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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 61000-4-15— 2014

Совместимость технических средств электромагнитная

Часть 4

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Раздел 15

ФЛИКЕРМЕТР

Функциональные и конструктивные требования

(IEC 61000-4-15:2010, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-15: Testing and measurement tecniques — Flickermeter — Functional and design specifications, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт метрологии» Комитета технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан и Техническим комитетом по стандартизации ТК 53 «Сертификация металлургической, машиностроительной, строительной продукции и услуг» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Комитетом технического регулирования и метрологии Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 июня 2014 г. № 45-2014)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Армения	AM	ЗАО «Национальный орган по стандартизации и метрологии» Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Институт стандартизации Молдовы
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 августа 2024 г. № 1136-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 61000-4-15—2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2025 г. с правом досрочного применения

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 61000-4-15:2010 «Электромагнитная совместимость. Часть 4-15. Методики испытаний и измерений. Фликерметр. Технические условия на функциональные характеристики и конструкцию» («Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-15: Testing and measurement techniques — Flickermeter — Functional and design specifications», IDT).

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ТС 77 «Электромагнитная совместимость» Международной электротехнической комиссии (IEC).

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

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

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

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

© IEC, 2010
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Параметры и обозначения 2
4 Описание средства измерения 5
5 Технические требования 7
6 Испытания фликерметра 14
7 Требования к окружающей среде и другие требования 21
Приложение А (обязательное) Способы улучшения точности оценки фликера 24
Приложение В (справочное) Значение $\Delta U/U$ и число изменений напряжения, примеры d_c, $d(t)$, d_{max} 25
Приложение С (справочное) Примеры протоколов типовых испытаний 28
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 31
Библиография 32

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

Совместимость технических средств электромагнитная

Часть 4

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ

Раздел 15

ФЛИКЕРМЕТР

Функциональные и конструктивные требования

Electromagnetic compatibility. Part 4. Testing and measurement techniques. Section 15. Flickermeter. Functional and design specifications

Дата введения — 2025—09—01
с правом досрочного применения

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает функциональные и конструктивные требования к приборам по измерению фликера, предназначенным для индикации точного уровня восприятия фликера для всех встречающихся на практике форм колебаний напряжения. Настоящий стандарт устанавливает требования к конструкции фликерметров. В настоящем стандарте установлен метод оценки дозы фликера на основе использования выходного сигнала фликерметра, соответствующего требованиям настоящего стандарта.

Требования к фликерметрам, установленные в настоящем стандарте, имеют отношение только к измерениям при напряжениях на входе 120 В и 230 В, 60 Гц и 50 Гц. Характеристики некоторых ламп накаливания, применяемых при других напряжениях, близки к значениям, указанным в таблицах 1 и 2 настоящего стандарта, поэтому могут применяться поправочные коэффициенты для других напряжений. Некоторые из этих поправочных коэффициентов даны в приложении В. Подробные требования для напряжений и частот, отличающихся от указанных выше, находятся на рассмотрении.

Настоящий стандарт применяется только для целей обеспечения основными сведениями при конструировании и изготовлении приборов для измерений фликера аналогового или цифрового вида. Настоящий стандарт не устанавливает предельных допустимых значений фликера.

2 Нормативные ссылки

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

IEC 60068 (all parts), Environmental testing (Испытания на воздействия внешних факторов)

IEC 61000-3-3:2013, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-3: Limits — Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений, колебаний напряжения и фликера в коммунальных низ-

Издание официальное

ковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током < или = 16 А водной фазе, которое не подлежит условному соединению)

IEC 61000-3-11:2000[1)], Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-11: Limits — Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems — Equipment with rated current ≤75 A and subject to conditional connection (Электромагнитная совместимость. Часть 3-11. Пределы. Ограничение изменений напряжения, флуктуаций напряжения и мигания в низковольтных системах энергоснабжения общего пользования. Оборудование с номинальным током, меньшим или равным 75 А, и обусловленным соединением)

IEC 61010-1:2010, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use — Part 1: General requirements (Требования к безопасности электрооборудования для проведения измерений, управления и лабораторного использования. Часть 1. Общие требования)

IEC 61326-1:2012[1)], Electrical equipment for measurement, control and laboratory use — EMC requirements — Part 1: General requirements (Электрооборудование для измерения, управления и лабораторного использования. Требования к электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования)

3 Параметры и обозначения

3.1 Измеряемые параметры и характеристики

3.1.1 Общие положения

На рисунках B.2a, B.2b, B.2c и B.2d приложения B приведены примеры, которые необходимы для изготовителей фликерметров при разработке для правильного определения их параметров, указанных в настоящем пункте.

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

3.1.3 **характеристика изменений во времени среднеквадратических значений напряжения для каждого полупериода, $U_{hp}(t)$** (half period rms value characteristics): Характеристики среднеквадратичного значения как функции времени за половину периода, определенные из последовательных значений U_{hp} (см. также примеры в приложении B).

3.1.4 **относительная характеристика во времени среднеквадратичного значения напряжения, измеряемого для каждого полупериода, $d_{hp}(t)$** (relative half period rms value characteristics): Функция времени, представляющая собой отношение последовательности среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого периода 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** (steady state voltage and voltage change characteristics).

В настоящем пункте определены правила оценки изменений во времени среднеквадратических значений напряжения, измеряемых для каждого полупериода. Определены два основных условия, относящиеся к периодам времени, в течение которых напряжение считают установившимся и к периодам, когда происходят изменения напряжения.

Условие установившегося состояния напряжения имеет место, когда среднеквадратическое полупериодное напряжение U_{hp} находится в пределах диапазона установленного допуска ±0,2 % в течение интервала времени не менее 100/120 полупериодов основной частоты (50 Гц/60 Гц).

В начале испытания среднее значение среднеквадратических полупериодных напряжений, измеренное в течение последней секунды, предшествующей периоду наблюдения, должно будет использоваться в качестве начального эталонного значения для d_c и расчета $d_{hp}(t)$, а также для измерений d_{max} и $d(t)$. В случае, когда отсутствуют условия установившегося напряжения во время данных испытаний, параметр d_c должен быть равным нулю.

[1)] Заменен на IEC 61000-3-11:2017. Однако для однозначного соблюдения требования настоящего стандарта, выраженного в датированной ссылке, рекомендуется использовать только указанное в этой ссылке издание.

По мере проведения измерений во время испытаний и при наличии условий установившегося напряжения определяется скользящее за 1 с среднее значение $U_{hp_avg.}$от U_{hp}, то есть для расчета используются последние 100 значений U_{hp} (120 для 60 Гц), чтобы вычислить U_{hp_avg}. Это значение U_{hp_avg} впоследствии используется для проверки сохранения условий установившегося напряжения, и оно также является эталоном для определения d_c и d_{max} в случае, когда происходит изменение напряжения.

Для определения новых условий нового установившегося состояния «d_{c_i}» после того, как произошло изменение напряжения, используется первое значение $d_{start_i} = d_{hp}(t = t_{start})$. По отношению к этому значению определяется допуск ±0,002 U_n (± 0,2 **%** U_n).

Считается, что условие установившегося состояния имеет место, если $U_{hp}(t)$ не выходит за пределы указанного выше допуска в течение 100 последовательных полупериодов основной частоты (120 для 60 Гц).

Примечание — Использование параметра $U_{hp\text{-}avg}$ 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).

Условие установившегося состояния заканчивается, когда последующее значение $U_{hp}(t = t_x)$ превышает пределы установленного допуска: $d_{hp}(t = t_x) > d_{hp_avg}$+ 0,002 или $d_{hp}(t = t_x) < d_{hp_avg} - 0{,}002$.

Последнее значение в пределах установленных допусков обозначается как $d_{end} = d_{hp}(t = t_{x-1})$. Значение $d_{hp}(t = t_x)$ используется в качестве начального значения для определения следующего условия установившегося состояния $d_{c_{i+1}}$ $(= d_{start_{i+1}})$.

Если какое-либо значение $d_{hp}(t > t_x)$ выходит за пределы установленных допусков первым среди значений 100/120 полупериодов, необходимых для определения установившегося состояния, это новое U_{hp} используют в качестве первого значения для определения следующего установившегося состояния. Таким образом, новое установившееся состояние возникнет в момент времени завершения расчета U_{hp_avg}.

3.1.6 **изменение установившегося состояния напряжения d_{c_j}** (steady state voltage change): Значение разности между двумя последовательными значениями установившегося состояния, обычно выражаемыми как процентное отношение U_n, то есть $d_{end_j} - d_{start}$.

Полярность изменения(й) в условии(ях) установившегося состояния напряжения должна быть обозначена. Как следует из вышеприведенной формулы, если напряжение уменьшается во время изменения характеристики, то результирующее значение d_c будет положительным. Если напряжение увеличивается во время изменения характеристики, результирующее значение d_c будет отрицательным.

3.1.7 **максимальное изменение напряжения во время изменения характеристики напряжения d_{max_j}** (maximum voltage change during a voltage change characteristic): Абсолютное значение максимальной разности между последним значением установившегося состояния $d_{end_{i-1}}$ и последующим значением $d_{hp(t)}$, наблюдаемыми во время изменения характеристики напряжения, обычно выражаемое как процентное соотношение U_n:

$$d_{max_i} = \max(d_{end_{i-1}} - d_{hp}(t)). \quad (2)$$

Оценка d_{max_i} заканчивается, как только новое условие установившегося состояния устанавливается, или в конце периода наблюдения. Полярность изменения(й) должна быть идентифицирована. 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 отклонение напряжения наблюдается во время увеличения напряжения относительно предыдущего $d_{end_{i-1}}$, то результирующее значение d_{max_i} будет отрицательным.

3.1.8 **максимальное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения d_c** (maximum steady state voltage change during an observation period): Самое высокое абсолютное значение из всех значений, наблюдаемых в течение периода наблюдения, т. е.

$$d_c = \max_i(|d_{c_i}|). \quad (3)$$

3.1.9 **максимальное абсолютное изменение установившегося напряжения в течение периода наблюдения d_{max}** (maximum absolute voltage change during an observation period): Самое высокое абсолютное значение из всех значений, наблюдаемых в течение периода наблюдения, т. е.

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

3.1.10 **отклонение напряжения *d(t)*** (voltage deviation): Отклонение фактического $d_{hp}(t)$ от предыдущего $d_{end_{i-1}}$, выраженное в процентах:

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

Полярность является дополнительной характеристикой. Если полярность показана, падение напряжения считается положительным.

Примечание — Предельная оценка *d(t)* в IEC 61000-3-3 с максимальным допустимым значением 3,3 **%** для интервала времени 500 мс обычно предназначена для оценки внезапной картины токов испытуемого оборудования. Таким образом, при установлении нового значения U_{hp_avg} оценка *d(t)* заканчивается. Когда происходит новое изменение напряжения, начинается новая оценка *d(t)*. Максимальную продолжительность интервала времени, в течение которого отдельное значение *d(t)* превышает 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 U_c** (centre voltage): Напряжение, вокруг которого центрируется картина модуляции, как и требуется для классификационных испытаний или периодических калибровочных испытаний в соответствии с 6.3, таблица 5.

3.2 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

T_{short} — краткосрочный интервал для оценки P_{st}.

Примечание — Если не определено иное значение, кратковременный интервал времени для оценки P_{st} составляет 10 минут;

P_{st} — кратковременная доза фликера.

Примечание — Если не определено иное, время оценки P_{st} составляет 10 минут. С целью контроля качества и исследования силового питания могут использоваться другие временные интервалы, и они должны быть определены в индексе. Например, минимальный интервал в 1 минуту должен быть записан как $P_{st,1m}$;

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

Примечание — Если не определено иное, длительный временной интервал T_{long} равен 12 · 10 минут, то есть 2 часа. С целью контроля качества и исследования силового питания могут использоваться другие временные интервалы;

P_{lt} — длительная доза фликера

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

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

Примечание — Если не установлено иное, P_{lt} вычисляется по дискретным периодам T_{long}. По окончании интервала времени T_{long} инициируется расчет нового значения P_{lt};

P_{inst} — мгновенное значение фликера.

Примечание — В предыдущем издании настоящего стандарта этот выходной сигнал назывался «Выходной сигнал 5»;

$P_{inst,\ max}$ — пиковое значение мгновенных значений фликера P_{inst}, измеряемое за время периода наблюдения;

P_{lin} — демодулированный сигнал изменения напряжения после прохождения через блок 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 напряжение;

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

d_c — максимальное изменение установившегося напряжения за период наблюдения;

$d(t)$ — отклонение напряжения;

d_{max} — максимальное абсолютное изменение установившегося напряжения за период наблюдения.

4 Описание средства измерения

4.1 Общие положения

Описание, приведенное ниже, основано на конструкции прибора цифрового вида. Допускается применение приборов аналогового вида, если они обеспечивают получение таких же результатов, как и средства измерений цифрового вида. Для целей испытаний на соответствие стандартам и исследования качества электроэнергии результаты, полученные с помощью цифрового прибора, удовлетворяющие настоящему стандарту, являются определяющими.

Функциональная схема прибора представлена на рисунке 2. Прибор состоит из двух частей, каждая из которых выполняет одну из следующих задач:

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

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

4.2 Блок 1 — Преобразователь входного напряжения

Данный блок включает преобразователь входного напряжения, который приводит входное напряжение частоты сети к внутреннему опорному уровню напряжения прибора, как установлено в 5.3. Данный метод позволяет выполнить измерения фликера независимо от фактического уровня напряжения на входе прибора, результат измерений может быть выражен как процентное отношение.

4.3 Блок 2 — Квадратичный демодулятор

Цель данного блока состоит в воспроизведении колебаний напряжения путем возведения в квадрат входного напряжения, приведенного к внутреннему опорному уровню напряжения прибора, моделируя таким образом характеристики лампы.

Примечание — Данный умножитель вместе с фильтром Баттерворта в блоке 3 работает как демодулятор.

4.4 Блок 3 — Взвешивающие фильтры

Блок 3 состоит из 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 при частоте 0,05 Гц) может использоваться для устранения любого компонента напряжения постоянного тока. Значения, приведенные в калибровочных таблицах 1a и 1b, таблицах 2a и 2b, а также в таблице 5 испытаний для определения рабочих характеристик, 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 синусоидальных изменениях напряжения, подаваемого на газонаполненную электрическую лампу с биспиральной нитью накаливания (60 Вт/230 В и/или 60 Вт/120 В).

Примечание 1 — Функция отклика основана на значении порога зрительного восприятия фликера, найденного на каждой частоте пятьюдесятью процентами испытуемого персонала.

Примечание 2 — Для систем электропитания напряжением 100 В эталонная лампа накаливания будет иметь другой частотный отклик и потребует соответствующей корректировки взвешивающего фильтра. Характеристики газоразрядных и светодиодных ламп полностью различаются, что требует существенных изменений к кали-

бровочным таблицам в настоящем стандарте, если принимать их во внимание. Поправочные коэффициенты для нескольких общепринятых комбинаций «напряжение/частота» приведены в таблице В.2.

Примечание 3 — Блок 3 основан на граничной кривой зрительного восприятия фликера для синусоидальных изменений напряжения; правильное взвешивание несинусоидальных и произвольных изменений напряжения достигается соответствующим выбором комплексной функции передачи для блоков 3 и 4. Соответственно, правильные характеристики модели также были проверены с применением периодических и импульсных сигналов. Некоторые из этих сигналов приведены в приложении В.

4.5 Блок 4 — Формирование прямоугольных импульсов и сглаживание

Блок 4 состоит из умножителя — устройства квадратичной обработки сигналов и низкочастотного фильтра первого порядка. Восприятие фликера с учетом характеристик глаз и мозга человека при подаче колебаний напряжения на эталонную лампу моделируется комбинированным нелинейным откликом блоков 2, 3 и 4.

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

4.6 Блок 5 — Устройство текущего статистического анализа

Блок 5 выполняет оперативный анализ уровня фликера, таким образом позволяя вычислить напрямую значимые параметры оценки.

Соответствующий интерфейс с аналоговыми сигналами или с передачей цифровых данных позволяет представить данные и записать их. Цель этого блока состоит в том, чтобы определить показатели дозы фликера посредством статистического анализа. Этот статистический анализ, выполняемый в оперативном режиме посредством блока 5, 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}. Выбирая достаточно высокую частоту выборки, окончательный результат в конце интервала измерения представляет собой распределение длительностей уровней фликера в каждом классе. Суммируя показания счетчиков всех классов и выражая показание счетчика каждого класса относительно общей суммы, получают функцию плотности вероятности уровня фликера.

Из этой функции получается интегральная функция вероятности, которая, в свою очередь, используется при повременном статистическом методе анализа. На рисунке 3 схематично представлен метод статистического анализа, ограниченный для простоты только 15 классами для расчета P_{st} при испытаниях для определения рабочих характеристик с использованием коэффициента модуляции 1,788 % (то есть фактора $k = 2$) при 39 изменениях в минуту (0,325 Гц), для целевого значения P_{st}, равного 2000, как установлено в 6.2 и таблице 5 для 230 В/50 Гц.

С использованием интегральной функции вероятности могут быть получены существенные статистические значения, такие как среднее значение, стандартное отклонение, уровень фликера, превышаемый в заданной части интервала времени, или, в качестве альтернативы, процентное относительное время, когда уровень фликера превышает установленный уровень значения.

Для обработки данных в реальном времени сразу после получения результатов на каждом кратковременном интервале запускается статистический анализ следующего интервала и результаты предыдущего интервала поступают на выход фликерметра. Таким образом, n кратковременных исследований будет доступен для данного периода наблюдения T_{long} вместе с результатами на длительном интервале.

4.7 Выход прибора

4.7.1 Общие положения

На схеме фликерметра (см. рисунок 2) показано количество обязательных выходов. Выходы, отмеченные звездочкой, являются дополнительными и позволяют полностью использовать возможности прибора для исследования изменений напряжения. Могут быть предусмотрены добавочные дополнительные выходы.

4.7.2 Выход P_{lin}

Выход P_{lin} является дополнительным и предназначен главным образом для минимизации фликера. Этот вывод пропорционален изменениям входного напряжения.

4.7.3 Выход P_{inst}

Этот выход, ранее называемый выходом 5, обязателен. На этом выходе могут быть получены мгновенные значения фликера для их регистрации с целью быстрой оценки или для более поздней обработки. Данные на выходе 5 могут быть в аналоговом или цифровом формате. При испытаниях по таблицам 1 и 2 наблюдается максимальное значение $P_{inst.}$

4.7.4 Выход P_{st}

Выход P_{st} в блоке 5 обязателен.

4.7.5 Выход P_{lt}

Выход P_{lt} обязателен.

4.7.6 Выход для измерений *d*

При проведении испытаний на соответствие требованиям IEC 61000-3-3 или IEC 61000-3-11 необходимо применять непосредственно измеренные значения d_c, d_{max} и $d(t)$. Эти значения d_c, d_{max} и $d(t)$ не обязательны для краткосрочной или долгосрочной оценки фликера. Значение U_{hp} не требуется ни для каких испытаний на соответствие требованиям или оценки фликера, но может быть необходимо для калибровки.

Выходы данных — и в аналоговом, и в цифровом формате — должны быть предусмотрены для d_c, d_{max} и $d(t)$, 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 синусоидальных и прямоугольных изменений напряжения при частотах 50 Гц и 60 Гц соответственно. Порог восприимчивости фликера человеком соответствует единичному уровню на выходе блока 4. Обобщенная частотная характеристика прибора центрируется относительно частоты 8,8 Гц для синусоидальной модуляции. Таблицы 1 и 2 дают значения для систем электропитания 120 В и 230 В, 50 Гц и 60 Гц.

Требуемая точность прибора (от его входа до выхода блока 4) обеспечивается, если измеренные значения P_{inst} для указанных синусоидальных и прямоугольных модуляций колебаний с фазовым соотношением модуляции, как показано в приложении В, находятся в пределах ±8 % выходного значения восприятия для указанных рабочих диапазонов и частот фликерметра. Значения, выделенные полужирным шрифтом в таблицах 1 и 2, показывают обязательные контрольные точки. Изготовитель должен указать диапазоны напряжения и частоты, для которых предназначен используемый фликерметр.

Таблица 1а — Нормализованная частотная характеристика фликерметра 120 В/50 Гц и 120 В/60 Гц для синусоидальных отклонений напряжения (относительное отклонение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе P_{inst})

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц		Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц
0,5	**2,453**	**2,453**	10,0	0,341	0,341
1,0	1,456	1,456	10,5	0,355	0,355
1,5	**1,126**	**1,126**	11,0	0,373	0,373
2,0	0,942	0,942	11,5	0,394	0,394
2,5	0,815	0,815	12,0	0,417	0,417
3,0	0,717	0,717	13,0	0,469	0,469
3,5	0,637	0,637	14,0	0,528	0,528
4,0	0,570	0,570	15,0	0,592	0,592

Окончание таблицы 1a

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц		Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц
4,5	0,514	0,514	16,0	0,660	0,660
5,0	0,466	0,466	17,0	0,734	0,734
5,5	0,426	0,426	18,0	0,811	0,811
6,0	0,393	0,393	19,0	0,892	0,892
6,5	0,366	0,366	**20,0**	**0,977**	**0,978**
7,0	0,346	0,346	21,0	1,067	1,068
7,5	0,332	0,332	22,0	1,160	1,162
8,0	0,323	0,323	23,0	1,257	1,261
8,8	**0,321**	**0,321**	24,0	1,359	1,365
9,5	0,329	0,329	**25,0**	**1,464**	1,476
			$33\frac{1}{3}$	**2,570**	**3,111**
			40,0	**4,393**	

Для типовых испытаний выделенные полужирным шрифтом записи в таблице 1a обязательны. Другие точки являются необязательными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам на нормализованной кривой частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовители фликерметров могут провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 1a, но это не обязательно для типовых испытаний или для проверки прибора.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 Гц и 60 Гц, обязательные для проверки частотные точки отличаются. Частоты модуляции должны быть установлены с допуском ±0,5 % или менее 6. Модулирующие напряжения должны быть также установлены с допуском ±0,5 % от указанных значений. Допуск 0,5 % и для амплитуды модуляции и для частоты может фактически привести к ошибкам при определении P_{inst} до 3 %.

Таблица 1b — Нормализованная частота фликерметра 230 В/50 Гц и 230 В/60 Гц для синусоидальных отклонений напряжения (относительное отклонение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе P_{inst})

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц		Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц
0,5	2,325	2,325	10,0	0,261	0,261
1,0	1,397	1,397	10,5	0,271	0,271
1,5	**1,067**	**1,067**	11,0	0,283	0,283
2,0	0,879	0,879	11,5	0,298	0,298
2,5	0,747	0,747	12,0	0,314	0,314
3,0	0,645	0,645	13,0	0,351	0,351

Окончание таблицы 1b

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц		Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц
3,5	0,564	0,564	14,0	0,393	0,393
4,0	0,497	0,497	15,0	0,438	0,438
4,5	0,442	0,442	16,0	0,486	0,486
5,0	0,396	0,396	17,0	0,537	0,537
5,5	0,357	0,357	18,0	0,590	0,590
6,0	0,325	0,325	19,0	0,646	0,645
6,5	0,300	0,300	**20,0**	0,704	0,703
7,0	0,280	0,280	21,0	0,764	0,764
7,5	0,265	0,265	22,0	0,828	0,826
8,0	0,256	0,256	23,0	0,894	0,892
8,8	**0,250**	**0,250**	24,0	0,964	0,959
9,5	0,254	0,254	**25,0**	**1,037**	1,029
			$33\frac{1}{3}$	**2,128**	**1,758**
			40,0		**2,963**

Для типовых испытаний выделенные полужирным шрифтом записи в таблице 1b обязательны. Другие точки являются необязательными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам на нормализованной кривой частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовители фликерметров могут провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 1b, но это не обязательно для типовых испытаний или для проверки прибора.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 Гц и 60 Гц, обязательные для проверки частотные точки отличаются. Частоты модуляции должны быть установлены с допуском ±0,5 % или менее 6. Модулирующие напряжения должны быть также установлены с допуском ±0,5 % от указанных значений. Допуск 0,5 % и для амплитуды модуляции и для частоты может фактически привести к ошибкам при определении P_{inst} до 3 %.

Таблица 2a — Нормализованная частота фликерметра 120 В/50 Гц и 120 В/60 Гц для прямоугольных отклонений напряжения (относительное отклонение входного напряжения $\Delta U/U$ для одного модуля восприятия у вывода P_{inst})

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц		Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц
0,5	**0,598**	**0,597**	11,5	0,308	0,308
1,0	0,548	0,547	12,0	0,324	0,325
1,5	0,503	0,503	13,0	0,367	0,363
2,0	0,469	0,468	14,0	0,411	0,413

Окончание таблицы 2a

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц		Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 120 В, 50 Гц
2,5	0,439	0,438	15,0	0,457	0,460
3,0	0,419	0,420	16,0	0,509	0,511
3,5	**0,408**	**0,408**	17,0	0,575	0,562
4,0	0,394	0,394	**18,0**	**0,626**	**0,611**
4,5	0,373	0,372	19,0	0,688	0,683
5,0	0,348	0,348	20,0	0,746	0,768
5,5	0,324	0,323	21,0	0,815	0,811
6,0	0,302	0,302	**21,5**	0,837	**0,820**
6,5	0,283	0,283	**22,0**	**0,851**	0,852
7,0	0,269	0,269	23,0	0,946	0,957
7,5	0,258	0,259	24,0	1,067	1,052
8,0	0,253	0,253	**25,0**	1,088	**1,087**
8,8	**0,252**	**0,252**	**25,5**	**1,072**	1,148
9,5	0,258	0,258	**28,0**	1,383	**1,303**
10,0	0,266	0,265	**30,5**	1,602	**1,144**
10,5	0,278	0,278	$33\frac{1}{3}$	**1,823**	**2,443**
11,0	0,292	0,293	**37,0**	**1,304**	
			40,0	**3,451**	

Для типовых испытаний выделенные полужирным шрифтом записи в таблице 2a обязательны. Другие точки являются необязательными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам на нормализованной кривой частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовители фликерметров могут провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 2a, но это не обязательно для типовых испытаний или для проверки прибора.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 Гц и 60 Гц, обязательные для проверки частотные точки отличаются. Частоты модуляции должны быть установлены с допуском ±0,5 % или менее. Модулирующие напряжения должны быть также установлены с допуском ±0,5 % от указанных значений. Допуск 0,5 % и для амплитуды модуляции и для частоты может фактически привести к ошибкам при определении P_{inst} до 3 %. Время перехода от одного уровня напряжения до следующего должно составлять меньше чем 0,5 мс.

Таблица 2b — Нормализованная частота фликерметра 230 В/50 Гц и 230 В/60 Гц для прямоугольных отклонений напряжения (относительное отклонение входного напряжения $\Delta U/U$ для единичного уровня восприимчивости на выходе P_{inst})

Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %		Гц	Отклонение напряжения $\Delta U/U$, %	
	Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц		Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц
0,5	**0,509**	**0,510**	11,5	0,233	0,233

Окончание таблицы 2b

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

Для типовых испытаний выделенные полужирным шрифтом записи в таблице 2b обязательны. Другие точки являются необязательными. Значения, выделенные полужирным шрифтом, соответствуют важнейшим точкам на нормализованной кривой частотной характеристики прибора и выбраны в точках изгиба кривой или вблизи от них. Изготовители фликерметров могут провести испытания прибора при всех значениях частоты в таблице 2b, но это не обязательно для типовых испытаний или для проверки прибора.

Примечание — Учитывая различные отклики в системах 50 Гц и 60 Гц, обязательные для проверки частотные точки отличаются. Частоты модуляции должны быть установлены с допуском ±0,5 % или менее 6. Модулирующие напряжения должны быть также установлены с допуском ±0,5 % от указанных значений. Допуск 0,5 % и для амплитуды модуляции и для частоты может фактически привести к ошибкам при определении P_{inst} до 3 %. Время перехода от одного уровня напряжения до следующего должно составлять меньше чем 0,5 мс.

5.2 Пределы входного напряжения

Входная цепь напряжения должна быть рассчитана на широкий диапазон номинальных напряжений электросети, адаптируемых к максимальному уровню, совместимому с работой последующих

цепей прибора. Наиболее распространенные номинальные напряжения приведены ниже. Изготовитель должен установить напряжение(я), для которого подходит прибор.

Существует много номинальных значений напряжений в пределах от 60 В до 690 В в зависимости от принятой практики. Чтобы обеспечить универсальное применение прибора, для большинства систем электроснабжения желательно сконструировать входную цепь для следующих номинальных напряжений:

U_{nom} = 66 В, 115 В, 230 В, 400 В, 690 В — для систем с 50 Гц;

U_{nom} = 69 В, 120 В, 240 В, 277 В, 347 В, 480 В, 600 В — для систем с 60 Гц.

Примечание 1 — При использовании внешних трансформаторов напряжения помимо напряжений, указанных выше, можно применять также другие диапазоны напряжений, такие как 100 В, $100/\sqrt{3}$ В и $110/\sqrt{3}$ В.

Примечание 2 — Входы с более высокой чувствительностью (0,1 В; 1 В; 10 В) не являются необходимыми, но полезны при использовании внешних преобразователей. Входная цепь должна быть способной принимать входной сигнал с коэффициентом амплитуды, по крайней мере, равным 2.

Ширина полосы пропускания по входам фликерметра должна быть обозначена 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 выше, чем 450 Гц.

5.3 Адаптер напряжения

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

С этой целью среднеквадратические полупериодные напряжения подают на низкочастотный резистивный/емкостный фильтр первого порядка с постоянной времени 27,3 с. Рабочий диапазон этой цепи должен быть достаточным, чтобы гарантировать корректное воспроизведение входных колебаний напряжения, вызывающих фликер.

5.4 Взвешивающие фильтры

Взвешивающие фильтры, входящие в блок 3, используются для:

- устранения постоянной составляющей и составляющей двойной частоты напряжения электросети, присутствующих на выходе демодулятора (амплитуда составляющей более высоких частот незначительна);
- взвешивания колебаний напряжения согласно чувствительности цепи «лампа — глаз — мозг».

Фильтр для подавления нежелательных составляющих входного сигнала включает 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 с 230 В/50 Гц. Фильтр Баттерворта шестого порядка с 3 дБ частотой среза 42 Гц требуется для систем 120 В/60 Гц.

5.5 Отклик взвешивающего фильтра в блоке 3

Учитывая то, что фильтры, описанные выше, подавляют нежелательные частотные составляющие входного сигнала, оказывают незначительное влияние в полосе частот сигналов, создаваемых колебаниями напряжения; передаточная функция «вход-выход» блока 3 $F(s)$ имеет следующий вид:

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

где s — комплексная переменная Лапласа.

Значения приведены ниже, в таблице 3.

Таблица 3 — Показательные значения для параметров ламп

Переменная	Лампа 230 В	Лампа 120 В
k	1,74802	1,6357
λ	$2\pi \cdot 4{,}05981$	$2\pi \cdot 4{,}167375$
ω_1	$2\pi \cdot 9{,}15494$	$2\pi \cdot 9{,}077169$
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 — Суммарная погрешность функции передачи блока 3 достигается соответствием с техническим заданием на проведение испытаний в разделе 6.		

5.6 Квадратичный демодулятор 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 мозге.

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 резистивному/емкостному фильтру первого порядка с постоянной времени 300 мс.

5.7 Общий метод статистического анализа

5.7.1 Общие положения

T_{short} может быть выбран в пределах от 1 мин до 15 мин, но предполагается равным 10 мин, если не указано иное.

T_{long} должен представлять собой произведение выбранного значения T_{short} и целого числа N. Число N может достигать, по крайней мере, 1008, что соответствует семи дням с T_{short}, равным 10 мин. T_{long} равен 12 N, т. е. двум часам, если не указано иное.

Примечание 1 — Если фликерметр используется для контроля качества электрической энергии, в процессе которого могут иметь место значительные колебания напряжения, рекомендуется разрешение 16 бит, включающее в себя по меньшей мере 512 логарифмически расположенных классов.

Примечание 2 — В приборах, которые используются для контроля качества электрической энергии, должна быть указана индикация значений P_{inst}, которые находятся вне диапазона классификатора.

5.7.2 Оценка кратковременной дозы фликера

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

$$P_{st} = \sqrt{0{,}031P_{0{,}1} + 0{,}0525P_{1s} + 0{,}0657P_{3s} + 0{,}28P_{10s} + 0{,}08P_{50s}}, \quad (8)$$

где перцентили $P_{0,1}$, P_1, P_3, P_{10} и P_{50} — уровни фликера, значения которых превышены в течение 0,1 %; 1 %; 3 %; 10 % и 50 % времени в течение периода наблюдения. Индекс «s» в формуле указывает, что должны использоваться сглаженные значения, которые рассчитываются по следующим формулам:

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

Постоянная времени памяти 0,3 с во фликерметре гарантирует, что $P_{0,1}$ не может измениться резко и нет необходимости в сглаживании для этого перцентиля.

Примечание — Значение P_{st} — обязательный выход, тогда как выходы для отдельных значений перцентилей являются необязательными.

5.7.3 Оценка длительной дозы фликера

Краткосрочная оценка дозы фликера является подходящей для оценки колебаний напряжения, вызванных отдельными источниками с коротким рабочим циклом. Там, где необходимо учитывать суммарный эффект нескольких возмущающих нагрузок, работающих в произвольном порядке (например, сварочные станки, двигатели), должны быть приняты во внимание источники фликера с длинными и переменными рабочими циклами (например, дуговые печи), необходимо оценивать длительную дозу фликера. Для этой цели длительная доза фликера P_{lt} должна быть получена из краткосрочных значений доз фликера P_{st} за соответствующий период, связанный с рабочим циклом нагрузки или за период, в течение которого наблюдатель может среагировать на фликер, например, несколько часов, используя следующую формулу:

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

где $P_{st\,i}$ (i = 1, 2, 3...) являются последовательными показаниями краткосрочной дозы P_{st}.

Примечание — При измерениях для определения качества электропитания согласно [1] или для измерений согласно IEC 61000-3-3 и IEC 61000-3-11 рекомендуется значение P_{lt} за двухчасовой период (N = 12).

6 Испытания фликерметра

6.1 Общие замечания

Определяют три класса фликерметров. Фликерметры должны быть подвергнуты испытаниям с несколькими различными характеристиками испытательных напряжений. В таблице 4 представлен краткий обзор этих испытаний. Схемы модуляции и значения $\Delta U/U$, указанные в настоящем разделе, приведены в приложении В.

Класс F1. Фликерметры общего назначения, пригодные для применения при контроле качества электрической энергии, а также при проведении испытаний на соответствие (см. примечание а) 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 определено в таблице 4. При проведении периодической калибровочной проверки согласно 6.3 необходимы лишь испытания с прямоугольным изменением напряжения. Рекомендуется также периодически выполнять широкополосные испытания.

Класс F2. Фликерметры, предназначенные для испытаний на соответствие продукции требованиям IEC 61000-3-3 или IEC 61000-3-11, функционирующие в контролируемой среде при постоянной частоте и фазе и при ограниченных изменениях напряжения. Поэтому для фликерметров этого типа достаточно испытания согласно 6.3 (см. таблицу 5), чтобы проверить правильное функционирование фликерметра.

Класс F3. Фликерметры, предназначенные для применения при мониторинге качества электрической энергии, поиска неисправностей и для других применений, при которых малая неопределенность измерений не является необходимой и сопоставима с приборами для измерения показателей качества электрической энергии класса S.

Примечание — Фликерметры, соответствующие требованиям IEC 61000-4-15 (первое издание, включая изменение 1)[1)], рассматриваются как приборы класса F3.

[1)] IEC 61000-4-15(1997)/Amd.1 (2003) «Электромагнитная совместимость. Часть 4. Методики испытаний и измерений. Раздел 15. Фликерметр. Технические условия на функциональные характеристики и конструкцию». Изменение 1.

Изготовитель фликерметра должен установить любые дополнительные процедуры, требуемые для проверки характеристик конкретного прибора. Протокол калибровки должен включать сведения о конкретной версии прибора, а также о версии применяемого поддерживающего программного обеспечения, а также версию любой необходимой программной поддержки. Примеры протоколов типовых испытаний приведены в приложении С. Для периодической проверки калибровки достаточно испытаний, выделенных полужирным курсивом в таблице 4.

Таблица 4 — Технические условия на проведение испытаний для фликерметра

Характеристики испытательного напряжения	Намерения	Значение, используемое для испытания	Классы фликерметров		
Синусоидальное/ прямоугольное изменение напряжения (см. таблицы 1, 2)	Испытания характеристик отклика фильтров и масштабных коэффициентов	P_{inst}	F1	F2	F3
Прямоугольные изменения напряжения и эксплуатационные испытания (см. таблицу 5)	Испытания классификатора и алгоритмов статистической оценки	P_{st}	F1	F2	F3
Изменения частоты (см. таблицу 6)	Испытания измерительной цепи (аппаратные средства)	P_{inst}	F1		
Искаженное напряжение с многократным пересечением нуля (см. таблицу 8)	Испытания устойчивости входной управляющей цепи	P_{inst}	F1		
Гармоники с боковой полосой частот (см. таблицу 9)	Испытания ширины полосы частот входных цепей	P_{inst}	F1		
Скачки фазы (см. таблицу 10)	Испытания устойчивости входной управляющей цепи, ширины полосы частот входных цепей и классификатора	P_{st}	F1		
Прямоугольные изменения напряжения с коэффициентом заполнения (см. таблицу 11)	Испытания классификатора и алгоритмов статистической оценки	P_{st}	F1	F2	
d_c, d_{max}, $d(t)$	Испытания функционирования в соответствии с требованиями IEC 61000-3-3	P_{st}	F1[a]	F2	
[a] Испытания с целью определения d_c, d_{max}, $d(t)$ требуются только для фликерметра класса F1, если изготовитель устанавливает, что прибор применим для испытаний на соответствие требованиям IEC 61000-3-3 или IEC 61000-3-11.					

6.2 Синусоидальные/прямоугольные изменения напряжения

Для фликерметров должна быть проверена полная характеристика отклика от входа до выхода P_{inst} 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 эксплуатационные испытания

Для всех значений числа изменений напряжения в таблице 5 значение P_{st} должно быть равно 1,00 с допуском ±5 %. Этого испытания достаточно для калибровки с регулярными временными интервалами.

Для фликерметров класса F1 и класса F3, предназначенных для общего контроля качества электрической энергии, изменения напряжения, определенные в таблице 5, должны центрироваться вокруг номинального испытательного напряжения, указанного в таблице. Это должно гарантировать, что фликерметр имеет достаточно большой динамический входной диапазон, чтобы точно оценить отклонения напряжения в любом направлении.

Для фликерметров класса F2, предназначенных для испытания продукции на соответствие, напряжение, подаваемое на испытуемую продукцию, не должно превышать номинальное испытательное напряжение. Фактически при больших значениях коэффициента амплитуды k, таких как $k = 5$, и малой частоте модуляции максимальное напряжение превышает установленное рабочее напряжение большинства электрических приборов. Поэтому изменения напряжения для фликерметров класса F2 могут центрироваться вокруг более низкого значения напряжения U_c, чтобы максимальное напряжение во время испытания 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 согласно таблице 5 модуляция может центрироваться вокруг $U_c = 221{,}0$ 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 P_{st} определяется для этого k. Изготовитель должен установить наименьшее и наибольшее значения коэффициента k, для которого соответствующее значение P_{stk} находится в пределах ±5 % или ±0,05, в зависимости от того, что больше. Эта операция устанавливает рабочий диапазон классификатора, например $0{,}25 \le k \le 5{,}0$.

Прямоугольная модуляция должна быть применена при рабочем цикле (50 ± 2) %, и время перехода от одного уровня напряжения до следующего должно быть менее чем 0,5 мс.

Таблица 5 — Техническое задание на проведение испытаний для классификатора фликерметра

Прямоугольные изменения в минуту	Изменение напряжения, %			
	Система ламп 120 В, 50 Гц	Система ламп 120 В, 60 Гц	Система ламп 230 В, 50 Гц	Система ламп 230 В, 60 Гц
1	3,178	3,181	2,715	2,719
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	Испытание не требуется	2,343	Испытание не требуется
4800	Испытание не требуется	4,837	Испытание не требуется	3,263

Примечание 1 — 1620 прямоугольных изменений в минуту соответствуют частоте 13,5 Гц прямоугольной модуляции прямоугольной волны.

Примечание 2 — Для проведения испытаний согласно этой таблице первое изменение напряжения подают через 5 с после начала оценки P_{st}. Фликерметры, имеющие предварительное время, чтобы зарядить фильтры, позволяют получить индикацию непосредственно после начала оценки. Оператор, проводящий испытания, должен указать, когда запускается оценка P_{st}, чтобы определить, когда запускать картину прямоугольной модуляции.

6.4 Комбинированные изменения частоты и напряжения — фликерметры класса F1

При данных испытаниях частота f и амплитуда испытательного напряжения изменяются с периодом 4 с при пересечении нуля кривой напряжения. Наблюдаемое значение $P_{inst,\ max}$ должно быть равно 1,00 с допуском ±8 %.

Таблица 6 — Техническое задание на проведение испытаний для комбинированных изменений частоты и напряжения — фликерметры класса F1

Лампа 120 В			Лампа 230 В		
Системная частота, Гц	Изменение частоты *f*, Гц	Изменение напряжения *U*, В	Системная частота, Гц	Изменение частоты *f*, Гц	Изменение напряжения *U*, 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 фундаментального (основного) напряжения *U* и гармонических уровней согласно таблице 7. У всех гармоник есть фазовый сдвиг 180° относительно основной частоты на 50 Гц/60 Гц; т. е. напряжение всех гармоник проходит через нуль в отрицательную сторону, когда напряжение основной частоты проходит через нуль в положительную сторону. Полученное искаженное напряжение затем модулируется синусоидальным напряжением с частотой 8,8 Гц и с амплитудой согласно таблице 8. Наблюдаемое $P_{inst,\ max}$ должно быть равно 1,00 с допуском ±8 %.

Таблица 7 — Техническое задание на проведение испытаний для искаженного напряжения с многократными пересечениями нуля — фликерметры класса F1

Гармонический порядок v	3	5	7	9	11	13	17	19	23	25	29	31
U_v – % от *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 для испытания искаженного напряжения — фликерметры класса F1

Лампа 230 В		Лампа 120 В	
Системная частота, Гц	Изменение напряжения *U*, В	Системная частота, Гц	Изменение напряжения *U*, В
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 этого испытания напряжение электропитания *U* (230 В /120 В) при частоте сети (50 Гц /60 Гц) модулируют суммой двух гармонических напряжений с частотами, различающимися на 10 Гц, по таблице 9. Два модулирующих напряжения должны иметь равные относительные амплитуды (U_i/U).

Частоты модуляции f_v и f_i в паре частот (f_v, $f_i = f_v - 10$ Гц) увеличивают, чтобы установить максимальную ширину полосы частот фликерметра. Самая высокая частота $f_{v,\ max}$, для которой $P_{inst,max} = 1,00$ с допуском ±8 %, является входной шириной полосы пропускания фликерметра. $f_{v,max}$ должно быть равно, по крайней мере, 450 Гц. Частоты пар напряжений могут быть увеличены с шагом 50 Гц (60 Гц для 60 Гц систем) для этого испытания, начинающегося с минимальных частот, указанных в таблице 9.

Таблица 9 — Техническое задание на проведение испытаний для гармоник с боковой полосой частот — фликерметры класса F1

Лампа 230 В			Лампа 120 В		
Системная частота, Гц	(f_i/f_v), Гц	(U_i/U), %	Системная частота, Гц	(f_i/f_v), Гц	(U_i/U), %
50	140/150	3,611	60	170/180	4,126
60	170/180	3,611	50	140/150	4,126

6.7 Скачки фазы — фликерметры класса F1

Фликерметр должен быть испытан с последовательностью скачков фазы.

Каждый скачок фазы должен происходить при положительном пересечении нуля через 1, 3, 5, 7 и 9 мин (±10 с) после начала десятиминутного периода наблюдения.

Испытание должно быть повторено при скачках фазы $\Delta\beta$ = 30°, $\Delta\beta$ = минус 30°, $\Delta\beta$ = 45° и $\Delta\beta$ = = минус 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 для каждого скачка фазы должно быть менее чем 0,5 мс.

Таблица 10 — Техническое задание на проведение испытаний для скачков фазы — фликерметры класса F1

Угол скачка фазы, $\Delta\beta$	Система: лампа 230 В, 50 Гц, P_{st}	Система: лампа 120 В, 60 Гц, P_{st}	Система: лампа 120 В, 50 Гц, P_{st}	Система: лампа 230 В, 60 Гц, P_{st}
± 30°	0,913	0,587	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 является прямоугольно модулируемым, с частотой 28 Гц и рабочим циклом 12/60 (20 %). Это означает, что в интервале времени 60 с совокупное время, когда сигнальное напряжение находится на одном уровне, равно 12 с, а на другом уровне равно 48 с.

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

Значение P_{st} должно быть равно 1,00 с отклонением ±5 %.

Таблица 11 — Техническое задание на проведение испытаний для изменений прямоугольного напряжения с отношением длительности импульса к периоду повторения

Лампа 230 В		Лампа 120 В	
Системная частота, Гц	Изменение напряжения, %	Системная частота, Гц	Изменение напряжения, %
50	1,418	60	2,126
60	1,480	50	2,017

На рисунке 1 представлены прямоугольные колебания напряжения $\Delta U/U$ = 35 % в качестве примера, т. к. модуляции от 1 % до 2 % были бы не видны. На оси времени выделены 400 мс, в том числе 200 мс присутствия модуляции.

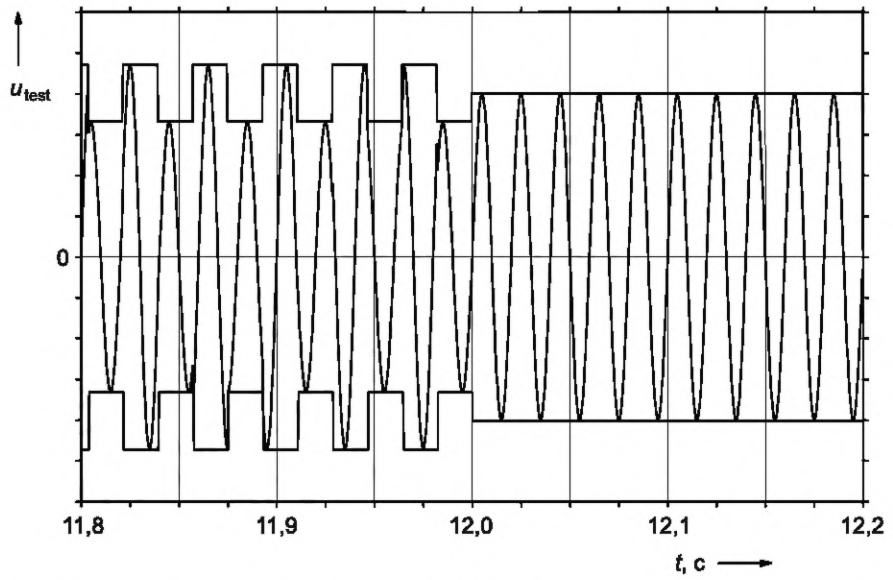
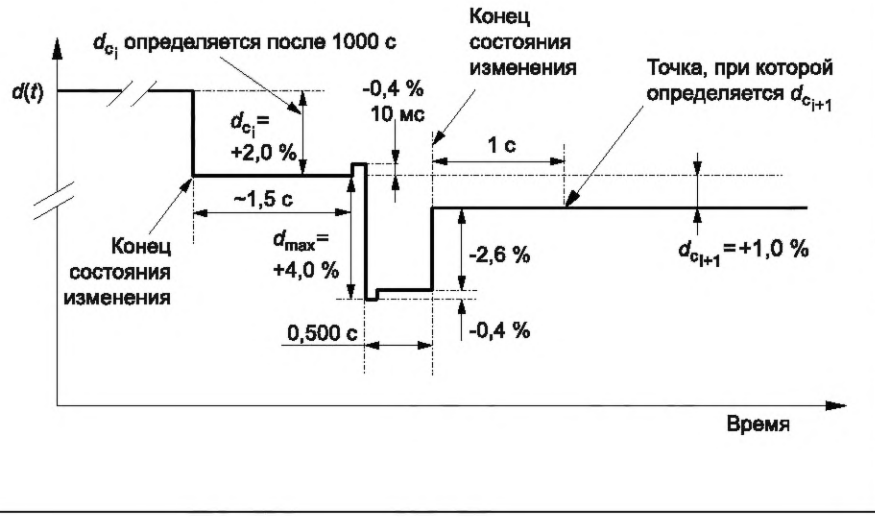


Рисунок 1 — Испытательное напряжение, модулированное прямоугольным сигналом частотой 28 Гц с 20-процентным рабочим циклом

6.9 Испытание *d*-параметра, 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 напряжения (переход) должно быть выполнено при пересечении нуля напряжением основной частоты. Измеритель *d* должен показать значения параметров, как определено в таблицах 12—13, с допуском ±5 %. Временной интервал $t_{d(t)}$ > > 3,3 % измеряется путем отдельных приращений длительностью 10 мс и поэтому должен быть в точности таким, как определено в таблицах, так как все изменения напряжения производятся при пересечениях нуля напряжением основной частоты.

Таблица 12 — Техническое задание на проведение испытаний для параметров d_c, d_{max}, $t_{(d(t))}$ > 3,3 %



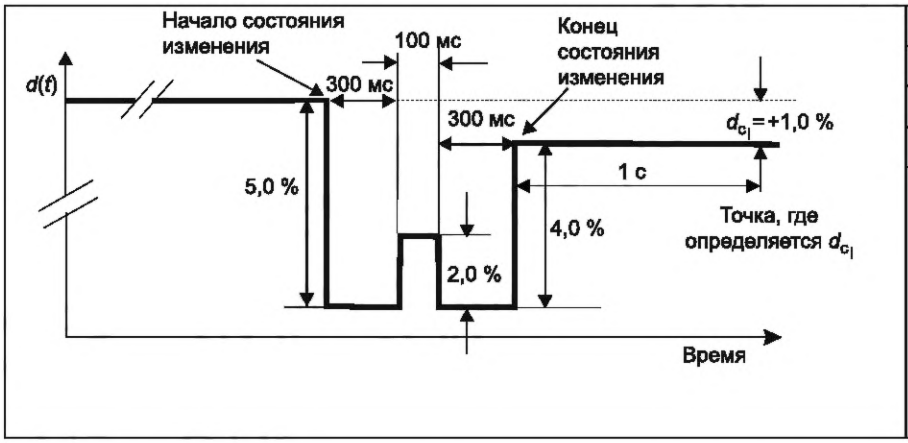
d_c=2,00 % (max от 1,00 и 2,00 %)
$t_{(d(t)>3,3\ \%)}$=500 мс
d_{max}=4,00 %

При испытании для определения параметра d в соответствии с таблицей 12 напряжение U должно изменяться, как показано на рисунке в таблице 12. Для ясности вертикальная ось показана как $d(t)$, что позволяет выражать изменения напряжения в процентах U_n. Все изменения напряжения должны быть проведены при пересечении нуля основной составляющей напряжения электропитания. Первое изменение проводят с шагом 2 %, т. е. от U_n до (U_n − 2 %), и этот уровень сохраняется до 1,5 с. Таким образом, 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 4,00 % относительно предыдущего стабильного состояния (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} составляет 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 устойчивого состояния на 490 мс. Затем напряжение изменяют на 2,6 %, т. е. оно переходит к уровню на 1,00 % ниже предыдущего установившегося состояния. Следовательно, второе состояние d_{ci} (d_{ci+1}) равно 1 % относительно предыдущего устойчивого состояния. Наибольшее изменение по отношению к первому установившемуся состоянию (2 %) должно быть зафиксировано.

Данное испытание проверяет корректное функционирование различных измерений параметра d, а также любую применимую логику программного обеспечения.

Таблица 13 — Техническое задание на проведение испытаний для параметров d_c, d_{max}, $t_{(d(t)} > 3,3$ %



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

Для второго испытания параметра d напряжение U должно изменяться, как показано на рисунке таблицы 13. Для упрощения рисунка вертикальная ось показана как $d(t)$, что позволяет выражать изменения напряжения в процентах U_n. Все изменения напряжения должны быть выполнены при пересечении нуля основной составляющей напряжения электропитания.

Первое изменение выполняют шагом 5,0 %, который является шагом от U_n до (U_n − 5 %), и этот уровень поддерживают 300 мс. Затем уровень изменяют на −2,0 % при длительности 100 мс, после чего вновь в течение 300 мс следует напряжение, уровень которого на 5,0 % ниже предыдущего установившегося состояния. После этого напряжение изменяют до значения 1,0 % ниже предыдущего устойчивого установившегося уровня.

Основная цель этого испытания состоит в том, чтобы проверить корректное суммирование значений, необходимых для оценки $t_{(dt)} > 3,3$ %, т. е. времени нахождения напряжения ниже уровня 3,3 % в течение состояния изменения напряжения. Так как нет условия устойчивого состояния до 700 мс плюс 1 с после начала первого перехода, накопление времени, когда $d(t)$ превышает указанный предел в 3,3 %, продолжается до установления нового условия устойчивого состояния. Начало и конец состояния изменения обозначены на рисунке таблицы 13.

7 Требования к окружающей среде и другие требования

7.1 Общие положения

Изготовитель должен установить номинальные эксплуатационные режимы и возможные значения ошибки, вызываемой изменениями:

- температуры,
- влажности,
- напряжения электропитания прибора и связанными с этим последующими помехами,
- напряжения помех общего режима между заземлением прибора, его входных схем и вспомогательного напряжения электропитания,
- разрядов статического электричества,
- излучаемых электромагнитных полей.

Примечание — При применении IEC 61010-1 для установления требований безопасности и изоляции следует принять во внимание, что входные цепи (напряжение, а также и ток) могут быть непосредственно связаны с напряжениями электропитания от сети.

7.2 Испытания изоляции, климатические испытания, испытания на электромагнитную совместимость и другие испытания

Требования техники безопасности определены в IEC 61010-1.

Требования к электромагнитной совместимости определены в IEC 61326-1.

Испытания на соответствие требованиям состояния окружающей среды проводятся согласно IEC 60068.

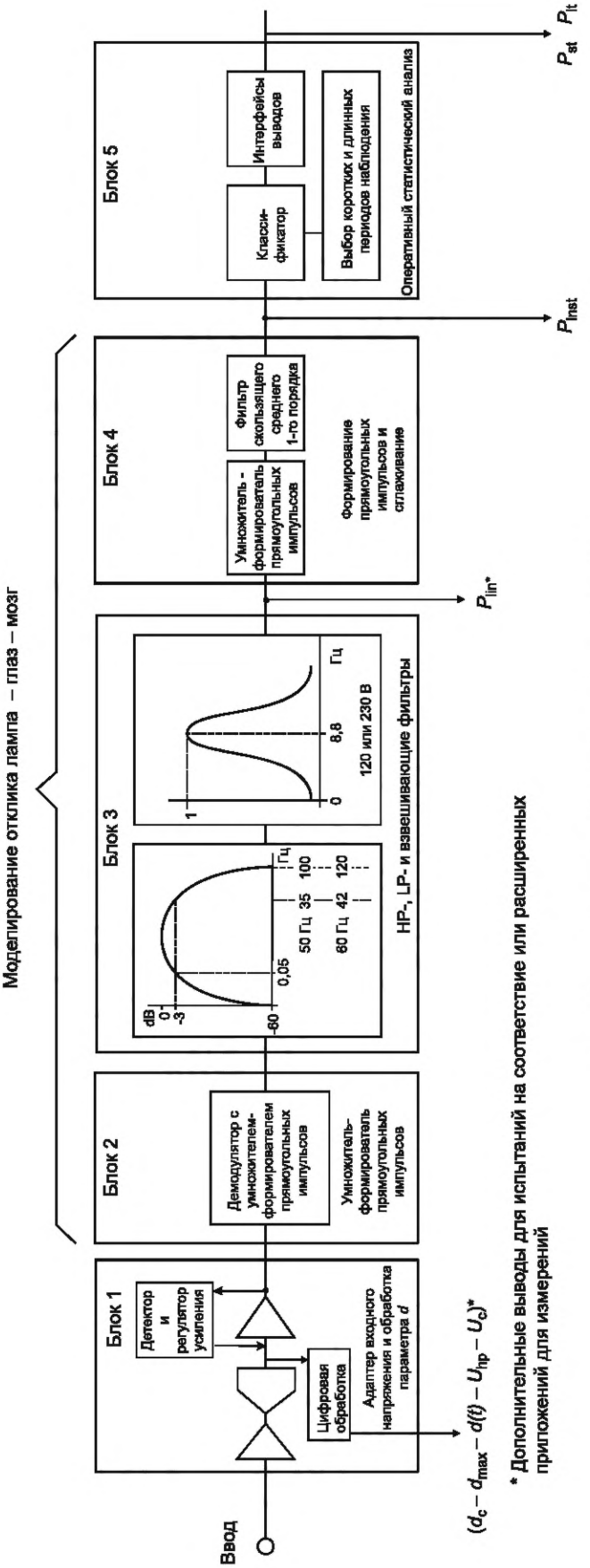
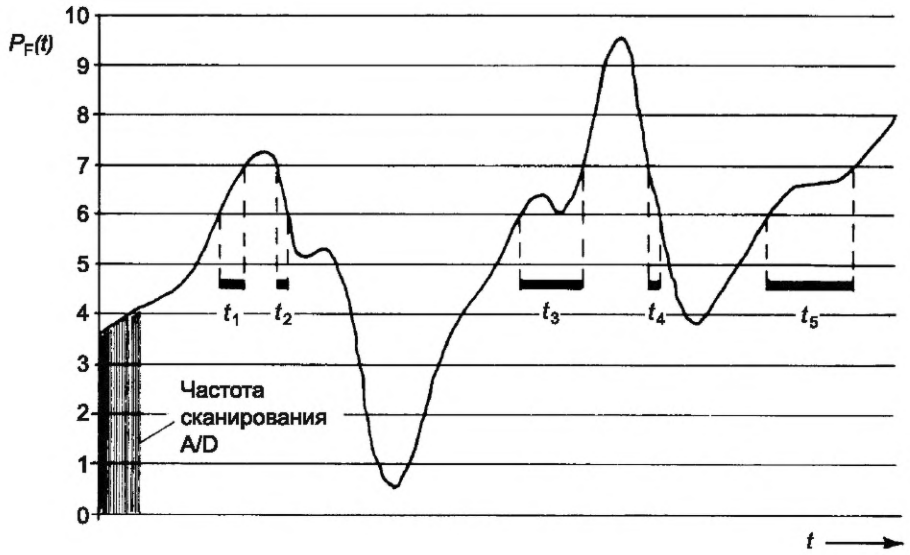


Рисунок 2 — Функциональная схема фликерметра IEC



Примечание — Постоянство сигнала для класса № 7 приводится как пример

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

Рисунок 3.a — Уровень фликера как функция времени

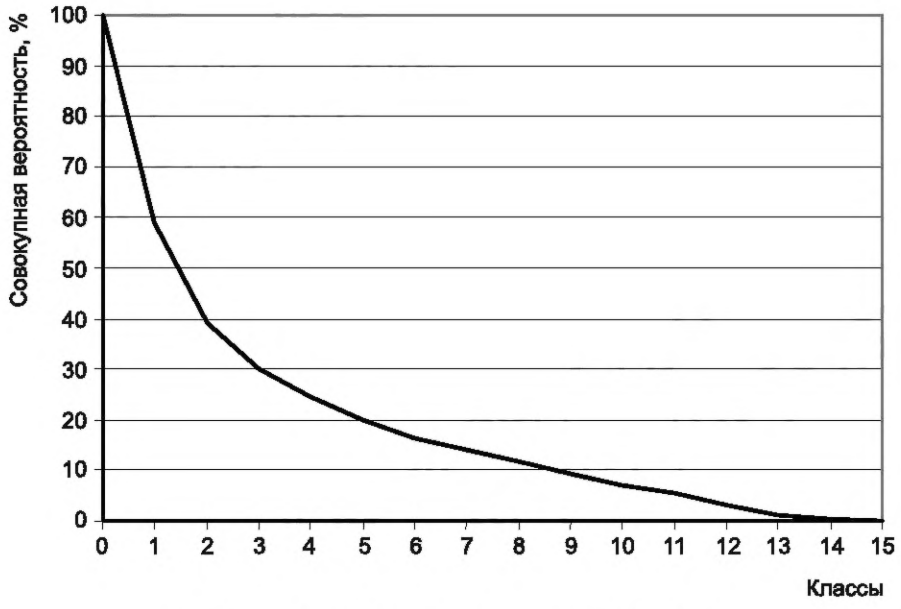


Рисунок 3.b — Совокупная функция вероятности

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

Приложение А
(обязательное)

Способы улучшения точности оценки фликера

А.1 Общие положения

Существуют различные способы достижения точной оценки фликера при широком диапазоне условий.

Некоторые из этих способов приведены ниже. Любой из них может использоваться по отдельности или в комбинации с другими при условии, что указанная точность ±5 % может быть применима в требуемом диапазоне глубины модуляции входного напряжения.

В большинстве случаев значения уровней фликера P_k, требуемые для вычисления P_{st}, не будут соответствовать определенному классу и должны быть получены путем интерполяции (или экстраполяции) применительно к имеющимся значениям.

А.2 Линейная интерполяция

Линейная интерполяция располагается так, чтобы полный масштаб F_s классификатора был разделен на N равных дискретных шагов и интервал значений, соответствующий отдельному классу, составлял бы F_s/N. Пусть n будет номером класса, которому соответствует уровень фликера P_k. Класс n включает уровни выхода фликерметра между $(n-1)F_s/N$, к которому добавляется y_{n-1} процентов времени интервалов наблюдений, и значением nF_s/N, к которому добавляется y_n процентов времени. Посредством линейной интерполяции уровень фликера P_k, соответствующий проценту времени y_k, равен

$$P_k = \frac{F_s}{N}\left(n - \frac{y_k - y_n}{y_{n-1} - y_n}\right). \quad (A.1)$$

А.3 Нелинейная интерполяция

Когда линейная интерполяция не дает достаточную точность, должна использоваться нелинейная интерполяция. При этом рекомендуется применять квадратичную формулу для уровней фликера, соответствующих трем последовательным классам на совокупной функции вероятности (СФВ).

Уровень СФВ получается из соотношения

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

где F_s/N — ширина класса;

$H_1 = 3/2\ y_{n-1} - 2\ y_n + 1/2\ y_{n+1}$;

$H_2 = 1/2\ y_{n-1} - y_n + 1/2\ y_{n+1}$;

$H_3 = H_1^2 - 4\ H_2\ (y_{n-1} - y_k)$;

y_n — относительная вероятность, соответствующая классу n, и так далее (см. А.2).

А.4 Псевдонулевое пересечение

Может случиться так, что одно или несколько значений уровней фликера P_k будут находиться в интервале, принадлежащем первому классу.

Опыт показывает, что интерполяция между нулем и верхней конечной точкой 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 %, затем проходить вертикально вверх по оси. Способ уменьшить ошибки в этой области состоит в том, чтобы экстраполировать кривую интегральную функцию до пересечения с осью y для получения псевдонулевой точки пересечения y_0. Подходящий алгоритм для определения y_0 состоит в следующем

$$y_0 = (3y_1 - 3y_2 + y_3). \quad (A.3)$$

А.5 Нелинейная классификация

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

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

Приложение В
(справочное)

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

В.1 Общие замечания

Формула и рисунок В.1, приведенные ниже, иллюстрируют значение $\Delta U/U$ и числа изменений напряжения в настоящем стандарте. Испытания для определения рабочих характеристик предполагают наличие фазового соотношения между основной частотой и функцией модуляции, как показано ниже — синусоидальной функцией. Изменение указанного фазового соотношения может привести к различным значениям P_{inst} и P_{st} для испытаний с прямоугольной модуляцией.

Рассмотрим функцию $u(t)$, модулированную по амплитуде, и процесс колебания напряжения $U(t)$. Процесс колебания напряжения $U(t)$ является функцией времени, образованной среднеквадратическими значениями напряжения, которые являются результатом $u(t)$. 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 с относительным изменением напряжения $\Delta u/\overline{u}$, равным 40 % при прямоугольной амплитудной модуляции частотой 8,8 Гц, которая может быть записана следующим образом:

$$u(t) = 1 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) \cdot \left\{1 + \frac{40}{100} \cdot \frac{1}{2} \cdot signum\left[\sin(2\pi \cdot 8{,}8 \cdot t)\right]\right\}.$$

Соответствующая форма колебаний представлена на рисунке В.1. Изменения среднеквадратических (эффективных) значений $\Delta U/U$ равны 40 %, т. е. соответствуют изменениям $\Delta u/\overline{u}$ моделирующей функции времени. Прямоугольные изменения напряжения имеют частоту 8,8 Гц. Каждый полный период моделирующей функции создает два отдельных колебания напряжения — один с увеличенным значением, один с уменьшенным значением. Два изменения в каждом периоде моделирующей функции с частотой 8,8 Гц дают 17,6 изменений в секунду.

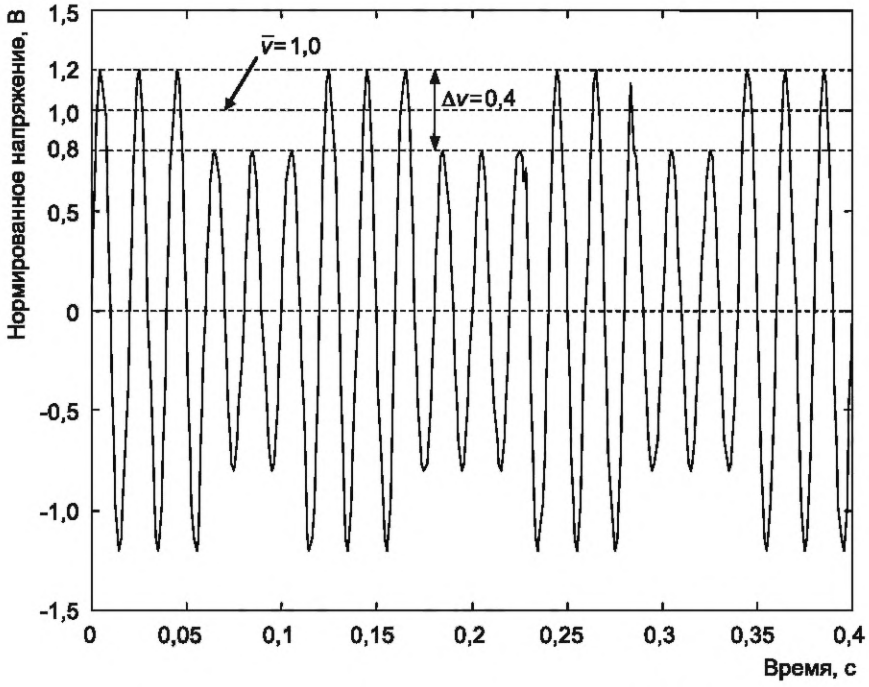


Рисунок В.1 — Прямоугольное изменение напряжения $\Delta U/U$ = 40 %, 8,8 Гц,17,6 изменений/в секунду

В.2 Поправочные коэффициенты для напряжений, отличных от 120 В/230 В, 50 Гц/60 Гц

В таблице В.1 показаны поправочные коэффициенты, которые применяют при комбинациях напряжение/частота, отличающихся от указанных в таблицах 1 и 2.

Фликерметр устанавливается в рабочий режим для напряжения и частоты, указанных в таблице В.2 в графе «Справочная таблица». Измеренные значения P_{lt} и P_{st} умножают на указанный поправочный коэффициент. Полученные значения фликера, как правило, находятся в пределах 3 % от значений фликера, которые были бы получены при модификации передаточной функции Лапласа применительно к точной модели лампы, применяемой при комбинации напряжение/частота, указанной в первой графе.

Отклонения результирующих значений фликера, таким образом, хорошо вписываются в пределах 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 к увеличению стоимости сертификации прибора без обеспечения существенных преимуществ.

Таблица В.1 — Поправочный коэффициент для других комбинаций напряжения/частоты

Напряжение и частота	Поправочный коэффициент	Справочная 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

Нужно отметить, что все *d*-параметры являются относительными величинами, т. е. независимыми от напряжения или частоты. Следовательно, все требования, которые установлены в настоящем стандарте, применяются ко всем напряжениям и частотам.

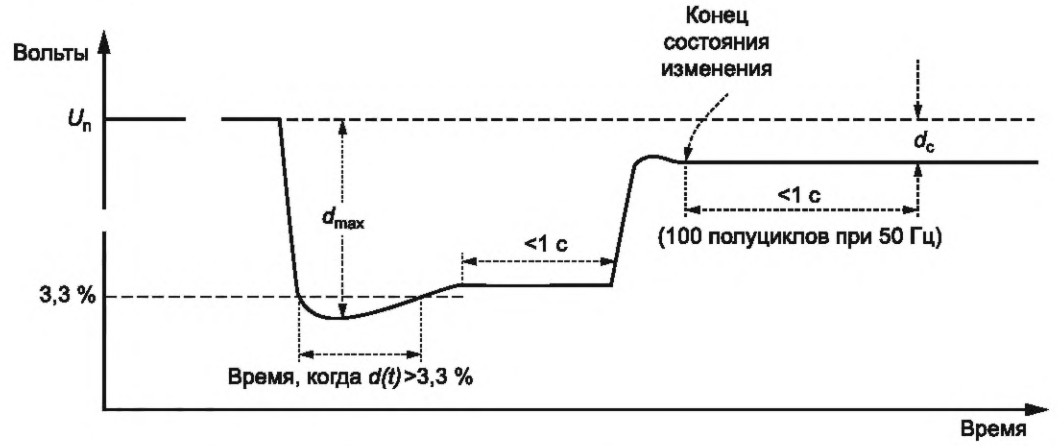


Рисунок В.2а — Пример определения параметра «*d*»

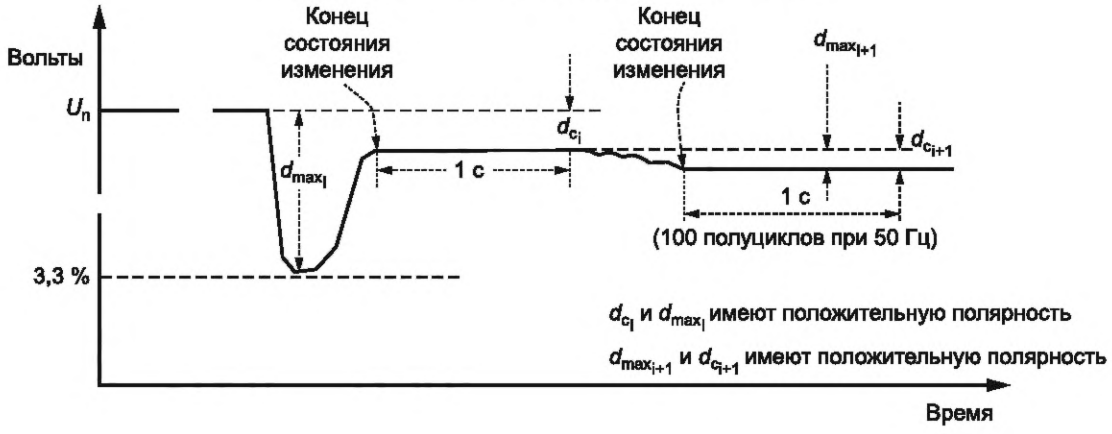


Рисунок В.2b — Пример определения параметра «*d*» с множественными условиями устойчивого состояния

На указанных выше рисунках B.2a и B.2b показаны некоторые обычно наблюдаемые колебания напряжения и *d*-параметры, указанные в разделе 3.

Рисунки позволяют изготовителям фликерметров правильно спроектировать прибор.

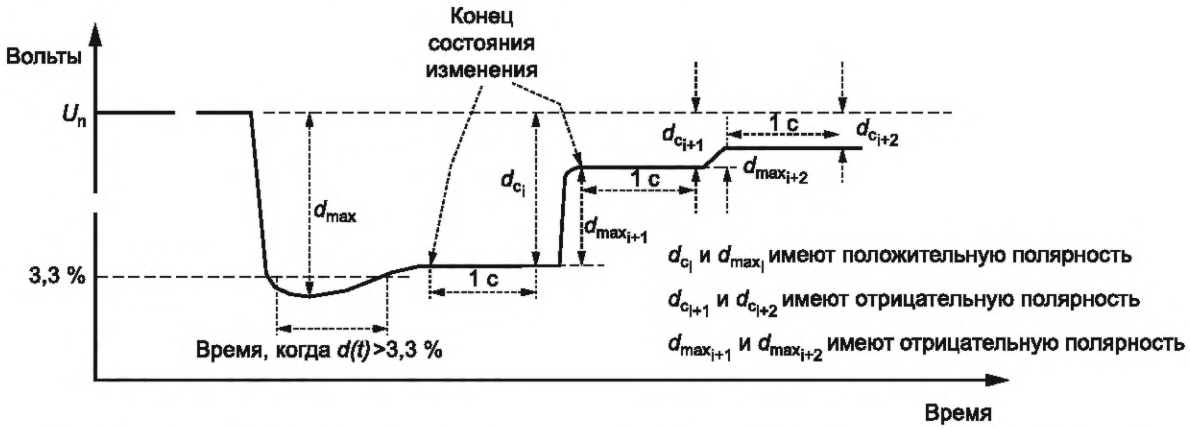


Рисунок B.2c — Пример определения множественного устойчивого состояния и последовательности и полярности d_{max} и d_c

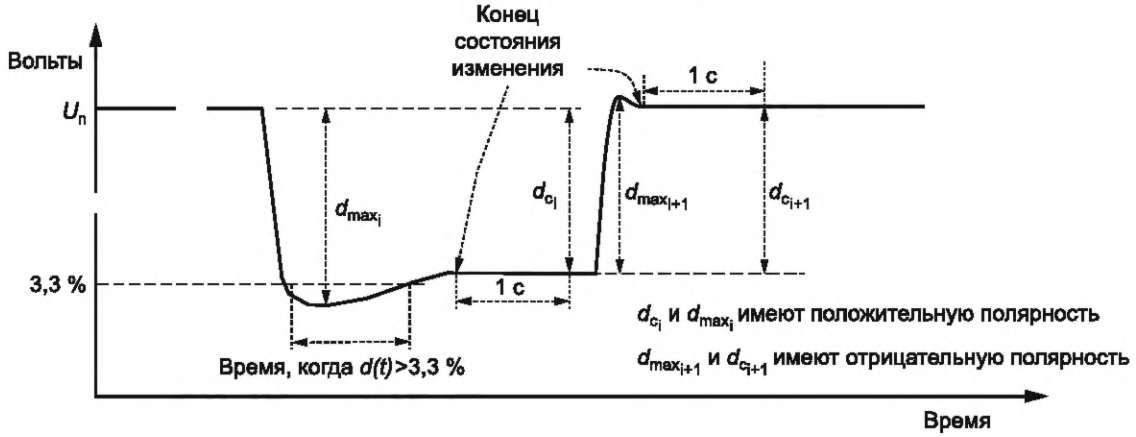


Рисунок B.2d — Пример определения последовательности и полярности d_{max} и d_c при многократных установившихся состояниях

Рисунок B.2 — Пример определений *d*-параметра

На рисунках B.2c и B.2d приведены примеры более сложных колебаний напряжения и связанные с ними полярности различных *d*-параметров. С помощью рисунков изготовители фликерметров смогут правильно изготавливать прибор.

Приложение С
(справочное)

Примеры протоколов типовых испытаний

Изготовитель: Прибор:

Серийный номер: Версия микропрограммного обеспечения:

230 В/50 Гц	IEC 61000-4-15, таблица 1a (синусоидальный)		IEC 61000-4-15, таблица 2a (прямоугольный)		IEC 61000-4-15, таблица 5 (прямоугольный)		
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		н.п.		2	2,191	
3,5	н.п.		0,342		7	1,450	
8,8	0,250		0,196		39	0,894	
18,0	н.п.		0,446		110	0,722	
20,0	0,704		н.п.		1 620	0,407	
21,5	н.п.		0,592		4 000	2,343	
25,0	1,037		0,764		Промышленные испытания		
28,0	н.п.		0,915			≤ P_{st} ≤	
30,5	н.п.		0,847		Испытания на изменения частоты, таблица 6a		
33 1/3	2,128		1,671		$P_{inst,max}$		

н.п. — не применимо.

[a] Не требуется для приборов класса F2, предназначенных для использования при измерениях согласно IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11.

Результат:

Прибор удовлетворяет применимым требованиям точности согласно разделам 5 и 6 настоящего стандарта.

Дата:

Подпись:

Испытание на искаженность напряжения, таблица 8a		
$P_{inst,max}$		
Ширина полосы ввода, таблица 9a		
$f_{v,max}$		
Испытание на скачки фазы, таблица 10a		
$\Delta\beta$	$P_{st.ref}$	P_{st}
±30°	0,863...0,963	
± 45°	1,007...1,113	
Испытание рабочего цикла, таблица 11		
P_{st}		
таблица 12		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания
таблица 13		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания

Требуемые значения: $P_{inst,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 % ; d_c; $d(t)$; d_{max} согласно таблицам 12—13.

Изготовитель: Прибор:

Серийный номер: Версия микропрограммного обеспечения:

230 В/60 Гц	IEC 61000-4-15, таблица 1b (синусоидальный)		IEC 61000-4-15, таблица 2b (прямоугольный)		IEC 61000-4-15, таблица 5 (прямоугольный)		
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		н.п.		2	2,194	
3,5	н.п.		0,342		7	1,450	
8,8	0,250		0,196		39	0,895	
18,0	н.п.		0,457		110	0,723	
20,0	0,703		н.п.		1620	0,409	
22,0	н.п.		0,611		4800	3,263	
25,0	н.п.		0,768		Промышленные испытания		
33 1/3	н.п.		1,258			≤ P_{st} ≤	
37,0	1.758		0,975		Испытания на изменения частоты, таблица 6а		
40 00	2,963		2,327		$P_{inst,max}$		

н.п. — не применимо.

[a] Не требуется для приборов класса F2, предназначенных для использования при измерениях согласно IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11.

Результат:

Прибор удовлетворяет применимым требованиям точности согласно разделам 5 и 6 настоящего стандарта.

Дата:

Подпись:

Испытание на искаженность напряжения, таблица 8а	
$P_{inst,max}$	
Ширина полосы ввода, таблица 9а	
$f_{v,max}$	
Испытание на скачки фазы, таблица 10а	
$\Delta\beta$	$P_{st.ref}$	P_{st}
±30°	0,710...0,810	
± 45°	0,832...0,932	
Испытание рабочего цикла, таблица 11	
P_{st}	
таблица 12		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания
таблица 13		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания

Требуемые значения: $P_{inst,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c; $d(t)$; d_{max} согласно таблицам 12—13.

Изготовитель: Прибор:

Серийный номер: Версия микропрограммного обеспечения:

120 В/50 Гц	IEC 61000-4-15, таблица 1b (синусоидальный)		IEC 61000-4-15, таблица 2b (прямоугольный)		IEC 61000-4-15, таблица 5 (прямоугольный)		
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		н.п.		2	2,561	
3,5	н.п.		0,408		7	1,694	
8,8	0,321		0,252		39	1,045	
18,0	н.п.		0,611		110	0,844	
20,0	0,978		н.п.		1620	0,545	
21,5	н.п.		0,820		4000	3,426	
25,0	1,476		1,087		Промышленные испытания		
28,0	н.п.		1,303			≤ P_{st} ≤	
30,5	н.п.		1,144		Испытания на изменения частоты, таблица 6a		
33 1/3	3,111		2,443		$P_{inst,max}$		

н.п. — не применимо.

[a] Не требуется для приборов класса F2, предназначенных для использования при измерениях согласно IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-11.

Результат:

Прибор удовлетворяет применимым требованиям точности согласно разделам 5 и 6 настоящего стандарта.

Дата:

Подпись:

Испытание на искаженность напряжения, таблица 8a	
$P_{inst,max}$	
Ширина полосы ввода, таблица 9a	
$f_{v,max}$	
Испытание на скачки фазы, таблица 10a	
$\Delta\beta$	$P_{st.ref}$	P_{st}
±30°	0,656...0,756	
± 45°	0,769...0,869	
Испытание рабочего цикла, таблица 11		
P_{st}		
таблица 12		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания
таблица 13		
d_c,	d_{max},	$d(t)$ испытания

Требуемые значения: $P_{inst,max}$ = 1,000 ± 8 %; P_{st} = 1,000 ± 5 %; d_c; $d(t)$; d_{max} согласно таблицам 12—13.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60068 (all parts)	—	*
IEC 61000-3-3:2013	IDT	ГОСТ IEC 61000-3-3—2015 «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 (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий»
IEC 61000-3-11:2000	—	*, [1)]
IEC 61010-1:2010	IDT	ГОСТ IEC 61010-1—2014 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования»
IEC 61326-1:2012	—	*, [2)]

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

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

- IDT — идентичные стандарты.

[1)] Действует ГОСТ IEC 61000-3-11—2022 «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-11. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 75 А при соблюдении особых условий подключения».

[2)] В Российской Федерации действует ГОСТ Р МЭК 61326-1—2014 «Оборудование электрическое для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования».

Библиография

[1] IEC 61000-4-30 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 показателей качества электрической энергии)

УДК 621.396/.397:006.354 МКС 33.100.20 IDT

Ключевые слова: фликерметр, фликер, прибор, технические требования, параметры и характеристики, испытания

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 02.09.2024. Подписано в печать 18.09.2024. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 3,35.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru