ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 51317.4.15— 2012 (МЭК 61000-4-15:2010)

Совместимость технических средств электромагнитная

ФЛИКЕРМЕТР

Функциональные и конструктивные требования

IEC 61000-4-15:2010
Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Flikermeter — Functional and design specifications (MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН ЗАО «Научно-испытательный центр «САМТЭС» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств» на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2012 г. № 1178-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 61000-4-15:2010 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-15. Методы испытаний и измерений. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования» [IEC 61000-4-15:2010 «Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Flikermeter — Functional and design specifications»]. При этом дополнительные положения, включенные в текст стандарта для учета особенностей российской национальной стандартизации, выделены в тексте стандарта курсивом.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (пункт 3.5).

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 51317.4.15—99 (МЭК 61000-4-15—97)

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

© Стандартинформ, 2014

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 и цель . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Параметры и обозначения . . . 2
3.1 Непосредственно измеряемые параметры и характеристики . . . 2
3.2 Обозначения . . . 4
4 Описание прибора . . . 5
4.1 Общие положения . . . 5
4.2 Блок 1 — адаптер входного напряжения . . . 5
4.3 Блок 2 — квадратичный умножитель . . . 5
4.4 Блок 3 — взвешивающие фильтры . . . 5
4.5 Блок 4 — квадратичная обработка и сглаживание . . . 5
4.6 Блок 5 — текущий статистический анализ . . . 6
4.7 Выходы прибора . . . 6
5 Технические требования . . . 7
5.1 Отклик и точность . . . 7
5.2 Пределы входного напряжения . . . 10
5.3 Адаптер напряжения . . . 11
5.4 Взвешивающие фильтры . . . 11
5.5 Отклик взвешивающего фильтра в блоке 3 . . . 11
5.6 Квадратичный умножитель и сглаживающий фильтр среднего значения . . . 12
5.7 Общая процедура статистического анализа . . . 12
6 Испытания фликерметра . . . 13
6.1 Общие положения . . . 13
6.2 Синусоидальные/прямоугольные изменения напряжения . . . 14
6.3 Прямоугольные изменения напряжения и испытания на функционирование . . . 14
6.4 Комбинированные изменения частоты и напряжения — фликерметры класса F1 . . . 15
6.5 Искаженное напряжение с многократными пересечениями нуля — фликерметры класса F1 . . . 16
6.6 Испытания на ширину полосы частот с использованием однополосной модуляции гармониками и интергармониками . . . 16
6.7 Скачки фазы — фликерметры класса F1 . . . 16
6.8 Прямоугольные изменения напряжения с 20-процентным рабочим циклом . . . 17
6.9 Испытания d-параметров d_c, d_{max} и $d(t) > 3{,}3$ % . . . 18
7 Внешние воздействующие факторы и другие требования . . . 19
7.1 Общие положения . . . 19
7.2 Испытания изоляции, испытания на воздействие климатических факторов, на соответствие требованиям электромагнитной совместимости и другие испытания . . . 19
Приложение А (обязательное) Способы повышения точности оценки фликера . . . 22
Приложение В (справочное) Значения $\Delta U/U$ и числа изменений напряжения, примеры d_c, d_{max} и $d(t)$ . . . 23
Приложение С (справочное) Образцы протоколов типовых испытаний . . . 26
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 30
Библиография . . . 31

Предисловие к МЭК 61000-4-15: 2010

Международный стандарт МЭК 61000-4-15:2010 разработан подкомитетом 77А «Низкочастотные электромагнитные явления» Технического комитета МЭК ТК 77 «Электромагнитная совместимость».

МЭК 61000-4-15:2010 основан на работах рабочей группы «Помехи» Международного союза по электротермии (UIE), работах Института инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и на работах, проведенных непосредственно в МЭК.

Настоящий стандарт представляет собой часть 4-15 серии стандартов МЭК 61000. Он имеет статус основополагающей публикации МЭК в соответствии с Руководством МЭК 107 (IEC Guide 107).

Стандарт МЭК 61000-4-15:2010 (второе издание) отменяет и заменяет первое издание стандарта МЭК 61000-4-15:1997* и Изменение 1 (2003 г.) к первому изданию.

В текст стандарта 61000-4-15:2010 внесены изменения по отношению к стандарту МЭК 61000-4-15:1997. В частности, добавлены и прояснены определения некоторых непосредственно измеряемых параметров, что способствует исключению неоднозначных интерпретаций.

---

* ГОСТ Р 51317.4.15—99 (МЭК 61000-4-15—97).

Введение к МЭК 61000-4-15: 2010

Настоящий стандарт является частью стандартов МЭК серии 61000 согласно следующей структуре:

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 тех случаях, когда они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на продукцию).

Часть 4. Методы испытаний и измерений

Методы измерений.

Методы испытаний.

Часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению

Руководства по установке.

Руководства по помехоподавлению.

Часть 6. Общие стандарты

Часть 9. Разное

Каждая часть подразделяется на разделы, которые могут быть опубликованы как международные стандарты либо как технические условия или технические отчеты. Некоторые из указанных разделов опубликованы. Другие опубликованы и будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем второй номер, указывающий раздел (например, 61000-6-1).

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Совместимость технических средств электромагнитная

ФЛИКЕРМЕТР

Функциональные и конструктивные требования

Electromagnetic compatibility of technical equipment. Flikermeter.
Functional and design specifications

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения и цель

Настоящий стандарт устанавливает функциональные и конструктивные требования к приборам для измерений характеристик фликера (фликерметрам), предназначенным для индикации точного уровня восприятия фликера применительно ко всем встречающимся на практике формам колебаний напряжения (далее — приборы).

В настоящем стандарте представлены сведения, позволяющие выполнить конструирование такого прибора, и установлен метод оценки дозы фликера на основе использования выходных сигналов фликерметра, соответствующего требованиям настоящего стандарта.

Требования и методы испытаний приборов, установленные в настоящем стандарте, относятся исключительно к измерениям на входах прибора напряжением 120 и 230 В частотой 50 и 60 Гц. Характеристики некоторых ламп накаливания, применяемых при других напряжениях, достаточно близки к указанным в таблицах 1 и 2. Поэтому для этих других напряжений могут быть применены поправочные коэффициенты. Некоторые из этих поправочных коэффициентов приведены в приложении В. Детальные требования в отношении напряжений и частот, отличных от указанных выше, находятся на рассмотрении.

Целью стандарта является обеспечение основными сведениями, необходимыми для конструирования и изготовления прибора аналогового или цифрового вида.

Настоящий стандарт не устанавливает допустимых норм фликера.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 50397—2011 (МЭК 60050-161:1990) Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения

ГОСТ Р 51522.1—2011 (МЭК 61326-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 30804.3.3—2013 (IEC 61000-3-3:2008) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение 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

Издание официальное

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

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

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

3 Параметры и обозначения

3.1 Непосредственно измеряемые параметры и характеристики

3.1.1 Общие положения

На рисунках B.2a, B.2b, B.2c и B.2d приложения B представлены примеры, предназначенные для оказания помощи изготовителям фликерметров в правильном применении определений параметров, установленных в настоящем подразделе.

3.1.2 **среднеквадратическое значение напряжения, измеряемое для каждого полупериода** (half-period rms value of the voltage) U_{hp}: Среднеквадратическое значение напряжения сети электропитания, определяемое на интервале времени, равном одному полупериоду между смежными пересечениями нуля и напряжением основной частоты.

3.1.3 **характеристика изменений во времени среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода** (half-period rms value characteristics) $U_{hp}(t)$: Функция времени, представляющая собой последовательность среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода, определяемая последовательными значениями U_{hp} (см. также примеры в приложении B).

3.1.4 **относительная характеристика изменений во времени среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода** (relative half-period rms value characteristics) $d_{hp}(t)$: Функция времени, представляющая собой отношение последовательности среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода, к номинальному значению напряжения U_n:

$$d_{hp}(t) = U_{hp}(t)/U_n. \quad (1)$$

3.1.5 Характеристики установившегося напряжения и изменения напряжения

В настоящем подразделе определены правила оценки изменений во времени среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода (среднеквадратических полупериодных напряжений).

Устанавливают два основных условия, относящихся к периодам времени, в течение которых напряжение считают установившимся, и к периодам, когда имеют место изменения напряжения.

Условия установившегося состояния напряжения имеют место, если среднеквадратическое полупериодное напряжение U_{hp} поддерживается в пределах установленного допуска ± 0,2 % U_n в течение интервала времени не менее 100/120 полупериодов основной частоты (для частот 50/60 Гц соответственно).

В начале испытаний среднее значение среднеквадратических полупериодных напряжений, определенное в течение последней секунды, предшествующей периоду наблюдения, используют в качестве начального опорного напряжения для измерений d_{max} и $d_{hp}(t)$, а также расчетов d_c и $d(t)$.

В случае, если условия установившегося напряжения в течение конкретного периода испытаний отсутствуют, параметр d_c считают равным нулю.

При проведении измерений в течение конкретного периода испытаний и наличии условий установившегося напряжения определяют скользящее опорное напряжение сравнения U_{hp_avg}, представляющее собой усредненное в течение одной секунды значение напряжений U_{hp}, т. е. используют для расчета U_{hp_avg} последние 100 значений U_{hp} (120 значений при частоте сети 60 Гц).

Рассчитанное значение U_{hp_avg} последовательно используют для проверки сохранения условий установившегося напряжения, а также в качестве опорного значения при определении d_c и $d_{\max}$, если имеет место изменение напряжения.

Для установления новых условий установившегося состояния «d_{ci}» после имевшего место изменения напряжения используют первое значение $d_{start_i} = d_{hp}(t = t_{start})$. По отношению к этому значению определяют допуск ± 0,002 U_n (т. е. ± 0,2 % U_n).

Считают, что условия установившегося состояния имеют место, если $U_{hp}(t)$ не выходит за пределы указанного выше допуска в течение последующих 100 полупериодов основной частоты (120 полупериодов при частоте сети 60 Гц).

Примечание — Использование параметра U_{hp_avg} в качестве скользящего напряжения сравнения предотвращает выход медленных изменений напряжения в линии за пределы d_c или $d_{\max}$ с одновременным уменьшением разности показаний двух приборов из-за различий между ними до значения 0,4 % U_n (т. е. ± 0,2 % U_n).

Условия установившегося состояния заканчиваются, если последовательно измеряемые значения U_{hp} $(t = t_x)$ выходят за установленные пределы допуска, т. е. $d_{hp}(t = t_x) > U_{hp_avg} + 0{,}002$ или $d_{hp}(t = t_x) < U_{hp_avg} - 0{,}002$.

Последнее значение в пределах установленных допусков обозначают $d_{end\,i} = d_{hp}(t = t_{x-1})$.

Значение d_{hp} $(t = t_x)$ используют как начальное значение для определения следующего условия установившегося состояния $d_{c\,i+1}$ $(= d_{start\ i+1})$.

Любое из значений d_{hp} $(t > t_x)$, вышедшее за пределы установленных допусков первым среди значений для 100/120 полупериодов, необходимых для определения установившегося состояния, используют в качестве первого значения для определения следующего установившегося состояния $d_{c\,i+1}$. Следовательно, новое установившееся состояние возникнет в момент времени завершения расчета U_{hp_avg}.

3.1.6 **изменение установившегося напряжения** (steady state voltage change) $\boldsymbol{d_{cj}}$: Значение разности между двумя последующими значениями установившегося напряжения, выраженное в процентах U_n, т. е. $d_{end\,i} - d_{start}$.

При этом необходимо идентифицировать полярность изменения (изменений) установившегося состояния (состояний) напряжения. Как следует из формулы, приведенной выше, результирующее значение d_{cj} будет положительным, если напряжение снижается в течение характеристики изменения напряжения. Результирующее значение d_{cj} будет отрицательным, если напряжение повышается в течение характеристики изменения напряжения.

3.1.7 **максимальное изменение напряжения в течение характеристики изменения напряжения** (maximum voltage change during voltage change characteristic) $\boldsymbol{d_{\max i}}$: Абсолютное значение максимальной разности между последним значением установившегося состояния $d_{end\ i-1}$ и последующим значением d_{hp} (t), наблюдаемыми в течение характеристики изменения напряжения, выраженное (в общем случае) в процентах U_n:

$$d_{\max i} = \max\,[d_{end\ i-1} - d_{hp}\ (t)]. \qquad (2)$$

Оценка $d_{\max i}$ заканчивается при возникновении нового установившегося состояния или в конце периода наблюдения.

При этом должна быть идентифицирована полярность изменения (изменений) напряжения. Если максимальное отклонение напряжения наблюдается в процессе уменьшения напряжения относительно $d_{end\ i-1}$, то из приведенной выше формулы следует, что результирующее значение $d_{\max i}$ будет положительным. Если максимальное отклонения напряжения наблюдается в процессе повышения напряжения относительно $d_{end\ i-1}$, то результирующее значение $d_{\max i}$ будет отрицательным.

3.1.8 **максимальное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения** (maximum steady state voltage change during an observation period) $\boldsymbol{d_c}$: Наибольшее значение всех абсолютных значений $d_{c\,i}$, наблюдаемых в течение периода наблюдения, т. е.:

$$d_c = \max_i(|d_{c\,i}|). \qquad (3)$$

3.1.9 **максимальное абсолютное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения** (maximum asolute steady state voltage change during an observation period) $\boldsymbol{d_{\max}}$: Наибольшее значение всех абсолютных значений $d_{\max i}$, наблюдаемых в течение периода наблюдения, т. е.:

$$d_{\max} = \max_i(|d_{\max i}|). \qquad (4)$$

3.1.10 Отклонение напряжения (voltage deviation) $d(t)$ — отклонение наблюдаемого значения $d_{hp}(t)$ от предыдущего значения $d_{end\ i-1}$, выраженное в процентах U_n:

$$d(t) = d_{end\ i-1} - d_{hp}\ (t). \qquad (5)$$

Полярность является дополнительной характеристикой. Если полярность указывают, то положительным считают падение напряжения.

Примечание — Приведенная в *ГОСТ 30804.3.3* оценка предельных значений $d(t)$ с установлением максимально допустимого значения $d(t)$ = 3,3 % для интервала времени 500 мс предназначена, в основном, для оценки влияния пускового тока испытуемого оборудования. Таким образом, при установлении нового значения U_{hp_avg} оценка $d(t)$ заканчивается. При возникновении нового изменения напряжения начинается новая оценка $d(t)$. Максимальную длительность интервала времени, в течение которого любое отдельное значение $d(t)$, оцениваемое в течение интервала наблюдения, превышает установленное предельное значение 3,3 %, применяют при оценке соответствия испытуемого оборудования предельному значению 3,3 % для интервала 500 мс и указывают в протоколе испытаний.

3.1.11 Центральное напряжение (centre voltage) U_c — напряжение, вокруг которого центрированы его изменения при модуляции, как требуется в соответствии с 6.3, таблица 5, при проведении классификационных испытаний или периодических калибровочных испытаний.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте применяют следующие обозначения:

T_{short} — кратковременный интервал времени для оценки P_{st}.

Примечание — Если не установлено иное значение, кратковременный интервал времени для оценки P_{st} равен 10 мин;

P_{st} — кратковременная доза фликера.

Примечание — Если не установлено иное, оценку кратковременной дозы фликера проводят за период 10 мин;

T_{long} — длительный интервал времени для оценки P_{lt}, который всегда равен целому числу, умноженному на кратковременный интервал времени для оценки P_{st};

P_{lt} — длительная доза фликера

$$P_{lt} = \frac{\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{N} P_{sti}^3}}{3}, \qquad (6)$$

где $P_{st\,i}$ (i = 1, 2, 3 ...) — последовательные значения кратковременной дозы фликера P_{st}.

Примечание — Если не установлено иное, значения P_{lt} рассчитывают на дискретных интервалах времени T_{long}. При окончании интервала времени T_{long} начинается расчет нового значения P_{lt};

P_{inst} — мгновенное значение фликера.

Примечание — В предыдущем издании настоящего стандарта (см. [1]) для получения мгновенных значений фликера был предусмотрен выход 5 прибора;

$P_{inst,\ max}$ — пиковое значение мгновенных значений фликера P_{inst}, измеренных в течение периода наблюдения;

P_{lin} — демодулированный сигнал изменения напряжения после прохождения блока 3 фликерметра;

U_{hp} — среднеквадратическое значение напряжения, измеряемое для каждого полупериода;

U_{hp_avg} — усредненные в течение одной секунды значения напряжений U_{hp};

U_c — центральное напряжения;

d_{hp} — относительная характеристика изменений во времени среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода;

d_c — максимальное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения;

$d(t)$ — отклонение напряжения;

d_{max} — максимальное абсолютное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения.

4 Описание прибора

4.1 Общие положения

Приведенное ниже описание основано на конструкции прибора цифрового вида. Применение приборов аналогового вида допускается, если они обеспечивают получение таких же результатов, как приборы цифрового вида. Для целей испытаний на соответствие и мониторинга качества электрической энергии результаты, получаемые с применением цифрового прибора, соответствующего требованиям настоящего стандарта, являются определяющими.

Функциональная схема прибора представлена на рисунке 2. Прибор состоит из двух частей, выполняющих следующие задачи:

- моделирование реакции цепи «лампа — глаз — мозг»;
- статистический анализ сигнала фликера в реальном времени и отображение результатов измерений.

Для выполнения первой задачи предназначены блоки 2, 3 и 4 прибора, указанные на рисунке 2, второй задачи — блок 5.

4.2 Блок 1 — адаптер входного напряжения

Блок 1 включает в себя адаптер входного напряжения, который приводит входное напряжение частоты сети к внутреннему опорному уровню напряжения прибора, как установлено в 5.3.

С применением этого метода измерения фликера могут быть проведены независимо от действительного уровня напряжения на входе прибора и выражены в процентах.

4.3 Блок 2 — квадратичный умножитель

Назначение блока 2 — воспроизведение колебаний напряжения путем возведения в квадрат входного напряжения, приведенного к внутреннему опорному уровню напряжения прибора, для имитации характеристик лампы.

Примечание — Квадратичный умножитель вместе с фильтром Баттерворта в блоке 3 действует как демодулятор.

4.4 Блок 3 — взвешивающие фильтры

Блок 3 состоит из каскада двух последовательно включенных фильтров и селективного фильтра, который может быть установлен до или после каскада двух последовательно включенных фильтров.

Первый из двух последовательно включенных фильтров является низкочастотным и исключает компоненты пульсаций удвоенной частоты сети на выходе демодулятора. Высокочастотный фильтр (первого порядка, с затуханием минус 3 дБ на частоте 0,05 Гц) может быть использован для исключения любого компонента напряжения постоянного тока. Значения, приведенные в калибровочных таблицах 1a и 1b, в таблицах 2a и 2b, а также в таблице 5 испытаний на качество функционирования, учитывают результаты применения данного высокочастотного фильтра с опорной частотой 0,05 Гц.

Второй фильтр является взвешивающим фильтром, который моделирует частотный отклик зрительной системы человека при колебаниях напряжения синусоидальной формы, подаваемого на газонаполненную электрическую лампу с биспиральной нитью накаливания (60 Вт, 230 В и/или 60 Вт, 120 В).

Примечания

1 Функция отклика основывается на значениях порога восприятия фликера, обнаруживаемого на каждой частоте пятьюдесятью процентами испытуемого персонала.

2 Поправочные коэффициенты для нескольких широко применяемых комбинаций «напряжение/частота» установлены в таблице В.2. Для систем электропитания напряжением 100 В эталонная лампа накаливания будет иметь отличающийся частотный отклик, что потребует соответствующей перестройки взвешивающего фильтра. Характеристик разрядных и светодиодных ламп полностью отличаются от указанных выше, что при учете этих ламп потребует существенной переработки калибровочных таблиц, приведенных в настоящем стандарте.

3 Блок 3 в отдельности основан на граничной кривой восприятия фликера при синусоидальных колебаниях напряжения. Правильное взвешивание несинусоидальных и произвольных колебаний напряжения обеспечивается соответствующим выбором комплексной функции передачи блоков 3 и 4. Кроме того, правильное функционирование прибора должно проверяться с применением периодических прямоугольных и импульсных сигналов. Некоторые из этих сигналов представлены в приложении В.

4.5 Блок 4 — квадратичная обработка и сглаживание

Блок 4 состоит из устройства квадратичной обработки сигналов и низкочастотного фильтра первого порядка. Восприятие фликера с учетом характеристик глаза и мозга человека при подаче колебаний напряжения на эталонную лампу моделируется нелинейной характеристикой, обеспечиваемой блоками 2, 3 и 4.

Выход блока 4 представляет собой мгновенное значение фликера P_{inst}.

4.6 Блок 5 — текущий статистический анализ

Блок 5 осуществляет анализ уровня фликера он-лайн, обеспечивая тем самым непосредственное вычисление важнейших оцениваемых параметров.

Соответствующий интерфейс с цифровыми или аналоговыми сигналами обеспечивает отображение и регистрацию результатов. Этот блок обеспечивает определение показателей дозы фликера путем статистического анализа, осуществляемого в реальном времени. Статистический анализ основан на разбиении амплитуды сигнала, характеризующего мгновенное значение фликера, на определенное число классов.

Каждый раз, когда уровень фликера достигает определенного значения, счетчик соответствующего класса добавляет единицу к имеющемуся числу. Таким образом определяется функция частотного распределения значений P_{inst}.

При выборе достаточно высокой частоты опроса получают в конце интервала измерения окончательный результат анализа, который представляет собой распределение длительностей уровней фликера в каждом классе. Суммируя показания счетчиков всех классов и выражая показание счетчика каждого класса по отношению к общей сумме, получают функцию плотности вероятности уровня фликера.

Из этой функции получают интегральную функцию вероятности, применяемую при осуществлении статистического анализа «время — уровень фликера». На рисунке 3 схематично показан метод статистического анализа, ограниченный для простоты лишь 15 классами для расчета P_{st} при испытаниях на качество функционирования прибора, как установлено в 6.2 и таблице 5 для 230 В/50 Гц с использованием коэффициента модуляции 1,788 % (т. е. $k = 2$) при 39 изменениях в минуту (0,325 Гц) для значения $P_{st} = 2$.

С использованием интегральной функции вероятности могут быть получены основные статистические характеристики фликера, такие как среднее значение, стандартное отклонение, уровень фликера, превышаемый в заданной части интервала наблюдения (в процентах), и относительное время, в течение которого уровень фликера превышает заданное значение.

При проведении статистического анализа в реальном времени сразу после получения результатов на кратковременном интервале T_{short} (значение кратковременной дозы фликера P_{st}) начинается анализ следующего временного интервала наблюдения, и результаты предыдущего интервала поступают на выход фликерметра.

При обработке измерений на длительном интервале T_{long} конечный результат (значение длительной дозы фликера P_{lt}) будет получен совместно с результатами измерений на n кратковременных интервалах.

4.7 Выходы прибора

4.7.1 Общие положения

В соответствии с функциональной схемой (см. рисунок 2) в приборе предусмотрены несколько обязательных выходов. Выходы, отмеченные звездочкой, не являются обязательными, но могут быть полезны для более полного использования возможностей прибора при анализе колебаний напряжения. При разработке приборов конкретного типа могут быть предусмотрены дополнительные выходы.

4.7.2 Выход P_{lin}

Выход P_{lin} не является обязательным и предназначен, в основном, для целей минимизации фликера. Сигнал на этом выходе пропорционален изменениям входного напряжения.

4.7.3 Выход P_{inst}

Данный выход, называвшийся в прежнем издании настоящего стандарта выходом 5 *(см. [1])*, является обязательным. На выходе 5 могут быть получены мгновенные значения фликера для их регистрации с целью быстрой оценки на месте или последующей обработки. Данные на выходе 5 могут быть в аналоговом или цифровом формате.

4.7.4 Выход P_{st}

Выход P_{st} на блоке 5 является обязательным.

4.7.5 Выход P_{lt}

Выход P_{lt} является обязательным.

4.7.6 Выходы измерителей параметров «*d*»

При проведении испытаний на соответствие требованиям *ГОСТ 30804.3.3* или *ГОСТ 30804.3.11* необходимо применять непосредственно измеренные значения *d*-параметров d_c, d_{max} и $d(t)$. Вместе с тем для целей оценки кратковременной и длительной дозы фликера измерение значений параметров d_c, d_{max} и $d(t)$ не является обязательным. Значения U_{hp} не являются необходимыми при проведении любых испытаний на соответствие или при оценке фликера с применением прибора, но могут быть необходимыми при калибровке прибора.

При конструировании прибора должны быть обеспечены выходы данных для параметров d_c, d_{max} и $d(t)$ в цифровом или аналоговом формате и рекомендуется наличие выхода для U_{hp}.

5 Технические требования

5.1 Отклик и точность

Обобщенная частотная характеристика «вход прибора — выход блока 4» приведена в таблицах 1 и 2 для колебаний напряжения синусоидальной и прямоугольной формы при частотах 50 и 60 Гц соответственно. Порог восприимчивости фликера человеком соответствует единичному уровню на выходе блока 4. Обобщенная частотная характеристика прибора центрирована относительно частоты 8,8 Гц при колебаниях напряжения синусоидальной формы. Таблицы 1 и 2 содержат данные для систем электропитания 120 и 230 В, 50 и 60 Гц.

Требуемая точность прибора (от его входа до выхода блока 4) обеспечивается, если измеренные значения P_{inst} находятся в пределах ± 8 % выходного значения восприимчивости, равного единице при модуляции сигналами синусоидальной формы и имеющими форму меандра, при модуляционном фазовом соотношении в соответствии с приложением В и для установленных рабочих условий и частот фликерметра. Значения, выделенные полужирным шрифтом в таблицах 1 и 2, при испытаниях являются обязательными. Изготовитель прибора должен установить пределы напряжения и частоты, применительно к которым предполагается применение фликерметра.

Таблица 1а — Нормализованная частотная характеристика прибора 120 В/50 Гц и 120 В/60 Гц для колебаний напряжения синусоидальной формы (относительное изменение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе)

Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %		Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %	
	Лампа 120 В, система 60 Гц	Лампа 120 В, система 50 Гц		Лампа 120 В, система 60 Гц	Лампа 120 В, система 50 Гц
0,5	**2,457**	**2,457**	10,5	0,355	0,355
1,0	1,465	1,465	11,0	0,373	0,373
1,5	**1,126**	**1,126**	11,5	0,394	0,394
2,0	0,942	0,942	12,0	0,417	0,417
2,5	0,815	0,815	13,0	0,469	0,469
3,0	0,717	0,717	14,0	0,528	0,528
3,5	0,637	0,637	15,0	0,592	0,592
4,0	0,570	0,570	16,0	0,660	0,660
4,5	0,514	0,514	17,0	0,734	0,734
5,0	0,466	0,466	18,0	0,811	0,811
5,5	0,426	0,426	19,0	0,892	0,892
6,0	0,393	0,393	**20,0**	**0,977**	**0,978**
6,5	0,366	0,366	21,0	1,067	1,068
7,0	0,346	0,346	22,0	1,160	1,162
7,5	0,332	0,332	23,0	1,257	1,261
8,0	0,323	0,323	24,0	1,359	1,365
8,8	**0,321**	**0,321**	**25,0**	**1,464**	**1,476**
9,5	0,329	0,329	**33 1/3**	**2,570**	**3,111**
10,0	0,341	0,341	**40,0**	**4,393**	

При проведении типовых испытаний прибора значения частоты в таблице 1а, выделенные полужирным шрифтом, являются обязательными. Другие точки считают дополнительными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам нормализованной частотной характеристики прибо-

ра и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовитель фликерметра может провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 1a, но при типовых испытаниях или при верификации прибора это не является обязательным.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 и 60 Гц, частотные точки обязательной верификации слегка различаются. Частоты модуляции устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений или менее. Модулирующие напряжения устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений. Допуск ± 0,5 % при установке частоты и амплитуды модулирующих сигналов может привести к ошибкам при определении значения P_{inst} до 3 %.

Таблица 1b — Нормализованная частотная характеристика прибора 230 В/50 Гц и 230 В/60 Гц для колебаний напряжения синусоидальной формы (относительное изменение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе)

Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %		Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %	
	Лампа 230 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц		Лампа 230 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц
0,5	**2,235**	**2,235**	10,5	0,271	0,271
1,0	1,397	1,397	11,0	0,283	0,283
1,5	**1,067**	**1,067**	11,5	0,298	0,298
2,0	0,879	0,879	12,0	0,314	0,314
2,5	0,747	0,747	13,0	0,351	0,351
3,0	0,645	0,645	14,0	0,393	0,393
3,5	0,564	0,564	15,0	0,438	0,438
4,0	0,497	0,497	16,0	0,486	0,486
4,5	0,442	0,442	17,0	0,537	0,537
5,0	0,396	0,396	18,0	0,590	0,590
5,5	0,357	0,357	19,0	0,646	0,645
6,0	0,325	0,325	**20,0**	**0,704**	**0,703**
6,5	0,300	0,300	21,0	0,764	0,764
7,0	0,280	0,280	22,0	0,828	0,826
7,5	0,265	0,265	23,0	0,894	0,892
8,0	0,256	0,256	24,0	0,964	0,959
8,8	**0,250**	**0,250**	**25,0**	**1,037**	**1,029**
9,5	0,254	0,254	**33 1/3**	**2,128**	**2,758**
10,0	0,261	0,261	**40,0**		**2,963**

При проведении типовых испытаний прибора значения частоты в таблице 1b, выделенные полужирным шрифтом, являются обязательными. Другие точки считают дополнительными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам нормализованной частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовитель фликерметра может провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 1b, но при типовых испытаниях или при верификации прибора это не является обязательным.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 и 60 Гц, частотные точки обязательной верификации слегка различаются. Частоты модуляции устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений или менее. Модулирующие напряжения устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений. Допуск ± 0,5 % при установке частоты и амплитуды модулирующих сигналов может привести к ошибкам при определении значения P_{inst} до 3 %.

Таблица 2а — Нормализованная частотная характеристика прибора 120 В/50 Гц и 120 В/60 Гц для колебаний напряжения в форме меандра (относительное изменение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе)

Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %		Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %	
	Лампа 120 В, система 60 Гц	Лампа 120 В, система 50 Гц		Лампа 120 В, система 60 Гц	Лампа 120 В, система 50 Гц
0,5	**0,598**	**0,597**	12,0	0,324	0,325
1,0	0,548	0,547	13,0	0,367	0,363
1,5	0,503	0,503	14,0	0,411	0,413
2,0	0,469	0,468	15,0	0,457	0,460
2,5	0,439	0,438	16,0	0,509	0,511
3,0	0,419	0,420	17,0	0,528	0,562
3,5	**0,408**	**0,408**	**18,0**	**0,626**	**0,611**
4,0	0,394	0,394	19,0	0,688	0,683
4,5	0,373	0,372	20,0	0,746	0,768
5,0	0,348	0,348	21,0	0,815	0,811
5,5	0,324	0,323	**21,5**	0,837	**0,820**
6,0	0,302	0,302	**22,0**	**0,851**	0,852
6,5	0,283	0,283	23,0	0,946	0,957
7,0	0,269	0,269	24,0	1,067	1,052
7,5	0,258	0,259	**25,0**	1,088	**1,087**
8,0	0,253	0,253	**25,5**	**1,072**	1,148
8,8	**0,252**	**0,252**	**28,0**	1,383	**1,303**
9,5	0,258	0,258	**30,5**	1,602	**1,144**
10,0	0,266	0,265	**33 1/3**	**1,823**	**2,443**
10,5	0,278	0,278	**37,0**	**1,304**	
11,0	0,292	0,293	**40,0**	**3,451**	
11,5	0,308	0,308			

При проведении типовых испытаний прибора значения частоты в таблице 2а, выделенные полужирным шрифтом, являются обязательными. Другие точки считают дополнительными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам нормализованной частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовитель фликерметра может провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 2а, но при типовых испытаниях или при верификации прибора это не является обязательным.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 и 60 Гц, частотные точки обязательной верификации слегка различаются. Частоты модуляции устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений или менее. Модулирующие напряжения устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений. Допуск ± 0,5 % при установке частоты и амплитуды модулирующих сигналов может привести к ошибкам при определении значения P_{inst} до 3 %.

Таблица 2b — Нормализованная частотная характеристика прибора 230 В/50 Гц и 230 В/60 Гц для колебаний напряжения в форме меандра (относительное изменение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе)

Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %		Частота, Гц	Амплитуда относительных изменений напряжения $\Delta U/U$, %	
	Лампа 230 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц		Лампа 230 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц
0,5	**0,509**	**0,510**	12,0	0,245	0,244
1,0	0,467	0,468	13,0	0,272	0,275
1,5	0,429	0,429	14,0	0,308	0,306
2,0	0,398	0,399	15,0	0,341	0,338
2,5	0,370	0,371	16,0	0,376	0,376
3,0	0,352	0,351	17,0	0,411	0,420
3,5	**0,342**	**0,342**	**18,0**	**0,446**	**0,457**
4,0	0,332	0,331	19,0	0,497	0,498
4,5	0,312	0,313	20,0	0,553	0,537
5,0	0,291	0,291	21,0	0,585	0,584
5,5	0,268	0,269	**21,5**	**0,592**	0,600
6,0	0,248	0,249	**22,0**	0,612	**0,611**
6,5	0,231	0,231	23,0	0,680	0,678
7,0	0,216	0,217	24,0	0,743	0,753
7,5	0,207	0,206	**25,0**	**0,764**	0,778
8,0	0,199	0,200	**25,5**	0,806	**0,768**
8,8	**0,196**	**0,196**	**28,0**	**0,915**	0,962
9,5	0,199	0,199	**30,5**	**0,847**	1,105
10,0	0,203	0,203	**33 1/3**	**1,671**	**1,258**
10,5	0,212	0,212	**37,0**		**0,975**
11,0	0,222	0,222	**40,0**		**2,327**
11,5	0,233	0,233			

При проведении типовых испытаний прибора значения частоты в таблице 2b, выделенные полужирным шрифтом, являются обязательными. Другие точки считают дополнительными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам нормализованной частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовитель фликерметра может провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 2b, но при типовых испытаниях или при верификации прибора это не является обязательным.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 и 60 Гц, частотные точки обязательной верификации слегка различаются. Частоты модуляции устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений или менее. Модулирующие напряжения устанавливают с допуском ± 0,5 % установленных значений. Допуск ± 0,5 % при установке частоты и амплитуды модулирующих сигналов может привести к ошибкам при определении значения P_{inst} до 3 %.

5.2 Пределы входного напряжения

Входная цепь напряжения должна быть рассчитана на широкий диапазон номинальных напряжений сети, преобразуемых к максимальному уровню, обеспечивающему нормальное функционирование последующих цепей прибора. Наиболее широко применяемые номинальные напряжения приведены ниже. Изготовитель должен установить напряжение (напряжения), для которого сконструирован прибор.

В зависимости от местной практики применяются различные значения номинального напряжения электропитания в пределах от 60 до 690 В. Для обеспечения относительно универсального применения

прибора для большинства систем электроснабжения желательно сконструировать входную цепь прибора для следующих номинальных напряжений:

$U_{ном}$ = 66; 115; *220*; 230; 400; 690 В — для систем 50 Гц;

$U_{ном}$ = 69; 120; 240; 277; 347; 480; 600 В — для систем 60 Гц.

Примечания

1 При использовании внешних трансформаторов напряжения может быть необходимо, помимо напряжений, указанных выше, применять также и дополнительные, такие как 100, $100\sqrt{3}$ и $110\sqrt{3}$ В.

2 Входы с повышенной чувствительностью (0,1; 1; 10 В) не являются необходимыми, но полезны при использовании внешних преобразователей. Входные цепи должны быть способны воспринимать входные сигналы с коэффициентом амплитуды не менее 2.

Ширина полосы пропускания по входам прибора должна быть указана изготовителем, как установлено в 6.5, и не должна быть менее 450 Гц.

Примечание — Определение понятия «ширина полосы пропускания по входам прибора» существенно отличается от определения этого понятия, обычно используемого при установлении характеристик фильтров, основанного на значении частоты при затухании минус 3 дБ. Ширина полосы пропускания по входам прибора на уровне минус 3 дБ шире, чем 450 Гц.

5.3 Адаптер напряжения

Адаптер напряжения должен поддерживать на входе блока 2 среднеквадратическое значение модулированного напряжения, равное внутреннему опорному уровню напряжения прибора U_r в соответствии с характеристиками входного трансформатора, сохраняя неизменными относительные значения изменений напряжения.

Для этого среднеквадратические полупериодные напряжения подают на низкочастотный RC фильтр 1-го порядка с постоянной времени 27,3 с. Рабочий диапазон этой цепи должен быть достаточен для точного воспроизведения входных колебаний напряжения, вызывающих фликер.

5.4 Взвешивающие фильтры

Взвешивающие фильтры, входящие в блок 3, предназначены:

- для подавления постоянной составляющей и составляющей двойной частоты напряжения сети, присутствующих на выходе демодулятора (амплитуды составляющих более высоких частот пренебрежимо малы);

- для взвешивания колебаний напряжения в соответствии с чувствительностью цепи «лампа — глаз — мозг».

Фильтр, подавляющий нежелательные частотные составляющие входного сигнала, должен содержать высокочастотное звено первого порядка (частота среза на уровне 3 дБ около 0,05 Гц) и низкочастотное звено, в качестве которого применяют фильтр Баттерворта шестого порядка с частотой среза на уровне 3 дБ, равной 35 Гц для систем 230 В/50 Гц, и частотой среза на уровне 3 дБ, равной 42 Гц для систем 120 В/60 Гц.

5.5 Отклик взвешивающего фильтра в блоке 3

С учетом того, что фильтры, описанные выше, подавляющие нежелательные частотные составляющие входного сигнала, оказывают незначительное влияние в полосе частот сигналов, создаваемых колебаниями напряжения, передаточная функция «вход-выход» блока 3 $F(s)$ должна иметь вид

$$F(s) = \frac{K\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_4}\right)}, \qquad (7)$$

где s — комплексный оператор Лапласа.

Параметры передаточной функции должны иметь значения, представленные в таблице 3.

Таблица 3 — Параметры передаточной функции для ламп 230 и 120 В

Параметр	Лампа 230 В	Лампа 120 В
K	1,74802	1,6357
λ	$2\pi \cdot 4{,}05981$	$2\pi \cdot 4{,}167375$
ω_1	$2\pi \cdot 9{,}15494$	$2\pi \cdot 9{,}07169$
ω_2	$2\pi \cdot 2{,}27979$	$2\pi \cdot 2{,}939902$
ω_3	$2\pi \cdot 1{,}22535$	$2\pi \cdot 1{,}394468$
ω_4	$2\pi \cdot 21{,}9$	$2\pi \cdot 17{,}31512$
Примечание — Общая точность передаточной функции блока 3 обеспечивается при соответствии требованиям к проведению испытаний в соответствии с разделом 6.		

5.6 Квадратичный умножитель и сглаживающий фильтр среднего значения

Блок 4 выполняет две функции:

- возводит в квадрат значения взвешенного сигнала фликера, моделируя нелинейность характеристик восприятия цепи «глаз — мозг»;
- сглаживает сигнал, моделируя эффект накопления в памяти мозга.

Рабочие амплитудные характеристики квадратичного оператора по входу и выходу должны быть достаточными для воспроизведения установленного диапазона измерений прибора.

Функция передачи сглаживающего оператора среднего значения должна соответствовать низкочастотному *RC* фильтру первого порядка с постоянной времени 300 мс.

5.7 Общая процедура статистического анализа

5.7.1 Общие положения

Длительность интервала времени T_{short} может быть выбрана в пределах от 1 до 15 мин, но предполагается равной 10 мин, если не установлено иное.

Длительность T_{long} должна представлять собой произведение выбранного значения T_{short} и целого числа N. Число N может быть по меньшей мере до 1008 (что соответствует семи дням при T_{short} = 10 мин). Предполагается, что длительность T_{long} равна 12 T_{short}, т. е. двум часам, если не установлено иное.

Примечания

1 Если фликерметр будет применяться для общих целей мониторинга качества электрической энергии, в процессе которого могут иметь место значительные колебания напряжения, рекомендуется использовать в приборе разрешение 16 бит и классификатор, включающий в себя по меньшей мере 512 логарифмических классов.

2 В приборах, используемых для целей мониторинга качества электрической энергии, должна быть предусмотрена индикация значений P_{inst} вне диапазона классификатора.

5.7.2 Оценка кратковременной дозы фликера

Измерение на интервале наблюдения T_{short} = 10 мин позволяет определить кратковременную дозу фликера P_{st}, значение которой может быть получено в результате проводимого в реальном времени статистического анализа в блоке 5.

При этом применяется следующая формула:

$$P_{st} = \sqrt{0{,}0314\,P_{0,1} + 0{,}0525\,P_{1s} + 0{,}0657\,P_{3s} + 0{,}28\,P_{10s} + 0{,}08\,P_{50s}}\,, \qquad (8)$$

где перцентили $P_{0,1}$, P_{1s}, P_{3s}, P_{10s}, P_{50s} — уровни фликера, значения которых были превышены в течение 0,1 %; 1 %; 3 %; 10 % и 50 % времени за интервал наблюдения T_{short}. Индексы s в формуле указывают на сглаженные значения P_1, P_3, P_{10}, P_{50}.

Сглаженные значения рассчитывают по следующим формулам:

$$\begin{aligned} P_{50s} &= (P_{30} + P_{50} + P_{80})/3; \\ P_{10s} &= (P_6 + P_8 + P_{10} + P_{13} + P_{17})/5; \\ P_{3s} &= (P_{2,2} + P_3 + P_4)/3; \\ P_{1s} &= (P_{0,7} + P_1 + P_{1,5})/3. \end{aligned} \qquad (9)$$

Вследствие того, что постоянная времени прибора составляет 0,3 с, значение $P_{0,1}$ не может быстро изменяться и сглаживание для $P_{0,1}$ не требуется.

Примечание — Кратковременная доза фликера P_{st} является обязательным выходом прибора; значения индивидуальных перцентилей являются добровольными выходами.

5.7.3 Оценка длительной дозы фликера

Интервал наблюдения 10 мин, применяемый при оценке кратковременной дозы фликера, удобен для оценки колебаний напряжения, создаваемых техническими средствами с коротким рабочим циклом. В случаях, когда необходимо учитывать суммарный эффект нескольких нагрузок, создающих помехи случайным образом (например, сварочных аппаратов, электродвигателей), или принимать во внимание источники фликера с длительным и меняющимся рабочим циклом (например, дуговые электрические печи), необходимо оценивать длительную дозу фликера. Для этого длительную дозу фликера P_{lt} определяют на основе измерений кратковременных доз фликера P_{st} применительно к периоду наблюдения, связанному с длительным рабочим циклом нагрузки или периодом, в течение которого наблюдатель может воспринимать фликер, например, несколько часов, используя выражение

$$P_{lt} = \frac{\sqrt[3]{\sum_{i=1}^{N} P_{sti}^3}}{N}, \qquad (10)$$

где P_{sti} (i = 1, 2, ... N) — последовательные значения кратковременной дозы фликера.

Примечание — Для измерения показателей качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ Р *51317.4.30* и для измерений в соответствии с *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11* рекомендуется определение значения длительной дозы фликера P_{lt} на интервале времени 2 ч (N = 12).

6 Испытания фликерметра

6.1 Общие положения

Установлено разделение фликерметров на три класса. Фликерметры, относящиеся к различным классам, подлежат испытаниям при подаче испытательных напряжений с несколькими различными характеристиками. Обзор этих испытаний представлен в таблице 4. В приложении В представлены модуляционные схемы и значения $\Delta U/U$, указанные в настоящем разделе.

Класс F1. Фликерметры общего назначения, пригодные для применения при мониторинге качества электрической энергии и при проведении испытаний на соответствие (см. примечание к таблице 4). Фликерметры этого класса могут функционировать в условиях широкого диапазона изменений входного напряжения, включая изменения частоты и даже скачки фазы. Поэтому фликерметры общего назначения должны быть испытаны применительно к широкому диапазону входных сигналов, как установлено в таблице 4. При проведении периодической верификации калибровки необходимы лишь испытания с прямоугольными изменениями напряжения в соответствии с 6.3. Рекомендуется также периодически проводить широкополосные испытания.

Класс F2. Фликерметры, предназначенные для испытаний на соответствие групп однородной продукции требованиям *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11*, функционирующие в контролируемой электромагнитной обстановке при постоянных частоте и фазе и ограниченных колебаниях напряжения. Поэтому для фликерметров класса F2 достаточны испытания в соответствии с 6.3 (см. таблицу 5).

Класс F3. Фликерметры, предназначенные для применения при мониторинге качества электрической энергии, поиске неисправностей и для других применений, при которых малая неопределенность измерений не является необходимой и должна соответствовать неопределенности измерений приборами для измерений показателей качества электрической энергии класса *S (см. ГОСТ 30804.4.30)*.

Примечание — Фликерметры, соответствующие требованиям [1], рассматривают как относящиеся к классу F3.

Изготовитель фликерметра должен установить любые дополнительные процедуры, требуемые при верификации конкретного прибора. Протокол калибровки должен включать в себя сведения о конкретной версии прибора, а также о версии применяемого поддерживающего программного обеспечения. Образцы протоколов типовых испытаний приведены в приложении С.

Для целей периодической верификации калибровки достаточными считают испытания, требования к которым выделены полужирным курсивом в таблице 4.

Таблица 4 — Требования к испытаниям фликерметра

Характеристики испытательного напряжения	Цель испытаний	Величина, используемая при испытаниях	Класс фликерметра		
Синусоидальные/прямоугольные изменения напряжения (таблицы 1, 2)	Испытания характеристик отклика фильтров и характеристик масштабирования	P_{inst}	F1	F2	F3
Прямоугольные изменения напряжения, испытания на функционирование (таблица 5)	***Испытания классификатора и алгоритмов статистической оценки***	$\boldsymbol{P_{st}}$	F1	F2	F3
Изменения частоты (таблица 6)	Испытания измерительных цепей (конструкции)	P_{inst}	F1		
Искаженные напряжения с многократным пересечением нуля (таблица 8)	Испытания стабильности входных управляющих цепей	P_{inst}	F1		
Гармоники с боковой полосой (таблица 9)	***Испытания ширины полосы частот входных цепей***	$\boldsymbol{P_{inst}}$	F1		
Скачки фазы (таблица 10)	Испытания стабильности входных управляющих цепей, ширины полосы частот входных цепей и классификатора	P_{st}	F1		
Прямоугольные изменения напряжения с ограниченным рабочим циклом (таблица 11)	Испытания классификатора и алгоритмов статистической оценки	P_{st}	F1	F2	
d_c, d_{max}, $d(t)$	Испытания функционирования в соответствии с требованиями *ГОСТ 30804.3.3*	P_{st}	F1*)	F2	
*) Для фликерметров класса F1 испытания с целью определения d_c, d_{max} и $d(t)$ необходимы, если изготовитель устанавливает, что прибор применим для проведения испытаний на соответствие требованиям *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11.*					

6.2 Синусоидальные/прямоугольные изменения напряжения

Общая характеристика отклика фликерметра от его входа до выхода P_{inst} должна быть проверена при синусоидальных и прямоугольных изменениях напряжения. Для всех значений частоты в таблицах 1 и 2 значение $P_{inst\ max}$ должно быть равно 1,00 с допуском ± 8 %.

6.3 Прямоугольные изменения напряжения и испытания на функционирование

Для всех значений числа изменений напряжения в минуту в таблице 5 значение P_{st} должно быть равно 1,00 с допуском ± 5 %. Данное испытание является достаточным для целей калибровки при регулярных временных интервалах.

Для фликерметров класса F1 и F3, предназначенных для общего мониторинга качества электрической энергии, колебания напряжения, установленные в таблице 5, должны быть центрированы относительно номинального испытательного напряжения, указанного в таблице 5. Это гарантирует, что фликерметр будет иметь достаточно большой входной динамический диапазон для точной оценки колебаний напряжения в обоих направлениях.

Для фликерметров класса F2, предназначенных для испытаний групп однородной продукции на соответствие, напряжение, подаваемое на испытуемую продукцию, не должно, как правило, превышать номинальное испытательное напряжение. Фактически при больших значениях коэффициента амплитуды k, та-

ких как $k = 5$, и малой глубине модуляции максимальное напряжение превышает установленное рабочее напряжение большинства бытовых электрических приборов. Следовательно, колебания напряжения при испытаниях фликерметров класса F2 допускается центрировать относительно пониженного напряжения U_c, чтобы максимальное напряжение в течение испытаний не превышало номинального испытательного напряжения.

Например, для номинального напряжения 230 В/50 Гц и значения P_{st} = 3,00 при одном изменении напряжения в минуту по таблице 5 модуляция может быть центрирована относительно U_c = 221,0 В, т. е.:

$$230 \text{ В} = U_c + 0{,}5 \cdot 3 \cdot 2{,}715 \cdot U_c/100. \quad (11)$$

Изготовитель должен установить рабочий диапазон фликерметра. Для этого все значения $\Delta U/U$ по таблице 5 умножают на постоянный коэффициент k и кратковременную дозу фликера P_{st} определяют для этого значения k. Изготовитель должен установить наименьшее и наибольшее значение k, для которых соответствующие значения P_{stk} находятся в пределах ± 5 % или ± 0,05 %, в зависимости от того, что больше. Эта операция устанавливает рабочий диапазон классификатора, например, $0{,}25 \le k \le 5{,}0$.

Прямоугольную модуляцию подают при рабочем цикле (50 ± 2) %. При этом время перехода от одного уровня напряжения к другому должно быть менее 0,5 мс.

Таблица 5 — Требования к испытаниям для классификатора фликерметра

Число прямоугольных изменений в минуту	Колебания напряжения, %			
	Лампа 120 В, система 50 Гц	Лампа 120 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц	Лампа 230 В, система 60 Гц
2	2,561	2,564	2,191	2,194
7	1,694	1,694	1,450	1,450
39	1,045	1,040	0,894	0,895
110	0,844	0,844	0,722	0,723
1620	0,545	0,548	0,407	0,409
4000	3,426	Испытания не проводят	2,343	Испытания не проводят
4800	Испытания не проводят	4,837	Испытания не проводят	3,263

Примечания

1 Число прямоугольных изменений в минуту 1620 соответствуют модуляции сигналом в форме меандра частотой 13,5 Гц.

2 При проведении испытаний в соответствии с настоящей таблицей первое изменение напряжения подают через 5 с после начала оценки P_{st}. Вместе с тем фликерметры с предиспытательным зарядом фильтров позволяют получить индикацию непосредственно после начала оценки. Оператор, проводящий испытания, должен определить начало подачи на вход прибора прямоугольных изменений напряжения.

6.4 Комбинированные изменения частоты и напряжения — фликерметры класса F1

При данных испытаниях частота f и амплитуда испытательного напряжения U изменяются с периодом 4 с при пересечении нуля кривой напряжения. Наблюдаемое значение $P_{inst,\,max}$ должно быть равно 1,00 с допуском ± 5 % (см. таблицу 6).

Таблица 6 — Требования к испытаниям при комбинированных изменениях частоты и напряжения — фликерметры класса F1

Лампа 120 В			Лампа 230 В		
Частота системы, Гц	Изменяющаяся частота, Гц	Изменяющееся напряжение, В	Частота системы, Гц	Изменяющаяся частота, Гц	Изменяющееся напряжение, В
60	59,75	120,000	50	49,75	230,000
	60,25	119,266		50,25	228,812
50	49,75	120,000	60	59,75	230,000
	50,25	119,270		60,25	228,805

6.5 Искаженное напряжение с многократными пересечениями нуля — фликерметры класса F1

Искаженное напряжение с многократными пересечениями нуля состоит из напряжения основной частоты U и гармонических составляющих. Уровни гармонических составляющих, % от U, установлены в таблице 7. Все гармонические составляющие имеют сдвиг фаз 180 % относительно напряжения основной частоты 50/60 Гц, т. е. напряжения всех гармоник проходят через нуль в отрицательную сторону, когда напряжение основной частоты проходит через нуль в положительную сторону. Полученное искаженное напряжение затем модулируют синусоидальным напряжением частотой 8,8 Гц с амплитудой по таблице 8.

Наблюдаемое значение $P_{inst,\,max}$ должно быть равно 1,00 с допуском ± 8 %.

Таблица 7 — Требования к испытаниям при искаженном напряжении с многократными пересечениями нуля — фликерметры класса F1

Порядок гармоники, ν	3	5	7	9	11	13	17	19	23	25	29	31
$U_ν$, % U	5	6	5	1,5	3,5	3,0	2,0	1,76	1,41	1,27	1,06	0,97

Таблица 8 — Глубина модуляции 8,8 Гц при испытаниях с искаженным напряжением — фликерметры класса F1

Лампа 230 В		Лампа 120 В	
Частота системы, Гц	Колебания напряжения, %	Частота системы, Гц	Колебания напряжения, %
50	0,250	50	0,321
60	0,250	60	0,321

6.6 Испытания на ширину полосы частот с использованием однополосной модуляции гармониками и интергармониками

Для этих испытаний напряжение сети электропитания (230/120 В) при частоте сети 50/60 Гц модулируют суммой двух гармонических напряжений с частотами, различающимися на 10 Гц, по таблице 9. Два модулирующих сигнала должны иметь равные относительные амплитуды (U_j/U).

Модулирующие частоты $f_ν$, f_j в паре частот ($f_ν$, $f_j = f_ν - 10$ Гц) увеличивают, чтобы установить максимальную ширину полосы частот фликерметра. Наивысшая частота $f_{ν\,max}$, для которой $P_{inst\,max}$ = 1,00 с допуском ± 8 %, равна входной ширине полосы частот фликерметра наивысшая частота $f_{ν\,max}$ должна быть не менее 450 Гц. .

Частоты пар напряжений могут увеличиваться шагами по 50 Гц (60 Гц для систем 60 Гц), начиная от минимальных частот, указанных в таблице 9.

Таблица 9 — Требования к испытаниям для однополосной модуляции гармониками и интергармониками — фликерметр класса F1

Лампа 230 В			Лампа 120 В		
Частота системы, Гц	$f_j/f_ν$, %	$U_j/U_ν$, %	Частота системы, Гц	$f_j/f_ν$, %	$U_j/U_ν$, %
50	140/150	3,611	60	170/180	4,126
60	170/180	3,611	50	140/150	4,126

6.7 Скачки фазы — фликерметра класса F1

Фликерметр должен быть испытан при подаче испытательного напряжения с последовательными скачками фазы. Каждый скачок фазы должен быть при положительном пересечении нуля через 1; 3; 5; 7 и 9 мин (± 10 с) после начала десятиминутного периода наблюдения.

Испытания проводят при скачках фазы Δβ = + 30°; – 30°; + 45°; – 45°.

Полученное по результатам периода наблюдения значение P_{st} должно быть в соответствии с таблицей 10 при допуске ± 5 % или 0,05 в зависимости от того, что больше.

Время перехода при каждом скачке фазы должно быть менее 0,5 мс.

Таблица 10 — Требования к испытаниям при скачках фазы — фликерметры класса F1

Угол фазового сдвига Δβ, град	Кратковременная доза фликера P_{st}			
	Лампа 230 В, система 50 Гц	Лампа 230 В, система 60 Гц	Лампа 230 В, система 50 Гц	Лампа 230 В, система 60 Гц
± 30	0,913	0,567	0,706	0,760
± 45	1,060	0,681	0,819	0,882

6.8 Прямоугольные изменения напряжения с 20-процентным рабочим циклом

Напряжение U имеет прямоугольную модуляцию сигналом частотой 28 Гц с рабочим циклом 12/60 (20 %). Это означает, что в интервале времени 60 с объединенное время нахождения испытательного напряжения сигнала при одном уровне равно 12 с, а при другом уровне — 48 с.

Время перехода от одного напряжения к следующему должно быть менее 0,5 мс.

Значение P_{st} должно быть равно 1,00 при допуске ± 5 %.

Таблица 11 — Требования к испытаниям при прямоугольных изменениях напряжения с 20-процентным рабочим циклом

Лампа 230 В		Лампа 230 В	
Частота системы, Гц	Колебания напряжения, %	Частота системы, Гц	Колебания напряжения, %
50	1,418	60	2,186
60	1,480	50	2,017

На рисунке 1 представлены прямоугольные колебания напряжения при $\Delta U/U$ = 35 % (рисунок 1 приведен в качестве примера; показать модуляцию сигнала при глубине модуляции от 1 % до 2 % не представляется возможным). На временной оси выделены 400 мс, в том числе 200 мс присутствия модуляции.

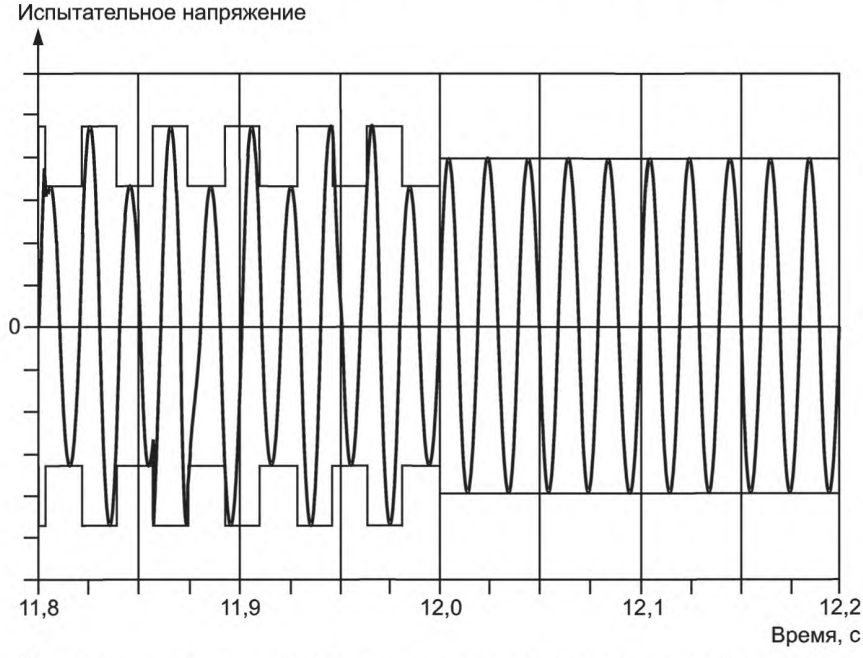
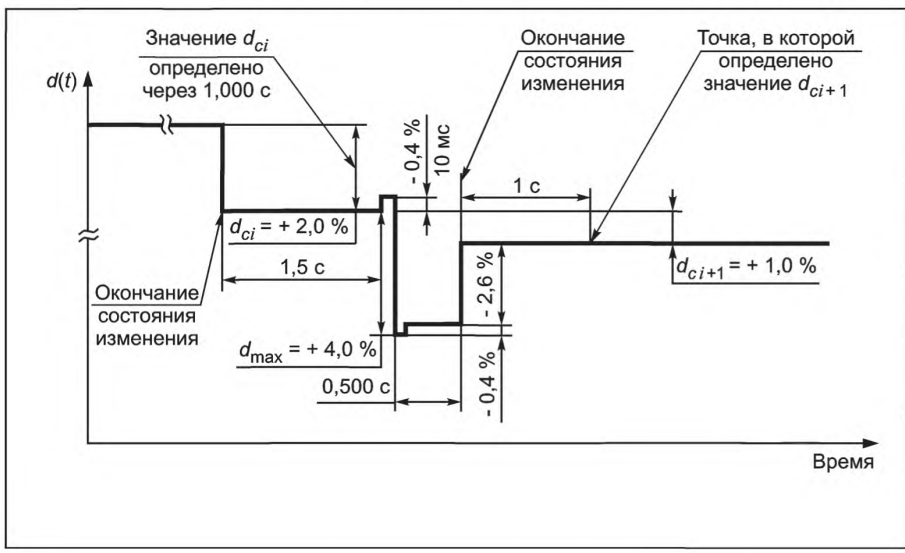


Рисунок 1 — Испытательное напряжение, модулированное прямоугольным сигналом частотой 28 Гц, с 20-процентным рабочим циклом

6.9 Испытания *d*-параметров d_c, d_{max} и $d(t)$ > 3,3 %

Изменения напряжения при испытаниях и значения соответствующих *d* — параметров должны быть такими, как представлено в таблицах 12 и 13. Каждое изменение (переход) напряжения должно происходить при пересечении нуля напряжением основной частоты. Измеритель должен указывать значения параметров *d*, как установлено в таблицах 12 и 13, с допуском ± 5 %. Временной интервал *t*, в течение которого $d(t)$ > 3,3 % измеряется путем отдельных приращений длительностью 10 мс и, следовательно, должен быть именно таким, как установлено в таблицах, т. к. изменения испытательного напряжения происходят при пересечении нуля напряжением основной частоты.

Т а б л и ц а 12 — Требования к первым испытаниям *d*-параметров d_c, d_{max} и $t_{d(t)}$ > 3,3 %



d_c = + 2,00 % (большее значение из 1 % и 2 %)
$t_{(d(t) > 3,3\ \%)}$ = 500 мс
d_{max} = 4,00 %

Первые испытания *d*-параметров проводят в соответствии с таблицей 12. Напряжение *U* должно изменяться, как указано на рисунке в таблице 12. Для упрощения рисунка на вертикальную ось нанесены значения $d(t)$, что позволяет выражать изменения напряжения в процентах U_n. Все изменения проводят при пересечении нуля основной составляющей напряжения электропитания.

Первое изменение проводят с шагом 2 % , т. е. от U_n до (U_n — 2 %), и данный уровень поддерживают в течение 1,5 с. Следовательно, первое значение d_c будет равно 2,00 %.

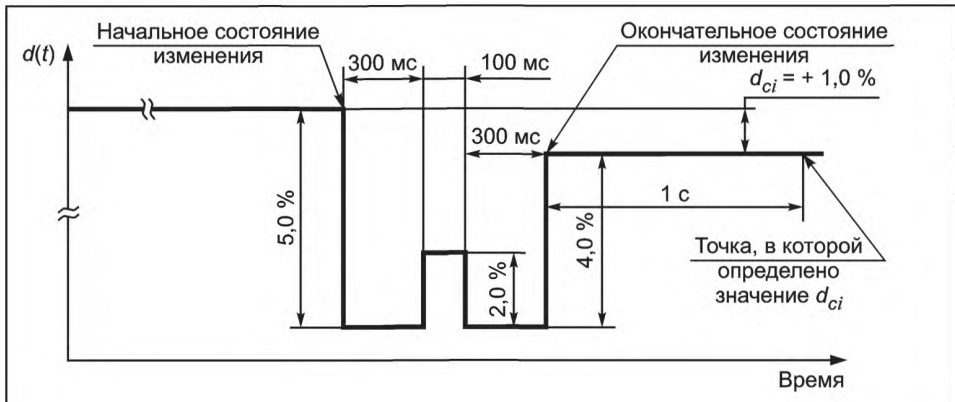
Через 1,5 с осуществляют переход напряжения на –0,4 % длительностью 10 мс (изменение напряжения в положительном направлении), за которым следует переход напряжения ниже 3,3 % длительностью 500 мс. Первый шаг в этом переходе длительностью 500 мс представляет собой изменение на 4 % по отношению к предыдущему установившемуся состоянию d_{ci}. Необходимо отметить, что этот переход также эквивалентен изменению на 4,4 % по отношению к последнему уровню, имевшему место непосредственно перед переходом. Следовательно d_{max} = 4 %, хотя полный переход в начале периода 500 мс равен 4,4 %.

Через 10 мс после начала полного перехода, равного 4,4 %, проводят переход на 0,4 %, как показано на рисунке, после чего напряжение поддерживают на уровне 3,6 % ниже предыдущего установившегося состояния в течение 490 мс. Затем напряжение изменяют на –2,6 %, т. е., переходят к уровню на 1,00 % ниже предыдущего установившегося состояния. Следовательно, второе состояние d_{ci+1} равно 1 % по отношению к предыдущему установившемуся состоянию.

Наибольшее изменение по отношению к первому установившемуся состоянию (1 %) должно быть зафиксировано.

Первые испытания предназначены для проверки правильного функционирования измерителя при измерении всех *d*-параметров, а также применяемой логики программного обеспечения.

Таблица 13 — Требования ко вторым испытаниям *d*-параметров d_c, d_{max} и $t_{d(t)}$ > 3,3 %



d_c = 1,00 %
d_{max} = 5,00 %
$t_{(d(t) > 3,3\ \%)}$ = 600 мс

Вторые испытания *d*-параметров проводят в соответствии с таблицей 13. Напряжение *U* должно изменяться, как указано на рисунке в таблице 13. Для упрощения рисунка на вертикальную ось нанесены значения *d (t)*, что позволяет выражать изменения напряжения в процентах U_n. Все изменения проводят при пересечении нуля основной составляющей напряжения электропитания.

Первое изменение выполняют с шагом 5 % , т. е. от U_n до (U_n — 5 %) и данный уровень поддерживают 300 мс. Затем данный уровень изменяют на –2 % при длительности 100 мс, после чего вновь в течение 300 мс следует напряжение, уровень которого на 5 % ниже предыдущего установившегося состояния. После этого напряжение изменяют до значения на 1 % ниже предыдущего установившегося состояния.

Главная задача вторых испытаний — проверить правильность суммирования значений, необходимых для оценки $t_{d(t)}$ > 3,3 %, т. е. времени нахождения напряжения ниже уровня 3,3 % в течение состояния изменения напряжения. Так как установившееся состояние отсутствует в течение 700 мс плюс 1 с после начала первого перехода, суммирование времени, в течение которого *d(t)* превышает установленное предельное значение 3,3 %, продолжается до установления нового установившегося состояния. Начало и окончание состояния изменения напряжения отмечены на рисунке таблицы 13.

7 Внешние воздействующие факторы и другие требования

7.1 Общие положения

Изготовитель должен установить номинальные рабочие условия и, при возможности, значения ошибки, вызываемой изменениями:

- температуры;
- влажности;
- напряжения электропитания прибора и связанных с электрической сетью симметричных напряжений сетевых помех;
- общих несимметричных напряжений помех между заземляющим проводником прибора и его входными цепями, а также вспомогательных напряжений электропитания;
- разрядов статического электричества;
- излучаемых электромагнитных полей.

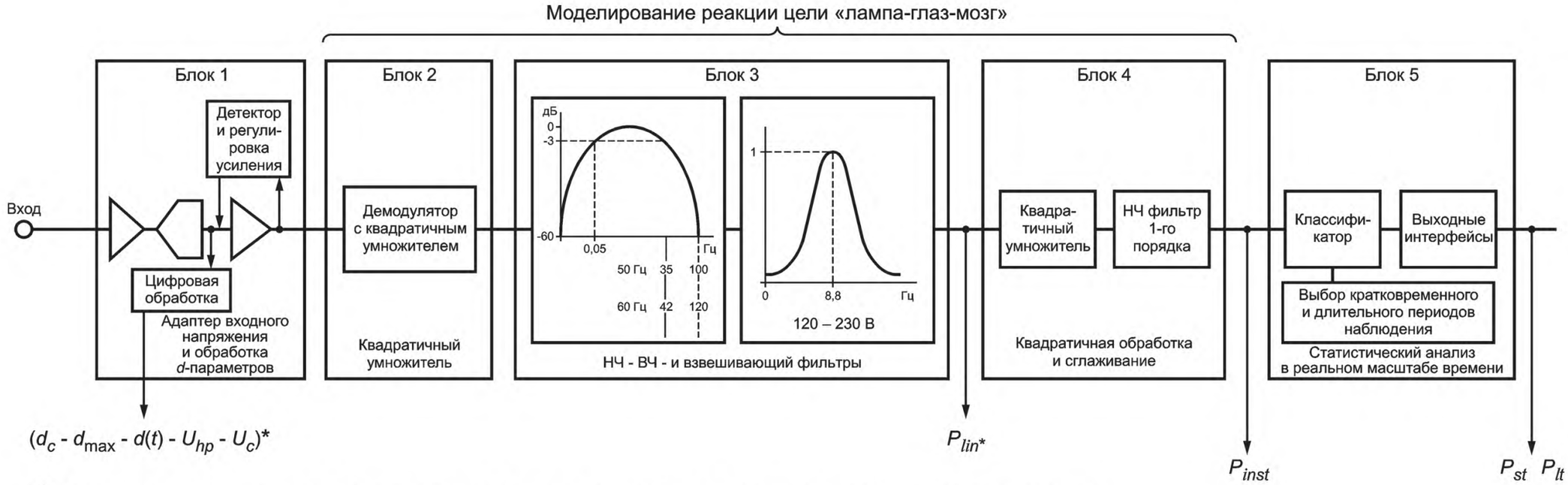
Примечание — При применении [2] для установления требований к безопасности и изоляции прибора следует принимать во внимание, что входные цепи (как напряжения, так и тока) могут быть непосредственно подключены к напряжению сетевого электропитания.

7.2 Испытания изоляции, испытания на воздействие климатических факторов, на соответствие требованиям электромагнитной совместимости и другие испытания

7.2.1 Требования безопасности установлены в [2].

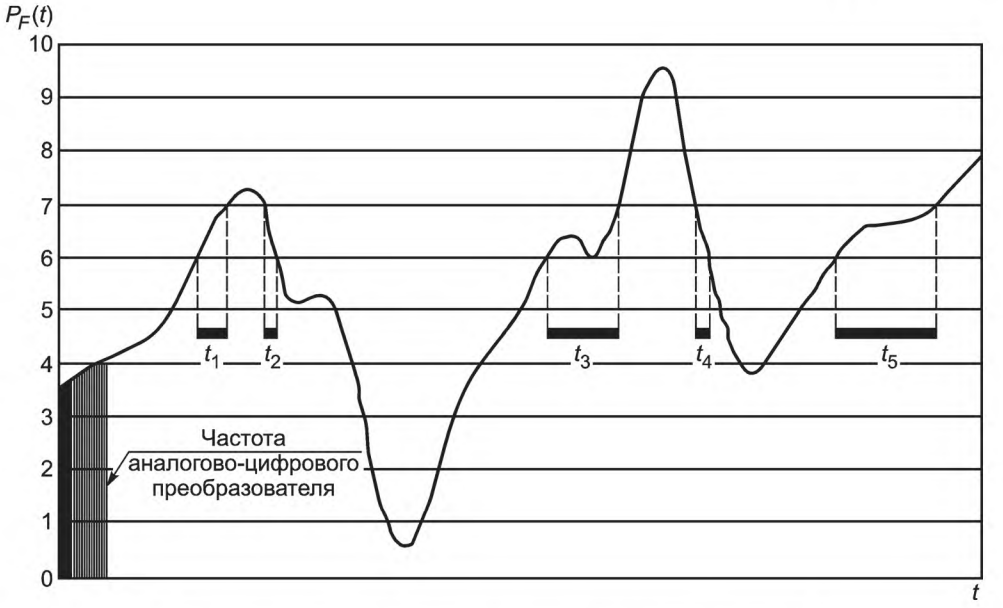
7.2.2 Требования электромагнитной совместимости установлены в *ГОСТ Р 51522.1*.

7.2.3 Требования к внешним воздействующим факторам установлены в [3].



*) Дополнительные выходы для испытаний с целью оценки соответствия и расширения возможностей измерений

Рисунок 2 — Функциональная схема фликерметра МЭК



Примечание — В качестве примера показано наличие сигнала в классе 7:

$$T_7 = \sum_{i=1}^{i-5} t_i$$

a) Уровень фликера как функция времени



Примечание — Интегральная функция вероятности получена с использованием модуляции меандрами 1, 806 % при частоте модуляции 0,325 Гц (39 изменений/мин). Испытание соответствует значению k = 2 в 6.3 и таблице 5.

b) Интегральная функция вероятности

Рисунок 3 — Основные положения метода статистического анализа «время — уровень фликера» (для P_{st} = 2,000)

Приложение А
(обязательное)

Способы повышения точности оценки фликера

Существуют различные способы повышения точности оценки фликера применительно к широкому диапазону условий. Некоторые из этих способов указаны ниже. При условии обеспечения установленной в настоящем стандарте точности измерений (± 5 %) для требуемого диапазона значений относительных изменений входного напряжения может быть применен любой из этих способов или их комбинация.

Во многих случаях частные значения уровней фликера P_k, необходимые для вычисления P_{st}, не будут соответствовать определенному классу и должны быть получены путем интерполяции (или экстраполяции) применительно к имеющимися значениям.

А.1 Линейная интерполяция

При линейной интерполяции полную шкалу классификатора F_s разделяют на N равных частей так, что интервал значений, соответствующий отдельному классу, составляет F_s/N. Обозначают через n номер класса, которому соответствует уровень фликера P_k. Уровень фликера, соответствующий классу n, расположен между значением $(n–1)\ F_s/N$, превышаемым в течение $Y_{n–1}$ процентов времени интервала наблюдений, и значением $n\ F_s/N$, превышаемым в течение Y_n процентов времени. При линейной интерполяции уровень фликера P_k, соответствующий проценту времени Y_k, равен

$$P_k = \frac{F_s}{N}\left(n - \frac{Y_k - Y_n}{Y_{n-1} - Y_n}\right). \qquad (A.1)$$

А.2 Нелинейная интерполяция

Если линейная интерполяция не обеспечивает необходимой точности, используют нелинейную интерполяцию. При этом рекомендуется применять квадратичную формулу для уровней фликера, соответствующих трем смежным классам на интегральной функции вероятности. Значение P_k определяют из выражения

$$P_k = \frac{F_s}{N}\left(n - 1 + \frac{1}{2H_2}\left(H_1 - \sqrt{H_3}\right)\right), \qquad (A.2)$$

где

$$H_1 = \frac{3}{2}Y_{n-1} - 2Y_n + \frac{1}{2}Y_{n+1};$$

$$H_2 = \frac{1}{2}Y_{n-1} - Y_n + \frac{1}{2}Y_{n+1};$$

$$H_3 = H_1^2 - 4H_2 + \left(Y_{n-1} - Y_k\right);$$

Y_n — процент вероятности, соответствующий классу n (см. А.1).

А.3 Псевдонулевая точка пересечения

Может случится, что одно или несколько значений уровней фликера P_k, представляющих интерес, находятся в интервале, принадлежащем первому классу.

Опыт показывает, что интерполяция между нулевым значением и верхней границей первого класса приводит к ошибочным результатам, при этом подразумевается, что нулевой уровень будет превышен с вероятностью 100 %. На практике кривая типовой интегральной функции вероятности может пересекать ось вероятностей в точке значительно ниже отметки 100 % и затем проходить вертикально вверх по оси. Способ уменьшения ошибок в этой области заключается в экстраполяции кривой интегральной функции вероятности до пересечения с осью Y для получения псевдонулевой точки пересечения Y_0. Y_0 определяют из следующего выражения:

$$Y_0 = (3Y_1 - Y_2 + Y_3). \qquad (A.3)$$

А.4 Нелинейная классификация

Статистический анализ может быть более эффективным и точным, если классы имеют изменяемую ширину интервалов.

Может быть, например, использована логарифмическая классификация, которая обычно позволяет применить линейную интерполяцию и избежать определения псевдонулевых точек пересечения. При этом обработка полного диапазона входных напряжений может осуществляться без переключения пределов измерений.

Приложение В
(справочное)

Значения $\Delta U/U$ и числа изменений напряжения, примеры d_c, d_{max} и $d(t)$

В.1 Общие положения

Приведенные ниже формула В.1 и рисунок В.1 иллюстрируют значения $\Delta U/U$ и числа изменений напряжения в настоящем стандарте. Испытания на функционирование предполагают наличие определенного фазового соотношения между составляющей основной частоты и модулирующей функцией (в приведенном ниже примере — синусоидальной функцией). Изменения указанного фазового соотношения могут привести к различным значениям P_{st} и P_{lt} при испытаниях с прямоугольной модуляцией.

Рассмотрим функцию времени $u(t)$, модулированную по амплитуде и процесс колебаний напряжения $U(t)$. Процесс колебаний напряжения $U(t)$ представляет собой функцию времени, образованную среднеквадратическими значениями напряжения, полученными из $u(t)$. Изменения функции времени $\Delta u/\overline{u}$ принимают равными изменениям отношения среднеквадратических значений $\Delta U/U$.

В качестве примера приведена формула для синусоидального напряжения частотой 50 Гц со средним значением 1,0, относительными изменениями напряжения $\Delta u/\overline{u}$, равными 40 % при прямоугольной амплитудной модуляции частотой 8,8 Гц:

$$U(t) = 1 \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot t) \cdot \{1 + 40/100 \cdot 1/2 \cdot signum[\sin(2 \cdot \pi \cdot 8{,}8 \cdot t)]\}. \quad (B.1)$$

Соответствующая форма колебаний представлена на рисунке В.1.

Изменения среднеквадратических значений $\Delta U/U$ равны 40 %, т. е. соответствуют изменениям $\Delta u/\overline{u}$ модулирующей функции времени. Прямоугольные изменения напряжения имеют частоту 8,8 Гц. Каждый полный период модулирующей функции создает два отдельных колебания напряжения — один с увеличенным значением и один с уменьшенным значением. Два изменения при каждом периоде модулирующей функции времени частотой 8,8 Гц дают 17.6 изменений в секунду.

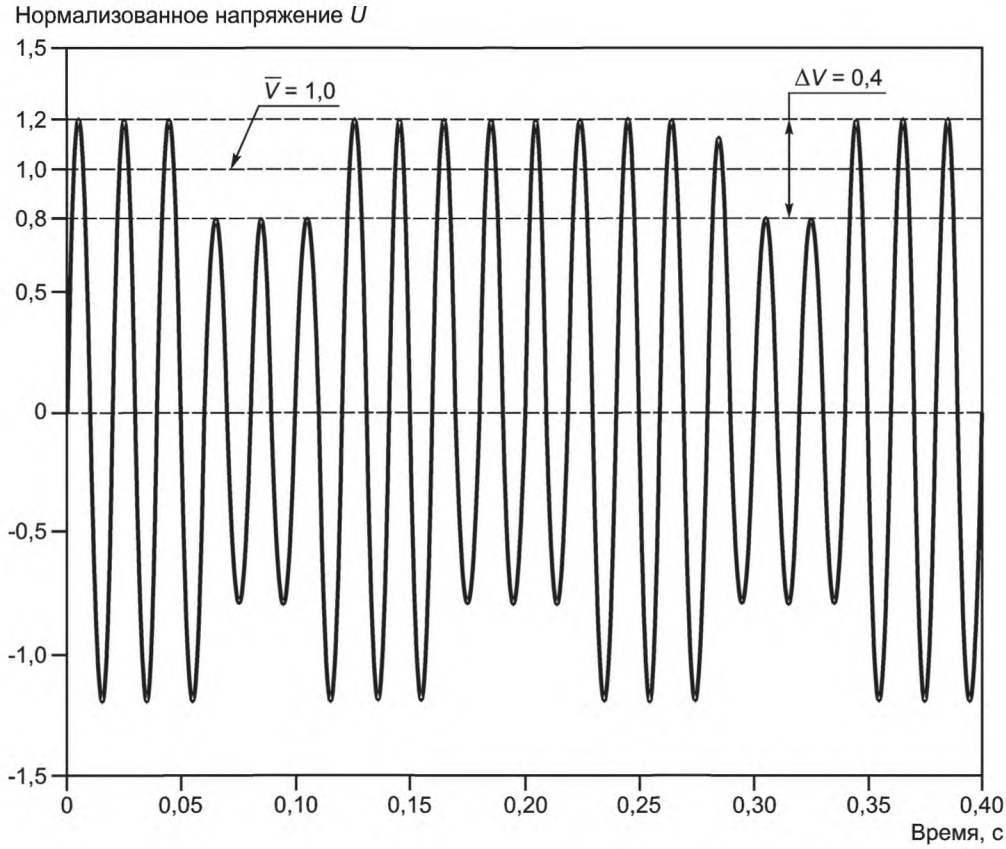


Рисунок В.1 — Прямоугольные изменения напряжения $\Delta u/\overline{u}$ = 40 %, 8,8 Гц, 17,6 изменений в секунду

В.2 Поправочные коэффициенты для напряжений, иных чем 120/230 В, 50/60 Гц

В таблице В.1 представлены поправочные коэффициенты, которые применяют при комбинациях напряжение/частота, иных, чем указано в таблицах 1 и 2.

Фликерметр устанавливают в режим функционирования для напряжения и частоты, указанных в таблице В.2, в колонке «опорная таблица».

Затем измеренные значения P_{lt} и P_{st} умножают на поправочные коэффициенты, установленные в таблице В.1.

Результирующие значения фликера, как правило, не будут отличаться более чем на 3 % от значений фликера, которые могли быть получены при модификации передаточной функции Лапласа применительно к точной модели лампы, применяемой при комбинации напряжение/частота, указанной в первой колонке.

Отклонения результирующих значений фликера, таким образом, хорошо вписываются в пределы допуска ±5 %, установленного в настоящем стандарте при измерении фликера. Следовательно, непрактично изменять установленные выше требования к испытаниям прибора для учета многих комбинаций напряжение/частота, т. к. это приведет лишь к увеличению стоимости сертификации прибора без получения существенной выгоды.

Таблица В.1 — Поправочные коэффициенты для других комбинаций «напряжение/частота»

Напряжение, частота	Поправочный коэффициент	Опорная таблица
220 В, 50 Гц	0,97	230 В, 50 Гц
220 В, 60 Гц	0,97	230 В, 60 Гц
100 В, 50 Гц	0,90	120 В, 50 Гц
100 В, 60 Гц	0,90	120 В, 60 Гц

Следует отметить, что все *d*-параметры являются относительными величинами, т. е. независимыми от напряжения или частоты.

Следовательно, все требования к приборам, установленные в настоящем стандарте, применяют равным образом ко всем напряжениям и частотам.

На рисунках В.2а и В.2b показаны некоторые обычно наблюдаемые колебания напряжения и соответствующие *d*-параметры, указанные в разделе 3. Рисунки В.2а и В.2b предназначены для оказания помощи изготовителям фликерметров в правильной разработке приборов.

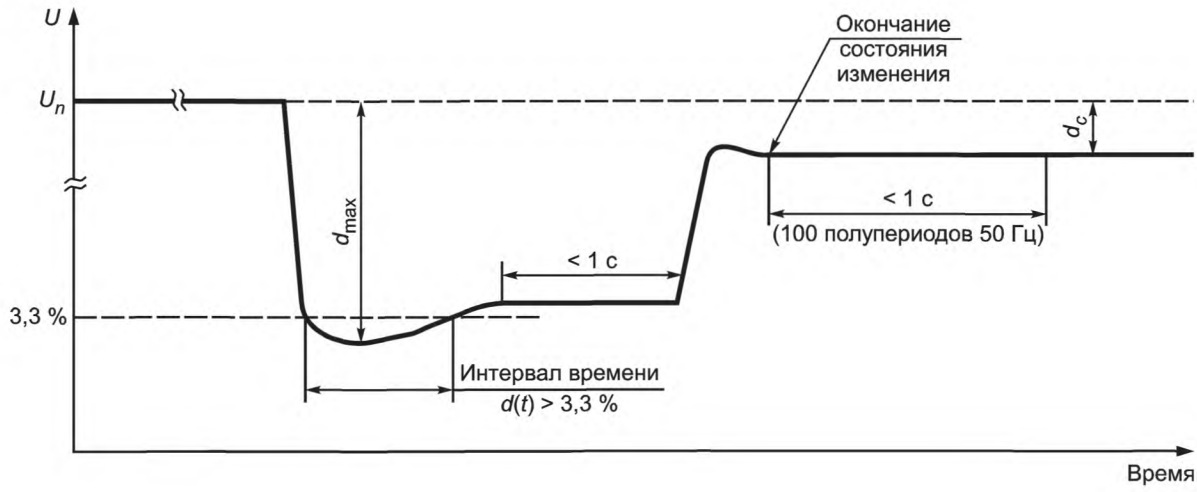


Рисунок В.2а — Пример для объяснения *d*-параметров

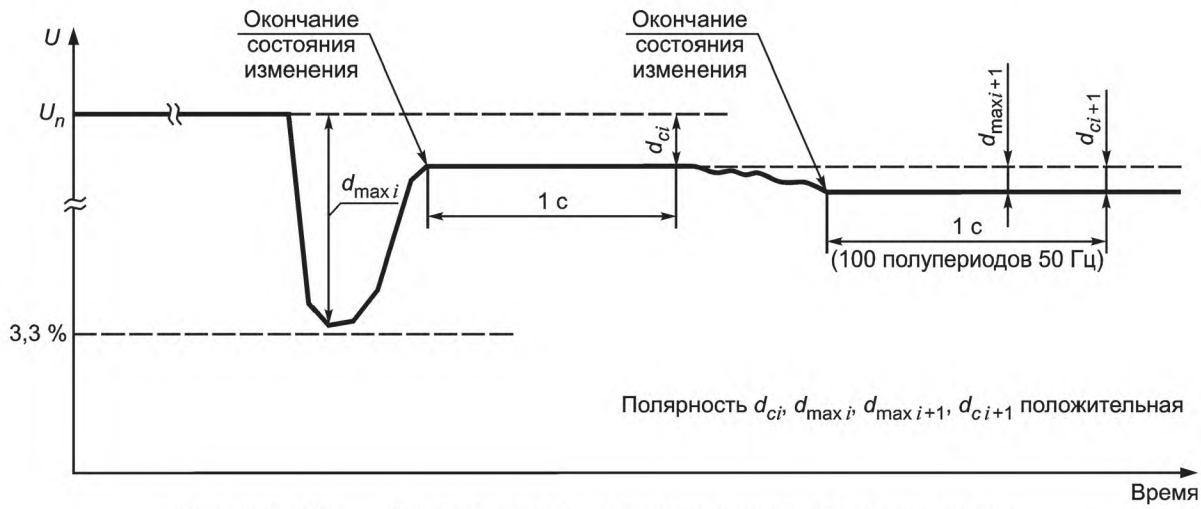


Рисунок B.2b — Пример для объяснения определений *d*-параметров при многократных условиях установившегося состояния

На рисунках B.2c и B.2d иллюстрированы более сложные колебания напряжения и связанные с ними полярности различных *d*-параметров, указанных в разделе 3. Данные рисунки предназначены для оказания помощи изготовителям фликерметров в правильной разработке приборов.

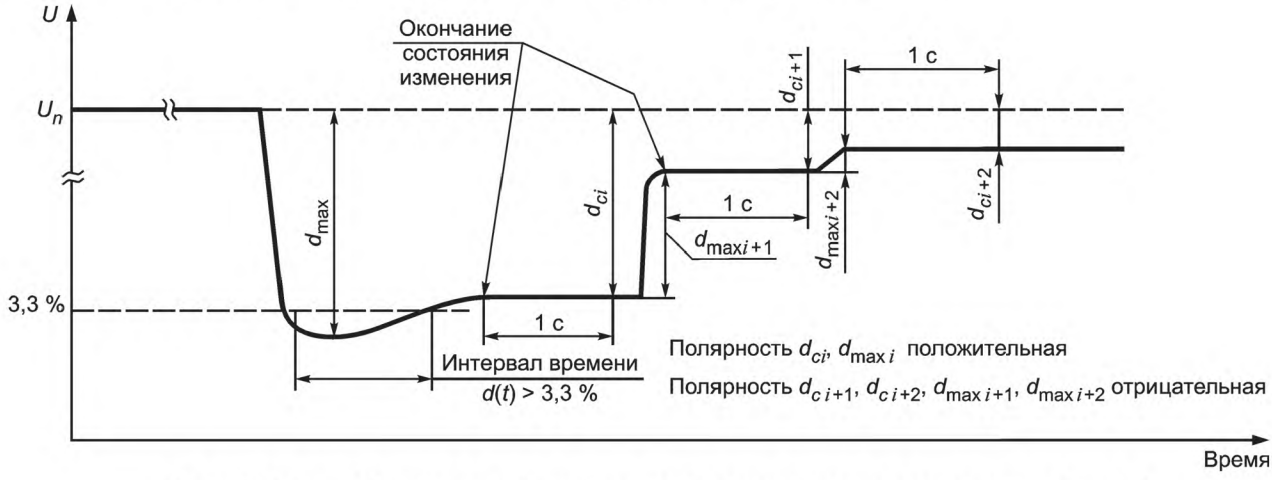


Рисунок B.2c — Пример для объяснения последовательности и полярности d_{max} и d_c при многократных установившихся состояниях

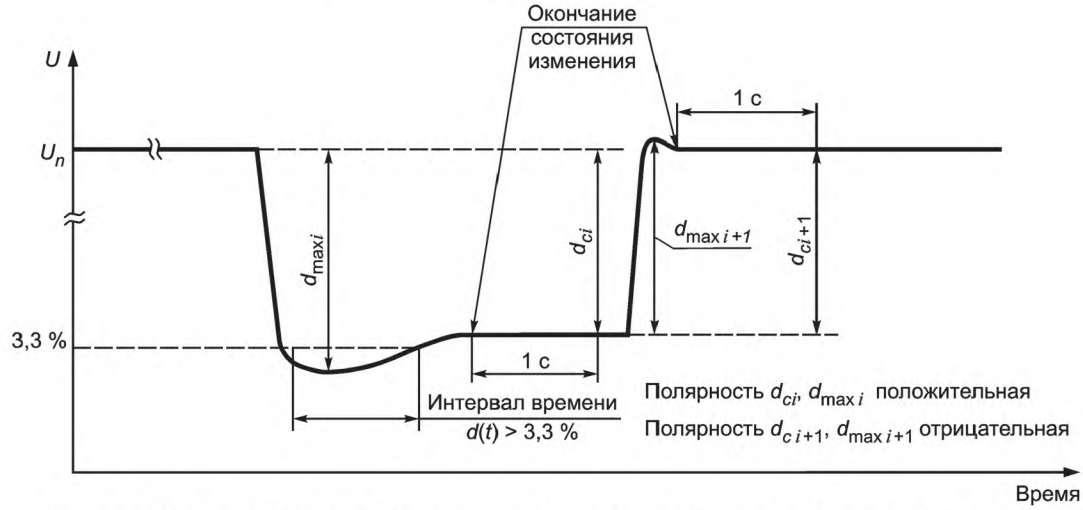


Рисунок B.2d — Пример для объяснения последовательности и полярности d_{max} и d_c при многократных установившихся состояниях

Приложение С
(справочное)

Образцы протоколов типовых испытаний

Изготовитель: Прибор:
Серийный номер: Фирменная версия:

230 В/50 Гц	ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 1а (колебания синусоидальной формы)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 2а (колебания в форме меандра)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 5 (колебания в форме меандра)		
f, Гц	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	r, мин$^{-1}$	$\Delta U/U$, %	P_{st}
0,5	2,325		0,509		1	2,715	
1,5	1,067		Не применяют	—	2	2,191	
3,5	Не применяют	—	0,342		7	1,450	
8,8	0,250		0,196		39	0,194	
18,0	Не применяют	—	0,446		110	0,722	
20,0	0,704		Не применяют	—	1620	0,407	
21,5	Не применяют	—	0,592		4000	2,343	
25,0	1,037		0,764		**Испытания на функционирование**		
28,0	Не применяют	—	0,915			$\le P_{st} \le$	
30,5	Не применяют	—	0,847		**Испытания с изменениями частоты, таблица 6[1)]**		
33 1/3	2,128		1,671		$P_{inst,\,max}$		
					Испытания с искаженными напряжениями, таблица 8[1)]		
					$P_{inst,\,max}$		
					Испытания в отношении ширины полосы частот, таблица 9[1)]		
					$f_{v\,max}$		
					Испытания со скачками фазы, таблица 10[1)]		
					$\Delta\beta$	$P_{st\,ref}$	P_{st}
					± 30°	0,863—0,963	
					± 45°	1,007—1,113	
					Испытания с рабочим циклом, таблица 11		
					P_{st}		
					Испытания d-параметров, таблица 12		
					d_c	d_{max}	$d(t)$
					Испытания d-параметров, таблица 13		
					d_c	d_{max}	$d(t)$

Результаты:

Измерительный прибор соответствует применимым требованиям ГОСТ Р 51317.4.15—2012, разделы 5 и 6.

Дата:

Подпись:

Требуемые значения величин: $P_{inst,\,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c, d_{max}, $d(t)$ — в соответствии с таблицами 12 и 13.

[1)] Для фликерметров класса F2, предназначенных исключительно для измерений в соответствии с требованиями *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11*, в испытаниях нет необходимости.

Изготовитель:
Серийный номер:

Прибор:
Фирменная версия:

120 В/60 Гц	ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 1а (колебания синусоидальной формы)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 2а (колебания в форме меандра)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 5 (колебания в форме меандра)		
f, Гц	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	r, мин$^{-1}$	$\Delta U/U$, %	P_{st}
0,5	2,453		0,598		1	3,181	
1,5	1,126		Не применяют	—	2	2,564	
3,5	Не применяют	—	0,408		7	1,694	
8,8	0,321		0,252		39	1,040	
18,0	Не применяют	—	0,626		110	0,844	
20,0	0,977		Не применяют	—	1620	0,548	
22,0	Не применяют	—	0,851		4800	4,837	
25,5	1,037		1,072		**Испытания на функционирование**		
33 1/3	2,570		1,823			$\le P_{st} \le$	
37,0	Не применяют	—	1,304		**Испытания с изменениями частоты, таблица 6[1)]**		
40,0	4,393		3,451		$P_{inst,\,max}$		
					Испытания с искаженными напряжениями, таблица 8[1)]		
					$P_{inst,\,max}$		
					Испытания в отношении ширины полосы частот, таблица 9[1)]		
					$f_{v\,max}$		
					Испытания со скачками фазы, таблица 10[1)]		
					$\Delta\beta$	$P_{st\,ref}$	P_{st}
					± 30°	0,537—0,637	
					± 45°	0,631—0,731	
					Испытания с рабочим циклом, таблица 11		
					P_{st}		
					Испытания d-параметров, таблица 12		
					d_c	d_{max}	$d(t)$
					Испытания d-параметров, таблица 13		
					d_c	d_{max}	$d(t)$

Результаты:

Измерительный прибор соответствует применимым требованиям ГОСТ Р 51317.4.15—2012, разделы 5 и 6.

Дата:

Подпись:

Требуемые значения величин: $P_{inst,\,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c, d_{max}, $d(t)$ — в соответствии с таблицами 12 и 13.

[1)] Для фликерметров класса F2, предназначенных исключительно для измерений в соответствии с требованиями *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11*, в испытаниях нет необходимости.

Изготовитель:
Серийный номер:

Прибор:
Фирменная версия:

230 В/60 Гц	ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 1а (колебания синусоидальной формы)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 2а (колебания в форме меандра)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 5 (колебания в форме меандра)		
f, Гц	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	r, мин$^{-1}$	$\Delta U/U$, %	P_{st}
0,5	2,325		0,510		1	2,719	
1,5	1,067		Не применяют	—	2	2,194	
3,5	Не применяют	—	0,342		7	1,450	
8,8	0,250		0,196		39	9,895	
18,0	Не применяют	—	0,457		110	0,723	
20,0	0,703		Не применяют	—	1620	0,409	
22,0	Не применяют	—	0,611		4800	3,263	
25,5	Не применяют	—	0,768		**Испытания на функционирование**		
33 1/3	2,758		1,258			$\leq P_{st} \leq$	
37,0	Не применяют	—	0,975		**Испытания с изменениями частоты, таблица 6[1)]**		
40,0	2,963		2,327		$P_{inst,\,max}$		
					Испытания с искаженными напряжениями, таблица 8[1)]		
					$P_{inst,\,max}$		
					Испытания в отношении ширины полосы частот, таблица 9[1)]		
					$f_{v\,max}$		
					Испытания со скачками фазы, таблица 10[1)]		
					$\Delta\beta$	$P_{st\,ref}$	P_{st}
Результаты:					**± 30°**	0,710—0,810	
Измерительный прибор соответствует применимым требованиям ГОСТ Р 51317.4.15—2012, разделы 5 и 6.					**± 45°**	0,832—0,932	
					Испытания с рабочим циклом, таблица 11		
					P_{st}		
					Испытания d-параметров, таблица 12		
Дата:					d_c	d_{max}	$d(t)$
Подпись:					**Испытания d-параметров, таблица 13**		
					d_c	d_{max}	$d(t)$

Требуемые значения величин: $P_{inst,\,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c, d_{max}, $d(t)$ — в соответствии с таблицами 12 и 13.

[1)] Для фликерметров класса F2, предназначенных исключительно для измерений в соответствии с требованиями *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11*, в испытаниях нет необходимости.

Изготовитель:
Серийный номер:

Прибор:
Фирменная версия:

120 В/50 Гц	ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 1а (колебания синусоидальной формы)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 2а (колебания в форме меандра)		ГОСТ Р 51317.4.15—2012 Таблица 5 (колебания в форме меандра)		
f, Гц	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	$\Delta U/U$, %	$P_{inst,\,max}$	r, мин$^{-1}$	$\Delta U/U$, %	P_{st}
0,5	2,453		0,597		1	3,178	
1,5	1,126		Не применяют	—	2	2,561	
3,5	Не применяют	—	0,408		7	1,694	
8,8	0,321		0,252		39	1,045	
18,0	Не применяют	—	0,611		110	0,844	
20,0	0,978		Не применяют	—	1620	0,545	
21,5	Не применяют	—	0,820		4000	3,426	
25,0	1,476		1,087		**Испытания на функционирование**		
28,0	Не применяют	—	1,303			$\le P_{st} \le$	
30,5	Не применяют	—	1,144		**Испытания с изменениями частоты, таблица 6[1)]**		
33 1/3	3,111		2,443		$P_{inst,\,max}$		

Испытания с искаженными напряжениями, таблица 8[1)]

$P_{inst,\,max}$	

Испытания в отношении ширины полосы частот, таблица 9[1)]

$f_{v\,max}$	

Испытания со скачками фазы, таблица 10[1)]

$\Delta\beta$	$P_{st\,ref}$	P_{st}
± 30°	0,656—0,753	
± 45°	0,769—0,869	

Испытания с рабочим циклом, таблица 11

P_{st}	

Испытания d-параметров, таблица 12

d_c	d_{max}	$d(t)$

Испытания d-параметров, таблица 13

d_c	d_{max}	$d(t)$

Результаты:

Измерительный прибор соответствует применимым требованиям ГОСТ Р 51317.4.15—2012, разделы 5 и 6.

Дата:

Подпись:

Требуемые значения величин: $P_{inst,\,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c, d_{max}, $d(t)$ — в соответствии с таблицами 12 и 13.

[1)] Для фликерметров класса F2, предназначенных исключительно для измерений в соответствии с требованиями *ГОСТ 30804.3.3* и *ГОСТ 30804.3.11*, в испытаниях нет необходимости.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 50397—2011 (МЭК 60050-161:1990)	MOD	МЭК 60050-161:1990 «Международный электротехнический словарь — Глава 161: Электромагнитная совместимость»
ГОСТ Р 51522.1—2011 (МЭК 61326-1:2005)	MOD	МЭК 61326-1:2005 «Электрическое оборудование для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ 30804.3.3—2013 (IEC 61000-3-3:2008)	MOD	МЭК 61000-3-3:2005 «Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликкера 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. Поправка 1 (2001), поправка 2 (2005)»
ГОСТ 30804.3.11—2013 (IEC 61000-3-11:2000)	MOD	МЭК 61000-3-11:2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 75 А, подключаемые к электрической сети при определенных условиях. Нормы и методы испытаний»
ГОСТ 30804.4.30—2013 (IEC 61000:2008)	MOD	МЭК 61000-4-30:2008 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-30. Техника испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии»

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

- MOD — модифицированные стандарты.

Библиография

[1]	МЭК 61000-4-15:1997 Изменение 1:2003 (IEC 61000-4-15:1997, Amendment 1:2003)	Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-15. Методы испытаний и измерений. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования (Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-10: Testing and measurement techniques — Flikermeter — Functional and design specifications)
[2]	МЭК 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)	Требования безопасности электрического оборудования для измерения, контроля и лабораторного применения. Часть 1. Общие требования (Safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use — Part 1: General requirement)
[3]	МЭК 60068 (серия стандартов) (IEC 60068 series)	Испытания на внешние воздействующие факторы (Environmental testing)

УДК 621.396/.397.001.4:006.354 ОКС 33.100.20 Э02

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, системы электроснабжения, колебания напряжения, фликер, фликерметр, технические требования, методы испытаний

Редактор *О. И. Горбунова*
Технический редактор *Е. В. Беспрозванная*
Корректор *С. В. Смирнова*
Компьютерная верстка *А. П. Финогеновой*

Сдано в набор 18.09.2014. Подписано в печать 30.09.2014. Формат $60\times84^{1}/_{8}$. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,50. Тираж 62 экз. Зак. 1348.

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

gost.e-ecolog.ru