МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61000-4-30— 2017

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 4-30

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Методы измерений качества электрической энергии

(IEC 61000-4-30:2015, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

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 Закрытым акционерным обществом «Научно-испытательный центр «САМТЭС» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» 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 12 декабря 2017 г. № 104-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	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 декабря 2017 г. № 1981-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61000-4-30—2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 декабря 2018 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-30:2015 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-30. Методы испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии» [«Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-30: Testing and measurement techniques — Power quality measurement methods», IDT].

Международный стандарт IEC 61000-4-30:2015 подготовлен подкомитетом 77 A «ЭМС — низкочастотные явления» Технического комитета ТС 77 IEC «Электромагнитная совместимость».

Настоящее третье издание международного стандарта IEC 61000-4-30:2015 отменяет и заменяет второе издание IEC 61000-4-30:2008 и представляет собой техническое изменение.

Международный стандарт IEC 61000-4-30:2015 включает в себя следующие существенные технические изменения по отношению к предыдущему изданию:

a) метод измерения для тока, ранее справочный, в настоящем издании является нормативным, включая некоторые изменения;

b) добавлен метод измерения быстрого изменения напряжения (RVC);

c) добавлен метод измерения кондуктивной электромагнитной эмиссии в полосе частот 2—150 кГц, приведенный в справочном приложении C;

d) параметры отрицательного и положительного отклонений напряжения перенесены в справочное приложение D;

e) определены и прояснены методы измерения по классам A и S; измерения по классу B перенесены в справочное приложение E и на рассмотрении для исключения в будущем издании;

f) методы измерения оставлены в настоящем стандарте, но ответственность за влияющие величины, качество функционирования и процедуры испытаний средств измерения перенесена в IEC 62586-2.

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

7 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Апрель 2020 г.

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»

© Стандартинформ, оформление, 2018, 2020

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 1
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 5
4.1 Классы измерения 5
4.2 Организация измерений 6
4.3 Измеряемые электрические величины 7
4.4 Объединение результатов измерений по времени 7
4.5 Алгоритм объединения результатов измерений 7
4.6 Неопределенность измерения времени 10
4.7 Концепция маркирования 10
5 Показатели качества электрической энергии 11
5.1 Частота 11
5.2 Значение напряжения 11
5.3 Фликер 12
5.4 Провалы напряжения и перенапряжения 12
5.5 Прерывания напряжения 15
5.6 Переходные процессы напряжения 16
5.7 Несимметрия напряжений 16
5.8 Гармоники напряжения 17
5.9 Интергармоники напряжения 18
5.10 Напряжения сигналов в электрических сетях 19
5.11 Быстрое изменение напряжения (RVC) 20
5.12 Отрицательное и положительное отклонения напряжения 22
5.13 Ток 23
6 Верификация качества функционирования 25
Приложение А (справочное) Измерения качества электрической энергии — вопросы и рекомендации 27
Приложение В (справочное) Измерения показателей качества электрической энергии — руководство по проведению 34
Приложение С (справочное) Кондуктивная электромагнитная эмиссия в полосе частот от 2 до 150 кГц 43
Приложение D (справочное) Отрицательное и положительное отклонения напряжения 46
Приложение Е (справочное) Методы измерения класса В 47
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 49
Библиография 50

Введение

Стандарты комплекса стандартов IEC 61000 публикуются отдельными частями в соответствии со следующей структурой:

- часть 1. Общие положения:

общее рассмотрение (введение, фундаментальные принципы), определения, терминология;

- часть 2. Электромагнитная обстановка:

описание электромагнитной обстановки, классификация электромагнитной обстановки, уровни электромагнитной совместимости;

- часть 3. Нормы:

нормы электромагнитной эмиссии, нормы помехоустойчивости (в тех случаях, когда они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на продукцию);

- часть 4. Методы испытаний и измерений:

методы измерений, методы испытаний;

- часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению:

руководства по установке, методы и устройства помехоподавления;

- часть 6. Общие стандарты;

- часть 9. Разное.

Каждая часть далее подразделяется на несколько частей, которые могут быть опубликованы в качестве международных стандартов или технических отчетов/технических требований, некоторые из которых были уже опубликованы как разделы. Другие будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем номер раздела (например, IEC 61000-6-1).

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 4-30

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Методы измерений качества электрической энергии

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-30. Testing and measurement techniques.
Power quality measurement methods

Дата введения — 2018—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений показателей качества электрической энергии в системах электроснабжения переменного тока с заявленной основной частотой 50/60 Гц и порядок интерпретации результатов измерений.

Методы измерений изложены применительно к отдельным показателям для обеспечения достоверности и повторяемости результатов независимо от средств измерений, используемых в соответствии с этими методами. Методы измерений установлены для проведения измерений на местах эксплуатации электрооборудования.

Состав измеряемых показателей ограничен кондуктивными электромагнитными явлениями в системах электроснабжения.

Показатели качества электрической энергии, рассмотренные в настоящем стандарте, представляют собой: частоту в системе электроснабжения; значение напряжения системы электроснабжения; фликер; провалы напряжения и перенапряжения; прерывания напряжения; переходные процессы напряжения; несимметрию напряжений; гармоники и интергармоники напряжения; сигналы, наложенные на питающее напряжение; быстрые изменения напряжения, включая также измерение тока. Электромагнитная эмиссия в полосе частот 2—150 кГц рассматривается в справочном приложении С, отрицательные и положительные отклонения напряжения — в справочном приложении Е. В зависимости от цели измерений могут быть проведены измерения всех показателей из указанного выше перечня либо их части.

Примечание 1 — Методы испытаний для верификации соответствия настоящему стандарту приведены в IEC 62568-2.

Примечание 2 — Влияния преобразователей, включаемых между системой энергоснабжения и средством измерения, признаются, но в настоящем стандарте детально не рассматриваются. Рекомендации по учету влияний преобразователей приведены в IEC TR 61869-103.

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 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary (IEV) [Международный электротехнический словарь (все части)]

IEC 61000-2-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-4: Environment — Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-4. Электромагнитная обстановка. Уровни совместимости на промышленных предприятиях для низкочастотных кондуктивных помех]

Издание официальное

IEC 61000-3-8, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits — Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations — Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Раздел 8. Сигнализация в низковольтных электрических установках. Уровни электромагнитной эмиссии, полосы частот и уровни электромагнитных помех]

IEC 61000-4-7:2002, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-7: Testing and measurement techniques — General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto

IEC 61000-4-7:2002/AMD1:2008

[Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-7. Методы испытаний и измерений. Общее руководство по измерениям гармоник и интергармоник и средствам измерений для систем электроснабжения и подключаемого к ним оборудования.

IEC 61000-4-7:2002/Изменение 1 (2008 г.)]

IEC 61000-4-15:2010, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-15: Testing and measurement techniques — Flickermeter — Functional and design specifications [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-15. Методы испытаний и измерений. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования]

IEC 61180 (all parts), High-voltage test techniques for low voltage equipment (Методы высоковольтных испытаний для низковольтного оборудования)

IEC 62586-1, Power quality measurement in power supply systems — Part 1: Power quality instruments (PQI) (Измерение качества электрической энергии в системах электроснабжения. Часть 1. Средства измерения качества электрической энергии)

IEC 62586-2, Power quality measurement in power supply systems — Part 2: Functional tests and uncertainty requirements (Измерение качества электрической энергии в системах электроснабжения. Часть 2. Функциональные испытания и требования к неопределенности измерений)

3 Термины и определения

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

3.1 **канал** (channel): Индивидуальный тракт передачи измерительной информации в средстве измерения.

Примечание — «Канал» и «фаза» не одно и то же. Канал напряжения определяется разностью потенциалов между двумя проводниками. Понятие «фаза» относится к отдельному проводнику. В многофазных системах канал может быть между двумя фазами, или между фазой и нейтралью, или между фазой и землей, или между нейтралью и землей.

3.2 **заявленное входное напряжение, U_{din}** (declared input voltage): Напряжение, определяемое заявленным напряжением системы электроснабжения и коэффициентом преобразования измерительного преобразователя.

3.3 **заявленное напряжение системы электроснабжения, U_c** (declared supply voltage): Напряжение, в качестве которого обычно принимают номинальное напряжение.

Примечание — Если по согласованию между поставщиком и потребителем на зажимы подается напряжение, отличающееся от номинального напряжения, то данное напряжение принимают в качестве заявленного напряжения в системе электроснабжения U_c.

3.4 **пороговое значение провала напряжения** (dip threshold): Значение напряжения, устанавливаемое для определения начала и конца провала напряжения.

3.5 **маркированные данные** (flagged data): Термин, применяемый для обозначения результатов измерений на любых временных интервалах, в пределах которых имели место прерывания, провалы напряжения или перенапряжения, и результаты измерения всех других показателей на этих интервалах были маркированы.

Примечание — Для некоторых применений эти маркированные или «флагированные» данные могут быть, например, исключены из последующего анализа. Дальнейшие объяснения приведены в 4.7.

3.6 **фликер** (flicker): Ощущение неустойчивости зрительного восприятия, вызванное световым источником, яркость или спектральный состав которого изменяются во времени.

[Источник: IEC 60050-161:1990, 161-08-13]

3.6.1 P_{st}: Оценка кратковременной дозы фликера, основанная на периоде наблюдения 10 мин.
[Источник: IEC 61000-4-15]

3.6.2 P_{lt}: Оценка длительной дозы фликера.
[Источник: IEC 61000-4-15]

3.7 **основная составляющая** (fundamental component): Составляющая, частота которой равна основной частоте.

3.8 **основная частота** (fundamental frequency): Частота в спектре, полученном путем преобразования Фурье функции времени, относительно которой рассматриваются все частоты спектра.

Примечание — В случае возможного риска неопределенности основная частота может быть определена с учетом числа полюсов и скорости вращения синхронного генератора (генераторов), питающего систему.

3.9 **гармоническая составляющая** (harmonic component): Любая из составляющих на частоте гармоники.

Примечание — Значение гармонической составляющей обычно выражается среднеквадратичным значением. Для краткости вместо термина «гармоническая составляющая» допускается применение термина «гармоника».
[Источник: IEC 61000-2-2:2002, 3.2.4]

3.10 **частота гармоники** (harmonic frequency): Частота, кратная основной частоте.

Примечание — Отношение частоты гармоники к основной частоте представляет собой порядок гармоники (рекомендуемое условное обозначение: *n*) (IEC 61000-2-2: 2002, 3.2.3).

3.11 **гистерезис** (hysteresis): Разность между пороговыми значениями начала и конца провала, прерывания напряжения, перенапряжения.

Примечание 1 — Данное определение гистерезиса применимо к измерениям показателей качества электрической энергии и отличается от определения IEC 60050, относящегося к насыщению железного сердечника.

Примечание 2 — Цель понятия «гистерезис» в контексте измерения качества электрической энергии заключается в исключении счета множественных событий, когда значение показателя осциллирует относительно порогового уровня.

3.12 **влияющая величина** (influence quantity): Величина, которая не является объектом измерения, изменения которой влияют на соотношение между показанием и результатом измерения.
[Источник: IEC 60050-311:2001, 311-06-01]

3.13 **интергармоническая составляющая** (interharmonic component): Составляющая спектра, частота которой находится между двумя последовательными гармоническими частотами.

Примечание 1 — Определение установлено на основе IEC 61000-4-7.

Примечание 2 — Значение величины обычно выражается как среднеквадратичное значение. Для краткости вместо термина «интергармоническая составляющая» допускается применение термина «интергармоника».

3.14 **частота интергармоники** (interharmonic frequency): Частота, которая не является целым кратным основной частоте.

Примечание 1 — Аналогично понятию «порядок гармоники» под «порядком интергармоники» понимают отношение частоты интергармоники к основной частоте. Это отношение не выражается целым числом (рекомендуемое условное обозначение: *m*).

Примечание 2 — Если $m < 1$, допускается применение термина «субгармоническая частота».
[Источник: IEC 61000-2-2:2002, 3.2.5]

3.15 **прерывание напряжения** (interruption): Уменьшение напряжения в точке электрической системы ниже порогового значения прерывания напряжения.

3.16 **пороговое значение прерывания напряжения** (interruption threshold): Значение напряжения, устанавливаемое для определения начала и конца прерывания напряжения.

3.17 **неопределенность измерений** (measurement uncertainty): Параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.
[Источник: IEC 60050-311:2001, 311-01-02]

3.18 **номинальное напряжение, U_n** (nominal voltage): Напряжение для обозначения или идентификации системы.

3.19 **положительное отклонение** (overdeviation): Разность между измеренным и номинальным значениями показателя в случае, если измеренное значение показателя больше его номинального значения.

3.20 **качество электрической энергии** (power quality): Характеристики электричества в данной точке электрической системы, оцениваемые с учетом совокупности опорных технических показателей.

Примечание — Эти показатели могут в некоторых случаях определять совместимость между электрической сетью при передаче электрической энергии и нагрузками, подключенными к данной сети.

3.21 **среднеквадратичное значение** (root-mean-square value, r.m.s. value): Корень квадратный из среднего арифметического значения квадратов мгновенных значений величины, измеренных в течение установленного интервала времени и в установленной полосе частот.

[Источник: IEC 60050-103:2009, 103-02-03]

3.22 **среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого полупериода, $U_{r.m.s\ (1/2)}$** (r.m.s. voltage refreshed each half-cycle): Среднеквадратичное значение напряжения, измеренное на интервале времени, равном одному периоду основной частоты, начиная с пересечения нуля напряжением основной частоты, обновляемое для каждого полупериода.

Примечание 1 — Данный метод применяют независимо в каждом канале для получения среднеквадратичных значений в последовательные моменты времени для различных каналов многофазных систем.

Примечание 2 — Среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого полупериода, используют только при обнаружении и оценке провала напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения для измерения класса А.

Примечание 3 — Среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого полупериода, может быть напряжением «фаза — фаза» или «фаза — нейтраль».

3.23 **среднеквадратичное значение тока, обновляемое для каждого полупериода, $I_{r.m.s\ (1/2)}$** (r.m.s. current refreshed each half-cycle): Среднеквадратичное значение тока, измеренное на интервале времени, равном одному периоду основной частоты в соединенном канале напряжения, начиная с пересечения нуля напряжением основной частоты, обновляемое для каждого полупериода.

Примечание — Рекомендации по выбору соединенного канала напряжения следующие. Соединенный канал напряжения может быть соответствующим каналом «фаза — нейтраль» в однофазной сети или в многофазной сети при соединении звездой. Если соответствующий канал напряжения отсутствует, например для токов в сети при соединении треугольником или при измерении тока в заземленном или нейтральном проводнике, то допускается использовать опорный канал (см. 5.1.3), применяемый для измерений частоты.

3.24 **среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого периода, $U_{r.m.s\ (1)}$** (r.m.s. voltage refreshed each cycle): Среднеквадратичное значение напряжения, измеренное на интервале времени, равном одному периоду, и обновляемое для каждого периода.

Примечание 1 — В отличие от $U_{r.m.s\ (1/2)}$ при использовании данного метода не определяют, когда начинается период.

Примечание 2 — Среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого периода, используют только при обнаружении и оценке провала напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения для измерения класса S.

Примечание 3 — Среднеквадратичное значение напряжения, обновляемое для каждого периода, может быть напряжением «фаза — фаза» или «фаза — нейтраль».

3.25 **область значений влияющих величин** (range of influence quantities): Множество значений отдельной влияющей величины.

3.26 **быстрое изменение напряжения, RVC** (rapid voltage change): Быстрый переход от одного среднеквадратичного значения напряжения к другому, имеющий место между двумя установившимися состояниями, возникший, когда среднеквадратичные значения напряжения не превышают пороговых значений провала напряжения и перенапряжения.

3.27 **опорный канал** (reference channel): Один из каналов измерения напряжения, выбранный в качестве контрольного при многофазных измерениях.

Примечание — В случае однофазного измерения канал измерения напряжения является также опорным каналом.

3.28 **остаточное напряжение, U_{res}** (residual voltage): Минимальное значение напряжения $U_{r.m.s\ (1/2)}$, зарегистрированное во время провала или прерывания напряжения.

Примечание — Значение остаточного напряжения выражают в вольтах, процентах или долях заявленного входного напряжения.

3.29 **скользящее опорное напряжение сравнения, U_{sr}** (sliding reference voltage): Значение напряжения, усредненное за интервал времени 1 мин, представляющее напряжение, предшествующее появлению провала напряжения, или перенапряжения.

Примечание 1 — Точное определение приведено в 5.4.4.

Примечание 2 — Скользящее опорное напряжение сравнения допускается использовать для определения изменения напряжения в течение провала напряжения или перенапряжения, как правило, для систем среднего или высокого напряжения.

3.30 **пороговое значение перенапряжения** (swell threshold): Значение напряжения, устанавливаемое для определения начала и конца перенапряжения.

3.31 **объединение по времени** (time aggregation): Объединение нескольких последовательных значений конкретного показателя (каждый из которых измерен на одинаковых интервалах времени) для получения значения при большем интервале времени.

Примечание — В настоящем стандарте объединение значений всегда представляет собой их объединение по времени.

3.32 **отрицательное отклонение** (underdeviation): Абсолютное значение разности между измеренным и номинальным значениями показателя только в случае, когда измеренное значение меньше номинального значения.

3.33 **международная шкала координированного времени, *UTC*** (coordinated universal time): Шкала времени, на основе которой осуществляется координированное распространение по радио стандартных частот и сигналов времени. Международная шкала координированного времени соответствует международному атомному времени, но отличается от него на целое число секунд.

Примечание 1 — Международная шкала координированного времени устанавливается Международным комитетом мер и весов и Международной службой вращения Земли.

Примечание 2 — Международная шкала координированного времени устанавливается добавлением или удалением секунд (так называемыми положительными или отрицательными скачками секунд) для обеспечения приближенного соответствия с UT 1.

[Источник: Рекомендация ITU-R RF.686.3]

3.34 **провал напряжения** (voltage dip): Временное уменьшение напряжения в точке электрической системы ниже порогового значения.

Примечание 1 — Прерывание напряжения является особым случаем провала напряжения. Отличие прерывания напряжения от провала напряжения может быть установлено последующей обработкой результатов измерений.

Примечание 2 — Провал напряжения называют также посадкой напряжения. Два термина считаются взаимозаменяемыми, однако в настоящем стандарте используется только термин «провал напряжения».

3.35 **перенапряжение** (voltage swell): Временное увеличение напряжения в точке электрической системы выше порогового значения.

3.36 **несимметрия напряжений** (voltage unbalance): Условие в многофазной системе, при котором среднеквадратичные значения основных составляющих междуфазных напряжений и/или углы сдвига фаз между основными составляющими междуфазных напряжений не равны между собой.

Примечание 1 — Степень несимметрии обычно выражают отношением напряжений обратной и нулевой последовательностей к напряжению прямой последовательности.

Примечание 2 — В настоящем стандарте несимметрия напряжений рассматривается применительно только к трехфазным системам.

[Источник: IEC 60050-161:2002, 161-08-09, модифицировано — были добавлены примечания к определению]

4 Общие положения

4.1 Классы измерения

Настоящий стандарт устанавливает для каждого измеряемого показателя два класса — A и S. Для каждого класса определены методы измерений и соответствующие требования к качеству функционирования.

Класс A

Данный класс применяют, если необходимо проведение точных измерений, например, при выполнении условий договоров, предусматривающих возможность разрешения спорных вопросов, при проверке соответствия стандартам и т. д. Любые измерения показателя, проведенные двумя различными средствами измерения, соответствующими требованиям класса A, должны при измерении одних и тех же сигналов обеспечивать получение согласованных результатов с установленной для данного показателя неопределенностью.

Примечание 1 — Измерения класса А дают согласованные результаты только при согласовании параметров, выбираемых пользователями (пороги, гистерезис и т. д.).

Класс S

Данный класс используется при статистических применениях, таких как обследования или оценка качества электрической энергии, возможно, при ограниченной совокупности показателей. Хотя используются интервалы времени измерений, эквивалентные классу А, требования к обработке класса S существенно ниже. При некоторых обследованиях могут оцениваться показатели качества электрической энергии в разных точках измерений в сети; при других обследованиях оцениваются показатели качества электрической энергии в отдельной точке в течение периода времени, или в местах размещения внутри здания, или даже внутри отдельного большого образца оборудования.

Класс B

Информация о классе В приведена в справочном приложении Е настоящего стандарта. Методы класса В не должны применяться в новых средствах измерения. Сведения о классе В перемещены в приложение Е на том основании, что все конструкции новых средств измерения будут соответствовать классу А либо классу S. Допускается применение класса В для еще находящихся в эксплуатации средств измерения. В следующем издании настоящего стандарта класс В может быть исключен.

Примечание 2 — Методы измерения класса В обеспечивают получение полезной, но не обязательно сравнимой информации. Класс В был введен в IEC 61000-4-30:2003 (издание 1) специально для того, чтобы избежать признания конструкций ранее изготовленных средств измерения устаревшими. В IEC 61000-4-30:2008 (издание 2) приведено предупреждение о том, что класс В может быть исключен в будущем издании этого стандарта. В IEC 61000-4-30:2015 (настоящее издание 3) вновь приведено предупреждение о том, что класс В может быть исключен в будущем издании этого стандарта и сведения о классе В перенесены в справочное приложение Е.

Примечание 3 — В настоящем стандарте для классов приняты следующие обозначения: А («advanced») — «повышенного типа»; S («survey») — «для наблюдений».

Пользователи должны выбрать требуемый класс, основываясь на его применимости. Для применений, связанных с устранением конфликтов, в зависимости от характера проблемы пользователи могут выбрать методы класса А либо класса S.

Изготовитель средства измерения должен декларировать влияющие величины, которые точно не указаны и могут ухудшить качество функционирования средства измерения.

Средство измерения может быть изготовлено для проведения измерений всех показателей, указанных в настоящем стандарте, или их части, и должно предпочтительно соответствовать одному и тому же классу при измерении различных показателей. Для руководства см. IEC 62586-1 и IEC 62586-2.

Изготовитель средства измерения должен декларировать перечень измеряемых показателей, классы измерения по каждому показателю, интервалы изменения U_{din}, при которых обеспечено соответствие каждому классу, а также необходимые требования и дополнительное оборудование, обеспечивающие соответствие классам (синхронизация, применение измерительных преобразователей, периодичность калибровки, пределы изменения температуры и т. д.).

4.2 Организация измерений

Измерение электрической величины может проводиться при непосредственном подключении средства измерения в точке сети, что в основном имеет место в низковольтных электрических системах, или с использованием измерительного преобразователя.

Полная измерительная цепь показана на рисунке 1.

Средство измерения может включать в себя все элементы, входящие в полную измерительную цепь (см. рисунок 1). В нормативной части настоящего стандарта измерительные преобразователи, внешние по отношению к средству измерения, и связанные с ними неопределенности измерений не рассматриваются. Рекомендации приведены в разделе А.2.



Рисунок 1 — Полная измерительная цепь

4.3 Измеряемые электрические величины

Измерения в системах электроснабжения однофазного и трехфазного переменного тока могут в зависимости от задач проводиться между фазными проводами и нейтральным проводом («фаза — нейтраль»), между фазными проводами («фаза — фаза») или между нейтральным проводом и проводом защитного заземления.

Настоящий стандарт не устанавливает порядок выбора электрических величин, подлежащих измерениям.

Методы измерений, установленные в настоящем стандарте, предусматривают проведение независимых измерений в каждом канале, за исключением измерений несимметрии напряжений, которые проводятся только в трехфазных системах электроснабжения.

Примечание — Мгновенные междуфазные значения напряжения могут быть измерены непосредственно или получены из мгновенных измеренных значений «фаза — нейтраль» или «фаза — земля».

Измерения тока могут проводиться в каждом проводе электрической сети, включая нейтральный провод и провод защитного заземления (см. 5.13).

4.4 Объединение результатов измерений по времени

Класс А

В качестве основного временно́го интервала измерения средств измерения показателей, характеризующихся среднеквадратичным значением (относящихся к напряжению, гармоникам, интергармоникам и несимметрии напряжений), должен быть принят интервал длительностью 10 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 12 периодов для систем электроснабжения частотой 60 Гц.

Измерения на основных интервалах времени 10/12 периодов должны периодически синхронизироваться при каждой 10-минутной отметке UTC (международной шкалы координированного времени) (см. рисунок 2).

Примечание 1 — Неопределенность этого измерения включают в неопределенность измерения каждого показателя, указываемую в протоколе измерений.

Результаты измерений на основных временных интервалах затем объединяют для трех дополнительных интервалов:

- 150/180 периодов (150 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 180 периодов для систем частотой 60 Гц);
- 10 мин;
- 2 ч применительно к длительной дозе фликера P_{lt}.

Примечание 2 — Двухчасовой объединенный интервал является дополнительным для всех показателей, за исключением фликера, который требует двухчасового объединенного интервала для измерения P_{lt}. Этот двухчасовой объединенный интервал, возможно, будет полезным при некоторых применениях и необходимым для измерений на соответствие требованиям некоторых национальных или международных стандартов.

Примечание 3 — Обсуждение некоторых применений указанных временных объединенных интервалов приведено в В.1 и В.2 приложения В.

Класс S

Временные интервалы те же, что для класса А.

4.5 Алгоритм объединения результатов измерений

4.5.1 Требования

За значение величины на объединенном интервале времени принимают значение, равное корню квадратному из среднеарифметического значения квадратов входных величин.

При измерениях дозы фликера применяют иной алгоритм объединения результатов измерений (см. IEC 61000-4-15).

4.5.2 Объединение на интервале времени 150/180 периодов

Класс А

Значение величины на объединенном интервале времени 150/180 периодов получают объединением пятнадцати результатов измерений на основных интервалах времени (10/12 периодов). Пропуски между интервалами времени 10/12 периодов не допускаются.

Объединенные интервалы времени 150/180 периодов периодически синхронизируются при каждой 10-минутной отметке UTC (международной шкалы координированного времени) (см. рисунок 2).

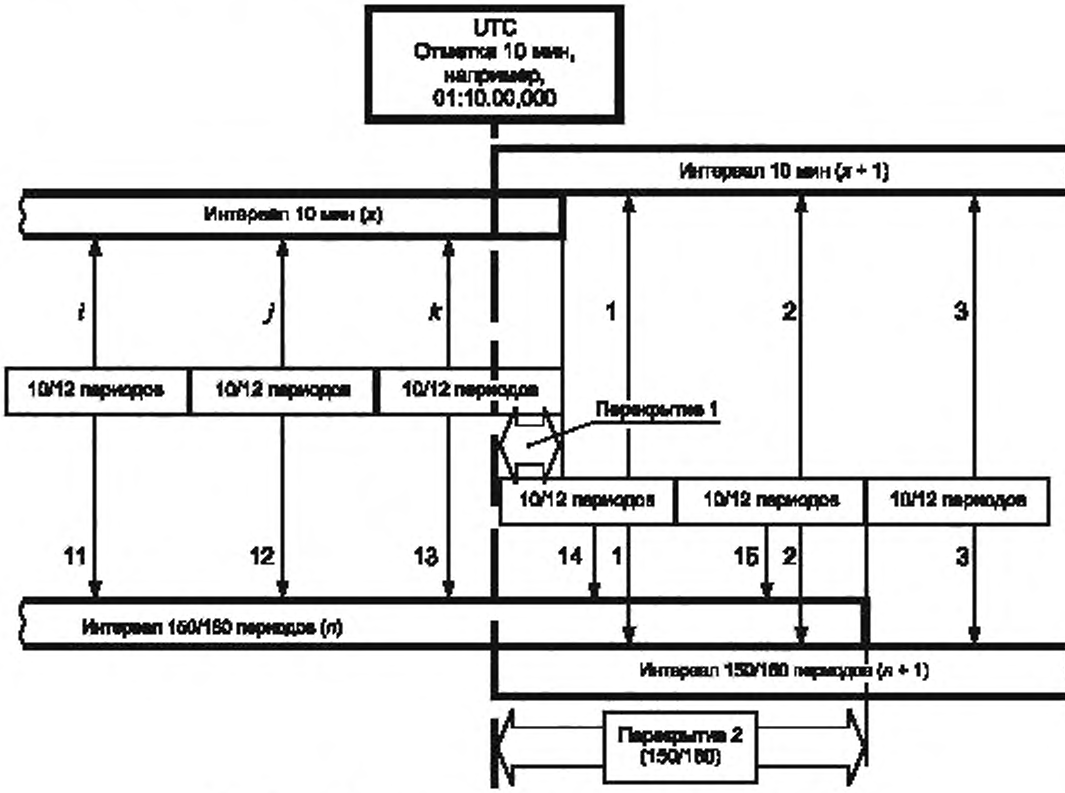

Рисунок 2 — Синхронизация объединенных интервалов для класса А

В момент 10-минутной отметки начинается новый интервал 150/180 периодов и вместе с тем завершается предыдущий интервал 150/180 периодов. В результате возникает перекрытие между двумя интервалами 150/180 периодов (перекрытие 2 на рисунке 2).

Класс S

Значение величины на интервале времени 150/180 периодов получают объединением результатов измерений на основных интервалах времени 10/12 периодов. Периодическая синхронизация при каждой 10-минутной отметке UTC (международной шкалы координированного времени) возможна, но не является обязательной (см. рисунок 3).

Пропуски отдельных интервалов 10/12 периодов при измерениях допустимы, но не обязательны при измерениях гармоник, интергармоник, сигналов в электрических сетях и несимметрии. В течение каждого объединенного интервала 150/180 периодов должно быть использовано не менее трех результатов измерений на основных интервалах 10/12 периодов, причем каждые 50/60 периодов должен быть использован по меньшей мере один результат измерений на интервале 10/12 периодов (см. рисунок 4). При измерениях других показателей КЭ значение величины на объединенном интервале времени 150/180 периодов получают объединением пятнадцати результатов измерений на интервалах времени 10/12 периодов, полученных без пропусков.

4.5.3 Объединение на интервале времени 10 мин

Класс А

Объединенное значение величины на интервале времени 10 мин должно содержать признак (тег) времени UTC (например, 01H10.00,000) при окончании 10-минутного объединенного интервала с округлением до ближайшего секундного значения.

Примечание — При некоторых обстоятельствах может быть полезным использование местного времени, которое может отличаться от UTC фиксированным сдвигом или сдвигом, изменяющимся в соответствии с временем года. Временные отметки такого типа часто включают в себя как время, так и дату. Временные отметки такого типа часто называют «абсолютным временем».

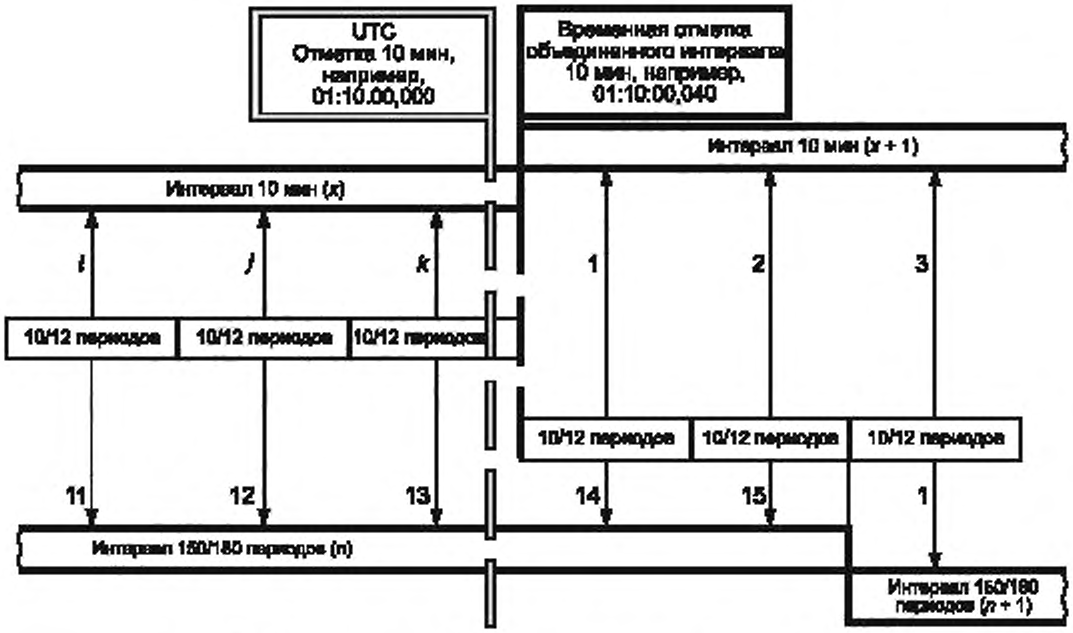

Рисунок 3 — Синхронизация объединенных интервалов для класса S: параметры, для которых пропуски не допускаются

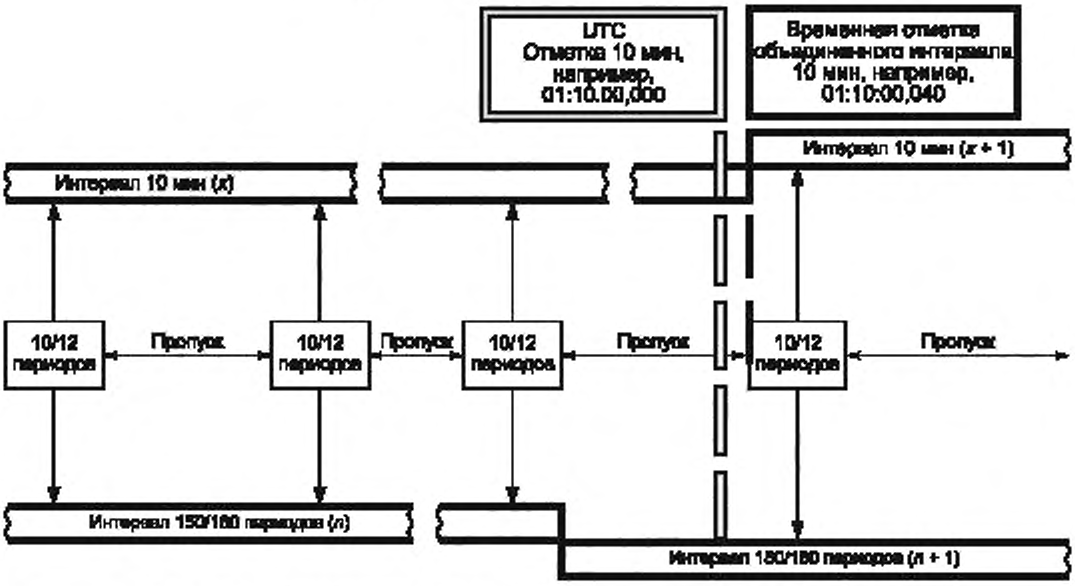

Рисунок 4 — Синхронизация объединенных интервалов для класса S: показатели, для которых пропуски допускаются

Значение величины на объединенном интервале времени 10 мин получают объединением результатов измерений на основных интервалах времени 10/12 периодов.

Каждый интервал времени 10 мин должен начинаться в момент 10-минутной отметки UTC. 10-минутные отметки текущего времени используются также для периодической синхронизации интервалов 10/12 периодов и объединенных интервалов 150/180 периодов (см. рисунок 2).

Последний основной интервал (интервалы) времени (10/12 периодов), входящий в 10-минутный объединенный интервал, будет, как правило, перекрывать 10-минутную отметку текущего времени. Любой результат измерений на перекрывающем интервале времени 10/12 периодов (см. перекрытие 1 на рисунке 2) включают в объединенный результат для данного интервала времени 10 мин.

Класс S

Для класса S должен быть применен алгоритм объединения результатов измерений на интервале времени 10 мин, установленный для класса А, или следующий упрощенный метод.

Значение величины на интервале времени 10 мин должно быть получено объединением результатов измерений на основных интервалах времени 10/12 периодов. Периодическая синхронизация по 10-минутным отметкам времени UTC не проводится. Допускается свободный сдвиг 10-минутного объединенного интервала времени относительно времени UTC.

Объединенное значение величины на интервале времени 10 мин должно содержать признак (тег) времени UTC при окончании 10-минутного объединенного интервала (например, 01h10.00,040).

При данном алгоритме объединения результатов измерений перекрытия будут отсутствовать, как показано на рисунках 3 и 4.

4.5.4 Объединение на интервале времени 2 ч

Класс А

Значение величины на объединенном интервале времени 2 ч получают объединением 12 результатов измерений на объединенных 10-минутных интервалах времени. Пропуски между интервалами времени 2 ч или их перекрытия не допускаются.

Класс S

То же, что для класса А.

4.6 Неопределенность измерения времени

Неопределенность измерения времени определяется по отношению ко времени международной шкалы координированного времени UTC, которая постоянно дополняется и доступна в мировом масштабе.

Примечание 1 — Время часов может быть переведено вперед или назад при определенных обстоятельствах, таких как увеличение использования дневного освещения, поправки при внешней синхронизации и т. д. При переводе времени часов вперед могут возникать пропуски получаемых данных. При переводе времени назад получаемые данные могут перекрываться во времени.

Класс А

Неопределенность измерения времени не должна превышать ± 20 мс при измерениях в системах электроснабжения частотой 50 Гц и ± 16.7 мс в системах электроснабжения частотой 60 Гц независимо от полного интервала времени.

Примечание 2 — Такое качество функционирования может быть достигнуто, например, с применением процедуры синхронизации, периодически проводимой при измерительной кампании с помощью приемника GPS или путем приема радиосигналов точного времени.

Если синхронизация с помощью внешнего сигнала невозможна, допустимое отклонение признаков (тегов) времени должно быть менее 1 с за 24 ч, однако данное допущение не исключает выполнения требования к неопределенности, указанного выше.

Примечание 3 — Данное требование является необходимым для получения одинаковых 10-минутных объединенных результатов при измерении одного и того же входного электрического сигнала двумя средствами измерения, применяющими методы измерений класса А.

Класс S

Неопределенность измерения времени не должна превышать ± 5 с за 24 ч.

4.7 Концепция маркирования

Во время провала напряжения, перенапряжения или прерывания напряжения алгоритм, применяемый при измерении других показателей (например, частоты), может привести к недостоверному результату. Маркирование результатов измерений позволяет избежать учета единственного события более чем один раз для различных показателей (например, учета единственного провала напряжения, как одновременного провала напряжения и отклонения частоты) и показать, что объединенное значение может быть недостоверным.

Маркирование проводят только при воздействии провалов напряжения, перенапряжений и прерываний напряжения. Выявление провалов напряжения и перенапряжений зависит от пороговых значений, установленных изготовителем, оказывающих влияние на принятие решения о том, какие данные должны маркироваться.

Маркирование выполняют при проведении измерений классов A и S показателей, относящихся к частоте, значению напряжения, дозе фликера, несимметрии напряжений, гармоникам и интергармоникам напряжения, напряжениям сигналов передачи данных и при измерениях отрицательного и положительного отклонений напряжения.

Если во время конкретного интервала времени какое-либо из значений маркируется, объединенный результат измерений, включающий в себя это значение, тоже подлежит маркированию. Маркированное значение должно сохраняться и вводиться в процесс объединения результатов измерений так же, как и другие значения. Поэтому если во время конкретного интервала времени какое-либо из значений маркируется, то все объединенные значения, включающие в себя маркированные значения, также должны маркироваться и сохраняться.

Примечание 1 — Сведения о других типах маркирования данных приведены в IEC 62586-1.

Примечание 2 — Пользователь может решить, как оценивать маркированные данные.

5 Показатели качества электрической энергии

5.1 Частота

5.1.1 Метод измерения

Класс A

Показание частоты должно быть получено каждые 10 с. Поскольку частота переменного тока может не равняться точно 50 или 60 Гц в пределах интервала 10 с, число периодов может не быть целым числом. Измеренная основная частота равна отношению числа целых периодов, подсчитанных в 10-секундный интервал времени, к общей продолжительности целых периодов. Если для расчетов частоты используется метод пересечения нуля, то перед каждой оценкой частоты гармоники и интергармоники должны быть ослаблены с тем, чтобы минимизировать влияние многократных пересечений нуля.

Интервалы времени измерений 10 с не должны перекрываться. Отдельные периоды, которые перекрывают 10-секундный интервал текущего времени, не учитывают. Каждый 10-секундный интервал должен начинаться на абсолютной 10-секундной отметке времени часов при неопределенности, установленной в 4.6.

Допускается применение других методов, таких как свертка, для получения эквивалентных результатов.

Примечание — Для некоторых применений может быть полезным использование интервалов времени длительностью менее 10 с, таких как 10/12 периодов (ветряные турбины), 1 с (национальные стандарты) и т. д.

Класс S

То же, что для класса A.

5.1.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

При условиях, указанных в разделе 6, неопределенность измерений не должна превышать ± 10 мГц при диапазонах измерений 42,5—57,5/51—69 Гц.

Класс S

При условиях, указанных в разделе 6, неопределенность измерений не должна превышать ± 50 мГц при диапазонах измерений 42,5—57,5/51—69 Гц.

5.1.3 Оценка результатов измерений

Класс A

При измерении частоты используют опорный канал.

Изготовитель должен установить характеристики процесса измерения частоты при потере сигнала в опорном канале.

Класс S

То же, что для класса A.

5.1.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений не является обязательным.

5.2 Значение напряжения

5.2.1 Метод измерения

Класс A

Проводят измерения среднеквадратичного значения напряжения на основном интервале времени измерения (10 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 12 периодов — для систем

частотой 60 Гц). Интервалы времени 10/12 периодов должны следовать друг за другом. Перекрытие со смежными интервалами 10/12 периодов не допускается, за исключением возможного перекрытия, показанного на рисунке 2 (см. «Перекрытие 1»).

Примечание 1 — Данный метод применяют только для квазистационарных электрических сигналов и не используют при обнаружении и измерении возмущений: провалов напряжения, перенапряжений, прерываний напряжения и переходных процессов.

Примечание 2 — Среднеквадратичное значение напряжения по определению включает в себя гармоники, интергармоники, информационные сигналы в электрических сетях и т. д.

Класс S

То же, что для класса А.

5.2.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

Неопределенность измерений при выполнении требований, установленных в разделе 6, не должна превышать ± 0,1 % U_{din} в диапазоне измерений (10—150) % U_{din}.

Класс S

Неопределенность измерений при выполнении требований, установленных в разделе 6, не должна превышать ± 0,5 % U_{din} в диапазоне измерений (20—120) % U_{din}.

5.2.3 Оценка результатов измерений

Требования не установлены.

5.2.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

5.3 Фликер

5.3.1 Метод измерения

Класс А

В качестве минимальных применяют требования IEC 61000-4-15, класс F3.

Класс F3 не следует применять для новых изделий. Рекомендуется класс F1, который может быть установлен в качестве обязательного в следующем издании настоящего стандарта.

Класс S

В качестве минимальных применяют требования IEC 61000-4-15, класс F3.

5.3.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

См. IEC 61000-4-15. При условиях, указанных в разделе 6, требования к неопределенности измерений по IEC 61000-4-15 должны быть выполнены в диапазоне измерений P_{st} от 0,2 до 10.

Класс S

См. IEC 61000-4-15. При условиях, указанных в разделе 6, требования к неопределенности измерений по IEC 61000-4-15, сниженные в два раза, должны быть выполнены в диапазоне измерений P_{st} от 0,4 до 4.

5.3.3 Оценка результатов измерений

Класс А

См. IEC 61000-4-15. 10-минутные интервалы времени при измерениях P_{st} должны начинаться в моменты 10-минутных отметок UTC. Результаты измерений на 10-минутных интервалах должны содержать признак (тег) времени UTC при окончании интервала (см. 4.5.3).

Провалы напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения вызывают значения P_{st} и P_{lt} на выходе (см. IEC 61000-4-15), которые должны быть маркированы.

Класс S

То же, что для класса А.

5.3.4 Объединение результатов измерений

Класс А

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с IEC 61000-4-15.

Класс S

То же, что для класса А.

5.4 Провалы напряжения и перенапряжения

5.4.1 Метод измерения

Класс А

Основным измерением среднеквадратичных значений провалов напряжения и перенапряжений является измерение $U_{r.m.s\,(1/2)}$ в каждом измерительном канале (см. 3.22). Длительность периода должна

определяться значением частоты измеряемого сигнала. В качестве значения частоты следует принимать последний немаркированный результат измерений частоты в системе энергоснабжения (см. 4.7 и 5.1) или результат, полученный иным методом, соответствующим требованиям к неопределенности измерений по разделу 6.

Примечание 1 — Значение $U_{r.m.s\,(1/2)}$ учитывает, по определению, гармоники, интергармоники, напряжение информационных сигналов в электрических сетях и т. д.

Примечание 2 — Важно избежать потери данных, если провалы напряжения и перенапряжения происходят в виде быстрой последовательности событий (например, три события в одну секунду при интервале между последовательностями до одной минуты, что может иметь место, когда разъединитель действует в условиях восстанавливаемой неисправности). Если при действии быстрой пачки событий характеристики провала напряжения/перенапряжения не могут быть зафиксированы, может быть полезным подсчет событий.

Класс S

Основным измерением среднеквадратичных значений провалов напряжения и перенапряжений должно быть либо измерение $U_{r.m.s\,(1/2)}$ в каждом измерительном канале (см. 3.22), либо измерение $U_{r.m.s\,(1)}$ в каждом измерительном канале (см. 3.23).

Используемые измерения устанавливает изготовитель.

Примечание 3 — Значение $U_{r.m.s\,(1)}$ учитывает, по определению, гармоники, интергармоники, напряжение информационных сигналов в электрических сетях и т. д.

5.4.2 Обнаружение и оценка провала напряжения

5.4.2.1 Обнаружение провала напряжения

Пороговое значение провала напряжения устанавливают в процентах значения входного напряжения U_{din} или значения скользящего опорного напряжения сравнения U_{sr} (см. 5.4.4). Пользователь должен указать используемое пороговое напряжение.

Примечание — Скользящее опорное напряжение сравнения U_{sr} обычно не используют в низковольтных системах электроснабжения. Детальная информация и рекомендации приведены в IEC 61000-2-8.

В однофазных системах провал напряжения начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ падает ниже порогового значения провала напряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или превышает пороговое значение провала напряжения плюс напряжение гистерезиса.

В многофазных системах провал напряжения начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ в одном или большем числе каналов падает ниже порогового значения провала напряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или превышает пороговое значение провала напряжения плюс напряжение гистерезиса во всех каналах, в которых проводят измерения.

Пороговое значение провала напряжения и напряжение гистерезиса устанавливает пользователь с учетом применения.

5.4.2.2 Оценка провала напряжения

Провал напряжения характеризуют двумя параметрами: остаточным напряжением U_{res} или глубиной провала напряжения и длительностью провала.

При этом:

- в качестве остаточного напряжения принимают наименьшее значение $U_{r.m.s}$, измеренное в любом канале во время провала напряжения;
- под глубиной провала напряжения понимают разность между опорным напряжением (U_{din} или U_{sr}) и остаточным напряжением U_{res}, которая обычно выражается в процентах опорного напряжения.

Примечание 1 — В течение провала напряжения может быть полезным дополнительно к остаточному напряжению провала фиксировать также наименьшее значение $U_{r.m.s\,(1/2)}$ в каждом канале.

Примечание 2 — Если формы напряжения фиксируются до, в течение и после провала напряжения, то записанные сведения могут содержать полезную информацию об изменениях фазового угла.

В качестве времени начала провала напряжения принимают отметку времени начала изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором начинается событие; в качестве времени окончания провала напряжения принимают отметку времени окончания изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором заканчивается событие, учитывая пороговое значение и гистерезис.

За длительность провала напряжения принимают интервал времени между началом и окончанием провала напряжения.

Примечание 3 — При определении длительности провала напряжения в многофазных системах начало провала напряжения может быть зафиксировано в одном канале, а окончание — в другом.

Примечание 4 — Огибающие провалов напряжения не обязательно являются прямоугольными. Как следствие, измеряемая длительность конкретного провала напряжения зависит от выбранного порогового значения провала напряжения. Форму огибающей провала напряжения можно оценить, используя несколько пороговых значений, установленных в пределах области пороговых значений провала и прерывания напряжения.

Примечание 5 — Типичное значение гистерезиса 2 % U_{din}.

Примечание 6 — Пороговое значение провала напряжения обычно устанавливают в пределах (85—90 %) выбранного опорного напряжения при поиске неисправностей или проведении статистических исследований.

Примечание 7 — Значение остаточного напряжения часто является полезным для конечных потребителей и может быть более предпочтительным, чем глубина провала, так как позволяет оценить близость напряжения к нулю. В то же время глубина провала напряжения часто является полезной для поставщиков электрической энергии, особенно применительно к высоковольтным системам или в случаях, когда используется скользящее опорное напряжение сравнения.

Примечание 8 — Во время провала напряжения может возникать фазовый сдвиг (см. А.5.5 приложения А).

Примечание 9 — Следует фиксировать время перехода порогового значения.

5.4.3 Обнаружение и оценка перенапряжения

5.4.3.1 Обнаружение перенапряжения

Пороговое значение перенапряжения устанавливают в процентах значения входного напряжения U_{din} или значения скользящего опорного напряжения сравнения U_{sr} (см. 5.4.4). Пользователь должен указать используемое пороговое напряжение.

Примечание — Скользящее опорное напряжение сравнения U_{sr} обычно не используют в низковольтных системах электроснабжения. Детальная информация и рекомендации приведены в IEC 61000-2-8.

В однофазных системах перенапряжение начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ возрастает выше порогового значения перенапряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или ниже порогового значения перенапряжения минус напряжение гистерезиса.

В многофазных системах перенапряжение начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ в одном или большем числе каналов возрастает выше порогового значения перенапряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или ниже порогового значения перенапряжения минус напряжение гистерезиса во всех каналах, в которых проводят измерения.

Пороговое значение перенапряжения и напряжение гистерезиса устанавливает пользователь с учетом применения.

5.4.3.2 Оценка перенапряжения

Перенапряжение характеризуют двумя параметрами: максимальным значением напряжения при перенапряжении и длительностью перенапряжения.

При этом:

- в качестве максимального значения перенапряжения принимают наибольшее значение $U_{r.m.s}$, измеренное в любом канале во время перенапряжения;
- в качестве времени начала перенапряжения принимают отметку времени начала изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором начинается событие;
- в качестве времени окончания перенапряжения принимают отметку времени окончания изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором заканчивается событие, учитывая пороговое значение минус гистерезис;
- за длительность перенапряжения принимают интервал времени между началом и окончанием перенапряжения.

Примечание 1 — При определении длительности перенапряжения в многофазных системах начало перенапряжения может быть зафиксировано в одном канале, а окончание — в другом.

Примечание 2 — Огибающие перенапряжений не обязательно являются прямоугольными. Как следствие, измеряемая длительность конкретного перенапряжения зависит от выбранного порогового значения перенапряжения.

Примечание 3 — Типичное значение гистерезиса 2 % U_{din}.

Примечание 4 — Пороговое значение перенапряжения обычно устанавливают более 110 % U_{din}.

Примечание 5 — Во время перенапряжения может возникать фазовый сдвиг.

Примечание 6 — Следует фиксировать время перехода порогового значения.

5.4.4 Вычисление скользящего опорного напряжения сравнения

Применение скользящего опорного напряжения сравнения рассматривают в качестве дополнительного способа установления пороговых значений, не являющегося обязательным. Если при обнаружения провалов напряжения и перенапряжений используют скользящее опорное напряжение сравнения, то должно быть вычислено его значение, соответствующее применению фильтра первого порядка с постоянной времени 1 мин. Значение $U_{sr(n)}$ вычисляют по формуле

$$U_{sr(n)} = 0{,}9967 \quad U_{sr\,(n\,-\,1)} + 0{,}0033 \cdot U_{(10/12)\ r.m.s},$$

где $U_{sr(n)}$ — применяемое значение скользящего опорного напряжения сравнения;

$U_{sr\,(n\,-\,1)}$ — предыдущее значение скользящего опорного напряжения сравнения;

$U_{(10/12)\ r.m.s}$ — последний результат измерений среднеквадратичного значения напряжения на основном интервале времени 10/12 периодов.

Начальное значение скользящего опорного напряжения сравнения устанавливают равным входному напряжению. Скользящее опорное напряжение сравнения обновляют через каждые 10/12 периодов. Если последний результат измерений среднеквадратического значения напряжения на интервале времени 10/12 периодов маркируют, то скользящее опорное напряжение сравнения не обновляют и используют его предыдущее значение.

5.4.5 Неопределенность измерений и диапазон измерений

5.4.5.1 Неопределенность измерений значения остаточного напряжения и максимального значения перенапряжения

Класс A

Неопределенность измерений не должна превышать ± 0,2 % U_{din}.

Класс S

Неопределенность измерений не должна превышать ± 1 % U_{din}.

5.4.5.2 Неопределенность измерений длительности провала напряжения и перенапряжения

Класс A

Неопределенность измерений длительности провала напряжения и перенапряжения равна суммарной неопределенности измерений времени начала провала напряжения и перенапряжения (половина периода) и измерений времени окончания провала напряжения и перенапряжения (половина периода).

Класс S

При использовании $U_{r.m.s\ (1/2)}$ неопределенность измерений длительности провала напряжения и перенапряжения равна суммарной неопределенности измерений времени начала провала напряжения и перенапряжения (половина периода) и измерений времени окончания провала напряжения и перенапряжения (половина периода). При использовании значений $U_{r.m.s\ (1)}$ неопределенность измерений длительности провала напряжения и перенапряжения равна суммарной неопределенности измерений времени начала провала напряжения и перенапряжения (один период) и измерений времени окончания провала напряжения и перенапряжения (один период).

5.4.6 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений для кратковременных событий не проводят.

5.5 Прерывания напряжения

5.5.1 Метод измерения

Основные измерения напряжения для каждого класса должны быть как установлено в 5.4.1.

5.5.2 Оценка прерываний напряжения

Пороговое значение прерывания напряжения устанавливают в процентах значения входного напряжения U_{din}.

В однофазных системах прерывание напряжения начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ падает ниже порогового значения прерывания напряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или ниже порогового значения прерывания напряжения плюс напряжение гистерезиса.

В многофазных системах прерывание напряжения начинается, когда значение $U_{r.m.s}$ во всех каналах падает ниже порогового значения прерывания напряжения, и заканчивается, когда значение $U_{r.m.s}$ равно или выше порогового значения прерывания напряжения плюс напряжение гистерезиса хотя бы в одном канале из тех, где проводят измерения.

Пороговое значение прерывания напряжения не должно устанавливаться ниже значения неопределенности измерения остаточного напряжения плюс значение напряжения гистерезиса. Типичное значение напряжения гистерезиса равно 2 % U_{din}.

В качестве времени начала прерывания напряжения принимают отметку времени начала изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором начинается событие; в качестве времени окончания прерывания напряжения принимают отметку времени окончания изменения $U_{r.m.s}$ канала, в котором заканчивается событие, учитывая пороговое значение и гистерезис.

За длительность прерывания напряжения принимают интервал времени между началом и окончанием прерывания напряжения.

Примечание 1 — Пороговое значение прерывания напряжения может быть, например, установлено 5 % U_{din} или 10 % U_{din}.

Примечание 2 — В IEC 60050-161 (161-08-20) к прерываниям отнесены уменьшения напряжения менее 1 % номинального напряжения. Однако сложно достоверно измерять напряжения, значения которых меньше 1 % номинального напряжения. Поэтому следует устанавливать более приемлемое пороговое значение прерывания напряжения.

Примечание 3 — Прерывание напряжения в одной или нескольких фазах многофазных систем следует рассматривать как прерывание подачи напряжения к электрическим сетям однофазного тока потребителей, подключенных к этой сети.

5.5.3 Неопределенность измерений и диапазон измерений

В отношении неопределенности измерений длительности прерываний напряжения см. 5.4.5.2.

5.5.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений для кратковременных событий не проводят.

5.6 Переходные процессы напряжения

Некоторые справочные сведения об основных характеристиках, необходимых для описания переходных процессов напряжения, приведены в приложении А, подраздел А.4. Измерения переходных процессов напряжения не обязательны, но могут быть полезными.

5.7 Несимметрия напряжений

5.7.1 Метод измерения

Измерения несимметрии проводят только в трехфазных системах.

Класс А

Несимметрию напряжений оценивают методом симметричных составляющих. В условиях несимметрии дополнительно к напряжению прямой последовательности U_1 существует по крайней мере одна из следующих составляющих: напряжение обратной последовательности U_2 и/или напряжение нулевой последовательности U_0.

Измерения основной составляющей входного сигнала проводят на основном интервале времени измерений (10 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 12 периодов для систем частотой 60 Гц).

Примечание 1 — Влияние гармоник должно быть минимизировано применением фильтра или алгоритма дискретного преобразования Фурье (DFT).

Примечание 2 — Алгоритмы, использующие только среднеквадратичные значения, не учитывают влияния угловых сдвигов на несимметрию, что может привести к непредсказуемым результатам при наличии гармоник. Оценка несимметрии на основе расчетов напряжений обратной и нулевой последовательности обеспечивает более точные и пригодные для непосредственного применения результаты.

Коэффициент несимметрии по обратной последовательности K_2, %, вычисляют по формуле

$$K_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100 = \frac{\text{отрицательная последовательность}}{\text{положительная последовательность}} \cdot 100. \quad (1)$$

Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности K_0, %, вычисляют по формуле

$$K_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100 = \frac{\text{нулевая последовательность}}{\text{положительная последовательность}} \cdot 100. \quad (2)$$

Примечание 3 — Значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности, по определению, равно нулю при измерении междуфазных напряжений. Однако напряжения «фаза — нейтраль» или «фаза — земля» могут содержать напряжения нулевой последовательности.

Примечание 4 — Допускается применение любого метода, если может быть показана математическая эквивалентность формулам (1) и (2).

Класс S

Изготовитель должен установить алгоритмы и методы для расчетов коэффициента несимметрии по обратной последовательности K_2. Оценка коэффициента несимметрии по нулевой последовательности допускается, но не является обязательной.

5.7.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

Неопределенность измерений коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности не должна превышать ± 0,15 %. Например, показания средства измерения, подключенного

к трехфазной системе с коэффициентом несимметрии по обратной последовательности 1,0 %, должны быть в пределах от 0,85 до 1,15 % (см. рисунок 5).

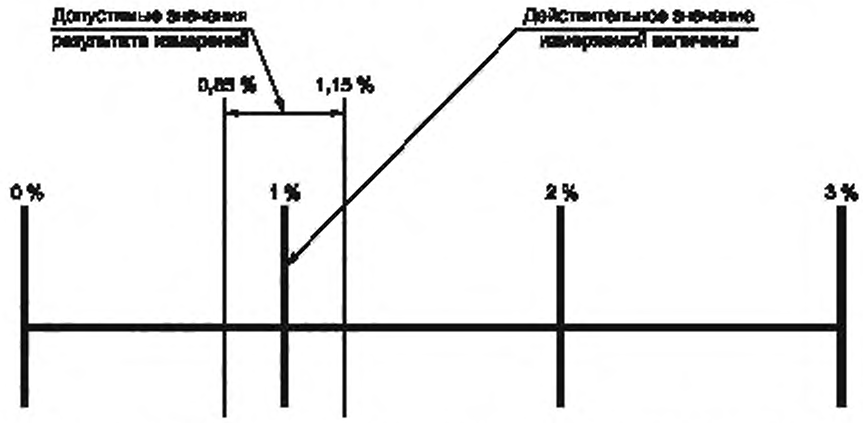

Рисунок 5 — Пример неопределенности измерений несимметрии напряжений

Класс S

То же, что для класса А.

5.7.3 Оценка результатов измерений

Требования не установлены.

Примечание — Неопределенность измерений, вносимая измерительными трансформаторами (при их наличии), может оказать существенное влияние при расчетах несимметрии напряжений.

5.7.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

5.8 Гармоники напряжения

5.8.1 Метод измерения

Класс А

Измерения гармоник напряжения проводят в соответствии с требованиями IEC 61000-4-7, класс I, на основных интервалах времени (10/12 периодов) без промежутков между интервалами. В качестве результатов измерений на основных интервалах времени должны быть применены гармонические подгруппы $U_{sg,h}$ по IEC 61000-4-7.

Примечание 1 — В специальных случаях могут быть более предпочтительными другие методы, включая применение аналоговых средств измерений и частотного преобразования сигналов (см., например, IEC 61000-3-8).

Проводят измерения гармоник напряжения не менее 50-го порядка.

При необходимости расчетов суммарных коэффициентов искажений должен быть рассчитан суммарный коэффициент гармонических подгрупп $THDS_Y$ по IEC 61000-4-7.

Примечание 2 — Результаты измерений данными методами представляют собой большие объемы данных, которые в зависимости от применения могут быть сохранены, переданы по средствам связи, подвергнуты анализу и/или архивированы. В зависимости от применения объем данных может быть уменьшен. Для уменьшения объема данных могут быть применены статистические методы в пункте измерения, или сохранены лишь экстремальные и усредненные значения, или сохранены детализированные сведения только в случае превышения пороговых значений, или использованы другие методы.

Примечание 3 — В соответствии с IEC 61000-4-7 обозначение «*Y*» заменяется на «*I*» применительно к току и заменяется на «*U*» применительно к напряжению. Поэтому наиболее предпочтительным было бы обозначение суммарного коэффициента искажений напряжения $THDS_U$. Однако при обращении к IEC 61000-4-7 для информации об этом параметре следует применять обозначение «*Y*».

Класс S

Измерения гармоник напряжения по классу S проводят в соответствии с требованиями IEC 61000-4-7, класс II, на основных интервалах времени (10/12 периодов). Пропуски интервалов

допускаются (см. 4.5). В качестве результатов измерений на основных интервалах времени изготовитель должен выбрать применение гармонических групп $U_{g,h}$ или гармонических подгрупп $U_{sg,h}$ по IEC 61000-4-7. Изготовитель должен указать, какой метод был выбран.

Проводят измерения гармоник напряжения не менее 40-го порядка.

Примечание 4 — В EN 50160 предусмотрена оценка гармоник до 40-го порядка.

При необходимости расчетов суммарных коэффициентов искажений должен быть рассчитан суммарный коэффициент гармонических составляющих THD_Y, если проводят измерения гармонических групп $U_{g,h}$, и суммарный коэффициент гармонических подгрупп $THDS_Y$, если проводят измерения гармонических подгрупп $U_{sg,h}$ (см. IEC 61000-4-7).

Примечание 5 — В соответствии с IEC 61000-4-7 обозначение «*Y*» заменяется на «*I*» применительно к току и заменяется на «*U*» применительно к напряжению. Поэтому наиболее предпочтительными были бы обозначения $U_{g,h}$ или $U_{sg,h}$. Однако при обращении к IEC 61000-4-7 для информации об этих параметрах следует применять обозначение «*Y*».

5.8.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Максимальная неопределенность измерений должна быть в соответствии с IEC 61000-4-7, класс I. Диапазон измерений должен быть от 10 до 200 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по IEC 61000-2-4.

Класс S

Максимальная неопределенность измерений должна в два раза превышать установленную в IEC 61000-4-7, класс II. Применение низкочастотного фильтра, исключающего паразитное наложение спектров, как установлено в IEC 61000-4-7, не является обязательным. Требование к максимальному допустимому отклонению длительности интервала времени между фронтами импульсов ± 0,03 %, как установлено в IEC 61000-4-7, не является обязательным, однако требование к максимальной неопределенности измерений должно быть выполнено в области значений влияющих величин, указанной в разделе 6.

Диапазон измерений должен быть от 10 до 100 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по IEC 61000-2-4.

5.8.3 Оценка результатов измерений

Требования не установлены.

5.8.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

Примечание — Для уменьшения объема информации, хранимой после окончания процесса объединения, целесообразно разгрузить память от сведений, связанных с интервалами 10/12 или 150/180 периодов, если нет необходимости в их хранении.

5.9 Интергармоники напряжения

5.9.1 Метод измерения

Класс A

Измерения интергармоник напряжения для целей настоящего стандарта проводят в соответствии с требованиями IEC 61000-4-7, класс I, на основных интервалах времени (10/12 периодов) без промежутков между интервалами. В качестве результатов измерений на основных интервалах времени должны быть применены интергармонические центрированные подгруппы $Y_{isg,h}$ по IEC 61000-4-7.

Проводят измерения не менее чем до 50-го порядка.

Примечание 1 — Результаты измерений данным методом представляют собой большие объемы данных, которые в зависимости от применения могут быть сохранены, переданы по средствам связи, подвергнуты анализу и/или архивированы. В зависимости от применения объем данных может быть уменьшен. Для уменьшения объема данных могут быть применены статистические методы в пункте измерения, или сохранены лишь экстремальные и усредненные значения, или сохранены детализированные сведения только в случае превышения пороговых значений, или использованы другие методы.

Примечание 2 — В соответствии с IEC 61000-4-7 обозначение «*Y*» заменяется на «*I*» применительно к току и заменяется на «*U*» применительно к напряжению. Поэтому наиболее предпочтительными были бы обозначения параметров $U_{ig,h}$ или $U_{isg,h}$. Однако при обращении к IEC 61000-4-7 для информации об этих параметрах следует применять обозначение «*Y*».

Класс S

Метод измерения устанавливает изготовитель.

5.9.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Максимальная неопределенность измерений должна быть в соответствии с IEC 61000-4-7, класс I. Диапазон измерений должен быть от 10 до 200 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по IEC 61000-2-4.

Класс S

Неопределенность измерений устанавливает изготовитель.

Диапазон измерений должен быть от 10 до 100 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по IEC 61000-2-4.

5.9.3 Оценка результатов измерений

Требования не установлены.

5.9.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

Примечание — Для уменьшения объема информации, хранимой после окончания процесса объединения, целесообразно разгрузить память от сведений, связанных с интервалами 10/12 или 150/180 периодов, если нет необходимости в их хранении.

5.10 Напряжения сигналов в электрических сетях

5.10.1 Общие положения

Напряжения сигналов, передаваемых в электрических сетях, называемых в определенных применениях сигналами звуковой частоты в системах управления с использованием электрической сети, представляют собой пачки сигналов, зачастую на негармонических частотах, применяемые для дистанционного управления промышленным оборудованием, обновления параметров счетчиков и в других устройствах.

5.10.2 Метод измерения

Класс A

Метод измерений, установленный в настоящем стандарте, применяют для сигналов частотой ниже 3 кГц. Для сигналов частотой свыше 3 кГц применяют метод по IEC 61000-3-8.

Рассматриваемый метод измерений применяют для определения уровней напряжения сигналов при известной несущей частоте, установленной пользователем.

Примечание — Целью данного метода является измерение максимального уровня напряжения сигналов, но не выявление проблем, связанных с передачей сигналов по электрическим сетям.

Измерение напряжения сигналов, передаваемых по электрическим сетям, должно основываться:

- на измерении на основном интервале времени (10/12 периодов) среднеквадратичного значения напряжения на соответствующей частоте интергармоники либо

- на определении значения квадратного корня из суммы квадратов четырех среднеквадратичных значений интергармонических напряжений, определенных на ближайших частотах на интервале времени 10/12 периодов [например, управляющий сигнал звуковой частоты 316,67 Гц в системе электроснабжения 50 Гц должен быть аппроксимирован корнем квадратным из суммы квадратов интергармонических напряжений на частотах 310, 315, 320 и 325 Гц, измеренных с применением быстрого преобразования Фурье (DFT) на основном интервале времени 10/12 периодов].

Первый метод измерений предпочтителен, если установленная пользователем частоты сигнала находится в центре элемента DFT. Второй метод измерений предпочтителен, если частота сигнала не в центре элемента DFT.

Пользователь должен выбрать пороговое значение обнаружения выше 0,3 % U_{din}, а также длительность времени записи не более 120 с. Начало передачи управляющих сигналов выявляют, когда измеренное значение соответствующей интергармоники превысит пороговое значение напряжения сигналов. Измеренные значения регистрируют в течение периода времени, установленного пользователем, для того чтобы получить максимальное значение напряжения сигналов.

Класс S

Метод измерений устанавливает изготовитель.

5.10.3 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Диапазон измерений должен быть от 0 % U_{din} до не менее 15 % U_{din}.

Для напряжений сетевых сигналов в пределах (3—15) % U_{din} неопределенность измерений не должна превышать ± 5 % измеренного значения. Для напряжений сетевых сигналов в пределах (1—3) % U_{din} неопределенность изменений не должна превышать ± 0,15 % U_{din}. Для напряжений информационных сигналов менее 1 % U_{din} требования к неопределенности измерений в настоящем стандарте не установлены.

Класс S

Требования к неопределенности измерений и диапазон измерений устанавливает изготовитель.

5.10.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений не является обязательным.

5.11 Быстрое изменение напряжения (RVC)

5.11.1 Общие положения

Определение события быстрого изменения напряжения (RVC) приведено в 3.26. Быстрое изменение напряжения в основном представляет собой резкий переход между двумя среднеквадратичными значениями напряжения. По определению, два среднеквадратичных значения напряжения должны находиться в «установившемся состоянии», условия которого определяются методом, указанным ниже.

Провалы напряжения и перенапряжения часто начинаются или заканчиваются резким переходом между двумя среднеквадратичными значениями напряжении. Однако, по определению, эти события не являются событиями RVC, потому что при их возникновении превышаются пороговые значения провала напряжения или перенапряжения. Дополнительные рекомендации приведены в описании метода, рассмотренного ниже.

5.11.2 Обнаружение быстрого изменения напряжения

Класс А

Среднеквадратичное значение напряжения считают соответствующим установившемуся состоянию, если все непосредственно предшествующие значения 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$ находятся в пределах порогового значения RVC, определяемого относительно арифметического среднего этих значений 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$ («100/120» означает 100 значений для номинальной частоты 50 Гц и 120 значений для номинальной частоты 60 Гц).

Пороговое значения RVC устанавливает пользователь, в процентах U_{din}, в соответствии с применением.

Примечание 1 — Пороговые значения могут быть рассмотрены в пределах от 1 до 6 %. Например, в IEC TR 61000-3-7 для среднего напряжения рассматриваются пороговые значения RVC от 2,5 до 6 %, в IEC 61000-3-3 для низкого напряжения рассматриваются пороговые значения от 3,3 до 6 % U_{din}. В обоих указанных стандартах пороговые значения связаны с числом событий RVC в час или в день. В IEC 61000-4-15 пороговое значение 0,2 % рассматривается как подобный, но не идентичный параметр.

Гистерезис RVC устанавливается пользователем в соответствии с применением. Значение гистерезиса должно быть меньше, чем пороговое значение RVC.

Примечание 2 — Может быть рекомендовано значение гистерезиса в пределах 50 % порогового значения RVC.

Для обеспечения обнаружения быстрого изменения напряжения:

- регистрируют первоначальный комплект значений 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$;
- рассчитывают арифметическое среднее этих значений и применяют метод, указанный ниже.

Для обнаружения события RVC (см. рисунки 6 и 7):

- для каждого канала напряжения должен быть сформирован логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии». Этот логический сигнал является «истинным», когда напряжение в этом канале находится в установившемся состоянии, и «ложным» — в противном случае. Этот логический сигнал определяется из значений 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$ в каждом канале напряжения в указанном ниже порядке и уточняется при каждом новом значении $U_{r.m.s\ (1/2)}$;
- каждый раз с появлением нового значения $U_{r.m.s\ (1/2)}$ рассчитывается арифметическое среднее предшествующих значений 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$, включая новое значение;
- если каждое отдельное значение из предшествующих значений 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$, включая новое значение, находится в пределах порогового значения RVC в отношении арифметического среднего (включая гистерезис, если применяется), то логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» для этого канала устанавливается как истинный, в противном случае он устанавливается как ложный;

- в полифазных системах объединенный логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» представляет собой логическое «И» логических сигналов «Напряжение в установившемся состоянии» в каждом канале напряжения;

- событие RVC начинается, когда логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» изменяется от «истинного» к «ложному»;

- когда начинается событие быстрого изменения напряжения, гистерезис RVC прикладывается к пороговому значению RVC и изменения логического сигнала «Напряжение в установившемся состоянии» запрещаются в течение 100/120 полупериодов;

- событие RVC заканчивается, когда логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» изменяется от «ложного» к «истинному». Когда заканчивается событие RVC, гистерезис удаляется из порогового значения RVC. Отметка времени окончания события RVC — это 100/120 полупериодов, предшествующие изменению логического сигнала от «ложного» к «истинному».

Если в течение события RVC, включая запрещающие изменение логического сигнала 100/120 полупериодов, обнаруживается провал напряжения или перенапряжение, то событие RVC не учитывается, так как оно не относится к быстрому изменению напряжения. Это провал напряжения или перенапряжение.

Класс S

Метод для класса S тот же, что и для класса A, но для класса S должно быть в соответствии с 5.4.1 выбрано использование $U_{r.m.s\ (1/2)}$ или $U_{r.m.s\ (1)}$. Если для класса S выбрано использование $U_{r.m.s\ (1)}$, то обозначение «100/120», которое применимо к полупериодам, должно быть заменено в описании метода на обозначение «50/60», которое применимо к эквивалентному числу полных периодов.

5.11.3 Оценка быстрого изменения напряжения

Класс A

Быстрое изменение напряжения характеризуется четырьмя параметрами: временем начала, длительностью, ΔU_{max} и ΔU_{SS}:

- время начала быстрого изменения напряжения должно представлять собой отметку времени, когда логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» становится «ложным» и инициирует событие RVC;

- длительность события RVC определяется временем, в течение которого логический сигнал «Напряжение в установившемся состоянии» является «ложным», за вычетом 100/120 полупериодов;

- значение ΔU_{max} события RVC представляет собой максимальное абсолютное значение разности между любыми значениями $U_{r.m.s\ (1/2)}$ в течение события RVC и конечным средним арифметическим значением, предшествующим событию RVC. Для полифазных систем ΔU_{max} представляет собой наибольшее значение ΔU_{max} в любом канале;

- значение ΔU_{SS} события RVC представляет собой абсолютное значение разности между конечным средним арифметическим значением 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$, предшествующим событию RVC, и первым средним арифметическим значением 100/120 $U_{r.m.s\ (1/2)}$ после окончания события RVC. Для полифазных систем ΔU_{SS} представляет собой наибольшее значение ΔU_{SS} в любом канале.

Примечание 1 — Может быть полезным определить число событий RVC в определенный период времени. Этот период может представлять собой фиксированный временной интервал, равный одному часу, или скользящий интервал, включающий в себя последние 60 мин, сдвигающийся на одну минуту в минуту. Период может представлять собой фиксированный временной интервал, равный одному дню календарного времени, или скользящий интервал, включающий в себя последние 24 ч, сдвигающийся на один час в час.

Примечание 2 — Другие характеристики для оценки быстрых изменений напряжения на рассмотрении. Например, ΔU_{max} может оцениваться, основываясь на объединенных значениях 10/12 периодов.

Примечание 3 — В некоторых случаях рассмотренный метод измерения RVC не полностью характеризует сложные изменения между двумя установившимися состояниями. Регистрация последовательностей $U_{r.m.s}$ в каждом канале может быть полезной для детального анализа.

Класс S

Оценка события RVC для класса S та же, что для класса A, но для класса S должно быть в соответствии с 5.4.1 выбрано использование $U_{r.m.s\ (1/2)}$ или $U_{r.m.s\ (1)}$. Если выбрано использование $U_{r.m.s\ (1)}$, то обозначение «100/120 полупериодов» в описании метода оценки должно быть заменено на обозначение «50/60 полных периодов».

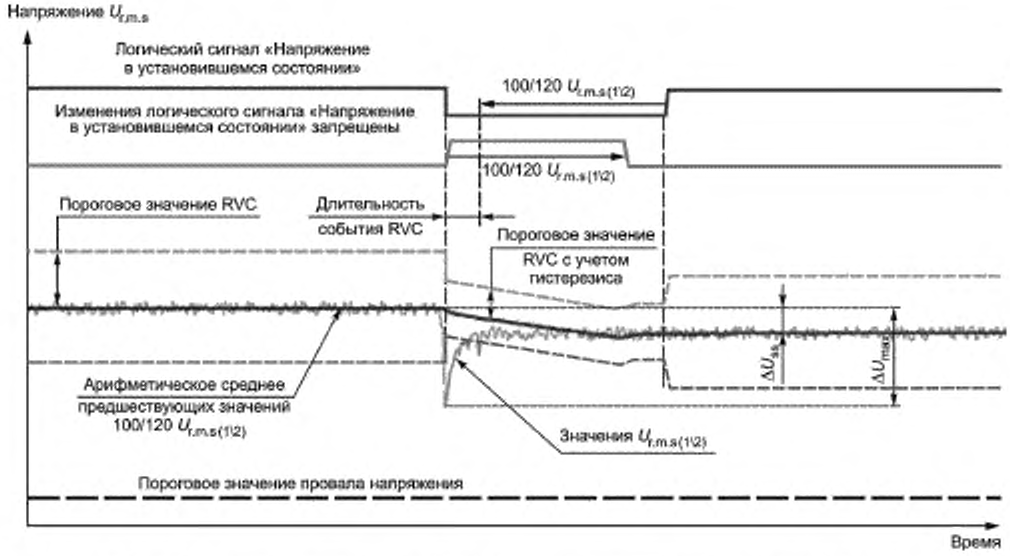

Рисунок 6 — Быстрое изменение напряжения. Пример изменения среднеквадратичного значения напряжения, которое является событием RVC

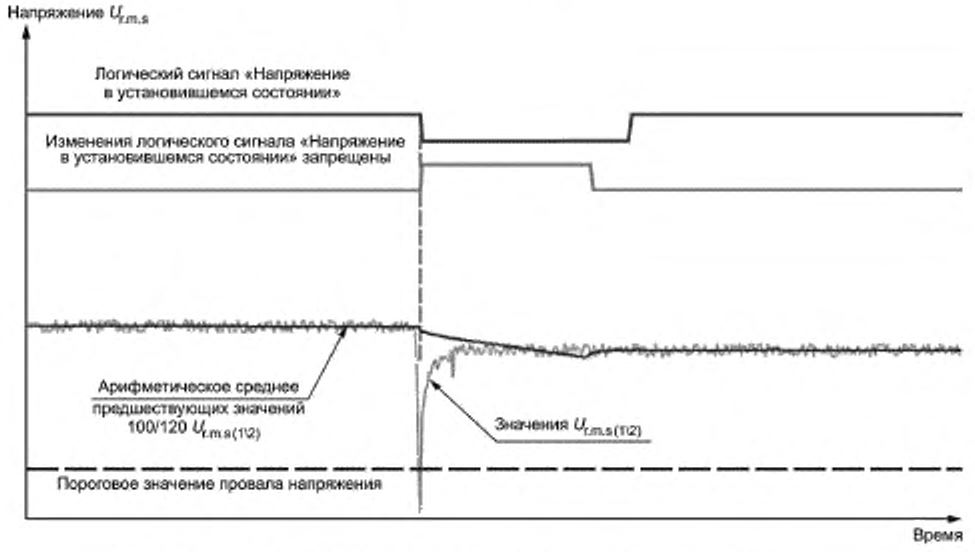

Рисунок 7 — Событие, не относящееся к быстрому изменению напряжения.
Пример изменения среднеквадратичного значения напряжения, которое не является событием RVC, так как превышается пороговое значение провала напряжения

5.11.4 Неопределенность измерений

Неопределенность измерений характеристик события быстрого изменения напряжения определяется неопределенностью измерений $U_{r.m.s}$, как указано в 5.4.5.1, и правильностью реализации методов в 5.11.1 и 5.11.2.

5.12 Отрицательное и положительное отклонения напряжения

См. приложение D.

5.13 Ток

5.13.1 Общие положения

В контексте требований к качеству электрической энергии измерения тока полезны как дополнение к измерениям напряжения, особенно при попытках определить причины таких событий, как изменение значения напряжения, провал напряжения, прерывание напряжения или несимметрия.

Форма кривой тока, кроме того, может помочь ассоциировать зарегистрированное событие с конкретным устройством и его функционированием, таким как запуск электродвигателя, подача напряжения на трансформатор или подключение конденсатора.

Гармоники и интергармоники тока в сочетании с гармониками и интергармониками напряжения могут быть полезными при определении характеристик нагрузки, подключенной к сети.

Настоящий стандарт не устанавливает каких-либо методов измерения тока, связанных с уровнем срабатывания или пороговым значением.

Если ток изменяется, но это изменение является недостаточным для запуска одного из пороговых методов измерения напряжения, то изменение тока не относится к событию качества электрической энергии.

Примечание — Переходные процессы тока в настоящем стандарте не рассматриваются. Некоторые полезные комментарии приведены в приложении А.

5.13.2 Значение тока

5.13.2.1 Измерение

Изготовитель должен установить среднеквадратичное значение тока, соответствующее полной шкале измерения, учитывая минимальное отношение мгновенного пикового значения к среднеквадратичному, равное 3,0.

Примечание — Это отношение иногда называют коэффициентом амплитуды.

Класс А

Основой измерений является измерение среднеквадратичного значения тока на интервале времени 10 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 12 периодов для систем частотой 60 Гц. Границы любого интервала измерения тока должны определяться и быть идентичными границам интервала соответствующего канала напряжения.

Класс S

Изготовитель должен установить метод среднеквадратичных измерений и используемый временной интервал.

Примечание — Детализированные требования для класса S на рассмотрении.

5.13.2.2 Неопределенность измерений

Класс А

Неопределенность измерений не должна превышать 1 % показания в пределах от 10 до 100 % установленной полной шкалы среднеквадратичного значения тока.

Примечание — Данная неопределенность измерений не учитывает неопределенность измерений, вводимую датчиками тока. Рекомендации по датчикам приведены в IEC 61557-12:2007, приложение C или приложение D.

Класс S

Неопределенность измерений не должна превышать 2 % показания в пределах от 10 до 100 % установленной полной шкалы среднеквадратичного значения тока.

5.13.2.3 Оценка результатов измерений

Примечание — Для однофазных систем имеется единственное среднеквадратичное значение тока. Для трехфазных трехпроводных систем имеются, как правило, три среднеквадратичных значения тока; для трехфазных четырехпроводных систем имеются, как правило, четыре среднеквадратичных значения тока. Также может быть измерен ток в цепи заземления либо путем измерения тока в заземляющем проводнике, либо путем определения разностного тока.

Класс А

Используют интервалы объединения в соответствии с 4.4 и 4.5.

Для каждого канала тока интервалы объединения значений тока должны определяться и быть идентичными интервалам объединения соответствующего канала напряжения.

Класс S

Изготовитель или пользователь должны установить интервалы измерения.

5.13.3 Регистрация значений тока

Класс А

Если вводятся методы измерения тока, то во всех случаях, когда в канале напряжения проводится регистрация значений напряжения, должна проводиться регистрация в соответствующем канале тока с временными параметрами, определяемыми и идентичными соответствующему каналу напряжения (например, если регистрируется $U_{r.m.s\ (1/2)}$, то также должна проводиться регистрация $I_{r.m.s\ (1/2)}$ с временными параметрами измерения, определяемыми и идентичными временным параметрам соответствующего канала напряжения).

Класс S

Изготовитель или пользователь должны установить, когда должна проводиться регистрация тока.

5.13.4 Гармонические токи

Класс А

Для целей настоящего стандарта применяют основной метод измерения и требования к точности измерения гармоник, установленные в IEC 61000-4-7. В соответствии с этим стандартом проводят измерения гармонических подгрупп, обозначенных $Y_{sg,h}$, на интервалах времени 10/12 периодов. Пропуски между интервалами не допускаются.

Примечание 1 — В соответствии с IEC 61000-4-7 обозначение «*Y*» заменяется на «*I*» применительно к току и заменяется на «*U*» применительно к напряжению. Поэтому наиболее предпочтительными были бы обозначения $I_{sg,h}$. Однако при обращении к IEC 61000-4-7 для информации об этих параметрах следует применять обозначение «*Y*». Используют интервалы объединения, как указано в 4.4 и 4.5.

Результаты измерения гармоник тока на интервалах 10/12 периодов маркируют, если в течение этого интервала времени имеют место провал напряжения, или перенапряжение (см. 5.4), или прерывание напряжения (см. 5.5).

Примечание 2 — Результаты измерений данным методом представляют собой большие объемы данных, которые в зависимости от применения могут быть сохранены, переданы по средствам связи, подвергнуты анализу и/или архивированы. В зависимости от применения объем данных может быть уменьшен. Для уменьшения объема данных могут быть применены статистические методы в пункте измерения, или сохранены лишь экстремальные и усредненные значения, или сохранены детализированные сведения только в случае превышения пороговых значений, или использованы другие методы.

Класс S

Изготовитель должен установить методы измерения и объединения.

5.13.5 Интергармонические токи

Класс А

Для целей настоящего стандарта применяют основной метод измерения и требования к точности измерения интергармоник, установленные в IEC 61000-4-7. В соответствии с этим стандартом проводят измерения центрированных интергармонических подгрупп, обозначенных $Y_{isg,n}$, на интервалах времени 10/12 периодов. Пропуски между интервалами не допускаются.

Используют интервалы объединения, как указано в 4.4 и 4.5.

Результаты измерения интергармоник тока на интервалах 10/12 периодов маркируют, если в течение этого интервала времени имеют место провал напряжения, или перенапряжение (см. 5.4), или прерывание напряжения (см. 5.5).

Примечание 1 — Результаты измерений данным методом представляют собой большие объемы данных, которые в зависимости от применения могут быть сохранены, переданы по средствам связи, подвергнуты анализу и/или архивированы. В зависимости от применения объем данных может быть уменьшен. Для уменьшения объема данных могут быть применены статистические методы в пункте измерения, или сохранены лишь экстремальные и усредненные значения, или сохранены детализированные сведения только в случае превышения пороговых значений, или использованы другие методы.

Примечание 2 — В соответствии с IEC 61000-4-7 обозначение «*Y*» заменяется на «*I*» применительно к току и заменяется на «*U*» применительно к напряжению. Поэтому наиболее предпочтительными были бы обозначения $I_{sg,h}$. Однако при обращении к IEC 61000-4-7 для информации об этих параметрах следует применять обозначение «*Y*».

Класс S

Изготовитель должен установить методы измерения и объединения.

5.13.6 Несимметрия тока

Класс А

Основной метод измерения несимметрии тока должен быть идентичным методу измерения несимметрии напряжений, установленному в 5.7.

Используются интервалы объединения, как указано в 4.4 и 4.5. Результаты измерения несимметрии тока маркируют, если в течение этого интервала времени имеют место провал напряжения, или перенапряжение (см. 5.4), или прерывание напряжения (см. 5.5).

Класс S

Изготовитель должен установить методы измерения и объединения.

6 Верификация качества функционирования

Положения, относящиеся к верификации качества функционирования для методов измерения класса A и класса S, изложены в IEC 62586-2, где установлены влияющие величины и испытания с целью верификации.

Таблица 1 содержит справочные обобщенные сведения о требованиях для класса A и класса S. В случае любых противоречий между таблицей 1 и нормативной частью настоящего стандарта преимущество имеет нормативная часть стандарта.

Следует отметить, что соответствие требованиям таблицы 1 не является достаточным для подтверждения соответствия требованиям настоящего стандарта. Должны быть также реализованы методы измерения и объединения, установленные в настоящем стандарте.

Таблица 1 — Краткое изложение требований (см. подразделы в отношении действительных требований)

Подраздел и показатель	Класс	Метод измерения	Неопределенность измерений	Диапазон измерений[a]	Область значений влияющей величины[b]	Метод объединения
5.1 Частота	A	См. 5.1.1	± 10 мГц	42,5—57,5 Гц, 51—69 Гц	IEC 62586-2	N/R
	S	См. 5.1.1	± 50 мГц	42,5—57,5 Гц, 51—69 Гц	IEC 62586-2	N/R
5.2 Значение напряжения	A	См. 5.2.1	± 0,1 % U_{din}	(10—150) % U_{din}	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
	S	См. 5.2.1	± 0,5 % U_{din}	(20—120) % U_{din}	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
5.3 Фликер	A	IEC 61000-4-15	IEC 61000-4-15	0,2—10,0 P_{st}	IEC 62586-2	IEC 61000-4-15
	S	IEC 61000-4-15	См. 5.3.2	0,4—4,0 P_{st}	IEC 62586-2	IEC 61000-4-15
5.4 Провалы напряжения и перенапряжение	A	$U_{r.m.s\,(1/2)}$	Амплитуда ± 0,2 % U_{din} Длительность ± 1 период	N/A	N/A	N/R
	S	См. 5.4.1	Амплитуда ± 1 % U_{din} Длительность ± 1 период или ± 2 периода	N/A	N/A	N/R
5.5 Прерывания напряжения	A	$U_{r.m.s\,(1/2)}$	Длительность ± 1 период	N/A	N/A	N/R
	S	См. 5.5.1	Длительность ± 1 период или ± 2 периода	N/A	N/A	N/R
5.7 Несимметрия напряжений	A	Симметричные составляющие: U_2 и U_0	± 0,15 %	(0,5—5) % U_2 (0,5—5) % U_0	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
	S	Симметричные составляющие: U_2 и дополнительно U_0	± 0,3 %	(1—5) % U_2 (1—5) % U_0, если вводится	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5

Окончание таблицы 1

Подраздел и показатель	Класс	Метод измерения	Неопределенность измерений	Диапазон измерений[a]	Область значений влияющей величины[b]	Метод объединения
5.8 Гармоники напряжения	A	См. 5.8.1	IEC 61000-4-7, класс I	(10—200) % класса 3 по IEC 61000-2-4	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
	S	См. 5.8.1	200 % IEC 61000-4-7, класс II	(10—100) % класса 3 по IEC 61000-2-4	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
5.9 Интергармоники напряжения	A	См. 5.9.1	IEC 61000-4-7, класс I	(10—200) % класса 3 по IEC 61000-2-4	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
	S	SBM	SBM	SBM	IEC 62586-2	См. 4.4 и 4.5
5.10 Напряжение сетевых сигналов	A	См. 5.10.2	См. 5.10.3	(0—15) % U_{din}	IEC 62586-2	N/R
	S	SBM	SBM	SBM	IEC 62586-2	N/R
5.11 Быстрое изменение напряжения	A	См. 5.11.2	См. 5.11.3	См. 5.11.3	N/A	N/R
	S	См. 5.11.2	См. 5.11.3	См. 5.11.3	N/A	N/R
5.13 Ток	A	См. 5.13.2. Коэффициент амплитуды 3, если требуется	± 1 %	10—150 % полной шкалы	N/A	N/R
	S	N/R	N/R	N/R	N/A	N/R
Приложение C (2—150) кГц	A	См. приложение C	± 1 В	± 50 В (пиковое значение)	N/A	См. приложение C
	S	N/R	N/R	N/R	N/A	N/R
Переходные напряжения IEC 61180	A	N/R	N/R	N/R	6 кВ (пиковое значение)[c]	N/A
	S	N/R	N/R	N/R	N/R	N/A
Быстрые переходные процессы IEC 61000-4-4	A	N/R	N/R	N/R	4 кВ (пиковое значение)[c]	N/A
	S	N/R	N/R	N/R	N/R	N/A

SBM — установлено изготовителем;
N/R — требования не установлены;
N/A — неприменимо.

[a] Измерительный прибор должен удовлетворять требованиям к неопределенности измерений сигналов в пределах диапазона измерений.

[b] Измерительный прибор должен допускать воздействие сигналов в пределах области влияющих величин без смещения результатов измерений других показателей в пределах требований к их неопределенности измерений и без повреждения измерительного прибора. На измерительном приборе может быть указано состояние перегрузки, если измеряемые сигналы превышают диапазон измерений, до предельных значений области влияющих величин включительно (кроме переходных напряжений и быстрых переходных процессов).

[c] После окончания переходных напряжений и быстрых переходных процессов не должно быть влияния на результаты любых измерений. Переходные процессы подают на измерительные зажимы измерительного прибора, а не на зажимы электропитания.

Приложение А
(справочное)

Измерения качества электрической энергии — вопросы и рекомендации

А.1 Основные положения

Настоящее приложение представляет собой справочное дополнение к нормативной части стандарта.

Разделы А.2 и А.3 содержат сведения, относящиеся к общим положениям и процедурам для введения измерений качества электрической энергии, безотносительно к целям измерений, включая:

А.2 — меры предосторожности при установке;

А.3 — преобразователи.

Разделы А.4 и А.5 представляют собой предварительные нормативные методы измерения:

А.4 — переходных напряжений и токов;

А.5 — характеристик провала напряжения.

А.2 Меры предосторожности при установке

А.2.1 Общие положения

При установке средств измерения качества электрической энергии должны быть обеспечены безопасность установщика и другого персонала, целостность обследуемой системы и целостность самого средства измерения.

Несмотря на то что подключение средств измерения во многих случаях проводят по временной схеме и, следовательно, без применения способов монтажа, используемых для стационарных установок, действующие требования безопасности и правила технической эксплуатации не должны быть нарушены. Действующие правила технической эксплуатации, регламенты и требования безопасности должны включать в себя большинство вопросов, изложенных ниже, и должны всегда иметь приоритет над мерами предосторожности, приведенными в настоящем разделе. Необходимо выполнять все местные и национальные требования безопасности (например, требования к защитному оборудованию персонала).

А.2.2 Электрические соединители

А.2.2.1 Общие положения

Для обеспечения безопасности применяют IEC 61010, устанавливающий требования к безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения.

Подключение электрических соединителей в распределительных щитах или соединительных коробках выполняют так, чтобы не нарушить установленный порядок их использования. Двери, крышки, панели щитов и шкафов должны быть в рабочем положении (то есть закрытыми, установленными с полным набором винтов и т. д.). Если при проведении измерений панели остаются открытыми, должны быть предусмотрены меры ограничения доступа в зону измерений и меры для информирования других лиц об установке для наблюдения и организации, ответственной за проведение измерений.

При измерении КЭ рекомендуется, чтобы измерительный прибор в большинстве случаев был подключен в точке обследуемой системы, специально предназначенной для измерений.

Электрические соединители и провода должны быть удалены от неизолированных проводников, острых предметов, источников низкочастотных и высокочастотных электромагнитных полей и других неблагоприятных внешних воздействий. По возможности их положение должно быть зафиксировано для исключения случайного разъединения.

А.2.2.2 Провода для подключения измеряемых напряжений

С целью повышения безопасности возможно использование предохранителя на конце пробника, подключаемого к обследуемой системе. Изготовитель средства измерения должен определить параметры предохранителя, которые должны быть достаточными для защиты измерительного провода в условиях перегрузки. Кроме того, возможности предохранителя по разрыву цепи должны быть согласованы с возможными токовыми перегрузками в точке его подключения при неисправностях в системах электроснабжения.

Провода для подключения измеряемых напряжений не должны быть скручены с проводами обследуемой системы. Не допускается присоединение проводов для подключения измеряемых напряжений к разъемам выключателей, рассчитанных на присоединение единственного проводника. Должно быть обеспечено надежное механическое соединение проводов. Если используются зажимы для временного подключения к проводнику, они должны соответствовать требованиям IEC 61010. При этом необходимо обеспечить как применимость зажима при максимальном ожидаемом напряжении, так и его механически надежную и безопасную установку. Во время установки необходимо учитывать возможные последствия неумышленного смещения зажима, например при внезапном натяжении кабеля.

Некоторые испытательные проводники имеют изолированные штекеры, которые могут вставляться один в другой. При их применении должна быть соблюдена осторожность, чтобы при соединении не возникло короткого замыкания. Необходимо всегда проверять соединения, чтобы исключить короткие замыкания, а также подключать электрические соединители к обследуемой цепи только после того, как они подключены к средству измерения КЭ и правильность соединений проверена.

А.2.2.3 Провода для подключения измеряемых токов

Необходимо исключить возможность размыкания вторичных обмоток трансформаторов тока (при их использовании). Во вторичных обмотках таких устройств не должно быть предохранителей, и их соединение с нагрузкой должно быть механически надежным. Токовые клещи и их кабели, подключаемые при временном монтаже, должны быть сконструированы в соответствии с требованиями IEC 61010-2-032.

А.2.3 Защита токоведущих частей

Часто крышки щитов снимают при установке или в течение периода обследования. В этом случае все токоведущие части должны быть надежно защищены и зона измерений должна быть недоступной. При использовании в измерительном приборе винтовых зажимов они должны быть защищены крышками. Все присоединения к зажимам должны быть выполнены в соответствии с техническими условиями и назначением зажимов. Необходимо исключить подключение нескольких проводов к винтовому зажиму, рассчитанному на присоединение единственного провода.

А.2.4 Размещение при обследовании

Необходимо обеспечить безопасное размещение средства измерения качества электрической энергии, чтобы минимизировать риск его перемещения и нарушения электрических соединений. При использовании бумажного принтера для регистрации данных должны быть приняты меры, исключающие возникновение опасности при накоплении бумаги принтера. Не допускается размещение средств измерения в местах, где чрезмерный нагрев, влажность или пыль могут повредить измерительный прибор или нарушить процесс сбора данных.

Измерительный прибор должен быть размещен так, чтобы не стать источником опасности при работе в зоне измерений. Для этого в отдельных случаях целесообразна установка защитных ограждений или барьеров. По возможности следует исключить размещение средств измерения в местах большого скопления людей.

Место размещения средства измерения также не должно вызывать опасность для лиц, производящих установку. В ряде случаев места размещения средства измерения являются слишком тесными для его нормального подключения или создают препятствия для соединения испытательных проводов. В этих случаях может потребоваться альтернативное размещение.

На функционирование средства измерения могут влиять различные внешние факторы окружающей среды. Такими факторами являются температура, влажность, низкочастотные и высокочастотные электромагнитные поля, электростатические разряды, механический удар и вибрация.

А.2.5 Заземление

Во всех измерительных приборах возможно возникновение внутренних повреждений. Части измерительного прибора, которые могут при этом оказаться под напряжением электропитания, должны быть соединены с защитным заземлением, если необходимость этого установлена изготовителем. Многие требования безопасности предусматривают также заземление частей измерительного прибора, которые могут оказаться под напряжением цепей измерений. При использовании средства измерения с заземлением в двух и более точках (например, при заземлении источника питания и измерительной цепи) могут образовываться контуры заземления, если заземляющие соединители подключены к различным физическим точкам вне прибора. Следует обязательно принимать во внимание влияние контуров заземления на измерения и на обследуемую систему.

Необходимо также учитывать опасность для персонала и измерительного прибора высоких потенциалов между различными точками в системе заземления. В большинстве случаев целесообразно применение в системе электропитания средств измерения изолирующего трансформатора.

Во всех случаях соответствие требованиям безопасности имеет наивысший приоритет.

А.2.6 Влияние помех

Если средство измерения качества электрической энергии подключено к мобильному телефону или иному радиопередающему устройству, то необходимо принять меры к тому, чтобы передающая антенна устройства была расположена достаточно далеко от технических средств, восприимчивых к воздействию помех. Такими восприимчивыми устройствами могут быть устройства защиты, медицинские мониторы, научные приборы и т. д.

А.3 Преобразователи

А.3.1 Общие положения

Средства измерения качества электрической энергии, особенно переносные, обычно имеют низковольтные входные цепи. Некоторые стационарно устанавливаемые средства измерения монтируют на удалении от точек цепей, в которых проводят измерения показателей качества. В этих случаях могут потребоваться соответствующие преобразователи для того, чтобы понизить напряжение, изолировать входные электрические цепи от напряжения системы или обеспечить передачу сигналов на расстоянии. Для выполнения любой их этих функций может быть применен преобразователь, характеристики которого должны быть приемлемыми для конкретного показателя.

В низковольтных системах средства измерения качества электрической энергии обычно подключают непосредственно к точке измерения напряжения, но преобразователи часто используют для измерения тока.

В системах среднего и высокого напряжения преобразователи используют как при измерении напряжения, так и при измерении тока.

При использовании преобразователей важны два обстоятельства:

- уровни сигналов. При измерении должна использоваться вся шкала средства измерения без искажения или ограничения измеряемых сигналов;

- частотная и фазовая характеристики. Эти характеристики особенно важны для измерений переходных процессов и гармоник.

Для того чтобы избежать неправильных измерений, необходимо детально учитывать номинальное значение шкалы измерительного прибора, линейность, частотные, фазовые и нагрузочные характеристики преобразователя.

Примечание — Преобразователи тока, предназначенные для защитных цепей, могут иметь пониженную точность в сравнении с измерительными преобразователями.

А.3.2 Уровни сигналов

А.3.2.1 Преобразователи напряжения

В качестве преобразователя напряжения чаще всего используется трансформатор напряжения. Могут быть рассмотрены два вида трансформаторов напряжения: используемые в защитных релейных цепях и используемые в измерительных цепях.

Трансформаторы напряжения первого вида сконструированы так, чтобы обеспечить правильное преобразование даже в случае перенапряжений при коротком замыкании в одной из фаз трехфазной системы. Трансформаторы напряжения второго вида, наоборот, выполнены так, чтобы защитить счетчики от перенапряжений в электрических сетях. В этом случае насыщение сердечника приводит к искажению выходного сигнала.

Если мониторинг проводится с подключением к трансформатору напряжения, который уже используется для выполнения других функций (например, измерений), то следует позаботиться о том, чтобы дополнительная нагрузка не повлияла на калибровку или неопределенность измерений при выполнении этих функций.

Следует быть осторожным при подключении к вторичной обмотке трансформатора, используемого для защиты. Ошибки соединения могут стать причиной непреднамеренного срабатывания защитного реле.

Примечание — Дополнительные сведения о неопределенности измерений при использовании трансформаторов напряжения приведены в IEC 60044-2.

А.3.2.2 Преобразователи тока

Рекомендации о влиянии преобразователей тока приведены в IEC 61869.

При проведении мониторинга электрической сети значение тока может изменяться от нуля до значения тока короткого замыкания. Значение тока короткого замыкания может значительно превышать номинальное значение измеряемого тока. Возможно 20-кратное превышение номинального значения.

Наиболее распространенным видом преобразователя тока является трансформатор тока.

Некоторые трансформаторы тока оборудованы двумя или большим числом сердечников и/или двумя вторичными обмотками: одной — для больших токов (20—30-кратных превышений номинального тока) (как правило, для защитных реле) и второй — для номинального тока. При проведении измерений должна быть правильно выбрана вторичная обмотка. Если вторичная обмотка выбрана неправильно, повреждение измерительного прибора может привести к неумышленному разрыву цепи вторичной обмотки трансформатора тока и к опасному (и разрушительному) повышению напряжения.

Если необходимо, испытатель должен принять меры для того, чтобы проводник был центрирован в окне преобразователя тока и был ортогонален окну преобразователя. Следует также рассмотреть расстояние до соседних проводников. Это расстояние должно быть при возможности максимизировано.

Примечание — Дополнительные сведения о неопределенности измерений при использовании трансформаторов тока приведены в IEC 61869-1 и IEC 61869-2.

Измерение переходных процессов может быть проведено с помощью шунтов или трансформаторов тока, сконструированных для высокочастотных измерений.

Коаксиальные шунты, обычно используемые в лабораторных условиях, имеют недостаток, связанный с необходимостью включения в токоведущие проводники. Кроме того, выходной сигнал шунта не изолирован от силовой цепи. Вместе с тем шунты не восприимчивы к насыщению и остаточному намагничиванию, которые могут повлиять на измерения при использовании трансформаторов тока.

Трансформаторы тока, работающие с подходящей резистивной нагрузкой, создают напряжение, пропорциональное току в первичной обмотке. Обычно первичная обмотка состоит из одного или нескольких витков, проходящих через окно сердечника. Главное преимущество таких преобразователей тока — обеспечение изоляции от силовых цепей и широкий диапазон отношений «измеряемый ток/напряжение».

Другое преимущество состоит в том, что некоторые (но не все) трансформаторы тока не требуют отсоединения силовой цепи от нагрузки во время монтажа.

Допускается применение преобразователей тока других видов, включая оптические датчики поляризации и преобразователи на основе эффекта Холла.

А.3.3 Частотные характеристики преобразователей

А.3.3.1 Частотные и фазовые характеристики преобразователей напряжения

В основном трансформаторные преобразователи напряжения имеют приемлемые частотные и переходные характеристики в полосе частот, как правило, до 1 кГц. В ряде случаев полоса частот может быть ограничена значением значительно ниже 1 кГц, а иногда — достигать нескольких килогерц.

Простые емкостные делители напряжения могут иметь частотные и фазовые характеристики, пригодные для частот до сотен килогерц или выше. Однако к емкостному делителю при его применении во многих случаях преднамеренно добавляют резонансную цепочку, что может привести к непригодности частотной характеристики для измерений на любой частоте, отличной от основной.

Резистивные делители напряжения могут иметь частотные и фазовые характеристики, пригодные для частот до сотен килогерц. Однако их применение может создать другие проблемы, например входная емкость средства измерения может оказывать влияние на частотные и фазовые характеристики резистивных делителей напряжения.

А.3.3.2 Частотные и фазовые характеристики преобразователей тока

Так как преобразователи тока представляют собой электромагнитные устройства с обмотками, то частотная характеристика трансформаторов тока зависит от класса точности, типа (изготовителя), отношения витков, материала и поперечного сечения сердечника и нагрузки вторичной обмотки. Как правило, частота среза преобразователя тока равна от одного до нескольких килогерц. Фазовая характеристика ухудшается с приближением к частоте среза.

В настоящее время разрабатываются преобразователи тока новых видов с более высокой частотой среза и лучшей линейностью (оптические преобразователи и преобразователи с использованием эффекта Холла). При их применении требуется тщательное рассмотрение вопросов изоляции, шума, диапазонов измерения и условий безопасности.

А.3.4 Преобразователи для измерения переходных процессов

При выборе преобразователей для измерения переходных процессов в электрических сетях переменного тока должны быть учтены два важных обстоятельства. Во-первых, уровни сигнала на выходе преобразователя должны обеспечить использование полной шкалы средства измерения без искажения или ограничения полезного сигнала. Во-вторых, частотная характеристика преобразователя (амплитудная и фазовая) должна соответствовать характеристикам измеряемого сигнала.

a) Преобразователи напряжения

1) Преобразователи напряжения должны быть сконструированы так, чтобы исключить искажения, вызванные их насыщением. При низкочастотных переходных процессах для этого необходимо, чтобы точка изгиба кривой насыщения преобразователя была выше по крайней мере 200 % номинального напряжения системы.

2) Частотная характеристика большинства измерительных преобразователей напряжения зависит от их типа и приложенной нагрузки. При нагрузке с большим полным сопротивлением характеристика обычно приемлема по крайней мере до 2 кГц, но может быть и хуже.

3) Емкостные трансформаторы напряжения обычно не обеспечивают точной передачи любых высокочастотных составляющих.

4) Для высокочастотных измерений переходных процессов необходимо применять емкостные или чисто резистивные делители напряжения. Специальные емкостные делители могут обеспечить выполнение измерений, требующих точной идентификации переходных процессов в полосе по крайней мере до 1 МГц.

b) Преобразователи тока

1) Выбор подходящего преобразователя тока представляет собой более трудную задачу, чем выбор преобразователя напряжения. Ток в распределительной электрической сети изменяется чаще и с большей амплитудой, чем напряжение.

2) Стандартные измерительные преобразователи тока в основном подходят для измерений в полосе частот до 2 кГц (фазовые ошибки могут быть существенными и ниже этого предела). Для более высоких частот следует применять преобразователи тока оконного типа с большим отношением витков (тороидальные, с разъемным сердечником, одностержневые трансформаторы и токовые клещи).

3) Дополнительными желательными характеристиками для преобразователей тока являются: большое отношение витков, например 2000:5; менее чем пять витков в первичной обмотке; малый остаточный поток, например 10 % уровня насыщения сердечника; большая площадь сечения сердечника; минимальные значения сопротивления вторичной обмотки и магнитного рассеяния. При использовании преобразователей тока для измерения переходных процессов важны два ключевых параметра, которые следует учитывать: произведение силы тока на время ($I \cdot t_{max}$) и время нарастания/спада импульса. Типичные значения времени нарастания импульса 10—90 % находятся в пределах от 2 до 200 нс. Типичные значения времени спада находятся в пределах от 0,1 %/мкс до 0,5 %/мс.

Измерения высокочастотных напряжений и переходных процессов напряжения в высоковольтных системах могут иногда быть проведены с использованием емкостных выводов, имеющихся в преобразователях тока и изоляторах трансформаторов.

А.4 Переходные напряжение и ток

А.4.1 Общие положения

Данный раздел распространяется прежде всего на переходные процессы в низковольтных системах электроснабжения и не распространяется на переходные процессы в установках с газовой изоляцией или высоковольтных системах. Переходные процессы могут иметь место в любых электрических сетях переменного тока. Традиционно их характеризуют как «переходные напряжения», хотя во многих случаях переходный процесс тока может быть более важным. Важное значение имеют обнаружение, классификация и определение характеристик переходных процессов напряжения.

А.4.2 Термины и определения

А.4.2.1 **переходный процесс** (transient): Явление или величина, изменяющиеся между двумя соседними стационарными состояниями за интервал времени, короткий по сравнению с полной рассматриваемой шкалой времени.

[Источник: IEC 60050-161:1990, 161-02-01]

А.4.2.2 **выброс напряжения, импульсное перенапряжение** (surge): Волна напряжения переходного процесса, распространяющаяся вдоль линии или цепи и характеризующаяся быстрым нарастанием и медленным снижением напряжения.

[Источник: IEC 60050-161:1990, 161-08-11]

А.4.3 Частотные и амплитудные характеристики переходных процессов в электрических сетях переменного тока

Переходные процессы в электрических сетях переменного тока характеризуются широким разнообразием форм сигнала, амплитуд и длительностей. Описать данные процессы простым набором параметров достаточно сложно, но осциллограммы позволяют отнести эти переходные процессы к нескольким типичным формам сигналов, используемых в качестве испытательных сигналов. Спектры нескольких представительных испытательных сигналов приведены на рисунке А.1. Эти сведения полезны при разработке алгоритмов, необходимых для соответствующего преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму, и обработке данных.

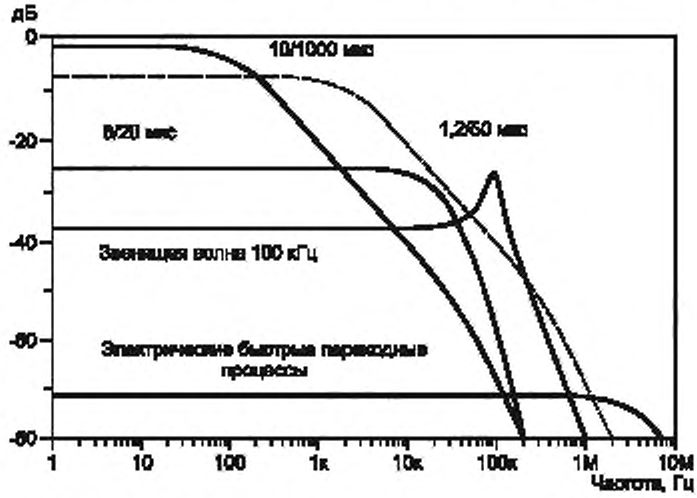

Рисунок А.1 — Спектр типичных испытательных сигналов, представляющих собой переходные процессы

Спектры испытательных сигналов, соответствующих переходным процессам напряжения и тока в электрических сетях переменного тока, содержат частоты в полосе приблизительно до 10 МГц (длительность до 200 мкс). Спектры переходных процессов с большими амплитудами содержат частоты до 1 МГц (длительность до 2 мс). В точке подключения конечного пользователя к электрической сети амплитуды переходных процессов напряжения могут быть до 6 кВ, тока — до 5 кА.

Частота опроса при аналого-цифровом преобразовании должна быть по крайней мере в два раза больше максимальной частоты спектра переходных процессов напряжения и тока. Максимальная частота спектра определяет также характеристики фильтра, исключающего наложение спектров при дискретном преобразовании Фурье. Сведения, относящиеся к измерениям переходных процессов, приведены также в А.2.4.

А.4.4 Обнаружение переходного напряжения

Результаты измерения параметров переходного процесса зависят от природы переходного процесса и установленных характеристик и способов применения средства измерения. Если главным вопросом является обеспечение изоляции, то измерения переходных процессов обычно проводят между фазным проводом и землей. Если главным вопросом является исключение возможного повреждения измерительного прибора, то измерения переходных процессов обычно проводят между фазными проводами или между фазным и нейтральным проводами.

Некоторые из методов обнаружения переходных процессов и примеры применения средств измерения:

- метод сравнения, основанный на превышении фиксированного абсолютного порогового значения, установленного, например, ограничителями импульсных перенапряжений, чувствительными к входному напряжению;
- метод огибающей, подобный методу сравнения, но с исключением основной составляющей перед анализом, применимый, например, для переходных процессов, обусловленных емкостной связью;
- метод скользящего окна, при котором мгновенные значения сравнивают с соответствующими значениями предыдущего периода, применимый, например, для низкочастотных переходных коммутационных процессов, связанных с батареями конденсаторов, применяемыми для коррекции коэффициента мощности;
- метод измерения *dv/dt*, основанный на превышении текущим значением *dv/dt* абсолютного порогового значения, что вызывает, например, ошибочные срабатывания в схемах силовой электроники или нелинейные процессы в обмотках индукторов;

- метод измерения среднеквадратичного значения, основанный на использовании высокой частоты отсчетов, вычислении среднеквадратичного значения для интервалов времени много меньше периода основной частоты и сравнении полученного результата с пороговым значением. Данный метод применим, например, когда дальнейшие вычисления используют для расчета энергии в устройствах защиты от импульсных перенапряжений или накопления зарядов;

- другие методы, основанные на представлении сигнала в частотной области (дискретное или быстрое преобразование Фурье, вейвлет-анализ и т. д.).

А.4.5 Оценка переходного напряжения

Переходный процесс, обнаруженный методами, указанными выше, следует классифицировать. Некоторые методы классификации и параметры включают в себя:

- пиковое значение напряжения и/или тока (следует учитывать, что на пиковое значение влияет также интервал измерения);
- превышение напряжения;
- скорость возрастания напряжения или тока (*dv*/*dt* или *di*/*dt*);
- частотные характеристики;
- длительность процесса (следует учитывать трудность определения длительности из-за демпфирования, неправильности формы сигнала и т. д.);
- коэффициент демпфирования;
- частоту возникновения;
- энергию и мощность (переходного процесса в системе электроснабжения или переданного из системы);
- повторяемость [периодические переходные процессы (в виде импульсов в каждом периоде) или одиночные (непредсказуемые)].

Указанные выше численные параметры целесообразно применять при разработке системы классификации, позволяющей статистически описать переходные процессы. С другой стороны, несколько из этих трудно определяемых параметров могут быть графически представлены на одной осциллограмме, что важно, например, при поиске неисправностей.

А.4.6 Влияние устройств защиты от импульсных перенапряжений на измерение параметров переходных процессов

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (SPD) представляют собой шунтирующие элементы, проводящие ток при превышении порогового напряжения. Данные устройства обычно используют для ограничения импульсных перенапряжений. Они широко применяются в сетевых фильтрах и часто входят в состав таких чувствительных электронных устройств, как персональные компьютеры.

Поскольку все устройства защиты от импульсных перенапряжений в электрической сети фактически соединены параллельно, то устройство защиты с наиболее низким пороговым напряжения будет (в пределах его возможностей) ограничивать все переходные напряжения и шунтировать большую часть токов переходных процессов, воздействующих на оборудование. Следовательно, измерение переходных напряжений на многих объектах (офисные помещения, лаборатории, промышленные предприятия и т. д.) может привести к неточному результату, так как будет просто измерено пороговое напряжение одного из разрядников. По этой причине переходный ток часто является лучшей мерой оценки интенсивности переходных процессов, чем переходное напряжение.

А.5 Характеристики провала напряжения

А.5.1 Общие положения

Провалы напряжения являются распространенными событиями нарушения качества электрической энергии. В нормативной части настоящего стандарта провалы напряжения характеризуются двумя параметрами: глубиной (или остаточным напряжением) и длительностью. Эти параметры получают измерением среднеквадратичного значения напряжения при длительности измерения один период, обновляемого для каждого полупериода.

Однако провалы напряжения редко имеют прямоугольную форму, то есть глубина провала часто меняется в течение его длительности и ограничение параметров только глубиной и длительностью может дать недостаточно объективную информацию. Например, при провале напряжения во время пуска двигателя или включении трансформатора существует плавный переход между провалом напряжения и нормальным состоянием.

В конечном счете наибольшее количество информации содержится в формах сигнала, зарегистрированных во время провала напряжения. Однако набор характеристик провала напряжения является полезным способом сокращения объема данных, интерпретации и классификации события.

Многократные провалы могут произойти, например, при неудавшейся попытке повторного включения секции после короткого замыкания. События, которые происходят приблизительно в одно и то же время, могут быть приняты за единственное событие.

В зависимости от цели измерения в дополнение к глубине и длительности провала напряжения могут быть рассмотрены другие характеристики.

А.5.2 Быстро обновляемые среднеквадратичные значения

Во время провала напряжения может быть полезным вычислять одноперiодные среднеквадратичные значения, обновляемые чаще, чем каждый полупериод (как определено в нормативной части настоящего стандарта). Например, может быть полезным обновлять одноперiодное среднеквадратичное значение 128 раз в течение периода.

Этот подход позволяет более точно идентифицировать начало и конец провала напряжения, используя только пороговые значения. К недостаткам этого подхода относятся увеличение объема данных и обработки, а также использование сглаживающего фильтра, который может исказить результат.

Измерения среднеквадратичных значений напряжения позволяют правильно оценить мощность в резистивной нагрузке. Однако электронные устройства, как правило, восприимчивы не к среднеквадратичному значению напряжения, а к напряжению вблизи пикового значения сигнала и нечувствительны к другим частям формы сигнала. Для оценки влияния провала напряжения на электронные устройства могут быть полезны алгоритмы, не основанные на среднеквадратичном значении напряжения.

А.5.3 Фазовый угол/точка волны

Для некоторых применений, например при анализе напряжений отпадания/возврата контактов электромеханических устройств, важной характеристикой является угол фазового сдвига, при котором начинается провал напряжения, который иногда называют точкой волны.

Данный угол фазового сдвига может быть определен путем записи участка волны до и в течение провала напряжения и поиском на нем точки, в которой форма волны отклоняется от идеальной, например на 10 %. Затем необходимо двигаться в обратном направлении к началу провала в поисках точки с меньшим отклонением, например 5 %. Этот алгоритм очень чувствителен и позволяет точно определить начало провала напряжения без ложных срабатываний при слабых колебаниях, не относящихся к провалу напряжения.

Подобный алгоритм может быть использован и для нахождения конца провала напряжения. Этот подход позволяет рассчитать длительность провала с разрешением намного лучшим, чем один период. Также современные методы обработки сигнала имеют способность точно обнаруживать начало провала напряжения.

А.5.4 Несимметрия при провале напряжения

Даже очень кратковременная несимметрия напряжений может повредить нагрузку трехфазного выпрямителя или вызвать срабатывание токовой защиты. Трехфазные провалы часто бывают несимметричными. Способ быстрого обновления среднеквадратичных значений, описанный в А.5.2, полезен при вычислении трехфазной несимметрии во время провала. Несимметрия часто изменяется во время провала, поэтому она может быть представлена в графической форме или может быть указано максимальное значение несимметрии.

Может быть полезным проанализировать отдельно нулевую последовательность, обратную последовательность и положительную последовательность основной частоты во время несимметричного провала напряжения. Этот подход дает информацию о том, как провал напряжения распространяется в электрической сети, и может быть полезен для понимания одновременных провалов и перенапряжений в различных фазах.

А.5.5 Фазовый сдвиг во время провала напряжения

В некоторых применениях, например в трехфазных выпрямителях, фазовый сдвиг при провале напряжения может иметь важное значение. Такой фазовый сдвиг может быть измерен, например с помощью дискретного преобразования Фурье, примененного к периоду напряжения до начала провала, и к следующему периоду напряжения после начала провала. Если такой подход применить ко всему провалу, может быть рассчитан максимальный угол фазового сдвига во время провала.

Знание фазового сдвига в конце провала напряжения также может быть полезным. В некоторых ситуациях, например при анализе стабильности фазовой автоподстройки частоты, может быть полезным вычислить максимальное значение изменения угла фазового сдвига $d\theta/dt$ во время провала напряжения. Вычисление угла фазового сдвига во время провала напряжения может быть объединено с вычислением несимметрии напряжений при провале напряжения путем вычисления амплитуды и угла фазового сдвига составляющих нулевой последовательности, обратной последовательности и прямой последовательности напряжений во время несимметричного провала.

А.5.6 Недостающее напряжение

Данная характеристика провала напряжения может быть рассчитана путем вычитания формы волны провала напряжения из идеальной формы волны с амплитудой, фазой и частотой, основанных на данных перед провалом. Эта характеристика может быть полезна, чтобы проанализировать влияние провала, например, на динамические стабилизаторы напряжения.

А.5.7 Искажение во время провала напряжения

Напряжение во время провала часто искажено, и искажения могут быть важны для понимания воздействия провала напряжения на электронные устройства. Для описания искажения во время провала может быть применен традиционный метод расчета коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, но при этом искаженное напряжение сравнивают с напряжением основной частоты, которое, по определению, быстро изменяется во время провала. По этой причине может быть более полезным оценивать искажение во время провала просто среднеквадратичными значениями неосновных составляющих. Присутствие четных гармоник во время и после провала может указывать на насыщение трансформатора.

А.5.8 Другие характеристики и ссылки

Приведенный перечень характеристик провалов напряжения не является исчерпывающим. Другие характеристики, не указанные здесь, могут быть также полезными для анализа влияния провалов напряжения на различные типы нагрузок, управляющих и корректирующих устройств. Дополнительные сведения приведены в IEC TR 61000-2-8 и IEEE 1159.

Приложение В
(справочное)

Измерения показателей качества электрической энергии — руководство по проведению

В.1 Измерения показателей качества электрической энергии при выполнении условий договоров

В.1.1 Общие положения

Приведенные в настоящем подразделе материалы представляют собой рекомендации по измерениям показателей качества электрической энергии при выполнении условий договоров. В них изложены факторы, которые следует учитывать заинтересованным сторонам.

Примечание — В настоящем разделе обсуждается описание показателей качества напряжения.

При включения вопросов обеспечения качества электрической энергии в текст договора следует учитывать рекомендации, приведенные в В.1.2. При проведении измерений показателей КЭ в целях проверки соответствия условиям договора следует учитывать рекомендации, приведенные в В.1.3.

В.1.2 Общие рассмотрения

Условия договора, относящиеся к качеству электрической энергии, должны быть выполнимы одной стороной и приемлемы для другой. В качестве отправной точки при установлении вопросов качества электрической энергии в договоре должны быть указаны стандарт или спецификация, устанавливающие нормы КЭ. Следует учитывать сведения об ожидаемых и фактических значениях, приведенные в соответствующих стандартах IEC, например IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-4, IEC 61000-2-12 и части IEC TR 61000-3-6, IEC TR 61000-3-7 и IEC TR 61000-3-13.

Для того чтобы результаты измерений показателей качества электрической энергии были представительными при нормальных условиях работы системы электроснабжения, следует при анализе результатов измерений не принимать во внимание (но не исключать полностью) данные, полученные в интервалы времени, когда питающая сеть являлась объектом воздействий, вызванных:

- исключительными погодными условиями;
- влиянием третьей стороны;
- действиями органов власти;
- промышленными нагрузками;
- обстоятельствами непреодолимой силы;
- нехваткой мощности в связи с внешними событиями.

Договор должен устанавливать, следует ли при оценке соответствия результатов измерений требованиям договора исключать результаты измерений, маркированные, как указано в нормативной части стандарта (см. 4.7). Если маркированные данные исключают, то результаты измерений каждого показателя будут, как правило, взаимно независимыми и значение каждого показателя можно будет непосредственно сравнить со значением, установленным в договоре. Если маркированные данные не исключают, то результаты измерений будут, как правило, в большей степени характеризовать непосредственное влияние качества электрической энергии на функционирование восприимчивых нагрузок, но при этом будет более сложно или даже невозможно сравнить результаты измерений с любым договорным значением.

Примечание — Маркирование результатов измерений указывает на то, что измерения могли быть подвержены влиянию помех и что одна помеха могла стать причиной изменения нескольких показателей качества электрической энергии.

Если проведение измерений показателей считается необходимым для оценки соответствия электроснабжения условиям договора, то на сторону договора, которая считает измерения необходимыми, должна быть возложена ответственность за их организацию (если уже не проводится непрерывный мониторинг качества электрической энергии). Однако это не должно препятствовать тому, чтобы в договоре была специально определена сторона, проводящая измерения. Могут также потребоваться консультации с третьей стороной.

В договоре следует указать, какие финансовые затраты, связанные с проведением измерений, должны нести стороны договора. Финансовые затраты могут зависеть от результатов измерений.

Условия договора должны устанавливать сроки действия договора, интервал времени измерений, показатели, подлежащие измерениям, и места размещения средств измерения. При выборе интервалов времени измерений и номенклатуры показателей см. в качестве примера В.1.3 настоящего стандарта.

Способ подключения средства измерения (например, «фаза — нейтраль» или «фаза — фаза») должен соответствовать виду электрической сети или быть выбран на основе согласованного решения сторон, что должно быть указано в договоре.

В договоре следует указать применяемые методы измерений и значения неопределенности измерений, как установлено в нормативной части настоящего стандарта.

В договоре следует установить метод определения компенсации при нарушении одной из сторон условий договора.

Договор может содержать положения о порядке разрешения споров, связанных с оценкой результатов измерений.

Договор может содержать информацию о порядке доступа к данным и их конфиденциальности, так как сторона, анализирующая данные и оценивающая соответствие договору, может не быть стороной, проводящей измерения показателей качества электрической энергии.

B.1.3 Специальные рассмотрения

B.1.3.1 Общие положения

Качество электрической энергии оценивают сравнением результатов измерений показателей качества с нормами (договорными значениями), указанными в договоре. Нормы качества электрической энергии в настоящем стандарте не установлены.

В отношении каждого из показателей в договор могут быть включены следующие сведения: договорное значение (значения) показателя, продолжительность времени измерений, длительность временных интервалов при оценке значений показателей, возможные специальные процедуры, относящиеся к применению маркированных результатов измерений.

Значения многих показателей качества электрической энергии (относящихся к напряжению, гармоникам, дозе фликера) могут быть разными в будничные и выходные дни. Продолжительность измерений для оценки этих показателей должна быть минимум одна неделя (или несколько недель).

B.1.3.2 Частота

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя.

Методы оценки основаны на использовании значений частоты на 10-секундных интервалах времени измерения.

Предлагаются следующие методы оценки:

- расчет числа или процентной доли значений частоты в течение времени измерений, которые выходят за верхнее или нижнее предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение значений частоты, в максимальной степени отклоняющихся от номинального значения, с верхним и/или нижним предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения);

- сравнение значений частоты (в герцах), определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, с верхним и/или нижним предельными значениями, установленными в договоре;

- расчет числа последовательных значений частоты, которые выходят за верхний и/или нижний предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение величин, полученных усреднением значений частоты, отклоняющихся от номинального значения, на интервале времени измерений, с предельными значениями, установленными в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

B.1.3.3 Значение напряжения

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя.

Методы оценки основаны на использовании значений напряжения на 10-минутных интервалах времени измерений.

Предлагаются следующие методы оценки:

- расчет числа или процентной доли значений напряжения в течение времени измерений, которые выходят за верхний или нижний предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение значений напряжения, в максимальной степени отклоняющихся от номинального значения, с верхним и/или нижним предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения);

- сравнение значений напряжения (в вольтах), определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, с верхним и/или нижним предельными значениями, установленными в договоре;

- расчет числа последовательных значений напряжения, которые выходят за верхнее и/или нижнее предельные значения, установленные в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

B.1.3.4 Фликер

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя.

Методы оценки основаны на использовании значений кратковременной дозы фликера P_{st} (10-минутный интервал времени измерений) и длительной дозы фликера P_{lt} (интервал времени измерения 2 ч).

Предлагаются следующие методы оценки:

- расчет числа или процентной доли значений дозы фликера в течение времени измерений, которые выходят за предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение значений P_{st}, определенных с вероятностью 99 % (или с иной вероятностью), или значений P_{lt}, определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, с предельными значениями, установленными в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

В.1.3.5 Провалы напряжения/перенапряжения

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — один год.

Методы оценки основаны на установлении сторонами договора заявленного значения входного напряжения U_{din}.

Примечание — Для абонентов низковольтных систем электроснабжения входное напряжение U_{din} обычно равно номинальному напряжению системы. Для абонентов систем электроснабжения среднего и высокого напряжения входное напряжение U_{din} может отличаться от номинального напряжения.

Стороны договора должны согласовать:

- пороговые значения обнаружения провала напряжения и перенапряжения;
- методы объединения результатов измерений по времени;
- методы объединения результатов измерения в различных местах установки средств измерения, если измерения проводят более чем в одном месте;
- содержание протоколов испытаний, например в части таблиц остаточного напряжения и длительности провалов напряжения и перенапряжений;
- другие требования, относящиеся к методам оценки, представляющие интерес.

В.1.3.6 Прерывания напряжения

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — один год.

Методы оценки: стороны договора должны согласовать значение длительности, определяющей границу между «кратковременными» и «длительными» прерываниями напряжения. Предлагается проводить расчет числа «кратковременных» прерываний напряжения и полной продолжительности «длительных» прерываний напряжения в течение интервала времени измерения. Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

Прерывания напряжения, о которых абонента информируют заранее (например, не менее чем за 24 ч), могут рассматриваться как плановые отключения и не приниматься в расчет.

В.1.3.7 Несимметрия напряжений

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя.

Методы оценки основаны на использовании значений несимметрии напряжений на интервалах времени измерения 10 мин и/или 2 ч.

Предлагаются следующие методы оценки для каждого из двух значений:

- расчет числа или процентной доли значений несимметрии в течение времени измерений, которые выходят за предельные значения, установленные в договоре;
- сравнение значений несимметрии, в максимальной степени отклоняющихся от номинального значения, с предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения и быть равной, например, одному году);
- сравнение значений несимметрии (в процентах), определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, с предельными значениями, установленными в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

В.1.3.8 Гармоники напряжения

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя при использовании значений, полученных на 10-минутных интервалах времени. Кроме того, ежедневная оценка по крайней мере в течение одной недели при использовании значений, полученных на интервалах времени 150/180 периодов.

Методы оценки основаны на использовании значений на интервалах времени 150/180 периодов и/или 10 мин.

Договорные значения (нормы качества электрической энергии) могут быть в соответствии с соглашением между сторонами установлены для отдельных гармоник, для групп гармоник в конкретной полосе частот или других групп, например четных и нечетных гармоник.

Предлагаются следующие методы оценки для любых значений:

- расчет числа или процентной доли значений в течение времени измерений, которые выходят за предельные значения, установленные в договоре;
- сравнение максимальных значений с предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения и быть равной, например, одному году);
- сравнение значений (в процентах), измеренных на интервалах времени 10 мин, определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, и/или значений, измеренных на интервалах времени 150/180 периодов, определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за каждые сутки, с предельными значениями, установленными в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

В.1.3.9 Интергармоники напряжения

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одна неделя при использовании значений, измеренных на 10-минутных интервалах времени. Кроме того, ежедневная оцен-

ка по крайней мере в течение одной недели при использовании значений, измеренных на интервалах времени 150/180 периодов.

Методы оценки основаны на использовании значений на интервалах времени 150/180 периодов и/или 10 мин.

Договорные значения (нормы качества электрической энергии) могут быть в соответствии с соглашением между сторонами установлены для групп интергармоник, гармоник в конкретной полосе частот или других групп.

Предлагаются следующие методы оценки для любых значений:

- расчет числа или процентной доли значений в течение времени измерений, которые выходят за предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение максимальных значений с предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения и быть равной, например, одному году);

- сравнение значений (в процентах), измеренных на интервалах времени 10 мин, определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за один или несколько недельных интервалов времени измерений, и/или значений, измеренных на интервалах времени 150/180 периодов, определенных с вероятностью 95 % (или с иной вероятностью) за каждые сутки, с предельными значениями, установленными в договоре.

По соглашению между сторонами могут быть применены другие методы оценки.

B.1.3.10 Напряжения сигналов в электрических сетях

Продолжительность измерений: минимальный интервал времени измерений для оценки — одни сутки.

Предлагаются следующие методы оценки для любых значений:

- расчет числа или процентной доли значений в течение времени измерений, которые выходят за предельные значения, установленные в договоре;

- сравнение максимальных значений с предельными значениями, установленными в договоре (продолжительность измерений в данном случае может отличаться от указанного выше минимального значения и быть равной, например, одной неделе).

B.2 Применения статистических наблюдений

B.2.1 Общие положения

В настоящем подразделе приведены рекомендации по организации и проведению статистических наблюдений (обследований) качества электрической энергии, включая непрерывный мониторинг, для обеспечения:

1) Требований потребителей, в отношении которых задача таких обследований состоит в том, чтобы обеспечить потребителя сведениями о соответствии показателей качества электрической энергии, получаемой потребителем, совокупности статистических индексов качества, признанных сторонами договора. Эти статистические индексы могут основываться на требованиях стандарта или устанавливаться для конкретной электрической установки или образца оборудования (например, в договоре или в спецификации на оборудование).

2) Требований сетевой организации в отношении оценки существующего уровня искажений/помех в сети (например, при оценке, проводимой в связи с подключением новой нагрузки).

В силу исторических причин сети в разных странах были сконструированы и функционируют различным образом. Поэтому любые попытки стандартизовать сведения, получаемые в различных национальных системах обследования качества электрической энергии, будут исключительно сложными и открытыми для ошибочных интерпретаций.

Подраздел B.2 объясняет задачи статистических наблюдений и содержит некоторые рекомендации.

Первая цель предлагаемых методов заключается в сокращении большого объема результатов измерений.

Вторая цель заключается в расчете индексов качества электрической энергии для сравнительного анализа в одной конкретной точке электрической сети или в сети в целом, для того чтобы:

- проверить соответствие договорным соглашениям (см. B.1);

- проводить мониторинг изменения показателей качества электрической энергии сети в течение продолжительного периода времени;

- сравнивать различные электрические сети в один и тот же период времени.

B.2.2 Анализ

Для статистического анализа должны применяться однородные данные, полученные в один и тот же интервал времени измерений в результате одних и тех же измерений в одной и той же электрической сети и т. д.

Статистический анализ основывается на классификации измеренных значений.

Для каждого отдельного показателя необходимо установить «область нормальных изменений» и решить, включать или не включать в эту область маркированные данные (см. 4.7), которые по определению могут быть неуместными.

Область нормальных изменений затем разделяют на несколько классов одинаковой ширины.

Примечание — Число классов зависит от измеряемого показателя, требуемой точности и от обязательств. Для некоторых применений адекватным считают минимальное число классов 40; для других применений более полезным может быть число классов 100.

Выбранное число классов определяет доверительный интервал. Классы должны оставаться постоянными в течение интервала времени измерений (один день, одна неделя, один год и т. д.). В пределах области нормальных

изменений устанавливают последовательность классов от наиболее низкого до самого высокого значения. Рассчитывают число измеренных значений показателя КЭ в пределах каждого класса. Эти расчеты могут быть использованы для определения интегральных кривых, которые в свою очередь могут быть использованы для определения процентных отношений.

Для определения доверительного интервала используют формулы статистики при заданной доверительной вероятности, например 95 %. Если число статистических значений невелико, следует соблюдать осторожность при определении доверительного интервала.

В.2.3 Индексы качества электрической энергии

В.2.3.1 Характеристики отдельной точки электрической сети

Отдельная точка измерения в зависимости от конкретных показателей КЭ может характеризоваться индексами качества электрической энергии двух видов:

- статистическим индексом (например, процентным отношением) для максимальных или средних значений в течение времени измерений (см. IEC TR 61000-3-6 для гармоник или IEC TR 61000-3-7 для фликера);
- подсчетом событий нарушения КЭ в табличной форме.

Примеры индексов для различных показателей приведены в В.1.3.

В.2.3.2 Характеристики сети в целом

Сеть в целом представляет собой совокупность отдельных точек, классифицируемых по типу сети или потребителей. Для получения общих результатов могут быть определены весовые коэффициенты. Весовые коэффициенты могут применяться и к статистическим индексам и событиям нарушения качества электрической энергии.

В.2.4 Цели мониторинга

Мониторинг качества электрической энергии необходим для того, чтобы характеризовать электромагнитные явления в конкретной точке электрической сети. Цель мониторинга может быть простой, например заключаться в проверке состояния непрерывного регулирования напряжения в точке подачи электрической энергии или более сложной, например в анализе гармонических токов, протекающих в распределительной электрической сети.

Для проведения мониторинга в основном могут быть следующие основания:

1) необходимость оценки качества электрической энергии, то есть оценки электрической обстановки в конкретной точке для совершенствования методов формирования обстановки или установления опорных значений КЭ;

2) планирование подключения нового оборудования, то есть прогноз будущего функционирования оборудования или устройств, обеспечивающих повышение качества электрической энергии, планируемых к подключению внутри установки;

3) необходимость устранения повреждений путем выявления несовместимостей между источником электрической энергии и существующим оборудованием, подключенным внутри установки.

При любом событии наиболее важной задачей при организации мониторинга является четкое понимание целей мониторинга. Процедура определения целей мониторинга зависит от оснований для мониторинга. От целей мониторинга зависят номенклатура показателей, подлежащих измерению, продолжительность мониторинга и пороговые значения, с которыми будут сравниваться измеренные значения показателей.

В.2.5 Экономические аспекты обследования качества электрической энергии

На стоимость и общую экономическую эффективность измерительной кампании влияют несколько факторов, в том числе:

- измерительное оборудование;
- измерительные преобразователи;
- монтаж в местах измерения, включая доступ для подключения;
- обслуживание;
- передача данных;
- управление данными (создание баз данных и т. д.);
- обработка и анализ данных;
- продолжительность обследования.

Из этого перечня стоимость применения собственно средств измерения редко является наиболее затратным фактором. На подстанциях и в электрических сетях поставщиков электрической энергии стоимость монтажа и обслуживания средств измерения обычно значительно доминируют над стоимостью их применения. Если рассматривается длительный процесс измерений, то начинают доминировать стоимость передачи и анализа данных. Следовательно, при организации мониторинга качества электрической энергии целесообразно применять средства измерения, которые легко устанавливать, иметь достаточно возможностей для связи и передачи данных и проводить сбор данных в форме, которая упрощает задачи анализа (например, в стандартизованном формате).

При оценке стоимости измерительного процесса длительность обследования обычно можно рассматривать в качестве множителя. Данное положение применимо к измерениям с целью оценки соответствия качества электрической энергии требованиям, установленным в стандарте, устанавливающем нормы качества, например EN 50160. Требования стандартов, касающихся продолжительности обследования, должны быть выполнены. Если длительность измерений в стандарте точно не установлена, продолжительность измерений следует минимизировать с учетом конкретной ситуации, при условии получения достаточной информации для соответствующего проведения оценки. Факторы, которые следует учитывать при выборе продолжительности измерений, включают:

- тип потребителя (отнесение нагрузок к применяемым в жилых, коммерческих и производственных зонах);
- основания для проведения мониторинга качества электрической энергии (см. выше);
- изменчивость нагрузок и временные рамки, в пределах которых эта изменчивость должна быть изучена.

Перед организацией постоянной системы мониторинга часто следует оценить преимущества постоянного наблюдения.

Прямые материальные выгоды при непрерывном мониторинге, в частности, включают в себя:

- возможность идентификации неисправного оборудования до его полного выхода из строя (например, переключателей трансформаторов и батарей конденсаторов);
- уменьшение времени восстановления систем (за счет выявления неисправностей);
- возможность проверки соответствия условиям договоров;
- определение условий подключения нового оборудования.

Непрямые материальные выгоды включают в себя:

- идентификацию проблем линий передачи, что улучшает показатели надежности;
- возможность связи с потребителем для улучшения его отношений с поставщиком.

Экономическая эффективность кампании по измерению показателей может быть улучшена, если в системе применяются сведения, полученные от других устройств, специально не предназначенных для измерения качества электрической энергии. Такое разделение ресурсов позволяет разделить стоимость измерений с первичной стоимостью устройств: автоматов повторного включения, контроллеров управления конденсаторными батареями и т. д.

B.3 Места и виды обследования

B.3.1 Места проведения мониторинга

Выбор мест для установки мониторов качества электрической энергии зависит от цели обследования. Если цель проведения мониторинга заключается в анализе проблем, связанных с качеством функционирования оборудования, подключенного к электрическим сетям, то средства измерения следует монтировать возможно ближе к нагрузкам. Данное положение применимо при анализе проблем, связанных с качеством функционирования восприимчивых электронных нагрузок (компьютеры, электрические приводы с регулируемой скоростью вращения) и для оборудования электрических распределительных сетей (устройства защитного отключения, конденсаторы). После того как выявлены колебания напряжения, возможно перемещение средства измерения в пределах электрической системы для обнаружения источника помех.

Места проведения мониторинга следует также выбирать с учетом затрат и удобств применения при выполнении технических, методических требований и правовых положений. Например, измерения при низком напряжении являются менее затратными, чем при высоком. Измерения на электрической подстанции в основном являются менее затратными, чем аналогичные измерения на опорах электрической линии вдалеке от подстанции. При проведении мониторинга с целью проверки соответствия условиям договора место размещения средства измерения должно быть согласовано сторонами договора. Как правило, в качестве места размещения средства измерения выбирают точку общего присоединения к электрической сети, определяемую как точка общественной электрической сети, электрически ближайшая к входным устройствам рассматриваемого приемника электрической энергии, к которой присоединены или могут быть присоединены входные устройства других приемников.

B.3.2 Обследование объекта перед проведением мониторинга качества электрической энергии

Перед проведением измерительной кампании следует собрать сведения об обстановке в системе электроснабжения. Это облегчит целесообразный выбор мест размещения средств измерения, проведение измерений и анализ их результатов. При обследовании объектов следует учитывать:

- сведения о системе электроснабжения (однолинейные схемы сетей, характеристики трансформаторов, схемы подключения трансформаторов, характеристики сети при коротком замыкании, характеристики и размещение батарей конденсаторов, сведения об ответвлениях сети, данные о нагрузках, заземлении и т. д.);
- изменения, имевшие место в топологии электроустановок (например, в связи с изменениями конденсаторов для улучшения коэффициента мощности, изменениями нагрузок, вводом в эксплуатацию и выводом из эксплуатации трансформаторов и т. д.);
- сведения об известных возмущающих нагрузках, их параметрах и рабочих режимах.

B.3.3 Обследование электроустановки потребителя

При обследовании электроустановки потребителя целесообразно в дополнение к сведениям, указанным выше, собрать информацию о видах и характеристиках применяемого восприимчивого оборудования, а также о времени любых событий, совпадающих с ухудшением качества функционирования оборудования. Эти события должны быть проверены для выявления их совпадений с процессами, имевшими место в электрических установках и в электрических сетях.

B.3.4 Обследование электрической сети

Обследование электрической сети требует, чтобы была собрана специфическая информация о сети, включая:

- сведения о защитных устройствах электрической сети и их уставках. Следует учитывать, что если уставки изменяются по какой-либо причине в течение периода обследования, это может оказать воздействие, например, на статистику провалов напряжения. Целесообразно, основываясь на результатах обследования, провести оценку различных сценариев работы устройств защиты;

- сведения о наличии и характеристиках устройств телеуправления, осуществляемого по силовым линиям, которые могут влиять на результаты измерений;
- характеристики нагрузок (например, промышленные нагрузки, в коммерческих зонах, в жилых зонах или смешанные);
- порядок контроля реактивной мощности в электрической сети.

В.4 Соединения и измеряемые величины

В.4.1 Возможности подключения средств измерения

При подключении средств измерения необходимо принять решения относительно нескольких вариантов подключения, в том числе:

- для однофазных и трехфазных измерений;
- по схемам «фаза — фаза», «фаза — нейтраль» и «фаза — земля»;
- на стороне низкого и высокого напряжения вблизи трансформатора.

Вариант подключения средства измерения во многом зависит от целей проведения обследования. Иногда требования к подключению средства измерения могут быть регламентированы в стандарте, устанавливающем нормы качества электрической энергии, соответствие требованиям которого проверяется при обследовании. В любом случае при подключении должны учитываться требования безопасности, правила подключения оборудования, подвергающегося воздействию помех, а также особенности подключения трансформаторов.

Как правило, при измерениях показателей качества электрической энергии, относящихся к длительным, установившимся явлениям, таким как гармоники и фликер, могут быть проведены однофазные измерения вместо трехфазных. Это возможно потому, что данные явления часто проявляются симметрично в трех фазах. Однако такое предположение следует подтвердить временным проведением трехфазных измерений. Если основной причиной проведения мониторинга является обнаружение провалов и выбросов напряжения, измерения следует проводить во всех фазах электрической сети, к которой подключено техническое средство, подвергаемое воздействию искажений.

Если общее обследование проводится с трехфазным подключением и/или имеется несколько трансформаторов напряжения по направлению тока от места обследования, то рекомендуется переключить измерительный прибор из схемы «линия — нейтраль» в заземленную схему, так как напряжения «линия — линия» часто могут быть созданы либо в приборе, либо вне линии.

Если это не имеет места, то способ подключения измерительного прибора следует выбирать с учетом способа подключения оборудования, потенциально подвергаемого воздействию искажений, и имеющихся трансформаторов напряжения по направлению тока от места обследования.

В.4.2 Измеряемые величины: порядок очередности

Измеряемые величины зависят в основном от целей проведения мониторинга, стандартов, применяемых при оценке соответствия, и других факторов. При организации мониторинга необходимо для упорядочения базы данных и экономии пространства данных установить порядок очередности величин, подлежащих мониторингу, например в следующем виде:

1) силовые параметры (*V*, *I*, *P*, *Q*, *S*, *DPF*, *TPF* и т. д.), которые в основном не рассматриваются как показатели качества электрической энергии);
2) провалы напряжения и перенапряжения;
3) гармоники напряжения;
4) гармоники тока;
5) несимметрия;
6) низкочастотные переходные процессы (переключение конденсаторов);
7) фликер;
8) интергармоники напряжения и тока;
9) сигналы, передаваемые по электрическим сетям.

Примечание — *DPF* — смещенный коэффициент мощности (косинус угла между основным напряжением и основным током. *TPF* — истинный коэффициент мощности (отношение активной и кажущейся мощности).

Данная очередность приведена в качестве примера, действительная очередность будет определяться целями и задачами конкретной измерительной кампании. Если очередность получения данных установлена и с ее учетом проведен выбор средства измерения, то рекомендуется, чтобы была использована вся информация, получаемая от средства измерения. Проще исключить некоторые сведения после проведенного мониторинга, чем получить необходимые величины позже, если они не были измерены непосредственно. Как правило, единственными вопросами, влияющими на это решение, будут объем памяти средства измерения и влияние стоимости/времени передачи данных.

В.4.3 Мониторинг тока

Как правило, потребитель несет ответственность за ток, который принадлежащее ему оборудование получает из системы электроснабжения или инжектирует в систему, а поставщик электрической энергии — за напряжение электропитания. Данное положение следует использовать в качестве основы при решении вопросов, относящихся к измерениям тока.

Измерения тока имеют важную роль для оценки эмиссии помех в электрические сети, однако при измерениях гармонических токов достаточно сложным является точное определении углов фазового сдвига.

Измерения токов могут быть неоценимы при определении источников/причин ухудшения КЭ, так как результаты этих измерений могут помочь определить, находится ли средство измерения в положении «вверх по течению» или «вниз по течению». Это особенно справедливо в отношении провалов напряжения.

B.5 Выбор пороговых значений и продолжительности мониторинга

B.5.1 Пороговые значения при мониторинге

Пороговые значения при мониторинге могут быть определены, исходя из статистических индексов, с которыми сравнивают результаты измерений, или из требований к нагрузке. В этой связи следует еще раз отметить необходимость обсуждения оснований для проведения мониторинга. Следует учитывать различия между пороговыми значениями при обнаружении помехи, определении характеристик события ухудшения КЭ, проведении расчетов, статистическом анализе.

Рекомендуется, чтобы пороговые значения при измерениях были выбраны настолько жестко, насколько это осуществимо (при исключении ложных срабатываний). Более широкие пороговые значения могут быть эффективно введены при обработке полученных результатов измерений. Однако потерянные из-за неправильно выбранных пороговых значений данные не могут быть восстановлены.

При измерениях в нерегулярной части электрической сети следует использовать пороговые значения на скользящей основе. Например, средства измерения, развернутые на распределительных электрических линиях, с регулированием напряжения трансформаторами с ответвлениями и батареями конденсаторов, могут использовать фиксированные пороговые значения. Однако при установке средств измерения в передающих системах или других частях электрических сетей, не имеющих прямого регулирования напряжения, следует использовать скользящие опорные значения.

Примечание — Пороговые значения используются при обнаружении случайных событий, например провалов напряжения, перенапряжений и быстрых изменений напряжения. Однако для статистического анализа квазистационарных параметров, таких как гармоники, несимметрия и фликер, необходима непрерывная регистрация без пороговых значений.

B.5.2 Период мониторинга

Продолжительность мониторинга должна быть определена с учетом оснований для проведения обследования качества электрической энергии. Например, если результаты измерений сравнивают с индексами качества электрической энергии, продолжительность мониторинга определяется требованиями к расчетам этих индексов.

Часто полезно сравнить результаты измерений качества электрической энергии, полученные в различные моменты времени, например результаты текущего и прошлого года. Если сравнения такого вида целесообразны, мониторинг может быть непрерывным. Минимальная продолжительность мониторинга может быть установлена в стандартах, устанавливающих нормы качества электрической энергии. В любом случае измерения таких событий ухудшения качества электрической энергии, как провалы и выбросы напряжения, требуют длительного периода измерений (месяцы) для получения данных, необходимых для значимой оценки. Более редкие события ухудшения качества, такие как прерывания напряжения, могут требовать еще более длительных периодов наблюдения. В противоположность этому измерения гармоник и других установившихся процессов позволяют получить значимую информацию за сравнительно короткий период времени (минимум одна неделя).

Для измерений на соответствие стандарту, устанавливающему нормы качества электрической энергии, продолжительность наблюдения должна быть установлена в стандарте. Вопрос о том, необходим ли непрерывный мониторинг для проверки соответствия стандарту, должен быть решен в каждом конкретном случае.

B.6 Статистический анализ результатов измерений

B.6.1 Общие положения

Для обработки результатов измерений должен быть применен подходящий метод статистического анализа. В зависимости от целей измерений и номенклатуры измеряемых показателей качества электрической энергии могут быть выбраны различные методы анализа, как правило, относящиеся к:

- методам подсчета числа событий, при которых превышается установленное пороговое значение;
- методам группирования большого числа результатов измерений, проведенных в одинаковых условиях, с их приведением к одному или нескольким значениям. В качестве таких значений могут применяться: максимальные, средние и минимальные значения, а также значения, соответствующие вероятности 99 и 95 %. Во многих случаях целесообразно применение значений, соответствующих вероятности 95 %.

Применение статистического анализа к сведениям, полученным в нескольких точках, позволяет оценить функционирование сети.

B.6.2 Индексы

Перед проведением измерительной кампании необходимо выбрать применяемые статистические индексы качества электрической энергии, с которыми будут сравниваться результаты измерений. Эти сведения будут полезны для определения продолжительности измерений, пороговых значений и порядка статистической обработки результатов измерений. При отсутствии стандарта, устанавливающего индексы качества, необходим выбор комплекта индексов для конкретных измерений. В документах, указанных в библиографии, приведены ссылки на ряд работ, проведенных по вопросам вычисления статистических индексов качества электрической энергии.

B.7 Применения для устранения технических проблем

B.7.1 Общие положения

Устранение повреждений, вызывающих ухудшение качества электрической энергии, проводят в основном в связи с эксплуатационными происшествиями или проблемами. Поэтому часто желательно получить результаты как можно быстрее, в отличие от их получения для проверки выполнения условий договоров или архивного применения. Тем не менее необходимость быстрой диагностики не должна приводить к необдуманным или необоснованным выводам.

Обычно первичные (не объединенные) результаты измерений являются наиболее пригодными при отыскании и устранении повреждений, так как позволяют проводить любую последующую обработку данных, например построение графических характеристик (сигнатур) качества электрической энергии. Для того чтобы минимизировать объем сведений, сохраняемых и обрабатываемых при отыскании повреждения, целесообразно фиксировать и выдавать только те данные, которые были получены средствами измерения непосредственно перед событием, во время и после события (например, провала напряжения или переходного процесса).

B.7.2 Графические характеристики качества электрической энергии

Графические характеристики (сигнатуры) представляют собой графические представления событий нарушения качества электрической энергии, часто сопровождаемые краткими таблицами числовых характеристик.

Наиболее общей формой графической характеристики является временная осциллограмма напряжения и тока. Могут быть полезны также другие формы сигнатур, такие как спектрограммы, отражающие гармонический состав, интегральные распределения вероятности и т. д. Шкала времени для представления графических характеристик может меняться от 100 мкс до 30 дней. Шкалу времени для представления события нарушения качества электрической энергии определяют с использованием средства измерения на основе характеристик и длительности события.

В большинстве случаев считают, что графические характеристики должны представлять сигнал перед, во время и после события нарушения качества электрической энергии. Обычно отображение сигнала перед событием должно занимать четвертую часть графика.

Графические характеристики качества электрической энергии являются полезными при отыскании и устранении повреждений во всей электрической сети, включая установки потребителей. Обычно графические характеристики используют, чтобы идентифицировать и определить источник события нарушения качества электрической энергии и принять соответствующее решение.

С использованием графической характеристики провала напряжения эксперт может, например, определить, что причиной ухудшения качества является пуск мощного двигателя в конкретном месте размещения, и принять соответствующее решение. Хотя приведенный пример относится к провалу напряжения, в справочной литературе приведены типовые графические характеристики для сотен различных событий нарушения качества электрической энергии, вызванных: включениями устройств компенсации реактивной мощности, молниевыми разрядами, неисправностями в электрических сетях и установках потребителей, ослаблением контактов, искрением контактов, излучениями радиопередатчиков, одновременным подключением электронных устройств и двигателей к одной сети и т. д.

Хотя идентификация события нарушения качества электрической энергии возможна на основе только графической характеристики напряжения, наличие графических характеристик тока существенно повышает возможности и точность оценки события. Более того, графические характеристики тока помогают определить направление к источнику искажения.

Приложение С
(справочное)

Кондуктивная электромагнитная эмиссия в полосе частот от 2 до 150 кГц

С.1 Общие положения

Целью приложения С является рассмотрение методов измерения, которое в контексте качества электрической энергии представляет собой обзор кондуктивной электромагнитной эмиссии в виде напряжения в полосе частот от 2 до 150 кГц. Предполагается, что эта электромагнитная эмиссия существует в квазиустановившемся состоянии, хотя может включать сигналы, модулированные по амплитуде. Следует подчеркнуть, что целью приложения С является представление обзора методов измерения, которые противопоставляются точным методам измерения.

Дополнительные сведения об электромагнитной эмиссии и восприимчивости в этой полосе частот приведены в IEC 61000-4-19:2014, приложение А. Приложение А представляет собой общие рекомендации, так как понимание методов измерения в этой полосе частот находится еще в развитии.

Для применений, в которых необходимы детализированные измерения, такие как при измерении электромагнитной эмиссии при типовых испытаниях или измерениях с целью оценки соответствия, следует рассматривать методы измерения по IEC 61000-4-7 и/или CISPR 16.

Примечание 1 — Полезная информация об измерениях в полосе частот от 2 до 150 кГц приведена в IEC 61000-4-7:2002, приложение В (от 2 до 9 кГц), и в CISPR 16 (от 9 до 150 кГц).

Примечание 2 — Методы испытаний на помехоустойчивость для электромагнитной эмиссии в полосе от 2 до 150 кГц приведены в IEC 61000-4-19.

Примечание 3 — Методы измерения для полосы частот от 2 до 9 кГц по IEC 61000-4-7 являются информативными, необязательными. Методы измерения для рассматриваемой полосы частот в CISPR 16 фокусированы на электромагнитной эмиссии от испытуемого оборудования (EUT) и не адресованы непосредственно исследованиям и мониторингу качества электрической энергии. В CISPR 16 измерения на месте эксплуатации рассматриваются применительно к испытуемому оборудованию.

Примечание 4 — Данная полоса частот является сравнительно новым рассмотрением в контексте качества электрической энергии, в результате чего возможны расхождения между стандартами. Например, в IEC 61000-4-7 рассматриваются напряжения «фаза — нейтраль», в то время как в CISPR 16 рассматриваются напряжения «фаза — земля» (в приложении С не установлены методы физического подключения для измерительных каналов). Кроме того, методы измерения по CISPR 16 могут не воспроизводить точно характеристики некоторых испытательных сигналов помехоустойчивости по IEC 61000-4-19 из-за быстрой модуляции этих испытательных сигналов. Это лишь примеры; могут быть найдены другие различия между стандартами.

Примечание 5 — Сведения о значениях электромагнитной эмиссии в полосе частот от 2 до 150 кГц приведены в IEC 61000-2-4:2002, раздел С.3, где указано, например, что для систем с U_{din} = 230 В «несколько нарушений были отмечены в сетях» от электромагнитной эмиссии в пределах (0,46—3,45) В. Для той же самой полосы частот от 2 до 9 кГц в IEC 61000-2-2:2002, В.2.3, предлагается опорный уровень для любого участка частот 200 Гц, равный 0,69 В.

Пользователей настоящего стандарта следует информировать о том, что в будущем издании стандарта содержание приложения С может стать обязательным.

На измерения в данной полосе частот могут в значительной степени влиять преобразователи при их применении. Рекомендации в отношении влияния преобразователей приведены в IEC TR 61869-103.

С.2 Метод измерения в полосе частот от 2 до 9 кГц

Метод измерения в полосе частот от 2 до 9 кГц, включая требования для класса А и класса S, на рассмотрении. Может быть рассмотрен метод измерения по IEC 61000-4-7:2002, приложение В.

С.3 Метод измерения в полосе от 9 до 150 кГц

Метод измерения в полосе частот от 9 до 150 кГц, включая требования для класса А и класса S, на рассмотрении.

Первый метод, находящийся на рассмотрении, представляет собой метод по CISPR 16-1-2. CISPR 16-1-2 акцентирует внимание на измерении помехоустойчивости и электромагнитной эмиссии для испытуемого оборудования (EUT) и может не быть оптимизированным для измерений на месте эксплуатации. Для целей исследований и мониторинга качества электрической энергии не месте эксплуатации метод по CISPR 16 может быть сложным и дорогостоящим для применения из-за измерений без временных промежутков и требований к точности. Метод измерения по CISPR 16 в контексте качества электрической энергии на месте эксплуатации может приводить к большим объемам результатов измерения. Однако объем сведений при измерениях на месте эксплуатации по CISPR 16 может быть необходимым для координации с уровнями, установленными в различных стандартах ЭМС.

Второй метод, находящийся на рассмотрении, представляет собой расширение метода по IEC 61000-4-7:2002, приложение В, от существующего предельного значения частоты 9 кГц до предельного значения 150 кГц.

Третий метод, находящийся на рассмотрении, представлен в примечании, приведенном ниже. Этот метод, хотя менее полный и менее точный, чем метод по CISPR 16-1-2, может быть более приемлемым для применений к качеству электрической энергии на месте эксплуатации, менее затратным при использовании, а также может избежать переполнения объема результатами измерения.

Однако этот метод может не обеспечить получение достаточных данных для координации с уровнями, установленными различными стандартами IEC. Также из-за интервалов между измерениями этот метод не является приемлемым для измерения амплитудно-модулированных сигналов, период изменения которых меньше, чем двойной интервал между измерениями. Кроме того, если для этого метода измерения выбраны сегменты частот 2 кГц, то затрудняется разделение электромагнитных явлений в одном и том же частотном сегменте.

При подготовке будущего издания настоящего стандарта могут быть рассмотрены другие методы.

Примечание — Третий метод измерения для полосы частот от 2 до 150 кГц, находящийся на рассмотрении, заключается в следующем.

Полоса частот от 9 до 150 кГц может быть разделена на равные частотные сегменты. Полоса частот сегмента может быть равна целому числу участков по 200 Гц, предпочтительно либо 200 Гц, либо 2 кГц. Для целей данного метода измерения приемлема обработка в полосе частот ниже 9 кГц до 150 кГц. Если ширина частотного сегмента выбрана равной 2 кГц, то обработка может проводиться в полосе от 8 до 150 кГц. В течение каждого интервала 10/12 периодов могут быть определены минимальное, среднее и максимальное среднеквадратичные значения напряжения в каждом частотном сегменте в полосе частот от 9 до 150 кГц. Дополнительно может быть зарегистрировано максимальное значение в любом сегменте любого канала.

Приведенный ниже пример конструкции демонстрирует сущность метода измерения, а также содержит сведения о диапазоне измерений и неопределенности измерений.

a) Измерения в полосе частот от 9 до 150 кГц могут быть проведены в каждом канале с использованием последовательно включенных высокочастотного и низкочастотного фильтров. Высокочастотный фильтр может быть двухполюсным с точкой 3 дБ на частоте 1,5 кГц или выше. Низкочастотный фильтр может быть четырехполюсным с точкой 3 дБ на частоте 200 кГц. Диапазон измерений после фильтров может быть по меньшей мере ± 50 В (мгновенное значение) с разрешением 12 бит или более.

b) Измерения в полосе частот от 9 до 150 кГц могут быть проведены на выходе последовательных фильтров на одинаково разнесенных интервалах времени, так что в течение каждого интервала 10/12 периодов проводятся 32 приблизительно равноотстоящих друг от друга измерения. В кросс-канальной синхронизации нет необходимости. При частоте выборки 1,024 МГц каждое измерение может состоять из 512 отсчетов.

c) Для полосы частот от 9 до 150 кГц 512 отсчетов могут быть подвергнуты дискретному преобразованию Фурье или эквивалентному преобразованию, что дает 256 частотных участков с разнесением 2 кГц. Низшие 4 участка и верхний 181 участок не рассматриваются. Значения оставшегося 71 участка представляют собой значения электромагнитной эмиссии для полосы частот от 8 до 150 кГц. Эти значения могут быть выведены как среднеквадратичные значения.

d) Для полосы частот от 9 до 150 кГц в каждом интервале 10/12 периодов формируются 32 комплекта данных, состоящих из указанного 71 частотного участка. В каждом интервале 10/12 периодов могут быть зарегистрированы минимальное, среднее и максимальное значения для каждого из 32 комплектов среднеквадратичных значений, состоящих из 71 частотного участка. Дополнительно в каждом интервале 10/12 периодов может быть выведено единственное среднеквадратичное максимальное значение для каждого из 71 частотного участка по всем каналам.

C.4 Диапазон измерений и неопределенность измерений

Диапазон измерений и неопределенность измерений для классов A и S находятся на рассмотрении.

Может быть рассмотрен диапазон измерений, равный по меньшей мере 200 % наибольшего применимого уровня помехоустойчивости, установленного в IEC 61000-4-19:2014, таблица 1. Кроме того, может быть рассмотрена неопределенность измерений, равная по меньшей мере 10 % наименьшего применимого уровня помехоустойчивости, установленного в IEC 61000-4-19:2014, таблица 1.

Для кондуктивной электромагнитной эмиссии в полосе частот 2—9 кГц дополнительные сведения приведены в IEC 61000-4-7.

C.5 Объединение

Метод объединения по времени, в том числе для классов A и S, находится на рассмотрении.

Примечание 1 — В течение каждого интервала объединения могут быть рассмотрены минимальное, максимальное и среднее значения. Усредненное среднеквадратичное значение может быть использовано, например, для определения типичного уровня электромагнитной эмиссии. Максимальное среднеквадратичное значение может быть использовано, например, для определения электромагнитной эмиссии наихудшего случая. Разность между минимальным и максимальным значениями может быть использована, например, для обнаружения присутствия амплитудной модуляции. Отдельное максимальное среднеквадратичное значение может быть использовано для установления предельных 95 % значений наихудшего случая.

Примечание 2 — Методы измерения могут формировать большие объемы данных, которые в зависимости от применения могут быть сохранены, переданы по средствам связи, подвергнуты анализу и/или архивированы. В зависимости от применения объем данных может быть уменьшен. Для уменьшения объема данных могут быть применены статистические методы в пункте измерения, или сохранены лишь экстремальные и усредненные значения, или сохранены детализированные сведения только в случае превышения пороговых значений, или использованы другие методы.

Примечание 3 — В основном при объединении результатов измерения в полосе частот от 2 до 150 кГц могут быть использованы интервалы объединения по 4.5.

Приложение D
(справочное)

Отрицательное и положительное отклонения напряжения

D.1 Общие положения

Показатели отрицательного и положительного отклонений напряжения могут быть полезными, если важно избежать, например, потерь данных, вызываемых длительным отрицательным отклонением напряжения, при поддержании длительного положительного отклонения напряжения.

D.2 Метод измерения

Класс A

Для определения показателей отрицательного и положительного отклонений напряжения, % U_{din}, используют значения $U_{r.m.s\ (10/12)}$.

Показатели отрицательного $U_{r.m.s\text{-}under}$ и положительного $U_{r.m.s\text{-}over}$ отклонений напряжения определяют с использованием выражений (D.1), (D.2), (D.3), (D.4), (D.5) и (D.6).

Оценка отрицательного отклонения напряжения

Для расчета $U_{r.m.s\text{-}under,\ i}$ применяют следующее правило:

- если $U_{r.m.s\ (10/12),\ i} > U_{din}$, то $U_{r.m.s\text{-}under,\ i} = U_{r.m.s}$, (D.1)
- если $U_{r.m.s\ (10/12),\ i} \le U_{din}$, то $U_{r.m.s\text{-}under,\ i} = U_{r.m.s\ (10/12),\ i}$. (D.2)

Оценка положительного отклонения напряжения

Для расчета $U_{r.m.s\text{-}over,\ i}$ применяют следующее правило:

- если $U_{r.m.s\ (10/12),\ i} < U_{din}$, то $U_{r.m.s\text{-}over,\ i} = U_{din}$, (D.3)
- если $U_{r.m.s\ (10/12),\ i} \ge U_{din}$, то $U_{r.m.s\text{-}over,\ i} = U_{r.m.s\ (10/12),\ i}$. (D.4)

Примечание — В однофазных системах существует единственная оценка значения отрицательного отклонения напряжения и положительного отклонения напряжения для каждого интервала. В трехфазных трехпроводных системах существуют три значения для каждого интервала. В четырехпроводных системах могут быть измерены шесть значений либо три значения.

Класс S

Требования не установлены.

D.3 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Используемые при расчетах значения $U_{r.m.s\ (10/12)}$ должны соответствовать требованиям 5.2.2.

D.4 Объединение

Класс A

Отрицательное отклонение напряжения, %, вычисляют по формуле

$$U_{under} = \frac{U_{din} \cdot \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} U^2_{r.m.s\text{-}under,\ i}}{n}}}{U_{din}}, \quad (D.5)$$

где n — число среднеквадратичных значений отрицательного и положительного отклонений напряжения на интервалах времени 10/12 периодов, полученных в течение объединенного интервала;

$U_{r.m.s\text{-}under,\ i}$ — среднеквадратичное значение на i-м интервале 10/12 периодов.

Положительное отклонение напряжения, %, вычисляют по формуле

$$U_{over} = \frac{\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n} U^2_{r.m.s\text{-}over,\ i}}{n}}}{U_{din}} - U_{din}, \quad (D.6)$$

где $U_{r.m.s\text{-}over,\ i}$ — среднеквадратичное значение на i-м интервале 10/12 периодов.

Примечание — Показатели отрицательного и положительного отклонений напряжения, определяемые в соответствии с (D.4) и (D.5), являются положительными числами.

Объединение проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

Класс S

Требования не установлены.

Приложение E
(справочное)

Методы измерения класса B

E.1 Объяснение для класса B

Ссылки на класс B в настоящем издании IEC 61000-4-30 приведены лишь для поддержки остающихся приборов, еще находящих применение.

Цель подготовки первого издания IEC 61000-4-30 в конце XX века заключалась в том, чтобы внедрить методы измерения, позволяющие двум приборам, реализующим эти методы, обеспечить идентичные результаты при подключении к одному и тому же сигналу.

При этом было ясно, что при введении такого стандарта в действие пригодные к применению приборы могут оказаться устаревшими, что не является приемлемым результатом применения стандарта. Поэтому были установлены два класса: класс A, который обеспечивал достижение цели, указанной выше, и класс B, который позволял избежать признания существующих приборов устаревшими [класс S (survey) для приборов, применяемых при мониторинге, с помощью которых могут быть получены статистически полезные, но не обязательно являющиеся идентичными результаты, был добавлен позже в IEC 61000-4-30:2008 (издание 2)].

Приборы класса B существовали в 2003 г., когда стандарт впервые был опубликован. В стандарте IEC 61000-4-30:2008 (издание 2) было ясно указано, что методы класса B не рекомендованы для новых конструкций. В настоящем издании положения, относящиеся к классу B, были перемещены из нормативной части стандарта в приложение E (справочное).

Учитывая, что класс B существует только для поддержки остающихся приборов, являющихся устаревшими, но еще находящими применение, ожидается, что в следующем издании настоящего стандарта класс B будет исключен.

E.2 Класс B — Объединение результатов измерения на временных интервалах

Изготовителю следует установить число и продолжительность объединяемых временных интервалов.

E.3 Класс B — Алгоритм объединения результатов измерения

Изготовителю следует установить метод объединения.

E.4 Класс B — Неопределенность измерения действительного времени внутренних часов (RTC uncertainty)

E.4.1 Общие положения

Изготовителю следует установить неопределенность измерения действительного времени внутренних часов и метод определения объединенных интервалов (при наличии).

E.4.2 Класс B. Частота. Метод измерения

Изготовителю следует установить процесс, используемый для измерения частоты.

E.4.3 Класс. Частота. Неопределенность измерений

Изготовителю следует установить неопределенность измерений в диапазоне измерений (42,5—57,5) Гц/(51—69) Гц.

E.4.4 Класс B. Частота. Оценка результатов измерения

Изготовителю следует указать процесс, используемый для оценки результатов измерения частоты.

E.4.5 Класс B. Значение напряжения. Метод измерения

При измерении должно быть определено среднеквадратичное значение напряжения применительно к периоду, установленному изготовителем.

E.4.6 Класс. Значение напряжения. Неопределенность измерений и диапазон измерений

Неопределенность измерений следует установить изготовителю так, чтобы не превышать ±1 % U_{din} в диапазоне измерений, установленном изготовителем.

E.5 Класс B — Фликер

E.5.1 Общие положения

Не применяют.

E.5.2 Класс B. Провалы напряжения и перенапряжения. Метод измерения

E.5.2.1 Общие положения

Изготовителю следует установить метод, используемый для $U_{r.m.s}$.

E.5.2.2 Класс B. Провалы напряжения и перенапряжения. Неопределенность измерения значений

Изготовителю следует установить неопределенность измерений, не превышающую ± 2,0 % U_{din}.

E.5.2.3 Класс B. Провалы напряжения и перенапряжения. Неопределенность измерения длительности

Изготовителю следует установить неопределенность измерений длительности.

E.6 Класс B — Прерывания напряжения

E.6.1 Общие положения

Следует применять все положения 5.5.

E.6.2 Класс B. Несимметрия напряжений. Метод измерения

Изготовителю следует установить алгоритмы и методы, используемые для расчета несимметрии.

E.6.3 Класс B. Несимметрия напряжений. Неопределенность измерений

Следует установить неопределенность измерений, как в 5.7.2, класс A, за исключением значений неопределенности меньших 0,3 % для любых оцениваемых параметров несимметрии.

E.6.4 Класс B. Гармоники напряжения. Метод измерения

Изготовителю следует установить метод измерения.

E.6.5 Класс B. Гармоники напряжения. Неопределенность измерений и диапазон измерений

Изготовителю следует установить неопределенность измерений и диапазон измерений.

E.6.6 Класс B. Интергармоники напряжения. Метод измерения

Изготовителю следует установить метод измерения.

E.6.7 Класс B. Интергармоники измерения. Неопределенность измерений и диапазон измерений

Изготовителю следует установить неопределенность измерений и диапазон измерений.

E.6.8 Класс B. Напряжение сигналов, наложенное на питающее напряжение. Метод измерения

Изготовителю следует установить метод измерения.

E.6.9 Класс B. Напряжение сигналов, наложенное на питающее напряжение. Неопределенность измерений и диапазон измерений

Изготовителю следует установить неопределенность измерений и диапазон измерений.

E.6.10 Класс B. Ток. Метод измерения

Требования не установлены. Если включено, изготовителю следует установить метод измерения.

E.6.11 Класс B. Ток. Неопределенность измерений и диапазон измерений

Требования не установлены. Если включено, изготовителю следует установить неопределенность измерений и диапазон измерений.

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 (all parts)	—	*
IEC 61000-2-4	IDT	ГОСТ IEC 61000-2-4—2014 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-4. Условия окружающей среды. Уровни совместимости в промышленных установках для низкочастотных кондуктивных помех»
IEC 61000-3-8	—	*
IEC 61000-4-7:2002, IEC 61000-4-7:2002/ AMD1:2008	—	*
IEC 61000-4-15:2010	IDT	ГОСТ IEC 61000-4-15—2014 «Электромагнитная совместимость. Часть 4-15. Методы испытаний и измерений. Фликерметр. Технические условия на функциональные характеристики и конструкцию»
IEC 61180 (all parts)	—	*
IEC 62586-1	—	*
IEC 62586-2	—	*

* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

Библиография

IEC 60044-1:1996	Instrument transformers — Part 1: Current transformers (Измерительные трансформаторы. Часть 1. Трансформаторы тока)
IEC 60044-2:1997	Instrument transformers — Part 2: Inductive voltage transformers (Измерительные трансформаторы. Часть 2. Индуктивные трансформаторы напряжения)
IEC 60050-161	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 161: Electromagnetic compatibility (Международный электротехнический словарь. Часть 161. Электромагнитная совместимость)
IEC 60050-300	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 300: Electrical and electronic measurements and measuring instruments (Международный электротехнический словарь. Часть 300. Электрические и электронные измерения и средства измерений)
IEC 60050-311	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 311: General terms relating to measurements (Международный электротехнический словарь. Часть 311. Общие термины, относящиеся к измерениям)
IEC 60050-312	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 312: General terms relating to electrical measurements (Международный электротехнический словарь. Часть 312. Общие термины, относящиеся к измерениям электрических величин)
IEC 60050-313	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 313: Types of electrical measuring instruments (Международный электротехнический словарь. Часть 313. Типы электрических средств измерений)
IEC 60050-314	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Part 314: Specific terms according to the type of instruments (Международный электротехнический словарь. Часть 314. Частные термины в соответствии с типами средств измерений)
IEC 61000-2-2:2002	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-2: Environment — Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-2. Электромагнитная обстановка. Уровни совместимости для низкочастотных кондуктивных помех и сигналов в общественных низковольтных системах электроснабжения]
IEC TR 61000-2-8	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-8: Environment — Voltage dips and short interruptions on public electric power supply systems with statistical measurement results [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-8. Электромагнитная обстановка. Провалы напряжения и кратковременные прерывания в общественных системах электроснабжения со статистическими результатами измерений]
IEC 61000-2-12	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-12: Environment — Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems — Basic EMC publication [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-12. Электромагнитная обстановка. Уровни совместимости для низкочастотных кондуктивных помех и сигналов в общественных низковольтных системах электроснабжения среднего напряжения]
IEC TR 61000-3-6:1996	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits — Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems — Basic EMC publication [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Нормы. Раздел 6. Оценка предельных значений эмиссии для искажающих нагрузок в системах электроснабжения среднего и высокого напряжения]
IEC TR 61000-3-7:1996	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits — Section 7: Assessment of emission limits for fluctuating loads in MV and HV power systems — Basic EMC publication [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Нормы. Раздел 7. Оценка предельных значений эмиссии для флюктуирующих нагрузок в системах электроснабжения среднего и высокого напряжения]
IEC TR 61000-3-13	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-13: Limits — Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-13. Нормы. Оценка предельных значений эмиссии для подключения несимметричных установок к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения]

IEC 61000-4-19	Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-19: Testing and measurement techniques — Tests for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the frequency range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports [Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-19. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к кондуктивным помехам дифференциального режима и сигналам, воздействующим на порты электропитания переменного тока в полосе частот от 2 до 150 кГц]
IEC 61010 (all parts)	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use (Требования безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения)
IEC 61010-2-032	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use — Part 2-032: Particular requirements for hand-held current clamps for electrical measurement and test (Требования безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 2-032. Частные требования для ручных токовых клещей для электрических измерений и испытаний)
IEC 61869-1	Instrument transformers — Part 1: General requirements (Измерительные трансформаторы. Часть 1. Общие требования)
IEC 61869-2	Instrument transformers — Part 2: Additional requirements for current transformers (Измерительные трансформаторы. Часть 2. Дополнительные требования для трансформаторов тока)
CISPR 16-1-1	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Measuring apparatus (Требования к средствам измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-1. Средства измерения радиопомех и помехоустойчивости. Измерительная аппаратура)
CISPR 16-1-2	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus — Ancillary equipment — Conducted disturbances (Требования к средствам измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 1-2. Средства измерения радиопомех и помехоустойчивости. Вспомогательное оборудование. Кондуктивные помехи)
CISPR 16-2-1	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods — Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity — Conducted disturbance measurements (Требования к средствам измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерения. Часть 2-1. Методы измерения радиопомех и помехоустойчивости. Измерения кондуктивных помех)
EN 50160:2000	Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems (Характеристики напряжения электричества, поставляемого общественными электрическими сетями)
IEEE 1159:1995	IEEE Recommended Practice on Monitoring Electrical Power Quality (Практика мониторинга качества электрической энергии)
Recommendation ITU-R TF.686-3	Glossary and definitions of time and frequency terms (Глоссарий и определения терминов, относящихся ко времени и частоте)

УДК 621.396/.397.4:006.354 МКС 33.100.99

Ключевые слова: электромагнитная энергия, электромагнитная совместимость, система электроснабжения, электрическая сеть, качество электрической энергии, показатели качества, методы измерения, средства измерения, неопределенность измерений, мониторинг качества электрической энергии

Редактор переиздания *Н.Е. Рагузина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 04.02.2020. Подписано в печать 05.06.2020 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 6,32.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва. Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru