ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72176— 2025

Электромагнитная совместимость

НОРМЫ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И СОСТАВЛЯЮЩИХ ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТОКА В СЕТЯХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 030 «Электромагнитная совместимость технических средств»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 3 июля 2025 г. № 673-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Показатели и нормы эмиссии токов гармоник и обратной последовательности 4
5 Требования к измерениям 9
Приложение А (обязательное) Алгоритм оценки необходимости реализации мероприятий по компенсации электромагнитных помех, вносимых в электрическую сеть сверх значений, установленных в 4.2 и 4.3, на объектах потребителей (объектах генерации), на которых установлены СКРМ и/или ФКУ 14
Приложение Б (справочное) Иллюстрация выбора точек контроля (мониторинга) эмиссии токов искажений для случая, когда потребитель (объект генерации) присоединен к энергосистеме несколькими линиями 16
Библиография 17

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Электромагнитная совместимость

НОРМЫ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И СОСТАВЛЯЮЩИХ ОБРАТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ТОКА В СЕТЯХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Electromagnetic compatibility. Limits for harmonic current and negative sequence current emissions in the public electrical networks of medium and high voltage

Дата введения — 2025—08—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает показатели и нормы гармонических составляющих тока и составляющих обратной последовательности тока основной частоты в присоединениях потребителей электрической энергии суммарной мощностью не менее 670 кВт и объектов генерации, осуществляющих выдачу мощности через преобразовательное оборудование (далее — объекты генерации), к электрическим сетям среднего и высокого напряжения систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц.

1.2 Настоящий стандарт предназначен для ограничения гармонических составляющих тока и составляющих обратной последовательности тока основной частоты, вносимых потребителями электроэнергии и объектами генерации в системы электроснабжения общего назначения, и применения:

- при технологическом присоединении потребителей электроэнергии и объектов генерации к электрическим сетям, в т. ч. при проектировании;
- при эксплуатации электрических сетей для оценки влияния потребителей электроэнергии, объектов генерации и электросетевых компаний на показатели качества электроэнергии, установленные [1], ГОСТ 32144 и характеризующие несинусоидальность и несимметрию напряжений, а также при разработке мероприятий по обеспечению нормативных показателей качества электроэнергии в соответствии с [2].

1.3 Действие стандарта распространяется в том числе на потребителей, режимы работы которых сопровождаются рекуперацией электроэнергии в питающую электрическую сеть, а также на потребителей, имеющих собственные источники электроэнергии. Для присоединений, соединяющих электросетевые организации, положения настоящего стандарта неприменимы.

1.4 Требования настоящего стандарта применяют в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения, присоединенных к Единой энергетической системе.

1.5 Требования настоящего стандарта применяют в нормальных режимах при нормальной и единичных ремонтных схемах электрической сети систем электроснабжения общего назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

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

Издание официальное

ГОСТ 32144 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ 33073—2014 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

ГОСТ IEC 61000-4-30 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-30. Методы испытаний и измерений. Методы измерений качества электрической энергии

ГОСТ Р 8.655 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений показателей качества электрической энергии. Общие технические требования

ГОСТ Р 52735 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ

ГОСТ Р 57114 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике и оперативно-технологическое управление. Термины и определения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 32144 и ГОСТ Р 57114, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **объект генерации:** Электростанция, осуществляющая выдачу мощности через полупроводниковое преобразовательное оборудование.

3.1.2 **рекуперация:** Процесс преобразования механической энергии привода в электрическую и передачи ее источнику питания.

3.1.3 **расчетный ток нагрузки:** Ток основной частоты прямой последовательности, определяемый на основании данных об установленной в рамках технических условий на технологическое присоединение или документа об осуществлении технологического присоединения активной мощности нагрузки, коэффициента реактивной мощности и номинального (согласованного) напряжения в точке ее подключения.

3.1.4 **расчетный ток объекта генерации:** Ток основной частоты прямой последовательности, определяемый на основании номинальной трехфазной активной мощности отдельно взятого преобразователя, его номинального коэффициента мощности, номинального напряжения сети в точке подключения объекта генерации и количества преобразователей, подключенных к присоединению.

3.1.5 **ток трехфазного короткого замыкания:** Действующее значение периодической составляющей тока металлического трехфазного короткого замыкания в начальный момент времени в условиях максимальной генерации электростанций и подпитки короткого замыкания от комплексной нагрузки.

3.1.6 **единичная ремонтная схема:** Схема, характеризующаяся отключенным состоянием одной единицы электросетевого оборудования или одной линии электропередачи (без учета отключенных единиц электросетевого оборудования или одной линии электропередачи вследствие применения схемно-режимных мероприятий).

Примечание — В настоящем стандарте отключенное состояние единицы генерирующего оборудования не рассматривается в качестве единичной ремонтной схемы.

3.1.7 **электромагнитная помеха:** Случайное электромагнитное воздействие, способное вызвать в электротехническом устройстве нарушение функционирования, отказ, разрушение.

3.1.8 **основная частота:** Частота в спектре, полученном путем преобразования Фурье функции времени, относительно которой рассматриваются все частоты спектра.

3.1.9 **действующее (среднеквадратическое) значение тока:** Значение переменного тока, равное такому значению постоянного тока, который за время, соответствующее одному периоду, произведет такую же работу (тепловой эффект), что и рассматриваемый переменный ток.

3.1.10 **несинусоидальность напряжения:** Состояние системы электроснабжения переменного тока, при котором искажена синусоидальная форма кривой напряжения в фазе (фазах) вследствие наличия гармонических составляющих напряжения на частотах, отличных от основной.

3.1.11 **гармоническая составляющая (гармоника):** Составляющая напряжения (тока) на частоте, отличной от основной и кратной ей в спектре, полученном путем преобразования Фурье.

Примечание — Значение гармонической составляющей обычно выражается среднеквадратичным значением.

3.1.12 **частота гармоники:** Частота, кратная основной частоте.

3.1.13 **частотная характеристика сети:** Зависимость комплексного сопротивления электрической сети в заданной точке от частоты или порядка гармонических составляющих.

3.1.14 **несимметрия напряжений:** Состояние трехфазной системы электроснабжения переменного тока, в которой среднеквадратические значения фазных (междуфазных) напряжений основной частоты или углы сдвига фаз между фазными (междуфазными) напряжениями основной частоты не равны между собой.

3.1.15 **составляющая обратной последовательности тока:** Ток симметричной векторной системы токов, полученной в результате применения преобразования Фортескью и характеризующейся обратным порядком чередования фаз.

3.1.16 **эмиссия:** Явление, при котором электромагнитная энергия исходит от источника электромагнитных помех.

3.1.17 **уровень эмиссии:** Уровень определенной электромагнитной помехи, генерируемой конкретным устройством, оборудованием, системой или установкой в целом.

Примечание — Оценивается и измеряется установленным методом.

3.1.18 **норма эмиссии:** Максимальный уровень эмиссии, установленный для конкретного устройства, оборудования, системы или установки в целом.

3.1.19 **контроль эмиссии гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов):** Процедура проверки соответствия уровней эмиссии гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов) требованиям, установленным настоящим стандартом.

3.1.20 **мониторинг эмиссии гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов):** Процедуры одиночных, периодических и непрерывных обследований уровней эмиссии гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов) и наблюдений за эмиссией гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов) в рабочие дни, проводимых в целях оценки существующего уровня эмиссии гармонических составляющих токов (составляющих обратной последовательности токов), анализа, прогноза и принятия, при необходимости, соответствующих мер по результатам мониторинга.

3.2 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения и сокращения:

n — номер гармонической составляющей напряжения или тока;

K_U — суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, %;

$K_{U(n)}$ — коэффициент n-й гармонической составляющей напряжения, %;

K_{2U} — коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %;

$I_{(n)}$ — среднеквадратическое значение n-й гармонической составляющей тока, А;

I_2 — ток основной частоты обратной последовательности, А;

$I_{к.з}$ — ток трехфазного короткого замыкания для нормальной схемы электрической сети, рассчитываемый согласно ГОСТ Р 52735 и [3], А;

$I_н$ — расчетный ток нагрузки, А;

$I_г$ — расчетный ток объекта генерации, А;

$I_р$ — расширенная неопределенность измерений параметра КЭ, определяемая в соответствии с ГОСТ 33073;

$P_{макс}$ — максимальная трехфазная активная мощность в присоединении потребителя, кВт;

$P_{ном}$ — номинальная трехфазная активная мощность преобразователя объекта генерации, кВт;

tg φ — коэффициент реактивной мощности;

cos φ — коэффициент мощности;

$U_{ном}$ — номинальное напряжение электрической сети, кВ;

U_0 — напряжение, равное междуфазному номинальному или согласованному напряжению, кВ;

i — номер преобразователя объекта генерации или номер присоединения потребителя к электрической сети;

s — количество преобразователей объекта генерации, подключенных к присоединению;

T_1 — относительное время превышения допустимых значений $I_{(n)}$ или I_2, установленных для 95 % результатов измерений, %;

T_2 — относительное время превышения допустимых значений $I_{(n)}$ или I_2, установленных для 100 % результатов измерений, %;

КЭ — качество электроэнергии;

ПК — пункт контроля;

ПКЭ — показатель качества электроэнергии;

СИ — средство измерений;

СКРМ — средство компенсации реактивной мощности, имеющее в своем составе батарею статических конденсаторов;

ТПЭ — точка поставки электроэнергии;

ФКУ — фильтрокомпенсирующее устройство.

4 Показатели и нормы эмиссии токов гармоник и обратной последовательности

4.1 Общие положения

Определение норм эмиссии токов помех от оборудования потребителей основывается на влиянии данных токов на КЭ. Оценку КЭ осуществляют согласно ГОСТ 32144. В части несинусоидальности и несимметрии напряжений по обратной последовательности показателями КЭ являются: коэффициенты гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения K_U и коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} соответственно. Установленные в настоящем стандарте нормы для гармонических составляющих и составляющих обратной последовательности тока определены из условия соответствия значений показателей $K_{U(n)}$ и K_{2U} в ТПЭ требованиям, установленным в ГОСТ 32144.

На значение норм эмиссии гармонических составляющих и составляющих обратной последовательности тока нагрузок потребителя оказывают влияние ток трехфазного короткого замыкания в точке подключения потребителя $I_{к.з}$ и расчетный ток нагрузки $I_н$. Значение тока трехфазного короткого замыкания характеризует сопротивление электроэнергетической системы и ее способность шунтировать токи помех. Чем выше ток короткого замыкания, тем меньше влияние эмиссии электромагнитных помех со стороны потребителя на напряжение. Увеличение расчетного тока нагрузки, напротив, предполагает увеличение влияния токов помех, создаваемых потребителем, на напряжение и обуславливает

необходимость ужесточения норм эмиссии. С учетом перечисленных факторов, а также существующей практики [4], в настоящем стандарте нормируется эмиссия гармонических составляющих тока и составляющих обратной последовательности тока в зависимости от отношения тока трехфазного короткого замыкания в точке подключения потребителя к его расчетному току $I_{к.з}/I_н$.

Распределение гармонических составляющих тока в электрической сети также зависит от ее частотных характеристик. Это обуславливает необходимость установления отдельных норм эмиссии для различных классов номинальных напряжений, влияющих на частотные характеристики.

4.2 Показатели и нормы эмиссии гармонических составляющих токов

4.2.1 Гармонические составляющие напряжения обусловлены, как правило, нагрузками с нелинейными вольт-амперными характеристиками или объектами генерации. Указанное оборудование создает гармонические токи в элементах электрических сетей, обуславливающие падения напряжений на полных сопротивлениях этих элементов. Данные падения напряжений определяют значения коэффициентов n-х гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$ и суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения K_U в узлах энергосистемы.

4.2.2 В настоящем стандарте нормы эмиссии n-х гармонических составляющих токов устанавливаются в долях от $I_н$ ($I_г$).

4.2.3 Расчетный ток нагрузки, соединенной с электрической сетью одной линией, вычисляется на основании максимальной трехфазной активной мощности присоединения $P_{макс}$, предельного значения коэффициента реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi$ и напряжения U_0 в ТПЭ, указанных в технических условиях на технологическое присоединение (при проектировании) или в документе об осуществлении технологического присоединения, согласно выражению:

$$I_н = P_{макс} \cdot \sqrt{\left(1+\operatorname{tg}^2\varphi\right)} / \left(\sqrt{3} \cdot U_0\right). \quad (1)$$

В случае наличия в указанных выше документах альтернативных данных (например, о коэффициенте мощности $\cos\varphi$ или полной трехфазной мощности присоединения $S_{макс}$) расчетный ток нагрузки определяется согласно следующим выражениям:

$$I_н = P_{макс} / \left(\sqrt{3} \cdot U_0 \cdot \cos\varphi\right), \quad (2)$$

$$I_н = S_{макс} / \left(\sqrt{3} \cdot U_0\right). \quad (3)$$

Если допустимое значение $\operatorname{tg}\varphi$ ($\cos\varphi$) не указано, значение данного коэффициента определяется на основании нормативно-правового акта уполномоченного органа государственного управления в сфере электроэнергетики, утверждающего порядок расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощностей для отдельных энергопринимающих устройств (групп энергопринимающих устройств) потребителей электрической энергии.

Если потребитель имеет несколько присоединений к электрической сети, то определение расчетного тока нагрузки осуществляется для каждого из присоединений и зависит от данных, содержащихся в технических условиях на технологическое присоединение, или документе об осуществлении технологического присоединения. Если имеется информация о максимальной активной мощности каждого присоединения, то расчетный ток для них вычисляется по отдельности согласно формулам (1) — (3). Если в документах указана только суммарная мощность потребителя, то расчетный ток каждого отдельного присоединения определяется по данным автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии (если они доступны) или на основании вычислений по приближенной формуле

$$I_{нi} = P_{макс} \cdot S_i \cdot \sqrt{\left(1+\operatorname{tg}^2\varphi_i\right)} / \left(\sqrt{3} \cdot S_\Sigma \cdot U_{0i}\right), \quad (4)$$

где i — номер присоединения потребителя к электрической сети;

S_i — пропускная способность присоединения, соответствующая номинальной мощности (для трансформатора) или максимальной мощности, определяемой по допустимому длительному току (для воздушных линий электропередачи — при температуре окружающей среды 25 °С, для кабельных линий — при расчетных условиях, для которых спроектированы рассматриваемые кабельные линии);

S_Σ — общая мощность всех присоединений, соответствующая сумме номинальных мощностей трансформаторов (для присоединений через трансформаторы) и максимальных мощностей линий, определяемых по допустимому длительному току (для воздушных линий электропередачи — при температуре окружающей среды 25 °С, для кабельных линий — при расчетных условиях, для которых спроектированы рассматриваемые кабельные линии).

При отсутствии информации о величине допустимого длительного тока и данных автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии значение пропускной способности присоединения следует оценивать на основании величины энергии $Э_i$, кВт·ч, отпущенной через i-е присоединение за последний расчетный месяц

$$S_i = Э_i / T_м, \quad (5)$$

где $T_м$ — длительность расчетного месяца, ч.

4.2.4 Значение расчетного тока объекта генерации определяется на основании номинальной трехфазной активной мощности отдельно взятого преобразователя $P_{номi}$, через который осуществляется выдача мощности объекта генерации, его номинального коэффициента мощности $\cos \varphi_i$, номинального напряжения сети в точке подключения объекта генерации $U_{ном}$ и количества преобразователей s, подключенных к присоединению, согласно выражению

$$I_г = \sum_{i=1}^{s} P_{номi} / (\sqrt{3} \cdot \cos \varphi_i \cdot U_{ном}). \quad (6)$$

При расчете по формуле (6) принято допущение, что у нескольких преобразователей одинаковые коэффициенты мощности.

4.2.5 В настоящем стандарте гармонические составляющие тока нормируются для гармоник со 2-й до 13-й, исключая четные гармоники выше 4-й.

Примечание — Допустимые уровни эмиссии гармонических составляющих других порядков находятся в разработке в связи со значительными погрешностями измерительных трансформаторов тока на соответствующих частотах и недостатком информации о частотных характеристиках энергосистем и их влиянии на уровни эмиссии гармонических составляющих потребителей и объектов генерации.

Нормы эмиссии определены в таблицах 1—3 для нормальной и единичных ремонтных схем сети для разных диапазонов (значений) напряжений, отношения $I_{к.з}/I_н$ и $I_н$.

Для объектов генерации в качестве норм эмиссии принимают значения, приведенные в таблице 4.

Если потребитель (объект генерации) имеет несколько присоединений к электрической сети, то нормирование эмиссии токов искажений производится для каждого присоединения.

При проведении контроля эмиссии гармонических составляющих токов:

- значения n-х гармонических составляющих тока $I_{(n)}$, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 1—4, в течение 95 % времени интервала в одну неделю;

- значения n-х гармонических составляющих тока $I_{(n)}$, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 1—4, увеличенных в 1,5 раза, в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

При проведении мониторинга эмиссии гармонических составляющих токов:

- значения n-х гармонических составляющих тока $I_{(n)}$, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 1—4, в течение 95 % времени интервала в одни сутки (24 ч);

- значения n-х гармонических составляющих тока $I_{(n)}$, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 1—4, увеличенных в 1,5 раза, в течение 100 % времени интервала в одни сутки (24 ч).

Таблица 1 — Нормированные значения нечетных гармонических составляющих тока, не кратных трем $I_{(n)}$

$I_{к.з}/I_н$, о.е.	$U_{ном}$, кВ			
	$I_{(n)}$, А			
	n = 5	n = 7	n = 11	n = 13
	$U_{ном}$ = 6—35			
<1000	$0,1I_н$	$0,055I_н$	$0,027I_н$	$0,02I_н$
≥1000	$0,233I_н$	$0,133I_н$	$0,06I_н$	$0,053I_н$
	$U_{ном}$ = 110, 150			
<100	$0,04I_н$	$0,02I_н$	$0,013I_н$	$0,005I_н$
≥100 и <1000	$0,06I_н$	$0,04I_н$	$0,027I_н$	$0,013I_н$
≥1000	$0,093I_н$	$0,08I_н$	$0,04I_н$	$0,02I_н$
	$U_{ном}$ = 220			
<50	$0,04I_н$	$0,013I_н$	$0,013I_н$	$0,003I_н$
≥50	$0,053I_н$	$0,013I_н$	$0,013I_н$	$0,013I_н$

Таблица 2 — Нормированные значения нечетных гармонических составляющих тока, кратных трем $I_{(n)}$

$I_{к.з}/I_н$, о.е.	$U_{ном}$, кВ	
	$I_{(n)}$, А	
	n = 3	n = 9
	$U_{ном}$ = 6—35	
<1000	$0,12I_н$	$0,053I_н$
≥1000	$0,153I_н$	$0,087I_н$
	$U_{ном}$ = 110, 150	
<100	$0,067I_н$	$0,005I_н$
≥100 и <1000	$0,100I_н$	$0,013I_н$
≥1000	$0,113I_н$	$0,027I_н$
	$U_{ном}$ = 220	
<50	$0,02I_н$	$0,003I_н$
≥50	$0,053I_н$	$0,005I_н$

Таблица 3 — Нормированные значения четных гармонических составляющих тока $I_{(n)}$

$I_{к.з}/I_н$, о.е.	$U_{ном}$, кВ	
	$I_{(n)}$, А	
	n = 2	n = 4
	$U_{ном}$ = 6—35	
< 1000	$0,087I_н$	$0,027I_н$
≥ 1000	$0,107I_н$	$0,087I_н$

Окончание таблицы 3

$I_{к.з}/I_н$, о.е.	$U_{ном}$, кВ	
	$I_{(n)}$, А	
	n = 2	n = 4
	$U_{ном}$ = 110, 150	
< 100	$0,04I_н$	$0,013I_н$
≥100 и <1000	$0,053I_н$	$0,027I_н$
≥ 1000	$0,093I_н$	$0,027I_н$
	$U_{ном}$ = 220	
< 50	$0,013I_н$	$0,003I_н$
≥ 50	$0,04I_н$	$0,013I_н$

Таблица 4 — Нормированные значения гармонических составляющих тока $I_{(n)}$ для объектов генерации

$U_{ном}$, кВ	$I_{(n)}$, А							
	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 7	n = 9	n = 11	n = 13
6—35	$0,087I_г$	$0,12I_г$	$0,027I_г$	$0,1I_г$	$0,055I_г$	$0,053I_г$	$0,027I_г$	$0,02I_г$
110, 150	$0,04I_г$	$0,067I_г$	$0,013I_г$	$0,04I_г$	$0,02I_г$	$0,005I_г$	$0,013I_г$	$0,005I_г$
220	$0,013I_г$	$0,02I_г$	$0,003I_г$	$0,04I_г$	$0,013I_г$	$0,003I_г$	$0,013I_г$	$0,003I_г$

4.3 Показатели и нормы эмиссии гармонических составляющих обратной последовательности тока

Несимметрия трехфазной системы напряжений обусловлена, как правило, несимметричными нагрузками потребителей электрической энергии. Возникают несимметричные токи и, как следствие, падения напряжения на полных сопротивлениях элементов электрической сети. Данные падения напряжения определяют значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}.

Для обеспечения КЭ по несимметрии напряжений устанавливаются нормы эмиссии составляющих обратной последовательности тока в долях от расчетного тока нагрузки. Данные нормы определяются в соответствии с таблицей 5 в зависимости от значений отношения $I_{к.з}/I_н$ и тока $I_н$.

Если потребитель имеет несколько присоединений к электрической сети, то нормирование эмиссии токов искажений производится для каждого присоединения.

При проведении контроля эмиссии составляющих обратной последовательности тока:

- значения составляющей обратной последовательности тока I_2, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений из таблицы 5 в течение 95 % времени интервала в одну неделю;

- значения составляющей обратной последовательности тока I_2, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений из таблицы 5, увеличенных в два раза, в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

При проведении мониторинга эмиссии составляющих обратной последовательности тока:

- значения составляющей обратной последовательности тока I_2, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений из таблицы 5 в течение 95 % времени интервала в одни сутки (24 ч);

- значения составляющей обратной последовательности тока I_2, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений из таблицы 5, увеличенных в два раза, в течение 100 % времени интервала в одни сутки (24 ч).

Таблица 5 — Нормированные значения составляющей обратной последовательности тока

$k = I_{к.з}/I_н$, о. е.	Выражение для расчета I_2,А
$k < 20$	$\left(5+2{,}5\cdot\frac{k-5}{15}\right)\frac{I_н}{100}$
$20 \le k < 50$	$\left(7{,}5+5\cdot\frac{k-20}{30}\right)\frac{I_н}{100}$
$50 \le k < 100$	$\left(12{,}5+7{,}5\cdot\frac{k-50}{50}\right)\frac{I_н}{100}$
$100 \le k < 200$	$\left(20+10\cdot\frac{k-100}{100}\right)\frac{I_н}{100}$
$k \ge 200$	$0{,}3I_н$

4.4 Порядок применения норм эмиссии токов гармоник и обратной последовательности при проектировании и определении источника электромагнитных помех

При проектировании присоединения потребителей к электрической сети требуется руководствоваться нормами, установленными в 4.2, 4.3 для значений токов $I_{(n)}$ и I_2, указанных в таблицах 1—3 и 5 соответственно. При проектировании присоединения объектов генерации к электрической сети требуется руководствоваться нормами, установленными в 4.2 для значений $I_{(n)}$, указанных в таблице 4.

При определении источника электромагнитных помех, приводящих к невыполнению требований к КЭ по показателям $K_{U(n)}$ и/или K_{2U} в ТПЭ между потребителем и сетевой организацией в рамках эксплуатации, необходимо ориентироваться на показатели и нормы эмиссии токов искажений, установленные в 4.2, 4.3. В случае, когда по результатам измерений КЭ в ТПЭ в соответствии с 5.1—5.5 зарегистрированы нарушения требований [1] и ГОСТ 32144 по показателям $K_{U(n)}$ и/или K_{2U} и значения $I_{(n)}$ и/или I_2 в присоединении потребителя превышают допустимые значения, источник сверхнормативных электромагнитных помех, которые необходимо компенсировать, расположен на стороне потребителя. Напротив, если по результатам измерений КЭ в ТПЭ в соответствии с 5.1—5.5 зарегистрированы нарушения требований [1] и ГОСТ 32144 по показателям $K_{U(n)}$ и/или K_{2U} и значения $I_{(n)}$ и/или I_2 в присоединении потребителя не превышают допустимые значения, источник сверхнормативных электромагнитных помех, которые необходимо компенсировать, расположен на стороне сетевой организации.

В случае если у потребителя (объекта генерации) установлены СКРМ и/или ФКУ, определение источника сверхнормативных электромагнитных помех, которые необходимо компенсировать, выполняется на основании алгоритма действий, представленного в приложении А.

Если по результатам измерений КЭ в точке присоединения объекта генерации в соответствии с 5.1—5.5 зарегистрированы нарушения требований [1] и ГОСТ 32144 по показателям $K_{U(n)}$, при определении источника сверхнормативных электромагнитных помех, которые необходимо компенсировать (в том числе при наличии СКРМ и/или ФКУ на объектах генерации), в рамках эксплуатации необходимо использовать вышеуказанный алгоритм для потребителей в части норм эмиссии гармонических составляющих токов.

5 Требования к измерениям

Для определения соответствия токов $I_{(n)}$ и I_2 в присоединениях потребителя (объекта генерации) нормам настоящего стандарта в условиях эксплуатации должны выполняться измерения в соответствии с нижеуказанными требованиями, аналогичными требованиям к контролю показателей КЭ в соответствии с ГОСТ 33073.

Совместно с контролем по $I_{(n)}$ и I_2 должны производиться измерения на определение соответствия $K_{U(n)}$ и K_{2U} требованиям ГОСТ 32144.

5.1 Требования к месту проведения измерений. Проведение измерений при наличии СКРМ и/или ФКУ

Контроль выполнения требований настоящего стандарта должен осуществляться в ТПЭ (точке присоединения объекта генерации). В случае, если установка СИ в ТПЭ (точке присоединения объекта генерации) невозможна, необходимо использовать электрически ближайшую к ней точку между сетевой организацией и потребителем (объектом генерации), в которой имеется возможность такого подключения.

Иллюстрация выбора точек контроля (мониторинга) эмиссии токов искажений для случая, когда потребитель (объект генерации) присоединен к энергосистеме несколькими линиями, приведена в приложении Б. Там же описывается порядок определения точек контроля (мониторинга) для нагрузки, подключенной к транзитной подстанции.

При наличии у потребителей (на объектах генерации) СКРМ и/или ФКУ при проведении измерений в соответствии с приложением А коммутации (режимы работы) СКРМ и/или ФКУ должны согласовываться с сетевой организацией.

5.2 Требования к длительности проведения измерений

Длительность измерений при проведении контроля токов $I_{(n)}$ и I_2 в присоединениях потребителя (объекта генерации) в условиях эксплуатации должна составлять не менее одной недели (семи суток). При проведении мониторинга данных величин длительность проведения измерений в условиях эксплуатации должна составлять не менее 24 ч в рабочие дни недели. Если измерения производятся в присоединениях потребителя (объекта генерации) с СКРМ и/или ФКУ, их длительность определяется в соответствии с приложением А.

5.3 Требования к средствам измерений

СИ в части измерения гармонических составляющих тока должны соответствовать требованиям ГОСТ IEC 61000-4-30 (класс А, маркированные данные не учитываются) и ГОСТ 30804.4.7 (класс I, маркированные данные не учитываются).

В части измерения составляющих обратной последовательности тока основной частоты устанавливаются требования, идентичные требованиям к измерениям основных составляющих тока в соответствии с ГОСТ IEC 61000-4-30 и ГОСТ 30804.4.7. Для контроля составляющих обратной последовательности должны применяться средства измерений I класса точности (маркированные данные не учитываются).

СИ должно обеспечивать:

1) возможность ручного ввода значений тока $I_н$ ($I_г$) и $I_{к.з}$ при проведении измерений;

2) возможность статистической обработки измеренных показателей с выбором интервала времени обработки (1 неделя, 1 сутки) и формирование протокола испытаний электрической энергии в соответствии с 5.5.

Примечание — Контроль $I_{(n)}$ для гармонических составляющих до 40-го порядка, не нормируемых в настоящем стандарте, необходим для накопления статистики и возможности нормирования данных показателей в дальнейшем.

Применяемые СИ могут быть утвержденного типа (содержаться в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений и иметь сертификат об утверждении типа с приложением — описанием типа), в том числе в части подтверждения на соответствие СИ требованиям ГОСТ Р 8.655, ГОСТ IEC 61000-4-30, ГОСТ 30804.4.30, ГОСТ 30804.4.7, ГОСТ 32144, ГОСТ 33073 и требованиям настоящего стандарта. До ввода в эксплуатацию СИ должны подвергаться первичной поверке (сведения о результатах поверки СИ должны быть включены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений) или калибровке, а в процессе эксплуатации — периодической поверке или калибровке в соответствии с установленными интервалами.

5.4 Требования к измерительным трансформаторам тока и напряжения

Подключение СИ при контроле токов $I_{(n)}$ и I_2 должно осуществляться ко вторичным измерительным обмоткам измерительных преобразователей (трансформаторов напряжения и трансформаторов тока) классов точности не ниже 0,2 для присоединений 110 кВ и выше и классов точности не ниже 0,5 для присоединений 6—35 кВ.

Применение емкостных трансформаторов напряжения при измерениях ПКЭ, характеризующих несинусоидальность напряжения, неприемлемо, поскольку их частотные характеристики вносят значительные искажения в получаемые результаты (см. [5]).

5.5 Требования к оформлению результатов измерений

При проведении мониторинга или контроля токов $I_{(n)}$ и I_2 в присоединениях потребителя рекомендуется применять формы протоколов испытаний по приложению В ГОСТ 33073—2014, дополненные таблицами 6 и 7. При измерениях в присоединениях объекта генерации рекомендуется использовать только таблицу 6. В таком случае вместо $I_н$ используется $I_г$, а графы $I_{к.з}$ и $I_{к.з}/I_г$ не заполняются.

Допустимое значение неопределенности измерений $I_{(n)}$ принимается таким же, как для n-х гармонических составляющих тока в соответствии с ГОСТ IEC 61000-4-30.

Допустимое значение неопределенности измерений I_2 принимается таким же, как для составляющих тока основной частоты в соответствии с ГОСТ IEC 61000-4-30.

Расчет неопределенности измерений в рабочих условиях эксплуатации СИ для указанных показателей производится для измерительного канала, состоящего из СИ и трансформатора тока. К примеру, расширенная неопределенность измерения $I_{(n)}$ (I_2) при равномерном распределении и уровне доверия 0,95 может быть вычислена в соответствии с выражением

$$I_{р(Im)} = \frac{k}{\sqrt{3}} \sqrt{\left(\Delta(I_m)_{СИ} + \Delta_{доп}\left(\Delta T_{(Im)}\right)\right)^2 + \left(\Delta I_{ТТ} I_m\right)^2}, \quad (7)$$

где k — коэффициент охвата, равный 1,65 при указанных условиях;

$\Delta(I_m)_{СИ}$ — пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ в нормальных условиях эксплуатации, А;

$\Delta_{доп}$ ($\Delta T(I_m)$ — дополнительная температурная погрешность СИ, А;

$\Delta I_{ТТ}$ — пределы допускаемой абсолютной погрешности ТТ, о.е.;

I_m — измеренное значение $I_{(n)}$ (I_2).

Вычисление значений T_1 и T_2 происходит в соответствии с ГОСТ Р 8.655.

Таблица 6 — Форма представления результатов измерений n-х гармонических составляющих тока

n	Результаты измерений ($I_{(n)(95\ \%)}$, $I_{(n)(100\ \%)}$, А; T_1, T_2, %)												Нормативное значение, А		$I_{к.з}$, кА	$I_н$, А	$\frac{I_{к.з}}{I_н}$, о. е.
	Фаза А				Фаза В				Фаза С								
	$I_{(n)(95\ \%)}$	$I_{(n)(100\ \%)}$	T_1	T_2	$I_{(n)(95\ \%)}$	$I_{(n)(100\ \%)}$	T_1	T_2	$I_{(n)(95\ \%)}$	$I_{(n)(100\ \%)}$	T_1	T_2	$I_{(n)(95\ \%)}$	$I_{(n)(100\ \%)}$			
2																	
3																	
4																	
5																	
6			—	—			—	—			—	—	—	—			
7																	
8			—	—			—	—			—	—	—	—			
9																	
10			—	—			—	—			—	—	—	—			
11																	
12			—	—			—	—			—	—	—	—			
13																	
14			—	—			—	—			—	—	—	—			
…			—	—			—	—			—	—	—	—			
40			—	—			—	—			—	—	—	—			

Неопределенность измерений		
Обозначение	Оценка	Допускаемое значение
$/p/I_{(n)}$, А		

Примечание — В настоящем стандарте показатели $I_{(n)(95\ \%)}$ и $I_{(n)(100\ \%)}$ для нечетных гармонических составляющих выше 13-го порядка и четных выше 4-го порядка не нормируются.

Таблица 7 — Форма представления результатов измерений составляющих тока обратной последовательности основной частоты

Обозначение ПКЭ	Результат измерений, А	Нормативное значение	T_1, %	T_2, %	$I_{к.з}$, кА	$I_н$, А	$\frac{I_{к.з}}{I_н}$, о. е.
$I_{2(95\ \%)}$							
$I_{2(100\ \%)}$							
Неопределенность измерений							
Обозначение	Оценка		Допускаемое значение				
$I_{p/2}$, А							

Приложение А
(обязательное)

Алгоритм оценки необходимости реализации мероприятий по компенсации электромагнитных помех, вносимых в электрическую сеть сверх значений, установленных в 4.2 и 4.3, на объектах потребителей (объектах генерации), на которых установлены СКРМ и/или ФКУ



* При проведении мониторинга продолжительность измерений составляет 24 ч (в рабочие дни).

** При проведении мониторинга допускается завершать оценку на данном этапе (без проведения дополнительных измерений).

Примечания

1 На рисунке А.1 приняты следующие обозначения:

f — порядок резонансной гармоники ФКУ;

$k < f$ — номер гармоники более низкого порядка, чем f-я гармоника;

$m > f$ — номер гармоники более высокого порядка, чем f-я гармоника.

Под субъектом на рисунке А.1 подразумевается потребитель или объект генерации.

2 Измерения $I_{(n)}$ осуществляются одновременно с измерениями I_2. Результаты контроля/мониторинга I_2 представляются при включенных ФКУ/СКРМ.

Рисунок А.1 — Блок-схема алгоритма

Приложение Б
(справочное)

Иллюстрация выбора точек контроля (мониторинга) эмиссии токов искажений для случая, когда потребитель (объект генерации) присоединен к энергосистеме несколькими линиями

Б.1 На рисунке Б.1 приведен пример, когда потребитель (объект генерации) имеет несколько присоединений к электрической сети разными способами (ТПЭ 1, ТПЭ 2, ТПЭ 3 и ТПЭ 4). Для каждого типа присоединения указаны основные пункты контроля (ПК 1, ПК 2, ПК 3 и ПК 4), расположенные непосредственно в ТПЭ, и резервные пункты контроля (ПК 1′, ПК 2′, ПК 3′ и ПК 4′), которые могут быть выбраны при невозможности установки средств измерений в основные пункты. При выборе фактического пункта контроля следует отдавать предпочтение точкам, которые расположены в сети того же номинального напряжения, что и соответствующая им ТПЭ.

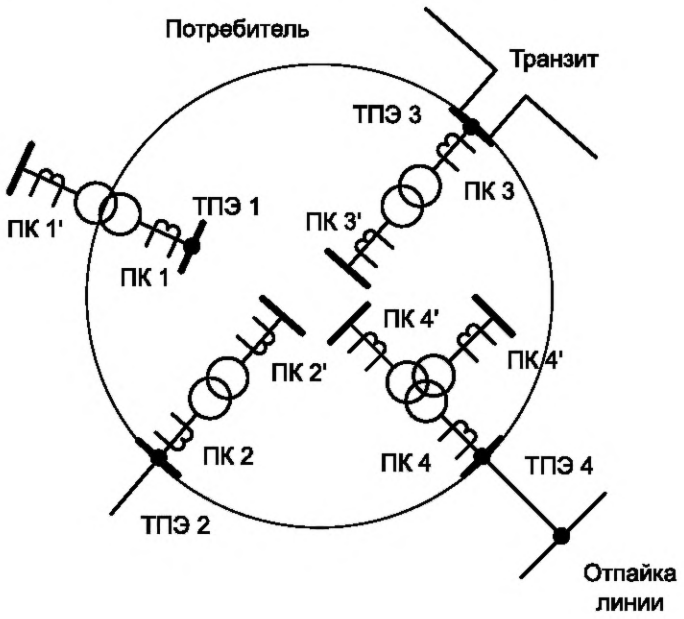

Рисунок Б.1 — Выбор пунктов контроля при различных способах присоединения потребителя (объекта генерации) к энергосистеме

Б.2 Особого внимания требует случай присоединения нагрузки (объекта генерации) к транзитной подстанции. Когда он имеет место, измерения должны проводиться строго в радиальных присоединениях, по которым осуществляется электроснабжение нагрузок потребителя (выдача мощности объекта генерации) наиболее близко к ТПЭ (пример: ТПЭ 3, ПК 3, ПК 3′). При измерениях отдельно в транзитных линиях эмиссии токов искажений нагрузки (объекта генерации) будут определены некорректно. Выбор пунктов мониторинга токов гармонических составляющих и составляющих тока обратной последовательности осуществляется аналогично.

Б.3 Для всех типов присоединений на рисунке Б.1 измеряемые значения показателей $I_{(n)}$ и I_2 необходимо сопоставлять с нормами эмиссии токов искажений, которые соответствуют номинальному напряжению сети, где расположен пункт фактического контроля (мониторинга) КЭ. Отношение $I_{к.з}/I_н$ при этом определяется по току короткого замыкания в пункте контроля.

Библиография

[1] Требования к качеству электрической энергии, в том числе распределению обязанностей по его обеспечению между субъектами электроэнергетики и потребителями электрической энергии (утверждены приказом Минэнерго России от 28 августа 2023 г. № 690)

[2] Правила технологического функционирования электроэнергетических систем (утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 г. № 937)

[3] Правила взаимодействия субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии по вопросам координации уровней токов короткого замыкания (утверждены приказом Минэнерго России от 15 января 2024 г. № 5)

[4] IEEE 519—2022 Стандарт IEEE по контролю гармонических составляющих в электроэнергетических системах (IEEE Standard for Harmonic Control in Electric Power Systems)

[5] IEC/TR 61869-103:2012 Трансформаторы измерительные. Часть 103. Использование измерительных трансформаторов для измерения показателей качества электрической энергии

УДК 537-7:006.354 ОКС 29.240

Ключевые слова: гармонические составляющие тока, составляющие тока обратной последовательности, электрические сети общего назначения среднего и высокого напряжения

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *И.Ю. Литовкиной*

Сдано в набор 07.07.2025. Подписано в печать 14.07.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,32.

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