменного тока с одной стороной секции в пазу применение метода заложенных термопреобразователей для проверки соответствия настоящему стандарту не допускается; в этом случае применяется метод сопротивления.

Примечание — Для контроля температуры указанных обмоток во время эксплуатации заложенный на дно паза термопреобразователь малопригоден, поскольку он дает, главным образом, температуру сердечника. Показания термопреобразователя, помещенного между катушкой и пазовым клином, будут значительно ближе к действительной температуре обмотки, поэтому для контроля в условиях эксплуатации такая установка термопреобразователей является более предпочтительной. Так как измеренная температура может быть низкой, соотношение между ней и температурой, измеренной методом сопротивления, должно быть определено тепловыми испытаниями.

Для других обмоток, имеющих одну сторону секции в пазу, и для лобовых частей обмотки метод заложенных термопреобразователей также не применяется.

Для обмоток якорей с коллекторами и для обмоток возбуждения применимы методы сопротивления и термометра. Метод сопротивления является предпочтительным, однако для неподвижных обмоток возбуждения машин постоянного тока, имеющих более одного слоя, может быть применен метод заложенных термопреобразователей.

8.6.2 Определение температуры методом сопротивления

8.6.2.1 Измерение

Для измерения температуры применяют один из следующих методов:

- непосредственное измерение в начале и в конце испытания с помощью приборов соответствующего класса;
- измерение с помощью постоянного тока/напряжения обмоток постоянного тока при измерении протекающего тока и напряжения на выводах обмотки приборами соответствующего класса;
- измерение с помощью постоянного тока/напряжения обмоток переменного тока при питании обесточенных обмоток постоянным током;
- метод наложения без прерывания переменного тока нагрузки наложением на ток нагрузки небольшого измеренного постоянного тока в соответствии с ГОСТ 27222.

8.6.2.2 Расчет превышения температуры

Расчет превышения температуры — по ГОСТ 11828.

8.6.3 Определение температуры методом заложенных термопреобразователей

8.6.3.1 Общие положения

Термопреобразователи должны быть надлежащим образом распределены по обмотке и *сердечнику* и число их должно быть не менее 6 для обмотки и *не менее 3 — для сердечника статора*.

Тщательно соблюдая меры безопасности, термопреобразователи следует размещать в точках, где предполагается наиболее высокая температура, таким образом, чтобы они были надежно защищены от контакта с первичной охлаждающей средой.

При определении температуры с помощью термопреобразователя оценку нагревания следует проводить по термопреобразователю, указывающему наибольшую температуру.

Примечание — Заложенные термопреобразователи и их электрические цепи могут повреждаться и давать ошибочную информацию. Поэтому, если один или более термопреобразователей дают явно неверные показания, после соответствующих проверок они должны быть исключены из рассмотрения при оценке нагрева.

8.6.3.2 Две и более стороны секций в пазу

Термопреобразователи должны быть помещены между изолированными сторонами секций внутри паза в местах, где ожидается наиболее высокая температура (см. также 8.6.1).

8.6.3.3 Одна сторона секции в пазу

Термопреобразователи должны быть помещены между пазовым клином и внешней частью изоляции обмотки в местах, где ожидается наиболее высокая температура (см. также 8.6.1).

8.6.3.4 Лобовые части обмоток

Термопреобразователи должны быть помещены между двумя сторонами смежных секций внутри наружного ряда лобовых частей обмоток в местах, где ожидается наиболее высокая температура. Термопреобразователь должен находиться в непосредственном соприкосновении с поверхностью секции и быть надежно защищен от воздействия охлаждающей среды (см. также 8.6.1).

8.6.4 Определение температуры методом термометра

Тщательно соблюдая меры безопасности, термометры следует разместить в точке или в точках, где предполагается наиболее высокая температура (например, на участках лобовых частей обмотки, близких к сердечнику), таким образом, чтобы они были надежно защищены от влияния первичной охлаждающей среды и имели хороший тепловой контакт с обмоткой или другой частью машины.

За температуру обмотки или другой части машины принимается наибольшее значение из показаний термометра.

8.7 Продолжительность испытаний на нагревание

8.7.1 Номинальный продолжительный режим

Испытание на нагревание при продолжительном режиме следует продолжать до достижения практически установившегося теплового состояния.

8.7.2 Номинальный кратковременный режим

Длительность испытания должна соответствовать времени, указанному в номинальных данных типового режима.

8.7.3 Номинальный периодический режим

Обычно для испытаний машин, предназначенных для повторно-кратковременных режимов, номинальное значение эквивалентной нагрузки, указанной производителем (см. 5.2.6), должно поддерживаться до достижения практически установившегося теплового состояния. Если согласовано проведение испытаний при реальной нагрузке, цикл оговоренной нагрузки должен повторяться до достижения практически одинаковых температурных циклов. Режим считается установившимся, когда прямая, соединяющая соответствующие точки двух циклов работы, будет иметь градиент менее 2 К в час. При необходимости, измерения температуры следует проводить через определенные промежутки в течение некоторого времени.

8.7.4 Номинальный непериодический режим и режим с дискретными постоянными нагрузками

Номинальное значение эквивалентной нагрузки, указанной производителем (см. 5.2.6), должно повторяться до достижения практически установившегося теплового состояния.

8.8 Определение эквивалентной тепловой постоянной времени для машин, предназначенных для работы в типовом режиме S9

Эквивалентная тепловая постоянная времени при той же вентиляции, что и при нормальных условиях работы, предназначенная для приближенного определения изменения температуры, может быть получена

с помощью кривой охлаждения, построенной в соответствии с ГОСТ 11828. Постоянная времени равна 1,44-кратному промежутку времени между моментом отключения двигателя и моментом достижения температуры, равной половине превышения температуры машины при полной нагрузке.

8.9 Определение температуры подшипника

Температура подшипника определяется методом термометра или методом заложенных термопреобразователей. Точка для измерения температуры должна быть расположена как можно ближе к одному из двух мест, указанных в таблице 6.

Таблица 6 — Точки измерения температуры подшипника

Тип подшипника	Точка измерения	Местоположение точки измерения
Подшипники качения (шарикоподшипники или роликоподшипники)	А	В ступице подшипника и на расстоянии[1] не более 10 мм[2] от наружной обоймы подшипника
	Б	На наружной поверхности ступицы подшипника как можно ближе к наружной обойме подшипника
Подшипники скольжения	А	В зоне давления вкладыша подшипника[3] и на расстоянии не более 10 мм[2] от масляной пленки
	Б	В каком-либо другом месте вкладыша подшипника

[1] Расстояние измеряется до ближайшей точки заложенного термопреобразователя или термометра.

[2] В случае машины с «внешним ротором» точка А находится на неподвижной части и на расстоянии от внутренней обоймы подшипника, не превышающем 10 мм, а точка Б располагается на наружной поверхности неподвижной части как можно ближе к внутренней обойме подшипника.

[3] Вкладыш подшипника — часть, поддерживающая массу подшипника, которая запрессована или закреплена каким-либо другим способом в камере. Зона давления — это участок окружности, которая воспринимает сочетание массы ротора и радиальных усилий, обусловленных ременным приводом.

Тепловое сопротивление между термопреобразователем и деталью, температура которой определяется, должно быть уменьшено; например, воздушные зазоры должны быть заполнены термопроводящей пастой.

Примечание — Между точками измерения А и Б, как и между этими точками и наиболее нагретой точкой подшипника, существует разность температур, которая зависит от размеров подшипника. Для подшипника качения с утопленными цилиндрическими вкладышами и для шарико- и роликоподшипников внутренним диаметром не более 150 мм разность температур, возникающую между точками А и Б, можно считать незначительной и не принимать во внимание. Для более крупных подшипников температура, возникающая в точке измерения А, примерно на 15 К должна превышать температуру в точке измерения Б.

8.10 Предельные значения температуры и превышения температуры

Предельные значения допускаемых температур и превышений температур установлены для машины, предназначенной для продолжительного режима (S1), при работе ее на месте установки в определенных условиях эксплуатации, соответствующих разделу 6.

Если условия эксплуатации машины на месте установки отличаются от условий, указанных в разделе 6, а также в случае отличия условий проведения испытаний от условий эксплуатации, предельные значения допускаемых превышений температуры и температуры должны быть откорректированы.

Предельные значения соответствуют определенным условиям охлаждения, указанным в таблице 4, и определенной чистоте охлаждающего водорода.

8.10.1 Обмотки с косвенным охлаждением

Превышения температуры при оговоренных выше условиях (температуре газообразной охлаждающей среды 40 °С и высоте над уровнем моря не более 1000 м) не должны превышать значений, приведенных в таблице 7 (для воздушного охлаждения) или таблице 8 (для водородного охлаждения).

Для других условий эксплуатации на месте установки для типовых режимов, отличных от S1, и для номинальных напряжений машины свыше 12000 В предельные допускаемые значения должны быть скорректированы согласно таблице 9 (см. также таблицу 5).

В случае, когда измерение температуры проводят методом термометра в соответствии с 8.6.1, предельное превышение температуры должно соответствовать таблице 7.

Таблица 7 — Предельные допускаемые превышения температуры *К машин* с косвенным воздушным охлаждением обмоток

Часть электрической машины	Класс нагревостойкости								
	130(B)			155 (F)			180 (H)		
	Метод измерения								
	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей
1а) Обмотки переменного тока машин мощностью не менее 5000 кВт (кВ·А)	—	80	85[1)]	—	105	110[1)]	—	125	130[1)]
1б) Обмотки переменного тока машин мощностью более 200 кВт (кВ·А), но менее 5000 кВт (кВ·А)[1)]	—	80	90[1)]	—	105	115[1)]	—	125	135[1)]
1в) Обмотки переменного тока машин мощностью не более 200 кВт (кВ·А), кроме указанных в 1г) или 1д)[2)]	—	80	—	—	105	—	—	125	—
1г) Обмотки переменного тока машин мощностью не более 600 Вт (В·А)[2)]	—	85	—	—	110	—	—	130	—
1д) Обмотки переменного тока машин с естественным охлаждением без вентилятора (IC40) и/или капсулированные обмотки[2)]	—	85	—	—	110	—	—	130	—
2 Обмотки якоря, имеющие коллекторы	70	80	—	85	105	—	105	125	—
3 Обмотки возбуждения машин переменного и постоянного тока, кроме указанных в разделе 4	70	80	—	85	105	—	105	125	—
4а) Обмотки возбуждения постоянного тока синхронных машин, уложенные в пазы цилиндрических роторов, за исключением синхронизированных асинхронных двигателей	—	90	—	—	110	—	—	135	—
4б) Изолированные неподвижные обмотки возбуждения машин постоянного тока, имеющие более чем один слой	70	80	90	85	105	110	105	125	135

Окончание таблицы 7

Часть электрической машины	Класс нагревостойкости								
	130(B)			155 (F)			180 (H)		
	Метод измерения								
	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей
4в) Обмотки возбуждения низкого сопротивления машин переменного и постоянного тока, имеющие более одного слоя, и компенсационные обмотки машин постоянного тока	80	80	—	100	100	—	125	125	—
4г) Однослойные обмотки машин переменного и постоянного тока с оголенными или лакированными металлическими поверхностями и однослойные компенсационные обмотки машин постоянного тока[3]	90	90	—	110	110	—	135	135	—
5 Магнитные сердечники и другие конструктивные элементы, соприкасающиеся с изолированными обмотками	*80*	—	*90*	*105*	—	*110*	*125*	—	*135*

[1] Для обмоток переменного тока высокого напряжения поправки по пункту 4 таблицы 9.

[2] В случае применения при испытаниях метода наложения к обмоткам машин номинальной мощностью не более 200 кВт (кВ·А) или менее с изоляцией классов 130 (B) и 155 (F) пределы превышения температуры, приведенные для метода сопротивления, могут быть увеличены на 5 К.

[3] Сюда входят также многослойные обмотки, выполненные так, что каждый из нижних слоев соприкасается с циркулирующей первичной охлаждающей средой.

Таблица 8 — Предельные допускаемые превышения температуры (К) *машин* с косвенным водородным охлаждением обмоток

Часть электрической машины	Класс нагревостойкости			
	130(B)		155 (F)	
	Метод измерения			
	сопротивления	заложенных термопреобразователей	сопротивления	заложенных термопреобразователей
1 Обмотки переменного тока машин мощностью не менее 5000 кВт (кВ А) или с длиной сердечника не менее 1м при абсолютном давлении водорода[2)]:				
до 150 кПа включ. (1,5 бар)	—	85[1)]	—	105[1)]
св 150 кПа » 200 кПа » (2,0 бар)	—	80[1)]	—	100[1)]
» 200 кПа » 300 кПа » (3,0 бар)	—	78[1)]	—	98[1)]
» 300 кПа » 400 кПа » (4,0 бар)	—	73[1)]	—	93[1)]
» 400 кПа	—	70[1)]	—	90[1)]
2а) Обмотки переменного тока машин мощностью менее 5000 кВт (кВ-А) или с длиной сердечника менее 1 м	80	85[1)]	100	110[1)]
2б) Обмотки возбуждения машин переменного и постоянного тока, кроме указанных в пунктах 3, 4а, 4б	80	—	105	—
3 Обмотки возбуждения неявнополюсных машин, имеющих возбуждение постоянным током	85	—	105	—
4а) Многослойные обмотки возбуждения низкого сопротивления и компенсационные обмотки	80	—	100	—
4б) Однослойные обмотки с оголенными или лакированными металлическими поверхностями[3)]	90	—	110	—
5 Магнитные сердечники и другие конструктивные элементы, соприкасающиеся с изолированными обмотками	—	*85*	—	*105*

[1)] Для обмоток переменного тока высокого напряжения поправки по пункту 4 таблицы 9.

[2)] Допустимое превышение температуры зависит от давления водорода.

[3)] Сюда входят также многослойные обмотки, выполненные так, что каждый из нижних слоев соприкасается с циркулирующей первичной охлаждающей средой.

Таблица 9 — Поправки к предельным допускаемым превышениям температуры машин с косвенным охлаждением обмоток, учитывающие отличия эксплуатации и режимов работы на месте установки от номинальных условий

Условие эксплуатации на месте установки или номинальные данные		Поправка к предельным превышениям температуры $\Delta\Theta$ в таблицах 7 и 8
1 Максимальная температура окружающего воздуха или охлаждающего газа на входе в машину Θ_c при высоте над уровнем моря не более 1000 м		
1а) Если разница между классом нагревостойкости изоляции и предельным значением температуры, полученной как сумма нормируемой температуры охлаждающей среды на входе в машину (40 °С) и превышения температуры по таблицам 7 и 8, не более 5 К. Для больших высот над уровнем моря температура 40 °С заменяется на значение, приведенное в таблице 5	От 0 °С до 40 °С включ.	Увеличивается на значение, на которое температура охлаждающей среды меньше 40 °С
1б) Если разница между классом нагревостойкости изоляции и предельным значением температуры, полученной как сумма нормируемой температуры охлаждающей среды на входе в машину (40 °С) и превышения температуры по таблицам 7 и 8, более 5 К. Для больших высот над уровнем моря температура 40 °С заменяется на значение, приведенное в таблице 5	То же	Увеличивается на значение, на которое температура охлаждающей среды меньше 40 °С, но это значение должно быть уменьшено с учетом следующего фактора: 1-{ [Класс нагревостойкости — (40 °С + $\Delta\Theta$)]/80 К} ($\Delta\Theta$ — предельное превышение температуры по таблицам 7 и 8 при температуре охлаждающей среды, равной 40 °С)
1в)	Св. 40 °С до 60 °С включ.	Уменьшается на разность между температурой охлаждающей среды и 40 °С
1г)	Менее 0 °С или св. 60 °С	По согласованию
2 Максимальная температура воды на входе в теплообменники, охлаждаемые водой, или максимальная температура окружающей воды для погружных машин с поверхностным охлаждением или машин с водяным охлаждающим кожухом Θ_w	*От 1 °С до 30 °С включ*	Увеличивается на 15 К и на разность между *30* °С и Θ_w
	Св 30 °С	Увеличивается на 15 К и уменьшается на разность между Θ_w и *30* °С
3 Высота над уровнем моря *H*	Св. 1000 м до 4000 м включ., при этом максимальная температура окружающего воздуха не нормируется	Нет поправки. Считается, что понижение охлаждающей способности из-за разряженности воздуха компенсируется понижением максимальной температуры окружающей среды ниже 40 °С и что полная допустимая температура поэтому не будет превышать суммы 40 °С и превышения температуры по таблицам 7 и 8[1]). По согласованию

Окончание таблицы 9

Условие эксплуатации на месте установки или номинальные данные		Поправка к предельным превышениям температуры $\Delta\Theta$ в таблицах 7 и 8
4 Номинальное напряжение обмотки статора $U_{ном}$	Св.12 кВ до 24 кВ включ. Св. 24 кВ	$\Delta\Theta$ для заложенных температурных преобразователей (ЗТП) должно быть уменьшено на 1 К для каждого 1 кВ (или части его) от 12 и до 24 кВ включ. По согласованию
5 Номинальные значения для кратковременного режима S2 и номинальной выходной мощности менее 5000 кВт (кВ·А)[2]		Увеличивается на 10 К
6 Номинальные значения для непериодического режима S9[1]		$\Delta\Theta$ может быть повышено на короткие периоды времени работы машины
7 Номинальные значения для режима с дискретными нагрузками S10[2]		$\Delta\Theta$ может быть повышено для дискретных периодов во время работы машины

[1] Максимальная температура окружающего воздуха на месте установки, указанная в таблице 5, определена с учетом понижения температуры окружающей среды, равного 1 % предела превышения температуры на каждые 100 м высоты свыше 1000 м.

[2] Только для обмоток, охлаждаемых воздухом.

Если для обмоток, косвенно охлаждаемых воздухом, условия на месте испытания отличаются от таковых на месте установки, предельные значения превышений температур для места испытаний должны быть скорректированны в соответствии с таблицей 10.

Если корректировка предельных значений в соответствии с таблицей 10 приводит к тому, что допускаемые температуры, полученные для места испытаний, оцениваются производителем как чрезмерные, то процедура испытаний и предельные значения должны быть согласованы с заказчиком.

Для машин с косвенным охлаждением обмотки статора водородом корректировка предельных значений температур для места испытаний не приведена, так как маловероятно, что такие машины могут быть испытаны при номинальной нагрузке где-либо в другом месте, кроме места установки.

Таблица 10 — Скорректированные предельные превышения температуры К машин с косвенным воздушным охлаждением на месте испытаний $\Delta\Theta_т$ с учетом условий на месте установки

Условие испытаний		Скорректированный предел превышения температуры для места испытаний $\Delta\Theta_т$
1 Разница между температурами нормативной охлаждающей среды на месте испытаний $\Theta_{cт}$ и на месте установки Θ_c	Абсолютное значение $\Theta_c - \Theta_{cт}$ — до 30 К включ.	$\Delta\Theta_т = \Delta\Theta$
	Абсолютное значение $\Theta_c - \Theta_{cт}$ — св. 30 К	По согласованию
2 Разница между высотами над уровнем моря на месте испытаний $H_т$ и на месте установки H	H — св.1000 до 4000 м включ. $H_т$ — менее 1000 м	$\Delta\Theta_т = \Delta\Theta[1-(H-1000\ м)/10000\ м]$
	H — менее 1000 м $H_т$ — св.1000 до 4000 м включ.	$\Delta\Theta_т = \Delta\Theta[1+(H_т-1000м)/10000\ м]$
	H — св.1000 до 4000 м включ. $H_т$ — св.1000 до 4000 м включ.	$\Delta\Theta_т = \Delta\Theta[1+(H_т-H)/10000\ м]$
	H — св. 4000 м или $H_т$ — св. 4000 м	По согласованию

Примечания

1 $\Delta\Theta$ дано в таблице 7 и корректируется, если необходимо, в соответствии с таблицей 9.

2 Если превышение температуры должно быть измерено над температурой воды на входе в охладитель, влияние высоты над уровнем моря на разницу температур между воздухом и водой должно обязательно учитываться. Однако для большинства конструкций охладителей эффект будет малым, причем разница увеличивается с увеличением высоты над уровнем моря приблизительно на 2 К на каждые 1000 м. Если корректировка необходима, она должна быть согласована с заказчиком.

8.10.2 Обмотки с непосредственным охлаждением

Температуры обмоток с непосредственным охлаждением при нормативных условиях не должны превышать значений, приведенных в таблице 11.

Таблица 11 — Предельные допускаемые температуры, °С, *машин* с непосредственным охлаждением и их охлаждающих сред

Часть электрической машины	Класс нагревостойкости					
	130(B)			155 (F)		
	Метод измерения					
	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей
1 Охлаждающая среда на выходе из обмоток переменного тока с непосредственным охлаждением. Эти температуры предпочтительнее приведенных в пункте 2 для принятия в качестве основы номинальных данных						
1а) Газ (воздух, водород, гелий и т.д.)	110	—	*110*	130	—	*130*
1б) Вода *или масло*	90	—	*90*	90	—	*90*

Окончание таблицы 11

Часть электрической машины	Класс нагревостойкости					
	130(B)			155 (F)		
	Метод измерения					
	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей	термометра	сопротивления	заложенных термопреобразователей
2 Обмотки переменного тока						
2а) Охлаждаемые газом	—	—	120[1]	—	—	145[1]
2б) Охлаждаемые жидкостью	—	—	120[1]	—	—	145[1]
3 Обмотки возбуждения машин турботипа						
3а) Охлаждаемые газом, выходящим из ротора, при следующем числе выходных зон [2]:						
1 и 2	—	100	—	—	115	—
3 и 4	—	105	—	—	120	—
6	—	110	—	—	125	—
от 8 до 14	—	115	—	—	130	—
св. 14	—	120	—	—	135	—
3б) Охлаждаемые жидкостью	При максимальной температуре охлаждающей среды по пункту 1б) температура в нагретых точках не должна превышать допустимых значений					
4 Обмотки возбуждения машин переменного и постоянного тока, за исключением указанных в пункте 3						
4а) Обмотки, охлаждаемые газом	—	130	—	—	150	—
4б) Обмотки, охлаждаемые жидкостью	При максимальной температуре охлаждающей среды по пункту 1б) температура в нагретых точках не должна превышать допустимых значений					
5 Магнитные сердечники и другие конструктивные элементы, соприкасающиеся с изолированными обмотками	—	—	*120*	—	—	*140*

[1] Коррекция предельных температур для высоковольтных обмоток переменного тока по таблице 9, пункт 2, в данном случае не проводится.

[2] Вентиляция ротора характеризуется числом радиальных выходных зон по всей длине ротора. Специальные зоны выхода охлаждающей среды в лобовых частях катушек обмоток рассматриваются в качестве одного выхода для каждого конца. Общая зона выхода двух аксиальных противоположно направленных потоков охлаждающей среды должна рассматриваться как две зоны.

Для других условий эксплуатации на месте установки предельные температуры должны быть скорректированы согласно таблице 12.

Таблица 12 — Поправки к предельным допускаемым температурам, °С, машин с непосредственным воздушным или водородным охлаждением на месте установки, учитывающие условия эксплуатации, отличные от номинальных

Рабочее условие или номинальное значение		Поправка к предельной допустимой температуре в таблице 5
1 Температура нормативной охлаждающей среды Θ_c	От 0 °С до 40 °С включ.	Уменьшение на разность между 40 °С и Θ_c. Однако по согласованию, может быть принято меньшее уменьшение с учетом, что при Θ_c менее 10 °С принятое уменьшение, по меньшей мере, равно разности между 10 °С и Θ_c
	От 40 °С до 60 °С включ.	Не корректируется
	До 0 °С или св. 60 °С	По согласованию с заказчиком
2 Номинальное напряжение обмотки статора $U_{ном}$	Св.11 кВ	Не корректируется. Поток тепла в основном передается охлаждающей средой внутри проводника, а не через основную изоляцию обмотки

Если условия на месте испытаний отличаются от таковых на месте установки, предельные значения температур должны быть скорректированы согласно таблице 13.

Если в результате корректировки предельных значений температур по таблице 13 полученные значения температур для места испытаний производитель считает чрезмерными, процедура испытаний и предельные значения температур должны быть согласованы с заказчиком.

Таблица 13 — Скорректированные предельные допускаемые температуры, °С, машин с непосредственным воздушным охлаждением на месте испытаний $\Theta_т$ с учетом рабочих условий на месте установки

Условие испытания		Скорректированный предел температуры на месте испытания $\Theta_т$
1 Разница между температурами нормативной среды на месте испытаний $\Theta_{cт}$ и на месте установки Θ_c	Абсолютное значение $\Theta_c - \Theta_{cт}$ — до 30 К включ.	$\Theta_т = \Theta$ [1]
	Абсолютное значение $\Theta_c - \Theta_{cт}$ — св. 30 К	По согласованию
2 Разница между высотами над уровнем моря на месте испытания $H_т$ и на месте установки H	H — св.1000 до 4000 м включ. $H_т$ — менее 1000 м	$\Theta_т = (\Theta - \Theta_c)[1-(H-1000\text{ м})/10000\text{ м}] + \Theta_{cт}$
	H — менее 1000 м $H_т$ — св.1000 до 4000 м включ.	$\Theta_т = (\Theta - \Theta_c)[1+(H-1000\text{м})/10000\text{ м}] + \Theta_{cт}$
	H — св.1000 до 4000 м включ. $H_т$ — св.1000 до 4000 м включ.	$\Theta_т = (\Theta - \Theta_c)[1+(H_т - H)/10000\text{ м}] + \Theta_{cт}$
	H — св. 4000 м или $H_т$ — св. 4000 м	По согласованию
Примечание — Θ дано в таблице 11 и корректируется в случае необходимости в соответствии с таблицей 12.		

8.10.3 Поправки, учитывающие чистоту водорода при испытании

Для обмоток, охлаждаемых непосредственно или косвенно водородом, никаких поправок на предельные значения превышения температуры или температуры не вводится, если содержание водорода в охлаждающей среде 95 % — 100 %.

8.10.4 Магнитные сердечники и другие конструктивные элементы (кроме подшипников), соприкасающиеся или не соприкасающиеся с изоляцией

Превышение температуры или температура этих частей не должны представлять опасность для соприкасающейся с ней изоляции *и должны соответствовать значениям, приведенным в таблицах 7, 8, 11.*

8.10.5 Постоянно короткозамкнутые обмотки, открытые или закрытые коллекторы и контактные кольца, щетки и щеткодержатели.

Превышение температуры или температура постоянно короткозамкнутых обмоток не должны достигать значений, которые создавали бы опасность повреждения изоляции самих обмоток и любых других соседних частей.

Превышение температуры или температура любого коллектора, контактного кольца, щетки или щеткодержателя не должны быть опасными для изоляции этих или любых других сопряженных с ними деталей.

Превышение температуры или температура коллектора или контактного кольца не должны превышать значений, при которых комбинация сорта щеток и материала коллектора или контактного кольца обеспечивает нормальное прохождение тока в полном рабочем диапазоне.

8.10.7 Подшипники

Температура подшипников не должна превышать следующих предельно допускаемых значений:

- 80 °С — для подшипников скольжения (при этом температура масла на сливе не должна быть более 65 °С);

- 100 °С — для подшипников качения.

Более высокая температура допускается, если применены специальные подшипники качения или специальные сорта масел при соответствующих материалах вкладышей для подшипников скольжения, что должно быть указано в стандартах или технических условиях на данный вид машины.

9 Другие характеристики и испытания

9.1 Испытания

***9.1.1 Контрольные* испытания**

Контрольные испытания проводят, как правило, на предприятии-изготовителе на машинах, собранных производителем. При этом машина может быть собрана не полностью, не иметь некоторых частей, которые не могут существенно повлиять на результаты испытания.

В таблице 14 приведен объем контрольных испытаний. Испытания по позициям 1—*10, 17* определяют минимальный объем испытаний. Приведенный перечень испытаний может быть дополнен другими контрольными испытаниями, *если это предусмотрено соглашением (контрактом), стандартами или техническими условиями на электрические машины конкретных типов.* При проведении некоторых из приведенных в таблице 14 испытаний не требуется сочленения испытуемой машины с другой машиной.

В таблице 14 термин «синхронные машины» включает в себя и машины с возбуждением с помощью постоянных магнитов.

Для машин постоянного тока в зависимости от их размеров и конструкции испытания по проверке коммуникации под нагрузкой допускается проводить при контрольных испытаниях.

Контрольные испытания в объеме, указанном в таблице 14, обычно проводят на каждой машине при приемо-сдаточных испытаниях (см. ГОСТ 15.309, ГОСТ 16504).

Таблица 14 — Объем контрольных испытаний

Вид испытания	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1)]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
1 Измерение сопротивления обмоток *и заложенных термопреобразователей* (при их наличии) при постоянном токе в холодном состоянии	Да	Да	Да	Да	Да
2 Определение тока и потерь холостого хода	Да	—	Да	—	—
3а) Определение потерь холостого хода при номинальном напряжении и коэффициенте мощности, равном 1[2)]	—	Да	—	—	—

Продолжение таблицы 14

Вид испытания	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
3б) Определение тока возбуждения холостого хода при номинальном напряжении и холостом ходе[2]	—	—	Да	—	—
4 Определение тока возбуждения при номинальной частоте вращения и номинальном напряжении якоря	—	—	—	—	Да
5 Определение индуктированного напряжения вторичной цепи при неподвижном роторе асинхронных двигателей с фазным ротором[3]	Да	—	—	—	—
6а) Определение направления вращения	Да	Да	—	Да	Да
6б) Определение чередования фаз	—	—	Да	—	—
7 Испытание изоляции повышенным напряжением в соответствии с 9.2	Да	Да	Да	Да	Да
8 Проверка коммутации при номинальной нагрузке и кратковременной перегрузке по току	—	—	—	*Да*	*Да*
9 Определение сопротивления изоляции обмоток, заложенных термопреобразователей, нагревателей, изолированных подшипников и масляных уплотнений (при их наличии)	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*
10 Измерение биения коллектора и контактных колец; проверка биения концов вала	— —	— —	— —	*Да* *Да*	*Да* *Да*
11 Испытание при повышенной частоте вращения[4]	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*
12 Определение характеристики установившегося симметричного трехфазного (или однофазного) короткого замыкания	—	*Да*	*Да*	—	—
13 Определение тока и потерь короткого замыкания при неподвижном роторе	*Да*	—	—	—	—
14 Проверка номинальных данных	—	—	—	*Да*	*Да*
15 Испытание системы возбуждения [5]	—	*Да*	*Да*	—	—
16 Измерение уровня шума [6]	*Да*	—	—	*Да*	*Да*

Окончание таблицы 14

Вид испытания	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
17 Измерение вибрации подшипников	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*
18 Проверка работы системы водородного охлаждения и определение утечки водорода	—	*Да*	*Да*	—	—
19 Проверка системы жидкостного охлаждения	—	—	*Да*	*Да*	*Да*
20 Проверка биения контактных колец (при их наличии)	*Да*	*Да*	*Да*	—	—

[1] По Международному электротехническому словарю [4].

[2] Исключая машины с постоянными магнитами.

[3] В целях безопасности это испытание следует проводить при пониженном напряжении.

[4] Необходимость проведения испытания устанавливается в стандартах или технических условиях на конкретные типы машин.

[5] По программе, установленной в технических условиях на синхронные машины или в стандартах на системы возбуждения.

9.1.2 Типовые испытания

Для подтверждения соответствия машины определенным требованиям и характеристикам, установленным в стандарте, на предприятии-изготовителе проводят типовые испытания машины данного типа. Объем типовых испытаний приведен в таблице 15.

Таблица 15 — Объем типовых испытаний

Испытание	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
1 Испытания в объеме контрольных испытаний (таблица 14)	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*
2 Определение характеристики холостого хода	*Да*	*Да*	*Да*	—	*Да*[2]
3 Определение характеристики трехфазного короткого замыкания	*Да*	*Да*	*Да*	—	—
4 Испытания на нагревание	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*
5 Определение коэффициента полезного действия *коэффициента мощности* *коэффициента скольжения*	*Да* *Да* *Да*	*Да* *Да* —	*Да* *Да* —	*Да* — —	*Да* — —
5а Определение потерь для номинального режима работы синхронного компенсатора	—	*Да*	—	—	—
6 Испытания при кратковременной перегрузке по току	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*	*Да*

Продолжение таблицы 15

Испытание	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
7 Испытания при кратковременной перегрузке по вращающему моменту[2]	Да	—	—	Да	—
8 Определение внешней характеристики генератора	—	—	—	—	Да
9 Определение механической (скоростной) характеристики двигателя[2]	—	—	—	Да	—
10 Определение регулировочной характеристики[3]	—	—	Да	Да	Да
11 Определение области безыскровой работы для машин с добавочными полюсами	—	—	—	Да	Да
12 Испытание при повышенной частоте вращения[4]	Да	Да	Да	Да	Да
13 Определение максимального вращающего момента	Да	Да	—	—	—
14 Определение минимального вращающего момента	Да	Да	—	—	—
15 Определение начального пускового момента	Да	Да	—	—	—
16 Определение номинального входного вращающего момента	—	Да	—	—	—
17 Определение начального пускового тока	Да	Да	—	—	—
18 Определение тока третьей гармонической составляющей при соединении обмотки статора в треугольник	—	—	Да	—	—
19 Определение V-образной характеристики[3]	—	Да	Да	—	—
20 Определение номинального тока возбуждения регулировочной характеристики	—	Да	Да	—	—
21 Определение относительного изменения напряжения[3]	—	Да	—	—	—
22 Испытание на механическую прочность при ударном токе короткого замыкания	—	Да	Да	—	—
23 Определение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения	—	—	Да	—	—
24 Определение индуктивных сопротивлений и постоянных времени обмоток	—	Да	Да	Да	Да

Окончание таблицы 15

Испытание	Асинхронные машины (включая синхронизированные асинхронные двигатели)[1]	Синхронные машины		Машины постоянного тока	
		Двигатели и компенсаторы	Генераторы (в т.ч. асинхронизированные — АСГ)	Двигатели	Генераторы
25 Испытание при несимметричной нагрузке фаз	—	Да	Да	—	—
26 Испытание на электромагнитную совместимость[2]: - устойчивость к электромагнитным помехам (отклонения напряжения и частоты от номинальных значений, несимметрия и несинусоидальность напряжения питающей сети) - на помехоэмиссию радиопомехи и кондуктивные помехи[4]	Да[5] Да	— Да	— Да	— Да	— Да
27 Измерение уровня шума[4]	Да	Да	Да	Да	Да
28 Проверка степени защиты	Да	Да	Да	Да	Да
29 Испытания на стойкость к внешним климатическим и механическим воздействующим факторам	Да	Да	Да	Да	Да
30 Проверка массы, габаритных, установочных и присоединительных размеров	Да	Да	Да	Да	Да

[1] По Международному электротехническому словарю [4].
[2] Для машин с электромагнитным возбуждением.
[3] Необходимость проведения испытания устанавливается в техническом задании, стандарте или технических условиях на машины конкретных типов.
[4] В случае, если данное испытание не проводилось при контрольных испытаниях.
[5] Для двигателей переменного тока напряжением до1000 В и постоянного тока до 1500 В.
[6] Для машин, имеющих щетки, и машин с регулируемой частотой вращения.

В случае невозможности или технической сложности проведения испытаний по полной программе на предприятии-изготовителе или в организации разработчика по согласованию отдельные виды испытаний допускается проводить на месте установки машины по согласованной программе, что должно быть отражено в техническом задании или в технических условиях на электрические машины конкретных типов.

Объем типовых испытаний, приведенный в таблице 15, может быть дополнен другими испытаниями электрических машин, если это предусмотрено соглашением (контрактом), стандартами или техническими условиями на электрические машины конкретных типов.

Типовым испытаниям должен подвергаться головной (опытный) образец вновь разработанной машины, а также образец выпускаемой машины определенного типа при изменении ее конструкции, материалов или технологии изготовления, влияющих на характеристики и свойства машины. Такие испытания классифицируют как приемочные испытания.

За время производства и выпуска машины периодически в сроки, установленные в стандартах или в технических условиях на машины конкретных типов, проводят типовые испытания машины определенного типа для проверки стабильности производства и качества машины. Эти испытания определяются как периодические испытания.

Примечание — Определения приемочных и периодических испытаний — по ГОСТ 15.309, ГОСТ 16504.

9.1.3 Методы испытаний

9.1.3.1 Методы испытаний электрических машин (общие) — по ГОСТ 11828.

9.1.3.2 Методы испытаний машин постоянного тока — по ГОСТ 10159.

9.1.3.3 Методы испытаний синхронных машин — по ГОСТ 10169.

9.1.3.4 Методы испытаний асинхронных двигателей — по ГОСТ 7217.

9.1.3.5 Методы определения потерь и коэффициента полезного действия — по ГОСТ 25941.

9.1.3.6 Методы измерения уровня шума — по ГОСТ 11929.

9.1.3.7 Методы оценки вибрации электрических машин с высотой оси вращения не менее 56 мм — по [3], паротурбинных агрегатов — по ГОСТ 25364, машин малой мощности — по ГОСТ 20832.

9.1.3.8 Методы подтверждения степени защиты — по ГОСТ 17494, ГОСТ 14254.

9.1.3.9 Методы испытаний на электромагнитную совместимость — по ГОСТ Р 51317.4.14, ГОСТ Р 51317.4.28, ГОСТ Р 51318.11, ГОСТ Р 51318.14.1, ГОСТ Р 51320.

9.1.3.10 Испытания на стойкость к воздействию агрессивных сред — по ГОСТ 24683.

9.1.3.11 Испытания на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам — по ГОСТ 16962.2.

9.1.3.12 Испытания на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам — по ГОСТ 16962.1.

9.1.3.13 Испытания упаковки на прочность при транспортировании — по ГОСТ 23216.

9.1.3.14 Испытания двигателей переменного тока в составе частотно-регулируемых электроприводов — по ГОСТ Р 51137.

9.1.3.15 Испытания асинхронных двигателей на устойчивость к электромагнитным помехам — по ГОСТ Р 50034.

9.2 Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением

Каждая электрическая машина должна выдерживать без повреждения изоляции испытание повышенным напряжением изоляции обмоток относительно корпуса машины, между обмотками, а также *между витками обмоток.*

9.2.1 Изоляция обмоток должна выдерживать полное испытательное напряжение без повреждений в течение 1 мин.

За исключением случаев, указанных ниже, испытательное напряжение должно быть практически синусоидальным промышленной частоте и иметь предельное значение в соответствии с таблицей 16.

Нормированное испытательное напряжение следует прикладывать между испытуемой обмоткой и корпусом машины; при этом сердечник и другие обмотки, к которым в это время не приложено напряжение, должны быть присоединены к корпусу.

Испытания проводят на предприятиях-изготовителях на новой полностью собранной машине со всеми ее частями в условиях, приближенных к нормальным условиям эксплуатации, или после монтажа машины на месте установки. Если проводят испытание на нагревание, то испытание для проверки изоляции повышенным напряжением проводят немедленно после испытания на нагревание.

Если у многофазной электрической машины с номинальным напряжением более 1 кВ изолированы оба конца обмотки каждой фазы, то испытательное напряжение прикладывают к каждой фазе, а остальные фазы присоединяют к корпусу.

Однако для машин *напряжением* не менее *3000 В* при отсутствии оборудования, необходимого для проведения испытаний переменным напряжением промышленной частоты на месте установки машины, эти испытания по согласованию с заказчиком могут быть заменены испытанием изоляции выпрямленным напряжением, значение которого должно в 1,7 раза превышать эффективное значение переменных напряжения, указанных в таблице 16.

Примечание — При этом понимается, что при таких испытаниях распределение потенциалов в изоляции лобовых частей отличается от имеющих место при испытаниях переменным напряжением.

Испытания следует начинать с напряжения, не превышающего половины испытательного напряжения, указанного в таблице 16. Затем напряжение должно повышаться до полного значения плавно или ступенями, не превышающими 5 % его окончательного значения. Допускаемое время повышения напряжения от половинного до полного значения должно быть не менее 10 с.

При стандартных испытаниях машин серийного производства мощностью до 200 кВт (кВ·А) и напряжением не более 1 кВ допускается заменять вышеуказанное одноминутное испытание испытанием в течение 1 с напряжением, равным 120 % испытательного напряжения, по таблице 16.

Обмотки, выдержавшие испытание полным повышенным напряжением при приемке, повторному испытанию не подвергают. Однако если по требованию заказчика проводят повторные испытания, то изоляцию обмотки после дополнительной сушки (если это необходимо) испытывают напряжением, равным 80 % указанного в таблице 16.

Испытательное напряжение для изоляции комплекса, состоящего из машины постоянного тока и статического преобразователя, определяют как бóльшее из двух значений, указанных в таблице 16, для номинального напряжения машины постоянного тока и для эффективного значения номинального линейного напряжения переменного тока — на выходе преобразователя.

Аналогично для комплекса, состоящего из машины переменного тока и преобразователя, испытательное напряжение следует определять бóльшим из двух значений по таблице 16 для обмоток переменного тока и преобразователя.

Изоляцию полностью перемотанных обмоток следует испытывать полным напряжением, указанным в таблице 16 для новых машин.

Если в договорах между пользователями и ремонтными предприятиями предусмотрены испытания повышенным напряжением для проверки электрической прочности изоляции при частичных перемотках машины или при капитальных ремонтах, то рекомендуется следующее:

- при частичной замене обмотки изоляцию следует испытывать напряжением, равным 75 % полного испытательного напряжения, принятого для новых машин. Перед испытанием оставшаяся часть обмотки должна быть тщательно очищена и высушена;

- *перед капитальным ремонтом машины непосредственно после ее остановки, до очистки* изоляция обмотки должна быть испытана напряжением, равным 1,5 *или 1,7 (по соглашению)* номинального напряжения, но не менее 1000 В, если номинальное напряжение не менее 100 В, и не менее 500 В, если номинальное напряжение менее 100 В.

Таблица 16 — Испытательные напряжения

Электрическая машина или ее части	Испытательное напряжение (действующее значение)
1 Изолированные обмотки вращающихся машин номинальной мощностью менее 1 кВт (кВ·А) на номинальное напряжение ниже 100 В, за исключением указанных в пунктах 4 — 8	500 В плюс двукратное номинальное напряжение
2 Изолированные обмотки вращающихся машин номинальной мощностью менее 10000 кВт (кВ·А), за исключением указанных в пунктах 1 и 4 — 8 включ.[2)]	1000 В плюс двукратное номинальное напряжение, но не менее 1500 В[1)]
3 Изолированные обмотки машин номинальной выходной мощностью не менее 10000 кВт (кВ·А), за исключением указанных в пунктах 4 — 8[2)]. Номинальное напряжение[1)]: - до 24000 В включ. - св. 24000 В	 1000 В плюс двукратное номинальное напряжение По согласованию
4 Обмотки возбуждения машин постоянного тока с независимым возбуждением	1000 В плюс двукратное максимальное номинальное напряжение возбуждения, но не менее 1500 В
5 Обмотки возбуждения синхронных машин: генераторов, двигателей и компенсаторов: 5а) Номинальное напряжение возбуждения: - до 500 В включ. - св. 500 В 5б) Машин, для которых предусмотрен пуск с обмоткой возбуждения, короткозамкнутой или включенной на сопротивление, менее десятикратного сопротивления обмотки возбуждения	 Десятикратное номинальное напряжение возбуждения, но не менее 1500 В 4000 В плюс двукратное номинальное напряжение возбуждения Десятикратное номинальное напряжение возбуждения, но не менее 1500 В и не более 3500 В

Окончание таблицы 16

Электрическая машина или ее части	Испытательное напряжение (действующее значение)
5в) Машин, для которых предусмотрен пуск с обмоткой возбуждения, замкнутой на сопротивление, значение которого не менее десятикратного сопротивления обмотки, или с разомкнутой обмоткой возбуждения независимо от наличия или отсутствия выключателя для секционирования обмотки возбуждения	1000 В плюс двукратное максимальное действующее значение напряжения, которое может быть при данных условиях между выводами обмотки или между выводами любой секции, но не менее 1500 В[3)]
6 Вторичные обмотки (обычно ротора) асинхронных двигателей или синхронизированных асинхронных двигателей, не находящиеся постоянно в короткозамкнутом состоянии (например, если предназначены для реостатного пуска):	
6а) Для нереверсивных двигателей или реверсируемых только из неподвижного состояния	1000 В плюс двукратное напряжение разомкнутой цепи при неподвижном состоянии, измеренное между контактными кольцами, или вторичными выводами при номинальном напряжении, приложенном к первичным обмоткам
6б) Для двигателей, допускающих реверсирование или торможение посредством реверсирования первичного питания во время работы двигателя	1000 В плюс четырехкратное напряжение разомкнутой вторичной цепи при неподвижном состоянии, как определено в пункте 6а)
7 Возбудители (за исключением указанных ниже). *Исключение 1* — Возбудители для синхронных двигателей (включая синхронизированные асинхронные двигатели), если во время пуска они заземлены или отсоединены от обмоток возбуждения. *Исключение 2* — Обмотки возбуждения возбудителей с независимым возбуждением (см. пункт 4)	То же, что для обмоток, к которым они присоединены 1000 В плюс двукратное номинальное напряжение возбудителя, но не менее 1500 В
8 Электрически взаимосвязанные машины и аппараты	Если группа собрана из нескольких новых, только что установленных и соединенных вместе машин и аппаратов, из которых каждая машина и каждый аппарат проходили испытания на электрическую прочность в соответствии с пунктами 1—7, то повторные испытания, по возможности, не проводят; если же они признаны необходимыми, то испытательное напряжение не должно превышать 80 % испытательного напряжения той машины (или того аппарата), у которой (которого) это напряжение наименьшее[4)]
9 Устройства (приборы), которые находятся в физическом контакте с обмотками, например температурные преобразователи, должны быть испытаны относительно корпуса машины. Во время испытания повышенным напряжением машины все устройства, находящиеся в физическом контакте с обмоткой, должны быть соединены с корпусом	1500 В

[1)] Для двухфазных обмоток, имеющих один общий вывод, за номинальное напряжение, по которому определяется испытательное напряжение, принимается наибольшее действующее значение напряжения, возможного между любыми двумя выводами во время работы машины.

[2)] Испытательное напряжение для машин с разными уровнями изоляции вдоль обмотки определяется по согласованию с заказчиком.

[3)] Напряжение, возникающее при пусковых условиях между выводами обмоток возбуждения или между выводами ее секции, может быть измерено при любом пониженном напряжении питания, и измеренное таким образом напряжение должно быть умножено на отношение напряжения при пусковых условиях к пониженному напряжению питания, использованного для измерения.

[4)] Для обмоток одной или более машин, соединенных вместе электрически, напряжение, которое принимается во внимание, — это максимальное напряжение, которое возникает по отношению к земле.

Все электрические машины, независимо от того, подвергалась ли на предприятии-изготовителе их изоляция испытанию напряжением, указанным в таблице 16, в собранном виде или отдельными частями, должны в собранном виде после их установки перед сдачей в эксплуатацию выдерживать в течение 1 мин испытание изоляции напряжением, равным 80 % испытательного напряжения, по таблице 16. Такие испытания на месте установки обязательны для турбогенераторов, гидрогенераторов, синхронных компенсаторов и асинхронных двигателей напряжением свыше 1000 В; для остальных машин испытание проводят по усмотрению потребителя. По согласованию с заказчиком допускается дополнительное испытание выпрямленным напряжением, равным 1,36 эффективного значения переменного напряжения таблицы 16.

Эти испытания допускается не проводить, если полностью или частично уложенная обмотка на месте установки машины была испытана 100 %-ным испытательным напряжением по таблице 16 после установки машины на фундамент.

При вводе машины в эксплуатацию после ремонта или осмотра со вскрытием люков, при которых не проводились работы на обмотке, исправность ее изоляции должна быть проверена напряжением не ниже номинального.

Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением проводят по ГОСТ 11828.

9.2.2 Для обмоток, состоящих из витков, изоляция между смежными витками должна выдерживать в течение 3 мин испытание повышенным напряжением.

Это испытание проводят при холостом ходе электрической машины повышением подводимого (при испытании в режиме двигателя) или генерируемого (при испытании в режиме генератора) напряжения на 30 % сверх номинального напряжения.

Для электрических машин, у которых при напряжении 1,3 номинального ток холостого хода может превышать номинальный, длительность испытаний может быть сокращена до 1 мин.

Для гидрогенераторов изоляция обмотки между смежными ее витками должна выдерживать повышение напряжения на 50 % сверх номинального напряжения гидрогенератора в течение 5 мин при катушечной и 1 мин — при стержневой обмотках.

Для турбогенераторов изоляция обмотки между смежными ее витками должна выдерживать повышение напряжения на 30 % сверх номинального напряжения в течение 5 мин.

Для синхронных машин (кроме турбогенераторов и гидрогенераторов), у которых при номинальном токе возбуждения напряжение холостого хода превышает номинальное напряжение машины более чем на 30 %, испытание проводят при напряжении холостого хода, соответствующем номинальному току возбуждения.

Для электрических машин постоянного тока с числом полюсов более четырех повышение напряжения при испытании не должно быть более значения, при котором среднее напряжение между смежными коллекторными пластинами равно 24 В.

Для возбудителей, рассчитанных на форсировку возбуждения, при которой напряжение возбудителя превосходит номинальное напряжение более чем на 30 %, испытание проводят при предельном напряжении форсировки в течение 1 мин.

Для трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором испытание обмотки ротора следует проводить при неподвижном роторе и разомкнутой обмотке ротора.

При повышении напряжения на 30 % и 50 % допускается одновременное повышение частоты переменного тока; если испытание проводят на вращающейся электрической машине, то повышение частоты не должно быть более 15 %.

Для машин с многовитковыми секциями с номинальным напряжением до 660 В включительно допускается применение устройств, основанных на принципе использования высокой или повышенной частоты.

9.2.3 Многовитковыми секциями обмотки статора электрических машин переменного тока с номинальным напряжением от 3 до 15 кВ включительно должны быть испытаны на импульсную прочность изоляции обмотки в соответствии с требованиями [1], а асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором напряжением до 690 В включительно — в соответствии с требованиями [2].

9.2.4 Требования к сопротивлению изоляции и других частей машины указаны в приложении В. Измерение сопротивления изоляции — по ГОСТ 11828.

9.3 Кратковременные перегрузки по току

9.3.1 Общие положения

Способность вращающихся электрических машин к кратковременным перегрузкам по току необходима для обеспечения координации машин с устройствами их управления и защиты, а также для повыше-

ния надежности работы как самих машин, так и энергосети при некоторых анормальных режимах. Настоящий стандарт не устанавливает испытаний, подтверждающих эту способность. Нагревание обмотки машины примерно пропорционально произведению квадрата тока и времени воздействия. Ток, превышающий номинальный, вызывает повышение температуры сверхнормированной температуры при номинальном токе. Если не согласовано иное, считается, что за срок службы машина будет работать при кратковременных перегрузках по току лишь в течение коротких периодов времени. Если машина переменного тока предназначена для использования как в качестве генератора, так и в качестве двигателя при различных номинальных токах, то способность к перегрузке должна устанавливаться по согласованию.

Примечание — Требование в отношении допустимых перегрузок синхронных машин по току обратной последовательности при анормальных режимах см. в 7.2.3.

9.3.2 Генераторы

Генераторы переменного тока *с косвенным охлаждением обмоток статора* должны выдерживать ток, равный 1,5 номинального тока в течение *2 мин*.

Генераторы переменного тока *с непосредственным охлаждением обмоток статора* должны выдерживать ток, равный 1,5 номинального тока, в течение *1 мин, если иное не оговорено в стандартах или технических условиях на генераторы конкретных типов.*

9.3.3 Двигатели (кроме двигателей с коллектором и двигателей с постоянными магнитами)

Трехфазные двигатели переменного тока мощностью не менее *0,55 кВт с косвенным охлаждением обмоток статора* должны выдерживать ток, равный 1,5 номинального тока, в течение *2 мин*.

Двигатели малой мощности — по ГОСТ 16264.0.

9.3.4 Коллекторные машины

Коллекторные машины *(кроме возбудителей с отношением предельного напряжения к номинальному напряжению возбуждения более 1,6)* должны выдерживать ток, равный 1,5 номинального тока, в течение 1 мин при следующих комбинациях условий:

а) частота вращения

1) двигатель постоянного тока: наибольшая скорость при полном возбуждении,

2) генератор постоянного тока: номинальная скорость,

3) коллекторный двигатель переменного тока: наибольшая скорость при полном возбуждении;

б) напряжение якоря: в соответствии с нормированой скоростью.

Возбудители постоянного тока с отношением предельного напряжения к номинальному напряжению возбуждения более 1,6 должны выдерживать ток, равный 2,0 номинального тока возбуждения возбуждаемой машины, в течение 1 мин. При использовании данного типа возбудителя для нескольких типов машин с различными токами возбуждения за номинальный ток возбуждения принимают наибольший из этих токов.

Примечание — Следует обратить внимание на пределы коммутационной способности машин.

9.4 Кратковременная перегрузка двигателей по вращающему моменту

9.4.1 Многофазные асинхронные двигатели и двигатели постоянного тока

Максимальный вращающий момент асинхронных двигателей общего назначения при номинальных значениях питающего напряжения и частоты должен быть не менее 1,76 номинального вращающего момента.

Если не оговорено иное, двигатели независимо от режима работы и конструкции должны выдерживать в течение 15 с без остановки или резкого изменения частоты вращения перегрузку по вращающему моменту, равную 60 % номинального значения (при постепенном увеличении нагрузочного момента). При этом подведенное к двигателю напряжение и его частота должны сохранять номинальные значения.

Примечание — Для асинхронных двигателей, выпускаемых по ГОСТ 28327, требуются более высокие значения вращающих моментов.

Для двигателей постоянного тока максимальный вращающий момент должен быть выражен функцией тока перегрузки.

Двигатели для типовых режимов S9 должны быть способны выдерживать кратковременную перегрузку по вращающему моменту, определяемую в соответствии со спецификой режима.

Примечание — При приближенном определении изменения температуры от потерь, зависящих от тока, должна быть использована эквивалентная тепловая постоянная времени, соответствующая 8.8.

Для двигателей, предназначенных для специального применения, где требуется высокий вращающий момент (например, для грузоподъемных механизмов), перегрузки по вращающему моменту должны быть согласованы.

Для короткозамкнутых асинхронных двигателей, специально сконструированных для обеспечения пуска при пониженном токе менее 4,5-кратного номинального значения, перегрузка по вращающему моменту может быть ниже 60 % указанной выше, но не менее 50 %.

Для асинхронных двигателей специальных типов с особыми пусковыми характеристиками, например предназначенных для использования при переменной частоте, или для асинхронных двигателей, питаемых от статических преобразователей, значения перегрузки по вращающему моменту должны быть согласованы.

9.4.2 Многофазные синхронные двигатели

Максимальный вращающий момент для синхронных двигателей номинальной частотой 50 Гц должен быть не менее 1,5 номинального момента для двигателей с неявнополюсными роторами и 1,7 — с явнополюсными роторами.

Максимальный вращающий момент для синхронных двигателей при частоте, отличающейся от 50 Гц, устанавливается в стандартах или технических условиях.

Если не согласовано иное, многофазные синхронные двигатели независимо от режима работы при возбуждении, соответствующем номинальной нагрузке, в течение 15 с должны выдерживать без выпадения из синхронизма указанные ниже перегрузки по вращающему моменту:

- синхронизированные асинхронные двигатели (с фазным ротором) — 35 % номинального вращающего момента;
- синхронные двигатели с неявнополюсными роторами — 35 % номинального вращающего момента;
- синхронные двигатели с явнополюсными роторами — 50 % номинального вращающего момента.

9.4.3 Другие двигатели

Кратковременные перегрузки по вращающему моменту однофазных, коллекторных и прочих двигателей должны устанавливаться по согласованию с заказчиком.

9.5 Минимальный вращающий момент асинхронных двигателей в процессе пуска

Если не оговорено иное (например, для асинхронных двигателей напряжением до 690 В включительно в ГОСТ 28327), значение минимального вращающего момента асинхронных двигателей в процессе пуска при номинальном напряжении должно быть не менее 0,3 номинального вращающего момента.

9.6 Безопасная рабочая частота вращения короткозамкнутых асинхронных двигателей

Все трехфазные односкоростные короткозамкнутые асинхронные двигатели до *250* габарита включительно с номинальным напряжением до 1000 В включительно должны быть способны к длительной безопасной работе без риска, связанного с причинением вреда эксплуатационному персоналу и окружающей среде, при частотах вращения до значений, указанных в таблице 17, если в табличке номинальных данных не указано иное.

Примечание — При работе с частотой вращения, превышающей номинальную, например при регулировании частоты вращения, могут увеличиться уровни шумов и вибраций. Поэтому потребитель может потребовать более точной балансировки ротора двигателя для обеспечения приемлемых условий работы с повышенной частотой вращения. Такая работа может снижать продолжительность жизни подшипников. Необходимо уделять особое внимание возможному сокращению срока работы смазки и интервалов между ее сменами.

Таблица 17 — Максимальные значения безопасной рабочей частоты вращения ($мин^{-1}$) трехфазных односкоростных короткозамкнутых асинхронных двигателей номинальным напряжением до 1000 В включительно и частотой 50 гЦ

Высота оси вращения (габарит), мм	Частота вращения асинхронных двигателей, $мин^{-1}$		
	двухполюсных	четырехполюсных	шестиполюсных
до 100 включ.	5200	3600	2400
» 112 »	5200	3600	2400
» 132 »	4500	2700	2400
» 160 »	4500	2700	2400
» 180 »	4500	2700	2400
» 200 »	3600	2300	1800
» 225 »	3600	2300	1800
» 250 »	3600	2300	1800

9.7 Повышенная частота вращения

Конструкцией электрических машин должна быть предусмотрена возможность выдерживания повышенных частот вращения, указанных в таблице 18.

Таблица 18 — Повышение частоты вращения

Тип машины	Повышенная частота вращения
1 Машины переменного тока	
Все машины переменного тока, кроме машин, указанных ниже:	1,2 наибольшей номинальной частоты вращения
1.1 Генераторы, приводимые в действие гидротурбинами, различные вспомогательные машины, соединенные непосредственно (электрически или механически) с основной машиной	Угонная частота вращения агрегата, если не установлено иное, не менее 1,2 наибольшей номинальной частоты вращения
1.2 Машины, которые при определенных условиях могут вращаться под действием нагрузки	Нормированная угонная частота вращения агрегата не менее 1,2 наибольшей номинальной частоты вращения
1.3 Двигатели с последовательным возбуждением и универсальные двигатели	1,1 частоты вращения при холостом ходе при номинальном напряжении. Для двигателей, сопряженных с нагрузкой так, что они не могут быть случайно отсоединены, выражение «частота вращения при холостом ходе» следует понимать как частоту вращения, соответствующую наименьшей из возможных нагрузок
1.4 Трехфазные односкоростные короткозамкнутые асинхронные двигатели, указанные в 9.6	1,2 максимальной безопасной рабочей частоты вращения
2 Машины постоянного тока:	
2.1 Двигатели с параллельным или независимым возбуждением	Наибольшее из двух значений: 1,2 максимальной номинальной частоты вращения или 1,15 частоты вращения при холостом ходе
2.2 Двигатели смешанного возбуждения, имеющие регулирование частоты вращения до 35 % и менее от номинальной	Наибольшее из двух значений: 1,2 максимальной номинальной частоты вращения или 1,15 частоты вращения при холостом ходе, но не более 1,5 максимальной номинальной частоты вращения
2.3 Двигатели смешанного возбуждения, имеющие регулирование частоты вращения более 35 % номинальной и двигатели с последовательным возбуждением	Повышенная частота вращения Изготовитель должен устанавливать максимальную безопасную рабочую частоту вращения и указывать ее на паспортной табличке номинальных данных. Повышенная частота вращения должна быть равна 1,1 максимальной безопасной рабочей частоты вращения. Указания максимальной безопасной рабочей частоты вращения на табличке номинальных данных не требуется для двигателей, выдерживающих увеличение частоты вращения до 1,1 частоты вращения при холостом ходе и номинальном напряжении
2.4 Двигатели с возбуждением постоянными магнитами	Повышенная частота вращения, указанная в 2.1, исключая двигатели, имеющие также последовательную обмотку; в этом случае они должны выдерживать повышенную частоту, указанную в 2.2 или 2.3
2.5 Генераторы	1,2 номинальной частоты вращения

Проведение испытания при повышенных частотах вращения обычно не требуется, однако оно может быть проведено по согласованию с заказчиком, если это предусмотрено в стандартах и технических условиях на отдельные типы машин (например, для турбогенераторов по ГОСТ 533). Результаты испытания при повышенной частоте вращения считаются удовлетворительными, если после окончания испытания нет видимых нежелательных остаточных деформаций и не обнаруживается других дефектов, которые помешали бы нормальной работе машины, и при условии, что изоляция обмотки ротора после испытаний повышенным напряжением удовлетворяет требованиям электрической прочности.

Продолжительность испытания при повышенной частоте вращения — 2 мин.

Незначительное остаточное увеличение диаметра ротора, вызванное податливостью шихтованного ротора, шихтованных полюсов, закрепленных клиньями или болтами, и т.д., является естественным и не должно рассматриваться как нежелательная деформация, указывающая на то, что машина непригодна для нормальной работы.

При приемке в эксплуатацию синхронного гидрогенератора, приводимого во вращение гидравлической турбиной, машина должна испытываться при частоте вращения, которая может быть достигнута при срабатывании защиты от повышенной частоты вращения. Это испытание необходимо для того, чтобы подтвердить, что балансировка является удовлетворительной вплоть до этой частоты вращения.

9.8 Ток внезапного короткого замыкания синхронных машин

Если не оговорено иное, наибольшее мгновенное значение тока короткого замыкания синхронных машин, включая машины турботипа, на которые не распространяется ГОСТ 533, в случае внезапного короткого замыкания всех фаз при работе с номинальным напряжением не должно превышать 15-кратного амплитудного или 21-кратного среднеквадратичного значения номинального тока.

Конструкцией синхронных машин должна быть предусмотрена возможность выдерживания симметричных и несимметричных внезапных коротких замыканий на выводах обмотки статора при номинальной нагрузке и напряжении, равном 105 % номинального.

Определение значения тока может быть проведено расчетом или испытанием по ГОСТ 10169.

9.9 Испытание синхронных машин на устойчивость при внезапных коротких замыканиях

Испытание на внезапное трехфазное короткое замыкание синхронных машин проводят при типовых испытаниях, а также при других видах испытаний — по требованию потребителя. В этом случае, если не оговорено иное, испытание проводят на машине, работающей в режиме холостого хода с возбуждением, соответствующим номинальному напряжению. Испытание не следует проводить при более высоком возбуждении, чем соответствующее 1,05-кратному номинальному напряжению холостого хода.

Возбуждение при испытании, указанное выше, может быть уменьшено по согласованию с заказчиком для учета полного сопротивления трансформатора, который может быть включен между машиной и сетью. При этом может быть также оговорено, что испытание следует проводить на месте установки при работе штатного устройства форсировки возбуждения. Короткое замыкание должно выдерживаться в течение 3 с.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если после испытания не отмечается никаких остаточных деформаций и если после опыта внезапного короткого замыкания изоляция обмотки статора выдержала испытания повышенным напряжением по таблице 16. Испытания трехфазных турбогенераторов — по ГОСТ 533.

9.10 Коммутационные испытания коллекторных машин

Коллекторные машины постоянного и переменного тока должны быть способны работать как без нагрузки, так и с перегрузкой по току или вращающему моменту, указанной в 9.3 и 9.4 соответственно, без заметного повреждения поверхности коллектора или щеток и без опасного искрения при определенном положении щеток. Если возможно, коммутационные испытания следует проводить на машине в нагретом состоянии, при отсутствии такой возможности — в холодном состоянии.

Проверка коммутации, степени искрения и состояния коллектора и щеток — по приложению В.

9.11 Искажение синусоидальности кривой напряжения синхронных машин

9.11.1 Общие положения

Настоящие требования распространяются только на синхронные машины мощностью не менее 300 кВт (или кВ·А), предназначенные для подключения к сетям с номинальными частотами от 16 $^{2}/_{3}$ до 100 Гц включительно с целью снижения до минимума влияния машины на напряжение сети.

9.11.2 Предельные значения

При испытании машины в режиме холостого хода при номинальной частоте вращения и номинальном напряжении коэффициент искажения синусоидальности линейного напряжения, измеренный методом, изложенным в 9.11.3, не должен превышать 5 %.

Примечание — Предельные значения для отдельных гармоник не нормируются, так как считается, что если выдержано вышеуказанное требование, то машины будут работать удовлетворительно .

9.11.3 Испытания

Для проверки соответствия требованиям 9.11.2 следует проводить типовые испытания машин переменного тока. Интервал измеряемых частот должен включать все гармоники от номинальной частоты до 100-й гармоники.

Коэффициент искажения синусоидальности $к_U$ может быть определен либо непосредственно с помощью специального измерительного прибора, соединенного со специально предусмотренной для этой цели схемой, или рассчитан по формуле, приведенной ниже, по результатам непосредственного измерения отдельных гармоник

$$к_U = \sqrt{\sum_{n=2}^{k=100} u_n^2},$$

где u_n — отношение напряжения n-й гармонической составляющей линейного напряжения машины U_n к первой гармонической составляющей этого напряжения U_1;

n — номер гармоники.

9.12 Номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения

Номинальная скорость нарастания напряжения возбудителей синхронных машин в режиме форсировки должна быть:

- не менее 2 о.е./с для турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов;

- не менее 0,8 о.е./с для всех других синхронных генераторов и двигателей, если в стандартах или технических условиях на машины конкретных типов не установлены более жесткие требования.

9.13 Кратность потолочного установившегося напряжения возбуждения и кратность потолочного установившегося тока возбуждения синхронных машин

Кратность потолочного (предельного) установившегося напряжения возбудителей, а также кратность потолочного установившегося тока возбуждения синхронных машин должны быть:

- для турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов — по ГОСТ 21558;

- для других машин с системами автоматического регулирования — по стандартам или техническим условиям на эти машины;

- для всех других синхронных машин, не имеющих системы автоматического регулирования, — не менее 1,4.

По заказу потребителя это отношение для всех других синхронных машин может быть выше 1,4, но не более 1,8. Большие значения кратности форсировки могут быть установлены по согласованию между изготовителем и потребителем.

9.14 Параметры генераторов автономных электростанций

Для генераторов автономных электростанций значения переходного отклонения напряжения при внезапном изменении нагрузки, кратности форсировки возбуждения и параметров регулирования генераторов в переходных и установившихся режимах — по ГОСТ 14965.

9.15 Показатели надежности электрических машин

Показатели надежности — по ГОСТ 20.39.312, а методы их подтверждения должны быть установлены в стандартах и технических условиях на машины конкретных видов.

9.16 Допускаемые уровни шума

Допускаемые уровни шума электрических машин, в том числе и гидрогенераторов малых ГЭС, — по ГОСТ 16372; турбогенераторов и их возбудителей — по ГОСТ 533; гидрогенераторов — по ГОСТ 5616; синхронных компенсаторов — по ГОСТ 609; электродвигателей мощностью до 1 кВт — по ГОСТ 16264.0.

9.17 Допускаемые вибрации

Допускаемые механические вибрации электрических машин с высотой оси вращения не менее 56 мм — по [3]; турбогенераторов и их возбудителей — по ГОСТ 25364; гидрогенераторов — по ГОСТ 5616; синхронных компенсаторов — по ГОСТ 609; электродвигателей мощностью до 1 кВт — по ГОСТ 16264.0.

10 Таблички паспортных данных

10.1 Общие положения

Каждая электрическая машина должна быть снабжена табличкой(ами) номинальных данных. Таблички должны быть изготовлены из прочного долговечного материала и надежно закреплены.

Табличка(и) номинальных данных должна(ы) быть укреплена(ы) на видном месте на корпусе машины так, чтобы ее можно было легко читать при рабочем положении машины.

Если электрическая машина закрыта или встроена в оборудование, так что табличка ее номинальных данных недоступна для чтения, изготовитель по требованию заказчика должен снабдить машину второй табличкой, установленной на оборудовании.

10.2 Маркировка

Машины номинальной мощностью до 750 Вт (или В·А) включительно должны быть снабжены, как минимум, информацией, указанной в пунктах 1, 2, 11, 12 и 26 приведенного ниже перечня. Для специальных целей и встроенных машин номинальной мощностью до 3 кВт (или кВ·А) включительно пункты 1, 2, 11 и 12 должны быть указаны, как минимум, а информация по пункту 26 может быть приведена в другой форме.

Во всех других случаях данные, приведенные ниже, должны быть надежно нанесены на табличку номинальных данных, которую выполняют по ГОСТ 12969, ГОСТ 12971 и ГОСТ 18620.

Необязательно весь перечень приведенных данных помещать на одной табличке.

Для удобства перечень пронумерован, однако порядок чередования на табличке не устанавливается. При необходимости перечень может быть расположен в другой, более целесообразной, последовательности.

Если производитель дает дополнительную информацию, то необязательно всю информацию указывать на табличке.

На табличке номинальных данных должны быть указаны следующие данные.

1 Наименование изготовителя и(или) товарный знак.

2 Заводской номер машины или идентификационный код.

Примечание — Индивидуальный идентификационный код может быть использован для идентификации каждой машины из группы машин, которые были сделаны по одним электрическим и механическим расчетам и изготовлены одной партией с использованием одной технологии.

3 Год изготовления машины. Эта информация должна быть указана на табличке номинальных данных или приведена на отдельном листе, поставляемом вместе с машиной.

Примечание — Если эта информация может быть получена от производителя из заводского номера или идентификационного кода машины (перечисление 2), то год изготовления машины допускается не указывать ни на табличке номинальных данных, ни на отдельном листе.

4 Тип машины.

5 Для машин переменного тока — число фаз и *соединение фаз*.

6 Обозначение стандарта на конкретный вид машины, требованиям которого соответствует машина.

7 Степень защиты, обеспечиваемая оболочками (IP код), — по ГОСТ 17494.

8 Класс нагревостойкости изоляции и допустимая температура или превышение температуры (в случае, если они ниже, чем определяется нагревостойкостью изоляции), а также, если необходимо, метод измерения, за которым в случае машины с водяным охладителем следует буква «П» или «В», в зависимости от измерения превышения температуры над первичной (П) или вторичной (В) охлаждающей средой (см. 8.2). Эта информация должна быть дана как для статора, так и для ротора (раздельно в виде дроби), если классы нагревостойкости их изоляции различны.

9 Типовой режим(ы) работы машины, если он отличается от S1 (см. 5.2).

10 Номинальная мощность(и) или диапазон номинальной мощности.

11 Номинальное напряжение(я) или пределы номинального напряжения.

Два различных номинальных напряжения *X* и *У* должны быть указаны как *X*/*У*, а диапазон номинальных напряжений от *X* до *У* должен быть указан как *X* — *У* (см. ГОСТ 26772).

12 Для машин переменного тока — номинальная частота или диапазон номинальных частот.

Для универсальных двигателей применяют следующие обозначения:

« ~ 50 Гц/ ---» или «пер. ток 50 Гц/пост. Ток».

13 Номинальный ток(и) или диапазоны номинальных токов.

14 Номинальная частота вращения или *частоты вращения для многоскоростных двигателей*, диапазон номинальных частот вращения.

15 Допустимое превышение частоты вращения, если оно отлично от указанного в 9.7, или максимальная безопасная рабочая частота вращения, если она менее чем указано в 9.6.

16 Номинальные напряжение и ток возбуждения машин постоянного тока с независимым возбуждением и с параллельным возбуждением и синхронных машин.

Для машин постоянного тока с режимом работы S2 ток возбуждения указывают по согласованию с заказчиком.

17 Номинальный(е) коэффициент(ы) мощности машин переменного тока.

18 *Коэффициент полезного действия (к.п.д.).*

Для машин постоянного тока с режимом работы S2 допускается коэффициент полезного действия не указывать.

19 Номинальное напряжение между контактными кольцами при разомкнутой цепи ротора и номинальный ток ротора для асинхронных машин с фазным ротором.

20 Для двигателей постоянного тока с якорями, питаемыми от статических преобразователей, идентификационный код преобразователя или для двигателей мощностью до 5 кВт номинальный коэффициент формы и номинальное переменное напряжение на входных выводах статического преобразователя, если оно превышает номинальное напряжение постоянного тока якоря двигателя.

21 Максимальная температура окружающего воздуха, если она отлична от 40 °С.

Максимальная температура охлаждающей воды, если она отлична от *30 °С.*

22 Минимальная температура окружающего воздуха, если она отлична от указанной в разделе 6.

23 Высота над уровнем моря, для которой спроектирована машина, если она превышает 1000 м над уровнем моря.

24 Для машин с водородным охлаждением давление водорода при номинальной мощности.

25 Нормированная полная масса машины, если она превышает 30 кг.

26 Для машин, предназначенных для работы только в одном направлении вращения, направление вращения указывают стрелкой. Эта стрелка необязательно должна быть на табличке номинальных данных, однако она должна быть хорошо видна.

27 *Схема соединения выводных концов обмоток.*

Каждая электрическая машина, кроме односкоростных асинхронных двигателей, предназначенных для работы при одном номинальном напряжении, и синхронных машин без системы самовозбуждения, должна быть снабжена схемой соединения выводных концов обмоток. Допускается ее размещение и на отдельной табличке.

Для трехфазных машин переменного тока с более чем тремя выводами схема соединения обмоток (или описание соединений) по ГОСТ 26772 должна быть на табличке, установленной вблизи коробки выводов, или находиться внутри коробки.

28 *Род тока (постоянный ---- или переменный ~).*

29 *Знак соответствия (для сертифицированных машин) — по ГОСТ Р 50460.*

Если машина подверглась большому по объему ремонту, превышающему нормальный капитальный ремонт, или реконструкции, то должна быть предусмотрена дополнительная табличка с указанием организации, производившей ремонт, года проведения ремонта и произведенных изменений.

Для специальных машин или в случае отсутствия достаточного места для крепления таблички указание всех вышеперечисленных номинальных данных на табличке необязательно; в этих случаях содержание таблички устанавливается стандартом на машины конкретных видов.

11 Различные требования

11.1 Защитное заземление машин

Машины должны быть снабжены заземляющим зажимом или другим устройством для присоединения защитного или заземляющего провода. Эти устройства должны быть отмечены *соответствующим* знаком *заземления или надписью.* Однако это требование не распространяется на машины:

1) снабженные дополнительной изоляцией;

2) входящие как составляющая часть в устройства и имеющие дополнительную изоляцию;

3) номинальным напряжением не более 50 В переменного тока или 120 В постоянного тока.

В машинах номинальным напряжением более 50 В переменного тока, но не превышающим 1000 В, или более 120 В постоянного тока, но не превышающим 1500 В, зажимы для присоединения заземляющего провода должны быть расположены поблизости к выводам в коробке выводов, если она предусмотрена. Машины номинальной мощностью более 100 кВт (кВ·А) должны иметь дополнительно зажим заземления на корпусе.

Машины номинальным напряжением более 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока должны иметь заземляющий зажим на корпусе, например стальную полосу, и, кроме того, зажим в коробке выводов для подсоединения, в случае необходимости, токопроводящей оболочки кабеля.

Конструкцией зажимов для заземления должна быть предусмотрена возможность обеспечения надежного соединения с заземляющим проводом, исключающего повреждение зажима или провода. Дос-

тупные проводящие части, не являющиеся частью основной рабочей цепи, должны быть надежно соединены между собой и с зажимом заземления. В тех случаях, когда все подшипники и обмотка ротора машины изолированы, вал должен быть электрически соединен с зажимом заземления, если изготовитель машины и заказчик не согласовали иные меры защиты.

Если зажим заземления находится в коробке выводов, то заземляющий провод должен быть из того же металла, что и провода фаз на выводах.

Если зажим заземления находится на корпусе, заземляющий провод по согласованию с заказчиком может быть выполнен из другого металла (например, из стали). В таких случаях при выполнении заземляющего зажима и заземляющего провода должна быть обеспечена требуемая электрическая проводимость провода.

Зажимы заземления должны обеспечивать возможность присоединения к ним заземляющих проводов, имеющих сечения, указанные в таблице 19. Если же применяют заземляющие провода большего сечения, то рекомендуется, чтобы их сечения были как можно ближе к одному из сечений, приведенных в таблице 19.

Таблица 19 — Сечения заземляющих проводов

Сечение фазных проводов, мм^2	Сечение заземляющих или защитных проводов, мм^2
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

При меньших сечениях выводных проводов фазных обмоток заземляющие или защитные провода должны иметь сечения, по крайней мере равные:

1) сечению выводного провода, в случае когда его сечение менее 25 мм^2;

2) 25 мм^2 при сечениях выводных проводов обмоток в пределах от 25 до 50 мм^2;

3) 50 % от сечения выводных проводов обмоток при сечениях этих проводов, превышающих 50 мм^2.

Размеры и маркировка заземляющих зажимов — по ГОСТ 21130.

11.2 Шпонка (шпонки) на конце вала

Если на конце вала предусмотрена одна или несколько шпоночных канавок, то каждая канавка должна быть заполнена шпонкой нормальной формы и длины.

11.3 Комплектность, маркировка, транспортирование, упаковка и хранение

Комплектность электрических машин и объем технической документации, прилагаемой к электрической машине, должны быть указаны в конкретных требованиях стандартов или технических условий на машины конкретных видов.

Каждая электрическая машина должна иметь маркировку выводов ее обмоток и направления вращения по ГОСТ 26772.

Направление вращения электрической машины должно быть правым, если нет других указаний в стандартах или технических условиях на машины конкретных типов.

Это требование не распространяется на реверсивные машины или на машины, предназначенные только для левого вращения.

Условия транспортирования, хранения и упаковки электрических машин — по ГОСТ 15150 и ГОСТ 23216.

12 Допускаемые отклонения

Допускаемые отклонения показателей от нормативных значений должны соответствовать значениям, указанным в таблице 20, если не установлено другое.

Таблица 20 — Допускаемые отклонения показателей

Показатель	Допускаемые отклонения
1 Коэффициент полезного действия η: - для машин до 150 кВт (кВ·А) включ. - для машин св. 150 кВт (кВ·А)	 Минус 15 % от (1 – η) Минус 10 % от (1 – η)
2 Полные потери для машин номинальной мощностью свыше 150 кВт или кВ·А	Плюс 10 % полных потерь
3 Коэффициент мощности, cos φ, асинхронных машин	Минус $^1/_6$ (1 – cos φ) Минимальное абсолютное значение — 0,02 Максимальное абсолютное значение — 0,07
4 Реактивная мощность синхронных компенсаторов при токе возбуждения, равном нулю	*Минус 10 % реактивной мощности*
5 Частота вращения двигателей постоянного тока (при полной нагрузке и рабочей температуре)[1]:	
5а) С параллельным и независимым возбуждением	1000 $P_{ном}/n_{ном}$ менее 0,67 ± 15 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ от 0,67 до 2,5 ± 10 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ » 2,5 » 10 ± 7,5 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ » 10 и более ± 5 %
5б) С последовательным возбуждением	1000 $P_{ном}/n_{ном}$ менее 0,67 ± 20 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ от 0,67 до 2,5 ± 15 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ » 2,5 » 10 ± 10 % 1000 $P_{ном}/n_{ном}$ » 10 и более ± 7,5 %
5в) Со смешанным возбуждением	Устанавливается по 5б), если иное не оговорено заказчиком
6 *Номинальное* изменение частоты вращения двигателей постоянного тока с параллельным или смешанным возбуждением (от холостого хода до полной нагрузки)	±20 % изменения частоты вращения, но не менее плюс 2 % номинальной частоты вращения
7 Относительное изменение напряжения генераторов постоянного тока с параллельным или независимым возбуждением в любой точке характеристики	±20 % изменения напряжения для этой точки
8 Относительное изменение напряжения генераторов смешанного возбуждения (при номинальном коэффициенте мощности в случае переменного тока)	±20 % изменения напряжения, но не менее ±3 % номинального напряжения (указанное отклонение применимо к максимальному изменению при любой нагрузке между напряжением при данной нагрузке и прямой линией, проведенной между точками напряжения холостого хода и напряжения при полной нагрузке)
9 Относительное изменение напряжения синхронных генераторов при разгрузке	*±20 % относительного изменения напряжения*

Окончание таблицы 20

Показатель	Допускаемые отклонения
10а) Скольжение асинхронных двигателей (при полной нагрузке и рабочей температуре) мощностью: менее 1 кВт 1 кВт и более 10б) Частота вращения двигателей переменного тока (коллекторных) с жесткими (шунтовыми) характеристиками (при полной нагрузке и рабочей температуре)	 ±30 % скольжения ±20 % скольжения Для максимальной частоты вращения: минус 3 % синхронной частоты вращения; для минимальной частоты вращения: плюс 3 % синхронной частоты вращения
11 Начальный пусковой ток асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором с любым специальным пусковым устройством	Плюс 20 % начального пускового тока
12 Вращающий момент асинхронных короткозамкнутых двигателей при заторможенном роторе	Плюс 25 % и минус 15 % вращающего момента при заторможенном роторе (по согласованию с заказчиком 25 % могут быть превышены)
13 Минимальный вращающий момент в процессе пуска короткозамкнутых асинхронных двигателей и *синхронных двигателей при асинхронном пуске*	Минус 15 % минимального вращающего момента
14 Максимальный вращающий момент асинхронных двигателей	Минус 10 % максимального вращающего момента, причем при применении этого допуска вращающий момент должен оставаться не менее 1,6 или 1,5 номинального значения
15 Начальный пусковой ток синхронных двигателей и *синхронных компенсаторов при асинхронном пуске*	Плюс 20 % начального пускового тока
16 Вращающий момент синхронных двигателей и *синхронных компенсаторов* при заторможенном роторе	Плюс 25 % и минус 15 % вращающего момента при заторможенном роторе (по согласованию с заказчиком 25 % могут быть превышены)
17 Максимальный вращающий момент синхронных двигателей	Минус 10 % максимального вращающего момента, причем при применении этого допуска вращающий момент должен оставаться не менее 1,35 или 1,5 номинального значения
18 Пиковое значение тока короткого замыкания генератора переменного тока при нормированных условиях	±30 % пикового значения тока
19 Установившийся ток короткого замыкания генератора переменного тока при определенном возбуждении	±15 % значения установившегося тока короткого замыкания
20 Момент инерции	±10 % значения момента инерции

[1] Допустимые отклонения в пункте 5 зависят от отношения номинальной мощности $P_{ном}$ в кВт к номинальной частоте вращения в мин$^{-1}$.

Примечание — Если допустимые отклонения указаны с одним знаком (только с плюсом или только с минусом), то отклонение в противоположную сторону не ограничивается.

13 Электромагнитная совместимость

13.1 Общие положения

Требования настоящего раздела распространяются на вращающиеся электрические машины с номинальным напряжением, не превышающим 1000 В переменного тока или 1500 В постоянного тока, предназначенные для работы в промышленности.

Электронные компоненты, встроенные в электрическую машину и необходимые для обеспечения ее работы (например, вращающиеся элементы системы возбуждения), рассматриваются как неотъемлемая часть машины.

Требования, которые относятся к системе привода в целом и к его компонентам, например электронным системам регулирования, связанных с ним машин, устройствам контроля в процессе работы (мониторинга) и т.п., независимо от того, встроены они в машину или находятся вне ее, не входят в область распространения настоящего стандарта.

Требования настоящего раздела относятся к машинам, которые присоединены непосредственно к конечному пользователю.

Примечание — Машины, применяемые в качестве компонентов аппаратов, которые в сборе могут создавать электромагнитные помехи, относятся к стандарту по электромагнитной совместимости, относящемуся к конечному продукту.

Настоящий раздел не распространяется на переходные процессы, например такие как пуски двигателей.

13.2 Устойчивость машин к электромагнитным помехам

Машины, не содержащие электронные цепи, в нормальных условиях эксплуатации не чувствительны к электромагнитной эмиссии, поэтому для них не требуется проведение испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам.

Для машин, содержащих встроенные электронные цепи, которые обычно используются как пассивные компоненты (например, диоды, сопротивления, варисторы, емкости, индукторы), проведение испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам не требуется.

13.3 Помехоэмиссия

13.3.1 Машины без щеток

Радиопомехи и кондуктивные помехи должны соответствовать классу Б, группе 1 по ГОСТ Р 51318.11 (см. таблицу Г.1 приложения Г).

13.3.2 Машины с щетками

Радиопомехи и кондуктивные (при их наличии) помехи должны соответствовать классу А, группе 1 по ГОСТ Р 51318.11 (см. таблицу Г.2 приложения Г).

13.4 Испытания машин на устойчивость к электромагнитным помехам

Проведение испытаний на устойчивость к электромагнитным помехам не требуется.

13.5 Испытания на помехоэмиссию

Испытания на помехоэмиссию следует проводить при типовых испытаниях в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51318.11 и ГОСТ Р 51318.14.1.

13.5.1 Машины без щеток

Машины без щеток в отношении предельных значений помех должны соответствовать требованиям 13.3.1.

Примечание — Помехи от короткозамкнутой асинхронной машины всегда настолько незначительны, что нет необходимости в проведении испытаний.

13.5.2 Машины с щетками

Машины с щетками при испытаниях без нагрузки в отношении предельных значений помех должны соответствовать требованиям 13.3.2.

Примечания

1 Измерение в режиме без нагрузки обосновывается незначительным влиянием нагрузки на помехи.

2 Машины постоянного тока не создают кондуктивных помех, т.к. они непосредственно не соединены с питанием переменного тока.

3 Помехи от заземляющих щеток всегда настолько низки, что проведение испытания не требуется.

14 Требования безопасности

Электрические машины, относящиеся к настоящему стандарту, должны удовлетворять требованиям безопасности ГОСТ Р 51330.0, ГОСТ Р МЭК 60204-1, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.1, ГОСТ 12.1.003.

Уровень пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004 обеспечивается конструкцией машины и применяемыми материалами как в нормальных, так и в аварийных режимах работы электрических машин.

Класс машин по способу защиты человека от поражения электрическим током — по ГОСТ 12.2.007.0.

К электрическим машинам и их установке при применении водородного охлаждения предъявляются требования по ГОСТ 28927.

Кроме того, при необходимости в конкретных стандартах вводятся требования по ограничению температур поверхностей, доступных для прикосновения, до безопасных значений.

15 Гарантии изготовителя

Изготовитель должен гарантировать соответствие электрических машин требованиям настоящего стандарта, стандартов или технических условий на машины конкретных видов при условии соблюдения правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

Показатели гарантийных обязательсте должны быть указаны в стандартах и /или технических условиях на машины конкретных типов. Другие условия гарантии определяются в договоре между изготовителем и покупателем.

Приложение А
(рекомендуемое)

Определение номинальной скорости нарастания напряжения возбуждения

Номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения $V_{ном}$ представляет собой среднюю скорость нарастания напряжения возбуждения, вычисленную за отрезок времени t_1, в течение которого напряжение возбуждения в процессе форсировки от начального номинального достигнет значения, равного

$$U_{в\,ном} + 0{,}632(U_{в.\,п} - U_{в\,ном}),$$

где $U_{в\,ном}$ — номинальное напряжение возбуждения;

$U_{в\,п}$ — потолочное (предельное) напряжение возбуждения (рисунок А.1).

Номинальную скорость определяют в долях номинального напряжения возбуждения в секунду(о.е./с) по формуле

$$V_{ном} = \Delta U_{в\,ном} / (U_{в\,ном}\, t_1),$$

где $\Delta U_{в\,ном} = (2/t_1)\left[\int_0^{t_1} (U_в(t) - U_{в\,ном})dt\right]$.

Номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения определяется по кривой нарастания напряжения в режиме форсировки $U_в(t)$, снятой экспериментально (рисунок А.1). Точка d кривой на рисунке соответствует 0,632 разности между потолочным (предельным) напряжением возбуждения $U_{в\,п}$ и номинальным напряжением; эта точка определяет время t_1.

$U_{в\,п.у}$ — потолочное установившееся напряжение возбуждения.

Отрезок прямой «ab» проводится так, чтобы площадь треугольника «abc» была равна площади фактической кривой «adc», что соответствует равенству площадей $A_1 = A_2$.

За момент начала форсировки (точка «а») принимается момент скачкообразного изменения напряжения в сети или на входе автоматического регулятора возбуждения.

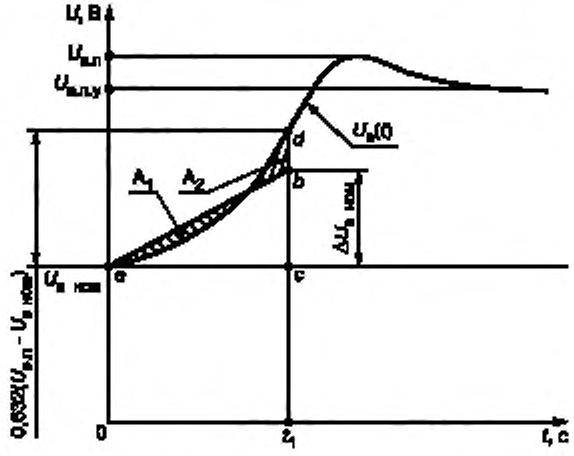


Рисунок А.1 — *Определение номинальной скорости нарастания напряжения возбуждения*

Приложение Б
(справочное)

Руководство по применению типового режима S10 и определению относительного термического срока службы изоляционной системы

Б.1 Нагрузка машины в любой момент времени цикла эквивалентна типовому режиму S1 (см. 4.2.1). Однако цикл может содержать нагрузки, отличные от номинальной, соответствующей типовому режиму S1. Цикл нагрузки, содержащий четыре дискретных неизменяющихся комбинаций нагрузка/скорость, показан на рисунке 10.

Б.2 В зависимости от значения и продолжительности различных нагрузок в пределах одного цикла относительный ожидаемый термический срок службы машины, определяемый термическим старением изоляционной системы, может быть рассчитан по уравнению

$$1/\,\mathrm{TCC} = \sum_{l=1}^{n} \Delta t_l \, 2^{\Delta\Theta_l / k},$$

где TCC — ожидаемый относительный термический срок службы, отнесенный к ожидаемому термическому сроку службы изоляции в случае работы с номинальной (базовой) мощностью в типовом режиме S1;

n — число дискретных величин нагрузки;

Δt_l — продолжительность отдельных неизменных нагрузок внутри рабочего цикла, отнесенная к продолжительности всего рабочего цикла;

$\Delta\Theta_l$ — разница между превышением температуры обмотки при каждой из различных нагрузок внутри одного цикла и превышением температуры при базовой нагрузке в режиме S1;

k — увеличение превышения температуры, которое ведет к сокращению термического срока службы изоляционной системы на 50 %, К;

Б.3 TCC является интегральной частью, однозначно характеризующей класс типового режима.

Б.4 Количественно TCC можно определить, если в дополнении к информации, касающейся нагрузочного цикла согласно рисунку 10, известно k для изоляционной системы. k следует определять экспериментально в соответствии с ГОСТ 27710 для всего диапазона температур в цикле нагрузки согласно рисунку 10.

Б.5 TCC может рассматриваться только как относительная величина. Она может быть использована для приближенной оценки действительного изменения ожидаемого термического срока службы изоляции машины по сравнению с типовым режимом S1 при работе с номинальной мощностью, так как можно допустить, что при различных нагрузках, существующих внутри цикла, факторы, влияющие на срок службы изоляции машины (например, воздействие электрического поля, влияние окружающей среды и др.), приблизительно те же, что и в случае режима S1 с номинальной мощностью.

Б.6 Производитель машины ответственен за правильный подбор различных параметров для определения TCC.

Приложение В
(обязательное)

Дополнительные требования

В.1 Сопротивление изоляции

Минимальные значения сопротивления изоляции обмоток электрических машин относительно корпуса и между обмотками, сопротивления изолированных подшипников и масляных уплотнений вала, сопротивления изоляции заложенных термопреобразователей должны устанавливаться в стандартах или технических условиях на машины конкретных видов.

В.2 Проверка коммутации, степени искрения и состояния коллектора и щеток

В.2.1 Искрение на коллекторе электрической машины должно оцениваться по степени искрения под сбегающим краем щетки по шкале таблицы В.1 и указываться в стандартах или технических условиях на машины конкретных видов. Если степень искрения коллекторных машин постоянного тока не оговорена, то она при номинальном режиме работы должна быть не выше $1\ ^1/_2$.

Если в стандартах или технических условиях оговаривается перегрузка по току от 1,5 до 2,5 номинального значения, то степень искрения коллекторных машин при указанных перегрузках должна обеспечивать нормальную работу без дополнительной очистки коллектора и разрушения щеток.

Состояние коллектора и щеток проверяют:

а) для машин, предназначенных для продолжительного типового режима работы, по истечении времени, необходимого для достижения практически установившейся температуры машины, но не ранее чем через:

- 2 ч после начала работы — для машин мощностью до 100 кВт включительно,

- 4 ч — для машин мощностью свыше 100 до 300 кВт включительно,

- 8 ч — для машин мощностью свыше 300 до 1000 кВт включительно,

- 16 ч — для машин мощностью свыше 1000 кВт;

б) для машин, предназначенных для кратковременного типового режима работы, после нескольких циклов работы (начиная с ненагретого состояния) общей продолжительностью не менее времени, указанного для продолжительного типового режима работы;

в) для машин, предназначенных для повторно-кратковременных и непрерывных периодических типовых режимов работы, после такой продолжительности работы в данном режиме, чтобы сумма рабочих циклов была не менее времени, указанного для продолжительного типового режима работы.

Таблица В. 1 — Степень искрения коллектора

Степень искрения	*Характеристика степени искрения*	*Состояние коллектора и щеток*
1	*Отсутствие искрения*	*Отсутствие почернения на коллекторе и следов нагара на щетках*
$1^1/_4$	*Слабое искрение под небольшой частью края щетки*	
$1^1/_2$	*Слабое искрение под большой частью края щетки*	*Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, легко устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином*
2	*Искрение под всем краем щетки. Допускается только при кратковременных толчках нагрузки и перегрузки*	*Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, не устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином*
$2^1/_2$	*Значительное искрение под всем краем щетки с появлением крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы*	*Появление следов почернения на коллекторе и следов нагара на щетках, устраняемых протиранием поверхности коллектора бензином*

Окончание таблицы В.1

Степень искрения	*Характеристика степени искрения*	*Состояние коллектора и щеток*
3	*Значительное искрение под всем краем щетки с появлением крупных и вылетающих искр. Допускается только для моментов прямого включения или реверсирования машин, если при этом коллектор и щетки остаются в состоянии, пригодном для дальнейшей работы*	*Значительное почернение на коллекторе, не устраняемое протиранием поверхности коллектора бензином, а также подгар и частичное разрушение щеток*

В.2.2 Положение щеток на коллекторе машины, у которой передвижение щеток по коллектору не используется для управления работой машины, должно быть постоянным, установленным и отмеченным меткой предприятием — изготовителем машин.

Приложение Г
(справочное)

Предельные значения показателей электромагнитной совместимости

Таблица Г.1 — Предельные значения электромагнитных помех для машин, работающих без щеток

Вид помехи	Диапазон частоты	Значения
Излучаемые индустриальные радиопомехи	От 30 до 230 МГц	30 дБ (мкВ/м) квазипиковое, измеренное на расстоянии 10 м от машины[1]
	От 230 до 1000 МГц	37 дБ (мкВ/м) квазипиковое, измеренное на расстоянии 10 м от машины[1]
Кондуктивные помехи на выводах, присоединенных к питающей сети переменного тока	От 0,15 до 0,5 МГц Пределы уменьшаются прямо пропорционально логарифму частоты	От 66 (мкВ) до 56 дБ (мкВ) квазипиковое. От 56 дБ (мкВ) до 48 дБ (мкВ) квазипиковое
	От 0,5 до 5 МГц	56 дБ (мкВ) квазипиковое. 46 дБ (мкВ) среднее
	От 5 до 30 МГц	60 дБ (мкВ) квазипиковое. 50 дБ (мкВ) среднее
[1] Измерения допускается проводить на расстоянии 3 м от машины, при этом пределы увеличиваются на 10 дБ. [2] Предельные значения — по ГОСТ Р 51318.11 (класс Б, группа 1).		

Таблица Г.2 — Предельные значения электромагнитных помех для машин, работающих с опущенными щетками

Вид помехи	Диапазон частоты	Значения
Излучаемые индустриальные радиопомехи	От 30 до 230 МГц	30 дБ (мкВ/м) квазипиковое, измеренное на расстоянии 30 м от машины[1]
	От 230 до 1000 МГц	37 дБ (мкВ/м) квазипиковое, измеренное на расстоянии 30 м от машины[1]
Кондуктивные помехи на выводах, присоединенных к питающей сети переменного тока	От 0,15 до 0,5 МГц	79 дБ (мкВ) квазипиковое. 66 дБ (мкВ) среднее
	От 0,5 до 30 МГц	73 дБ (мкВ) квазипиковое. 60 дБ (мкВ) среднее
[1] Измерения допускается проводить на расстоянии 10 м или 3 м от машины, при этом пределы увеличиваются на 10 и 20 дБ соответственно. [2] Предельные значения — по ГОСТ Р 51318.11 (класс А, группа 1).		

Приложение Д
(обязательное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок

Таблица Д.1

Обозначение ссылочного национального стандарта Российской Федерации	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта и условное обозначение степени его соответствия ссылочному национальному стандарту
ГОСТ Р 51317.4.14—2000 (МЭК 61000-4-14—99)	МЭК 61000-4-14:1999 «Электромагнитная совместимость. Часть 4-14. Методы испытания и измерения. Испытания на невосприимчивость к флуктациям напряжения» (MOD)
ГОСТ Р 51317.4.28—2000 (МЭК 61000-4-28—99)	МЭК 61000-4-28:1999 «Электромагнитная совместимость. Часть 4-28. Методика испытаний и измерений. Испытания на помехоустойчивость в зависимости от изменения частоты питания» (MOD)
ГОСТ Р 51318.11—99 (СИСПР 11—97)	СИСПР 11:1997 «Предельные значения и методы измерения индустриальных помех от промышленных, научных, медицинских и бытовых высокочастотных устройств» (MOD)
ГОСТ Р 51330.0—99 (МЭК 60079-0—98)	МЭК 60079-0:1998 «Оборудование электрическое для взрывобезопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования» (MOD)
ГОСТ Р МЭК 60204-1—99	МЭК 60204-1:1997 «Электрооборудование промышленных машин. Безопасность. Часть 1. Общие требования» (IDT)
ГОСТ 533—2000 (МЭК 34-3—88)	МЭК 60034-3:1988 «Машины электрические вращающиеся. Часть 3: Специальные требования для синхронных машин турботипа» (MOD)
ГОСТ 16372—93 (МЭК 34-9—90)	МЭК 60034-9:1997 «Машины электрические вращающиеся. Часть 9. Предельные уровни шума» (NEQ)
ГОСТ 16962.1—89 (МЭК 68-2-1—74)	МЭК 60068-2-1:1990 «Испытания на воздействие внешних факторов. Часть 2. Испытания. Испытания А: Холод» (NEQ)
ГОСТ 20459—87 (МЭК 34-6—69)	МЭК 34-6:1991 «Машины электрические вращающиеся. Часть 6. Методы охлаждения (код IC)» (NEQ)
ГОСТ 28327—89 (МЭК 34-12—80)	МЭК 60034-12:1980 «Машины электрические вращающиеся. Часть 12. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором напряжением до 660 В включительно» (MOD)
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты; - MOD — модифицированные стандарты; - NEQ — неэквивалентные стандарты.	

Приложение Е
(рекомендуемое)

Сопоставление структуры настоящего стандарта и международного стандарта МЭК 60034-1:2004

Таблица Е.1

Структура международного стандарта МЭК 60034-1:2004	Структура настоящего стандарта
4 Режимы работы[1)] 4.1 Декларация режима работы 4.2 Типовые режимы	4 Режимы работы 4.1 Определение режима работы 4.2 Типовые режимы
5 Номинальные данные 5.1 Представление номинальных данных 5.2 Классы номинальных данных 5.3 Выбор классов номинальных данных 5.4 Определение выходных мощностей для различных классов номинальных данных 5.5 Номинальная отдаваемая (выходная) мощность 5.6 Номинальное напряжение 5.7 Координация напряжений и выходных мощностей 5.8 Машины с несколькими номинальными данными —	5 Номинальные данные 5.1 Представление номинальных данных 5.2 Классы номинальных данных 5.3 Выбор классов номинальных данных 5.4 Определение выходных мощностей для различных классов номинальных данных 5.5 Номинальная отдаваемая (выходная) мощность 5.6 Номинальное напряжение 5.7 Координация напряжений и выходных мощностей 5.8 Машины с несколькими номинальными данными 5.9 Номинальный коэффициент мощности синхронных машин[2)]
6 Условия эксплуатации 6.1 Общие положения 6.2 Высота над уровнем моря 6.3 Максимальная температура окружающего воздуха 6.4 Минимальная температура окружающего воздуха 6.5 Температура охлаждающей воды 6.6 Хранение и транспортирование 6.7 Чистота водорода, используемого для охлаждения машин	6 Условия эксплуатации 6.1 Общие положения 6.2 Высота над уровнем моря 6.3 Максимальная температура окружающего воздуха 6.4 Минимальная температура окружающего воздуха 6.5 Температура охлаждающей воды 6.6 Хранение и транспортирование 6.7 Чистота водорода, используемого для охлаждения машин 6.8 Требования к дистилляту, используемому для охлаждения обмоток[2)] 6.9 Дополнительные требования[2)]
9 Другие характеристики и испытания 9.1 Испытания 9.2 Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением 9.3 Кратковременные перегрузки по току 9.4 Кратковременные перегрузки двигателей по вращающему моменту 9.5 Минимальный вращающий момент асинхронных двигателей в процессе пуска 9.6 Безопасная рабочая частота вращения короткозамкнутых асинхронных двигателей 9.7 Повышенная частота вращения 9.8 Ток внезапного короткого замыкания синхронных машин 9.9 Испытание синхронных машин на устойчивость при внезапных коротких замыканиях 9.10 Коммутационные испытания коллекторных машин	9 Другие характеристики и испытания 9.1 Испытания 9.2 Испытание изоляции обмоток повышенным напряжением 9.3 Кратковременные перегрузки по току 9.4 Кратковременные перегрузки двигателей по вращающему моменту 9.5 Минимальный вращающий момент асинхронных двигателей в процессе пуска 9.6 Безопасная рабочая частота вращения короткозамкнутых асинхронных двигателей 9.7 Повышенная частота вращения 9.8 Ток внезапного короткого замыкания синхронных машин 9.9 Испытание синхронных машин на устойчивость при внезапных коротких замыканиях 9.10 Коммутационные испытания коллекторных машин

Окончание таблицы Е.1

Структура международного стандарта МЭК 60034-1:2004	Структура настоящего стандарта
9.11 Искажение синусоидальности кривой напряжения синхронных машин	9.11 Искажение синусоидальности кривой напряжения синхронных машин 9.12 Номинальная скорость нарастания напряжения возбуждения[2] 9.13 Кратность потолочного установившегося напряжения возбуждения и кратность потолочного установившегося тока возбуждения синхронных машин[2] 9.14 Параметры генераторов автономных электростанций[2] 9.15 Показатели надежности электрических машин[2] 9.16 Допускаемые уровни шума[2] 9.17 Допускаемые вибрации[2]
11 Различные требования 11.1 Защитное заземление машин 11.2 Шпонка (шпонки) на конце вала	11 Различные требования 11.1 Защитное заземление машин 11.2 Шпонка (шпонки) на конце вала 11.3 Комплектность, маркировка, транспортирование, упаковка и хранение[2]
12 Допускаемые отклонения 12.1 Общие положения	12 Допускаемые отклонения —
—	15 Гарантии изготовителя[2]
Приложение А (справочное). Руководство по применению типового режима S10 и определению величины относительного термического срока службы изоляционной системы (ТСС)	Приложение А (рекомендуемое) Определение номинальной скорости нарастания напряжения возбуждения[2]
Приложение Б (справочное). Предельные значения показателей электромагнитной совместимости	Приложение Б (справочное) Руководство по применению типового режима S10 и определению величины относительного термического срока службы изоляционной системы (ТСС)[2] (Приложение А)[3]
—	Приложение В (обязательное) Дополнительные требования
—	Приложение Г (справочное) Предельные значения показателей электромагнитной совместимости[2] (Приложение Б)[3]
—	Приложение Д (обязательное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным и национальным стандартам, использованным в настоящем стандарте в качестве нормативных ссылок[2]
—	Приложение Е (рекомендуемое) Таблица сопоставления структуры международного стандарта МЭК 60034-1:2004 и настоящего стандарта[2]
—	Библиография[2]

[1] Сравнение разделов 1, 2, 3, 7, 8, 10, 13, 14 не приведено, т.к. их номера и структурные элементы идентичны.

[2] Дополнительные подразделы и приложения введены в соответствии с национальными требованиями в области электромашиностроения и специфики отечественных потребителей электрических машин и в связи с необходимостью приведения настоящего стандарта в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1.5—2004.

[3] В скобках приведены обозначения приложений международного стандарта.

Примечание — Рисунки и таблицы размещены непосредственно после текста, в котором они упоминаются, или на следующей странице.

Библиография[1)]

[1] МЭК 60034-15:1990 «Машины электрические вращающиеся. Часть 15. Уровни импульсной прочности вращающихся машин переменного тока с шаблонными обмотками статора»
(IEC 60034-15:1990) (Rotating electrical machines — Part 15: Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils)

[2] МЭК 60034-17:1992 «Машины электрические вращающиеся. Часть 17. Руководство по применению асинхронных короткозамкнутых двигателей, питаемых от преобразователей»
(IEC 60034-17:1992) (Rotating electrical machines — Part 17: Cage induction motors when fed from converters — Application guide)

[3] МЭК 60034-14:2003 «Машины электрические вращающиеся. Часть 14. Механическая вибрация некоторых видов машин с высотой оси вращения не менее 56 мм. Измерение, оценка и допускаемые значения»
(IEC 60034-14:2003) (Rotating electrical machines — Part 14)

[4] МЭК 60050(411):1996 Международный электротехнический словарь (МЭС). Часть 411: Вращающиеся машины.
(IEC 60050(411):1996 (International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 411: Rotating machinery)

[1)] Оригиналы международных стандартов МЭК и их переводы находятся в Федеральном фонде технических регламентов и стандартов.

УДК 621.313.281:006.354 ОКС 29.160.01 Е60

Ключевые слова: стандарт, электрические машины, генератор, двигатель, технические требования, характеристики, температура

Редактор *Р. Г. Говердовская*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *Н. И. Гаврищук*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 27.11.2007 Подписано в печать 05.02.2008. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,80. Тираж 323 экз. Зак. 3243.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.
gost.e-ecolog.ru