**ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения**

ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Часть 3-6

Нормы

ОЦЕНКА НОРМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ УСТАНОВОК, СОЗДАЮЩИХ ПОМЕХИ, К СИСТЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СРЕДНЕГО, ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Electromagnetic compatibility (EMC). Part 3-6. Limits. Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems

МКС 33.100.10

Дата введения 2021-01-01

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены [ГОСТ 1.0](http://docs.cntd.ru/document/1200128307) "Межгосударственная система стандартизации. Основные положения" и [ГОСТ 1.2](http://docs.cntd.ru/document/1200128308) "Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены"

**Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью "Научно-методический центр "Электромагнитная совместимость" (ООО "НМЦ ЭМС") и Техническим комитетом по стандартизации ТК 030 "Электромагнитная совместимость технических средств" на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 30 апреля 2020 г. N 129-П)

За принятие проголосовали:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Краткое наименование страны по [МК (ИСО 3166) 004-97](http://docs.cntd.ru/document/842501075) | Код страны по [МК (ИСО 3166) 004-97](http://docs.cntd.ru/document/842501075) | Сокращенное наименование национального органа по стандартизации |
| Армения | AM | Минэкономики Республики Армения |
| Беларусь | BY | Госстандарт Республики Беларусь |
| Казахстан | KZ | Госстандарт Республики Казахстан |
| Киргизия | KG | Кыргызстандарт |
| Россия | RU | Росстандарт |
| Узбекистан | UZ | Узстандарт |

4 [Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июня 2020 г. N 275-ст](http://docs.cntd.ru/document/565321239) межгосударственный стандарт ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2021 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному документу IEC/TR 61000-3-6:2008\* "Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения" ["Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems", IDT].  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
\* Доступ к международным и зарубежным документам, упомянутым в тексте, можно получить, обратившись в [Службу поддержки пользователей](http://docs.cntd.ru/document/747417966). - Примечание изготовителя базы данных.

Международный документ IEC/TR 61000-3-6:2008, представляющий собой технический отчет, подготовлен подкомитетом 77А "Низкочастотные явления" Технического комитета TC 77 IEC "Электромагнитная совместимость (ЭМС)".

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

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом\*, приведены для пояснения текста оригинала  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
\* В оригинале обозначения и номера стандартов и нормативных документов приводятся обычным шрифтом. - Примечание изготовителя базы данных.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

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

Введение

Стандарты серии IEC 61000 публикуются отдельными частями в соответствии со следующей структурой:

- часть 1. Общие положения: общее рассмотрение (введение, фундаментальные принципы), определения, терминология;

- часть 2. Электромагнитная обстановка: описание электромагнитной обстановки, классификация электромагнитной обстановки, уровни электромагнитной совместимости;

- часть 3. Нормы: нормы электромагнитной эмиссии, нормы помехоустойчивости (в тех случаях, когда они не являются предметом рассмотрения техническими комитетами, разрабатывающими стандарты на продукцию);

- часть 4. Методы испытаний и измерений: методы измерений, методы испытаний;

- часть 5. Руководства по установке и помехоподавлению: руководства по установке, методы и устройства помехоподавления;

- часть 6. Общие стандарты;

- часть 9. Разное.

Каждая часть далее подразделяется на несколько частей, которые могут быть опубликованы в качестве международных стандартов или технических отчетов/требований, некоторые из которых были уже опубликованы как разделы. Другие будут опубликованы с указанием номера части, за которым следует дефис, а затем номер раздела (например, IEC 61000-6-1).

1 Область применения

Настоящий стандарт, являющийся по своему назначению рекомендательным документом, представляет собой руководство в отношении принципов, которые могут быть применены в качестве основы для определения требований при подключении установок, создающих помехи, к общественным системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжений (на установки низкого напряжения распространяются другие документы IEC). Для целей настоящего стандарта установка, создающая помехи, означает установку (которая может представлять собой нагрузку или генератор), создающую гармоники и/или интергармоники. Основная цель настоящего стандарта - обеспечить рекомендации сетевым организациям по инженерным применениям, которые будут способствовать достижению условий обеспечения надлежащего качества обслуживания для всех подключенных пользователей. При рассмотрении установок настоящий стандарт не предназначен для замены стандартов, распространяющихся на оборудование, устанавливающих нормы эмиссии.

Настоящий стандарт рассматривает распределение пропускной способности системы для поглощения помех. Он не применяется при решении задач помехоподавления или увеличения пропускной способности системы.

Поскольку руководящие принципы, изложенные в настоящем стандарте, обязательно включают некоторые упрощающие предположения, нет гарантии, что этот подход всегда обеспечит оптимальное решение для всех ситуаций, связанных с воздействием гармоник. Рекомендуемый подход при применении к конкретной процедуре оценки или ее части следует применять с гибкостью и предусмотрительностью, учитывающей технические вопросы.

Сетевая организация несет ответственность за уточнение требований к подключению установок, создающих помехи, к системе. Установку, создающую помехи, рассматривают как полную установку пользователя (включая элементы, создающие помехи, и те, которые не вызывают помех).

Проблемы, связанные с гармониками, относятся к двум основным классам:

- гармоническим токам, которые инжектируются в систему электроснабжения преобразователями и источниками гармоник, вызывая гармонические напряжения в системе. Как гармонические токи, так и результирующие напряжения следует рассматривать как кондуктивные явления;

- гармоническим токам, которые индуцируют помехи в системах связи. Это явление сильнее выражено на частотах гармоник более высокого порядка из-за повышенной связи между цепями и из-за более высокой чувствительности сетей связи в полос\* звуковых частот.  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
\* Текст документа соответствует оригиналу. - Примечание изготовителя базы данных.

Настоящий стандарт содержит рекомендации по координации гармонических напряжений между различными уровнями системных напряжений для обеспечения соответствия уровням совместимости в точке подключения пользователя. Рекомендации, содержащиеся в настоящем стандарте, не касаются явлений гармонических помех в сетях связи (т.е. рассматривается только первый из указанных выше классов проблем). Эти помехи необходимо устранять с учетом международных директив, касающихся защиты линий электросвязи от вредного воздействия электроэнергетических систем и электрифицированных железных дорог Международного союза электросвязи, директив ITU-T [1] или с учетом применимых на национальном уровне стандартов, таких как [2], [3] или [4].  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
 Цифры в квадратных скобках относятся к библиографии.

Примечание - Границы между различными уровнями напряжения могут быть различными для разных стран (см. IEV 601-01-28 [32]). В настоящем стандарте используются следующие термины для системных напряжений :

- низкое напряжение (НН) относится к 1 кВ;

- среднее напряжение (СН) относится к 1 кВ<35 кВ;

- высокое напряжение (ВН) относится к 35 кВ<230 кВ;

- сверхвысокое напряжение (СВН) относится к 230 кВ<.

В настоящем стандарте функция системы является более важной, чем ее номинальное напряжение. Например, системе ВН, используемой для распределения электрической энергии, может быть присвоен планируемый уровень, который расположен между планируемыми уровнями систем СН и ВН.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных - последнее издание (включая все изменения).

IEC 60050-161, International electrotechnical vocabulary - Chapter 161: Electromagnetic compatibility (Международный электротехнический словарь. Глава 161. Электромагнитная совместимость)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по IEC 60050-161, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **согласованная мощность** (agreed power): Значение полной мощности установки, создающей помехи, согласованное между пользователем и сетевой организацией. В случае нескольких точек подключения для каждой точки может быть определено отдельное значение.  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
 *В настоящем стандарте термин "заказчик" ("customer") (применительно к установке) заменен на "пользователь", термин "оператор системы, владелец" ("system* *operator,* *owner") (применительно к системе электроснабжения) заменен на "сетевая организация".*

3.2 **пользователь** (user): Физическое лицо, компания или организация, которая управляет установкой, подключенной или имеющей право на подключение сетевой организацией к системе электроснабжения.

3.3 **(электромагнитная) помеха** [(electromagnetic) disturbance]: Любое электромагнитное явление, которое при его наличии в электромагнитной обстановке может привести к отклонению качества функционирования электрического оборудования от его предназначенного качества функционирования.

3.4 **уровень помехи** (disturbance level): Величина или значение электромагнитной помехи, измеренные или оцененные установленным способом.

3.5 **установка, создающая помехи** (distorting installation): Электрическая установка в целом (включая элементы, создающие помехи, и те, которые не создают помехи), которая может вызвать искажения напряжений или токов в системе электроснабжения, к которой она подключена.

Примечание - В настоящем стандарте все ссылки на установки, создающие помехи, включают не только линейные и нелинейные нагрузки, но и генерирующие установки, а также любые источники эмиссии несинусоидальных токов, такие как системы регенеративного торможения.

3.6 **электромагнитная совместимость;** ЭМС (electromagnetic compatibility, EMC): Способность оборудования или системы удовлетворительно функционировать в их электромагнитной обстановке, не создавая недопустимых электромагнитных помех другому оборудованию или системам в этой обстановке.

Примечание 1 - Электромагнитная совместимость является условием электромагнитной обстановки, что для каждого (электромагнитного) явления уровень эмиссии помех является достаточно низким, а уровни устойчивости к помехам - достаточно высокими, так что все устройства, оборудование и системы функционируют по назначению.

Примечание 2 - Электромагнитная совместимость достигается только в том случае, если уровни эмиссии и помехоустойчивости контролируются таким образом, чтобы уровни помехоустойчивости устройств, оборудования и систем в любом месте не превышались уровнем помех в этом месте в результате кумулятивной эмиссии от всех источников и других факторов, таких как полные сопротивления цепи. Обычно считается, что совместимость достигнута, если вероятность отклонения от качества функционирования по предназначению достаточно низка. См. IEC/TR 61000-2-1 [33], раздел 4.

Примечание 3 - В настоящем стандарте (электромагнитная) совместимость может относиться к одной помехе или классу помех.

Примечание 4 - Электромагнитная совместимость - это термин, используемый также для описания области деятельности, связанной с изучением неблагоприятных электромагнитных эффектов, которые устройства, оборудование и системы испытывают друг от друга или от электромагнитных явлений.

3.7 **уровень (электромагнитной) совместимости** [(electromagnetic) compatibility level]: Регламентированный уровень электромагнитной помехи, используемый в качестве опорного в конкретной электромагнитной обстановке в целях координации при установлении норм электромагнитной эмиссии и устойчивости к электромагнитной помехе.

Примечание - По соглашению уровень совместимости устанавливается таким образом, что существует лишь малая вероятность (например, 5%) того, что он будет превышен фактическим уровнем помех.

3.8 **электромагнитная эмиссия** (emission): Явление, при котором электромагнитная энергия исходит от источника электромагнитных помех.

[IEC 60050-161:1990, 161-01-08, модифицировано]

Примечание - В настоящем стандарте термин "эмиссия" относится к явлениям, представляющим собой кондуктивные электромагнитные помехи, которые могут вызывать искажения формы волны питающего напряжения.

3.9 **уровень эмиссии** (emission level): Уровень определенной электромагнитной помехи, эмитируемой конкретным устройством, оборудованием, системой или установкой, создающей помехи, в целом. Он оценивается и измеряется установленным методом.

3.10 **норма эмиссии** (emission limit): Максимальный уровень эмиссии, установленный для конкретного устройства, оборудования, системы или установки, создающей помехи, в целом.

3.11 **генерирующая установка** (generating plant): Любое оборудование, производящее электрическую энергию, совместно с любым непосредственно связанным или взаимодействующим с ним оборудованием, таким как единичный трансформатор или преобразователь.

3.12 **помехоустойчивость, устойчивость к электромагнитной помехе** [immunity (to a disturbance)]: Способность устройства, оборудования или системы функционировать без ухудшения качества при наличии электромагнитных помех.

3.13 **уровень помехоустойчивости** (immunity level): Максимальный уровень определенной электромагнитной помехи, воздействующей на конкретное устройство, оборудование или систему, при котором они сохраняют способность функционировать с заявленным качеством функционирования.

3.14 **нелинейная нагрузка или оборудование (см. также "установка, создающая помехи")** [non linear load or equipment (see also distorting installation)]: Любая нагрузка или оборудование, которое потребляет несинусоидальный ток, находясь под синусоидальным напряжением.

3.15 **нормальные условия эксплуатации** (normal operating conditions): Условия функционирования системы или установки, создающей помехи, которые обычно включают в себя все вариации генерации, изменения нагрузки и компенсации реактивной мощности или смены состояния фильтра (например, состояние батарей конденсаторов), запланированные отключения и меры по техническому обслуживанию и налаживанию, неидеальные условия эксплуатации и нормальные непредвиденные обстоятельства, при которых рассматриваемая система или установка, создающая помехи, способна работать, что было предусмотрено при разработке.

Примечание - Нормальные условия эксплуатации системы, как правило, исключают: условия, возникающие в результате неисправности или нескольких неисправностей, превышающих установленные по стандарту безопасности системы; непредусмотренные ситуации и неизбежные обстоятельства (например, форс-мажорные обстоятельства, исключительные погодные условия и другие стихийные бедствия, действия государственных органов, производственные происшествия); случаи, когда пользователи системы значительно превышают установленные для них нормы эмиссии или не соответствуют требованиям к подключению, а также временные механизмы производства или поставки, которые принимаются для поддержания снабжения клиентов во время технического обслуживания или строительных работ, если в противном случае электроснабжение может быть прервано.

3.16 **планируемый уровень** (planning level): Уровень конкретной помехи в определенной электромагнитной обстановке, принятый в качестве опорного значения для установления норм, подлежащих соблюдению при эмиссии от установок в конкретной системе, с целью согласования этих ограничений со всеми ограничениями, которые существуют для оборудования и установок, подключенных к системе электроснабжения.

Примечание - Планируемые уровни считаются внутренними составляющими качества, которые должны быть определены на местном уровне лицами, ответственными за планирование и эксплуатацию системы электроснабжения в соответствующем районе.

3.17 **точка общего присоединения;** PCC (point of common coupling, PCC): Точка системы общественного электроснабжения, электрически ближайшая к рассматриваемой установке, к которой присоединены или могут быть присоединены другие установки. РСС представляет собой точку, расположенную "выше по течению" от рассматриваемой установки.

Примечание - Система электроснабжения считается общественной по критерию ее использования, а не права собственности на нее.

3.18 **точка присоединения;** POC (point of connection, POC): Точка в системе общественного электроснабжения, в которой рассматриваемая установка подключена или может быть подключена.

Примечание - Система электроснабжения считается общественной по критерию ее использования, а не права собственности на нее.

3.19 **точка оценки;** POE (point of evaluation, POE): Точка системы общественного электроснабжения, в которой уровни эмиссии данной установки оцениваются с учетом норм эмиссии. Эта точка может быть точкой общего присоединения, или точкой присоединения, или любой другой точкой, указанной сетевой организацией или согласованной между сторонами.

Примечание - Система электроснабжения считается общественной по критерию ее использования, а не права собственности на нее.

3.20 **мощность короткого замыкания** (short cirquit power): Теоретическое значение начальной трехфазной мощности короткого замыкания, выраженное в МВ·А, в точке системы электроснабжения. Оно вычисляется как произведение начального симметричного тока короткого замыкания, номинального напряжения системы и коэффициента , при этом непериодичной составляющей (постоянным током) пренебрегают.

3.21 **ответвление** (spur): Фидер, отходящий от основного фидера (как правило, применяется на фидерах СН и ВН).

3.22 **система электроснабжения** (supply system): Все линии, распределительные устройства и трансформаторы, работающие при различных напряжениях, которые составляют систему электроснабжения и систему распределения, к которым подключены установки пользователей.

3.23 **сетевая организация** (network organization): Организация, ответственная за заключение договора о техническом присоединении пользователей, для которых необходимо подключение нагрузки или генерации к системе распределения или передачи.

3.24 **коэффициент передачи, коэффициент влияния** [transfer coefficient (influence coefficient)]: Относительный уровень помехи, которая может быть передана между двумя шинами или двумя частями энергосистемы при различных условиях эксплуатации.

3.25 **несимметрия** **напряжений** [voltage umbalance (imbalance)]: Условие, при котором в многофазной системе значения фазных напряжений или фазовых углов между последовательными фазами не равны (основная составляющая).

[IEC 60050-161:1990, 161-08-09, модифицировано]

Примечание - В трехфазных системах степень несимметрии обычно выражается как отношение составляющих обратной и нулевой последовательности к составляющим прямой последовательности. В настоящем стандарте несимметрия напряжений рассматривается в отношении трехфазных систем и только составляющих обратной последовательности.

3.26 **определения, относящиеся к явлениям** (phenomena related definitions): Приведенные ниже определения, относящиеся к гармоникам, основанные на анализе системных напряжений или токов методом дискретного преобразования Фурье (DFT) в соответствии с определением по IEV 101-13-09 [28].

Примечание 1 - Преобразование Фурье периодической или непериодической функции времени является функцией в частотной области, называемой частотным спектром временной функции (спектром). Если функция времени является периодической, спектр состоит из дискретных линий (компонентов). Если функция времени не является периодической, то спектр является непрерывной функцией, указывающей компоненты на всех частотах.

Примечание 2 - С целью упрощения определения, приведенные в настоящем стандарте, относятся только к (меж)гармоническим компонентам. Однако они не должны интерпретироваться в качестве ограничений для применения других определений, указанных в других документах IEC, например в IEC 61000-4-7 [11], где ссылка на (меж)гармонические группы или подгруппы более подходит для измерения быстро меняющихся сигналов.

3.26.1 **основная частота** (fundamental frequency): Частота в спектре, полученном путем преобразования функции времени Фурье, относительно которой рассматриваются все частоты спектра. В настоящем стандарте основная частота такая же, как и частота источника питания.

Примечание - Для периодической функции основная частота обычно равна частоте, соответствующей периоду самой функции.

3.26.2 **основной компонент** (fundamental component): Компонент, частота которого является основной частотой.

3.26.3 **частота гармоники** (harmonic frequency): Частота, кратная основной частоте. Отношение частоты гармоники к основной частоте называют порядком гармоники (рекомендуемое условное обозначение "").

3.26.4 **гармоническая составляющая** (harmonic component): Любой из компонентов на частоте гармоники. Для краткости вместо термина "гармоническая составляющая" допускается применение термина "гармоника".

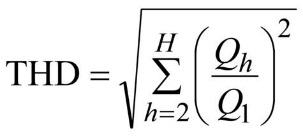
3.26.5 **частота** **интергармоники** (interharmonic frequency): Частота, которая не является целым числом, кратным основной частоте.

Примечание 1 - Аналогично понятию "порядок гармоники" под "порядком интергармоники" понимают отношение частоты интергармоники к основной частоте. Это отношение не выражается целым числом (рекомендуемое условное обозначение "*m*").

Примечание 2 - Если *m*<1, допускается применение термина "субгармоническая частота".

3.26.6 **интергармоническая** **составляющая** (interharmonic component): Составляющая на частоте интергармоники. Для краткости допускается применение термина "интергармоника".

3.26.7 **общее гармоническое искажение;** THD (total harmonic distortion, THD): Отношение среднеквадратичного значения суммы всех гармонических составляющих до порядка  к среднеквадратичному значению основного компонента

,

где  - ток или напряжение;

 - среднеквадратичное значение основного компонента;

 - порядок гармоники;

 - среднеквадратичное значение гармонической составляющей порядка ;

 - обычно 40 или 50, в зависимости от условий.

4 Основные концепции ЭМС, относящиеся к гармоническим искажениям

Определение норм эмиссии (напряжения или тока) от отдельного оборудования или установки пользователя должно основываться на влиянии указанных норм эмиссии на качество электрической энергии (качество напряжения).

Оценка качества напряжения осуществляется с применением определенных основополагающих положений. С целью применения этих положений для оценки в конкретных местах (расположениях) они должны учитывать различные условия, такие как расположение, где они применяются; характеристики измерения (продолжительность измерения, время выборки, интервалы усреднения, статистика) и порядок проведения расчетов. Эти положения описаны ниже и проиллюстрированы на рисунках 1 и 2. Определения приведены в IEC 60050-161.

4.1 Уровни совместимости

Уровни совместимости представляют собой опорные значения (см. таблицу 1), используемые для координации эмиссии и помехоустойчивости оборудования, являющегося частью системы электроснабжения или получающего от нее питание, с целью обеспечения ЭМС системы в целом (включая системное оборудование и подключенное оборудование). Уровни совместимости обычно основаны на 95%-ных вероятностных уровнях системы в целом, используя распределения, которые представляют собой как временные, так и пространственные вариации нарушений. При этом учитывается тот факт, что сетевая организация не может постоянно контролировать все точки системы. Поэтому оценка уровней совместимости должна проводиться на общесистемной основе, и для оценки в конкретном расположении не следует применять отдельный метод оценки.

Уровни совместимости для гармонических напряжений в системах НН и СН воспроизводятся ниже путем ссылок на IEC 61000-2-2 [5] и IEC 61000-2-12 [6]. Эти уровни совместимости следует понимать как относящиеся к квазистационарным или установившимся гармоникам, и они приведены в качестве опорных значений для длительных и кратковременных эффектов.

Длительные эффекты относятся главным образом к тепловым воздействиям на кабели, трансформаторы, двигатели, конденсаторы и т.д. Они возникают при поддержании уровней гармоник в течение 10 мин или более.

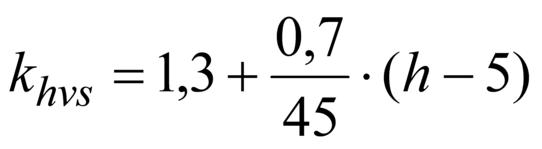
Кратковременные эффекты относятся главным образом к влияниям помех на электронные устройства, которые могут быть восприимчивы к гармоникам продолжительностью 3 с или менее. Переходные процессы не включены.

Для долгосрочных эффектов уровни совместимости для отдельных гармонических составляющих напряжения приведены в таблице 1. Уровень совместимости для общего гармонического искажения THD=8%.

Таблица 1 - Уровни совместимости для отдельных гармонических напряжений в сетях НН и СН (в процентах основной составляющей) (в соответствии с IEC 61000-2-2 [5] и IEC 61000-2-12 [6])

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| Нечетные гармоники, не кратные 3 | | Нечетные гармоники, кратные 3 | | Четные гармоники | |
| Порядок гармоник | Гармоническое напряжение, % | Порядок гармоник | Гармоническое напряжение, % | Порядок гармоник | Гармоническое напряжение, % |
| 5 | 6 | 3 | 5 | 2 | 2 |
| 7 | 5 | 9 | 1,5 | 4 | 1 |
| 11 | 3,5 | 15 | 0,4 | 6 | 0,5 |
| 13 | 3 | 21 | 0,3 | 8 | 0,5 |
| 1749 | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | 21<45 | 0,2 | 1050 | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения |
| Примечание - Уровень совместимости для общего гармонического искажения THD=8%. | | | | | |

С учетом кратковременных эффектов (3 с или менее) уровни совместимости для отдельных гармонических составляющих напряжения принимают равными значениям, приведенным в таблице 1, умноженным на коэффициент , где значение  рассчитывают по формуле

. (1)

При краткосрочных воздействиях гармоник уровень совместимости для полного гармонического искажения THD=11%.

Уровни совместимости для систем ВН и СВН в настоящем стандарте не определены.

4.2 Планируемые уровни

**4.2.1 Индикативные значения планируемых уровней**

Это уровни гармонических напряжений, которые могут быть использованы в целях определения норм эмиссии, принимая во внимание воздействие на систему электроснабжения всех установок, создающих помехи. Планируемые уровни должны быть определены сетевой организацией для всех уровней напряжения в системе, они могут рассматриваться как внутренние цели качества для сетевой организации и могут быть доступными для клиента по запросу.

Планируемые уровни для гармоник должны быть равны или ниже уровней совместимости и должны обеспечивать согласование уровней помех, которые возникают при различных уровнях напряжения. Поскольку планируемые уровни будут различаться в зависимости от структуры системы и обстоятельств, то могут быть указаны только индикативные значения планируемых уровней. Индикативные значения планируемых уровней для гармонических напряжений приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Индикативные значения планируемых уровней для напряжений гармоник (в процентах напряжения основной частоты) в системах электроснабжения СН, ВН и СВН

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Нечетные гармоники, не кратные 3 | | | Нечетные гармоники, кратные 3 | | | Четные гармоники | | |
| Порядок гармоники | Напряжение гармоники, % | | Порядок гармоники | Напряжение гармоники, % | | Порядок гармоники | Напряжение гармоники, % | |
|  | СН | ВН-СВН |  | СН | ВН-СВН |  | СН | ВН-СВН |
| 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1,8 | 1,4 |
| 7 | 4 | 2 | 9 | 1,2 | 1 | 4 | 1 | 0,8 |
| 11 | 3 | 1,5 | 15 | 0,3 | 0,3 | 6 | 0,5 | 0,4 |
| 13 | 2,5 | 1,5 | 21 | 0,2 | 0,2 | 8 | 0,5 | 0,4 |
| ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | 0,2 | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | 21<45 | 0,2 | 0,2 | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения |

Индикативные значения планируемых уровней для общего гармонического искажения: =6,5% и =3%.

Примечание 1 - Для некоторых гармоник более высокого порядка следует соблюдать осторожность при установлении крайне низких значений, таких как 0,2%, из-за практических ограничений точности измерений, главным образом при ВН и СВН. Кроме того, в зависимости от характеристик системы должен существовать запас между планируемыми уровнями при СН, ВН и СВН, чтобы позволить координировать эмиссию помех между различными уровнями напряжения (результаты измерений могут быть использованы в качестве основы для определения соответствующего запаса).

Примечание 2 - Планируемые уровни, приведенные в таблице 2, не предназначены для контроля гармоник, возникающих в результате исключительных событий, таких как геомагнитные бури и т.д.

Примечание 3 - В некоторых странах планируемые уровни определены в национальных стандартах или руководствах.

Примечание 4 - В некоторых странах для систем СН и ВН существуют характеристики напряжения, которые являются квазигарантированными уровнями. Их, как правило, выбирают таким образом, чтобы они были выше планируемых уровней согласно [7].

Применительно к очень кратковременным воздействиям гармоник (3 с или менее) планируемые уровни для отдельных гармоник следует умножить на коэффициент  в соответствии с формулой (1).

Когда это целесообразно, с учетом характеристик системы, могут потребоваться промежуточные значения планируемых уровней между значениями при СН, ВН и СВН из-за возможного широкого диапазона уровней напряжения, относящихся к ВН-СВН (>35 кВ). Кроме того, распределение планируемых уровней между ВН и СВН также может быть необходимо для учета воздействия на системы ВН установок, создающих помехи, подключенных к СВН. В этом случае планируемые уровни при СВН должны быть установлены на более низкие значения, чем те, которые приведены в таблице, указанной выше.

Дополнительные указания по адаптации планируемых уровней при СН к конкретным характеристикам системы приведены в приложении B. Пример метода для совместного использования планируемых уровней для планирования между различными частями системы ВН-СВН также приведен в приложении D.

Далее приведены процедуры использования уровней планирования для установления норм эмиссии для отдельных установок потребителей, создающих помехи.

**4.2.2 Процедура оценки для сравнения с планируемыми уровнями**

Для измерений гармоник и интергармоник следует применять метод измерения по классу A, установленный в IEC 61000-4-30 [12], соответствующий также IEC 61000-4-7 [11]. Маркированные данные, отмечаемые в соответствии с IEC 61000-4-30 во время оценки, во внимание не принимают. Соответственно, процентиль, применяемый при вычислении индексов, определенных ниже, вычисляют с использованием только действительных (немаркированных) данных.

Минимальный период измерения составляет одну неделю нормальной деловой активности. Период мониторинга должен включать в себя некоторую часть периода ожидаемых максимальных уровней гармоник.

Для сравнения фактических уровней гармоник с планируемыми уровнями могут быть применены один или несколько приведенных ниже индексов. Для сравнения с планируемыми уровнями при оценке воздействия более высоких уровней эмиссии, разрешенных на короткие периоды времени, например во время перенапряжений и запусков оборудования, может быть необходимым применение более одного индекса.

Для гармонических напряжений индексы следующие:

- 95%-ное еженедельное значение  (среднеквадратичное значение индивидуальных гармоник за "короткие" 10-минутные периоды) не должно превышать планируемый уровень;

- наибольшее 99%-ное ежедневное значение  (среднеквадратичное значение индивидуальных гармонических составляющих в течение "очень коротких" периодов 3 с) не должно превышать планируемый уровень, умноженный на коэффициент , указанный в формуле (1), с учетом приведенной ссылки на уровни совместимости при кратковременных эффектах гармоник.

Примечание 1 - Гармоники, как правило, измеряют до порядка 40 или 50 в зависимости от применений. В большинстве случаев этого бывает достаточно для оценки искажающих эффектов, вызываемых помехами в силовых системах. Однако в некоторых случаях важными могут быть гармоники более высоких порядков, вплоть до 100-го порядка. Примеры включают в себя:

- крупные преобразователи с коммутационными вырезами напряжения;

- больше установки с преобразователями высоких импульсных номеров (например, алюминиевые заводы);

- силовое электронное оборудование с ШИМ-преобразователями, взаимодействующими с энергосистемой. В таких случаях могут быть вызваны индуцированные шумовые помехи в соседних чувствительных приборах (например, датчиках, системах связи и т.д.). Обычно считается, что гармоники более высокого порядка изменяются в большей степени в зависимости от местоположения и со временем, чем гармоники более низкого порядка. Во многих случаях гармоники высокого порядка создаются одной установкой, создающей помехи, часто в сочетании с резонансом энергосистемы. Для гармоник более высокого порядка может возникнуть необходимость в более обширных оценках.

Примечание 2 - При измерениях гармоник необходимо учитывать точность всей измерительной цепи. Помимо самого монитора для измерений гармоник должны быть пригодны преобразователи (следует избегать ограничений и искажений для измеряемой амплитуды и полосы частот). Существующие трансформаторы тока и напряжения для измерений и защиты в системах среднего и высокого напряжения не всегда подходят для измерений гармоник (особенно когда частота выше 1 кГц).

4.3 Иллюстрация концепций ЭМС

Основные концепции электромагнитной совместимости и применения планируемых уровней приведены на рисунках 1 и 2. Их цель - акцентировать внимание на наиболее важных соотношениях между основными переменными.

Внутри системы электроснабжения в целом неизбежно возникает определенный уровень помех в некоторых ситуациях и, следовательно, существует риск перекрытия распределений уровней помех и уровней устойчивости к помехам (см. рисунок 1). Планируемые уровни обычно равны или ниже уровня совместимости; они должны быть установлены сетевой организацией. Уровни помехоустойчивости установлены в соответствующих стандартах или подлежат согласованию между производителями и пользователями оборудования.

|  |
| --- |
|  |
| ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения |

Рисунок 1 - Иллюстрация основных концепций качества напряжения со статистикой "время/расположение" применительно к системе в целом

|  |
| --- |
|  |
| ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения |

Рисунок 2 - Иллюстрация основных концепций качества напряжения со статистикой по времени применительно к одному расположению в системе

На рисунке 2 показано, что распределение вероятности уровней помех и помехоустойчивости в отдельном расположении обычно является более узким, чем во всей системе, так что в большинстве отдельных расположений перекрытие распределений уровней помех и помехоустойчивости будет минимальным или может вообще отсутствовать. В этих условиях помехи не являются, как правило, серьезной проблемой, и ожидается, что оборудование будет функционировать удовлетворительно. Поэтому электромагнитная совместимость более вероятна, чем как показано на рисунке 1.

4.4 Уровни эмиссии

Подход к координации, установленный в настоящем стандарте, основан на индивидуальных уровнях эмиссии, определяемых на основе разработанных планируемых уровней. По этой причине одни и те же индексы используют при оценке соответствия фактических измерений как нормам эмиссии, так и планируемым уровням.

Для сравнения фактического уровня эмиссии с нормой эмиссии для пользователя могут быть применены один или несколько приведенных ниже индексов. Для сравнения с нормой эмиссии при оценке воздействия более высоких уровней эмиссии, разрешенных на короткие периоды времени, например во время перенапряжений и запусков оборудования, может быть необходимым применение более чем одного индекса.

При эмиссии гармоник индексы следующие:

- 95%-ное еженедельное значение  (или ) (среднеквадратичное значение индивидуальных гармоник за "короткие" 10-минутные периоды) не должно превышать норм эмиссии;

- наибольшее 99%-ное ежедневное значение  (или ) (среднеквадратичное значение индивидуальных гармонических составляющих в течение "очень коротких" периодов 3 с) не должно превышать нормы эмиссии, умноженные на коэффициент , который представлен в формуле (1). Что касается очень кратковременных эффектов гармоник, то использование соответствующего кратковременного индекса для оценки эмиссии необходимо только для установок, оказывающих значительное влияние на систему. Поэтому использование такого индекса может зависеть от соотношения между согласованной мощностью установки и мощностью короткого замыкания системы (т.е. ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения).

Чтобы сравнить уровень эмиссии гармоник от установки потребителя с нормами эмиссии, минимальный период измерения должен составлять одну неделю. Однако для оценки эмиссии при определенных условиях могут потребоваться более короткие периоды измерений. Такие более короткие периоды должны представлять ожидаемую операцию в течение более длительного периода оценки (т.е. недели). В любом случае период измерения должен иметь достаточную продолжительность, чтобы охватить самый высокий уровень эмиссии гармоник, который, как ожидается, будет иметь место. Если доминирующий уровень гармоник вызван одним большм образцом оборудования, то период должен быть достаточным, чтобы охватить как минимум два полных рабочих цикла этого оборудования. Если уровень гармоник вызван суммированием воздействий нескольких образцов оборудования, то период должен составлять не менее одной рабочей смены.

Следует учитывать следующие факторы, если они являются значимыми (см. также 6.2 и 6.3):

- наличие оборудования с ожидаемыми неидеальными характеристиками, создающего помехи из-за недостатков при изготовлении, эксплуатации и управлении (обычно силовой электроники);

- отладку фильтра гармоник;

- вклад в гармонические резонансы конденсаторных батарей в установке;

- взаимодействие между различным оборудованием внутри установки.

Для измерений гармоник и интергармоник необходимо применять метод измерения по классу A, установленный в IEC 61000-4-30 [12], соответствующий также IEC 61000-4-7 [11]. Маркированные данные, отмеченные в соответствии с IEC 61000-4-30 во время оценки, во внимание не принимают. Соответственно, процентиль, применяемый при вычислении индексов, определенных ниже, вычисляют с использованием только действительных (немаркированных) данных.

Для гармоник, когда сигнал, подлежащий анализу, быстро меняется (например, ток электрической дуги), необходимо проводить измерение гармонических групп и подгрупп по IEC 61000-4-7, а не так, как для других гармонических компонентов.

На каждой (интер)гармонической частоте уровень эмиссии от установки, создающей помехи, представляет собой (интер)гармоническое напряжение (или ток), оцениваемое в соответствии с разделом 6.

5 Общие принципы

Предлагаемый подход к установлению норм эмиссии для установок, создающих помехи, зависит от согласованной мощности установки пользователя, мощности оборудования, создающего помехи и характеристик системы. Задача состоит в том, чтобы ограничить инжекцию гармоник от всех установок, создающих помехи в системе, до уровней, которые не будут превышать планируемые уровни. С этой целью установлены три этапа оценки, которые допускается использовать последовательно или независимо друг от друга.

5.1 Этап 1. Упрощенная оценка эмиссии помех

Обычно для потребителя приемлемо устанавливать небольшие устройства без специальной оценки эмиссии гармоник сетевой организацией. Производители таких устройств несут ответственность за ограничение эмиссии. Например, IEC 61000-3-2 [8] и IEC 61000-3-12 [9] представляют собой стандарты, распространяющиеся на группу продукции, устанавливающие нормы эмиссии гармоник для образцов оборудования, подключенного к системам НН. В настоящее время не существует стандартов эмиссии для оборудования СН по следующим причинам:

- среднее напряжение изменяется между 1 и 35 кВ и

- отсутствует установленное на международном уровне опорное полное сопротивления для систем СН.

Даже без опорного полного сопротивления возможно определить консервативные критерии для квазиавтоматического принятия установок небольшого размера, создающих помехи в системах среднего напряжения (а также в системах высокого напряжения).

Если мощность общей установки, создающей помехи, или согласованная с потребителем мощность мала по сравнению с мощностью короткого замыкания в точке оценки, нет необходимости проводить детальную оценку уровней эмиссии гармоник.

Более точный подход заключается в расчете "взвешенной искажающей мощности" (см. 8.1.2) в качестве критерия для определения приемлемости на этапе 1 общего оборудования, создающего помехи, подключенного на объекте пользователя.

В 8.1 и 9.1 разработаны конкретные критерии для применения оценки этапа 1.

5.2 Этап 2. Нормы эмиссии по отношению к фактическим характеристикам системы

Если установка не соответствует критериям этапа 1, то конкретные характеристики установки, создающей помехи, необходимо оценивать вместе с абсорбирующей способностью системы. Абсорбирующая способность системы определяется исходя из планируемых уровней и распределяется по индивидуальным пользователям в соответствии с их потребностью в отношении общей пропускной способности системы. Уровень помех, передаваемый от уровней восходящего напряжения системы питания до уровня НН, также должен учитываться при распределении уровней планирования для отдельных установок пользователей.

Принцип такого подхода заключается в том, что если система используется на полной мощности и все установки пользователей подключены с их индивидуальными нормами, то общие уровни помех будут равны планируемым уровням с учетом коэффициентов передачи между различными частями системы и суммирования гармоник от различных установок, создающих помехи.

Процедура распределения планируемых уровней для отдельных пользователей представлена в разделах 8 и 9.

Примечание - Если пропускная способность системы в будущем возрастет, уровни эмиссии отдельных пользователей должны стать ниже. Поэтому важно, где это возможно, учитывать будущие расширения системы.

5.3 Этап 3. Принятие более высоких уровней эмиссии при определенных условиях

При некоторых обстоятельствах пользователь может потребовать принятия эмиссии помехи, превышающей базовые ограничения, разрешенные на этапе 2. В такой ситуации пользователь и сетевая организация могут договориться об особых условиях, которые облегчают подключение установки, создающей помехи. Чтобы определить указанные особые условия, необходимо провести тщательное изучение фактических и будущих характеристик системы.

5.4 Ответственность

В настоящем стандарте установлена следующая ответственность сторон с точки зрения обеспечения ЭМС:

- пользователь несет ответственность за обеспечение эмиссии в указанной точке оценки ниже норм, которые были установлены сетевой организацией;

- сетевая организация несет ответственность за общую координацию уровней помех при нормальных условиях эксплуатации в соответствии с национальными требованиями. Для целей оценки сетевая организация должна при необходимости предоставить соответствующие системные данные, такие как гармоническое полное сопротивление, или необходимые данные для его расчета (см. 6.4), уровни короткого замыкания и существующие уровни помех. Процедура оценки разработана таким образом, что эмиссия помех от всех установок, создающих помехи, не приводит к тому, что общие уровни помех в системе превышают планируемые уровни и уровни совместимости. Однако, учитывая конкретные местные условия и предположения, на которых базируется эта процедура оценки, следует учитывать, что нет полной гарантии, что рекомендуемый подход позволит избежать превышения уровней;

- если установка превышает нормы эмиссии, сетевая организация и пользователь должны согласовать, когда это необходимо, оптимальные мероприятия с целью снижения эмиссии. Проектирование и выбор метода снижения эмиссии являются обязанностью пользователя.

Примечание - Настоящий стандарт в основном регламентирует вопросы эмиссии. Однако поглощение гармоник также может быть проблемой, если, например, фильтры или конденсаторные батареи соединены без учета их взаимодействия с гармоническими напряжениями, обычно присутствующими в энергосистеме. Проблема поглощения гармонических помех также является частью ответственности пользователя.

6 Общие руководящие принципы для оценки уровней эмиссии

6.1 Точка оценки

Точка оценки - это точка, в которой уровни эмиссии установки конкретного пользователя оценивают на предмет соответствия нормам эмиссии. Это также точка в рассматриваемой системе электроснабжения, для которой определены планируемые уровни. Эта точка может быть точкой присоединения или точкой общего присоединения (РСС) установки, создающей помехи, или любой другой точкой, указанной сетевой организацией или согласованной между сторонами.

Для установки конкретного пользователя может быть также указано несколько точек оценки в зависимости от структуры системы и характеристик установки. В этом случае оценку следует проводить с учетом характеристик системы и значений согласованной мощности, применимых к различным точкам оценки.

Примечание 1 - Следует отметить, что для определения норм эмиссии и оценки уровней эмиссии зачастую необходимо учитывать параметры системы за пределами точки оценки (такие как воздействия резонансов в удаленных точках системы).

Примечание 2 - В зависимости от расположения точки общего присоединения по сравнению с точкой подключения установки, создающей помехи, в последней напряжение гармоник может быть выше.

Примечание 3 - Следует помнить, что характеристики напряжения или согласованные значения норм обычно применяют в точке присоединения. Это следует учитывать в ходе согласования между сторонами.

6.2 Определение уровня эмиссии гармоник

Уровень эмиссии гармоник от установки в энергосистему представляет собой векторную величину напряжения (или тока) гармоники на каждой гармонической частоте, вызванную этой установкой, в точке оценки. Это показано на рисунке 3 вектором  и его вкладом (вместе с вектором гармоник, вызванным всеми другими источниками гармоник, когда рассматриваемая установка не подключена к системе) в измеренный вектор гармоник в точке оценки, когда установка подключена.

|  |
| --- |
|  |
| ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения |

Рисунок 3 - Иллюстрация вектора эмиссии  и его вклада в измеряемый вектор гармоники в точке оценки

Если вектор гармонической эмиссии приводит к увеличению уровня гармонических помех (искажений) в сети, то уровень эмиссии, как определено выше (т.е. ), должен быть менее норм эмиссии, оцененных по соответствующим разделам настоящего стандарта.

Примечание 1 - Взаимодействие между системой электроснабжения и установкой пользователя может в некоторых случаях приводить к усилению или уменьшению уровня искажения напряжения в заданном гармоническом порядке (из-за возникновения параллельного или последовательного резонансного состояния). Усиление возможно даже там, где сама установка не создает гармоники этого порядка. Поскольку в настоящем стандарте рассматриваются требования к координации ЭМС, такие ситуации усиления следует учитывать при определении фактических уровней помех.

Примечание 2 - Гармонические напряжения или токи, создаваемые различными установками, могут не совпадать по фазе. Это рассматривается в разделе 7 и подразделе 8.3.

Примечание 3 - Если нормы эмиссии гармонического напряжения установки превышены, это может быть вызвано следующим:

1) полное сопротивление системы высокое из-за наличия условий гармонического резонанса;

2) установка резонирует с системой питания или

3) токи гармоник, генерируемые установкой, слишком велики.

Примечание 4 - Для оценки уровней эмиссии перед подключением установка пользователя рассматривается только как источник гармонического тока. Нормы гармонического тока и/или напряжения также определяются на основе этого предположения. Во время оценки после подключения характеристики установки включают в себя характеристики ее внутренних источников гармонического тока, а также ее полное сопротивление (что приводит к возможности резонанса с системой).

6.3 Оценка уровней эмиссии гармоник

Настоящий подраздел предназначен для предоставления общего руководства по оценке эмиссии гармоник от установок, создающих помехи, с учетом различных рабочих и неидеальных условий, которые могут существовать в энергосистемах и установках пользователей. Более подробная информация об оценке уровней эмиссии приведена в [13] и [14].

Предварительная оценка уровня эмиссии гармоник для установки может быть проведена с использованием базовых предположений о характеристиках системы и установок потребителей. Однако это расчетное значение, вероятно, будет отличаться от фактического уровня эмиссии, который будет наблюдаться, когда установка подключена к системе, т.е. фактический уровень выбросов может быть выше или ниже расчетного значения. Поэтому может потребоваться оценить уровень эмиссии, которая будет иметь место при подключении установки к системе.

**6.3.1 Условия эксплуатации**

Оценка уровней эмиссии гармоник от установок, создающих помехи, должна учитывать наихудшие нормальные условия эксплуатации, для которых предназначена система или установка потребителя, включая несимметрии и непредвиденные обстоятельства, и которые могут продолжаться в течение определенного процента времени, например более 5% времени, определенного на основе статистического среднего (например, длительное отключение одного 6-импульсного выпрямителя в большой многофазной выпрямительной установке). Кроме того, оценка уровней эмиссии гармоник установками должна проводиться для больших установок по сравнению с размером системы (например, при ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения<30). При этом следует учитывать, что отношение 30 может быть скорректировано в соответствии с конкретными условиями. Также может быть необходимым оценить уровни эмиссии для возможных условий эксплуатации, длящихся менее 5% времени. При таких случайных условиях или во время запуска или внезапного отключения могут быть допустимы более высокие нормы эмиссии (например, увеличенные от 1,5 до 2 раз).

В простых случаях инжекцию гармоник от конкретной установки, создающей помехи, можно оценить, используя максимальное значение тока на каждой гармонике и межгармонической частоте, которые могут быть получены в возможном диапазоне работы каждой единицы оборудования. Для больших установок этот подход может привести к чрезмерно консервативным результатам. В качестве альтернативы для оценки максимальной гармонической инжекции допускается рассматривать набор гармонических и межгармонических токов, согласующихся с режимами наибольшей нагрузки и совпадающего во времени функционирования образцов оборудования, которые могут реально иметь место одновременно.

**6.3.2** **Несимметрии** **и неидеальные условия**

В практических ситуациях неизбежно наличие некоторой степени несимметрии в системе питания и оборудовании потребителя, что приводит к генерации нехарактерных гармоник. Эти нехарактерные гармоники могут быть малыми относительно характеристических гармоник, но для определенных типов установок, таких как включающие постоянно меняющиеся во времени нагрузки, и для большх выпрямительных установок, использующих выпрямители с большим числом импульсов, они могут доминировать и усиливаться из-за резонанса с фильтрами. Следовательно, эти нехарактерные гармоники должны быть включены в оценку уровней эмиссии.

Приведенные ниже неидеальные условия следует рассматривать как минимальные условия для выполнения оценки работы установки в отношении эмиссии гармоник (следует обратить внимание на то, что для оценки оборудования и/или устройства, такого как трансформаторы, конденсаторы, реакторы, фильтры и т.д., критерии могут отличаться от приведенных ниже критериев, которые относятся к качеству функционирования вместо оценки):

- частое или длительное уменьшение числа импульсов в установке из-за сбоя или несбалансированной работы некоторых преобразователей, образующих установку с более высоким числом импульсов, увеличивая таким образом гармоники низкого порядка, такие как 5, 7, 11, 13 и т.д.;

- несимметрия напряжений питания: наличие компонентов обратной последовательности основной частоты трехфазного напряжения питания обычно приводит к нечетно-тройным гармоникам положительной и/или отрицательной последовательности. Как правило, следует учитывать коэффициент несимметрии напряжений от 1% до 2% в зависимости от уровня напряжения при неидеальной стационарной работе энергосистемы. В некоторых сетях СН с однофазными ответвлениями коэффициент несимметрии напряжений может составлять до 3%, если это указано сетевой организацией;

- несимметрия полных сопротивлений трансформаторов и коммутирующего оборудования преобразователя: производственные допуски на отношение витков (отношение витков не равно в точности ) и на реактивное сопротивление между двумя трансформаторами 12-импульсного преобразователя создают нехарактерные гармоники, как правило, связанные только с 6-импульсным преобразователем;

- несимметрия полных сопротивлений коммутирующего оборудования между фазами приводит к появлению нехарактерных гармоник, которые также зависят от соединений обмоток трансформатора;

- несимметрия углов зажигания: изменения моментов зажигания вентилей могут привести к появлению широкого спектра гармоник. Отклонения углов зажигания между вентилями зависят от конкретной конструкции цепей зажигания;

- расстройки фильтра: если для соблюдения норм эмиссии требуются фильтры гармоник, оценка гармонических помех должна также учитывать эффекты расстройки фильтров:

- из-за изменения частоты питания, которое может происходить в установившемся режиме;

- первоначального искажения значений компонентов фильтров из-за производственных допусков и их изменений из-за колебаний температуры окружающей среды;

- старения компонентов фильтров;

- плановых операций переключения фильтров и конденсаторных батарей с изменением нагрузки.

6.4 Гармоническое полное сопротивление системы

Наличие информации о гармоническом полном сопротивлении системы является обязательным условием как для сетевой организации при оценке норм эмиссии, так и для пользователя при оценке уровней эмиссии рассматриваемой установки. Что касается порядка использования гармонического полного сопротивления, то можно выделить три различных типа его использования.

**6.4.1 Полное сопротивление для преобразования норм эмиссии напряжения в нормы эмиссии тока**

Для преобразования норм эмиссии напряжения в нормы эмиссии тока существует два способа оценки полного гармонического сопротивления системы в зависимости от размера установки, создающей помехи, и характеристик системы:

- в общем случае заявленное или общее гармоническое полное сопротивление системы, охватывающее различные типы систем, разные уровни напряжения и т.д., может использоваться сетевой организацией для определения общих наборов предельных значений эмиссии на основе типичных характеристик системы. При необходимости могут быть введены поправочные коэффициенты, чтобы компенсировать иные характеристики системы, не относящиеся к общим характеристикам (например, коэффициент усиления, основанный на типичных условиях резонанса для таких сетей). Этот способ оценки, как правило, является лучшим при более низких напряжениях в системе, где демпфирование резонансных условий имеет тенденцию быть более эффективным, чем при высоком и особенно при сверхвысоком напряжении;

- для большх установок по сравнению с размерами системы, особенно при высоком и сверхвысоком напряжениях, может также использоваться наилучшая оценка максимального гармонического полного сопротивления системы по наихудшим условиям эксплуатации в точке оценки. Этот способ оценки может также включать в себя оценку воздействия на удаленные точки в сети.

В любом случае исключительно низкие значения гармонического полного сопротивления следует игнорировать, поскольку они часто относятся к последовательному резонансу, для которого гармоническое напряжение может превышать планируемые уровни в других частях системы. В этом случае значение полного сопротивления следует не принимать во внимание и заменить его значением по умолчанию (например, значением , где  - полное сопротивление системы на основной частоте,  - порядок гармоник).

**6.4.2 Полное сопротивление для предварительной оценки уровней эмиссии перед подключением**

Для обеспечения возможности оценки уровней эмиссии гармоник до подключения, в частности для большх установок, создающих помехи, гармонические полные сопротивления системы в точке оценки могут быть получены путем моделирования для различных условий работы системы (включая будущие условия). В некоторых случаях указанное полное сопротивление может основываться на значении полного сопротивления короткого замыкания, в других случаях (например, в случае большх установок) должно быть указано местоположение источника гармонического полного сопротивления или данные для его расчета. В частности, для большх установок (с небольшим отношением ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения) важно правильно оценить возможность резонанса, чтобы для избежания проблем или повреждений могли быть спроектированы фильтры/конденсаторы (не только в отношении резонанса системы, но и резонанса между рассматриваемыми фильтрами или конденсаторами и системой питания). Для определения возможного резонанса необходимо учитывать диапазон изменения гармонического полного сопротивления, а не только максимальные значения полного сопротивления. Диапазон изменения фазового угла гармонического полного сопротивления характеризует резистивную часть полного сопротивления и определяет демпфирование в случае резонанса.

**6.4.3 Полное сопротивление для оценки фактических уровней эмиссии**

Для оценки фактических уровней эмиссии от данной установки, создающей помехи, фактическое полное гармоническое сопротивление системы может быть измерено или рассчитано для использования в сочетании с другими измеренными параметрами для оценки фактических уровней эмиссии.

**6.4.4 Общие рекомендации по оценке гармонического полного сопротивления системы**

Большинство установок, создающих помехи, ведут себя как источники гармонических токов. Знание гармонического полного сопротивления системы, "видимого" из точки оценки, необходимо для прогнозирования гармонических напряжений, которые появятся в этой точке при подключении установки. Приведенные ниже требования относятся к случаям, указанным в 6.4.2 и 6.4.3, где гармоническое полное сопротивление системы необходимо для оценки уровней эмиссии от большой установки, создающей помехи.

Оценка гармонического полного сопротивления может быть очень сложной задачей. Существует несколько методов измерения и расчета, см. [15], [16], [17] и [18], но ни один из них не является полностью удовлетворительным. Кроме того, гармоническое полное сопротивление системы может значительно изменяться со временем. Поэтому при ожидании значительных изменений конфигурации системы в будущем по отношению к существующей конфигурации должен быть в наличии другой набор данных о гармоническом полном сопротивлении, чтобы пользователь мог оценить свои уровни эмиссии для обеих ситуаций и достичь оптимальной конструкции своего оборудования.

Для обеспечения возможности оценки уровней эмиссии до подключения необходимо определить гармоническое полное сопротивление системы, что, как правило, достигается путем моделирования. Для оценки уровней эмиссии следует при определении полного гармонического сопротивления системы учитывать различные нормальные рабочие условия, включая также ситуации с ненормальными рабочими условиями системы с учетом того, что эти ситуации могут продолжаться в течение определенной части времени, например более 5% времени в год в среднем, с учетом статистики. Должны быть также включены известные или ожидаемые изменения системы в будущем.

В частности, необходимо учитывать различные реактивные компенсации или состояния фильтров (например, состояния шунтирующих конденсаторов) (в последнем случае эти состояния должны соответствовать нагрузке системы, обычно связанной с этими состояниями, например слегка нагруженная система может привести к значительному усилению гармоник).

Изменения гармонического полного сопротивления системы из-за допусков на электрические параметры компонентов сети и неточности в моделировании должны учитываться путем оценки полного сопротивления в эквивалентной полосе частот отклонения для каждой гармоники (допуски в отношении индуктивных и емкостных параметров компонентов устройства могут быть преобразованы к значениям эквивалентных отклонений частоты). Для высших гармонических порядков это также должно позволить учесть возможный резонанс между некоторыми гармоническими частотами.

При необходимости (например, для большх установок) данные о гармоническом полном сопротивлении системы должны быть представлены в виде местоположения или таблицы, в которой указаны минимальные и максимальные ожидаемые изменения значения и фазового угла полного сопротивления в интересующем диапазоне гармоник или необходимые параметры сети для расчета этих данных полного сопротивления. Рассматриваемая установка, создающая помехи, как правило, недостаточно известна на ранней стадии оценки перед подключением. Следовательно, как правило, обеспечивается гармоническое полное сопротивление системы без учета влияния мешающей установки, подлежащей оценке. После того как пользователь выполнил свой предварительный проект, он может объединить гармоническое полное сопротивление своей собственной установки с полным сопротивлением системы для оценки своих уровней эмиссии с учетом возможного резонанса, который его установка может создать с системой питания.

В дополнение к вышеупомянутым соображениям на полное сопротивление могут также оказывать влияние следующие факторы:

- в системах СН эквивалент короткого замыкания на подстанции имеет тенденцию быть доминирующей индуктивностью при расчете резонансных частот;

- без блоков шунтирующих конденсаторов резонансы определяются емкостью кабелей и воздушных линий. Если значительные длины кабелей не имеют места, эти резонансы, как правило, будут выше 13-й гармоники;

- шунтирующие конденсаторные батареи в системе создают резонансы на частотах гармоник более низкого порядка. Нередко самый важный резонанс имеет место на 5-й гармонике или ниже;

- системы СН, которые обеспечивают электроснабжение применительно к сочетанию бытовых, коммерческих и промышленных нагрузок, обычно имеют демпфирующие характеристики, которые предотвращают высокое увеличение (более 2-3 раз) на резонансных частотах низкого порядка;

- некоторые системы СН, которые обеспечивают электроснабжение преимущественно промышленной нагрузки, могут иметь меньшее демпфирование, а резонансы могут вызывать более высокие уровни увеличения.

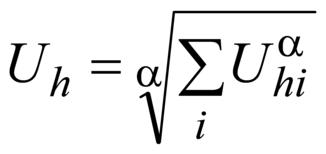
Установки других потребителей также влияют на гармоническое полное сопротивление системы. Особое внимание следует уделить их конденсаторным батареям, которые могут изменять или создавать дополнительные резонансы. Это особенно важно, когда конденсаторные батареи подключены внутри установки пользователей. Сетевая организация, как правило, не располагает полной информацией о существующих средствах пользователей, поэтому она может предоставить только приближенную информацию.

7 Общий закон суммирования

Координация кондуктивных помех требует принятия гипотез, относящихся к суммированию помех, вызываемых различными установками. В случае гармонических помех фактический уровень гармонического напряжения (или тока) в любой точке системы представляет собой результат векторного суммирования индивидуальных компонентов от каждого отдельного источника.

Опытным путем может быть принят общий закон суммирования для гармонического напряжения и тока.

Закон для результирующего гармонического напряжения порядка  выражен формулой

, (2)

где  - значение результирующего гармонического напряжения (порядка ) для рассматриваемой совокупности источников (вероятностное значение);

- значения различных индивидуальных уровней эмиссии (порядка ), которые должны быть объединены;

 - показатель степени, зависящий в основном от двух факторов:

- выбранного значения вероятности того, что действительное значение не превысит расчетного;

- степени случайных изменений отдельных гармонических напряжений по амплитуде и фазе.

Примечание - Такая же формула может быть использована при суммировании гармонического тока.

При этом следует принимать во внимание следующее:

- координация гармонической эмиссии в основном относится к 95%-ной вероятности того, что действительное значение не превысит расчетного;

- источники эмиссии, которые должны быть объединены, относятся:

- к основным установкам, подключенным к распределительным системам СН/НН;

- источникам помех, передаваемых с одного уровня напряжения системы на другой;

- совокупной общей эмиссии многих установок низкого напряжения;

- нечетные гармоники низкого порядка характеризуются:

- амплитудами, которые значительны почти везде в системах и остаются в целом стабильными в течение длительных периодов;

- фазовыми углами с относительно узким диапазоном изменений (ограниченным изменениями в источниках, а также изменениями из-за распространения в системе, если не возникает низкочастотный резонанс);

- гармоники высокого порядка в значительной степени различаются по амплитуде и фазовому углу.

На основании информации, доступной на сегодняшний день, может быть принят приведенный ниже набор показателей в отсутствие дополнительной конкретной информации (см. таблицу 3).

Таблица 3 - Показатели суммирования для гармоник (индикативные значения)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Порядок гармоники |  |
| <5 | 1 |
| 510 | 1,4 |
| >10 | 2 |

Примечание 1 - Если известно, что гармоники, вероятно, находятся "в фазе" (т.е. разность фазовых углов менее 90°), то показатель суммирования =1 должен быть применен для порядка 5 и выше.

Примечание 2 - Наоборот, некоторые нехарактерные гармоники низкого порядка (например, 3-го) вряд ли могут по разным причинам быть отнесены к синфазным; поэтому в указанных случаях следует применять показатель более 1 (например, =1,2).

Примечание 3 - Более высокие показатели суммирования могут применяться для четных гармоник, вероятность совпадения фаз которых меньше (для 10).

8 Нормы эмиссии гармоник для установок, создающих помехи, подключенных к системам СН

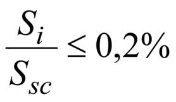
8.1 Этап 1. Упрощенная оценка эмиссии помех

На этапе 1 может быть принято подключение небольшой установки или установок только с ограниченным количеством искажающего оборудования, без подробной оценки характеристик эмиссии или реакции системы питания.

В настоящем подразделе приведены два возможных критерия для оценки этапа 1. Если предположения, относящиеся к 8.1.1 или 8.1.2, вызывают сомнения, то необходимо провести оценку в соответствии с критериями этапа 2, приведенными в 8.2.

**8.1.1 Согласованная мощность как критерий**

Если выполнено следующее условие:

, (3)

где  - согласованная мощность установки пользователя ;

 - мощность короткого замыкания в точке оценки,

то любая установка, создающая помехи, может быть подключена к системе питания без дальнейшего изучения.

Примечание - Значение  может быть рассчитано (или измерено) для конкретной точки оценки или может быть оценено для типичной системы среднего напряжения с характеристиками, аналогичными рассматриваемым.

Значение 0,2% основано на ряде следующих допущений:

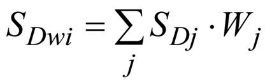
- система постоянно работает с уровнем искажений, который в достаточной степени ниже планируемого уровня, поэтому подключение новой установки не приведет к превышению планируемого уровня;

- ожидается, что усиление в результате резонанса не будет превышать двух раз;

- отсутствует риск влияния помех на других потребителей/системное оборудование, вызванных подключением новой установки.

**8.1.2 Взвешенная искажающая мощность как критерий**

Этот подход включает в себя вычисление "взвешенной искажающей мощности", , для характеристики количества искажающего оборудования на объекте пользователя. Этот подход может быть реализован с использованием весовых коэффициентов , приведенных в таблице 4 для распространенных типов оборудования, создающего гармоники.

, (4)

где  - мощность каждого образца искажающего оборудования () на объекте ().

Если характеристики оборудования, создающего гармоники, неизвестны, может быть принят весовой коэффициент , равный 2,5.

Принятие установки пользователя на этапе 1 может быть проведено путем сравнения взвешенной искажающей мощности с мощностью короткого замыкания в точке оценки. Для принятия на этапе 1 допускается использование следующего консервативного критерия:

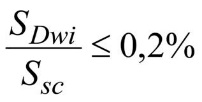
. (5)

Таблица 4 - Весовые коэффициенты  для различных типов оборудования, создающего гармоники

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| Типичное подключаемое оборудование при НН, СН или ВН | Типичная форма тока | Типичное значение THD тока | Весовой коэффициент |
| Однофазный источник питания (выпрямитель и сглаживающий конденсатор) | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | 80% (высокий уровень 3 гармоники) | 2,5 |
| Полупроводниковый преобразователь | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | Высокий уровень 2-й, 3-й, 4-й гармоник при частных нагрузках | 2,5 |
| 6-импульсный преобразователь, емкостное сглаживание без последовательной индуктивности | ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения | 80% | 2,0 |