



Исполнительный комитет
Электроэнергетического Совета СНГ



МЕТОДИКА

**контроля качества электрической энергии,
перемещаемой по межгосударственным линиям
электропеоедачи, и определения источника нарушений
(искожений) показателей качества
электрической энергии**

ИКЭС-РД-052-2017

**Москва
2017**

**Электроэнергетический Совет Содружества Независимых Государств
Исполнительный комитет ЭЭС СНГ**



МЕТОДИКА

**контроля качества электрической энергии,
перемещаемой по межгосударственным линиям электропередачи,
и определения источника нарушений (искажений) показателей
качества электрической энергии**

ИКЭС-РД-052-2017

**Москва
2017**



НТД разработан: Рабочей группой по метрологическому обеспечению Электроэнергетической отрасли СНГ на основе проекта, разработанного Открытым Акционерным Обществом ОАО «ОРГРЭС».

НТД утверждён: Электроэнергетическим Советом Содружества Независимых Государств (Протокол № 51 от 4 ноября 2017 года).



Содержание

Введение.....	4
1. Область применения.....	5
2. Нормативные ссылки.....	5
3. Термины, сокращения и обозначения.....	6
4. Измеряемые параметры.....	11
5. Определение точек контроля.....	11
6. Продолжительность и периодичность контроля.....	11
7. Требования к средствам измерений.....	12
8. Методы измерений	13
9. Требования безопасности.....	13
10. Требования к квалификации операторов.....	13
11. Требования к условиям измерений.....	13
12. Порядок выполнения измерений.....	16
13. Обработка и оформление результатов измерений.....	16
14. Определение нормально и предельно допустимых значений ПКЭ для всех классов напряжения.....	16
15. Формирование критериев определения искажающего вклада источников искажений в искажения качества электроэнергии.....	22
16. Определение источника (направления на источник) искажений параметров качества электроэнергии.....	25
Приложение А: Выбор контролируемых пределов по показателю установившегося отклонения напряжения для оценки соответствия уровней напряжения диапазонам, установленным в графиках напряжения в контрольных пунктах сетевой организации.....	36
Приложение Б: Характеристика нагрузки оборудования в части влияния на параметры электрической энергии.....	38
Приложение В: Определение ПКЭ, влияние на которые оказывает сетевая организация и оценка возможности регулирования уровня значений ПКЭ за счет проведения технических мероприятий на объектах	41
Приложение Г: Библиография.....	45



Введение

Целью разработки Методики контроля качества электрической энергии перемещаемой по межгосударственным линиям электропередачи и определения источника нарушений (искажений) показателей качества электрической энергии является определение количественных показателей искажений параметров качества электроэнергии (ПКЭ) и определение источника искажений (направления на источник). Это даст возможность предпринять различные (технологические, административные, экономические и др.) меры для исправления ситуации и улучшения качества электроэнергии на межгосударственных линиях электропередачи (МГЛЭП).

Проведенные в различных энергосистемах исследования показали, что на шинах электростанций напряжение, как правило, не содержит искажений по несимметрии и несинусоидальности напряжения, то есть по ПКЭ, контролируемым на МГЛЭП государств-участников СНГ. Передающие сети также обычно не вносят существенных искажений напряжения по этим ПКЭ.

Основными источниками ухудшения качества электроэнергии (КЭ) по несимметрии и несинусоидальности являются потребители, генерирующие токи обратной и нулевой последовательности, токи высших гармоник, распространяющиеся по всей электрической сети, тем самым, ухудшая КЭ на шинах других потребителей (в том числе и на шинах сетевой компании), что, в свою очередь, обуславливает претензии к сетевой организации, отвечающей за КЭ на данной МГЛЭП.

Определение искажающего долевого вклада каждого источника искажений в перспективе позволит сетевой организации, осуществляющей контроль качества электроэнергии на МГЛЭП:

- учитывать внесение искажающего вклада каждого источника искажений;
- проводить технические мероприятия, направленные на минимизацию негативных последствий внесения в сеть искажений, учитывая экономическую целесообразность этих мероприятий;
- быть основанием для применения экономических санкций к виновникам, вносящим искажения в сеть;
- учитывать внесение искажений при тарифообразовании на продажу электрической энергии.

Настоящая Методика определения долевого вклада источников искажений в электрических сетях в искажение ПКЭ устанавливает совокупность операций и алгоритмов вычисления, выполнение которых обеспечивает получение результатов определения значений долевых вкладов каждого источника искажений в искажение ПКЭ с установленной точностью согласно методике измерений.

Для автоматизации процесса определения долевого вклада в искажение ПКЭ рекомендуется дополнить программное обеспечение обработки результатов измерений

систем мониторинга ПКЭ, установленных на трансформаторных подстанциях по концам МГЛЭП, алгоритмом определения источника (направления на источник) искажений ПКЭ, представленном в настоящей Методике.

Контролируемыми параметрами являются ПКЭ согласно ГОСТ 32144-2013, так и дополнительные параметры (характеристики) электрической энергии.

Регулирование частоты и напряжения в контрольных точках электрической сети в энергосистемах осуществляется исходя из задач обеспечения устойчивой и надежной работы энергосистем, в соответствии с национальными стандартами в области оперативно-диспетчерского управления, а также обеспечения согласованных значений межгосударственных перетоков.

Ввиду того, что в настоящее время частота в сетях при синхронной работе поддерживается точнее (согласно ГОСТ 34184-2017), чем того требуют нормы по качеству электроэнергии (ГОСТ 32144-2013), оценка отклонений частоты в данном документе не предусматривается. Оценка установившегося напряжения и положительного/отрицательного отклонений напряжения является сложной комплексной задачей из-за влияния общего режима сети, работы локальных средств регулирования напряжения, локального режима работы электроустановок и т.д. Поэтому для параметров отклонения напряжения предусматривается мониторинг без оценки ответственности.

Контроль ПКЭ не осуществляется в аварийных и установившихся послеаварийных режимах работы энергосистем, а также режимах, обусловленных обстоятельствами непреодолимой силы, то есть чрезвычайными и непредотвратимыми при данных условиях обстоятельствами, которые невозможно ни предвидеть, ни предотвратить разумными мерами.

1. Область применения

Настоящая Методика содержит рекомендации по измерению кондуктивных электромагнитных искажений и применяется при контроле качества электроэнергии и определении источника ухудшения качества электрической энергии и степени его влияния на показатели качества электрической энергии, передаваемой по межгосударственным линиям электропередачи.

1.1 Объект исследований (измерений)

1.1.1 Объектом исследований (измерений) является электрическая энергия, передаваемая по межгосударственным линиям электропередачи (МГЛЭП).

2. Нормативные ссылки

В настоящей Методике использованы следующие международные и межгосударственные стандарты, указанные в Библиографии (Приложение Г).

Кроме того, в настоящей Методике используются ссылки на документы, разработанные и утвержденные ЭЭС СНГ:

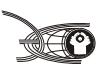


- ИКЭС-РД-043-2014 «Концепция создания системы контроля показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи» (Утверждена Решением 45-го заседания ЭЭС СНГ от 25 апреля 2014г.);
- ИКЭС-РД-046-2014 «Рекомендации по определению показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи» (Утверждены Решением 47-го заседания ЭЭС СНГ от 26 мая 2015г.);
- ИКЭС-РД-044-2014 «Технические требования к регистраторам показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи» (Утверждены Решением 45-го заседания ЭЭС СНГ от 25 апреля 2014г.);
- ИКЭС-РД-047-2015 «Типовые требования к автоматизированной системе контроля показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи» (Утверждены Решением 48-го заседания ЭЭС СНГ от 23 октября 2015г.).

3. Термины, сокращения и обозначения

3.1 В настоящей Методике применяются следующие термины с соответствующими определениями:

- **контроль качества электрической энергии** - процедуры проверки соответствия значений параметров электрической энергии установленным требованиям;
- **продолжительные испытания электрической энергии** - измерения параметров электрической энергии непрерывно в течение более двух суток, обязательно включающих выходные и рабочие дни;
- **пункт контроля/мониторинга качества электрической энергии (ПККЭ)** - место в электрической сети, в котором выполняют измерения параметров электроэнергии;
- **точка общего присоединения** - место в электрической сети, электрически ближайшее к конкретной нагрузке, к которому присоединены или могут быть присоединены другие нагрузки;
- **низкое напряжение** - напряжение, номинальное среднеквадратическое значение которого для оборудования не превышает 1 кВ;
- **среднее напряжение** - напряжение, номинальное среднеквадратическое значение которого находится в диапазоне свыше 1 кВ до 35 кВ, включительно;
- **высокое напряжение** - напряжение, номинальное среднеквадратическое значение которого для оборудования находится в диапазоне от 36 кВ до 220 кВ, включительно (классы напряжения для электрических сетей 110 кВ, 150 кВ, 220 кВ);



сверхвысокое напряжение - напряжение, номинальное среднеквадратическое значение которого для оборудования находится в диапазоне выше 220 кВ (классы напряжения для электрических сетей 330кВ, 500кВ, 750кВ);

ультравысокое напряжение - напряжение, номинальное среднеквадратическое значение которого для оборудования находится в диапазоне выше 750кВ.

П р и м е ч а н и е - к присоединяемым нагрузкам относят устройства, оборудование, системы или удаленные электроустановки потребителей электрической энергии.

3.2 В настоящей Методике применяются следующие сокращения:

КЭ	- качество электрической энергии;
ПКЭ	-- параметры качества электрической энергии;
СИ	-- средства измерения;
ТОП	-- точка общего присоединения;
ТН	-- измерительный трансформатор напряжения;
ЭП	-- электроприемники;
ЭЭ	- электрическая энергия.

3.3 В настоящей Методике применяются следующие условные обозначения:

<i>n</i>	- номер гармонической составляющей (гармоники) напряжения и тока;
<i>ф</i>	- нижний индекс, обозначающий фазное напряжение;
<i>мф</i>	- нижний индекс, обозначающий междуфазное напряжение;
ном	- нижний индекс, обозначающий номинальное значение параметра;
<i>f</i>	- частота, Гц.

3.3.1 Показатели качества электроэнергии

δU_{y+}	- положительное отклонение напряжения, %;
δU_{y-}	- отрицательное отклонение напряжения, %;
K_U	- суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения, %;
$K_{U(n)}$	- коэффициент гармонических составляющих напряжения до 50-го порядка, %;
K_{2U}	- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, %;
K_{0U}	- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, %;



- P_{St} - кратковременная доза фликера;
- P_{Lt} - длительная доза фликера.

3.3.2 Статистические характеристики

- н - нижний индекс, обозначающий нижнюю границу диапазона, содержащего 95 % результатов измерений;
- в - нижний индекс, обозначающий верхнюю границу диапазона, содержащего 95 % результатов измерений;
- + - верхний индекс, обозначающий направление тока (мощности) «к шинам»;
- - верхний индекс, обозначающий направление тока (мощности) «от шин»;

3.3.3 Параметры напряжения

- U - действующее значение напряжения с учетом гармонических составляющих от 1 до 50-той включительно, кВ;
- $U_{(1)}$ - действующее значение напряжения основной частоты, кВ;
- $U_{(n)}$ - действующее значение напряжения гармонических составляющих ($n = 2 - 50$), кВ;
- U_1 - действующее значение напряжения прямой последовательности трехфазной системы междуфазных напряжений, кВ;
- U_0 - действующее значение напряжения нулевой последовательности трехфазной системы фазных напряжений, кВ;
- U_2 - действующее значение напряжения обратной последовательности трехфазной системы междуфазных напряжений, кВ;
- $U_{\text{ном}}$ - номинальное значение напряжения, кВ;
- $U_{\text{согл}}$ - согласованное значение напряжения, кВ;

3.3.4 Параметры силы тока

- I - действующее значение тока с учетом гармонических составляющих от 1 до 50-той включительно, А;
- $I_{\text{кз,нм}}$ - наименьший ток короткого замыкания в ТОП, А;
- $I_{(1)}$ - действующее значение тока основной частоты, А;
- I_1 - действующее значение тока прямой последовательности, А;
- I_0 - действующее значение тока нулевой последовательности, А;
- I_2 - действующее значение тока обратной последовательности, А;



- действующее значение n -ой гармонической составляющей тока, А;
- $I_{2\text{изм.}k}^-$ - измеренное значение тока обратной последовательности k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «от шин», А;
- $I_{2\text{изм.}k}^+$ - измеренное значение тока обратной последовательности k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «к шинам», А;
- $I_{0\text{изм.}k}^-$ - измеренное значение тока нулевой последовательности k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «от шин», А;
- $I_{0\text{изм.}k}^+$ - измеренное значение тока нулевой последовательности k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «к шинам», А;
- $I_{(n)\text{изм.}k}^-$ - измеренное значение тока n -ой гармонической составляющей k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «от шин», А;
- $I_{(n)\text{изм.}k}^+$ - измеренное значение тока n -ой гармонической составляющей k -того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения, с направлением «к шинам», А;
- $W_{2\text{.иск}}^{-30}$ - значение количества электрической энергии обратной последовательности, с направлением полной мощности (тока) «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, кВА·ч;
- $W_{2\text{.иск}}^{+30}$ - значение количества электрической энергии обратной последовательности, с направлением полной мощности (тока) «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, кВА·ч;
- $W_{0\text{.иск}}^{-30}$ - значение количества электрической энергии нулевой последовательности, с направлением полной мощности (тока) «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, кВА·ч;
- $W_{0\text{.иск}}^{+30}$ - значение количества электрической энергии нулевой последовательности, с направлением полной мощности (тока) «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, кВА·ч;
- $W_{(n)\text{.иск}}^{-30}$ - значение количества электрической энергии искажения n -ой гармонической составляющей, с направлением полной мощности (тока) «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени



усреднения, кВА_{сч};

- $W_{(n).иск}^{+30}$ - значение количества электрической энергии искажения n -ой гармонической составляющей, с направлением полной мощности (тока) «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, кВА_{сч};
- K_I - коэффициент искажения синусоидальности тока, %;
- $K_{I(n)}$ - коэффициент n -ой гармонической составляющей тока, %.
- K_{2I} - коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности, %;
- K_{0I} - коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности, %.

3.3.5. Параметры мощности

- P_a, P_b, P_c - активная фазная мощность с учетом гармонических составляющих от 1 до 50, кВт, МВт;
- P - активная трехфазная мощность с учетом гармонических составляющих от 1 до 50, кВт, МВт;
- $P_{разр}$ - разрешенная активная мощность (требования технических условий), кВт, МВт;
- S_a, S_b, S_c - полная фазная мощность с учетом гармонических составляющих от 1 до 50, кВА, МВА;
- S - полная трехфазная мощность с учетом гармонических составляющих от 1 до 50, кВА, МВА;
- $S_{(1)a}, S_{(1)b}, S_{(1)c}$ - полная фазная мощность по первой гармонике, кВА, МВА;
- $S_{(1)}$ - полная трехфазная мощность по первой гармонике, кВА, МВА;
- $S_{max.ф}$ - максимальная фактическая мощность потребителя, кВА, МВА;
- $S_{кз.нм}$ - наименьшая мощность короткого замыкания в ТОП, кВА, МВА;
- S_2^- - значение полной мощности искажения обратной последовательности, с направлением «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3 секундном интервале времени усреднения, МВА;



- S_2^+ - значение полной мощности искажения обратной последовательности, с направлением «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3-х секундном интервале времени усреднения, кВА, МВА;
- S_0^- - значение полной мощности искажения нулевой последовательности, с направлением «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3-х секундном интервале времени усреднения, кВА, МВА;
- S_0^+ - значение полной мощности искажения нулевой последовательности, с направлением «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3-х секундном интервале времени усреднения, кВА, МВА;
- $S_{(n)}^-$ - значение полной мощности искажения n -ой гармонической составляющей, с направлением «от шин», принимаемой k -ым источником тока искажений на 3-х секундном интервале времени усреднения, кВА, МВА;
- $S_{(n)}^+$ - значение полной мощности искажения n -ой гармонической составляющей, с направлением «к шинам», создаваемой k -ым источником тока искажений на 3-х секундном интервале времени усреднения, кВА, МВА;
- $\cos\phi, Km$ - коэффициент мощности;

4. Измеряемые параметры

Перечень измеряемых параметров и контролируемые условия проведения измерений определены в документе ИКЭС-РД-044-2014 «Технические требования к регистраторам показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи», содержащем все параметры и диапазон, в котором должны выполняться измерения с необходимой точностью.

5. Определение точек контроля качества электрической энергии

Точки контроля могут определяться при необходимости на любом конце МГЛЭП или на обоих, если соответствующие присоединения обладают необходимыми измерительными преобразователями (трансформаторами напряжения и тока).

6. Продолжительность и периодичность контроля качества электрической энергии

На всех МГЛЭП должны выполняться постоянные или периодические измерения ПКЭ по согласованию сторон.



При наличии разногласий сторон по оценке КЭ или подозрений на неудовлетворительное КЭ по согласованию сторон выполняются внеочередные измерения ПКЭ.

Возможна также организация постоянного непрерывного контроля КЭ с установкой стационарных приборов измерения основных и дополнительных параметров КЭ.

6.1 При проведении периодического контроля КЭ общая продолжительность непрерывных измерений значений ПКЭ (за исключением провалов напряжения, прерывания напряжения, перенапряжений и импульсных напряжений) должна быть не менее 7 суток.

Допускается уменьшение общей продолжительности контроля КЭ, но длительность контроля не должна быть менее двух суток. При этом продолжительность непрерывных измерений каждого ПКЭ (за исключением длительности провала Δt_n) должна быть не менее 24 ч.

Интервал между измерениями значений ПКЭ при периодическом контроле КЭ, устанавливаемый сетевой организацией, должен составлять не более одного года.

6.2 В целях унификации измерений предлагается использовать следующие интервалы усреднения (объединения) результатов измерения:

- а) для положительного/отрицательного отклонения напряжения равные 1 мин;
- б) для длительной дозы фликера - 2 часа;
- в) для отклонений частоты - объединение результатов измерений не применяют;
- г) для остальных ПКЭ – 10 минут.

Кроме того, рекомендуется обеспечить интервал усреднения параметров ПКЭ, совпадающий с интервалом учета электроэнергии.

При допуске в эксплуатацию ЭП искажающих потребителей, расположение которых в электрической сети позволяет предположить их возможное влияние на ПКЭ МГЛЭП, продолжительность непрерывных измерений значений ПКЭ должна составлять не менее 7 суток.

7. Требования к средствам измерений

Требования к средствам измерения, измерительным трансформаторам тока и трансформатору напряжения, условиям окружающей среды определены в документах ИКЭС-РД-044-2014 «Технические требования к регистраторам показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи» и ИКЭС-РД-047-2015 «Типовые требования к автоматизированной системе контроля показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи».



8. Методы измерений

Методы измерений описаны в разделе 7 «Требования к алгоритмам и методам измерений» документа ИКЭС-РД-044-2014 «Технические требования к регистраторам показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи».

9. Требования безопасности

При выполнении измерений параметров электрической энергии и определении параметров нагрузки вторичных цепей ТТ и ТН должны соблюдаться Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей, правила по охране труда и требования безопасности, установленные национальным стандартом государства - участника, на территории которого проводятся измерения.

10. Требования к квалификации операторов

10.1 К выполнению измерений допускают лиц, имеющих квалификационную группу IV (в обоснованных случаях - группу V) по электробезопасности, либо аналогичную квалификацию, подтвержденную в установленном порядке.

10.2 Специалистам, производящим измерения параметров электроэнергии рекомендуется пройти обучение по выполнению измерений на соответствующих курсах повышения квалификации.

10.3 Специалисты, производящие измерения параметров электроэнергии, допускаются к самостоятельной работе распоряжением по организации после изучения настоящего и других соответствующих документов.

11. Требования к условиям измерений

11.1 При выполнении измерений показателей качества электрической энергии в ПК необходимо контролировать выполнение следующих условий:

- значения влияющих величин находятся внутри границ значений диапазонов указанных в Таблице 11.1 - условия применения приборов соответствуют условиям эксплуатации средств измерения показателей качества электрической энергии.

11.2 Измерения показателей качества электрической энергии с целью контроля КЭ проводят в любых режимах электрической сети, кроме режимов обусловленных:

- обстоятельствами непреодолимой силы: землетрясениями, наводнениями, ураганами, пожарами, гражданскими беспорядками, военными действиями и др.;

- введением, в соответствии с действующими правилами, временного электроснабжения пользователей электрических сетей в целях устранения неисправностей или выполнения работ по минимизации зоны и длительности отсутствия электроснабжения;



- проведением работ с отключением и заземлением электроустановок в рамках текущей эксплуатации.

11.3 Лаборатории, проводящие измерения показателей качества электрической энергии, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 аналоги СТБ ИСО/МЭК 17025-2007.

Таблица 11.1 – Область значений влияющих величин

№ пп	Наименование измеряемой величины	Номинальное значение	Класс характеристики процесса измерения	Область значений влияющей величины
1	2	3	4	5
1	Частота	50 Гц	A	42,5-57,5
			S	42,5-57,5
			B	42,5-57,5
2	Значение напряжения	ГОСТ 29322- 2014 (IEC 60038:2009)	A	10% - 200% U _{iec}
			S	10% - 150% U _{iec}
			B	10% - 150% U _{iec}
3	Кратковременная доза фликера	Нет требований	A	0 – 20
			S	0 - 10
			B	Не применяют
4	Провалы и выбросы напряжения	Нет требований	A	Не применяют
			S	Не применяют
			B	Не применяют
5	Прерывания напряжения	Нет требований	A	Не применяют
			S	Не применяют
			B	Не применяют
6	Несимметрия напряжений	Нет требований	A	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности 0% - 10% Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности 0% - 10%
			S	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности 0% - 10%
			B	Устанавливается изготавителем СИ
7	Гармоники напряжения	Нет требований	A	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения)

	Гармоники напряжения	Нет требований	S	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения)
			B	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки (в части напряжений гармонических составляющих и коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения)
8	Интергармоники напряжения	Нет требований	A	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки
			S	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки
			B	Удвоенные значения, установленные в МЭК 61000-2-4-2002 для класса 3 электромагнитной обстановки
9	Информационные сигналы в электрической сети	Нет требований	A	0% - 15% U_{iec}
			S	0% - 15% U_{iec}
			B	0% - 15% U_{iec}
10	Отрицательные/ положительные отклонения напряжения	ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009)	A	Не применяют
			S	Не применяют
			B	Не применяют
11	Микросекундные импульсные помехи в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.5 МЭК 61180 (части 1,2)	Нет требований	A	Пиковое значение 6 кВ
			S	Не применяют
			B	Не применяют
12	Наносекундные импульсные помехи в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.4-2007	Нет требований	A	Пиковое значение 4 кВ
			S	Не применяют
			B	Не применяют

	(МЭК 61000.4.4-2005)			
--	----------------------	--	--	--

12. Порядок выполнения измерений

Порядок выполнения измерений параметров электроэнергии на МГЛЭП должен включать в себя общие требования по выполнению измерений того государства – участника СНГ, на территории которого выполняются измерения. Кроме того, необходимо учитывать рекомендации, которые определены в документе ИКЭС-РД-044-2014 «Технические требования к регистраторам показателей качества электрической энергии применительно к МГЛЭП». В случае использования автоматического сбора результатов измерений с помощью автоматизированных систем необходимо руководствоваться рекомендациями документа ИКОС-РД-047-2015 «Типовые требования к автоматизированной системе контроля показателей качества электрической энергии применительно к межгосударственным линиям электропередачи». Измерения, выполненные приборами классов «А», «В» и «S» не позволяют использовать настоящую методику, поскольку не выполняют измерения токов, мощностей и энергии.

13. Обработка и оформление результатов измерений

13.1 Обработка результатов измерений определяется программным обеспечением СИ параметров электрической энергии.

13.2 Результаты измерений электрической энергии оформляются в виде приложения к отчету.

13.3 Оформленный протокол измерений параметров электроэнергии утверждается начальником испытательной лаборатории.

13.4 Результаты измерений параметров электроэнергии сохраняются в файле одного из форматов, использующихся в офисном пакете приложений MS Office, отдельно для каждого суток измерений для каждой точки контроля.

14. Определение нормально и предельно допустимых значений ПКЭ для всех классов напряжения

14.1 Отклонение напряжения

Медленные изменения напряжения (как правило, продолжительностью более 1 мин) обусловлены обычно изменениями нагрузки электрической сети.

Показателями КЭ, относящимся к медленным изменениям напряжения, являются отрицательное и положительное отклонения напряжения δU_{y-} , δU_{y+} в точке передачи электрической энергии от номинального/согласованного значения (в %):

$$\delta U_{y+} = [(U_{(1)} - U_0) / U_0] 100; \quad (14.2)$$

$$\delta U_{y-} = [(U_{(0)} - U_1) / U_0] 100; \quad (14.3)$$

где $U_{(1)}$ – значения напряжения основной частоты;



U_0 – напряжение, равное стандартному номинальному напряжению $U_{\text{ном}}$ или согласованному напряжению U_c .

В электрических сетях среднего и высокого напряжений вместо значения номинального напряжения, может быть принято согласованное напряжение электропитания U_c . Следует также принимать в расчет существующие стандарты на высоковольтное оборудование.

Допустимые значения установившегося положительного отклонения напряжения не должны превышать наибольшее длительно допускаемое рабочее напряжение для электрических сетей различных номинальных напряжений и соответствующих им значений отклонений напряжения, приведенных в Таблице 1 Приложения А. При контроле качества электрической энергии относящимся к отклонению напряжения, измерения проводятся по ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30-2008) подраздел 5.13.

14.2 Колебания напряжения и фликер

Колебания напряжения (как правило, продолжительностью менее 1 мин), в том числе одиночные быстрые изменения напряжения, обусловливают возникновение фликера.

Показателями КЭ, относящимися к колебаниям напряжения, являются кратковременная доза фликера P_{st} , измеренная в интервале времени 10 мин, и длительная доза фликера P_{lt} , измеренная в интервале времени 2 ч, в точке передачи электрической энергии.

Для указанных показателей КЭ установлены следующие нормы:

- кратковременная доза фликера P_{st} , измеренная в интервале времени 10 мин, не должна превышать значения 1,38;
- длительная доза фликера P_{lt} , измеренная в интервале времени 2 ч, не должна превышать значения 1,0 в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

При контроле соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к колебаниям напряжения, установленным в ГОСТ 32144-2013, проводятся измерения по IEC 61000-4-15:2010, при этом маркированные данные не учитывают.

14.2.1 Одиночные быстрые изменения напряжения.

Одиночные быстрые изменения напряжения вызываются, в основном, резкими изменениями нагрузки, переключениями в системе либо неисправностями и характеризуются быстрым переходом среднеквадратического значения напряжения от одного установившегося значения к другому.

Обычно одиночные быстрые изменения напряжения не должны превышать:



в электрических сетях низкого напряжения 5 % от U_{nom} (при некоторых обстоятельствах возможны быстрые изменения напряжения до 10 % от U_{nom} , но с большей частотой и меньшей длительностью);

в электрических сетях среднего высокого и сверхвысокого напряжений 4 % от U_c , (при некоторых обстоятельствах возможны быстрые изменения напряжения до 6 % от U_c , но с большей частотой и меньшей длительностью).

Если напряжение во время изменения пересекает пороговое значение начала провала напряжения или перенапряжения, одиночное быстрое изменение напряжения классифицируют как провал напряжения или перенапряжение.

14.3 Несинусоидальность напряжения

14.3.1 Гармонические составляющие напряжения.

Гармонические составляющие напряжения обусловлены, как правило, нелинейными нагрузками электрических сетей, подключаемыми к электрическим сетям различного напряжения. Гармонические токи, протекающие в электрических сетях, создают падения напряжений в электрических сетях.

Показателями КЭ, относящимися к гармоническим составляющим напряжения являются:

- значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения до 50-го порядка $K_{U(n)}$ в процентах напряжения основной гармонической составляющей U_1 в точке контроля качества электрической энергии;

- значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения (отношения среднеквадратического значения суммы всех гармонических составляющих до 50-го порядка к среднеквадратическому значению основной составляющей) K_U , % в точке контроля качества электрической энергии.

Для указанных показателей КЭ установлены следующие нормы:

а) значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, усредненные в интервале 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 14.2–14.4, в течение 95 % интервала времени в одну неделю;

б) значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблицах 14.2–14.4, увеличенных в 1,5 раза, в течение 100 % времени каждого периода в одну неделю;

в) значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U , усредненные в интервале 10 мин, не должны превышать значений, установленных в таблице 14.5, в течение 95 % интервала времени в одну неделю;

г) значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U , усредненные в интервале 10 мин, не должны превышать значений, установленных в Таблице 14.6, в течение 100 % интервала времени в одну неделю.



Измерения напряжения гармонических составляющих U_n должны быть проведены в соответствии с требованиями ГОСТ 30804.4.7 (СТБ МЭК 61000-4-7-2006) по Классу А, как испытания электрической энергии, требующие выполнения точных измерений.

В качестве суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U должны быть применены суммарные коэффициенты гармонических подгрупп по ГОСТ 30804.4.7 (СТБ МЭК 61000-4-7-2006), подраздел 3.3.

При оценке соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к гармоническим составляющим напряжения, установленным в настоящем стандарте, маркированные данные не учитывают.

14.3.2 Интергармонические составляющие напряжения

Уровень интергармонических составляющих напряжения электропитания увеличивается в связи с применением в электроустановках частотных преобразователей и другого управляющего оборудования.

Допустимые уровни интергармонических составляющих напряжения электропитания находятся на рассмотрении.



Т а б л и ц а 14.2 – Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения не кратных трем $K_{U(n)}$ [см. 14.4.1, перечисления (а), (б)]

Порядок гармонической составляющей n	Значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, % U_1			
	Напряжение электрической сети, кВ			
	0,38	6-25	35	110 и выше
5	6	4	3	1,5
7	5	3	2,5	1
11	3,5	2	2	1
13	3,0	2	1,5	0,7
17	2,0	1,5	1	0,5
19	1,5	1	1	0,4
23	1,5	1	1	0,4
25	1,5	1	1	0,4
>25	1,5	1	1	0,4

Т а б л и ц а 14.3 – Значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, кратных трем $K_{U(n)}$ [см. 14.4.1, перечисления (а), (б)]

Порядок гармонической составляющей n	Значения коэффициентов напряжения гармонических составляющих $K_{U(n)}$, % U_1			
	Напряжение электрической сети, кВ			
	0,38	6-25	35	110 и выше
3	5	3	3	1,5
9	1,5	1	1	0,4
15	0,3	0,3	0,3	0,2
21	0,2	0,2	0,2	0,2
>21	0,2	0,2	0,2	0,2



Т а б л и ц а 14.4 – Значения коэффициентов напряжения четных гармонических составляющих $K_{U(n)}$ [см. 14.4.1, перечисления (а), (б)]

Порядок гармонической составляющей n	Значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения $K_{U(n)}$, % U_1			
	Напряжение электрической сети, кВ			
	0,38	6–25	35	110 и выше
2	2	1,5	1	0,5
4	1	0,7	0,5	0,3
6	0,5	0,3	0,3	0,2
8	0,5	0,3	0,3	0,2
10	0,5	0,3	0,3	0,2
12	0,2	0,2	0,2	0,2
>12	0,2	0,2	0,2	0,2

Т а б л и ц а 14.5 – Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U [см. 14.4.1, перечисление (в)]

Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U , %			
Напряжение электрической сети, кВ			
0,38	6–25	35	110 и выше
8,0	5,0	4,0	2,0

Т а б л и ц а 14.6 – Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U [см. 14.4.1, перечисление (г)]

Значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения K_U , %			
Напряжение электрической сети, кВ			
0,38	6–25	35	110 и выше
12, 0	8,0	6,0	3,0



14.4 Несимметрия напряжений в трехфазных системах

Несимметрия трехфазной системы напряжений обусловлена несимметричными нагрузками электрической энергии и/или несимметрией элементов электрической сети.

Показателями КЭ, относящимися к несимметрии напряжений в трехфазных системах, являются коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} .

Для указанных показателей КЭ установлены следующие нормы:

- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 2 % в течение 95 % времени интервала в одну неделю;

- значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} и несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} в точке передачи электрической энергии, усредненные в интервале времени 10 мин, не должны превышать 4 % в течение 100 % времени интервала в одну неделю.

При оценке соответствия электрической энергии нормам КЭ, относящимся к несимметрии напряжений, должны быть проведены измерения по ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 6100-4-30-2008) по Классу А, как испытания электрической энергии, требующие выполнения точных измерений (подраздел 5.7).

Маркированные данные при этом не учитываются.

15. Формирование критериев определения искажающего вклада источников искажений в искажения качества ЭЭ

Основными причинами потенциальных и существующих несоответствий ПКЭ по несинусоидальности (K_U и $K_{U(n)}$), несимметрии (K_{2U}) и колебаниям напряжения (P_t) установленным нормам могут быть:

- развитие инфраструктуры электрических сетей (схем, оборудования и параметров, питающих и распределительных сетей) без учета существующих источников искажения напряжения и возможных новых источников;

- присоединение источников искажения напряжения и источников реактивной мощности, в том числе резонансных фильтров, к существующим электрическим сетям без учета их возможного влияния на искажение напряжения в сети.

Дополнительными факторами, способствующими возникновению нарушений норм указанных ПКЭ являются:



- отсутствие договорных условий по КЭ между электросетевой организацией и потребителями с искажающими электроприемниками, оказывающими влияние на уровни электромагнитной совместимости в точках общего присоединения;
- не использование расчетных методов определения напряжений высших гармоник для переключений, вызванных плановыми ремонтами или в электрических сетях с искажающими электроприёмниками.

Возникновение несоответствий по несинусоидальности, несимметрии и колебаниям напряжения установленным нормам КЭ можно спрогнозировать, оценивая близость полученных результатов измерений к допустимым пределам и возможность их нарушения при планируемых изменениях режимов электрической сети, а также на основе следующей информации:

- проектной документации и технических условий на проектирование новых источников электроэнергии и на развитие электрических сетей;
- данных о предполагаемых потребителях электрической энергии новых сетевых объектов;
- выданных технических условий и заключенных договоров электроснабжения;
- расчетов режимов работы электрических сетей, в том числе с нагрузками искажающих потребителей для нормальных и ремонтных схем электроснабжения;
- результатов обследований выполнения правил технической эксплуатации;
- других источников информации.

Классификацию нагрузки по степени влияния на параметры ЭЭ проводят с целью определения потребителей, присоединенная нагрузка которых может оказывать влияние на параметры электрической энергии ТОП.

15.1 Классификация по разрешенной мощности нагрузки

Классификация искажающей нагрузки по разрешенной мощности позволяет определить, является ли нагрузка потенциально влияющей на параметры электрической энергии в ТОП или нет. Классификация производится по следующему алгоритму:

а) определение коэффициента α

а - отношение разрешенной мощности искажающей нагрузки к наименьшей мощности короткого замыкания в ТОП (в процентах):

$$\alpha = \left(\frac{S_{\text{разр}}}{S_{\text{кз.нм}}} \right) * 100, \quad (15.1)$$

где $S_{\text{разр}}$ – разрешенная мощность искажающей нагрузки,



$S_{\text{кз.нм}}$ – наименьшая мощность короткого замыкания в ТОП.

$$S_{\text{кз.нм}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном}} * I_{\text{кз.нм}}, \quad (15.2)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение в ТОП,

$I_{\text{кз.нм}}$ – наименьший ток короткого замыкания в ТОП.

$$S_{\text{разр}} = P_{\text{разр}} / \cos\varphi, \quad (15.3)$$

где $P_{\text{разр}}$ – разрешенная активная мощность (требования технических условий),

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности искажающей нагрузки.

$$\cos\varphi = P_{\text{max.ф}} / S_{\text{max.ф}}, \quad (15.4)$$

где $P_{\text{max.ф}}$ – максимальная фактическая активная мощность искажающей нагрузки (данные контрольных замеров),

$S_{\text{max.ф}}$ – максимальная фактическая полная мощность искажающей нагрузки.

$$S_{\text{max.ф}} = \sqrt{P_{\text{max.ф}}^2 + Q_{\text{max.ф}}^2} \quad (15.5)$$

где $P_{\text{max.ф}}$ – максимальная фактическая активная мощность искажающей нагрузки (данные контрольных замеров),

$Q_{\text{max.ф}}$ – максимальная фактическая реактивная мощность искажающей нагрузки (данные контрольных замеров).

б) сравнение a с допустимым значением

Допустимое значение коэффициента $a_{\text{доп}}$ для ТОП в электрических сетях номинального напряжения 6 кВ и выше принимается равным 0,5 %.

Если $a \leq a_{\text{доп}}$, то рассматриваемая искажающая нагрузка относится к группе объектов с электроустановками, не оказывающими влияние на параметры электрической энергии в ТОП.

Если $a > a_{\text{доп}}$, то рассматриваемая искажающая нагрузка классифицируется как потенциально влияющий на параметры электрической энергии в ТОП.

15.2 Классификация по фактической мощности потребления



Для уточнения результатов классификации искажающих нагрузок (электроустановок) по степени влияния на параметры ЭЭ необходимо на основании данных контрольных замеров на ПС определить максимальную фактическую мощность потребления искажающей нагрузки и произвести классификацию в соответствии со следующим алгоритмом:

а) определение коэффициента a_1

a_1 - отношение максимальной фактической мощности искажающей нагрузки к наименьшей мощности короткого замыкания в ТОП (в процентах):

$$a_1 = \left(\frac{S_{\max.\Phi}}{S_{\text{кз.нм}}} \right) * 100, \quad (15.6)$$

где $S_{\max.\Phi}$ – максимальная фактическая мощность искажающей нагрузки, рассчитывается по формуле (15.5);

$S_{\text{кз.нм}}$ – наименьшая мощность короткого замыкания в ТОП, рассчитывается по формуле (15.2).

Если линия питает несколько объектов, то расчеты по формулам (15.1) и (15.6) проводят для эквивалентного объекта, состав нагрузок которого является суммой нагрузок отдельных объектов с учетом типов конкретных ЭП.

б) сравнение a_1 с допустимым значением

Если $a_1 \leq a_{\text{доп}}$, то рассматриваемая искажающая нагрузка относится к группе объектов с электроустановками, не оказывающими влияние на параметры электрической энергии в ТОП.

Если $a_1 > a_{\text{доп}}$, то рассматриваемая искажающая нагрузка классифицируется как объект с электроустановками, влияющими на параметры электрической энергии в ТОП.

В этом случае, владелец электроустановки с искажающей нагрузкой несет совместную ответственность с сетевой организацией за качество электроэнергии в ТОП.

16. Определение источника (направления на источник) искажений параметров качества электроэнергии

Методика по определению источника (направления на источник) искажений параметров качества электроэнергии наглядно представлена в конце раздела в виде Блок-схемы алгоритма определения источника (направления на источник) искажений ПКЭ.

16.1 Измерение и обработка параметров качества электрической энергии

В точках установки системы мониторинга осуществляют измерение параметров качества электрической энергии, указанных в п. 4 настоящей

 Методики, на основных интервалах времени измерения (10 периодов), в соответствии с ГОСТ 30804.4.30-2013. Результаты измерений являются исходными данными для определения источника искажения ПКЭ.

Архивы с измеренными исходными данными сохраняются не менее 3 месяцев для дальнейшего анализа.

Измеренные на основных интервалах времени измерения параметры электроэнергии являются исходными данными при дальнейшей обработке с использованием методов симметричных составляющих, разложения в ряд Фурье и т.д., согласно алгоритмам, указанным в ГОСТ 30804.4.30-2013.

16.2 Определение соответствия (несоответствия) ПКЭ в ТОП

Обработанные результаты измерений по несимметрии (K_{2U} и K_{0U}) и несинусоидальности (K_U и $K_{U(n)}$) напряжений усредняются на 10-минутных интервалах времени.

Полученные значения (K_{2U} , K_{0U} , K_U , $K_{U(n)}$) сравниваются с допустимыми уровнями ПКЭ в выбранных пунктах контроля параметров КЭ.

$$K_{2U} \geq k_1 * K_{2U.\text{гост.пд}} \quad (16.1)$$

$$K_{0U} \geq k_2 * K_{0U.\text{гост.пд}} \quad (16.2)$$

$$K_U \geq k_3 * K_{U.\text{гост.пд}} \quad (16.3)$$

$$K_{U(n)} \geq k_4 * K_{U(n).\text{гост.пд}}, \quad (16.4)$$

где $K_{2U.\text{гост.пд}}$, $K_{0U.\text{гост.пд}}$, $K_{U.\text{гост.пд}}$, $K_{U(n).\text{гост.пд}}$ – предельно допустимые значения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициентов несимметрии напряжений по нулевой последовательности, суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения, коэффициентов гармонических составляющих напряжения нормируемые ГОСТ;

k_1 - k_4 – коэффициенты, определяющие допустимые значения ПКЭ. Значения коэффициентов k_1 - k_4 может варьироваться от 0 до 1.

В случае если ни одно из условий (16.1-16.4) не выполняются, то делается заключение о соответствии несимметрии (K_{2U} и K_{0U}) и несинусоидальности (K_U и $K_{U(n)}$) допустимым уровням ПКЭ. Значения полной мощности искажения в этом случае приравнивается 0 (нулю).

Если хотя бы одно из условий (16.1-16.4) выполняется, то делается заключение о не соответствии несимметрии (K_{2U} и K_{0U}) и/или несинусоидальности (K_U и $K_{U(n)}$) допустимым уровням ПКЭ.



В отношении ПКЭ, для которого выполняется условие (16.1-16.4), определяется источник (направление на источник) искажений.

16.3 Определение источника (направления на источник) искажений ПКЭ

Для выбранного интервала времени усреднения (10 периодов) определяются направления тока для каждого значения, измеренного на основных интервалах времени (прием, «+»- к шинам, отдача, «-»- от шин).

Если измеренное значение тока имеет направление к шинам («+»), то на данном основном интервале времени (10 периодов) для значения тока рассчитывается значение полной мощности искажения поступающей к шинам распределительного устройства:

$$S_2^+ = U_2 * I_{2\text{изм.}k}^+, \quad (16.5)$$

$$S_0^+ = U_0 * I_{0\text{изм.}k}^+, \quad (16.6)$$

$$S_{(n)}^+ = U_{(n)} * I_{(n)\text{изм.}k}^+, \quad (16.7)$$

где $U_2, U_0, U_{(n)}$ – измеренные значения напряжения обратной, нулевой последовательностей и n-ой гармонической составляющей, на основном интервале времени измерения;

$I_{2\text{изм.}k}^+, I_{0\text{изм.}k}^+, I_{(n)\text{изм.}k}^+$ – измеренное значение тока k-того присоединения, на 3 секундном интервале времени усреднения с направлением «к шинам» («+»).

Если на основном интервале времени измерения (10 периодов) направление тока от шин («-»), то для данного интервала времени измерения рассчитывается значение полной мощности искажения передающейся от шин распределительного устройства:

$$S_2^- = |U_2| * I_{2\text{изм.}k}^-, \quad (16.8)$$

$$S_0^- = |U_0| * I_{0\text{изм.}k}^-, \quad (16.9)$$

$$S_{(n)}^- = |U_{(n)}| * I_{(n)\text{изм.}k}^-, \quad (16.10)$$

где $I_{2\text{изм.}k}^-, I_{0\text{изм.}k}^-, I_{(n)\text{изм.}k}^-$ – измеренное значение тока k-того присоединения, на основном интервале времени измерения с направлением «от шин» («-»).

16.4 Определение значения количества искаженной электрической энергии с учетом направления полной мощности

16.4.1 Определение количества искаженной электрической энергии на интервале времени 1 минута.

Для каждого 1 минутного интервала времени определяется количество искаженной электрической энергии с учетом направления полной мощности



(тока) на каждом основном интервале времени измерения (10 периодов) (прием, «+» - к шинам, отдача, «-» - от шин).

Архивы с данными значений количества искаженной электрической энергии с учетом направления полной мощности сохраняются для дальнейшего анализа и разработки мероприятий по снижению уровней искажения ПКЭ.

16.4.1.1 Для 1 минутного интервала времени значения количества искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) к шинам («+»), определяются по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{+1} = \int S_{2i}^+ \quad (16.20)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{+1} = \int S_{0i}^+ \quad (16.21)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{+1} = \int S_{(n)i}^+ \quad (16.22)$$

Если на 1 минутном интервале времени ни одно из рассчитанных значений полной мощности для основного интервала времени измерения не имело направление к шинам («+») (т.е. если $i=0$), то количество искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) к шинам («+») определяется по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{+1} = 0 \quad (16.23)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{+1} = 0 \quad (16.24)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{+1} = 0. \quad (16.25)$$

16.4.1.2 Для 1 минутного интервала времени значения количества искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) от шин («-»), определяется по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{-1} = \int S_{2i}^- \quad (16.26)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{-1} = \int S_{0i}^- \quad (16.27)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{-1} = \int S_{(n)i}^- \quad (16.28)$$

Если на 1 минутном интервале времени ни одно из рассчитанных значений полной мощности для основного интервала времени измерения не имело направление от шин («-») (т.е. если $i=0$), то количество искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) от шин («-») определяются по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{-1} = 0 \quad (16.29)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{-1} = 0 \quad (16.30)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{-1} = 0. \quad (16.31)$$



16.4.2 Определение количества искаженной электрической энергии на интервале времени 30 минут.

Для каждого 30 минутного интервала времени определяется количество искаженной электрической энергии с учетом направления полной мощности (тока) на каждом основном интервале времени измерения (прием, «+»- к шинам, отдача, «-»- от шин).

Архивы с данными значений количества искаженной электрической энергии на 30-ти минутных интервалах с учетом направления полной мощности сохраняются для дальнейшего анализа.

16.4.2.1 Для 30 минутного интервала времени значения количества искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) к шинам («+»), определяются по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{+30} = \int S_{2i}^+ \quad (16.32)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{+30} = \int S_{0i}^+ \quad (16.33)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{+30} = \int S_{(n)i}^+ \quad (16.34)$$

Если на 30 минутном интервале времени ни одно из рассчитанных значений полной мощности для основного интервала времени измерения не имело направление к шинам («+») (т.е. если $i=0$), то количество искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) к шинам («+») определяется по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{+30} = 0 \quad (16.35)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{+30} = 0 \quad (16.36)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{+30} = 0. \quad (16.37)$$

16.4.2.2 Для 30 минутного интервала времени значения количества искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) от шин («-»), определяются по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{-30} = \int S_{2i}^- \quad (16.38)$$

$$W_{2.\text{иск}}^{-30} = \int S_{2i}^- \quad (16.39)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{-30} = \int S_{(n)i}^- \quad (16.40)$$

Если на 30 минутном интервале времени ни одно из рассчитанных значений полной мощности для основного интервала времени измерения не имело направление от шин («-») (т.е. если $i=0$), то количество искаженной электрической энергии с направлением полной мощности (тока) от шин («-») определяется по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{-30} = 0 \quad (16.41)$$



$$W_{0.\text{иск}}^{-30} = 0 \quad (16.42)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{-30} = 0, \quad (16.43)$$

16.5 Определение количества электроэнергии искажений на 30 минутных интервалах усреднения

Сальдо количества искаженной электрической энергии на 30 минутном интервале времени определяется по следующим формулам:

$$W_{2.\text{иск}}^{30} = W_{2.\text{иск}}^{+30} - W_{2.\text{иск}}^{-30} \quad (16.44)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{30} = W_{0.\text{иск}}^{+30} - W_{0.\text{иск}}^{-30} \quad (16.45)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{30} = W_{(n).\text{иск}}^{+30} - W_{(n).\text{иск}}^{-30} \quad (16.46)$$

16.6 Определение количества электроэнергии искажений, с учетом направления, за сутки

Если рассчитанное сальдо количества искаженной электрической энергии на 30 минутном интервале времени не удовлетворяет требованиям формул 16.47-16.49,

$$W_{2.\text{иск}}^{30} \leq 0 \quad (16.47)$$

$$W_{0.\text{иск}}^{30} \leq 0 \quad (16.48)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^{30} \leq 0 \quad (16.49)$$

то на данном временном интервале электроэнергия искажений, имеет преимущественное направление к шинам («+») и в дальнейшем суммируется согласно формул 16.50-16.52:

$$W_{2.\text{иск}}^+ = \sum W_{2.\text{иск}}^{30} \quad (16.50)$$

$$W_{0.\text{иск}}^+ = \sum W_{0.\text{иск}}^{30} \quad (16.51)$$

$$W_{(n).\text{иск}}^+ = \sum W_{(n).\text{иск}}^{30} \quad (16.52)$$

Если рассчитанное сальдо количества искаженной электрической энергии на 30 минутном интервале времени требованиям формул 16.47-16.49 удовлетворяет, то на данном временном интервале электроэнергия искажений, имеет преимущественное направление от шин («-») и в дальнейшем суммируется согласно формул 16.53-16.55:

$$W_{2.\text{иск}}^- = \sum W_{2.\text{иск}}^{30} \quad (16.53)$$

$$W_{0.\text{иск}}^- = \sum W_{0.\text{иск}}^{30} \quad (16.54)$$



$$W_{(n).иск}^- = \sum W_{(n).иск}^{30} \quad (16.55)$$

16.7 Определение количества электроэнергии искажений на интервале усреднения 1 и более суток

Для определения количества электроэнергии искажений на интервале времени 1 и более суток определяется начальный 30-минутный интервал времени и период времени, для которого необходимо выполнить расчёты. Результаты расчетов выполненных по п.16.6 сальдируют, согласно формул 16.56-16.58:

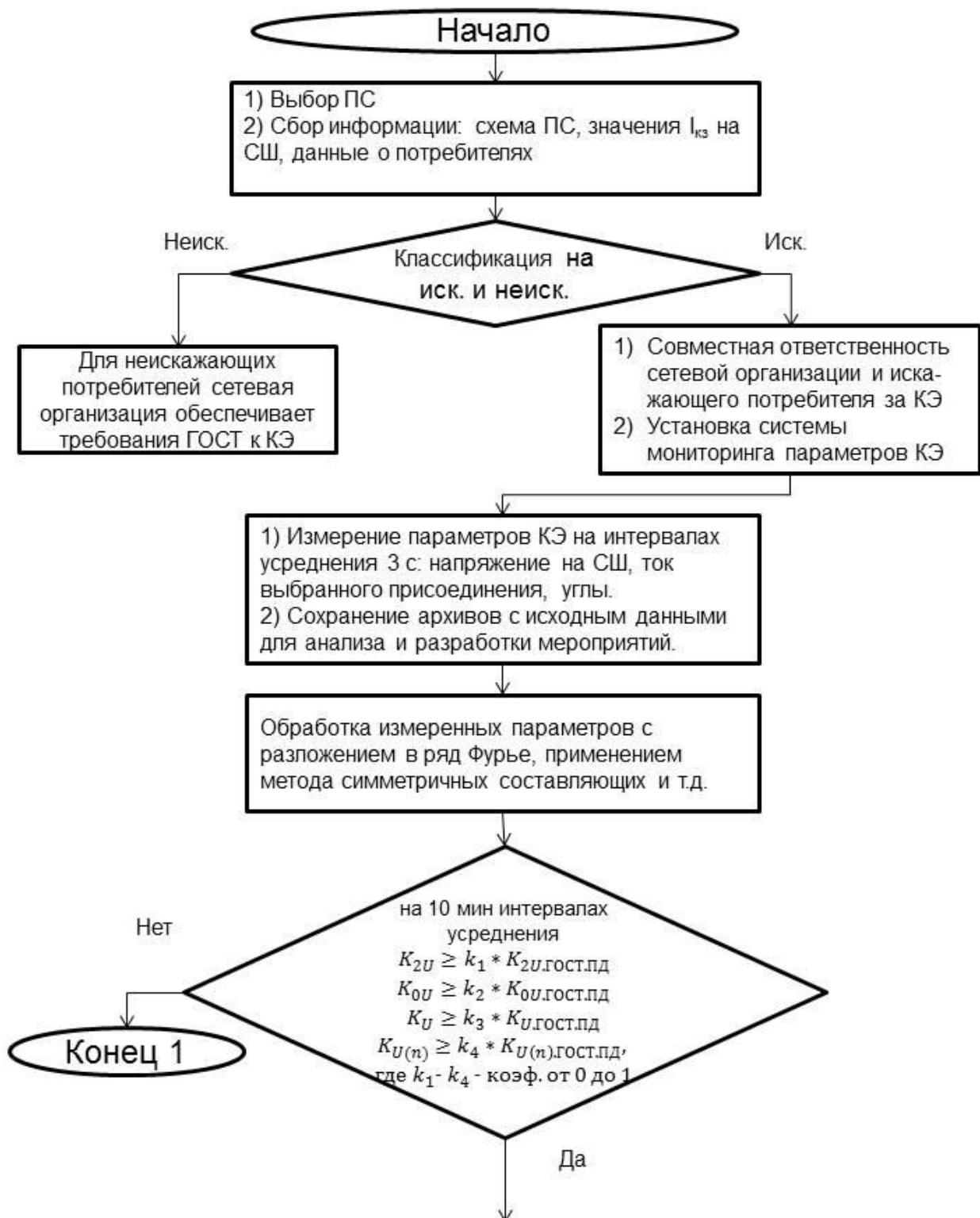
$$W_{2.иск} = W_{2.иск}^+ - W_{2.иск}^- \quad (16.56)$$

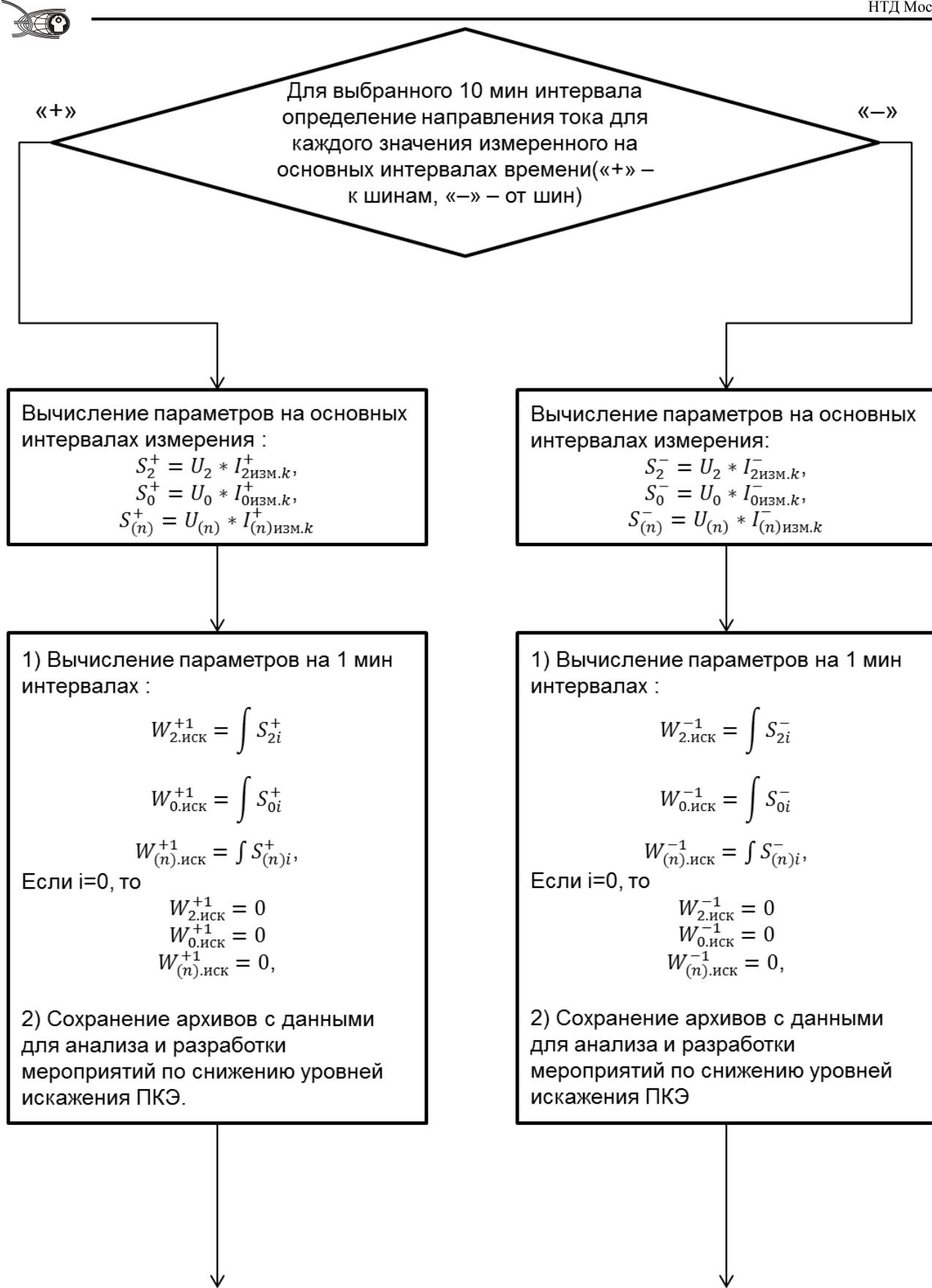
$$W_{0.иск} = W_{0.иск}^+ - W_{0.иск}^- \quad (16.57)$$

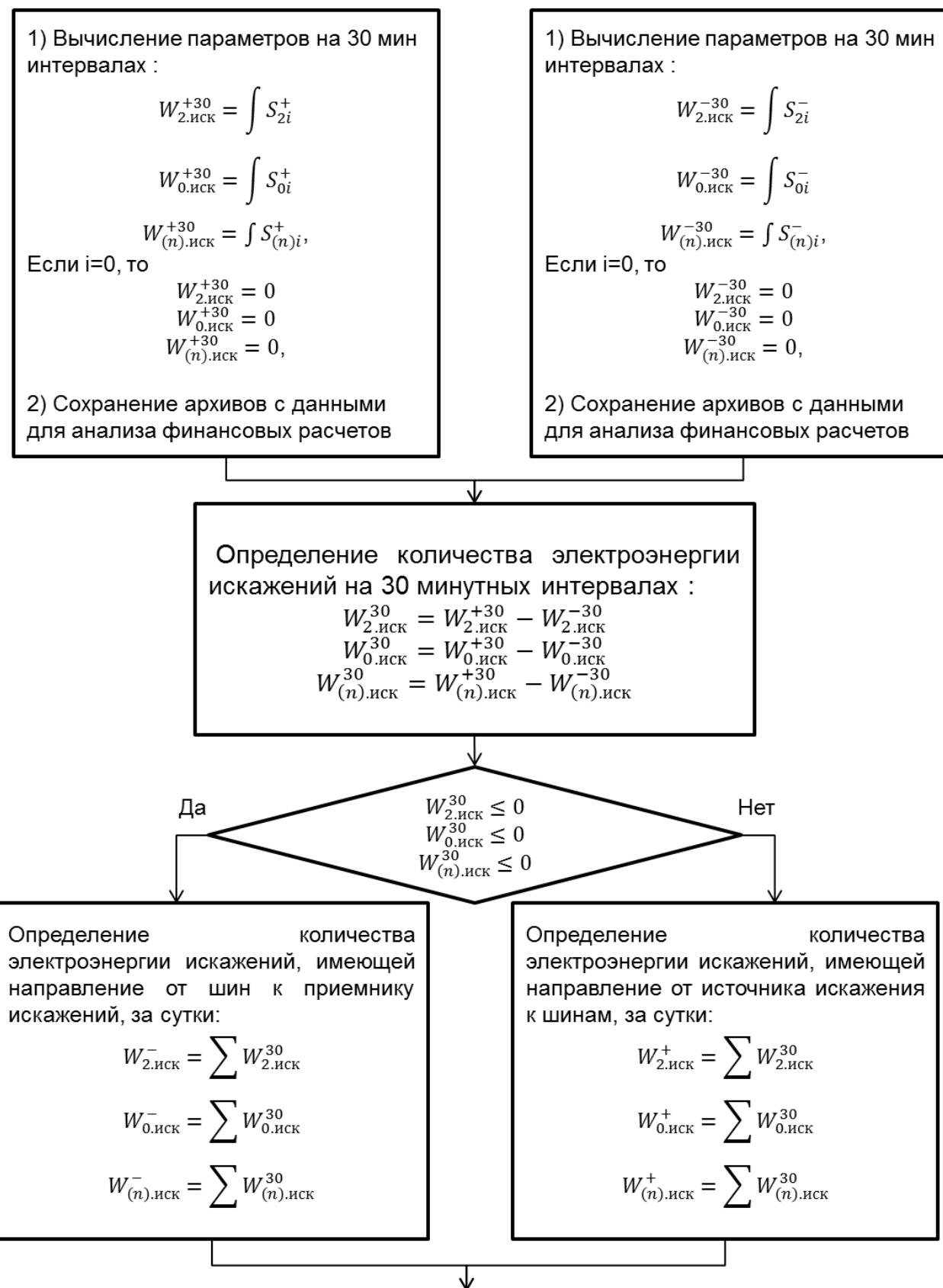
$$W_{(n).иск} = W_{(n).иск}^+ - W_{(n).иск}^- \quad (16.58)$$

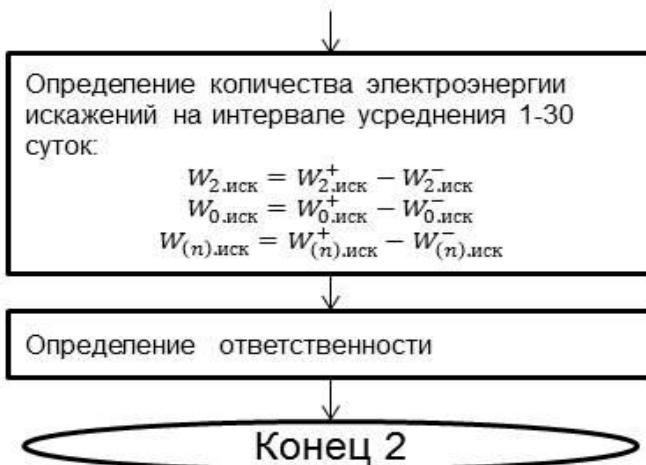
Результаты расчетов (формулы 16.56-16.58) в дальнейшем могут быть использованы для определения ответственности субъектов и энергосистем за искажение КЭ.

16.8 Алгоритм определения источника (направления на источник) искажений ПКЭ









Окончание работы Алгоритма обозначенное на схеме «Конец1» соответствует отсутствию значимых нарушений и ответственность не определяется.

Окончание работы Алгоритма обозначенное на схеме «Конец2» соответствует наличию значимых нарушений и определению ответственности сторон.



Приложение А

Выбор контролируемых пределов по показателю установившегося отклонения напряжения для оценки соответствия уровней напряжения диапазонам, установленным в графиках напряжения в контрольных пунктах

1. При измерениях в узлах напряжением 220 кВ и ниже, являющихся контрольными пунктами по напряжению, принимается допущение о том, что если напряжение находится в пределах, заданных в квартальном (месячном) графике напряжения, то в точках передачи электрической энергии, обеспечиваются требования ГОСТ по показателю отклонения напряжения δU_{y^-} и δU_{y^+} . Раздельно устанавливаются контролируемые пределы для режимов наибольших и наименьших нагрузок.

В данных узлах верхнее и нижнее допустимые значения отклонений напряжения равны:

$$\delta U_B = \frac{(U_B - U_{\text{ном}})}{U_{\text{ном}}} * 100 + 5, \% \quad (1)$$

$$\delta U_H = \frac{(U_{\text{ном}} - U_H)}{U_{\text{ном}}} * 100 + 5, \% \quad (2)$$

где U_B , U_H верхняя и нижняя границы графика напряжения в контрольном пункте (определяются отдельно для всех характерных режимов, заданных в графике напряжения),

$U_{\text{ном}}$ - номинальное напряжение узла сети, в котором проводится измерение.

2. При измерениях в узлах напряжением 330 кВ и выше, являющихся контрольными пунктами по напряжению, верхнее и нижнее допустимые значения отклонения напряжения определяются по формулам (3) и (4).

$$\delta U_B = \frac{(U_B - U_{\text{ном}})}{U_{\text{ном}}} * 100, \% \quad (3)$$

$$\delta U_H = \frac{(U_{\text{ном}} - U_H)}{U_{\text{ном}}} * 100, \% \quad (4)$$

3. При измерениях на шинах, для которых не заданы графики напряжения, верхние допустимые значения отклонения напряжения рассчитываются по формуле (3), при этом U_B равно наибольшему длительно допускаемому рабочему напряжению для данного узла сети в соответствии с требованиями ГОСТ 721-77 (Таблица 1).

Нижние допустимые значения отклонения напряжения принимаются равными «0 %».



Таблица 1. Наибольшие длительно допускаемые рабочие напряжения для электрических сетей различных номинальных напряжений и соответствующие им значения отклонений напряжения.

Класс напряжения, кВ	Номинальное напряжение электрической сети, кВ	Наибольшее длительно допускаемое рабочее напряжение в электрической сети, кВ	Отклонение напряжения, % от номинального напряжения электрической сети
6	6,0	7,2	20
10	10,0	12	20
15	13,8	15,2	10
	15,0	17,5	17
	15,75	17,5	11
20	18,0	19,8	10
	20,0	23,0	15
	22,0	24,0	9
24	24,0	26,5	10
27	27,0	30,0	11
35	35,0	40,5	16
60	60,0	72,5	20
110	110,0	126,0	15
150	150,0	172,0	15
220	220,0	252,0	15
330	330,0	363,0	10
500	500,0	525,0	5
750	750,0	787,0	5
1150	1150,0	1200,0	5



Приложение Б

Характеристика нагрузки оборудования в части влияния на параметры электрической энергии

Таблица Б.1 Статистические данные по характеристике нагрузки оборудования

Перечень электроустановок потребителя	J, кВ	cos φ	Параметры электрической энергии								
			K2u, %	K2I, %	Kou, %	KoI, %	Ku, %	KI, %	Состав гармонических составляющих, п	δUt, %	Частота колебаний, Гц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Тяговая нагрузка:</i>											
на постоянном токе	3,3	088-0,92							5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37		
на переменном токе	110		2,0-4,6		-	-					
	27,5		5,0-14,0		-	-	6,0-12,9	до 23	5, 7, 11, 13, 17, 19		
	6/10		0,59-14,0	до 35	-	-	5,36-9,8	4,4-35			
<i>Электротермические установки:</i>											
дуговые печи	6/10		18		-	-					
<i>прямого действия:</i>											
сталеплавильные	220		1,3		-	-	2,5	6-17	2-17 (наиболее значимы 2,3,4,5,7)	5-7	до 10
	110		1,4		-	-	2,1			4,3-8,2	0,5-8,3
	35	0,1-0,3	4-4,5		-	-	6-10			3,5-12	0,5-8
	10						1,5-8				
<i>печи смешанного нагрева:</i>											
рудотермические печи									2,3,4,5,7		
<i>Вентильные преобразователи:</i>											
выпрямители:											
<i>6-ти пульсные</i>											
12-ти пульсные	500		0,2-0,25	3,1-6,3	-	-	2,3-2,5	3,1-6,1	11, 13, 23, 25, 35, 37		
	220		0,6-0,7	0,4-3,15	-	-	3,66-5,98	3,38-11,73			

Перечень электроустановок потребителя	J, кВ	cos φ	Параметры электрической энергии								
			K2u, %	K2I, %	Kou, %	K0I, %	Ku, %	KI, %	Состав гармонических составляющих, п	δUt, %	Частота колебаний, Гц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	10		0,6-0,8	1,5-3,8	-	-	8,0-16,5	2,8-7,1			
24-х пульсные									23, 25		
36-ти пульсные									35, 37		
48-и пульсные									47,49		
Электросварочные установки:	6				-	-	3,0-6,0	до 19	2-19 (наиболее значимы 3 и 5)	До 19	До 10
дуговая сварка:		0,3-0,35							5,7,11,13		
однофазная	0,38		1-5				3,5-8	до 19	2-19 (наиболее значимы 2 и 4)	до 25	
трехфазная									3, 5, 7		
контактная сварка:											
точечная сварка		0,2-0,7							3,5,7,11,13		
Электрическое освещение:											
Газоразрядные лампы:									3,5		
низкого давления									3, 5, 7, 9, 11, 15, 17, 19, 21 (наиболее значимы 3, 5, 7, 9)		
высокого давления									3, 5, 7, 9, 11, 15, 17, 19, 21, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39		
Прокатные станы:	6/10	0,3-0,8			-	-	8,0-30	15-30	2-13		
	0,4						6,5-10,4				
прокатный стан 1700	6/10		1,4-2,0		-	-	13,2		3-5		
блюминг	110				-	-	1,95		5-17	16,5-19,6	



Перечень электроустановок потребителя	J, кВ	cos φ	Параметры электрической энергии								
			K2u, %	K2I, %	Kou, %	K0I, %	Ku, %	KI, %	Состав гармонических составляющих, п	δUt, %	Частота колебаний, Гц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	10,5				-	-	13,1-14,7		5-17		
Электролизные установки и установки гальванических покрытий	220				-	-	1,7-10	до 25	5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35, 37		
	110				-	-	4,1-10				
	6/10				-	-	3,7-12,7		5-17		
	0,38						6-8		5-17		
Коммунально-бытовая нагрузка	6/10		0,1-0,92	8,3-23	-	-	0,82-4,75	1,15-17,53	3,5,7		
	0,4		0,12-0,6	4,3-31	0,19-7,12	9,2-35	1,17-6,92	2,4-20	3,5,7		



Приложение В

Определение ПКЭ, влияние на которые оказывает сетевая организация и оценка возможности регулирования уровня значений ПКЭ за счет проведения технических мероприятий на объектах

Основной целью создания любой системы непрерывного контроля параметров качества электрической энергии является:

- контроль и анализ параметров электрической энергии в реальном времени;
- управление параметрами электрической энергии, используя установленные средства регулирования;
- контроль изменившихся параметров электрической энергии в реальном времени, а также анализ достаточности проведенных мероприятий.

В Таблице В.1 приведен перечень наиболее распространенных средств регулирования параметров электроэнергии, а также описано влияние, оказываемое этими средствами на такие свойства электрической энергии, как отклонение напряжения, несимметрия напряжений, несинусоидальность и колебание напряжения.

В.1 Анализ и систематизация характеристик электроустановок потребителя по степени влияния на параметры электрической энергии

Электроустановки потребителя, классифицированные в соответствии с разделом 15 как объекты с электроустановками, влияющими на параметры электрической энергии в ТОП, в зависимости от характеристик подключенных электроустановок могут оказывать влияние на такие свойства электрической энергии как:

- отклонение напряжения,
- несимметрия напряжения,
- несинусоидальность напряжения,
- колебание напряжения.

В Таблице В.2 приведен перечень электроустановок потребителей, которые оказывают влияние на отклонение напряжения, несимметрию напряжения, несинусоидальность напряжения и колебание напряжения.

Данные из Таблицы В.2 используются при:

- выборе присоединения, на котором измерение параметров ЭЭ будет наиболее информативным;
- анализе результатов измерений.

В Приложении Б представлена статистическая информация по степени влияния электроустановок потребителя на параметры электрической энергии. Данная информация используется при определении минимальных технических требований к используемым средствам измерения, при проведении измерений в точках присоединения электроустановок потребителей, оказывающих влияние на свойства электрической энергии, а также при анализе результатов измерений.



Таблица В.1 Систематизация средств регулирования параметров электроэнергии, обеспечивающих реализацию функций управления ее качеством

№ п/п	Средства регулирования параметров электроэнергии, реализующие функции управления ее качеством	Влияние средства регулирования параметров электроэнергии на свойства электрической энергии			
		Отклонение напряжения	Несимметрия напряжений	Несинусоидальность напряжения	Колебание напряжение
1	Батареи конденсаторов (БК)	Повышают уровень напряжения	При наличии несимметрии в сети усиливают ее		Снижают амплитуды размахов напряжения
2	Шунтирующий реактор (ШР)	Понижает уровень напряжения			
3	Фильтрокомпенсирующая установка (ФКУ)			Снижает величину отдельных гармонических составляющих	
4	Симметрирующее устройство		Осуществляет симметрирование нагрузки		
5	Синхронный компенсатор (СК)	Повышает уровень напряжения			
6	Статический тиристорный компенсатор (СТК)	Осуществляет регулирование уровня напряжения		Создает высшие гармонические составляющие от тиристорной системы управления	
7	Линейный регулировочный трансформатор	Осуществляет регулирование уровня напряжения в оперативном режиме			
8	Автоматический регулятор коэффициента трансформации (АРКТ)	Осуществляет регулирование уровня напряжения в оперативном режиме			



Таблица В.2 Качественная характеристика электроустановок потребителей по их влиянию на свойства электрической энергии

№ п/п	Перечень электроустановок потребителя	Свойства электрической энергии			
		Отклонение напряжения	Несимметрия	Несинусоидальность	Колебание напряжение
1	2	3	4	5	6
1	<i>Тяговая нагрузка:</i>				
1.1	на постоянном токе	+		+	
1.2	на переменном токе	+	+	+	+
2	<i>Электротермические установки:</i>				
2.1	дуговые печи:	+	+	+	+
2.1.1	прямого действия				
2.1.1.1	сталеплавильные	+	+	+	+
2.1.1.2	вакуумные плавильные печи	+		+	
2.1.2	косвенного действия	+	+	+	+
2.1.2.1	плазменный нагрев	+	+	+	+
2.2	печи сопротивления				
2.2.1	прямого действия	+	+		+
2.2.2	косвенного действия	+			
2.3	индукционные печи	+		+	+
2.4	печи смешанного нагрева				
2.4.1	шлакового переплава	+	+	+	+
2.4.2	рудотермические печи	+	+	+	+
2.5	электронно - лучевые печи	+	+	+	+
3	<i>Вентильные преобразователи:</i>				
3.1	выпрямители:				
3.1.1	6-ти пульсные	+		+	
3.1.2	12-ти пульсные	+		+	
3.1.3	24-х пульсные	+		+	
3.1.4	36-ти пульсные	+		+	
3.1.5	48-и пульсные	+			



3.2	инверторы	+		+	
3.3	частотные преобразователи	+		+	
4	Электросварочные установки:				
4.1	дуговая сварка:				
4.1.1	постоянным током			+	+
4.1.2	переменным током				
4.1.2.1	однофазная		+	+	+
4.1.2.2	трехфазная			+	+
4.2	контактная сварка:				
4.2.1	точечная сварка		+	+	+
4.2.2	шовная сварка	+	+	+	+
4.3	электрошлаковая	+	+	+	+
5	Электрическое освещение:				
5.1	Газоразрядные лампы низкого давления		+	+	+
5.2	Газоразрядные лампы высокого давления		+	+	+
6	Асинхронные двигатели	+			+
7	Синхронные двигатели	+			+
8	Подъемно-транспортные механизмы (элеваторы, транспортеры, шнеки, конвейеры, краны)	+			+
9	Штамповочные прессы	+			+
10	Прокатные станы:	+		+	+
10.1	блюминг	+		+	+
11	Механизмы дробления и измельчения				+
12	Драги	+		+	+
13	Электролизные установки и установки гальванических покрытий			+	+
14	Коммунально-бытовая нагрузка		+	+	+



Приложение Г

Библиография

EN 50160 (BS EN 50160)	2010	Характеристики напряжения в сетях общего назначения
CLC/TR50422	2003	Руководство по применению Европейского стандарта EN 50160
IEC 60050-300	2001	Международный электротехнический словарь. Электрические и электронные измерения и измерительные приборы. Часть 311. Общие термины, относящиеся к измерениям. Часть 312. Общие термины, относящиеся к электрическим измерениям. Часть 313. Типы электрических приборов. Часть 314. (Специальные термины, соответствующие типу прибора)
EN 61000-2-2	2002	Электромагнитная совместимость. Часть 2-2. Условия окружающей среды. Уровни совместимости для низкочастотных проводимых помех и прохождения сигналов в низковольтных системах коммунального энергоснабжения (МЭК 61000-2-2:2002)
EN 61000-2-4	2002	Электромагнитная совместимость. Часть 2. Условия окружающей среды. Раздел 4. Уровни совместимости для низкочастотных проводимых помех в промышленных установках (EN 61000-2-4)
ГОСТ Р 51317.4.4-2007 (МЭК 61000.4.4-2005)		Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний
IEC 61000-4-30	2009	Совместимость технических средств электромагнитная. Часть 4-30. Методы испытаний и измерений. Методики измерения показателей качества электрической энергии (МЭК 61000-4-30)
EN 61000-4-11	2004	Электромагнитная совместимость. Часть 4. Методики испытаний и измерений. Раздел 11. Испытание на помехоустойчивость к провалам напряжения, краткосрочным нарушениям и колебаниям подачи напряжения (EN 61000-4-11)

EN 61000-4-15+A1	1997 2003	Электромагнитная совместимость. Часть 4. Методики испытаний и измерений. Раздел 15. Фликерметр. Технические условия на функциональные условия и конструкцию (МЭК 61000-4-15:1997 + A1:2003)
IEC 60038 + A1+ A2	1983,1994,1997, 2009	Напряжения стандартные в соответствии с рекомендациями МЭК
IEC 60050-161	1990	Международный электротехнический словарь. Глава 161: Электромагнитная совместимость
IEC 61869-3	2011	Трансформаторы измерительные. Часть 3. Дополнительные требования к индуктивным преобразователям напряжения
IEC 61869-5	2011	Трансформаторы измерительные. Часть 5. Дополнительные требования к емкостным преобразователям напряжения
IEC/TR 61869-103	2012	Трансформаторы измерительные. Использование измерительных трансформаторов для измерения качества электрической энергии
ISO/IEC Guide 98-3	2008	Неопределенность измерений. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерений (GUM:1995)
ISO/IEC Guide 99	2007	Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM)
BS EN 61000-2-2	2002	Электромагнитная совместимость. Часть 2-2 (BS EN 61000-2-2)
IEC/TR 61000-3-7	2008	Электромагнитная совместимость. Часть 3-7. Пределы. Оценка пределов эмиссии помех при подсоединении переменных нагрузок к энергетическим системам среднего, высокого и сверхвысокого напряжения (МЭК/TR 61000-3-7)
IEC/TR 61000-2-14	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 2-14. Окружающая среда. Перенапряжения в коммунальных распределительных электросетях (МЭК/TR 61000-2-14)
IEC/TR 61000-2-8	2002	Электромагнитная совместимость. Часть 2-8. Условия окружающей среды. Провалы напряжения и короткие перерывы энергоснабжения в коммунальных системах со статистическими результатами измерений (МЭК/TR 61000-2-8(2002))
CEER (Council of European energy regulators)	2001 2003 2005	CEER (Совет Европейских Энергетических Регуляторов). Установление контрольных точек измерений для составления отчетов о ПКЭ. (Бесплатно доступно на http://www.ceer-eu.org).

СТБ МЭК 61000-4-8-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-8. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к магнитному полю промышленной частоты.
СТБ МЭК 61000-3-2-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока для оборудования с потребляемым током < или = 16 А в одной фазе.
СТБ МЭК 61000-4-2-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-2. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к электростатическим разрядам.
СТБ МЭК 61000-4-3-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-3. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю
СТБ МЭК 61000-4-4-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-4. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к наносекундным импульсным помехам
СТБ МЭК 61000-4-5-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-5. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии
СТБ МЭК 61000-4-11-2006	2006	Электромагнитная совместимость. Часть 4-11. Методы испытаний и измерений. Испытания на устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения
ГОСТ 1983-2001	2001	Трансформаторы напряжения. Общие технические условия
ГОСТ Р 50648-94 (IEC 1000-4-8)	1994	Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний
ГОСТ Р 8.655-2009	2009	Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений показателей качества электрической энергии. Общие технические требования
ГОСТ 30804.4.7 СТБ МЭК 61000-4-7-2006	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 30804.4.30-2013 (IEC 6100-4-30-2008)	2013	Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.
ГОСТ Р 51317.4.15-2012 IEC 61000-4-15-2010	2012	Совместимость технических средств электромагнитная Фликерметр Функциональные и конструктивные требования
ГОСТ 32144-2013 (EN 50160:2010, NEQ)	2013	Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
ГОСТ 43184-2017	2017	Электроэнергетические системы. Оперативно-диспетчерское управление. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в энергообъединении. Общие требования