МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC/TS 60034-30-2—2021

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 30-2

Классы эффективности двигателей переменного тока с регулированием частоты вращения (код IE)

(IEC/TS 60034-30-2:2016, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 июня 2021 г. № 141-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004--97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004--97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 августа 2021 г. № 675-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TS 60034-30-2—2021 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2022 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TS 60034-30-2:2016 «Машины электрические вращающиеся. Часть 30-2. Классы эффективности двигателей переменного тока с регулированием частоты вращения (код IE)» («Rotating electrical machines — Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом по стандартизации ТС 2 «Вращающиеся машины» Международной электротехнической комиссии (IEC).

При применении настоящего стандарта рекомендуется вместо ссылочных международных стандартов использовать соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© IEC, 2016
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

В Российской Федерации 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 3
3 Термины, определения и обозначения 3
3.1 Термины и определения 3
3.2 Обозначения 4
4 Классификация энергоэффективности 5
4.1 Определение 5
4.2 Номинальный КПД 5
4.3 Допустимые отклонения 6
4.4 Классификация 6
4.5 Предельные значения номинального КПД для класса IE1 7
4.6 Предельные значения номинального КПД для класса IE2 8
4.7 Предельные значения номинального КПД для класса IE3 9
4.8 Предельные значения номинального КПД для класса IE4 10
4.9 Предельные значения номинального КПД для класса IE5 11
4.10 Интерполяция нормативных значений КПД для промежуточных значений мощности 12
5 Необходимая документация 14
5.1 Информация на табличке 14
5.2 Информация в документации 14
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 15
Библиография 16

Введение

Настоящий стандарт разработан для всеобщей гармонизации классов энергоэффективности электрических машин с регулированием частоты вращения. Он распространяется на все типы низковольтных электрических машин переменного тока с регулируемой частотой вращения в зоне работы с постоянным потоком. Электронный преобразователь частоты обеспечивает регулирование напряжения и частоты.

Примечание — К настоящему времени действие IEC/TS 60034-2-3, являющегося испытательной основой данного документа, ограничено асинхронными двигателями. Однако метод 3-С «Вход — выход» применим ко всем типам регулируемых двигателей переменного тока. Следующие издания IEC/TS 60034-2-3 будут иметь более широкую сферу применения и распространяться на процедуры испытаний синхронных машин.

Настоящий стандарт регламентирует энергоэффективность двигателей переменного тока, рассчитанных на регулируемые напряжение и частоту, в частности, асинхронных и синхронных, не входящих в область распространения IEC 60034-30-1. Он гармонизирован с IEC 61800-9-2, в котором дается IE-классификация преобразователей частоты (комплектных преобразователей CDM), а также IES-классификация комплектных электроприводов (PDS).

Эффективный двигатель сам по себе не гарантирует энергетическую эффективность электропривода в целом. Потребители должны выбрать класс энергоэффективности в соответствии с областью применения в зависимости от требуемых режимов работы скорость — нагрузка в течение определенного времени.

Может оказаться нецелесообразным использование двигателя S1, имеющего высокий класс IE, в повторно-кратковременном или кратковременном режиме или при неполной нагрузке. Использование оценки комплексной энергоэффективности продукции [Extended Product Approach (EPA)], как это предусмотрено в следующих изданиях стандартов серии IEC 61800-9, поможет в сферах потребления выбирать наиболее энергоэффективные решения электроприводов и их элементов.

Настоящий стандарт не предполагает, что все изготовители будут выпускать двигатели всех классов или со всеми номинальными параметрами конкретного класса.

Использование IE-кодов не ограничивается двигателями, но может применяться для классификации преобразователей частоты или редукторов. Можно допустить классификацию других компонентов по сходной системе, когда компонент с наименьшим КПД будет соответствовать классу IE1, а с наибольшим — IE5.

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 30-2

Классы эффективности двигателей переменного тока с регулированием частоты вращения (код IE)

Rotating electrical machines. Part 30-2. Efficiency classes of variable speed AC motors (IE-code)

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет классы энергоэффективности вращающихся электрических машин с регулированием частоты вращения, не входящих в область применения IEC 60034-1.

Настоящий стандарт распространяется исключительно на машины:

- имеющие номинальную мощность от 0,12 до 1000 кВт;
- имеющие номинальное напряжение от 50 В до 1 кВ;
- имеющие номинальную частоту вращения от 600 до 6000 об/мин$^{-1}$,
- спроектированные для способов охлаждения IC4A1A0 (IC410), IC4A1A6 (IC416), IC4A1A8 (IC418) (IC410) по стандарту IEC 60034-6;
- способные работать в продолжительном режиме при номинальных параметрах (момент/мощность, частота вращения) с превышением температуры, находящемся в допустимых для данного класса изоляции пределах.

Примечание 1 — Большинство двигателей, на которые распространяется настоящий стандарт, предназначены для работы в режиме S1 (продолжительный режим). Однако некоторые двигатели, предназначенные для работы в других режимах, могут работать и в продолжительном при номинальной мощности, на них также распространяется настоящий стандарт. Двигатели, предназначенные для работы в режимах от S3 до S10 с коэффициентом заполнения цикла 80 % и выше, также могут быть включены в сферу действия настоящего стандарта;

- предназначенные для работы при температуре окружающей среды в диапазоне от минус 20 °С до плюс 60 °С.

Примечание 2 — Значения номинального КПД и класса энергоэффективности представлены для температуры 25 °С окружающей среды в соответствии с IEC 60034-2-1 и IEC/TS 60034-2-3.

Примечание 3 — Двигатели, предназначенные для работы при температурах вне диапазона от минус 20 °С до плюс 60 °С, имеют специальную конструкцию, следовательно, не входят в область применения настоящего стандарта.

Примечание 4 — Настоящий стандарт распространяется на двигатели дымососов с классом нагревостойкости до 400 °С включительно;

- предназначенные для работы на высоте до 4000 м над уровнем моря.

Примечание 5 — Значения номинального КПД и класса энергоэффективности основаны на номинальных данных при высоте над уровнем моря до 1000 м.

Настоящий стандарт охватывает только двигатели, предназначенные для работы с синусоидальной основной гармоникой тока, например, синхронные машины с постоянными магнитами с

Издание официальное

наличием или отсутствием дополнительного реактивного момента, синусоидальные реактивные синхронные машины и синхронные машины с обмотками возбуждения на постоянном токе. Он распространяется также на асинхронные двигатели, предназначенные исключительно для работы с регулированием частоты вращения. Настоящий стандарт не распространяется на машины, спроектированные для работы непосредственно от сети.

Настоящий стандарт не распространяется на вентильные реактивные двигатели.

Процедуры определения потерь при различных частотах вращения и нагрузках представлены в IEC/TS 60034-2-3. Они применимы ко всем электрическим машинам, питающимся от преобразователей.

Нет никаких различий между типами двигателей, в том числе отличающихся усиленной изоляцией, разработанными для питания от преобразователей, что может помешать двигателю достичь высокого класса энергоэффективности (см. таблицу 1). Это позволяет сопоставить различные типы двигателей с точки зрения их потенциала энергоэффективности.

КПД электропривода (суммарные потери в двигателе и преобразователе) и потери в приводном механизме не рассматриваются в настоящем стандарте; для этого используется IEC 61800-9-2.

Настоящий стандарт также применим к следующим типам двигателей:

- двигатели с фланцем, лапами или валами с размерами, отличающимися от регламентированных IEC 60072-1;

- мотор-редукторы, включая оборудованные нестандартными валами и фланцами. Однако процедура определения КПД при этом выполняется только для двигателя, входящего в состав комплекта;

- двигатели, специально спроектированные для работы во взрывоопасной среде в соответствии с IEC 60079-0. Такие двигатели не могут соответствовать высоким классам энергоэффективности ввиду проектных ограничений, продиктованных соображениями безопасности, таких как увеличенный воздушный зазор, уменьшенный пусковой ток и усиленная изоляция.

Настоящий стандарт неприменим к следующим типам двигателей:

- двигатели с механическими коммутаторами;

- двигатели, полностью интегрированные с исполнительным механизмом (насосы, вентиляторы, компрессоры), которые невозможно испытать отдельно от механизма даже с обеспечением временной установки концевых подшипников на валы. Это означает, что двигатели, включенные в сферу действия настоящего стандарта, должны:

a) иметь обычные компоненты, отделяемые от исполнительного механизма соединителями типа болтов, например, вал или корпус,

b) быть спроектированы так, чтобы можно было отделить двигатель от исполнительного механизма и обеспечить его функционирование в отделенном состоянии. Если это обеспечить невозможно, двигатель не включают в сферу применения настоящего стандарта.

Примечание 6 — Некоторые двигатели, используемые для транспортировки людей и грузов в вертикальном, наклонном и горизонтальном направлении, часто интегрированы в механизм и не поставляются на рынок как отдельная продукция. Эти машины также не входят в сферу применения настоящего стандарта.

- двигатели с встроенным тормозом, который интегрирован в корпус двигателя и не может быть снят или запитан от независимого источника, чтобы позволить испытать энергоэффективность двигателя. Такие двигатели могут войти в сферу действия настоящего стандарта при обеспечении возможности определения потерь в двигателе без потерь в тормозе (например, путем отсоединения тормоза или питания его обмотки от независимого источника);

- погружные двигатели, специально предназначенные для работы при полном погружении в жидкость;

- двигатели систем дымоудаления с классом нагревостойкости свыше 400 °С;

- двигатели с питанием от преобразователя частоты исключительно для обеспечения плавного пуска, а затем переходящие на питание от сети, соответствующие IEC 60034-30-1;

- двигатели, спроектированные для сервоприводов, в которых, например, присутствуют частые перегрузки, работа с ослабленным потоком, резкие изменения скорости и момента, отсутствует стабильный температурный режим.

Примечание 7 — Настоящий стандарт охватывает двигатели общепромышленного применения, работающие при номинальной или близких к ней нагрузках и частотой вращения, которая не изменяется часто и быстро. К сфере применения таких двигателей можно отнести, к примеру, приводы компрессоров и ленточных конвейеров.

Для достижения максимального КПД при полной нагрузке плотность магнитного потока в таких двигателях выбирается небольшой, что приводит к большим габаритам и моменту инерции ротора в сравнении с двигателями нормальной энергоэффективности.

С другой стороны, двигатели сервоприводов, например в робототехнике, станкостроении и точных позиционных станках с частыми интенсивными изменениями нагрузки и скорости, должны иметь малоинерционный ротор для обеспечения требуемой производительности и точности. Энергетическая эффективность в данном случае менее востребована, нежели динамическая. Двигатели с малой инерцией ротора, однако, в стационарных режимах имеют сравнительно большие потери.

По этой причине двигатели для сервоприводов не подлежат IE-классификации настоящего стандарта.

Как правило, для идентификации серводвигателей используется один из следующих критериев.

Критерий максимальной частоты вращения: $n_{max} > a_0 \cdot e^{-a_1 \cdot P_N + a_2} + a_3$, где a_0 = 6000 об/мин$^{-1}$, a_1 = 0,02 1/кВт, a_2 = –0,4, a_3 = 3200 об/мин$^{-1}$.

Критерий углового ускорения: $acc_{coeff} = T_{max} / J > b_0 \cdot e^{-b_1 \cdot P_N + b_2} + b_3$, где b_0 = 18000 1/с^2, b_1 = 1,3 1/кВт, b_2 = –1, b_3 = 5800 1/с^2.

Двигатели, исключенные из сферы действия настоящего стандарта, могут оцениваться в составе электропривода в соответствии с IEC 61800-9-2. В этом случае электропривод как сочетание двигателя и преобразователя частоты оценивается IES0, IES1 или IES2.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения).

IEC 60034-1, Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики)

IEC/TS 60034-2-3, Rotating electrical machines — Part 2-3: Specific test methods for determining losses and efficiency of converter-fed AC induction motors (Машины электрические вращающиеся. Часть 2-3. Специальные методы определения потерь и эффективности индукционных двигателей переменного тока с питанием от преобразователя)

IEC 60034-30-1, Rotating electrical machines — Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code) (Машины электрические вращающиеся. Часть 30-1. Классы эффективности двигателей переменного тока, работающих от сети (код IE))

IEC 61800-9-2, Adjustable speed electrical power drive systems — Part 9-2: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications — Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters (Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 9-2. Экодизайн систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и ее приводов. Показатели энергоэффективности систем силовых электроприводов и пускателей электродвигателя).

3 Термины, определения и обозначения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены основные термины и определения, установленные в IEC 60034-1 в соответствующем применении.

ИСО и МЭК поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартах по следующим адресам:

- МЭК Электропедия доступна на http://www.electropedia.org;
- ИСО Онлайн-платформа просмотра доступна на http://www.iso.org/obp.

3.1.1 **двигатель с регулируемой скоростью** (variable speed motor): Двигатель, предназначенный для работы в определенном диапазоне скоростей или с одной специальной скоростью, питающийся от напряжения регулируемой амплитуды и частоты.

3.1.2 **двигатель со встроенным тормозом** (brake motor): Двигатель, укомплектованный электромеханическим тормозным механизмом, воздействующим непосредственно на вал, без муфты.

3.1.3 **мотор-редуктор** (geared motor): Двигатель, напрямую соединенный с редуктором (например, если входной элемент редуктора установлен непосредственно на валу двигателя).

3.1.4 **нормативный КПД** (nominal efficiency): Величина КПД, соответствующая определенному классу эффективности.

Примечание — Нормативный КПД рассчитывается по величинам, приведенным в таблицах нормативных значений КПД, или по интерполяционным формулам, учитывающим дополнительные гармонические потери (см. коэффициент r_{HL}).

3.1.5 **номинальный (паспортный) КПД** (rated efficiency): Величина КПД, заявленная изготовителем для двигателя при питании его от преобразователя при номинальной частоте вращения и мощности.

3.1.6 **нормативное значение величины** (reference value): Значение величины, приведенное в таблицах 2—6 и 4.10.

3.1.7 **номинальная частота вращения** (rated speed): Максимальная рабочая частота вращения в зоне работы с постоянным потоком (основной диапазон регулирования частоты вращения), заявленная производителем.

3.1.8 **максимальная частота вращения** (maximum speed): Максимальная частота вращения, заявленная производителем.

3.1.9 **номинальная мощность** (rated power): Максимальная выходная мощность в длительном режиме при номинальной частоте вращения, заявленная производителем.

3.1.10 **номинальный крутящий момент** (rated torque): Максимальный момент на валу в длительном режиме при номинальной частоте вращения, заявленный производителем.

3.1.11 **основной диапазон регулирования частоты вращения** (constant magnetic-flux speed range, base speed range): Диапазон регулирования частоты вращения между устойчивой минимальной частотой вращения и номинальной, при котором двигатель работает с магнитным потоком, позволяющим обеспечить номинальный крутящий момент.

3.1.12 **диапазон регулирования частоты вращения с ослабленным потоком** (field-weakening speed-range): Диапазон регулирования частоты вращения между номинальной частотой вращения и максимальной, при котором двигатель работает с уменьшением магнитного потока, что позволяет обеспечить номинальную мощность на валу.

3.1.13 **добавочные гармонические потери** (additional harmonic losses): Потери, возникающие в двигателе от воздействия высших гармоник тока и напряжения, обусловленных работой преобразователя, и складывающиеся с основными потерями в стали, обмотках ротора и статора и добавочными потерями от нагрузки.

3.1.14 **основные потери** (fundamental losses): Потери в двигателе, вращающемся при номинальном напряжении и основной частоте (обычно 50 или 60 Гц), не включающие добавочные потери, вызванные гармониками напряжения и тока.

3.2 Обозначения

acc_{coeff} — отношение максимального крутящего момента к моменту инерции ротора, $1/s^2$;

f — частота питания двигателя в любой рабочей точке, Гц;

f_N — номинальная частота питания двигателя, Гц;

I_N — номинальный ток, А;

J — момент инерции ротора, кг · м^2;

n — частота вращения в любой рабочей точке, об/мин или мин$^{-1}$;

n_{max} — максимальная частота вращения, мин$^{-1}$;

n_N — номинальная частота вращения, мин$^{-1}$;

n_{90} — 90 % от номинальной частоты вращения, мин$^{-1}$;

η_n — нормативный КПД, %;

η_N — номинальный КПД, %;

η_{90} — КПД при частоте вращения 90 % и полной нагрузке, %;

η_{ref} — нормативное значение КПД в соответствии с таблицами 2—6 и 4.10, %;

P_N — номинальная мощность на валу, кВт;

P_{90} — мощность на валу при частоте вращения 90 % и полной нагрузке, кВт;

r_{HL} — коэффициент добавочных гармонических потерь, %;

T_N[1] — номинальный крутящий момент, Н · м;

T_{max} — максимальный крутящий момент, Н · м;

T_{100} — крутящий момент при полной нагрузке, определенный при номинальной частоте вращения и номинальной нагрузке, Н · м,

U_N — номинальное напряжение питания, В.

4 Классификация энергоэффективности

4.1 Определение

4.1.1 Общие положения

В разделе рассматриваются двигатели переменного тока, рассчитанные исключительно на работу с переменной частотой и напряжением.

Двигателям, на которые распространяется действие IEC 60034-30-1 и IEC 60034-30-2 (двигатели переменного тока, рассчитанные на питание как непосредственно от сети, так и в режиме регулирования частоты вращения, например, большинство асинхронных машин, синхронные машины с постоянными магнитами и пуском от сети), должен быть присвоен класс энергоэффективности в соответствии с процедурами, изложенными исключительно в IEC 60034-30-1.

Производитель для испытания двигателя в соответствии с IEC 60034-2-3 должен использовать совместимый с двигателем преобразователь частоты.

4.1.2 Дополнительные устройства

Некоторые электрические машины, подчиняющиеся настоящему стандарту, могут иметь дополнительные устройства, такие как уплотнители вала, независимые вентиляторы, механические тормоза, датчики частоты вращения, тахогенераторы и прочие устройства в различных сочетаниях.

Поскольку данные устройства не являются неотъемлемой частью двигателя, определение его энергоэффективности при их наличии не имеет практического смысла. Для таких двигателей рекомендуется проводить испытания на энергоэффективность, измеряя потери только в двигателе со встроенным охлаждением. Потребление энергии отдельно питаемого вентилятора имеет смысл включать в расчет энергоэффективности двигателя лишь в случае, если он входит в базовый вариант конструкции двигателя. Если внешний вентилятор является опцией при поставке массового двигателя, оснащенного встроенным вентилятором на валу, для расчета энергоэффективности используют только потери двигателя со встроенным вентилятором.

Все двигатели вертикального исполнения возможно испытывать в горизонтальном положении. Их упорные подшипники на время испытаний допустимо заменять подшипниками других типов.

Роликовые подшипники на время испытаний допустимо заменять шариковыми.

На всех двигателях с уплотнителями, которые контактируют с внешними устройствами, например, вентиляторами, уплотнители должны быть на время испытаний демонтированы.

Электромеханические тормоза на время испытаний демонтируют. Если конструкция двигателя исключает демонтаж тормоза, его обмотки запитывают от независимого источника и потери в тормозе не учитывают при расчете энергоэффективности двигателя.

Если производитель декларирует единую конструкцию двигателя с тормозом и без него, испытания на энергоэффективность проводят без тормоза. Определяемую энергоэффективность принимают номинальной для двигателя с тормозом и без него.

Примечание — При демонтаже дополнительных узлов при испытании энергоэффективности в лаборатории третьей стороной двигатель и дополнительные узлы могут быть серьезно повреждены.

4.2 Номинальный КПД

КПД η_{90} может быть определен из потерь, найденных в соответствии со стандартом IEC/TS 60034-2-3 при частоте вращения 90 % от номинальной n_{90} и номинальном моменте T_N или T_{100}, разделенных на выходную мощность на валу P_{90} в рабочей точке: $P_{90} = 0{,}9 \quad P_N$ и $n_{90} = 0{,}9 \cdot n_N$.

[1] В русскоязычной литературе часто для обозначения момента используется буква «*M*». Однако в настоящее время все чаще используется латинское «*T*» (от английского torque — момент вращения), подобно тому, как и большинство других обозначений электромеханических величин.

Если номинальный момент T_N не заявлен производителем, момент при полной нагрузке T_{100} может быть найден по номинальной частоте вращения и номинальной мощности по следующей формуле:

$$T_{100} = \frac{P_N}{2\pi \cdot n_N},$$

где P_N измеряется в Вт, n_N — в об/с, T_{100} — в Н · м.

В начале испытания должно быть достигнуто термическое равновесие.

Примечание 1 — Номинальная частота вращения обычно является максимальной в основном диапазоне регулирования.

Примечание 2 — Требование испытывать при 90 % номинальной скорости обусловлено необходимостью гарантировать безопасность при полном потоке (напряжении) при возможных перенапряжениях на электронных ключах преобразователя частоты. Эта процедура гармонизирована с требованиями к испытаниям преобразователей частоты, включенным в IEC 61800-9-2.

Примечание 3 — Обычно имеет место небольшое уменьшение КПД двигателя при 90 % номинальной частоты вращения и, соответственно, 90 % мощности по сравнению с номинальным режимом. Это обусловливает уменьшение предельных значений энергоэффективности в IE-классификации по сравнению с требуемыми IEC 60034-30-1.

Определенный по испытаниям КПД η_{90} должен быть выше или равен η_n-нормативному значению КПД для заявленного класса энергоэффективности (IE-коду).

Нормативное значение КПД η_n для классов IE1—IE5 в соответствии с настоящим стандартом должно быть рассчитано по нормативным значениям КПД η_{ref} из таблиц 2—6 или найдено в соответствии с интерполяционной формулой из раздела 4.10 и уменьшено ввиду добавочных гармонических потерь в соответствии со следующей формулой:

$$\eta_n = \frac{1}{1 + (1 + r_{HL})\left(\frac{1}{\eta_{ref}} - 1\right)}.$$

Коэффициент добавочных гармонических потерь составляет:

- r_{HL} = 0,15 (15 %) для двигателей с номинальной мощностью на валу до 90 кВт включительно;
- r_{HL} = 0,25 (25 %) для двигателей с номинальной мощностью на валу выше 90 кВт.

Примечание 4 — Изменение значения r_{HL} при мощности 90 кВт отражает изменение частоты коммутации соответствующего преобразователя в соответствии со стандартом IEC TS 60034-2-3.

4.3 Допустимые отклонения

Изменения в материалах, технологии производства и результатах испытаний от экземпляра к экземпляру продукции при измерении КПД приводят к разнице в результатах, вследствие чего КПД серии изделий может быть охарактеризован не одним значением, а некоторой областью. Таким образом, КПД η_{90} серии должен иметь детерминированную оценку, при этом КПД любого экземпляра двигателя η_{90} должен быть не меньше нормативного значения η_n минус допустимое отклонение по IEC 60034-1.

4.4 Классификация

Обозначение класса энергоэффективности состоит из букв IE (сокращенное наименование «International Energyefficiency Class», в переводе — «Международный класс энергоэффективности»), после которых без пробела следует номер класса в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 — Классы энергоэффективности IE

Обозначение	Описание
IE1	Двигатели с КПД, равным или превышающим нормативное значение, представленное в таблице 2, скорректированное на коэффициент добавочных гармонических потерь r_{HL} в соответствии с процедурой, описанной в разделе 4.2

Окончание таблицы 1

Обозначение	Описание
IE2	Двигатели с КПД, равным или превышающим нормативное значение, представленное в таблице 3, скорректированное на коэффициент добавочных гармонических потерь r_{HL} в соответствии с процедурой, описанной в разделе 4.2
IE3	Двигатели с КПД, равным или превышающим нормативное значение, представленное в таблице 4, скорректированное на коэффициент добавочных гармонических потерь r_{HL} в соответствии с процедурой, описанной в разделе 4.2
IE4	Двигатели с КПД, равным или превышающим нормативное значение, представленное в таблице 5, скорректированное на коэффициент добавочных гармонических потерь r_{HL} в соответствии с процедурой, описанной в разделе 4.2
IE5	Двигатели с КПД, равным или превышающим нормативное значение, представленное в таблице 6, скорректированное на коэффициент добавочных гармонических потерь r_{HL} в соответствии с процедурой, описанной в разделе 4.2

Примечание 1 — Классы энергоэффективности выше IE5 не запланированы.

Примечание 2 — Таблица 1 применима к двигателям с любой основной частотой питания.

Чтобы определить значения нормативного КПД для мощностей, не представленных в таблицах 2—6 от 0,12 до 200 кВт, следует использовать интерполяционную формулу из раздела 4.10 настоящего стандарта.

4.5 Предельные значения номинального КПД для класса IE1

Таблица 2 — Нормативные значения (%) для расчета нормативных пределов КПД класса IE1

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,12	31,0	38,3	50,0	45,0
0,18	38,0	45,5	57,0	52,8
0,20	39,7	47,6	58,5	54,6
0,25	43,4	52,1	61,5	58,2
0,37	49,7	59,7	66,0	63,9
0,40	50,9	51,1	66,8	64,9
0,55	56,1	65,8	70,0	69,0
0,75	61,2	70,0	72,1	72,1
1,1	66,5	72,9	75,0	75,0
1,5	70,2	75,2	77,2	77,2
2,2	74,2	77,7	79,7	79,7
3	77,0	79,7	81,5	81,5
4	79,2	81,4	83,1	83,1
5,5	81,4	83,1	84,7	84,7
7,5	83,1	84,7	86,0	86,0
11	85,0	86,4	87,6	87,6
15	86,2	87,7	88,7	88,7
18,5	86,9	88,6	89,3	89,3

Окончание таблицы 2

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
22	87,4	89,2	89,9	89,9
30	88,3	90,2	90,7	90,7
37	88,8	90,8	91,2	91,2
45	89,2	91,4	91,7	91,7
55	89,7	91,9	92,1	92,1
75	90,3	92,6	92,7	92,7
90	90,7	92,9	93,0	93,0
110	91,1	93,3	93,3	93,3
132	91,5	93,5	93,5	93,5
160	91,9	93,8	93,8	93,8
200	92,5	94,0	94,0	94,0
250	92,5	94,0	94,0	94,0
315	92,5	94,0	94,0	94,0
355	92,5	94,0	94,0	94,0
400	92,5	94,0	94,0	94,0
450	92,5	94,0	94,0	94,0
От 500 до 1000	92,5	94,0	94,0	94,0

Примечание — Табличные значения идентичны нормативным, приведенным для IE1 в стандарте IEC 60034-30-1.

4.6 Предельные значения номинального КПД для класса IE2

Таблица 3 — Нормативные значения (%) для расчета нормативных пределов КПД класса IE2

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,12	39,8	50,6	59,1	53,6
0,18	45,9	56,6	64,7	60,4
0,20	47,4	58,2	65,9	61,9
0,25	50,6	61,6	68,5	64,8
0,37	56,1	67,6	72,7	69,5
0,40	57,2	68,8	73,5	70,4
0,55	61,7	73,1	77,1	74,1
0,75	66,2	75,9	79,6	77,4
1,1	70,8	78,1	81,4	79,6
1,5	74,1	79,8	82,8	81,3
2,2	77,6	81,8	84,3	83,2

Окончание таблицы 3

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
3	80,0	83,3	85,5	84,6
4	81,9	84,6	86,6	85,8
5,5	83,8	86,0	87,7	87,0
7,5	85,3	87,2	88,7	88,1
11	86,9	88,7	89,8	89,4
15	88,0	89,7	90,6	90,3
18,5	88,6	90,4	91,2	90,9
22	89,1	90,9	91,6	91,3
30	89,8	91,7	92,3	92,0
37	90,3	92,2	92,7	92,5
45	90,7	92,7	93,1	92,9
55	91,0	93,1	93,5	93,2
75	91,6	93,7	94,0	93,8
90	91,9	94,0	94,2	94,1
110	92,3	94,3	94,5	94,3
132	92,6	94,6	94,7	94,6
160	93,0	94,8	94,9	94,8
От 200 до 1000	93,5	95,0	95,1	95,0

Примечание — Табличные значения идентичны нормативным, приведенным для IE2 в стандарте IEC 60034-30-1.

4.7 Предельные значения номинального КПД для класса IE3

Таблица 4 — Нормативные значения (%) для расчета нормативных пределов КПД класса IE3

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,12	50,7	57,7	64,8	60,8
0,18	58,7	63,9	69,9	65,9
0,20	60,6	65,4	71,1	67,2
0,25	64,1	68,6	73,5	69,7
0,37	69,3	73,5	77,3	73,8
0,40	70,1	74,4	78,0	74,6
0,55	73,0	77,2	80,8	77,8
0,75	75,0	78,9	82,5	80,7
1,1	77,7	81,0	84,1	82,7
1,5	79,7	82,5	85,3	84,2

Окончание таблицы 4

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
2,2	81,9	84,3	86,7	85,9
3	83,5	85,6	87,7	87,1
4	84,8	86,8	88,6	88,1
5,5	86,2	88,0	89,6	89,2
7,5	87,3	89,1	90,4	90,1
11	88,6	90,3	91,4	91,2
15	89,6	91,2	92,1	91,9
18,5	90,1	91,7	92,6	92,4
22	90,6	92,2	93,0	92,7
30	91,3	92,9	93,6	93,3
37	91,8	93,3	93,9	93,7
45	92,2	93,7	94,2	94,0
55	92,5	94,1	94,6	94,3
75	93,1	94,6	95,0	94,7
90	93,4	94,9	95,2	95,0
110	93,7	95,1	95,4	95,2
132	94,0	95,4	95,6	95,4
160	94,3	95,6	95,8	95,6
От 200 до 1000	94,6	95,8	96,0	95,8

Примечание — Табличные значения идентичны нормативным, приведенным для IE3 в стандарте IEC 60034-30-1.

4.8 Предельные значения номинального КПД для класса IE4

Таблица 5 — Нормативные значения (%) для расчета нормативных пределов КПД класса IE4

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,12	62,3	64,9	69,8	66,5
0,18	67,2	70,1	74,7	70,8
0,20	68,4	71,4	75,8	71,9
0,25	70,8	74,1	77,9	74,3
0,37	74,3	78,0	81,1	78,1
0,40	74,9	78,7	81,7	78,9
0,55	77,0	80,9	83,9	81,5
0,75	78,4	82,7	85,7	83,5
1,1	80,8	84,5	87,2	85,2

Окончание таблицы 5

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
1,5	82,6	85,9	88,2	86,5
2,2	84,5	87,4	89,5	88,0
3	85,9	88,6	90,4	89,1
4	87,1	89,5	91,1	90,0
5,5	88,3	90,5	91,9	90,9
7,5	89,3	91,3	92,6	91,7
11	90,4	92,3	93,3	92,6
15	91,2	92,9	93,9	93,3
18,5	91,7	93,4	94,2	93,7
22	92,1	93,7	94,5	94,0
30	92,7	94,2	94,9	94,5
37	93,1	94,5	95,2	94,8
45	93,4	94,8	95,4	95,0
55	93,7	95,1	95,7	95,3
75	94,2	95,4	96,0	95,6
90	94,4	95,6	96,1	95,8
110	94,7	95,8	96,3	96,0
132	94,9	96,0	96,4	96,2
160	95,1	96,2	96,6	96,3
200	95,4	96,3	96,7	96,5
250	95,4	96,5	96,7	96,5
От 315 до 1000	95,4	96,6	96,7	96,5

Примечание — Табличные значения идентичны нормативным, приведенным для IE4 в стандарте IEC 60034-30-1.

4.9 Предельные значения номинального КПД для класса IE5

Таблица 6 — Нормативные значения (%) для расчета нормативных пределов КПД класса IE5

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,12	67,4	69,8	74,3	71,4
0,18	71,9	74,6	78,7	75,2
0,20	73,0	75,7	79,6	76,2
0,25	75,2	78,1	81,5	78,3
0,37	78,4	81,6	84,3	81,7
0,40	78,9	82,2	84,8	82,3

Окончание таблицы 6

Номинальная выходная мощность P_N, кВт при номинальной частоте вращения и крутящем моменте при полной нагрузке	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
	От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
0,55	80,6	84,2	86,7	84,6
0,75	82,0	85,7	88,2	86,3
1,1	84,0	87,2	89,5	87,8
1,5	85,5	88,4	90,4	88,9
2,2	87,2	89,7	91,4	90,2
3	88,4	90,6	92,1	91,1
4	89,4	91,4	92,8	91,8
5,5	90,4	92,2	93,4	92,6
7,5	91,3	92,9	94,0	93,3
11	92,2	93,7	94,6	94,0
15	92,9	94,3	95,1	94,5
18,5	93,3	94,6	95,3	94,9
22	93,6	94,9	95,5	95,1
30	94,1	95,3	95,9	95,5
37	94,4	95,6	96,1	95,8
45	94,7	95,8	96,3	96,0
55	94,9	96,0	96,5	96,2
75	95,3	96,3	96,7	96,5
90	95,5	96,5	96,9	96,6
110	95,7	96,6	97,0	96,8
132	95,7	96,8	97,1	96,9
160	96,1	96,9	97,2	97,0
От 200 до 1000	96,3	97,0	97,4	97,2

4.10 Интерполяция нормативных значений КПД для промежуточных значений мощности

Чтобы определить значения нормативного КПД для двигателей с регулированием частоты вращения при мощностях, не представленных в таблицах 2—6 от 0,12 до 200 кВт, следует использовать интерполяционную формулу

$$\eta_{ref} = A \cdot [\log_{10}\{P_N\}]^3 + B \cdot [\log_{10}\{P_N\}]^2 + C \cdot [\log_{10}\{P_N\}] + D,$$

где A, B, C, D — коэффициенты интерполяции (см. таблицы 7 и 8);

P_N — номинальная мощность двигателя, кВт.

Примечание — Формула и коэффициенты интерполяции получены математически как наилучшее приближение к кривой, описывающей предельное значение номинального КПД, и в них не следует искать физического смысла.

Полученное по формуле нормативное значение КПД в % должно быть округлено с точностью до десятых долей, т. е. XX,X %.

Таблица 7 — Коэффициенты интерполяции для мощностей 0,12—0,64 кВт

Код IE	Коэффициенты	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
		От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
IE1	*A*	5,9466	–45,9652	16,7271	11,924
	B	7,9458	–87,1474	12,7136	6,3699
	C	40,441	–8,2383	25,947	30,0509
	D	66,146	68,7303	76,174	76,6136
IE2	*A*	6,4855	–15,9218	17,2751	22,4864
	B	9,4748	–30,258	23,978	27,7603
	C	36,852	16,6861	35,5822	37,8091
	D	70,762	79,1838	84,9935	82,458
IE3	*A*	–0,5896	–17,361	7,6356	6,8532
	B	–25,526	–44,538	4,8236	6,2006
	C	4,2884	–3,0554	21,0903	25,1317
	D	75,831	79,1318	86,0998	84,0392
IE4	*A*	–4,9735	–13,0355	8,432	–8,8538
	B	–21,453	–36,9497	2,6888	–20,3352
	C	2,6653	–4,3621	14,6236	8,9002
	D	79,055	82,0009	87,6153	85,0641
IE5	*A*	–9,5776	–6,1120	11,0118	–7,0239
	B	–30,1627	–23,1331	8,3635	–16,9944
	C	–4,5962	1,6331	16,0368	8,1621
	D	81,2564	86,0990	90,5323	87,7915

Таблица 8 — Коэффициенты интерполяции для мощностей 0,75—200 кВт

Код IE	Коэффициенты	Номинальная частота вращения в пределах, мин$^{-1}$			
		От 600 до 900	От 901 до 1200	От 1201 до 1800	От 1801 до 6000
IE1	*A*	2,4433	0,0786	0,5234	0,5234
	B	–13,8	–3,5838	–5,0499	–5,0499
	C	30,656	17,2918	17,4180	17,4180
	D	65,238	72,2383	74,3171	74,3171
IE2	*A*	2,1311	0,0148	0,0278	0,2972
	B	–12,029	–2,4978	–1,9247	–3,3454
	C	26,719	13,2470	10,4395	13,0651
	D	69,735	77,5603	80,9761	79,077
IE3	*A*	0,7189	0,1252	0,0773	0,3569
	B	–5,1678	–2,613	–1,8951	3,3076
	C	15,705	11,9963	9,2984	11,6108
	D	77,074	80,4769	83,7025	82,2503
IE4	*A*	0,6556	0,3598	0,2412	0,34
	B	–4,7229	–3,2107	–2,3608	–3,0479
	C	13,977	10,7933	8,446	10,293
	D	80,247	84,107	86,8321	84,8208
IE5	*A*	0,6183	0,3394	0,2459	0,3106
	B	–4,2672	–2,8578	–2,136	–2,6854
	C	12,0866	9,2088	7,1743	8,7516
	D	83,5379	86,8489	89,1712	87,4633

5 Необходимая документация

5.1 Информация на табличке

Класс энергоэффективности в виде IE-кода должен быть обозначен на табличке номинальных данных, например, «IE2». Значение КПД на табличке не приводится.

Некоторые двигатели имеют КПД ниже соответствующего классу IE1. В этом случае они не маркируются классом энергоэффективности.

На табличке и в документации приводятся минимальные данные для установки соответствующего двигателю преобразователя.

5.2 Информация в документации

Следующая информация является обязательной:

- данные преобразователя частоты (тип, питающее напряжение и т. п.), использованного для испытаний потерь и КПД, чтобы обеспечить сопоставление при повторном тестировании (см. IEC/TS 60034-2-3);
- потери в двигателе в семи стандартных рабочих точках в соответствии с IEC/TS 60034-2-3.

Следующая информация является опционной:

- семь параметров c_{L1} ... c_{L7} интерполяционной формулы, представленной в стандарте IEC/TS 60034-2-3;
- потери в двигателе дополнительных по отношению к семи стандартным рабочим точкам в соответствии с IEC/TS 60034-2-3.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60034-1	IDT	ГОСТ IEC 60034-1—2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики»
IEC TS 60034-2-3	IDT	ГОСТ IEC/TS 60034-2-3—2015 «Машины электрические вращающиеся. Часть 2-3. Специальные методы определения потерь и коэффициента полезного действия асинхронных двигателей переменного тока с питанием от преобразователя»
IEC 60034-30-1	IDT	ГОСТ IEC 60034-30-1—2016 «Машины электрические вращающиеся. Часть 30-1. Классы КПД двигателей переменного тока, работающих от сети (код IE)»
IEC 61800-9-2	IDT	ГОСТ IEC 61800-9-2—2021 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 9-2. Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе. Показатели энергоэффективности систем силовых электроприводов и пускателей электродвигателя»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

IEC 60034-5	Rotating electrical machines — Part 5: Degrees of protection provided by the integral design of rotating electrical machines (IP code) — Classification (Машины электрические вращающиеся. Часть 5. Степени защиты, обеспечиваемые собственной конструкцией вращающихся электрических машин (код IP). Классификация)
IEC 60034-12	Rotating electrical machines — Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors (Машины электрические вращающиеся. Часть 12. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных двигателей с короткозамкнутым ротором)
IEC/TS 60034-25	Rotating electrical machines — Part 25: AC electrical machines used in power drive systems. Applicationguide (Машины электрические вращающиеся. Часть 25. Электрические машины переменного тока, используемые в системах силового привода. Руководство по применению)
IEC/TS 60034-31	Rotating electrical machines — Part 31: Selection of energy efficient motors including variable speed applications — Application guide (Машины электрические вращающиеся. Часть 31. Выбор энергоэффективных двигателей включая перемены скоростей. Руководство по применению)
IEC 60072-1	Dimensions and output series for rotating electrical machines — Part 1: Frame numbers 56 to 400 and flange numbers 55 to 1080 (Машины электрические вращающиеся. Размеры и ряды выходных мощностей. Часть 1. Габаритные номера от 56 до 400 и номера фланцев от 55 до 1080)
ISO 3	Preferred numbers — Series of preferred numbers (Предпочтительные числа. Ряды предпочтительных чисел)
EN 12101-3	Smoke and heat control systems — Part 3: Specification for powered smoke and heat exhaust ventilators (Системы контроля над дымом и теплом. Часть 3. Технические условия для определения энергии дыма и выделения тепла вентиляторами)
EN 50347	General purpose three-phase induction motors having standard dimensions and outputs — Frame numbers 56 to 315 and flange numbers 65 to 740 (Универсальные трехфазные асинхронные двигатели, имеющие стандартные размеры и выходные мощности. Габаритные размеры 56—315 и номера фланцев 65—740)
JIS C 4212	Low-voltage three-phase squirrel-cage high efficiency induction motors (Низковольтные трехфазные высокоэффективные асинхронные двигатели с беличьей клеткой)
NBR 17094-1	Rotating electrical machines — Induction motors — Specification (Машины электрические вращающиеся. Асинхронные двигатели. Технические условия)
NEMAMG1	Motors and Generators (Двигатели и генераторы)
SANS 1804-1	Induction motors — Part 1: IEC requirements (Асинхронные двигатели. Часть 1. Требования МЭК)

УДК 621.313:006.354 МКС 29.160.01

Ключевые слова: машины электрические вращающиеся; коэффициент полезного действия, класс энергоэффективности

Редактор *З.Н. Киселева*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 04.08.2021. Подписано в печать 17.08.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,24.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «РСТ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

ИПК СТАНДАРТОВ 2021