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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61800-9-1— 2023

СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

Часть 9-1

Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе. Общие требования к стандартизации энергоэффективности оборудования с электроприводом на основе комплексного подхода (EPA) и квазианалитической модели (SAM)

(IEC 61800-9-1:2017, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

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 28 июня 2023 г. № 63-2023)

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 9 августа 2023 г. № 623-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61800-9-1—2023 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2024 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61800-9-1:2017 «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью. Часть 9-1. Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе. Общие требования к стандартизации энергоэффективности оборудования с электроприводом на основе комплексного подхода (EPA) и квазианалитической модели (SAM)» («Adjustable speed electrical power drive systems — Part 9-1: Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications — General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)», IDT).

Международный стандарт разработан Подкомитетом SC 22G «Системы силовых электроприводов с регулируемой скоростью, включая полупроводниковые преобразователи энергии» Технического комитета ТС 22 «Системы силовой электроники и оборудование» Международной электротехнической комиссии (IEC).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов 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, 2017
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

Введение IV
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Требования к совершенствованию стандартов по энергоэффективности электромеханического комплекса 4
5 Требования к квазианалитической модели ЭМК 6
6 Требования к квазианалитической модели электромашинной системы 7
7 Интеграция квазианалитических моделей при системном анализе электромеханического комплекса 8
Приложение А (справочное) Применение квазианалитической модели на примере электромеханического комплекса с комплектным электроприводом в насосной системе 12
Приложение В (справочное) Расчет энергопотребления на основе нагрузочной диаграммы 14
Приложение С (справочное) Типовые механические и энергетические диаграммы механизмов и опорные точки 15
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 19
Библиография 20

Введение

Подкомитет IEC SC 22G включает специальную комиссию по стандартизации энергоэффективности систем электропривода. Она работает в тесном сотрудничестве с рядом других технических комитетов (например, IEC TS 2, IEC SC 121A).

Подкомитет IEC SC 22G несет ответственность за все аспекты энергоэффективности и требований к экологически эффективному проектированию силовой электроники, коммутационной аппаратуры, устройств управления, комплектных электроприводов и их промышленных применений.

Ключевые принципы в стандартизации энергоэффективности иллюстрируются на рисунке 1. Принято соглашение о необходимости сформулировать приемлемую цель в качестве оптимального компромисса.

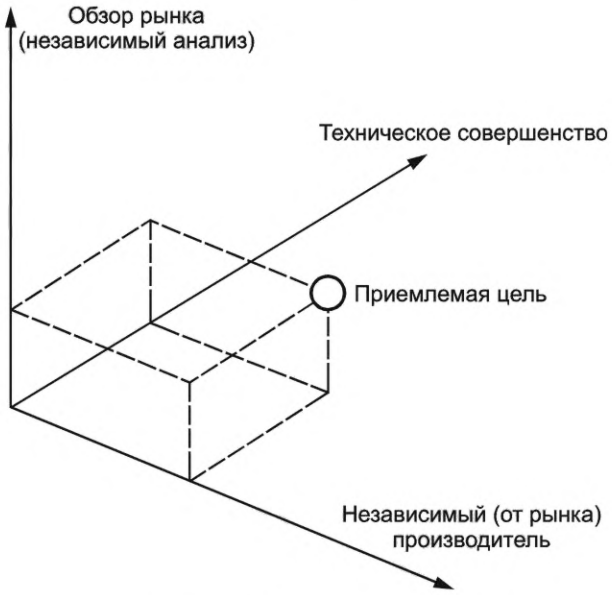


Рисунок 1 — Иллюстрация ключевых требований стандартизации энергоэффективности

Серия стандартов IEC 61800 не распространяется на механические компоненты.

Примечание 1 — Редукторные приводы (двигатель с встроенным редуктором) рассматриваются как комплектный электропривод (двигатель с преобразователем). Для классификации потерь в редукторных приводах можно обратиться к IEC 60034-30-1. Классы энергоэффективности редукторов в настоящее время находятся на рассмотрении.

IEC 61800-9-1 является частью серии IEC 61800, имеющей следующую структуру:

- часть 1. Общие требования. Номинальные данные низковольтных электроприводов постоянного тока с регулированием частоты вращения;
- часть 2. Общие требования. Номинальные данные низковольтных электроприводов переменного тока с регулированием частоты вращения;
- часть 3. Требования по электромагнитной совместимости и специальные методы испытаний;
- часть 4. Общие требования. Номинальные данные электроприводов переменного тока на напряжение свыше 1000 В и до 35 кВ включительно;
- часть 5. Требования безопасности;
- часть 6. Руководство по определению режима нагружения и соответствия номинальному току;
- часть 7. Многофункциональный интерфейс и пользовательский профиль комплектных электроприводов;
- часть 8. Спецификация напряжений на силовом входе;
- часть 9. Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе.

Каждая часть в дальнейшем может быть в свою очередь разделена на отдельные части, публикуемые как международные стандарты, технические спецификации или технические отчеты, некоторые из которых к настоящему времени уже изданы. Другие будут издаваться с продолжением нумерации, идентифицирующей номер данной отдельной части, например IEC 61800-9-2.

Данная часть IEC 61800-9 является стандартом, характеризующим энергоэффективность систем электропривода, содержащих пускатель или преобразователь с регулированием частоты и напряжения. Его целью является обеспечение производителя простой и ясной основой для сравнения энергетических характеристик электроприводов, чтобы улучшить свою продукцию, потребителю обеспечить ясность и информативность, а также надежную ссылочную базу для регуляторных органов и стандартов по характеристикам энергоэффективности.

Серия стандартов IEC 61800-9 (Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе) будет включать следующие части:

Часть 9-1. Общие требования к стандартизации энергоэффективности оборудования с электроприводом на основе комплексного подхода (EPA) и квазианалитической модели (SAM)

Часть 9-2. Показатели энергоэффективности систем силовых электроприводов и пускателей электродвигателя

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

СИСТЕМЫ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОРОСТЬЮ

Часть 9-1

Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе. Общие требования к стандартизации энергоэффективности оборудования с электроприводом на основе комплексного подхода (EPA) и квазианалитической модели (SAM)

Adjustable speed electrical power drive systems. Part 9-1. Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications. General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM)

Дата введения — 2024—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт определяет общую методологию стандартизации энергоэффективности любого электромеханического комплекса, основанную на системном подходе.

Настоящий стандарт побуждает профильные комитеты по технологиям, использующим электропривод (так называемым электромеханическим комплексам), рассматривать потери мощности в электроприводе, движущем соответствующий механизм, для расчета общей энергоэффективности всего комплекса.

Расчет основан на использовании аналитических моделей, описывающих режимы работы при различных скоростях, нагрузках и паузах, а также относительные потери в соответствующих точках механических характеристик электропривода.

Настоящий стандарт представляет методологию определения потерь как всего электромеханического комплекса, так и отдельных его частей.

Настоящий стандарт применим к электроприводам с пускателями или с преобразователями частоты.

Настоящий стандарт не устанавливает требования к документам по воздействию на окружающую среду.

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 60050-161, International electrotechnical vocabulary — Part 161: Electromagnetic compatibility (Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость)

IEC 60034-2-1:2014, Rotating electrical machines. Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles) [Машины электрические вращающиеся. Часть 2-1. Методы определения потерь и коэффициента полезного действия вращающихся электрических машин (за исключением машин для подвижного состава)]

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.

Издание официальное

Специальные методы определения потерь и эффективности индукционных двигателей переменного тока с питанием от преобразователя)

IEC 61800-9-2:2016, 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. Энергоэффективность систем силовых электроприводов, пускателей электродвигателя, силовой электроники и электромеханических комплексов на их основе)

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины и определения по IEC 60050-161, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ISO и IEC поддерживают терминологические базы данных для использования в стандартах по следующим адресам:

- Электропедия IEC, которая доступна на gost.e-ecolog.ru
- онлайн-платформа просмотра ISO, доступная на gost.e-ecolog.ru

3.1.1 **рабочий цикл** (duty profile): Функция, выражающая зависимость нагрузки от времени работы.

3.1.2 **индекс энергоэффективности**; ИЭЭ (energy efficiency index, EEI): Величина, характеризующая КПД электромеханического комплекса, получаемая в результате системной оценки его энергоэффективности.

3.1.3 **электромеханический комплекс;** ЭМК (extended product, EP): Исполнительный механизм вместе с электромашинной системой или комплектным электроприводом.

Примечание 1 — См. рисунок 2.



Рисунок 2 — Электромеханический комплекс

3.1.4 **системный подход к энергоэффективности электромеханического комплекса** (extended product approach, EPA): Методология определения индекса энергоэффективности электромеханического комплекса с учетом скорости и момента исполнительного механизма, относительных потерь в электромашинной системе и рабочего цикла.

3.1.5 **цикл работы электромеханического комплекса** (load-time profile): Доля времени работы электромеханического комплекса в каждой рабочей точке по отношению к общему времени работы комплекса.

Примечание 1 — Обычно цикл представляется в виде временной диаграммы.

Примечание 2 — В цикл может быть включен режим паузы.

3.1.6 **оборудование для управления двигателем** (motor control equipment): Комплектный преобразователь или пускатель.

3.1.7 **электромашинная система** (motor system): Комплектный преобразователь или пускатель и двигатель.

3.1.8 **квазианалитическая модель** (semi analytic model, SAM): Модель для расчета потерь в электроприводе или исполнительном механизме.

Примечание 1 — Квазианалитическая модель содержит физические, математические параметры и алгоритмы расчета.

3.1.9 **трансмиссия** (transmission): Любой компонент, соединяющий вал двигателя с рабочей машиной, например насосом (муфты, редукторы и т. п.).

3.2 Обозначения и сокращения

3.2.1 $E_{Electrical}$ — потребление электроэнергии электромеханическим комплексом за некоторый период времени.

3.2.2 k_P — отношение средневзвешенной электрической мощности, кВт, потребляемой электромеханическим комплексом, к нормативной потребляемой мощности $P_{Reference}$.

3.2.3 $P_{Electrical}$ — электрическая мощность, кВт, потребляемая электромеханическим комплексом в некоторый момент времени.

3.2.4 $P_{Electrical\ Max}$ — электрическая мощность, кВт, потребляемая электромеханическим комплексом при 100 % скорости и 100 % момента нагрузки.

3.2.5 P_i — потребление мощности, кВт, в рабочей точке *i*.

3.2.6 $P_{L,\ control}$ — потери мощности на управление.

3.2.7 P_n — нормативная мощность, типичная для класса оборудования одинаковой номинальной мощности (см. IEC 60034-1).

3.2.8 $P_{out,\ CDM}$ — выходная мощность комплектного преобразователя, получаемая после измерения потерь.

3.2.9 $P_{out,\ PDS}$ — выходная мощность комплектного электропривода, получаемая после измерения потерь.

3.2.10 P_r — номинальная мощность оборудования, заявленная производителем.

3.2.11 $P_{Referense}$ — нормативное потребление мощности электромеханическим комплексом, определенное соответствующим профильным комитетом.

3.2.12 P_L — потери электрической мощности.

Примечание 1 — В $P_{L,\ CDM}$, $P_{L,\ Mot}$ и $P_{L,\ Aux}$ индекс CDM означает комплектный преобразователь, Mot означает двигатель, Aux означает дополнительное оборудование, например кабели, трансформаторы, фильтры. Относительные потери мощности представляют долю потерь по отношению к нормативной мощности.

3.2.13 $P_{L,\ CDM}$ — потери мощности в комплектном преобразователе.

3.2.14 $P_{L,\ CDM,\ determined}$ — потери мощности в комплектном преобразователе, определенные методом измерения потерь.

3.2.15 $P_{L,\ CDM,\ relative}$ — потери мощности в комплектном преобразователе, отнесенные к номинальной кажущейся мощности.

3.2.16 $P_{L,\ inverter}$ — потери мощности в инверторном звене комплектного преобразователя.

3.2.17 $P_{L,\ PDS,\ determined}$ — потери мощности в комплектном электроприводе, определенные методом измерения потерь.

3.2.18 $P_{L,\ Mot}$ — суммарные потери мощности в двигателе, определяемые по IEC 60034-2-1:2014, метод 2-1-1B для питания от преобразователя (несинусоидальным напряжением).

3.2.19 t_W — время работы оборудования.

3.2.20 T_i — момент в рабочей точке *i*, Нм.

3.2.21 TF_i — процентная доля времени работы электромеханического комплекса в конкретной рабочей точке *i*.

4 Требования к совершенствованию стандартов по энергоэффективности электромеханического комплекса

4.1 Общие положения

Данный стандарт определяет методологию определения индекса энергоэффективности (ИЭЭ) ЭМК по его квазианалитической модели (SAM). Методология основана на системном подходе к ЭМК (EPA) как объекту, интегрирующему все процессы преобразования и целенаправленного использования электроэнергии.

Требуется установить обязанности и задачи заинтересованных сторон, создающих и использующих стандарты по различным ЭМК, а также потоки данных в этих процессах.

a) Рассматривается специфическая информация по оборудованию комплекса:

- механические характеристики исполнительного механизма, заявленные производителем или другим заинтересованным субъектом (контролирующий орган или другая организация);
- потери в электромашинной системе или ее составляющих (двигатель, комплектный преобразователь, пускатель) в рабочих точках частичной нагрузки. Они должны быть установлены различными производителями в соответствии с IEC 61800-9-2.

b) Рассматривается информация по исполнительному механизму:

- рабочий цикл исполнительного механизма. Заинтересованные субъекты могут, к примеру, представить типичные применения ЭМК с соответствующими применению рабочими циклами.

c) Системный подход используется для определения индекса энергоэффективности (потери, КПД, расход энергии и т. п.):

- IEC 61800-9-2 определяет методы определения потерь в электромашинной системе экспериментальным или расчетным способом;
- другие заинтересованные субъекты (контролирующий орган или другая организация) определяют, каким образом объединить потери в электромашинной системе и нагрузке, чтобы оценить общий индекс энергоэффективности всего ЭМК в конкретном применении.

Взаимодействие между различными заинтересованными сторонами процесса представлено на рисунке 3.

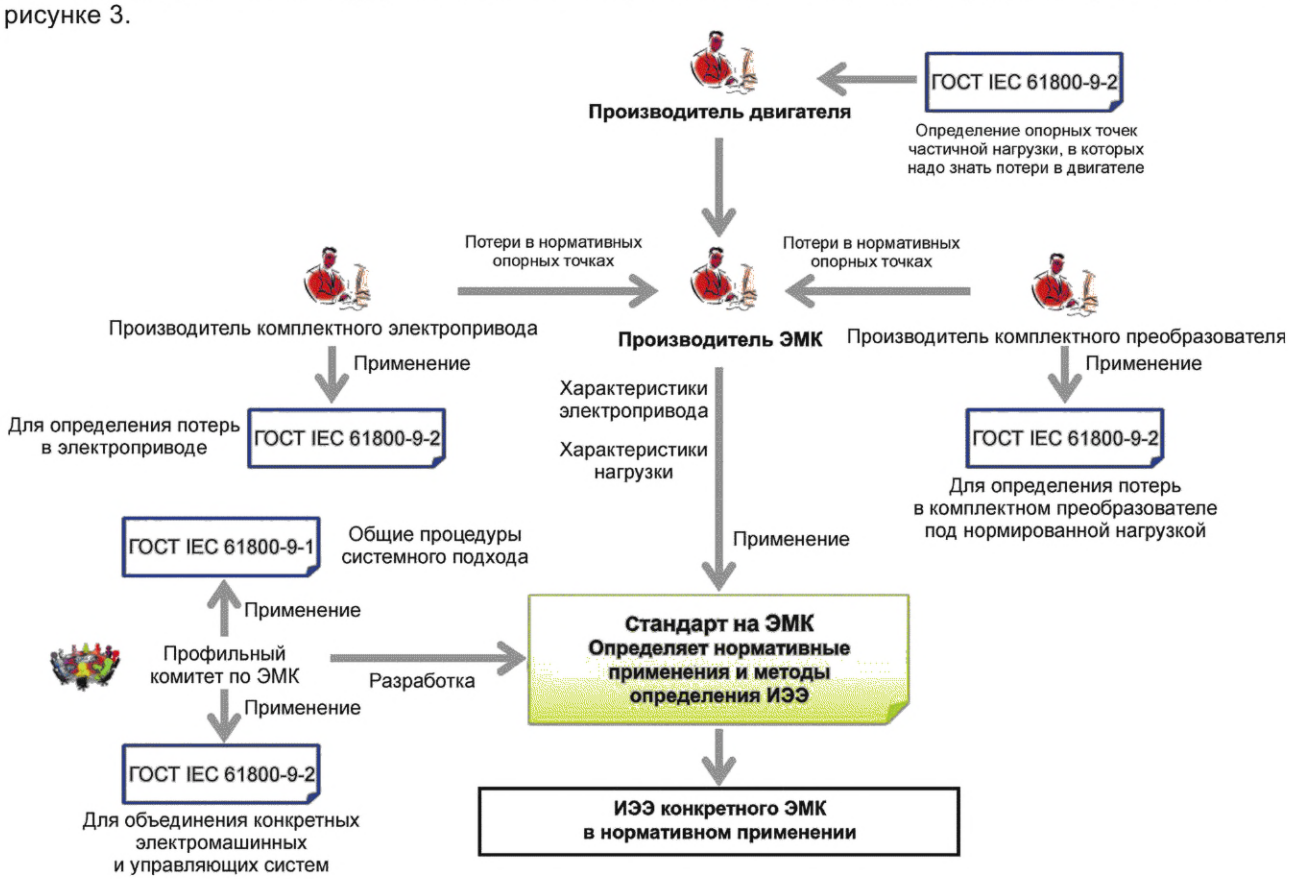


Рисунок 3 — Участники и ответственность в процедуре определения индекса энергоэффективности электромеханического комплекса

Примечание 1 — Производители двигателей и комплектных преобразователей могут передавать данные напрямую производителю комплектного электропривода (электромашинной системы).

Примечание 2 — Если электромашинная система базируется на пускателе, в потери электромашинной системы включаются только потери в двигателе.

4.2 Ответственность стандарта или технического комитета в части электромеханических комплексов

Основываясь на общих принципах, изложенных в настоящем стандарте, заинтересованные лица (контролирующий орган или другая организация) могут уточнить квазианалитическую модель нагрузки и всего ЭМК применительно к конкретному типу продукции.

Заинтересованные субъекты (контролирующий орган или другая организация) должны уточнить и нормировать:

- один или более профилей нагрузки (механических характеристик) для конкретного применения, как описано в приложении С;
- один или более рабочих циклов (характеристик время — нагрузка) для конкретного применения, как описано в приложении С;
- подходящий метод определения потерь в промежуточных рабочих точках по данным двигателя, комплектного преобразователя и комплектного электропривода (см. 7.3);
- квазианалитическая модель ЭМК, основанная на системном подходе, как описано в разделе 7, с использованием опорных точек частичной нагрузки электропривода, как это описано в IEC 61800-9-2:2016, приложение Е;
- метод определения индекса энергоэффективности ЭМК в рамках своей ответственности (например, приложение В).

Стандарт на ЭМК или технический комитет могут декларировать допустимые отклонения потерь при частичных нагрузках, как это определено в IEC 61800-9-2.

Примечание — Данные на электромашинную систему могут включать данные как на комплектный электропривод, так и на комплектный преобразователь и отдельную машину. Стандарт IEC 61800-9-2 предоставляет информацию об оценке данных электропривода по данным машины и комплектного преобразователя.

Количество опорных точек частичной нагрузки, используемых в квазианалитической модели ЭМС, ограничивается разумным выбором из восьми точек.

4.3 Элементы системного подхода к ЭМК

Квазианалитическая модель ЭМК позволяет найти потери в любых точках частичной нагрузки по потерям в нормативных опорных точках. Необходимые для этого элементы представлены в таблице 1 и на рисунке 6.

Чтобы определить общие потери ЭМК в конкретном применении, необходимо осуществить ряд шагов.

a) **Квазианалитическая модель электромашинной системы**, представленная в IEC 61800-9-2, определяет относительные потери в нескольких нормализованных опорных точках. Электромашинная система может представлять собой комплектный электропривод или двигатель с контактором, пускателем и т. п.

- Если электромашинная система является комплектным электроприводом, ее квазианалитическая модель основана на принципе эталонного комплектного электропривода, который представляет собой «типичный» комплектный электропривод, с которым сравнивается реальный электропривод по энергетической эффективности.
- Если электромашинная система представляет собой двигатель с пускателем, расчет потерь упрощается, не требуя эталонного пускателя.

b) **Квазианалитическая модель исполнительного механизма** (насоса, компрессора, вентилятора и т. п.) определяет потери или КПД в механизме в его типичных режимах работы. Это определение лежит в зоне ответственности производителя механизма или соответствующего технического комитета.

c) **Модель энергетической эффективности электромеханического комплекса** объединяет квазианалитические модели электромашинной системы и исполнительного механизма (включая также КПД трансмиссии). Ответственность за ее разработку лежит на производителе ЭМК или другом заинтересованном лице. Оценка энергоэффективности ЭМК основана на данных, соответствующих конкретному применению комплекса (включая рабочие точки, рабочий цикл, время работы и т. п.), по-

зволяющих в конечном счете оценить индекс энергоэффективности. Индекс позволяет сравнить энергоэффективность различных электромашинных систем для данного применения или различные режимы работы для данного ЭМК.

Таблица 1 — Минимальные токи нагрузки в различных рабочих точках

Элементы, необходимые для оценки ИЭЭ ЭМК	Исходные данные	Выходные данные	Ссылки	Ответственность
Квазианалитическая модель электромашинной системы	Характеристики электромашинной системы (компоненты, их номинальные параметры и т. п.)	Относительные потери электромашинной системы в нормативных опорных точках	IEC 61800-9-2	IEC SC 22G, TC2
Квазианалитическая модель ЭМК	Решение квазианалитической модели электромашинной системы и характеристики исполнительного механизма	Относительные потери ЭМК в нормативных опорных точках	Стандарт на ЭМК	Профильный комитет по исполнительным механизмам (например, ISO TC 115, TC117, TC118)
Модель энергетической эффективности ЭМК	Решение квазианалитической модели ЭМК и требования к механизму (рабочий цикл, время работы)	ИЭЭ ЭМК для данного применения	Стандарт на ЭМК	Профильный комитет по ЭМК (например, ISO TC 115, TC117, TC118)

5 Требования к квазианалитической модели ЭМК

Квазианалитические модели необходимы для определения относительных потерь в составных частях комплекса с целью определения общих потерь ЭМК на основе системного подхода.

В данном разделе описаны базовые требования, которые должны быть выполнены, чтобы использовать квазианалитическую модель.

Квазианалитическая модель ЭМК должна включать следующие аспекты:

- средние параметры рабочих условий при определении потерь в исполнительном механизме;
- типичные механические характеристики (профили нагрузки) исполнительного механизма;
- типичные рабочие циклы (характеристики время — нагрузка) исполнительного механизма;
- типичные допустимые отклонения потерь в исполнительном механизме;
- относительные потери в электромашинной системе в соответствии с данными, содержащимися в IEC 61800-9-2.

Результаты анализа квазианалитической модели используются для расчета ИЭЭ (индекса энергоэффективности), характеризующего количественное различие между типичными эффективными и типичными неэффективными применениями.

Значение ИЭЭ будет дано в метрической системе, что позволит его представить в документации пользователей или каталоге.

Чтобы оценить энергоэффективность системы, должны быть взяты в расчет все ее компоненты. Регулирование скорости, осуществляемое комплектным электроприводом, имеет преимущества во многих механизмах, однако сопровождается дополнительными потерями.

Достигаемое энергосбережение часто зависит от опорной точки, в которой работает ЭМК, как этого требует конкретное применение.

Поэтому необходимо наличие информации о применении и режиме работы в нем, которую предоставляет технический комитет, определяя квазианалитиескую модель для применяемого конкретного ЭМК.

Для описания ЭМК и его работы особенно полезны две объектно направленные характеристики:

a) **механическая характеристика** (зависимость момента или мощности от скорости). Эта характеристика показывает, как момент, требуемый на валу исполнительного механизма, зависит от скорости. Форма этой характеристики зависит от типа механизма (насос, вентилятор и т. п.);

b) **временная диаграмма нагрузки**, иначе называемая рабочим циклом. Эта диаграмма описывает уровни мощности, требуемой механизмом, в том числе в режиме паузы, а также долю времени, занимаемого работой на данном уровне в общем цикле. Эта диаграмма тесно связана с типоразмером двигателя и характером работы ЭМК в данном применении.

Эти две характеристики могут быть использованы как исходные данные при сравнении возможных решений в области энергоэффективности.

В приложении С даны примеры механических характеристик, а также пример определения опорных точек в рабочем цикле. Данное приложение также иллюстрирует возможность совместного и взвешенного определения затрат энергии производственным механизмом с целью сравнения различных архитектур электромашинной системы с точки зрения энергосбережения.

6 Требования к квазианалитической модели электромашинной системы

6.1 Общие положения

Квазианалитическая модель электромашинной системы (например, комплектный электропривод) включает все параметры, которые необходимы для определения относительных потерь в отдельных опорных точках в координатах момент — скорость.

Определение ИЭЭ ЭМК требует описания относительных потерь электромашинной системы с целью выбора наиболее эффективного решения.

Более детальные требования к квазианалитической модели электромашинной системы содержатся в стандарте IEC 61800-9-2.

Относительные потери электромашинной системы (отношение потерь в рабочей точке к номинальной мощности электромашинной системы) должны учитывать все аспекты работы, в том числе те, в которых скорость исполнительного механизма равна нулю.

Примечание — Эта позиция не соответствует определению КПД (η) двигателя, питающегося от сети, как процентного отношения выходной механической мощности на валу к сумме входной электрической мощности и мощности потерь.

6.2 Опорные точки комплектного электропривода

Для определения расхода энергии в любом режиме работы различных электромеханических комплексов предлагается восемь опорных точек в координатах момент — скорость, представленных на рисунке 4.

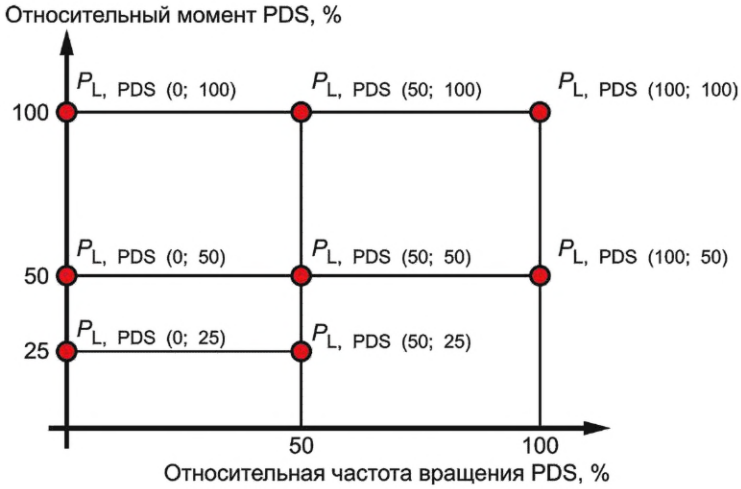


Рисунок 4 — Опорные точки (относительные частота вращения и момент на валу) для определения относительных потерь комплектного электропривода (PDS)

Результатом анализа квазианалитической модели электромашинной системы являются относительные потери в этой системе, значение которых является исходной информацией для квазианалитической модели электромеханического комплекса (см. таблицу 1).

6.3 Требования при отсутствии комплектного преобразователя

Если электромашинная система содержит пускатель или контактор, опорные точки расположены только на относительной скорости 100 %, как показано на рисунке 5.

Дополнительные потери мощности в магнитном пускателе переменного тока в соответствии с IEC 60947-4-1 или полупроводниковом пускателе в соответствии с IEC 60947-4-2 малы. Процедуры определения относительных потерь в таких электромашинных системах без вычислений или испытаний описаны в IEC 61800-9-2.

В этих случаях не требуются определения «эталонный контактор» или «эталонный пускатель».

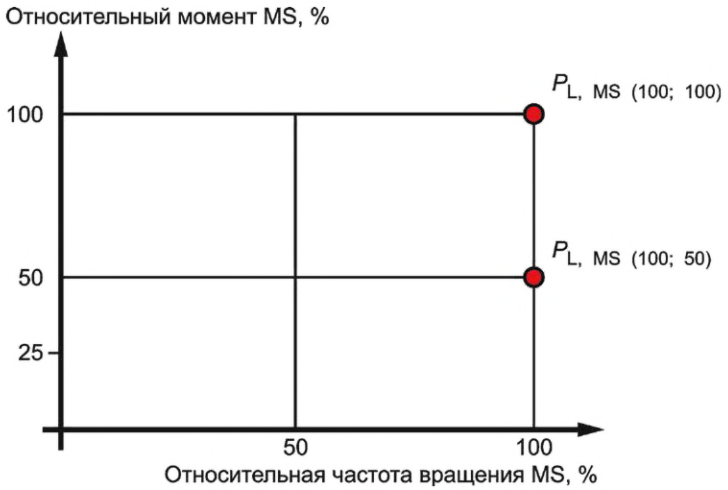


Рисунок 5 — Опорные точки (относительные частота вращения и момент на валу) для определения потерь пускателя или контактора

7 Интеграция квазианалитических моделей при системном анализе электромеханического комплекса

7.1 Общие положения

В разделе 7 описано, как квазианалитические модели электромашинной системы и электромеханического комплекса могут быть объединены для нахождения индекса энергоэффективности в рамках системного подхода.

Интерфейсом между обеими моделями являются значения относительных потерь и их допустимые отклонения в определенных опорных точках в координатах скорость — момент.

Различные модели и необходимость классификации ЭМК по энергоэффективности требуют объединения этих моделей для комплексной оценки энергоэффективности эдектромеханического комплекса, как это показано на рисунке 6.

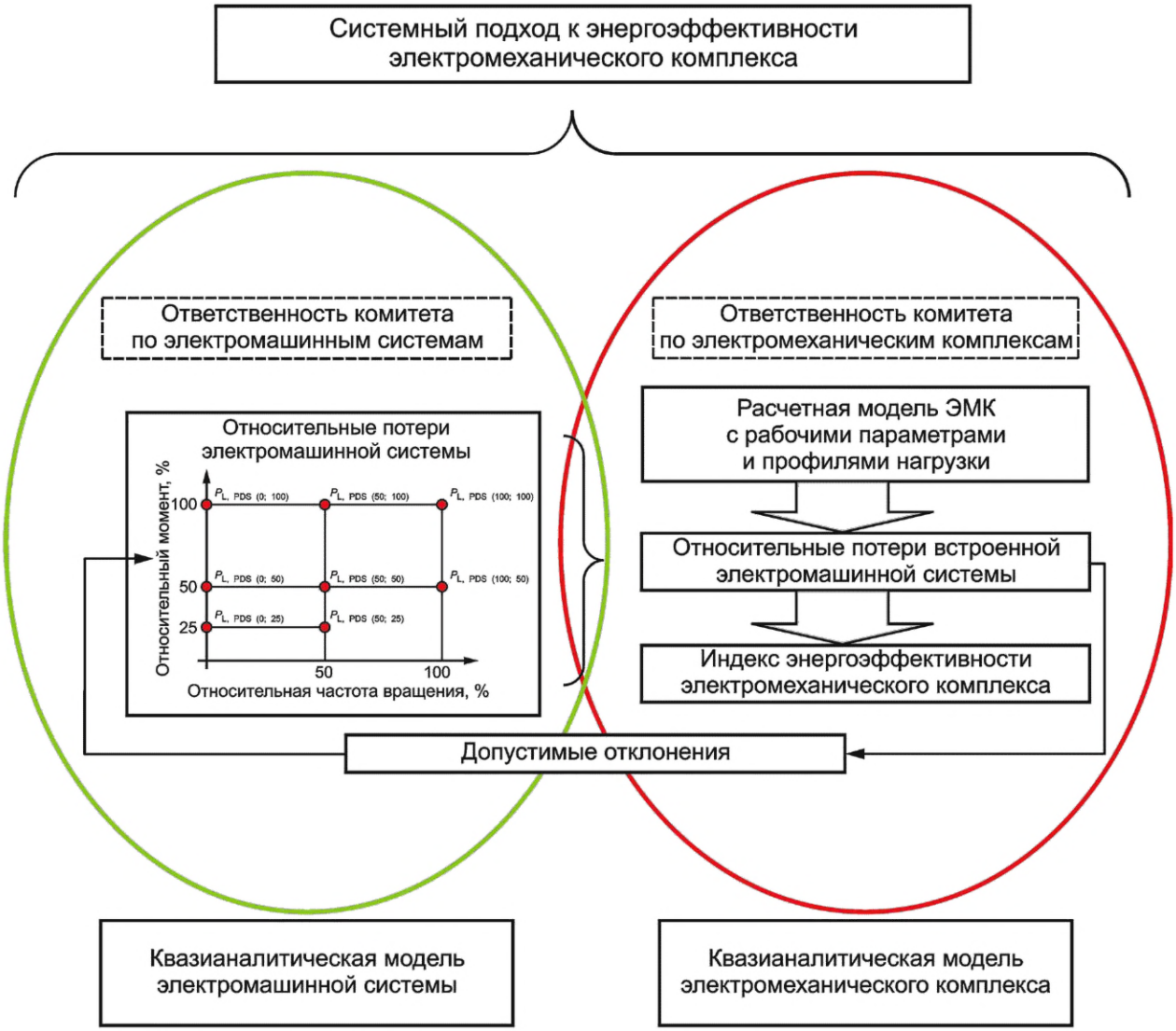


Рисунок 6 — Ответственность и процедуры при определении индекса энергоэффективности электромеханического комплекса

7.2 Опорные точки потерь в электроприводе в координатах скорость — момент

Любой электромеханический комплекс требует для работы в конкретном режиме определенной физически необходимой мощности, равной произведению момента на скорость вращения. Эти данные позволяют провести расчет средних потерь мощности P_L в каждой опорной точке, который вместе с данными и диаграммой нагрузки иллюстрируется в приложении С.

В соответствии с рисунком 4 диаграмма может содержать некоторое число опорных точек. Если реальные рабочие опорные точки неизвестны, для определения потерь используются эталонные опорные точки. Для ограничения числа расчетных данных число эталонных опорных точек:

- должно соответствовать требованиям системного подхода к ЭМК (см. приложение С для конкретных применений),
- должно предусматривать выбор опорных точек на рисунках 4 и 5 в соответствии с конкретным применением электропривода.

7.3 Определение потерь в электроприводе в промежуточных точках

7.3.1 Общие положения

В случае если расчетные значения скорости и момента не соответствуют эталонным опорным точкам, ниже приводят правила расчета промежуточных параметров квазианалитической модели электромашинной системы.

Если электромашинная система представляет собой комплектный электропривод, сначала рассчитывают потери в комплектном преобразователе в соответствии с IEC 61800-9-2. Далее определяют потери в двигателе, а на третьем этапе — потери в комплектном электроприводе.

Для определения относительных потерь в электромашинной системе в эталонной рабочей точке может быть использована одна из следующих расчетных моделей:

a) максимальные потери в соседней предварительно выбранной опорной точке;

b) двухкоординатная линейная интерполяция между соседними опорными точками;

c) двухкоординатная линейная экстраполяция на базе соседних опорных точек в пределах результатов, не выходящих за границу сегментов, изображенных на рисунке 7;

d) расчет и экстраполяция потерь в соответствии с математической моделью, описанной в ГОСТ IEC 61800-9-2.

Для моделей a) и b) рабочая область, показанная на рисунке 7, разделена на 4 сегмента.

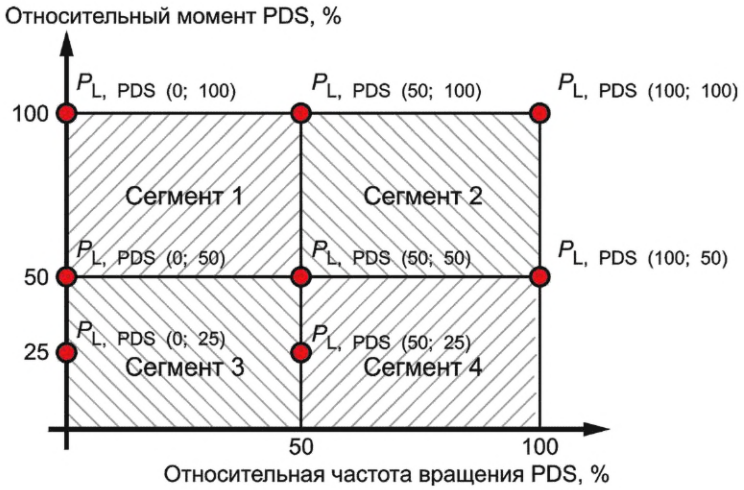


Рисунок 7 — Четыре сегмента в окрестностях опорных точек комплектного электропривода

Сегмент 1 охватывает рабочие точки до 50 % относительной скорости электропривода и выше 50 % относительного момента.

Сегмент 2 охватывает рабочие точки выше 50 % относительной скорости электропривода и выше 50 % относительного момента.

Сегмент 3 охватывает рабочие точки до 50 % относительной скорости электропривода и до 50 % относительного момента.

Сегмент 4 охватывает рабочие точки выше 50 % относительной скорости электропривода и до 50 % относительного момента.

7.3.2 Определение потерь по максимальным потерям в соседних точках

Данный способ определения потерь весьма прост. Однако он менее точен, чем другие методы.

Расчетная рабочая точка с координатами 75 % относительной скорости электропривода и выше 80 % относительного момента находится во 2 сегменте в соответствии с рисунками 4 и 7. В связи с этим ближайшими опорными точками являются $P_{L,PDS\ (50;50)}$, $P_{L,PDS\ (50;100)}$, $P_{L,PDS\ (100;50)}$, $P_{L,PDS\ (100;100)}$. Значения в этих точках будут использоваться в дальнейших вычислениях.

В случае если электромашинная система включает электронный пускатель или контактор, в вычислениях будут представлены обе опорные точки рисунка 5.

7.3.3 Определение потерь по двухкоординатной интерполяции потерь в соседних точках

Интерполяция между четырьмя точками A, B, C и D на рисунке 8 для рабочей точки Z может быть проведена в 3 этапа.



Рисунок 8 — Двухкоординатная интерполяция в окрестности опорных точек

На первом этапе проводится линейная интерполяция между точками C и D для расчета точки R1. Горизонтальная координата n точки R1 выбирается равной координате n_Z требуемой рабочей точки Z. Поскольку вертикальная координата точек C и D одна и та же ($t_C = t_D$), потери в точке R1 представляют собой функцию только горизонтальной координаты n_Z и будут составлять $P_{L,R1}(n_Z)$.

На втором этапе таким же образом проводится интерполяция для точки R2, чтобы найти потери $P_{L,R2}(n_Z)$.

На третьем этапе потери в рабочей точке Z определяются процедурой линейной интерполяции между точками R1 и R2. Поскольку R1 и R2 имеют одну и ту же горизонтальную координату n_Z, интерполяция проводится только для вертикальной координаты t_Z и дает значение потерь $P_{L,Z}(n_Z)$.

Подставляя значения потерь в первоначально интерполированных точках в выражение (1), можно вычислить потери в рабочей точке Z.

$$P_{L,Z}(t_Z) = P_{L,R2} + \frac{P_{L,R1} - P_{L,R2}}{t_{R1} - t_{R2}} \cdot (t_Z - t_{R2}). \quad (1)$$

Если электромашинная система включает пускатель или контактор, расчет будет включать те же значения из опорных точек на рисунке 5.

Если абсцисса рабочей точки Z, в которой определяются потери, менее 25 % скорости, интерполяция проводится для абсциссы 25 %.

Приложение А
(справочное)

Применение квазианалитической модели на примере электромеханического комплекса с комплектным электроприводом в насосной системе

В качестве примера рассматривается насосный механизм или любой другой, имеющий нагрузочную механическую характеристику параболической формы, подобную изображенной на рисунке А.1.

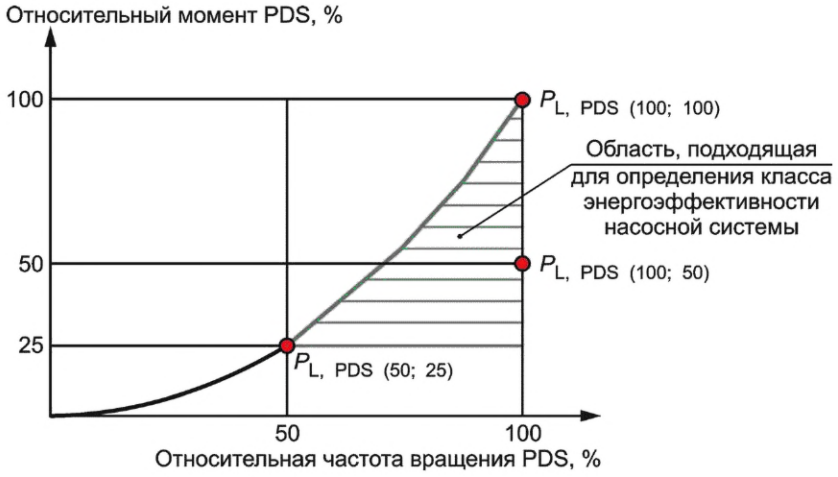


Рисунок А.1 — Три точки относительных потерь и заштрихованная область, представляющая интерес для производителей насосов при определении ИЭЭ

Электрические потери в трех точках $P_{L,PDS\ (50;25)}$, $P_{L,PDS(100;50)}$ и $P_{L,PDS\ (100;100)}$, как и потери в заштрихованной области, позволяют производителю насосов найти общие потери и общую энергоэффективность рассматриваемой насосной установки.

Потери электрической мощности комплектного электропривода при 50 % скорости и 25 % момента являются суммой потерь мощности во всех компонентах, включая питающий трансформатор, если он питает только данный комплектный электропривод, а также такое дополнительное оборудование, как фильтры и кабели.

$$P_{L,PDS} = P_{L,Mot} + P_{L,CDM}. \quad (A.1)$$

Потери в комплектном преобразователе ($P_{L,CDM}$ + $P_{L,Aux}$) сочетают потери в эталонном комплектном преобразователе, дополнительном оборудовании, включая фильтр или активный выпрямитель, как альтернатива неуправляемому, при согласованной допустимой погрешности ±10 %, как показано на рисунке А.2. Это требует большого количества параметров для оценки потерь.

Потери в двигателе $P_{L,Mot}$ представляют потери в питаемом от комплектного преобразователя плюс дополнительные гармонические потери при частоте коммутации f_{SW} = 4 кГц (при номинальной мощности до 90 кВт) или f_{SW} = 2 кГц (при номинальной мощности выше 90 кВт) и определяются в соответствии с методами IEC TS 60034-2-3.



Рисунок А.2 — Пример совместного использования квазианалитических моделей комплектного преобразователя и насосной системы для оценки индекса энергоэффективности насосного ЭМК

Приложение В
(справочное)

Расчет энергопотребления на основе нагрузочной диаграммы

Нагрузочная диаграмма описывает исполнительный механизм в терминах требуемой им мощности. Для каждой *i*-й рабочей точки электрическая мощность P_i, которая должна быть получена от источника питания, складывается из механической мощности, необходимой механизму, и суммарных потерь в электромеханическом комплексе (или эквивалентному им КПД) в данной точке. Последние зависят от стратегии управления, выбранной для данного механизма, и могут быть рассчитаны.

Средневзвешенная электрическая мощность $P_{\text{Electrical}}$, требуемая для работы исполнительного механизма, определяется как

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{t=1}^{n} (TF_i \cdot P_i). \tag{B.1}$$

Средневзвешенная электрическая мощность напрямую связана с энергопотреблением (например, в кВт · ч), требуемым механизмом в течение некоторого периода Rt

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot \text{Rt}. \tag{B.2}$$

Средневзвешенная электрическая мощность (или соответствующая ей электроэнергия) может быть рассчитана для нескольких возможных стратегий управления, подходящих для данного механизма. Проектировщик затем выбирает ту из них, которая соответствует минимальной средневзвешенной электрической мощности.

$$k_P = \frac{P_{\text{Electrical}}}{P_{\text{Reference}}}. \tag{B.3}$$

Результирующее значение k_P должно быть как можно ближе к 1 при том, что нормативная мощность $P_{\text{Reference}}$ определена для механической мощности, требуемой для механизма.

Приложение С
(справочное)

Типовые механические и энергетические диаграммы механизмов и опорные точки

С.1 Общие положения

Чтобы судить об электромеханическом комплексе в терминах энергоэффективности, необходимо принять во внимание все элементы ЭМК. Регулирование скорости с помощью комплектного электропривода имеет преимущества в большинстве случаев, хотя и приводит к росту потерь.

Энергосбережение, которое может быть обеспечено, очень часто зависит от рабочей точки. Поэтому для принятия решения необходима информация обо всем ЭМК и режимах его работы.

Для описания ЭМК и оценки его энергоэффективности необходимы две его характеристики.

- **Механические и энергетические характеристики.** Зависимости момента и мощности от скорости механизма. Эти характеристики существенно зависят от типа механизма (насос, вентилятор и т. п.).
- **Временные диаграммы работы.** Эти диаграммы представляют как уровень требуемой ЭМК мощности, включая режимы паузы, который распределен во времени. Рабочий цикл существенно зависит от типоразмера двигателя и способа управления ЭМК.

Эти две характеристики используются как исходные данные для сравнения альтернативных решений и выбора из них наиболее энергоэффективного.

С.2 Базовые механические и энергетические характеристики

Механические и энергетические характеристики показывают, как момент T или мощность P зависят от скорости n данного механизма. Мощность при этом является произведением момента на скорость вращения.

Большинство существующих в реальных механизмах нагрузок имеют несколько характерных базовых профилей характеристик, представленных на рисунке С.1.

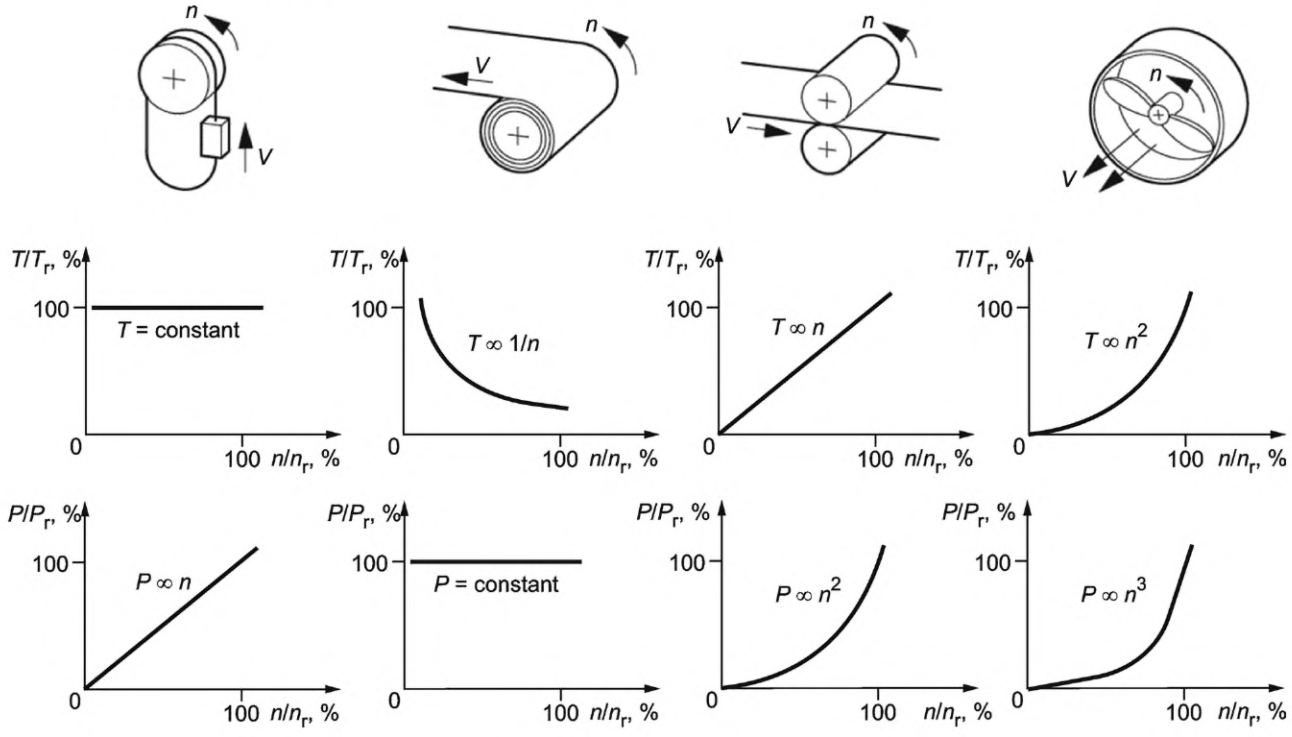


Рисунок С.1 — Характерные профили механических и энергетических характеристик

С.3 Временные диаграммы работы

Требуемое поведение ЭМК, как и характеристики двигателя, определяют одну или несколько рабочих точек, в которых будет работать двигатель.

В зависимости от расположения этих точек двигатель может определенную долю времени работать в режиме, отличающемся от номинального. Частичная нагрузка в настоящем стандарте означает ситуацию, когда система требует меньшего момента или скорости, чем их номинальные значения.

КПД электромеханического комплекса существенно зависит от уровня нагрузки. Более того, в электроприводах с электронными пускателями и преобразователями с регулированием скорости необходимо учитывать потери энергии в режимах паузы. Потери в режимах паузы, в частности, включают потребление энергии системой управления.

Поэтому для расчета энергоэффективности ЭМК и сравнения нескольких управляющих решений существенно знать, какие уровни механической и электрической мощности и какую долю времени требует ЭМК для исполнения данной технологии. В этом состоит значение рабочих точек и диаграмм рабочих циклов.

С.4 Распределение рабочих точек по времени

С.4.1 Общие положения

Временная диаграмма нагрузки представляет собой графическое представление связи уровней механической мощности требуемыми ЭМК и временем, в течение которого эти уровни востребованы на протяжении всего цикла функционирования ЭМК.

- Рабочие точки PT_i по горизонтальной оси отражают отдельные этапы работы конкретного ЭМК. Некоторые точки представляют режимы паузы, при которых скорость равна нулю при наличии некоторого момента на рабочем валу. Каждая рабочая точка может характеризоваться, в зависимости от характера исполнительного механизма, уровнем потребляемой мощности, расхода и т. п. Если значения потерь в рабочих точках производитель не указывает, они могут быть оценены по IEC 61800-9-2:2016, приложение Е.

- Время может быть выражено в часах на единицу времени (сутки, год) или в долях от общей продолжительности цикла.

Пример временно́й диаграммы нагрузки представлен на рисунке С.2.

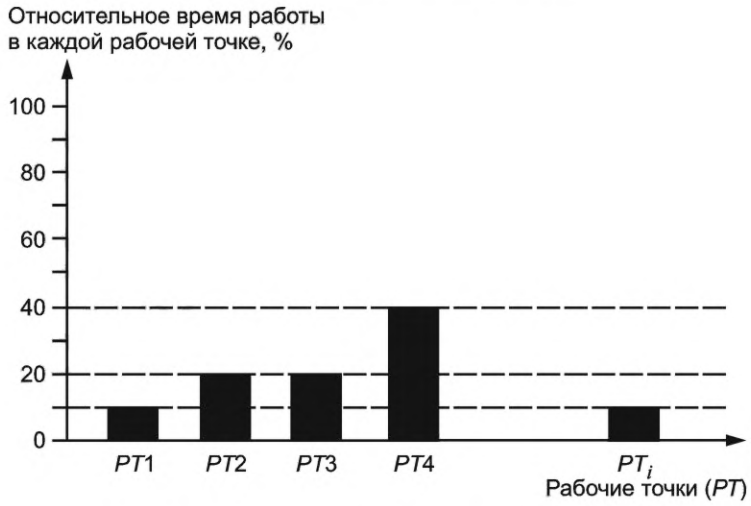


Рисунок С.2 — Пример временно́й диаграммы нагрузки

С.4.2 Расчет потребления энергии по временно́й диаграмме нагрузки

Нагрузочная диаграмма описывает требования со стороны ЭМК в терминах механической мощности. Для каждой рабочей точки PT_i электрическая мощность P_i, которая потребляется от источника питания, зависит от механической мощности и суммарных потерь в ЭМК (или соответствующего им КПД) в данном режиме работы. Последние зависят от стратегии управления, избранной для данного ЭМК, и могут быть рассчитаны.

Средневзвешенную электрическую мощность, требуемую для работы ЭМК, можно определить по формуле

$$P_{\text{Electrical}} = \sum_{t=1}^{n} [(\text{Относительное время}) \cdot R_i]. \quad (\text{С.1})$$

Потребляемая электрическая энергия может быть рассчитана как произведение средневзвешенной мощности на время работы ЭМК

$$E_{\text{Electrical}} = P_{\text{Electrical}} \cdot (\text{Время работы}). \quad (\text{С.2})$$

Средневзвешенную электрическую мощность (или эквивалентную ей энергию) можно рассчитать для различных стратегий построения ЭМК, например, на основе контакторов или электроприводов с регулируемой скоростью. В итоге проектировщик выберет тот вариант, который потребует наименьшей средневзвешенной мощности.

Алгоритмы расчета потерь в любой рабочей точке, не содержащейся в таблицах, описаны в IEC 61800-9-2:2016, приложение E.

C.4.3 Пример расчета потерь для различных рабочих точек на временной диаграмме

Насосная установка с двигателем 30 кВт функционирует в трех рабочих точках: 0 % расхода (режим паузы), 50 % расхода и 100 % расхода. Необходимо выбрать наиболее эффективную конфигурацию. Расчет должен быть проведен для двух различных режимов работы в каждой конфигурации. В таблицах C.1, C.2 и C.3 содержатся данные.

Конфигурация 1: односкоростной насос с двигателем класса IE3 и дроссельной заслонкой.

Конфигурация 2: многоскоростной насос с двигателем класса IE2 и регулируемым электроприводом.

Таблица C.1 — Рабочие точки и их распределение во времени цикла

	100 % расхода	50 % расхода	0 % расхода
Режим 1	85 %	5 %	10 %
Режим 2	20 %	70 %	10 %

Таблица C.2 — Потери в различных рабочих точках для конфигурации 1

Расчет потерь в конфигурации 1	100 % расхода	50 % расхода	0 % расхода
$P_{L\ pump1}$ Потери в насосной системе, включая дроссельную заслонку	5,4 кВт[a]	9,36 кВт[a]	0 кВт
$P_{LT\ Motor1}$ Потери в двигателе	2,05 кВт[b]	1,5 кВт[c]	0 кВт
$P_{LT\ Starter1}$	0,03 кВт[d]	0,03 кВт[d]	0 кВт
$P_{L\ Total1}$	**7,48 кВт**	**10,89 кВт**	**0 кВт**

[a] Рассчитывают по КПД насосной системы с заслонкой при раличном расходе.

[b] Потери рассчитывают с КПД 4-полюсного двигателя 30 кВт, класса IE3 по IEC 60034-30-1.

[c] Потери при 100 % умноженные на коэффициент (0,72/0,92) при скорости 100 % (n_N) в соответствии с IEC 61800-9-2:2016, приложение E, для двигателя 30 кВт.

[d] 0,1 % от мощности двигателя для пускателя в соответствии с IEC 61800-9-2:2016, 5.6.

Таблица C.3 — Потери в различных рабочих точках для конфигурации 2

Расчет потерь в конфигурации 2	100 % расхода (100 % скорости, 100 % момента)	50 % расхода (50 % скорости, 25 % момента)	0 % расхода (пауза)
$P_{L\ pump2}$ Потери в насосной системе	5,4 кВт[a]	0,79 кВт[a]	0 кВт
$P_{LT\ Motor2}$ Потери в двигателе	2,88 кВт[b]	0,75 кВт[c]	0 кВт
$P_{L\ CDM\ 2}$	1,46 кВт[d]	0,57 кВт[d]	0,05 кВт

Окончание таблицы С.3

Расчет потерь в конфигурации 2	100 % расхода (100 % скорости, 100 % момента)	50 % расхода (50 % скорости, 25 % момента)	0 % расхода (пауза)
$P_{L\ Total2}$	**9,74 кВт**	**2,11 кВт**	**0,05 кВт**

[a] Рассчитывается по КПД насосной системы с регулированием скорости при раличном расходе.
[b] 9,6 % мощности двигателя 30 кВт по IEC 61800-9-2:2016, таблица А.2 (эталонный двигатель), при 100 % скорости и 100 % момента.
[c] 2,5 % мощности двигателя по IEC 61800-9-2:2016, таблица А.2 (эталонный двигатель), при 50 % скорости и 25 % момента.
[d] Потери в эталонном комплектном преобразователе в соответствии с IEC 61800-9-2:2016, таблица А.1.

Режим 1
Конфигурация 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total1_100} =$$

$$= 0,1 \cdot 0 \text{ кВт} + 0,05 \cdot 10,89 \text{ кВт} + 0,85 \cdot 7,48 \text{ кВт} = 6,90 \text{ кВт}. \quad (C.3)$$

Конфигурация 2

$$P_{L,Conf2} = 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,05 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,85 \cdot P_{L,Total2_100} =$$

$$= 0,1 \cdot 0,05 \text{ кВт} + 0,05 \cdot 2,11 \text{ кВт} + 0,85 \cdot 9,74 \text{ кВт} = 8,39 \text{ кВт}. \quad (C.4)$$

Результат. В режиме 1 конфигурация 1 имеет меньшие потери по сравнению с конфигурацией 2.
Объяснение. Насос работает при 100 % расхода в течение 85 % времени, когда электропривод с регулированием скорости имеет дополнительные потери по сравнению с электроприводом с пускателем. Дополнительные потери за счет заслонки при 50 % расхода вносят малый вклад за счет того, что этот режим занимает всего 5 % времени.

Режим 2
Конфигурация 1

$$P_{L,Conf1} = 0,1 \cdot P_{L,Total1_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total1_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total1_100} =$$

$$= 0,1 \cdot 0 \text{ кВт} + 0,7 \cdot 10,89 \text{ кВт} + 0,2 \cdot 7,48 \text{ кВт} = 9,12 \text{ кВт}. \quad (C.5)$$

Конфигурация 2

$$P_{L,Conf2} = 0,1 \cdot P_{L,Total2_0} + 0,7 \cdot P_{L,Total2_50} + 0,2 \cdot P_{L,Total2_100} =$$

$$= 0,1 \cdot 0,05 \text{ кВт} + 0,7 \cdot 2,11 \text{ кВт} + 0,2 \cdot 9,74 \text{ кВт} = 3,43 \text{ кВт}. \quad (C.6)$$

Результат. В режиме 2 конфигурация 1 имеет бóльшие потери по сравнению с конфигурацией 2.
Объяснение. Насос работает при 50 % расхода в течение 70 % времени, когда электропривод с дроссельной заслонкой имеет большие потери. В этом случае дополнительные потери в управляемом преобразователе при 100 % расхода вносят малый вклад за счет того, что этот режим занимает всего 20 % времени.

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 60050-161	MOD	ГОСТ 30372—2017 (IEC 60050-161:1990) «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения»
IEC 60034-2-1:2014	IDT	ГОСТ IEC 60034-2-1—2017 «Машины электрические вращающиеся. Часть 2-1. Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия по испытаниям (за исключением машин для подвижного состава)»
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 61800-9-2:2016	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 использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов:
- IDT — идентичные стандарты;
- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

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

IEC 60034-2-2 Rotating electrical machines — Part 2-2: Specific methods for determining separate losses of large machines from tests (Машины электрические вращающиеся. Часть 2-2. Специальные методы определения отдельных потерь больших машин по испытаниям)

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

IEC 60947-4-1 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-1: Contactors and motor-starters — Electromechanical contactors and motor-starters (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные. Часть 4-1. Контакторы и пускатели электродвигателей. Электромеханические контакторы и пускатели)

IEC 60947-4-2 Low-voltage switchgear and controlgear — Part 4-2: Contactors and motor-starters — AC semiconductor motor controllers and starters (Аппаратура коммутационная и механизмы управления низковольтные. Часть 4-2. Контакторы и пускатели электродвигателей. Полупроводниковые контроллеры и пускатели для электродвигателей переменного тока)

EN 50598-1 Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics & their driven applications — Part 1: General requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA), and semi analytic model (SAM) [Экодизайн для систем силового привода, пускателей двигателей, силовой электроники и их приводных устройств. Часть 1. Общие требования к стандартизации энергоэффективности оборудования с электроприводом на основе комплексного подхода (EPA) и квазианалитической модели (SAM)]

EN 50598-2 Ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics & their driven applications — Part 2: Energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters (Экодизайн для систем силового привода, пускателей двигателей, силовой электроники и их приводных устройств. Часть 2. Индикаторы энергоэффективности для систем силовых приводов и пускателей двигателей)

УДК 621.313:006.354 МКС 29.200 IDT
29.130.01
29.160.30

Ключевые слова: машины электрические вращающиеся, полупроводниковые преобразователи, силовые электроприводы, энергоэффективность

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 11.08.2023. Подписано в печать 17.08.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,95.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru