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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 30804.4.30— 2013 (IEC 61000-4-30:2008)

Электрическая энергия Совместимость технических средств электромагнитная

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

(IEC 61000-4-30:2008, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, 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»

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 марта 2013 г. № 55-П)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страныпо МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национальногооргана по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июля 2013 г. № 418-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 30804.4.30—2013 (IEC 61000-4-30:2008) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г.

5 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту IEC 61000-4-30:2008 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-30: Testing and measurement techniques — Power quality measurement methods (Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-30. Техника испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии).

Международный стандарт IEC 61000-4-30:2008 разработан Подкомитетом 77 А «Низкочастотные электромагнитные явления» Технического комитета МЭК ТК 77 «Электромагнитная совместимость».

IEC 61000-4-30:2008 (второе издание) отменяет и заменяет собой первое издание IEC 61000-4-30:2003.

Перевод с английского языка (en).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6).

Ссылки на международные стандарты, которые приняты в качестве межгосударственных стандартов, заменены в разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылками на соответствующие межгосударственные стандарты.

Дополнительные фразы и слова, внесенные в текст стандарта для уточнения области распространения и объекта стандартизации, выделены полужирным курсивом.

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия — модифицированная (MOD).

Стандарт разработан на основе применения ГОСТ Р 51317.4.30—2008 (МЭК 61000-4-30:2008)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет

© Стандартинформ, 2014

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 2
3 Термины и определения 2
4 Общие положения 6
4.1 Классы характеристик процесса измерений 6
4.2 Организация измерений 6
4.3 Измеряемые электрические величины 6
4.4 Объединение результатов измерений по времени 7
4.5 Алгоритм объединения результатов измерений 8
4.6 Неопределенность измерения текущего времени 10
4.7 Концепция маркирования 12
5 Показатели качества электрической энергии 12
5.1 Частота 12
5.2 Значение напряжения 13
5.3 Фликер 14
5.4 Провалы напряжения и перенапряжения 15
5.5 Прерывания напряжения 17
5.6 Переходные процессы напряжения 18
5.7 Несимметрия напряжений 18
5.8 Гармоники напряжения 19
5.9 Интергармоники напряжения 20
5.10 Напряжения сигналов в электрических сетях 21
5.11 Быстрые изменения напряжения 21
5.12 Измерения отрицательного и положительного отклонений напряжения 22
5.13 Установившееся отклонение напряжения в системах электроснабжения частотой 50 Гц 23
6 Область значений влияющих величин и подтверждение выполнения требований при неизменяющихся сигналах 23
6.1 Область значений влияющих величин 23
6.2 Подтверждение выполнения требований при неизменяющихся сигналах 25
Приложение А (справочное) Измерение показателей качества электрической энергии — вопросы и рекомендации 27
Приложение В (справочное) Измерения показателей качества электрической энергии — руководство по проведению 36
Приложение С (справочное) Рекомендации по характеристикам средств измерений 44
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам 48
Библиография 49

Введение к IEC 61000-4-30:2008

Настоящий стандарт IEC входит в состав стандартов серии IEC 61000, публикуемых по вопросам электромагнитной совместимости в соответствии со следующей структурой:

- часть 1. Основы:

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

- часть 2. Электромагнитная обстановка:

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

- часть 3. Нормы:

нормы помехоэмиссии, нормы помехоустойчивости (в случаях, если они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами (ТК), разрабатывающими стандарты на продукцию);

- часть 4. Методы испытаний и измерений:

методы испытаний, методы измерений;

- часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению:

руководства по установке, методы и устройства помехоподавления;

- часть 9. Разное.

Каждая часть подразделяется на разделы, которые могут быть опубликованы как международные стандарты, либо как технические условия или технические отчеты.

Данные стандарты, технические условия и технические отчеты будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем номер раздела (например, 61000-6-1).

Основными изменениями IEC 61000-4-30:2008 по отношению к IEC 61000-4-30:2003 являются:

- введение в текст уточнений и корректировок, касающихся классов A и B характеристик процесса измерений;
- введение нового класса S характеристик процесса измерений, предназначенного для применения в приборах наблюдения за качеством электрической энергии;
- введение нового приложения, содержащего рекомендации по измерительным приборам.

Настоящий стандарт является частью 4-30 стандартов серии IEC 61000.

МКС 33.100.99

Поправка к ГОСТ 30804.4.30—2013 (IEC 61000-4-30:2008) Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии

В каком месте	Напечатано	Должно быть		
Предисловие. Таблица согласования	—	Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан

(ИУС № 7 2019 г.)

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

Электрическая энергия
Совместимость технических средств электромагнитная

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Electric energy.
Electromagnetic compatibility of technical equipment.
Power quality measurement methods

Дата введения — 2014—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений показателей качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения переменного тока частотой 50/60 Гц и порядок оценки результатов измерений.

Настоящий стандарт применяют при измерениях показателей КЭ в электрических сетях:

- систем электроснабжения общего назначения, присоединенных к Единой энергетической системе;

- изолированных систем электроснабжения общего назначения;

- систем электроснабжения промышленных предприятий и других объектов народного хозяйства, не относящихся к системам общего назначения, а также в электрических сетях, находящихся в собственности потребителей электрической энергии, подключенных к указанным системам электроснабжения.

Методы измерений изложены применительно к отдельным показателям КЭ для получения достоверных и повторяемых результатов независимо от средств измерений, используемых в соответствии с этими методами.

Методы измерений установлены для проведения измерений на местах эксплуатации электрооборудования.

Состав измеряемых показателей КЭ ограничен явлениями, относящимися к напряжению, представляющими собой кондуктивные электромагнитные помехи в системах электроснабжения.

В настоящем стандарте рассмотрены показатели КЭ, относящиеся к: частоте в системе электроснабжения (далее — частота); значению напряжения системы электроснабжения (далее — напряжение); фликеру; провалам напряжения и перенапряжениям; прерываниям напряжения; переходным процессам напряжения; несимметрии напряжений; гармоникам и интергармоникам напряжения; сигналам, передаваемым по электрическим сетям; быстрым изменениям напряжения; ***установившемуся отклонению напряжения в системах электроснабжения 50 Гц.***

В зависимости от целей измерений могут быть проведены измерения всех показателей из указанного выше перечня либо их части.

Примечание — Сведения о показателях КЭ, относящихся к току, приведены в приложении А, подразделы А.3, А.5.

В межгосударственных стандартах, устанавливающих нормы КЭ в системах электроснабжения различного назначения, может быть установлен иной состав показателей КЭ.

Настоящий стандарт устанавливает методы измерений и требования к характеристикам средств измерений показателей КЭ (далее СИ), но не устанавливает пороговые значения показателей КЭ (нормы КЭ). Влияние преобразователей, включаемых между электрической сетью и СИ, детально не рассматривается.

Издание официальное

Требования к точности измерений показателей КЭ в настоящем стандарте основаны на оценивании неопределенности измерений. Допускается при разработке нормативных документов, определяющих в соответствии с настоящим стандартом требования к СИ, методы их испытаний и поверки, устанавливать границы допустимой погрешности СИ.

В настоящем стандарте указываются меры предосторожности при подключении СИ к линиям под напряжением.

Примечание — Рекомендации по учету влияния преобразователей приведены в [1].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.567—99 Государственная система измерений. Измерение времени и частоты. Термины и определения

ГОСТ 13109—97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 23875—88 Качество электрической энергии. Термины и определения

ГОСТ 30372—95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ 30804.4.7—2013 (IEC 61000-4-7:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств

ГОСТ 30804.3.3—2013 (IEC 61000-3-3:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничения изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний

ГОСТ 30804.3.11—2013 (IEC 61000-3-11:2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническим средствами с потребляемым током не более 75 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения при определенных условиях. Нормы и методы испытаний

ГОСТ 30805.16.4.2—2013 (CISPR 16-4-2:2003) Совместимость технических средств электромагнитная. Неопределенность измерений в области электромагнитной совместимости

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ***ГОСТ 30372***, ***ГОСТ 13109***, ***ГОСТ 23875***, [2], [3], а также следующие термины с соответствующими определениями:

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

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 **международная шкала координированного времени** (coordinated universal time) ***UTC***: 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.

Примечания

1 Применительно к требованиям настоящего стандарта применяется «Национальная шкала координированного времени Российской Федерации *UTC* (*SU*)».

2 Международная шкала координированного времени устанавливается Международным комитетом мер и весов и Международной службой вращения Земли.

3.3 **входное напряжение** (declared input voltage) U_{din}: Напряжение, определяемое напряжением в системе электроснабжения и коэффициентом преобразования измерительного преобразователя.

3.4 **напряжение в системе электроснабжения** (declared supply voltage) U_c: Напряжение U_c, в качестве которого обычно принимают номинальное напряжение U_{nom} в системе электроснабжения. Если по согласованию между поставщиком и потребителем электрической энергии напряжение электрической сети отличается от номинального напряжения, то данное напряжение принимают в качестве напряжения в системе электроснабжения U_c.

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

3.6 **маркированные данные** (flagged data): Термин, применяемый для обозначения результатов измерений показателей КЭ и результатов объединения измеренных значений показателей на временных интервалах, в пределах которых имели место прерывания, провалы напряжения или перенапряжения.

В настоящем стандарте для обозначения результатов измерений показателей КЭ и результатов объединения измеренных значений в условиях воздействия прерываний, провалов напряжения и перенапряжения вместо термина «сигнализация флагами» («flagging») в соответствии с [4] применен термин «маркирование».

Примечание — Маркирование данных позволяет принять меры, исключающие учет единственного события более чем один раз для различных показателей КЭ. Маркирование предоставляет дополнительную информацию об измерении или объединении измеренных значений показателей КЭ. Маркированные данные не подлежат удалению из состава хранимых данных. В ряде случаев маркированные данные могут не учитываться при дальнейшем анализе, в других случаях сведения о том, что данные маркированы, могут иметь большое значение. Если в стандартах, устанавливающих нормы КЭ, не изложены правила оценки маркированных данных, порядок их применения устанавливает пользователь СИ, заявитель испытаний или испытательная лаборатория.

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

3.8 **основная составляющая** (fundamental component): составляющая напряжения, частота которой равна основной частоте.

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

В случае возможного риска неопределенности при определении основной частоты данная частота должна быть определена с учетом числа полюсов и скорости вращения синхронного генератора (генераторов), питающего систему электроснабжения.

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

Значение гармонической составляющей обычно выражается среднеквадратичным значением. Для краткости вместо термина «гармоническая составляющая» допускается применение термина «гармоника».

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

Примечание — Отношение частоты гармоники к основной частоте называют «порядком гармоники».

3.12 **влияющая величина** (influence quantity): Любая величина, которая может оказать влияние на рабочие характеристики СИ.

Примечание — Влияющая величина обычно является внешним фактором, воздействующим на СИ.

3.13 **интергармоническая составляющая** (interharmonic component): Составляющая на частоте интергармоники.

Значение интергармонической составляющей обычно выражается среднеквадратичным значением. Для краткости вместо термина «интергармоническая составляющая» допускается применение термина «интергармоника».

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

Примечания

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).

2 Если $m < 1$, допускается применение термина «субгармоническая частота».

3.15 **прерывание напряжения** (interruption): Уменьшение напряжения в конкретной 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 измерений и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине

Примечание — В качестве примера вычисления неопределенности измерений см. ГОСТ 30805.16.4.2.

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

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

3.20 **качество электрической энергии** (power quality) **КЭ**: Степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей КЭ.

Примечание — Показатели КЭ в некоторых случаях определяют электромагнитную совместимость электрической сети при передаче электрической энергии и приемников электрической энергии, подключенных к данной сети.

3.21 **устройство для отсчета текущего времени, внутренние часы** (real-time clock, RTC): Прибор для отсчета текущего времени, являющийся частью конструкции СИ, используемый при применении методов измерений показателей КЭ, установленных в настоящем стандарте.

Примечание — Взаимосвязь между текущим временем СИ и временем «Национальной шкалы координированного времени Российской Федерации *UTC (SU)*» (см 3.2) установлена в 4.6.

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

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

Примечания

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

2 Среднеквадратическое значение напряжения, обновляемое для каждого полупериода, используют только при обнаружении и оценке провала напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения для класса А характеристик процесса измерения.

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

3.24 **среднеквадратическое значение напряжения, обновляемое для каждого периода** (r.m.s. voltage refreshed each cycle) $U_{rms(1)}$: Среднеквадратическое значение напряжения, измеренное на интервале времени, равном одному периоду основной частоты, обновляемое для каждого периода.

Примечания

1 В противоположность методу определения $U_{rms(1/2)}$, метод определения $U_{rms(1)}$ не предусматривает определения начала периода.

2 Среднеквадратическое значение напряжения, обновляемое для каждого периода, используют только при обнаружении и оценке провала напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения для класса S характеристик процесса измерения.

3 Среднеквадратическое 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 влияющих величин при изменении отдельной влияющей величины в установленных пределах.

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

3.27 **остаточное напряжение** (residual voltage) U_{res}: Минимальное значение напряжения $U_{rms(1/2)}$ или $U_{rms(1)}$, зарегистрированное во время провала или прерывания напряжения.

Примечание — Значение остаточного напряжения выражают в вольтах, процентах или долях входного напряжения U_{din}. Для класса А характеристик процесса измерения применяют $U_{rms(1/2)}$, для класса S допускается применять $U_{rms(1/2)}$ или $U_{rms(1)}$ (см. 5.4.1).

3.28 **скользящее опорное напряжение сравнения** (sliding reference voltage) U_{sr}: Значение напряжения, усредненное за определенный интервал времени, предшествующий появлению провала напряжения, перенапряжения или быстрого изменения напряжения.

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

3.30 **объединение по времени** (time aggregation): Объединение нескольких последовательных значений конкретного показателя КЭ, измеренных на одинаковых интервалах времени, для получения значения показателя при большем интервале времени.

В настоящем стандарте для обозначения результатов объединения нескольких последовательных значений показателя КЭ, измеренных на одинаковых интервалах времени, вместо термина «собирание» («aggregation») в соответствии с [4] применен термин «объединение».

Примечание — В настоящем стандарте объединение значений показателей КЭ представляет собой их объединение только по времени.

3.31 **отрицательное отклонение напряжения** (underdeviation): Абсолютное значение разности между измеренным и номинальным значением напряжения в случае, когда измеренное значение меньше номинального значения.

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

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

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

3.34 **несимметрия напряжений** (voltage unbalance): Состояние системы энергоснабжения трехфазного переменного тока, в которой среднеквадратические значения основных составляющих междуфазных напряжений или углы сдвига фаз между основными составляющими междуфазных напряжений не равны между собой.

Примечания

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

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

3.35 установившееся отклонение напряжения: Разность между среднеквадратическим значением напряжения основной частоты в системе электроснабжения, определенным на установленном интервале времени, и номинальным значением напряжения.

3.36 верификация (verification): Подтверждение посредством представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены.

Примечание — В настоящем стандарте вместо термина «верификация» в соответствии с [4] применен термин «подтверждение выполнения требований».

3.37 информационные сигналы в электрической сети: Сигналы, создаваемые в электрической сети поставщиком или потребителем электрической энергии, а также другими субъектами хозяйственной деятельности, как правило, на негармонических частотах, для передачи данных, команд управления, оповещения и т. д.

4 Общие положения

4.1 Классы характеристик процесса измерений

Настоящий стандарт устанавливает для каждого измеряемого показателя КЭ три класса характеристик процесса измерения — A, S и B (далее — классы A, S, B). Для каждого класса определены методы измерений и соответствующие требования к характеристикам СИ.

Класс A

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

Класс S

Данный класс применяют при проведении обследований и оценке КЭ с использованием статистических методов, в том числе при ограниченной номенклатуре показателей. Хотя интервалы времени измерений показателей КЭ для классов S и A одинаковы, требования к характеристикам процесса измерения класса S снижены.

Класс B

Данный класс установлен для того, чтобы избежать признания СИ многих существующих типов устаревшими.

Примечание — Класс B не рекомендован для вновь разрабатываемых СИ. В следующем издании настоящего стандарта класс B может быть исключен.

Области значений влияющих величин при определении соответствия каждому классу установлены в 6.1. Класс устанавливают с учетом применения конкретного СИ.

Примечания

1 Изготовитель СИ должен указать влияющие величины, не установленные в настоящем стандарте, которые могут ухудшить характеристики СИ. Рекомендации по этому вопросу приведены в [1].

2 СИ может быть изготовлено для измерения всех показателей КЭ, указанных в настоящем стандарте ***(стандарте, устанавливающем нормы КЭ в системах электроснабжения различного назначения),*** или их части, и должно предпочтительно соответствовать одному и тому же классу при измерении различных показателей.

3 При изготовлении СИ должен быть установлен перечень измеряемых показателей КЭ, классы характеристик процесса измерения по каждому показателю, интервалы изменения входного напряжения U_{din} для каждого класса, а также необходимые требования и дополнительное оборудование, обеспечивающие соответствие классам процесса измерения (синхронизация, применение измерительных преобразователей, периодичность калибровки, пределы изменения температуры и т. д.).

4 Для классов приняты следующие обозначения: A («advanced») — «повышенного типа»; S («survey») — «для наблюдений». Класс B («basic») — «начальный», не рекомендован для СИ новых типов, так как может быть исключен в следующем издании настоящего стандарта.

4.2 Организация измерений

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

Полная измерительная цепь показана на рисунке 1.

СИ, предназначенное для измерения показателей КЭ, может включать в себя все элементы, входящие в полную измерительную цепь (см. рисунок 1), или их часть.

В нормативной части настоящего стандарта измерительные преобразователи и связанные с ними неопределенности измерений не рассматриваются.

Описание и характеристики измерительных преобразователей приведены в приложении A, подраздел A.3.

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.

Мгновенные междуфазные значения напряжения могут быть измерены непосредственно или получены из мгновенных фазных (фаза — нейтраль) значений напряжения.

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

Примечание — В ряде случаев целесообразно проводить одновременные измерения тока и напряжения и связывать результаты измерений тока в одном проводе с результатами измерений напряжения между этим проводом и опорным проводом, например, проводом защитного заземления или нейтральным проводом.

4.4 Объединение результатов измерений по времени

Применяют следующий порядок объединения результатов измерений показателей КЭ по времени.

Класс А

В качестве основного интервала времени при измерениях показателей КЭ, характеризующихся среднеквадратическим значением (относящихся к напряжению, гармоникам и интергармоникам, несимметрии напряжений, ***установившемуся отклонению напряжения в системах электроснабжения 50 Гц),*** 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 синхронизироваться с текущим временем при каждой 10-минутной отметке текущего времени внутренних часов СИ (см. рисунок 2).

Неопределенность этого измерения включают в неопределенность измерения каждого показателя КЭ, указываемую в протоколе измерений.

Измерения показателей КЭ, установленных в ГОСТ 13109, включая установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности; коэффициент временного перенапряжения проводят на основном интервале времени измерений 10 периодов.

Результаты измерений на основных интервалах времени затем объединяют для получения значений показателей КЭ для трех различных увеличенных интервалов времени (далее — объединенные интервалы):

- 3 с (150 периодов для систем электроснабжения частотой 50 Гц или 180 периодов для систем частотой 60 Гц);
- 10 мин;
- 2 ч.

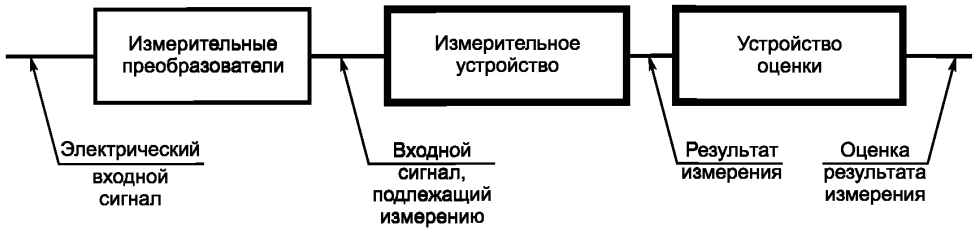


Рисунок 1 — Полная измерительная цепь

Примечания

1 В ряде случаев могут быть применены другие объединенные интервалы, например 1 мин. При их использовании метод объединения результатов измерений должен соответствовать установленному в настоящем стандарте. Например, метод объединения результатов измерений на интервале времени 1 мин должен быть аналогичен методу объединения на интервале 10 мин.

2 Рекомендации по применению объединенных результатов измерений приведены в приложении В, подразделы В.1, В.2.

Класс S

Основной и объединенные интервалы времени должны быть такими же, как для класса А. Синхронизацию результатов измерений на основных интервалах времени 10/12 периодов с текущим временем проводят в соответствии с рисунками 3 и 4.

Класс B

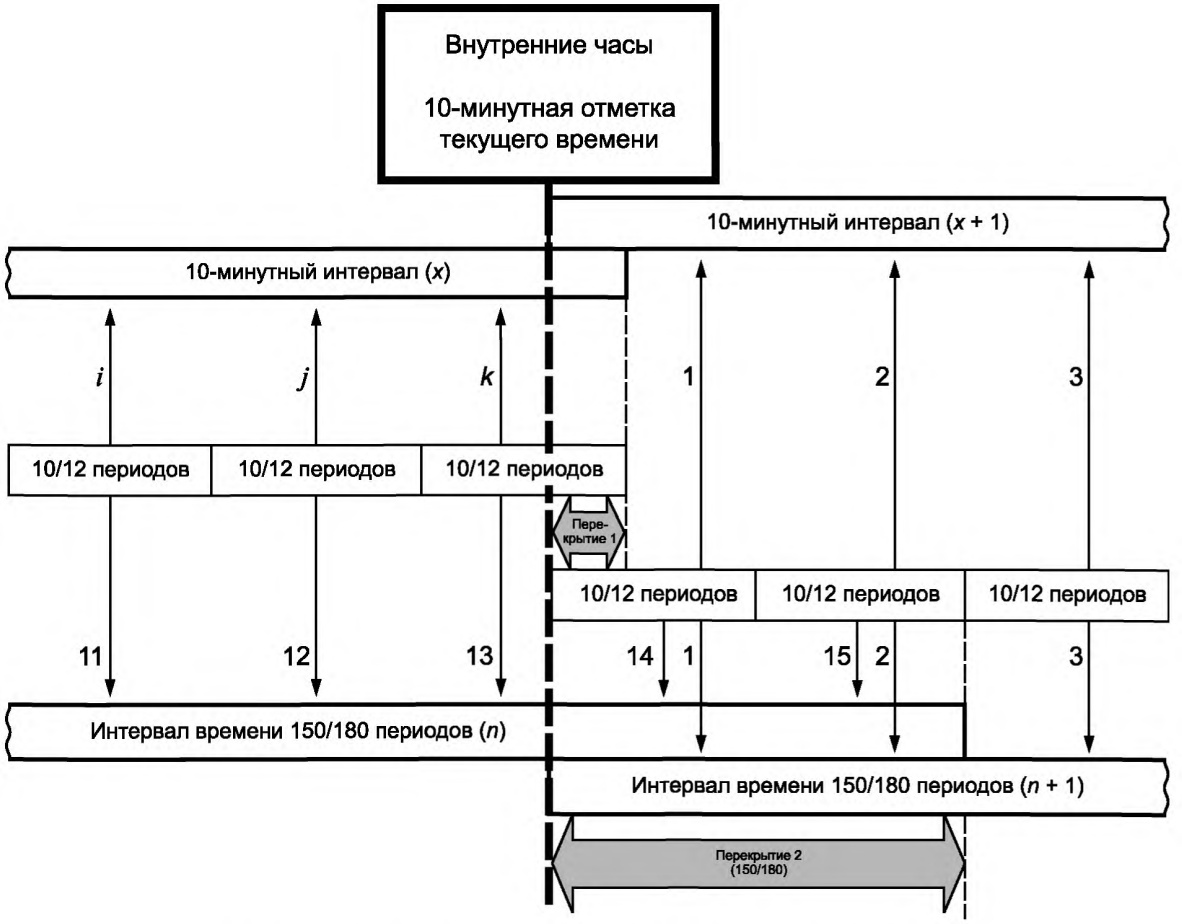
Число и длительности объединенных временных интервалов устанавливает изготовитель СИ.

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.

Примечание — При измерениях дозы фликера применяют иной алгоритм объединения результатов измерений (см. [5]).



i, *j*, *k* — номера основных интервалов времени при измерениях показателей КЭ

Рисунок 2 — Синхронизация объединенных интервалов для класса А

i, *j*, *k* — номера основных интервалов времени при измерениях показателей КЭ

Рисунок 3 — Синхронизация объединенных интервалов для класса S: измерение показателей КЭ, для которых пропуски недопустимы

4.5.2 Объединение на интервале времени 150/180 периодов

Класс A

Значение величины на объединенном интервале времени 3 с (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 3 с (150/180 периодов) синхронизируют с текущим временем при каждой 10-минутной отметке текущего времени, как показано на рисунке 2.

В момент 10-минутной отметки текущего времени 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. Синхронизация при каждой 10-минутной отметке текущего времени возможна, но не является обязательной (см. рисунок 3). Пропуски отдельных интервалов 10/12 периодов при измерениях показателей КЭ допустимы при измерениях гармоник, интергармоник, сигналов в электрических сетях и несимметрии. При этом в течение каждого объединенного интервала 150/180 периодов должны быть использованы 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.

Класс B

Метод объединения результатов измерений устанавливает изготовитель СИ.

4.5.3 Объединение на интервале времени 10 мин

Класс А

Объединенное значение величины на интервале времени 10 мин должно быть связано с текущим временем (включать метку текущего времени). Метка времени должна указывать время окончания 10-минутного интервала. Значение величины на объединенном интервале времени 10 мин получают объединением результатов измерений на основных интервалах времени 10/12 периодов. Пропуски между интервалами времени 10/12 периодов не допускаются. Каждый 10-минутный интервал начинается в момент 10-минутной отметки текущего времени. 10-минутные отметки текущего времени используются также для синхронизации основных 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 10-минутного интервала времени.

Класс S

Для класса S может быть применен алгоритм объединения результатов измерений на интервале времени 10 мин, установленный для класса А.

Допускается также применение упрощенного алгоритма объединения, указанного ниже.

Новый 10-минутный объединенный интервал должен начинаться после 10-минутной отметки текущего времени в момент начала нового основного интервала времени 10/12 периодов. Синхронизация 10-минутных интервалов времени и основных интервалов времени 10/12 периодов с текущим временем не требуется. Допускается свободный сдвиг 10-минутного объединенного интервала времени относительно текущего времени внутренних часов СИ.

Объединенный результат на интервале времени 10 мин должен включать метку текущего времени. Метка времени должна указывать время окончания 10-минутного интервала.

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

Примечание — Значение частоты в системе электроснабжения может быть выше или ниже номинального значения. В примере, представленном на рисунке 3, значение частоты ниже номинального и объединенный интервал 150/180 периодов перекрывает 10-минутную отметку текущего времени. В примере, представленном на рисунке 4, значение частоты выше номинального и имеют место пропуски измерений. Объединенный интервал 150/180 периодов заканчивается ранее 10-минутной отметки текущего времени.

Класс В

Алгоритм объединения результатов измерений устанавливает изготовитель СИ.

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. Начала интервалов времени 2 ч должны совпадать с часовыми отметками четных часов текущего времени СИ.

Класс S

Для класса S применяют алгоритм объединения результатов измерений, установленный для класса А.

Класс В

Алгоритм объединения результатов измерений устанавливает изготовитель СИ.

4.6 Неопределенность измерения текущего времени

При измерениях показателей КЭ неопределенность измерения текущего времени СИ определяют по отношению к времени «Национальной шкалы координированного времени *UTC* (*SU*)» (см. 3.2).

Класс А

Неопределенность измерения текущего 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 длительности объединенного интервала времени.

Данное требование к измерению текущего времени может быть выполнено, например, с применением процедуры синхронизации, периодически проводимой во время измерений, с помощью приемника систем ГЛОНАСС, GPS или путем приема радиосигналов точного времени.

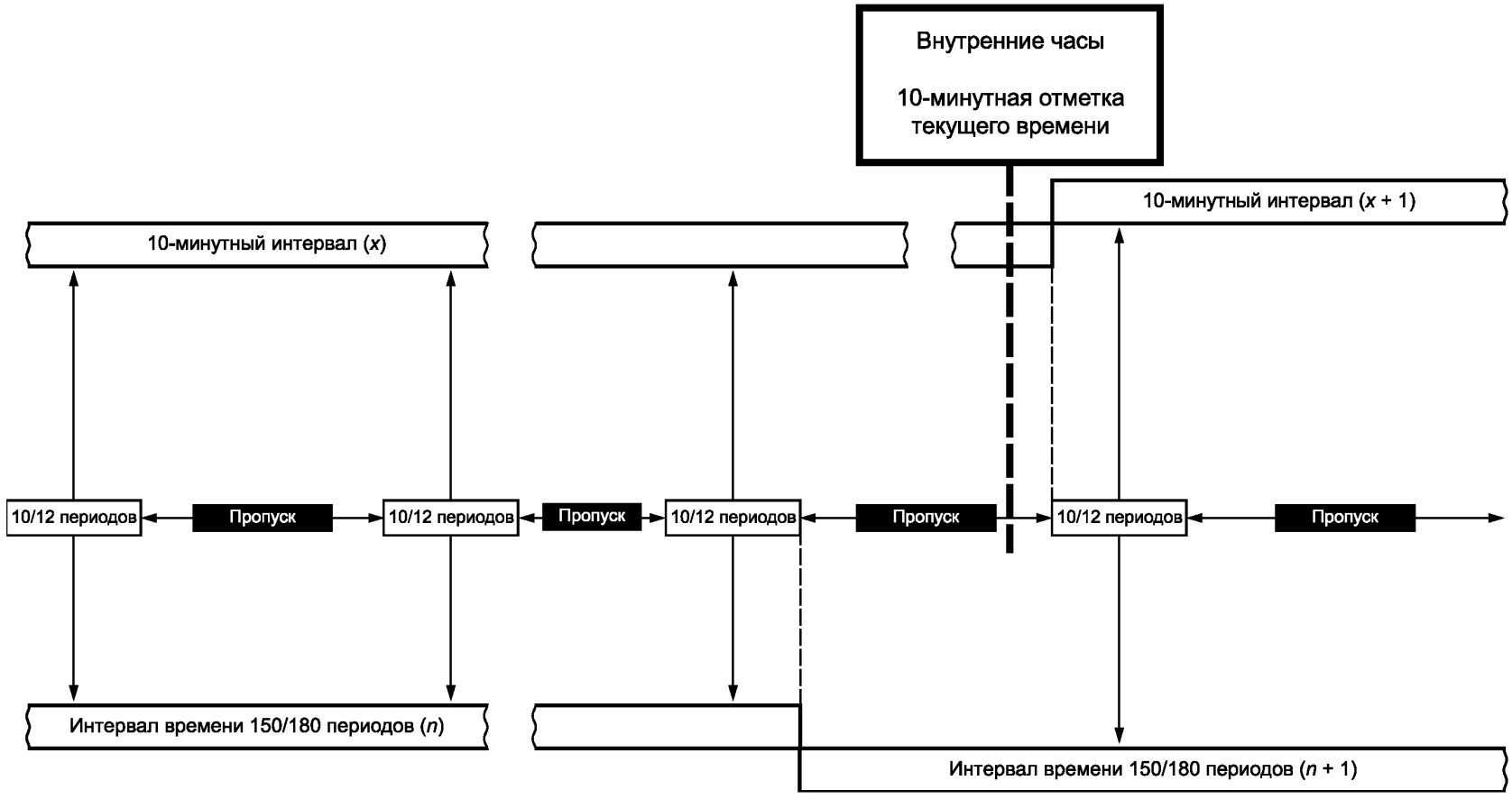


Рисунок 4 — Синхронизация объединенных интервалов для класса S: измерение показателей КЭ, для которых пропуски допускаются

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

Примечание — Данное требование является необходимым для получения одинаковых 10-минутных и двухчасовых объединенных результатов при измерении одного и того же входного электрического сигнала двумя СИ, применяющими методы измерений с характеристиками класса А. Данное требование также является необходимым при использовании более чем одного СИ по классу А, устанавливаемых в разных местах.

Класс S

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

Класс B

Неопределенность измерения текущего времени и метод определения объединенных интервалов (при их наличии) устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерения текущего времени.***

4.7 Концепция маркирования

Во время провала напряжения, перенапряжения или прерывания напряжения алгоритм, применяемый при измерении других показателей КЭ (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 в СИ, оказывающих влияние на принятие решения о том, какие данные должны маркироваться.

Маркирование выполняют при проведении измерений с характеристиками процесса измерения классов A и S показателей КЭ, относящихся: к частоте, значению напряжения, дозе фликера, несимметрии напряжений, гармоникам и интергармоникам напряжения, напряжениям сигналов передачи данных и при измерениях отрицательного и положительного отклонения напряжения.

Маркирование должно выполняться при проведении измерений с характеристиками процесса измерения классов A и S следующих показателей КЭ, установленных в ГОСТ 13109: установившегося отклонения напряжения, размаха изменения напряжения, дозы фликера, коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициента n-й гармонической составляющей напряжения, коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности, коэффициента временного перенапряжения.

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 — Маркирование должно включать сведения о дате и времени. Маркирование свидетельствует о наличии определенных проблем при выполнении измерений. Если в стандартах, устанавливающих нормы КЭ, не изложены правила оценки маркированных данных, порядок их применения устанавливает пользователь СИ, заявитель испытаний или испытательная лаборатория.

5 Показатели качества электрической энергии

5.1 Частота

5.1.1 Метод измерений

Класс A

Значение частоты должно быть измерено на каждом интервале времени 10 с. Поскольку частота переменного тока может не равняться точно 50 Гц или 60 Гц в пределах интервала 10 с, число периодов может быть не целым числом. Измеренная основная частота равна отношению числа целых периодов, подсчитанных в 10-секундный интервал времени, к общей продолжительности целых периодов. 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 текущего времени. Неопределенность при установке текущего времени не должна превышать ± 20 мс при измерениях в системах частотой 50 Гц и ± 16,7 мс в системах частотой 60 Гц.

Допускается применение других методов для получения эквивалентных результатов.

Класс S

Применяют метод измерений, установленный для класса А.

Класс B

Метод измерений частоты устанавливает изготовитель СИ.

5.1.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

Неопределенность измерений в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать ± 0,01 Гц при диапазонах измерений 42,5—57,5/51—69 Гц.

Класс S

Неопределенность измерений в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать ± 0,05 Гц при диапазонах измерений 42,5—57,5/51—69 Гц.

Класс B

Неопределенность измерений при диапазонах измерений 42,5—57,5/51—69 Гц устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.1.3 Оценка результатов измерений

Класс А При измерении частоты используют опорный канал.

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

Класс S

Так же как для класса А.

Класс B

Изготовитель СИ должен указать процесс, используемый для измерений частоты.

5.1.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений не применяют.

Примечание — В качестве показателя КЭ допускается применение отклонения частоты от номинального значения.

5.2 Значение напряжения

5.2.1 Метод измерений

Класс А

Проводят измерения среднеквадратического 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»).

Примечания

1 Данный метод применяют только для квазистационарных электрических сигналов и не используют при обнаружении и измерении параметров таких явлений ухудшения КЭ, как провалы напряжения, перенапряжения и прерывания напряжения, а также переходные процессы.

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

Класс S

Так же как для класса А

Класс B

Проводят измерения среднеквадратического значения напряжения на интервале времени измерений, установленном изготовителем СИ.

5.2.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

Неопределенность измерений в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать ± 0,1 % U_{din} в диапазоне измерений 10 % —150 % U_{din}.

Класс S

Неопределенность измерений в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать ± 0,5 % U_{din} в диапазоне измерений 20 % — 120 % U_{din}.

Класс В

Неопределенность измерений в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, должен установить изготовитель СИ. При этом неопределенность измерений не должна превышать ± 1 % U_{din} в диапазоне измерений, установленном изготовителем СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.2.3 Оценка результатов измерений

Требования не устанавливают.

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 измерений

Класс А

Измерения проводят в соответствии с [5].

Класс S

Измерения проводят в соответствии с [5].

Класс В

Требования не устанавливают.

Примечание — Измерения в соответствии с [5] относятся к низковольтным электрическим сетям напряжением 230 В частотой 50 Гц. В настоящее время рассматривается возможность применения установленного в [5] метода измерения фликера к другим напряжениям.

5.3.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

В соответствии с [5]. В области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, требования к неопределенности измерений по [5] должны быть выполнены в диапазоне измерений кратковременной дозы фликера P_{st} от 0,2 до 10.

Класс S

В соответствии с [5] в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, сниженные в два раза требования к неопределенности измерений по [5] должны быть выполнены в диапазоне измерений кратковременной дозы фликера P_{st} от 0,4 до 4.

Класс В

Требования не устанавливают.

5.3.3 Оценка результатов измерений

Класс А

В соответствии с [5] окончания 10-минутных объединенных интервалов времени при измерениях кратковременной дозы фликера P_{st} должны соответствовать 10-минутным отметкам текущего времени СИ. Результаты измерений на 10-минутных интервалах должны включать метку текущего времени. При воздействии провалов напряжения, перенапряжений и прерываний напряжения значения кратковременной дозы фликера P_{st} и длительной дозы фликера P_{lt} (см. [5]) должны быть маркированы.

Класс S

Так же как для класса А

Класс В

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.3.4 Объединение результатов измерений

Класс А

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с [5]. Для P_{lt} объединение проводят на интервале времени 2 ч (см. 4.5.4).

Класс S

Так же, как для класса А

Класс В

Требования не устанавливают

5.4 Провалы напряжения и перенапряжения

5.4.1 Метод измерений

Класс А Измерение провалов напряжения и перенапряжений следует проводить на основе измерений в каждом канале среднеквадратических значений напряжения, обновляемых для каждого полупериода, $U_{rms(1/2)}$ (см. 3.23). 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 6.2.

Примечание — Среднеквадратичное значение напряжения $U_{rms(1/2)}$ включает в себя гармоники, интергармоники, информационные сигналы в электрических сетях и т. д.

Класс S

Измерение провалов напряжения и перенапряжений следует проводить на основе измерений в каждом канале среднеквадратических значений напряжения, обновляемых для каждого полупериода, $U_{rms(1/2)}$ (см. 3.23) либо на основе измерений в каждом канале среднеквадратических значений напряжения, обновляемых для каждого периода, $U_{rms(1)}$ (см. 3.24). Проводимые измерения устанавливает изготовитель СИ.

Примечание — Среднеквадратичное значение напряжения $U_{rms(1)}$ включает в себя гармоники, интергармоники, информационные сигналы в электрических сетях и т. д.

Класс B

Изготовитель СИ должен установить метод измерений среднеквадратических значений напряжения.

5.4.2 Обнаружение и оценка провала напряжения

5.4.2.1 Обнаружение провала напряжения

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

Примечание — Скользящее опорное напряжение сравнения U_{sr} обычно не используют в низковольтных системах электроснабжения (см. [6]).

При обнаружении провалов напряжения считают, что:

- в однофазных системах электроснабжения провал напряжения начинается, когда значение $U_{rms(1/2)}$ падает ниже порогового значения провала напряжения и заканчивается, когда значение $U_{rms(1/2)}$ равно или превышает пороговое значение провала напряжения плюс 2 % от U_{din};
- в трехфазных системах электроснабжения провал напряжения начинается, когда значение U_{rms} в одном или более числе каналов падает ниже порогового значения провала напряжения и заканчивается, когда значение U_{rms} равно или превышает пороговое значение провала напряжения плюс 2 % U_{din} во всех каналах, в которых проводят измерения.

Пороговое значение провала напряжения определяют с учетом условий измерений.

5.4.2.2 Оценка провала напряжения

Провал напряжения характеризуют остаточным напряжением U_{res} или глубиной провала напряжения и длительностью провала. В качестве остаточного напряжения принимают наименьшее значение U_{rms}, 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}, выраженную в процентах опорного напряжения. За длительность провала напряжения принимают интервал времени между началом и окончанием провала напряжения.

Примечания

1 При определении длительности провала напряжения в трехфазных системах электроснабжения начало провала напряжения может быть зафиксировано в одном канале, а окончание — в другом.

2 Форма провалов напряжения не обязательно является прямоугольной. Как следствие, измеряемая длительность конкретного провала напряжения зависит от выбранного порогового значения провала напряжения. Форму провала напряжения можно оценить, используя несколько пороговых значений, установленных в пределах области пороговых значений провала и прерывания напряжения.

3 Пороговые значения провала напряжения обычно устанавливают в пределах 85 % — 90 % выбранного опорного напряжения при поиске неисправностей или проведении статистических исследований ***и в пределах до 70 % опорного напряжения при проведении измерений в соответствии с условиями договоров.***

4 Значение остаточного напряжения часто является полезным для потребителей электрической энергии 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 электроснабжения или в случаях, когда используется скользящее опорное напряжение сравнения.

5 Во время провала напряжения может возникать фазовый сдвиг (см. приложение А, пункт А.7.5).

6 Следует фиксировать дату и время перехода порогового значения.

5.4.3 Обнаружение и оценка перенапряжения

5.4.3.1 Обнаружение перенапряжения

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

Примечание — Скользящее опорное напряжение сравнения U_{sr} обычно не используют в низковольтных системах электроснабжения (см. [6]).

При обнаружении перенапряжения считают, что:

- в однофазных системах электроснабжения перенапряжение начинается, когда значение U_{rms} возрастает выше порогового значения перенапряжения, и заканчивается, когда значение U_{rms} равно или ниже порогового значения перенапряжения минус 2 % U_{din};
- в трехфазных системах электроснабжения перенапряжение начинается, когда значение U_{rms} в одном или более числе каналов возрастает выше порогового значения перенапряжения, и заканчивается, когда значение U_{rms} равно или ниже порогового значения перенапряжения минус 2 % U_{din} во всех каналах, в которых проводят измерения.

Пороговое значение перенапряжения определяют с учетом условий измерений.

5.4.3.2 Оценка перенапряжения

Перенапряжение характеризуют максимальным значением напряжения при перенапряжении и длительностью перенапряжения. В качестве максимального значения перенапряжения принимают наибольшее значение U_{rms}, измеренное в любом канале во время выброса. За длительность выброса напряжения принимают интервал времени между началом и окончанием выброса напряжения.

Примечания

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

2 Форма перенапряжения не обязательно является прямоугольной. Как следствие, измеряемая длительность конкретного перенапряжения зависит от выбранного порогового значения перенапряжения.

3 Пороговые значения перенапряжения обычно устанавливают более 110 % от U_{din}.

4 Во время перенапряжения может возникать фазовый сдвиг.

5 Следует фиксировать дату и время перехода порогового значения.

5.4.4 Вычисление скользящего опорного напряжения сравнения

Применение скользящего опорного напряжения сравнения при установлении пороговых значений провала напряжения и перенапряжения 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 $U_{sr(n)}$ рассчитывают по формуле

$$U_{sr(n)} = 0{,}9967 \cdot U_{sr(n-1)} + 0{,}0033 \cdot U_{(10/12)rms},$$

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

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

$U_{(10/12)rms}$ — последний результат измерений среднеквадратического 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 А

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

Класс S

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

Класс В

Неопределенность измерений устанавливает изготовитель СИ. При этом неопределенность измерений не должна превышать ± 2,0 % U_{din}. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.4.5.2 Неопределенность измерений длительности провала напряжения и перенапряжения

Класс А

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 значений $U_{rms(1/2)}$ 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 $U_{rms(1)}$ 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).

Класс В

Неопределенность измерения длительностей устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.4.6 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений для кратковременных событий не проводят.

5.5 Прерывания напряжения

5.5.1 Метод измерений

Измерения напряжения для каждого класса проводят, как установлено в 5.4.1.

5.5.2 Оценка прерываний напряжения

При обнаружении прерываний напряжения считают, что:

- в однофазных системах электроснабжения прерывание напряжения начинается, когда значение U_{rms} падает ниже порогового значения прерывания напряжения, и заканчивается, когда значение U_{rms} равно или ниже порогового значения прерывания напряжения плюс 2 % U_{din};
- в трехфазных системах электроснабжения прерывание напряжения начинается, когда значение U_{rms} во всех каналах падает ниже порогового значения прерывания напряжения, и заканчивается, когда значение U_{rms} равно или выше порогового значения прерывания напряжения плюс 2 % U_{din} хотя бы в одном канале из тех, где проводят измерения.

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

При определении длительности прерывания напряжения в трехфазных электрических сетях начало прерывания напряжения может быть зафиксировано в одном канале, а окончание — в другом. Длительность прерывания напряжения равна интервалу времени между началом и окончанием прерывания напряжения.

Примечания

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

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

3 Прерывание в одной или нескольких фазах напряжения в трехфазных системах электроснабжения 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

Сведения об основных параметрах переходных процессов напряжения и тока приведены в приложении А, подраздел А.4.

5.7 Несимметрия напряжений

5.7.1 Метод измерений

Класс А

Несимметрию напряжений в трехфазной системе энергоснабжения оценивают методом симметричных составляющих. В условиях несимметрии дополнительно к напряжению прямой последовательности U_1 в трехфазной системе электроснабжения 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).

Примечания

1 Влияние гармоник должно быть минимизировано применением фильтра или алгоритма дискретного преобразования Фурье.

2 Оценка несимметрии только на основе среднеквадратических значений фазных напряжения не учитывает 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 напряжений по обратной последовательности K_2, %, определяют по формуле

$$K_2 = (U_2/U_1)100. \quad (1)$$

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_2, %, может быть рассчитан ($U_{ij\,fund}$ — основная составляющая напряжения между фазами i и j) по формуле:

$$K_2 = \sqrt{\frac{1-\sqrt{3-6\beta}}{1+\sqrt{3-6\beta}}}100\%, \text{ где } \beta = \frac{U_{12\,fund}^4 + U_{23\,fund}^4 + U_{31\,fund}^4}{\left(U_{12\,fund}^2 + U_{23\,fund}^2 + U_{31\,fund}^2\right)^2} \quad (2)$$

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_0, %, определяют по формуле:

$$K_0 = (U_0/U_1)100. \quad (3)$$

Примечание — 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.

Класс S

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности определяют как для класса А. Определение коэффициента несимметрии по нулевой последовательности допускается, но не является обязательным.

Класс В

Алгоритмы и методы, используемые для вычисления несимметрии напряжений, устанавливает изготовитель СИ.

5.7.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс А

При измерении трехфазного переменного напряжения, соответствующего «Условиям испытаний 1» (см. таблицу 2), за исключением требований к значениям коэффициентов несимметрии напря-

жений по обратной и нулевой последовательностям, которые должны быть в пределах от 1 % U_1 до 5 % U_1, инструментальная составляющая неопределенности измерений коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой последовательности не должна превышать ± 0,15 %. Например, показания СИ, подключенного к трехфазной системе напряжений с коэффициентом несимметрии по обратной последовательности 1,0 %, должны быть в пределах от 0,85 % до 1,15 % (см. рисунок 5).

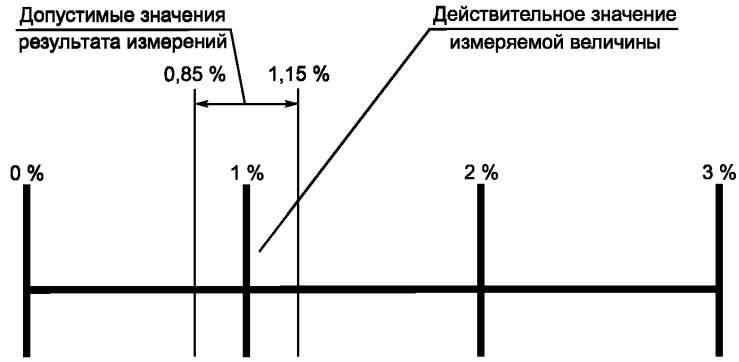


Рисунок 5 — Пример неопределенности измерений несимметрии напряжений

Класс S

Требования к неопределенности устанавливают так же, как для класса А. Инструментальная составляющая неопределенности измерений коэффициентов несимметрии по обратной и нулевой (при измерении) последовательности не должна превышать ± 0,3 %.

Класс B

Требования к неопределенности устанавливают так же, как для класса А. Инструментальная составляющая неопределенности измерений коэффициентов несимметрии (при измерении) не должна превышать ± 0,3 %.

5.7.3 Оценка результатов измерений

Требования не устанавливают.

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 измерений

Класс A

Измерения гармоник напряжения по классу А проводят в соответствии с требованиями ***ГОСТ 30804.4.7***, 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 ***ГОСТ 30804.4.7***.

Примечания

1 В некоторых случаях могут быть более предпочтительны другие методы, например применение аналоговых средств измерений и частотного преобразования сигналов (см. [7]).

2 Сведения об измерениях гармоник тока приведены в приложении А, подраздел А.6.

Проводят измерения гармоник напряжения не менее 50-го порядка.

При необходимости расчетов коэффициентов искажений (см. ***ГОСТ 30804.4.7***) определяют суммарный коэффициент гармонических подгрупп $THDS_Y$ по ***ГОСТ 30804.4.7, подраздел .3.3.***

Класс S

Измерения гармоник напряжения по классу S проводят в соответствии с требованиями ***ГОСТ 30804.4.7***, класс II на основных интервалах времени (10/12 периодов). Пропуски интервалов допускаются (см. 4.5 настоящего стандарта). В качестве результатов измерений на основных интервалах

времени изготовитель СИ должен установить применение гармонических групп $U_{g,h}$ или гармонических подгрупп $U_{sg,h}$ ***ГОСТ 30804.4.7***.

Проводят измерения гармоник напряжения не менее 40-го порядка.

Примечание — В [8] и ***ГОСТ 13109***, регламентирующих нормы КЭ, установлено измерение гармоник напряжения до 40 порядка.

При необходимости расчетов коэффициентов искажений (см. ***ГОСТ 30804.4.7***) определяют 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. ***ГОСТ 30804.4.7,*** подраздел 3.3).

Класс B

Метод измерений гармоник напряжения устанавливает изготовитель СИ.

5.8.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Максимальная неопределенность измерений должна быть в соответствии с ***ГОСТ 30804.4.7***, класс I. Диапазон измерений должен быть от 10 % до 200 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по [9].

Класс S

Максимальная неопределенность измерений должна в два раза превышать установленную в ***ГОСТ 30804.4.7***, класс II. Применение низкочастотного фильтра, исключающего паразитное наложение спектров, с шириной полосы пропускания на уровне 3 дБ, равной ширине полосы частот измерений и ослаблением вне полосы пропускания более 50 дБ, как установлено в ***ГОСТ 30804.4.7***, ***подраздел 5.3***, не является обязательным. Требование к допустимому отклонению длительности интервала времени между началом первого отсчета дискретизированного сигнала и началом M + 1 отсчета (M — число отсчетов) не более 0,03 %, как установлено в ***ГОСТ 30804.4.7***, ***подпункт 4.4.1***, не является обязательным.

Требование к максимальной неопределенности измерений должно быть выполнено в области значений влияющих величин, установленной в 6.1. Диапазон измерений должен быть от 10 % до 100 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по [9].

Класс B

Неопределенность измерений и диапазон измерений устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.8.3 Оценка результатов измерений

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.8.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

5.9 Интергармоники напряжения

5.9.1 Метод измерений

Класс A

Измерения интергармоник напряжения проводят в соответствии с требованиями ***ГОСТ 30804.4.7***, 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 $U_{isg\,h}$ по ***ГОСТ 30804.4.7***.

Примечание — Сведения об измерении интергармоник тока приведены в приложении А, подраздел А.6.

Проводят измерения интергармоник не менее 50 порядка.

Классы S и B

Метод измерений устанавливает изготовитель СИ.

5.9.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Максимальная неопределенность измерений должна быть в соответствии с ***ГОСТ 30804.4.7***, класс I. Диапазон измерений должен быть от 10 % до 200 % значения уровня электромагнитной совместимости обстановки класса 3 по [9].

Классы S и B

Неопределенность измерений и диапазон измерений устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.9.3 Оценка результатов измерений

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.9.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5

5.10 Напряжения сигналов в электрических сетях

5.10.1 Метод измерений

Класс А Метод измерений, установленный в настоящем стандарте, применяют для сигналов частотой ниже 3 кГц. Для сигналов частотой от 3 кГц *до 30 МГц* применяют метод измерений, установленный в [10].

Метод измерений в соответствии с настоящим стандартом применяют для определения уровней напряжения информационных сигналов при известной несущей частоте.

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 среднеквадратического значения напряжения на соответствующей частоте интергармоники, проведенном на основном интервале времени (10/12 периодов);
- на определении среднеквадратического значения результатов измерений на основном интервале времени четырех среднеквадратических значений интергармонических напряжений на ближайших частотах. Например, информационный сигнал частотой 316,67 Гц в системе электроснабжения 50 Гц должен быть аппроксимирован среднеквадратичным значением интергармонических напряжений на частотах 310, 315, 320 и 325 Гц, измеренных на основном интервале времени 10 периодов.

Первый метод измерений предпочтителен, если известное значение частоты сигнала является кратным значению, обратному основному интервалу измерения. Второй метод измерений предпочтителен, если частота сигнала не является кратной значению, обратному основному интервалу измерения.

При проведении измерений следует выбрать пороговое значение напряжения сигналов выше 0,3 % U_{din}, а также длительность времени записи не более 120 с.

Начало передачи информационных сигналов обнаруживают, когда измеренное значение интергармоник напряжения превысит пороговое значение напряжения сигналов. Измеренные значения регистрируют в течение периода времени, определенного пользователем, для того, чтобы получить максимальное значение напряжения сигналов.

Классы S и B

Метод измерений устанавливает изготовитель СИ.

5.10.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Для класса А

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

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

Классы S и B

Требования к неопределенности измерений и диапазон измерений устанавливает изготовитель СИ. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

5.10.3 Оценка результатов измерений

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.10.4 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений не проводят.

5.11 Быстрые изменения напряжения

Сведения об основных параметрах быстрых изменений напряжения приведены в приложении А, подраздел А.5. Кроме того, в ***ГОСТ 30804.3.3*** и ***ГОСТ 30804.3.11*** приведены сведения, касающиеся нагрузок в низковольтных распределительных электрических сетях, вызывающих быстрые изменения напряжения.

5.12 Измерения отрицательного и положительного отклонений напряжения

5.12.1 Метод измерений

Класс А

Для определения отрицательного и положительного отклонений напряжения, % U_{din}, измеряют среднеквадратические значения напряжения $U_{rms-200ms}$ на основных интервалах времени (10/12 периодов).

Значения отрицательного отклонения напряжения $U_{rms-under,i}$ и положительного отклонения напряжения $U_{rms-over,i}$ в i-м основном интервале времени определяют с использованием выражений (4.А), (4.В), (5.А), (5.В).

Для определения значения отрицательного отклонения напряжения в i-м основном интервале времени $U_{rms-under,i}$ применяют следующее правило:

$$\text{если } U_{rms-200ms,i} > U_{din}, \text{ то } U_{rms-under,i} = U_{din}, \tag{4.А}$$

$$\text{если } U_{rms-200ms,i} \le U_{din}, \text{ то } U_{rms-under,i} = U_{rms-200ms,i}, \tag{4.В}$$

где $U_{rms-200ms,i}$ — результат измерения напряжения в i-м основном интервале времени.

Для определения значения положительного отклонения напряжения в i-м основном интервале времени $U_{rms-over,i}$ применяют следующее правило:

$$\text{если } U_{rms-200ms,i} < U_{din}, \text{ то } U_{rms-over,i} = U_{din}, \tag{5.А}$$

$$\text{если } U_{rms-200ms,i} \ge U_{din}, \text{ то } U_{rms-under,i} = U_{rms-200ms,i}. \tag{5.В}$$

Примечание — В однофазных системах электроснабжения возможно единственное значение оценки отклонения напряжения при каждом i-м интервале времени измерений. В трехфазных трехпроводных системах электроснабжения возможны три значения для каждого интервала времени, в трехфазных четырехпроводных системах — шесть значений.

Классы S и B

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.12.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

В соответствии с 5.2.2.

5.12.3 Объединение результатов измерений

Объединение результатов измерений проводят в соответствии с 4.4 и 4.5.

Значение отрицательного отклонения напряжения на объединенном интервале времени U_{under}, % U_{din}, определяют по формуле

$$U_{under} = \frac{U_{din} - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} U_{rms-under,i}^2}{n}}}{U_{din}}, \tag{6}$$

где n — число основных интервалов времени в объединенном интервале.

Значение положительного отклонения напряжения на объединенном интервале времени U_{over}, % U_{din}, определяют по формуле

$$U_{over} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} U_{rms-over,i}^2}{n}} - U_{din}}{U_{din}} \tag{7}$$

Примечание — Отрицательное и положительное отклонения напряжения являются положительными величинами.

Классы S и B

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.13 Установившееся отклонение напряжения в системах электроснабжения частотой 50 Гц

5.13.1 Метод измерений

Классы A и S

Проводят измерение среднеквадратического значения напряжения основной частоты в соответствии с ГОСТ 13109, приложение Б, подраздел Б.1.1, при основном интервале времени измерений 10 периодов.

Класс B

Проводят измерение среднеквадратического значения напряжения при интервале времени измерения, устанавливаемом изготовителем СИ.

5.13.2 Неопределенность измерений и диапазон измерений

Класс A

Неопределенность измерений среднеквадратического значения напряжения основной частоты в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать $\pm$ 0,2 % U_{din}.

Класс S

Неопределенность измерений среднеквадратического значения напряжения основной частоты в области значений влияющих величин и при выполнении требований, установленных в 6.1, не должна превышать $\pm$ 0,5 % U_{din}.

Класс B характеристик процесса измерения

Требования в настоящем стандарте не установлены.

5.13.3 Объединение результатов измерений

Классы A и S

Используют алгоритм объединения результатов измерений по 4.5 при объединенном интервале времени измерений 1 мин. Значение установившегося отклонения напряжения вычисляют в соответствии с ГОСТ 13109, приложение Б, пункт Б.1.3.

Класс B

Значение установившегося отклонения напряжения вычисляют в соответствии с ГОСТ 13109, приложение Б, пункт Б.1.3.

6 Область значений влияющих величин и подтверждение выполнения требований при неизменяющихся сигналах

6.1 Область значений влияющих величин

Воздействие возмущений (влияющих величин) на входной электрический сигнал может оказать неблагоприятное влияние при измерении конкретного показателя КЭ. Например, на результаты измерений несимметрии напряжений могут неблагоприятно воздействовать гармонические искажения входного сигнала.

Неопределенность измерений показателя КЭ должна находиться в пределах, установленных в разделе 5, если значения всех других показателей КЭ находятся в пределах изменений влияющих величин, установленных в таблице 1.

Таблица 1 — Область значений влияющих величин

Показатель КЭ (измеряемая величина)	Пункт настоящего стандарта	Класс	Область значений влияющей величины
Частота	5.1	A	42,5—57,5 /51—69 Гц
		S	42,5—57,5/51—69 Гц
		B	42,5—57,5/51—69Гц
Значение напряжения	5.2	A	(10 — 200) % U_{din}
		S	(10 — 150) % U_{din}
		B	(10 — 150) % U_{din}

Продолжение таблицы 1

Показатель КЭ (измеряемая величина)	Пункт настоящего стандарта	Класс	Область значений влияющей величины
Кратковременная доза фликера	5.3	A	0–20
		S	0–10
		B	Не применяют
Провалы и выбросы напряжения	5.4	A	Не применяют
		S	Не применяют
		B	Не применяют
Прерывания напряжения	5.5	A	Не применяют
		S	Не применяют
		B	Не применяют
Несимметрия напряжений	5.7	A	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности 0 % — 10 % Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности 0 % — 10 %
		S	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности 0 % — 10 %
		B	Устанавливается изготовителем СИ
Гармоники напряжения	5.8	A	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения)
		S	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения)
		B	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения)
Интергармоники напряжения	5.9	A	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки
		S	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки
		B	Удвоенные значения, установленные в [9] для класса 3 электромагнитной обстановки
Информационные сигналы в электрической сети	5.10	A	0 % — 15 % U_{din}
		S	0 % — 15 % U_{din}
		B	0 % — 15 % U_{din}
Отрицательные/положительные отклонения напряжения	5.12	A	Не применяют
		S	Не применяют
		B	Не применяют

Окончание таблицы 1

Показатель КЭ (измеряемая величина)	Пункт настоящего стандарта	Класс	Область значений влияющей величины
Микросекундные импульсные помехи (см. также [8])		A	Пиковое значение 6 кВ
		S	Нет требований
		B	Нет требований
Наносекундные импульсные помехи		A	Пиковое значение 4 кВ
		S	Нет требований
		B	Нет требований
Примечание — При установлении требований к СИ по обеспечению безопасности, ЭМС и устойчивости к климатическим воздействиям учитывают требования [1]			

Отклонения результатов измерений показателей КЭ при воздействии на СИ сигналов в области значений влияющих величин должны быть в пределах максимальной неопределенности измерений. Повреждения СИ при этом должны отсутствовать.

Если параметры измеряемых сигналов превышают диапазон измерений СИ, то при изменениях параметров до предельных значений области влияющих величин включительно на мониторе СИ должно быть указано состояние перегрузки. Данное требование не применяют при воздействии переходных процессов напряжения.

Воздействие на СИ ***микросекундных импульсных помех большой энергии и наносекундных импульсных помех*** не должно оказывать влияния на результаты измерений после окончания помех. При подтверждении требований к неопределенности измерений переходные процессы напряжения подают на измерительные зажимы СИ, а не на зажимы электропитания.

6.2 Подтверждение выполнения требований при неизменяющихся сигналах

При проведении испытаний СИ, указанных в настоящем разделе, должно быть подтверждено, что результаты измерений неизменяющихся сигналов в области значений влияющих величин соответствуют требованиям к неопределенности измерений. Проведение этих испытаний необходимо, но недостаточно для подтверждения соответствия требованиям настоящего стандарта. Чтобы убедиться, что методы измерений, установленные в разделе 5, правильно реализованы в конструкции СИ, следует проводить дополнительные испытания и/или проверки.

Примечание — Рекомендации по данному вопросу приведены в приложении С.

Классы A и S

Для того чтобы подтвердить, что работа СИ при неизменяющихся измеряемых сигналах осуществляется правильно, проводят испытания, как указано ниже.

Примечание — Данные испытания проводят как типовые.

Проверяют неопределенность измерений каждой измеряемой величины следующим образом (см. таблицу 2):

- выбирают измеряемую величину (например, среднеквадратическое значение напряжения);
- поддерживая во время испытания значения всех влияющих величин, кроме проверяемой, в соответствии с указанными в таблице 2, графа «Условия испытаний 1», подтверждают, что неопределенность измерений выбранной величины соответствует классу A в пяти равномерно распределенных точках диапазона измерений, включая верхнее и нижнее значения;
- повторяют операции испытаний, поддерживая значения всех влияющих величин, кроме проверяемой, в соответствии с указанными в таблице 2, графа «Условия испытаний 2»;
- повторяют операции испытаний, поддерживая значения всех влияющих величин, кроме проверяемой, в соответствии с указанными в таблице 2, графа «Условия испытаний 3».

Дополнительно к условиям испытаний, приведенным в таблице 2, могут быть применены другие условия испытаний. При этом значения, выбранные для каждой влияющей величины, должны находиться в области значений, установленной для этой влияющей величины.

Примечания

1 Рекомендуется выбирать для каждого измеряемого показателя КЭ 15 серий условий испытаний. Для показателей КЭ, имеющих индивидуальные измеряемые параметры (например, для показателя, относящегося к «гармоникам напряжения», который может включать 50 отдельных гармоник), выбирают один представительный измеряемый параметр.

2 Некоторые из влияющих величин могут не оказывать влияния на значение измеряемого показателя КЭ. Другие влияющие величины, наоборот, могут оказывать влияние на значение измеряемого показателя (например, гармоники напряжения — на среднеквадратическое значение напряжения). Требования к неопределенности измерений должны быть подтверждены в обоих случаях.

Таблица 2 — Подтверждения выполнения требований к неопределенности измерений при неизменных сигналах для классов A и S

Влияющая величина	Область значений		
	Условия испытаний 1	Условия испытаний 2	Условия испытаний 3
Частота	$f_{nom} \pm 0,5$ Гц	$(f_{nom} - 1) \pm 0,5$ Гц	$(f_{nom} + 1) \pm 0,5$ Гц
Значение напряжения	U_{din} ±1 %	Определяется значениями дозы фликера, несимметрии напряжений, гармоник напряжения и интергармоник напряжения (см. ниже)	Определяется значениями дозы фликера, несимметрии напряжений, гармоник напряжения и интергармоник напряжения (см. ниже)
Кратковременная доза фликера	$P_{st} < 0,1$	$P_{st} = 1 \pm 0,1$ Значение P_{st} должно быть установлено при модуляции меандрами частотой 39 изменений в минуту (см. [5])	$P_{st} = 4 \pm 0,1$ Значение P_{st} должно быть установлено при модуляции меандрами частотой 110 изменений в минуту (см. [5])
Несимметрия напряжений:	100 % ± 0,5 % U_{din} во всех каналах. Все фазовые углы 120° (коэффициенты несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности K_2, K_0 равны нулю)	Фаза A: 73 % U_{din} ±0,5 %, канал 1; Фаза B: 80 % U_{din} ± 0,5 %, канал 2; Фаза C: 87 % U_{din} ± 0,5 %, канал 2; Углы сдвига фаз между основными составляющими межфазных напряжений 120° (значение $K_2 = 5,05$ %, значение $K_0 = 5,05$ %)	Фаза A: 152 % U_{din} ± 0,5 %, канал 1; Фаза B: 140 % U_{din} ± 0,5 %, канал 2; Фаза C: 128 % U_{din} ± 0,5 %, канал 3; Углы сдвига фаз между основными составляющими межфазных напряжений 120° (значение $K_2 = 4,95$%, значение $K_0 = 4,95$ %)
Гармоники напряжения	0 % — 3 % U_{din}	3-я гармоника при 0°, (10 ± 3) % U_{din}; 5-я гармоника при 0°, (5 ± 3) % U_{din}; 29-я гармоника при 0°, (5 ± 3) % U_{din}	7-я гармоника при 180°, (10 ± 3) % U_{din}; 13-я гармоника при 0°, (5 ± 30 % U_{din}; 25-я гармоника при 0°, (5 ± 3) % U_{din}
Интергармоники напряжения	0 % — 0,5 % U_{din}	(1 ± 0,5) % U_{din} при 7,5 f_{nom}	(1 ± 0,5) % U_{din} при 3,5 f_{nom}
Примечание — При подтверждении выполнения требований к неопределенности измерений напряжения значение U_{din} в настоящей таблице заменяют на значение напряжения, выбранного для проведения испытаний.			

Класс B

Испытания для подтверждения выполнения требований к неопределенности измерений не установлены.

Приложение А
(справочное)

Измерение показателей качества электрической энергии — вопросы и рекомендации

А.1 Основные положения

Настоящее приложение представляет собой справочное дополнение к нормативной части стандарта.

Сведения, относящиеся к общим положениям и процедурам измерений показателей КЭ, безотносительно к целям измерений, приведены в разделах:

А.2 Меры предосторожности при подключении СИ;

А.3 Преобразователи.

Справочные материалы, относящиеся к методам измерения переходных процессов напряжения и тока, быстрых изменений напряжения, тока, а также общие сведения о провалах напряжения приведены в разделах:

А.4 Переходные процессы напряжения и тока;

А.5 Быстрые изменения напряжения;

А.6 Ток;

А.7 Характеристики провала напряжения.

А.2 Меры предосторожности при подключении СИ

А.2.1 Установка СИ

При установке СИ должны быть обеспечены безопасность испытателя и другого персонала, целостность обследуемой системы, а также безопасность СИ.

Несмотря на то, что подключение СИ к системам электроснабжения во многих случаях производят по временной схеме и, следовательно, без применения способов монтажа стационарных установок, должны быть выполнены действующие требования безопасности и правила технической эксплуатации. Действующие требования безопасности и правила технической эксплуатации должны иметь приоритет над мерами предосторожности, приведенными в настоящем разделе.

А.2.2 Электрические соединители при проведении испытаний

А.2.2.1 Подключение электрических соединителей

Для обеспечения безопасности применяют [11], устанавливающий требования к безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения.

Подключение электрических соединителей в распределительных щитах и шкафах выполняют так, чтобы не нарушить установленный порядок их использования. Двери, крышки, панели щитов и шкафов должны быть в рабочем положении (т. е. 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 информации других лиц об установленных СИ и организации, ответственной за проведение измерений.

При измерении показателей КЭ рекомендуется, чтобы СИ в большинстве случаев было подключено 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 в измерительной цепи напряжения. Изготовитель СИ должен определить параметры предохранителя (ток, время срабатывания и др.), чтобы защитить измерительный провод от перегрузки. Кроме того, параметры предохранителя 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 [12]. При этом необходимо обеспечить надежную установку зажима, рассчитанного на максимальное напряжение. Во время установки испытатель должен учитывать возможные последствия неумышленного смещения зажима, например при внезапном натяжении кабеля.

Некоторые электрические соединители 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 СИ 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 установлены в соответствии с требованиями [13].

А.2.3 Защита токоведущих частей

Часто крышки щитов снимают при установке СИ или проведении измерений. В этом случае все токоведущие части должны быть надежно защищены и зона измерений должна быть недоступной. При использовании в СИ 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 СИ

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

СИ должно быть размещено так, чтобы не стать препятствием для работы в зоне измерений. Для этого в отдельных случаях целесообразна установка защитных ограждений или барьеров. По возможности следует исключить размещение СИ в местах большого скопления людей.

Размещение СИ не должно также вызывать опасность для испытателя при установке и применении СИ. В ряде случаев места размещения СИ являются слишком тесными для его нормального подключения, может потребоваться альтернативное размещение.

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

А.2.5 Заземление

В СИ возможно возникновение внутренних повреждений. Части СИ, 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 СИ, которые могут оказаться под напряжением цепей измерений. При использовании СИ 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 точкам вне СИ. Следует обязательно принимать во внимание влияние контуров заземления на измерения и на обследуемую систему.

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

При проведении измерений соответствие требованиям безопасности имеет приоритетное значение.

А.2.6 Влияние помех

Если СИ 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, например устройств защиты, медицинских, научных приборов и т. д.

А.3 Преобразователи

А.3.1 Общие положения

СИ, особенно переносные, обычно имеют низковольтные входные цепи. Некоторые стационарные СИ монтируют на удалении от точек цепей, в которых проводят измерения показателей КЭ. В некоторых случаях может потребоваться соответствующее устройство для того, чтобы понизить напряжение, изолировать входные электрические цепи от напряжения системы или обеспечить передачу сигналов на расстояние. Для выполнения любой из этих функций может быть применен преобразователь, характеристики которого должны соответствовать предъявляемым требованиям.

В низковольтных системах СИ 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 особое значение имеют их линейность и частотная и фазовая характеристики. При измерении должна использоваться вся шкала СИ без искажения или ограничения измеряемых сигналов. Для измерений переходных процессов и гармоник особенно важна полоса частот преобразователя. Для того чтобы избежать неправильных измерений, необходимо учитывать номинальное значение шкалы СИ, линейность, частотные, фазовые и нагрузочные характеристики преобразователя.

Примечание — Преобразователи тока, предназначенные для защитных целей, 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 СИ подключен к трансформатору напряжения, который уже используется для выполнения других функций (например, измерений), то следует позаботиться о том, чтобы дополнительная нагрузка не повлияла на метрологические характеристики трансформатора.

Следует быть осторожным при подключении СИ 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 [14].

А.3.2.2 Преобразователи тока

Значение тока в электрической сети может колебаться 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 преобразователем 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) и второй — для номинального тока. При проведении измерений должна быть правильно выбрана вторичная обмотка. Если вторичная обмотка выбрана неправильно, повреждение СИ может привести к неумышленному разрыву цепи вторичной обмотки трансформатора тока и к опасному (и разрушительному) повышению напряжения.

На неопределенность измерений с помощью токовых клещей могут оказать влияние различные причины, например, центрирование и угол проводника, проходящего через окно преобразователя.

Примечание — Дополнительные сведения о неопределенности измерений при использовании трансформаторов тока приведены в [15].

Измерение переходных процессов тока 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 невосприимчивы 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 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 СИ может оказывать влияние на частотные и фазовые характеристики резистивных делителей напряжения.

А.3.3.2 Частотные и фазовые характеристики преобразователей тока

Частотная характеристика трансформаторов тока зависит от класса точности, типа, отношения витков, материала и поперечного сечения сердечника, нагрузки вторичной обмотки. Как правило, частота среза преобразователя тока равна от одного до нескольких килогерц. Фазовая характеристика ухудшается с приближением к частоте среза.

Примечание — В настоящее время разрабатываются преобразователи тока новых видов с более высокой частотой среза и лучшей линейностью (оптические преобразователи и преобразователи на эффекте 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 принципа. Во-первых, уровни сигнала на выходе преобразователя должны обеспечить использование полной шкалы СИ без искажения или ограничения сигнала. Во-вторых, частотная характеристика преобразователя (амплитудная и фазовая) должна соответствовать характеристикам измеряемого сигнала.

Преобразователи напряжения

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.

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.

Емкостные трансформаторы напряжения обычно не обеспечивают точной передачи высокочастотных составляющих.

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.

Преобразователи тока

Учитывая, что ток в распределительной электрической сети изменяется чаще и с большей амплитудой, чем напряжение, выбор подходящего преобразователя тока представляет собой более трудную задачу, чем выбор преобразователя напряжения.

Стандартные измерительные преобразователи тока 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).

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 тока на время It_{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 %/мкс.

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

А.4 Переходные процессы напряжения и тока

А.4.1 Общие положения

Данный раздел распространяется, прежде всего, на переходные процессы в низковольтных системах электроснабжения и не распространяется на переходные процессы в коммутационных устройствах 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:** Явление или величина, изменяющиеся между двумя соседними стационарными состояниями за интервал времени, короткий по сравнению с полной рассматриваемой шкалой времени.

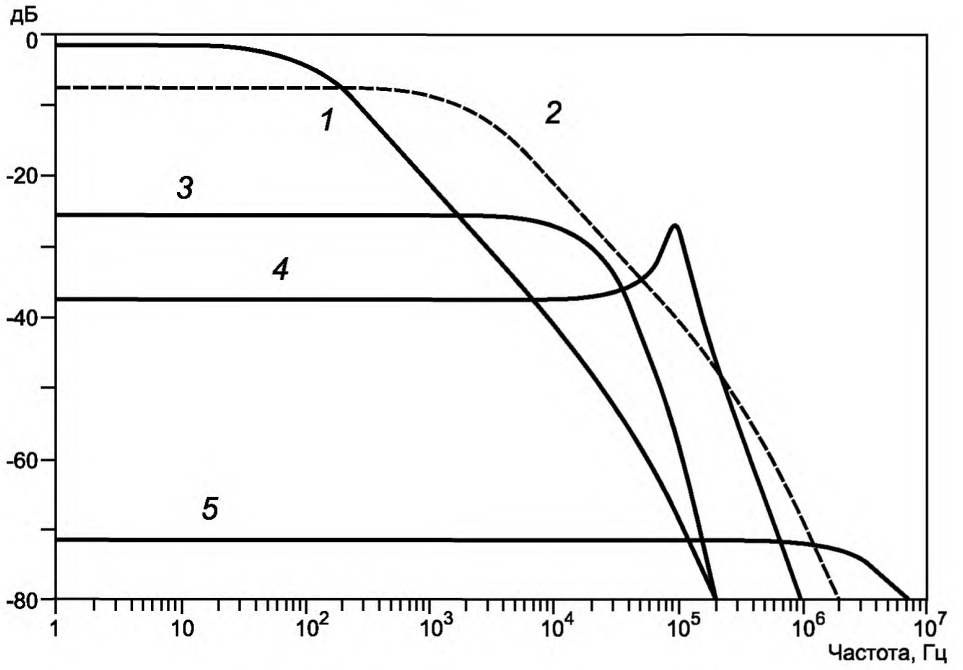
А.4.2.2 **скачок напряжения, импульсное перенапряжение:** Волна напряжения переходного процесса, распространяющаяся вдоль линии или цепи и характеризующаяся быстрым нарастанием и медленным снижением напряжения.

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 при испытаниях технических средств на устойчивость к импульсным кондуктивным помехам.

Спектры нескольких представительных испытательных сигналов приведены на рисунке А.1.

Спектры, приведенные на рисунке А.1, могут быть полезны при разработке алгоритмов преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму и обработки данных.



1 — испытательный сигнал 10 мкс (длительность фронта)/1000 мкс (длительность импульса); ***2 — микросекундная импульсная помеха большой энергии (импульс напряжения 1/50 мкс); 3 — микросекундная импульсная помеха большой энергии (импульс тока 6,4/16 мкс); 4 — одиночная колебательная затухающая помеха с частотой колебаний 100 кГц; 5 — пачки наносекундных импульсных помех 5/50 нс***

Рисунок А.1 — Спектр типичных испытательных сигналов, представляющих 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 Методы обнаружения переходного процесса и место измерений

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

Некоторые из методов обнаружения переходных процессов и примеры применения СИ:

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 среднеквадратического значения, основанный на использовании высокой частоты отсчетов, вычислении среднеквадратического 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 Методы классификации и параметры

- Переходный процесс, обнаруженный методами, указанными в А.3.3, следует классифицировать. Некоторые классификационные параметры переходных процессов 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;

- частота возникновения;

- энергия 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 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 представляют собой шунтирующие элементы, проводящие ток при превышении порогового напряжения. Данные устройства обычно используют для ограничения импульсных перенапряжений (скачков напряжения). 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, т. к. 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 Быстрые изменения напряжения

Быстрое изменение напряжения представляет собой резкий переход среднеквадратического значения напряжения от одного установившегося значения к другому.

Для измерения быстрых изменений напряжения должны быть определены пороговые значения для каждого из следующих параметров: минимальной скорости изменения напряжения, минимальных длительностей установившихся значений напряжения, минимальной разности напряжений между двумя установившимися значениями и постоянства установившихся значений напряжения.

Значение напряжения при быстром изменении напряжения не должно превышать пороговых значений провала напряжения и/или перенапряжения, иначе изменение напряжения будет интерпретировано как провал или перенапряжение.

Характерным параметром быстрого изменения напряжения является разность между установившимся значением напряжения, достигнутым после быстрого изменения, и исходным установившимся значением.

А.6 Ток

А.6.1 Общие положения

Применительно к КЭ измерения тока дополняют измерения напряжения, особенно если необходимо определить причины таких событий, как изменение значения напряжения, провал напряжения, прерывание напряжения или несимметрия.

Форма колебаний тока может помочь отождествить записанное событие с конкретным техническим средством и его функционированием, например запуском двигателя, включением трансформатора или подключением конденсатора.

Гармоники и интергармоники тока, связанные с гармониками и интергармониками напряжения, могут быть полезными для определения характеристик нагрузки, подключенной к сети.

Следует учесть, что измерительные преобразователи в настоящем приложении не рассматриваются.

А.6.2 Термин и определение

Среднеквадратическое полупериодное значение тока $I_{half\ cycle\ rms}$: Среднеквадратическое значение тока, измеренное за каждый полупериод.

А.6.3 Сила тока

А.6.3.1 Измерение

Область изменения среднеквадратических значений измеряемого тока должна соответствовать полной шкале СИ, в том числе при максимальном значении коэффициента формы.

Примечание — В оценку силы тока включают гармоники, интергармоники и пульсации при передаче сигналов.

Класс А

Измерения среднеквадратического значения тока проводят на 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 без перекрытия.

Классы S и B

Используемый интервал времени измерений устанавливает изготовитель СИ.

А.6.3.2 Неопределенность измерений

Класс А

Неопределенность измерений ΔI в области значений влияющих величин, установленной в 6.1, не должна превышать ± 0,1 % от значения полной шкалы СИ.

Класс S

Неопределенность измерений ΔI в области значений влияющих величин в соответствии с 6.1 устанавливает изготовитель СИ. Во всех случаях неопределенность измерений ΔI не должна превышать ± 1,0 % от значения полной шкалы СИ.

Класс B

Неопределенность измерений ΔI в области значений влияющих величин в соответствии с 6.1 устанавливает изготовитель СИ. Во всех случаях неопределенность измерений ΔI не должна превышать ±2,0 % значения полной шкалы СИ.

А.6.3.3 Объединение и оценка результатов измерений

В системах электроснабжения переменного однофазного тока возможно измерение единственного среднеквадратического значения тока. Для трехпроводных систем электроснабжения трехфазного тока возможны измерения трех среднеквадратических значений тока; для четырехпроводных систем электроснабжения, как правило, возможны измерения четырех среднеквадратических значений тока. Дополнительно может быть измерен ток в заземляющем проводе.

Класс А

Используют объединенные интервалы измерений по 4.4 и 4.5. Кроме того, для сглаживания результатов измерений могут быть использованы дополнительные методы объединения, например цифровой фильтр низких частот, как установлено в ***ГОСТ 30804.4.7, пункт 5.5.1.***

Если среднеквадратическое значение тока, измеренное на любом из интервалов времени 10/12 периодов, превышает установленное значение полной шкалы СИ, то значение тока на данном интервале 10/12 периодов должно быть маркировано.

Классы B и S

Используемый интервал времени измерений устанавливает изготовитель СИ.

А.6.4 Пусковой ток

А.6.4.1 Измерение

Класс А

Считают, что пусковой ток начинается, когда среднеквадратическое полупериодное значение тока $I_{half\ cycle\ rms}$ возрастает выше порогового значения пускового тока и заканчивается, когда значение $I_{half\ cycle\ rms}$ равно или ниже порогового значения пускового тока, минус 2 % значения номинального тока.

При измерениях определяют значения $I_{half\ cycle\ rms}$. Все интервалы времени длительностью один полупериод должны быть смежными и не перекрываться.

Примечания

1 Обычно пороговое значение выбирают более 120 % значения номинального тока.

2 Для полного понимания явлений, связанных с пусковыми токами, рекомендуется получить осциллограммы всех токов и напряжений, относящихся к пусковому току (см. А.7.2).

Классы S и B

Проводят измерения среднеквадратического значения тока за короткий интервал времени измерения, устанавливаемый изготовителем СИ.

А.6.4.2 Оценка результатов измерений

Класс А

Пусковой ток может характеризоваться следующими параметрами:

- длительностью пускового тока (интервалом времени между началом и концом пускового тока);

- максимальным значением $I_{half\ cycle\ rms}$, измеренным при пусковом токе;
- квадратным корнем из среднего арифметического значения квадратов результатов измерений $I_{half\ cycle\ rms}$ за время действия пускового тока.

Классы S и B

Требования в настоящем стандарте не установлены.

А.6.4.3 Неопределенность измерений

Класс А

Неопределенность измерений ΔI в области значений влияющих величин, установленных в 6.1, не должна превышать ± 0,5 % от измеренного значения. Неопределенность измерения длительности тока равна одному полупериоду.

Классы S и B

Изготовитель СИ устанавливает:

- неопределенность измерений ΔI в условиях влияющих величин в соответствии с 6.1;
- диапазон изменения тока.

Во всех случаях неопределенность измерений ΔI не должна превышать ± 5 % от измеренного значения. ***Изготовитель СИ устанавливает метод расчета неопределенности измерений.***

А.6.5 Гармоники тока

Класс А

Измерение гармоник тока для целей настоящего стандарта проводят по ***ГОСТ 30804.4.7.*** Измерения проводят на основных интервалах времени (10/12 периодов) без промежутков между интервалами. В качестве результатов измерений на основных интервалах времени должны быть гармонические подгруппы $I_{sg,h}$ по ***ГОСТ 30804.4.7.***

Объединенные интервалы времени применяют в соответствии с 4.4 и 4.5.

Результаты измерения гармонических подгрупп $I_{sg,h}$ на интервале времени 10/12 периодов маркируют, если в течение этого интервала времени происходит провал напряжения или перенапряжение (см. 5.4), или прерывание напряжения (см. 5.5).

Классы S и B

Методы измерения и алгоритм объединения результатов измерений устанавливает изготовитель СИ.

А.6.6 Интергармоники тока

Класс А

Измерение интергармоник гармоник тока для целей настоящего стандарта проводят по ***ГОСТ 30804.4.7.*** Измерения проводят на основных интервалах времени (10/12 периодов) без промежутков между интервалами. В качестве результатов измерений на основных интервалах времени должны быть центрированные интергармонические подгруппы $I_{isg,h}$ по ***ГОСТ 30804.4.7.***

Объединенные интервалы времени применяют в соответствии с 4.4 и 4.5.

Результаты измерения интергармонических центрированных подгрупп $I_{isg,h}$ на интервале времени 10/12 периодов маркируют, если в течение этого интервала времени происходит провал напряжения или перенапряжение (см. 5.4), или прерывание напряжения (см. 5.5).

Классы S и B

Методы измерения и алгоритм объединения результатов измерений устанавливает изготовитель СИ.

А. 7 Характеристики провала напряжения

А.7.1 Основные положения

Провалы напряжения являются распространенными событиями нарушения КЭ. В нормативной части настоящего стандарта провалы напряжения характеризуются двумя параметрами: глубиной и длительностью. Эти параметры получают измерением среднеквадратического значения напряжения, 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 событий нарушения КЭ.

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.

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

А.7.2 Быстро обновляемые среднеквадратические значения

Во время провала напряжения может быть полезным вычислять одноперiодные среднеквадратические значения, обновляемые чаще, чем каждый полупериод (как определено в нормативной части настоящего стандарта). Например, может быть полезным обновлять одноперiодное среднеквадратическое 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 среднеквадратических значений напряжения позволяют правильно оценить мощность в резистивной нагрузке. Однако электронные устройства, как правило, восприимчивы не к среднеквадратическому значению напряжения, а к пиковому значению сигнала, и нечувствительны к другим характеристикам формы сигнала. Для оценки влияния провала напряжения на электронные устройства могут быть полезны алгоритмы, не основанные на среднеквадратическом значении напряжения.

А.7.3 Угол фазового сдвига

Для некоторых применений электрооборудования важной характеристикой является угол фазового сдвига, при котором начинается провал напряжения. Это имеет место, например в случаях самопроизвольного отпускания электромеханических контакторов.

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.7.4 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.7.2, 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 выбросов в различных фазах.

А.7.5 Угол фазового сдвига во время провала напряжения

В некоторых ситуациях, например, в трехфазных выпрямителях, угол фазового сдвига при провале напряжения может иметь важное значение. Такой угол фазового сдвига 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 угла 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.7.6 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.7.7 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.7.8 Другие характеристики

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 [6] и [16].

Приложение В
(справочное)

Измерения показателей качества электрической энергии — руководство по проведению

В.1 Измерения показателей КЭ при выполнении условий договоров

В.1.1 Введение

Приведенные в настоящем подразделе материалы представляют собой рекомендации по измерениям показателей КЭ при выполнении условий договоров. В них изложены факторы, которые следует учитывать сторонам договорных отношений.

Примечание — В настоящем разделе обсуждаются способы оценки показателей КЭ, относящихся к напряжению.

При включения вопросов обеспечения КЭ 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 Общее рассмотрение

Условия договора, относящиеся к КЭ, должны быть выполнимы одной стороной и приемлемы для другой. В качестве отправной точки при установлении вопросов КЭ в договоре должен быть указан стандарт, устанавливающий нормы КЭ (см. ***ГОСТ 13109***). Следует учитывать сведения об ожидаемых и фактических значениях показателей КЭ в электрических сетях, приведенные в стандартах МЭК, например [17] — [21].

Для того чтобы результаты измерений показателей КЭ 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.

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 КЭ 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 КЭ 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 КЭ.

Если проведение измерений показателей КЭ считается необходимым для оценки соответствия электроснабжения условиям договора, то на сторону договора, которая считает измерения необходимыми, должна быть возложена ответственность за их организацию (если не проводится непрерывный мониторинг КЭ). 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 КЭ, подлежащие измерениям, и места размещение СИ. При выборе интервалов времени измерений и номенклатуры показателей КЭ см. в качестве примера В.1.3 настоящего стандарта.

Способ подключения СИ (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 КЭ.

В.1.3 Специальные вопросы

В.1.3.1 Общие положения

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

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

Значения многих показателей КЭ (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).

В.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 верхний или нижний 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.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

В.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 верхний и/или нижний предельные значения, установленные в договоре.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

В.1.3.4 Доза фликера

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.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

В.1.3.5 Провалы напряжения и перенапряжения

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

Методы оценки основаны на установлении сторонами договора 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 провала напряжения и перенапряжения;
- методы объединения результатов измерений по времени;
- методы объединения результатов измерения в различных местах установки СИ, если измерение 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.

B.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.

B.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.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

B.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 3 с (150/180 периодов).

Методы оценки основаны на использовании значений на интервалах времени 3 с (150/180 периодов) и/или 10 мин.

Договорные значения (нормы КЭ) 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.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

B.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 оценка, по крайней мере, в течение одной недели при использовании значений, измеренных на интервалах времени 3 с (150/180 периодов).

Методы оценки основаны на использовании значений на интервалах времени 3 с (150/180 периодов) и/или 10 мин.

Договорные значения (нормы КЭ) 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.

Могут быть применены другие методы оценки, согласованные сторонами договора.

В.1.3.10 Напряжения сигналов в электрических сетях

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

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).

В.2 Проведение статистических наблюдений

В.2.1 Общие положения

В настоящем подразделе приведены рекомендации по организации и проведению статистических наблюдений (обследований) КЭ (включая непрерывный мониторинг).

При проведении статистических наблюдений (обследований) КЭ в интересах потребителя задача состоит в том, чтобы обеспечить потребителя сведениями о соответствии показателей качества электрической энергии, получаемой потребителем, совокупности статистических индексов КЭ, признанных сторонами договора. Эти статистические индексы КЭ могут основываться на требованиях стандарта или устанавливаться для конкретной электрической установки или образца оборудования.

При проведении обследований КЭ в интересах поставщика электрической энергии задача состоит в оценке существующего уровня КЭ (например, для подключения новой нагрузки).

Настоящий подраздел объясняет цель статистических наблюдений КЭ и содержит некоторые рекомендации. На основе обработки большого числа измеренных значений показателей КЭ проводится вычисление индексов КЭ для конкретной точки электрической сети или сети в целом, используемых в качестве исходных величин, позволяющих:

- проверить соответствие условиям договора (см. В.1);
- контролировать изменение показателей КЭ в течение продолжительного периода времени;
- сравнивать различные электрические сети в один и тот же период времени.

В.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 КЭ необходимо установить «область нормальных изменений» и решить, включать или не включать в эту область маркированные данные (см. 4.7). Область нормальных изменений затем разделяют на несколько классов одинаковой ширины. Выбранное число классов определяет величину доверительного интервала. Приемлемым считают число классов, равное 100. 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 КЭ

В.3.2.1 Характеристики отдельной точки электросети

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

- статистическим индексом (например, процентным отношением) для максимальных или средних значений в течение времени измерений (см. [19] для гармоник, [20] для фликера и [21] для несимметрии напряжений);
- подсчетом событий нарушения КЭ в табличной форме.

Примеры индексов КЭ для различных показателей КЭ приведены в В.1.3.

Б.3.2.2 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 ухудшения КЭ.

В.2.4 Цели проведения мониторинга КЭ

Мониторинг КЭ 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 КЭ, в основном, могут быть следующие основания:

1) необходимость устранения повреждений, вызывающих ухудшение КЭ путем выявления несовместимостей между системой электроснабжения и ТС, входящими в состав электрических установок;

2) необходимость оценки КЭ, т. е. электромагнитной обстановки в конкретной точке для совершенствования методов регулирования или проведения мероприятий по улучшению КЭ;

3) планирование подключения новых ТС, т. е. анализ качества функционирования ТС после подключения нового оборудования, а также обоснование требований к устройствам обеспечения КЭ, планируемым к подключению внутри электроустановки.

В любом случае при организации мониторинга КЭ наиболее важно четкое понимание целей мониторинга. От целей мониторинга зависят номенклатура показателей КЭ, подлежащих измерению, продолжительность мониторинга и пороговые значения, с которыми будут сравниваться измеренные значения показателей КЭ.

В.2.5 Экономические аспекты мониторинга КЭ

На стоимость и общую экономическую эффективность измерений (мониторинга) влияют несколько факторов, в том числе стоимость:

- применения СИ;
- применения измерительных преобразователей;
- монтажа СИ в местах измерения, включая доступ для подключения;
- обслуживания;
- передачи данных;
- управления данными (создание баз данных и т. д.);
- обработки и анализа данных, а также продолжительность обследования.

Из этого перечня стоимость применения собственно СИ редко является наиболее затратным фактором. На подстанциях и в электрических сетях поставщиков электрической энергии стоимость монтажа и обслуживания СИ обычно значительно доминирует над стоимостью применения СИ. Если рассматривается длительный процесс измерений, то начинает доминировать стоимость передачи и анализа данных. Следовательно, при организации мониторинга КЭ целесообразно применять СИ, которые легко устанавливать, иметь достаточно возможностей для связи и передачи данных и проводить сбор данные 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 КЭ требованиям, установленным в стандарте, устанавливающем нормы КЭ, например [8] (см. также ***ГОСТ 13109***). 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 достаточно информации для соответствующего проведения оценки. Факторы, которые следует учитывать при выборе продолжительности измерений, включают:

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

Перед организацией постоянной системы мониторинга КЭ 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.

Следует также учитывать возможность связи с потребителем для улучшения его отношений с поставщиком.

В.3 Места проведения и виды наблюдений

В.3.1 Места проведения мониторинга КЭ

Выбор мест для установки СИ зависит от цели обследования. Если цель проведения мониторинга заключается в анализе проблем, связанных с качеством функционирования ТС, подключенных к электрическим сетям, то СИ 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 выявлено ухудшение КЭ, возможно перемещение СИ в пределах электрической системы для обнаружения источника помех.

Место монтажа СИ при проведении мониторинга следует выбирать с учетом затрат и удобств применения при выполнении технических, методических требований и правовых положений. Например, 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 договоров, место размещения СИ должно быть согласовано сторонами договора. Как правило, в качестве места размещения СИ выбирают точку общего присоединения к электрической сети, определяемую как точка электрической сети, электрически ближайшая к входным устройствам рассматриваемого приемника электрической энергии, к которой присоединены или могут быть присоединены входные устройства других приемников.

В.3.2 Обследование объектов перед проведением мониторинга КЭ

Перед проведением измерений следует собрать сведения об обстановке в системе электроснабжения. Это облегчит целесообразный выбор мест размещения СИ, 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.

В.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.

В.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

Б.4.1 Возможности подключения СИ

При подключении СИ 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 СИ во многом зависит от целей проведения обследования. Иногда требования к подключению СИ могут быть регламентированы в стандарте, устанавливающем нормы КЭ, 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 КЭ, 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 помех.

В.4.2 Измеряемые показатели КЭ

Номенклатура измеряемых величин зависит, в основном, от целей проведения мониторинга, стандартов, применяемых при оценке соответствия, а также от других факторов. При организации мониторинга необходимо для упорядочения базы данных и экономии пространства данных установить очередность получения измеряемых величин, например в следующем виде:

a) основные параметры сети (напряжение, ток, мощность и т. д.);
b) провалы и выбросы напряжения;
c) гармоники напряжения;
d) гармоники тока;
e) несимметрия;
f) низкочастотные переходные процессы (переключение конденсаторов);
g) фликер;

h) интергармоники напряжения и тока;

i) сигналы, передаваемые по электрическим сетям.

Данная очередность приведена в качестве примера, действительная очередность будет определяться целями и задачами конкретных измерений. Если очередность получения данных установлена и ее с учетом проведен выбор СИ, рекомендуется, чтобы была использована вся информация, получаемая от СИ. 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 СИ и влияние стоимости/времени передачи данных.

В.4.3 Мониторинг показателей КЭ, относящихся к току

Как правило, потребитель несет ответственность за ток, который принадлежащее ему техническое средство получает из системы электроснабжения или инжектирует в систему электроснабжения, а поставщик электрической энергии — несет ответственность 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 СИ в положении «вверх по течению» или «вниз по течению». Это особенно справедливо в отношении провалов напряжения.

В.5 Выбор пороговых значений и продолжительности мониторинга

В.5.1 Пороговые значения при мониторинге КЭ

Пороговые значения при мониторинге могут быть определены, исходя из статистических индексов, с которыми сравнивают результаты измерений, или из требований к ТС, подключенным к электрическим сетям. 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, СИ, развернутые на распределительных электрических линиях, с регулированием напряжения трансформаторами с ответвлениями и батареями конденсаторов, могут использовать фиксированные пороговые значения. Однако при установке СИ в передающих системах или других частях электрических сетей, не имеющих прямого регулирования напряжения, следует использовать скользящие опорные значения.

В.5.2 Продолжительность мониторинга КЭ

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

Часто полезно сравнить результаты измерений КЭ, 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 установлены в стандартах, устанавливающих нормы КЭ (см. например, ***ГОСТ 13109***). В любом случае измерения таких событий ухудшения КЭ, как провалы и выбросы напряжения, требуют длительного периода измерений (месяцы) для получения данных, необходимых для значимой оценки. Более редкие события ухудшения КЭ, 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 КЭ (см., например, ***ГОСТ 13109***), 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.

В.6 Статистический анализ результатов измерений

В.6.1 Общие положения

Для обработки результатов измерений должен быть применен статистический анализ. В зависимости от целей измерений и номенклатуры измеряемых показателей КЭ могут быть выбраны различные методы анализа, в том числе, основанные:

- на подсчете числа событий, при которых превышается установленное пороговое значение;
- группировании большого числа результатов измерений, проведенных в одинаковых условиях, с их приведением к одному или нескольким значением. 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 %.

В.6.2 Индексы КЭ

Перед проведением измерений необходимо выбрать применяемые статистические индексы КЭ, 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 КЭ, необходим выбор комплекта индексов для конкретных измерений. В документах, указанных в Библиографии, приведены ссылки на ряд работ, проведенных по вопросам вычисления статистических индексов КЭ.

В.7 Измерение показателей КЭ для устранения технических проблем

В.7.1 Общие положения

Устранение повреждений, вызывающих ухудшение КЭ, 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) КЭ. Для того чтобы минимизировать объем сведений, сохраняемых и обрабатываемых при отыскании повреждения, целесообразно фиксировать и выдавать только те данные, которые были получены СИ непосредственно перед событием, во время и после события (например, провала напряжения или переходного процесса).

В.7.2 Графические характеристики КЭ

Графические характеристики (сигнатуры) КЭ представляют собой графические представления событий нарушения КЭ, 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 КЭ может меняться от 100 мкс до 30 дней. Шкалу времени для представления события нарушения КЭ определяют с использованием СИ на основе характеристик и длительности события.

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

Графические характеристики КЭ 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 КЭ и принять соответствующее решение.

С использованием графической характеристики провала напряжения эксперт может, например, определить, что причиной ухудшения КЭ 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 КЭ, 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 КЭ 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 нарушения КЭ.

Приложение С
(справочное)

Рекомендации по характеристикам средств измерений

С.1 Общие положения

Настоящий стандарт представляет собой основополагающую публикацию в области ЭМС. Вместе с тем детальное руководство по характеристикам СИ, методам подтверждения выполнения установленных требований к характеристикам СИ, дополнительным влияющим величинам и другие аналогичные сведения должны быть приведены в стандарте, распространяющемся на группу продукции. Однако стандарт, распространяющийся на группу продукции, в настоящее время отсутствует и пользователи настоящего стандарта будут вынуждены устанавливать требования к СИ, проводить их конструирование, выбирать или испытывать СИ, применяя настоящий основополагающий стандарт. В этой связи в данном приложении приведены некоторые рекомендации, не имеющие нормативного характера.

После завершения работы над стандартом, распространяющимся на группу продукции, данное приложение в следующем издании настоящего стандарта будет исключено.

С.2 Суммарные требования

Таблица С.1 содержит информацию о суммарных требованиях к характеристикам процесса измерения классов A и S. В случае противоречий между таблицей С.1 и нормативной частью настоящего стандарта преимущество имеет нормативная часть стандарта.

Т а б л и ц а С.1 — Суммарные требования

Показатель КЭ, пункт стандарта	Класс характеристик процесса измерений	Метод измерений	Неопределенность измерений	Диапазон измерений [1]	Область значений влияющей величины [2]	Метод объединения
Частота, 5.1	A	5.1.1	± 0,01 Гц	(42,5–57,5)Гц / (51–69)Гц	(42,5–57,5) Гц / (51–69) Гц	Требования не установлены
	S	То же	± 0,05 Гц	То же	То же	То же
Значение напряжения, 5.2	A	5.2.1	± 0,1 % от U_{din}	(10 – 150) % от U_{din}	(10 – 200) % от U_{din}	4.4 и 4.5
	S	То же	± 0,5 % отU_{din}	(20 – 120) % от U_{din}	(10 – 150) % от U_{din}	То же
Кратковременная доза фликера, 5.3	A	[5]	[5]	0,2 – 10 (P_{st})	0 – 20 (P_{st})	ГОСТ Р 51317.4.15
	S	То же	5.3.2	0,4 – 4 (P_{st})	0 – 10 (P_{st})	То же
Провалы и выбросы напряжения, 5.4	A	$U_{rms(1/2)}$	Амплитуда ± 0,1 % от U_{din} Длительность ± 1/2 периода	Не применяют	Не применяют	Требования не установлены
	S	5.4.1	Амплитуда ± 1 % от U_{din} Длительность ± 1/2 периода или ± 1 период	То же	То же	То же

Продолжение таблицы С.1

Показатель КЭ, пункт стандарта	Класс характеристик процесса измерений	Метод измерений	Неопределенность измерений	Диапазон измерений [1)]	Область значений влияющей величины [2)]	Метод объединения
Прерывания напряжения, 5.5	A	$U_{rms(1/2)}$	Длительность ± 1/2 периода	Не применяют	Не применяют	Требования не установлены
	S	5.5.1	Длительность ± 1/2 периода или ± 1 период	То же	То же	То же
Несимметрия напряжений, 5.7	A	Коэффициенты несимметрии K_2 и K_0	± 0,15 %	(0,5–5) % (K_2) (0,5–5) % (K_0)	(0–5) % (K_2) (0–5) % (K_0)	4.4 и 4.5
	S	Коэффициент несимметрии K_2 Дополнительно-коэффициент несимметрии K_0	± 0,3 %	(1–5) % (K_2) (1–5) % (K_0) (если применяют)	(0–5) % (K_2) (0–5) % (K_0) (если применяют)	То же
Гармоники напряжения, 5.8	A	5.8.1	[5], класс I	(10–200) % класс 3 [9]	200 % класс 3 [9]	4.4 и 4.5
	S	То же	200 % [9], класс II	(10–100) % класс 3 [9]	200 % класс 3 [9]	То же
Интергармоники напряжения, 5.9	A	5.8.1	[5], класс I	(10–200) % класс 3 [9]	200 % класс 3 [9]	4.4 и 4.5
	S	То же	Устанавливается изготовителем СИ	Устанавливается изготовителем СИ	200 % класс 3 [9]	То же
Информационные сигналы в электрической сети, 5.10	A	5.10.1	5.10.2	(0–15) % от U_{din}	(0–15) % от U_{din}	Требования не установлены
	S	Устанавливается изготовителем СИ	Устанавливается изготовителем СИ	Устанавливается изготовителем СИ	То же	То же
Отрицательные/положительные отклонения напряжения, 5.12	A	5.12.1	5.12.2	5.12.2	Не применяют	Требования не установлены
	S	Устанавливается изготовителем СИ	Устанавливается изготовителем СИ	Устанавливается изготовителем СИ	То же	То же

Окончание таблицы С.1

Показатель КЭ, пункт стандарта	Класс характеристик процесса измерений	Метод измерений	Неопределенность измерений	Диапазон измерений [1]	Область значений влияющей величины [2]	Метод объединения
Микросекундные импульсные помехи (см. также [8])	A	Требования не установлены	Требования не установлены	Требования не установлены	Пиковое значение 6 кВ [3]	Требования не установлены
	S	То же	То же	То же	Требования не установлены	То же
Наносекундные импульсные помехи	A	Требования не установлены	Требования не установлены	Требования не установлены	Пиковое значение 4 кВ [3]	Требования не установлены
	S	То же	То же	То же	Требования не установлены	То же

[1] СИ должны удовлетворять требованиям к неопределенности измерений в пределах диапазона измерений

2) Если параметры измеряемых сигналов превышают диапазон измерений СИ, то при изменениях параметров до предельных значений области влияющих величин включительно, на мониторе СИ должно быть указано состояние перегрузки. Данное требование не применяют при воздействии переходных процессов напряжения.

3) Воздействие на СИ микросекундных импульсных помех большой энергии и наносекундных импульсных помех не должно оказывать влияния на результаты измерений после окончания помех. При подтверждении требований к неопределенности измерений переходные процессы напряжения подают на измерительные зажимы СИ, а не на зажимы электропитания.

Примечание — Класс В характеристик процесса измерений не включен в настоящую таблицу, т. к. не рекомендован для новых конструкций СИ и может быть исключен в следующем издании настоящего стандарта.

С.3 Руководство по испытаниям

Показатели КЭ в настоящем стандарте могут быть отнесены к двум категориям явлений — длительным и имеющим переходный характер. Показатели КЭ, связанные с длительными явлениями, относятся к значению напряжения, частоте, гармоникам, фликеру, несимметрии. Показатели КЭ, связанные с явлениями, имеющими переходный характер, относятся к провалам напряжения, перенапряжениям и прерываниям напряжения.

Испытания при неизменяющихся измеряемых сигналах, установленные в разделе 6, достаточны для подтверждения выполнения установленных требований к неопределенности измерений, характеристикам СИ и реакции на влияющие величины при измерении показателей КЭ, связанных с длительными явлениями. Однако испытания при неизменяющихся сигналах в соответствии с разделом 6 не позволяют полностью подтвердить, что требования настоящего стандарта реализованы при измерении всех показателей КЭ.

Для показателей КЭ обеих категорий, связанных с непрерывными явлениями и явлениями, имеющими переходный характер, требования к реализации в СИ методов измерений, установленных в разделе 5, могут быть подтверждены лишь при использовании изменяющихся измеряемых сигналов.

Например, необходимо будет подтвердить, что метод измерения провалов напряжения, реализованный в СИ, соответствует требованиям 5.4. Тогда первый измеряемый изменяющийся сигнал следует применить для подтверждения того, что действительно проводится измерение среднеквадратического значения провала напряжения; второй изменяющийся сигнал — для подтверждения того, что действительное среднеквадратическое значение рассчитывается каждый период; третий изменяющийся сигнал — для подтверждения того, что действительное среднеквадратическое значение обновляется каждую половину периода; четвертый изменяющийся сигнал — для подтверждения того, что полупериоды независимо синхронизируются в каждом канале; пятый изменяющийся сигнал — для подтверждения правильности измерения глубины и длительности многофазных провалов напряжения.

Приведенный выше пример должен служить лишь иллюстрацией. Полное подтверждение выполнения установленных требований к методам измерений применительно ко всем показателям КЭ может требовать проведения испытаний с применением сотен изменяющихся сигналов (альтернативным методом подтверждения выполнения установленных требований в определенных случаях могут быть детальные проверки программного обеспечения СИ).

В настоящем стандарте не установлен полный перечень испытаний для подтверждения того, что методы измерений были реализованы в СИ правильно. Такой перечень будет приведен в стандарте, распространяющемся на группу продукции.

Следует учитывать, что значения некоторых параметров в конкретных классах требования могут быть «установлены изготовителем СИ». При подтверждении выполнения требований к характеристикам СИ соответствие данным видам требований следует подтвердить путем изучения технических документов на СИ.

С.4 Рекомендации по содержанию технических документов

Указание в технических документах изготовителя о том, что СИ соответствует требованиям класса A, S или B, является недостаточным. Должны быть дополнительно приведены следующие сведения:

- допустимые пределы изменения U_{din} и пределы измеряемых частот;
- любые аксессуары или опции, необходимые для обеспечения соответствия требованиям настоящего стандарта;
- перечень всех измеряемых показателей КЭ в соответствии с номенклатурой, установленной в настоящем стандарте, с указанием подтвержденного класса характеристик процесса измерений.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60050-161:1990 Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость	MOD	ГОСТ 30372—95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения
IEC 61000-3-3:2008 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А на фазу, не подлежащего условному подключению	MOD	ГОСТ 30804.3.3—2013 (IEC 61000-3-3:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничения изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний
IEC 61000-3-11:2000 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-11. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения. Оборудование с потребляемым током не более 75 А, подлежащее условному подключению	MOD	ГОСТ 30804.3.11—2013 (IEC 61000-3-11:2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническим средствами с потребляемым током не более 75 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения при определенных условиях. Нормы и методы испытаний
IEC 61000-4-7:2009 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-7. Методы испытаний и измерений. Общее руководство по измерениям гармоник и интергармоник и измерительным приборам для систем электроснабжения и подключаемого к ним оборудования	MOD	ГОСТ 30804.4.7—2013 (IEC 61000-4-7:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств
CISPR 16-4-2:2003 Требования к аппаратуре для измерения радиопомех и помехоустойчивости и методы измерений. Часть 4-2. Неопределенности, статистика и моделирование норм. Неопределенность измерений в области ЭМС	MOD	ГОСТ 30805.16.4.2—2013 (СИСПР 16-4-2:2003) Совместимость технических средств электромагнитная. Неопределенность измерений в области электромагнитной совместимости
В настоящем стандарте использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - MOD – модифицированные стандарты.		

Библиография

[1] МЭК 61557-12:2007 (IEC 61557-12:2007) — Электрическая безопасность в низковольтных распределительных системах напряжением до 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Аппаратура для испытаний, измерений или контроля средств защиты. Часть 12. Характеристики средств измерений и контроля
(Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. — Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures — Part 12: Performance measuring and monitoring devices (PMD)

[2] МЭК 60050-161:1990 (IEC 60050-161:1990) — Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость
(International Electrotechnical Vocabulary (IEV) — Chapter 161: Electromagnetic compatibility)

[3] МЭК 60050-300:2001 (IEC 60050-300:2001) — Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и средства измерений. Часть 311. Общие термины, относящиеся к измерениям. Часть 312. Общие термины, относящиеся к измерениям электрических величин. Часть 313. Типы электрических средств измерений. Часть 314. Частные термины в соответствии с типами средств измерений
(International Electrotechnical Vocabulary — Electrical and electronic measurements and measuring instruments — Part 311: General terms relating to measurements — Part 312: General terms relating to electrical measurements — Part 313: Types of electrical measuring instruments — Part 314: Specific terms according to the type of instrument)

[4] МЭК 61000-4-30:2008 (IEC 61000-4-30:2008) — 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)

[5] МЭК 61000-4-15:2010 (IEC 61000-4-15:2010) — Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-15. Методы измерений и испытаний. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования
(Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Flikermeter — Functional and design specifications

[6] МЭК 61000-2-8:2002 (IEC 61000-2-8:2002) — Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-8. Электромагнитная обстановка. Провалы напряжения и кратковременные прерывания в общественных системах электроснабжения со статистическими результатами измерений
(Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-8: Environment — Voltage dips, short interruptions on public electric power supply system with statistical measurement results)

[7] МЭК 61000-3-8:1997 (IEC 61000-3-8:1997) — Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Электромагнитная обстановка. Раздел 8. Передача сигналов в низковольтных электрических установках. Уровни электромагнитной эмиссии, полосы частот и уровни электромагнитных помех
(Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits — Section 8: Signalling on low-voltage electrical installations — Emission levels, frequency bands and electromagnetic
disturbance levels)

[8] ЕН 50160:2007 (EN 50160:2007) — Характеристики напряжения электричества, поставляемого общественными распределительными системами
(Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems).

[9] МЭК 61000-2-4:2002 (IEC 61000-2-4:2002) — Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2. Электромагнитная обстановка. Раздел 4. Уровни электромагнитной совместимости на промышленных предприятиях для низкочастотных кондуктивных помех.
(Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2: Environment — Section 4: Compatibility levels in industrial plants for low frequency conducted disturbances)

[10] МЭК 61000-3-8:1997 (IEC 61000-3-8:1997)	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Нормы. Раздел 8. Сигнализация в низковольтных электрических установках. Уровни эмиссии, полосы частот и уровни электромагнитных помех. (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits- Section 8: Signalling on low — voltage electrical installation — Emission levels, frequency bands and electromagnetic disturbance levels)
[11] МЭК 61180 (Части 1, 2) [(IEC 61180 (Parts 1, 2)]	Методы высоковольтных испытаний для низковольтного оборудования. (High-voltage test techniques for low voltage equipment)
[12] МЭК 61010 (Части 1, 2, 3, 031) [IEC 61010 (Parts 1, 2, 3, 031)]	Требования безопасности электрического оборудования для измерения, управления и лабораторного применения (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use)
[13] МЭК 61010-2-032:2002 (IEC 61010-2-032:2002)	Требования безопасности электрического оборудования для измерения, контроля и лабораторного применения. Часть 2-032. Частные требования для переносных токосъемников и токосъемников с ручным управлением для электрических измерений и испытаний (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use — Part 2-032: Particular requirements for hand-held and hand-manipulatedcurrent sensors for electrical test and measurement)
[14] МЭК 60044-2:2003 (IEC 60044-1:2003)	Измерительные трансформаторы. Часть 2. Индуктивные трансформаторы напряжения (Instrument transformers — Part 2: Inductive voltage transformers)
[15] МЭК 60044-1:2003 (IEC 60044-1:2003)	Измерительные трансформаторы. Часть 1. Трансформаторы тока (Instrument transformers — Part 1: Current transformers)
[16] Стандарт института инженеров по электротехнике и электронике ИИЭЭ 1159:2008 (IEEE 1159:2008)	Рекомендуемая практика мониторинга качества электрической энергии (Recommended practice for monitoring electric power quality)
[17] МЭК 61000-2-2:2002 (IEC 61000-2-2:2002)	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-2. Электромагнитная обстановка. Уровни электромагнитной совместимости для низкочастотных кондуктивных помех и сигналов в общественных низковольтных системах электроснабжения (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-2: Environment — Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low voltage power supply systems))
[18] МЭК 61000-2-12:2003 (IEC 61000-2-12:2003)	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 2-12. Электромагнитная обстановка. Уровни электромагнитной совместимости для низкочастотных кондуктивных помех и сигналов в общественных системах электроснабжения среднего напряжения (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 2-12: Environment — Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public medium-voltage power supply systems)
[19] МЭК/ТО 61000-3-6:2008 (IEC/TR 61000-3-6:2008)	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Нормы. Раздел 6. Оценка норм электромагнитной эмиссии для установок, являющихся искажающими нагрузками в системах электроснабжения среднего, высокого и крайне высокого напряжения (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-6: Limits — Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems)

[20] МЭК/ТО 61000-3-7:2008 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3. Нормы. Раздел 7. Оценка норм электромагнитной эмиссии для электрических установок, вызывающих колебания напряжения в системах электроснабжения среднего, высокого и крайне высокого напряжения

(IEC/TR 61000-3-7:2008) (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-7: Limits — Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems)

[21] МЭК/ТО 61000-3-13:2008 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-13. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии при подключении несимметричных электрических установок к системам среднего, высокого и крайне высокого напряжения

(IEC/TR 61000-3-13:2008) (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-13: Limits — Assessment of emission limits for the connection of unbalanced installations to MV, HV and EHV power systems)

УДК 621.396/.397.4:006.354 МКС 33.100.99 MOD

Ключевые слова: электромагнитная энергия, электромагнитная совместимость, система электроснабжения, электрическая сеть, качество электрической энергии, показатели качества, частота электроснабжения, фликер, гармоники напряжения и тока, несимметрия напряжений, провалы и прерывания напряжения, методы измерений, средства измерений, неопределенность измерений, мониторинг качества электрической энергии

Редактор *С.Д. Кириленко*
Технический редактор *А.И. Белов*
Корректор *И.А. Белова*
Компьютерная верстка *А.С. Шаповаловой*

Сдано в набор 14.11.2013. Подписано в печать 28.03.2014. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,20. Тираж 58 экз. Зак. 693.

Набрано в Издательском доме «Вебстер»
www.idvebster.ru project@idvebster.ru

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru