МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

СОВМЕСТИМОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

ВИДЫ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОНДУКТИВНЫХ ПОМЕХ И СИГНАЛОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ ПО СИЛОВЫМ ЛИНИЯМ, В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

РД 50—713—92

(МЭК 1000—2—1)

78 руб. БЗ 11—92

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1993

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.3.002.5.001.4:(083.96) Группа Е02

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Совместимость технических средств электромагнитная

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

Виды низкочастотных кондуктивных помех и сигналов, передаваемых по силовым линиям, в системах электроснабжения общего назначения

РД 50—713—92

(МЭК 1000—2—1)

ОКСТУ 0111

Дата введения 01.07.93

Настоящие методические указания распространяются на электромагнитную обстановку в системах электроснабжения общего назначения, описывают виды и устанавливают характеристики кондуктивных помех в частотном диапазоне до 10 кГц и сигналов, передаваемых по силовым линиям, в более широком частотном диапазоне.

Методические указания устанавливают характеристики и описания следующих видов помех:

гармоник;

интергармоник;

колебаний напряжения;

провалов напряжения и кратковременных перерывов питания;

несимметрии напряжений;

сигналов, передаваемых по силовым линиям;

изменений частоты питающего напряжения.

Описания и характеристики помех обязательны к применению во всех видах нормативно-технической документации, устанавливающей уровни электромагнитной совместимости (ЭМС) и нормы на помехоустойчивость технических средств и эмиссию помех.

Термины, применяемые в настоящих методических указаниях, приведены в приложении.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Уровень ЭМС используют для координации уровней помех в системах электроснабжения и уровней помехоустойчивости и эмиссии помех оборудованием, работающим в этих системах.

1.2. Предельным уровнем помехи считают максимальное значение помехи, появляющееся с определенной вероятностью в электромагнитной обстановке, в которой работает устройство, оборудование или система. С этим значением должны быть согласованы нормы на помехоустойчивость и эмиссию помех устройствами, работающими в данной электромагнитной обстановке.

1.3. Предельный уровень помехи может быть результатом совместного действия нескольких источников (например, в случае гармоник), либо одного источника (например, в случае провала напряжения).

1.4. Уровень помехи имеет различные значения в разных местах сети и изменяется во времени. Для практических целей следует руководствоваться статистическим распределением помех.

Предельный уровень помехи устанавливают измерениями в действующей электрической сети или с помощью расчета.

1.5. В связи с тем, что предельное значение помехи появляется очень редко, уровень ЭМС не рекомендуется устанавливать равным этому значению, так как значительная часть оборудования не будет подвергаться его воздействию большую часть времени работы. Уровень ЭМС целесообразно устанавливать равным значению, которое не превышается помехой в 95 % случаев или более.

1.6. Уровень помехоустойчивости устройств должен проверяться с помощью испытаний. Его значение и процедура испытания устанавливаются соответствующими стандартами или согласовываются заинтересованными сторонами.

1.7. Уровень помеховосприимчивости оборудования должен быть равен или выше уровня помехоустойчивости, установленного при испытаниях.

Уровень помеховосприимчивости должен устанавливаться изготовителем оборудования с учетом предстоящих условий эксплуатации и нормированного предела помехоустойчивости. Допускается статистическая оценка уровня помеховосприимчивости.

1.8. Уровень ЭМС используют в качестве базисной величины для обеспечения безотказной работы оборудования, в частности в системах электроснабжения общего назначения, к которым подсоединены электроприемники потребителей, работающих независимо друг от друга.

Соотношения между различными уровнями помех, рассматриваемых статистически, показаны на черт. 1.

1.9. Для сетей специального назначения или независимых сетей, питающих, например, одного потребителя с оборудованием специального типа, допустимо устанавливать другие уровни ЭМС.

2. ГАРМОНИКИ

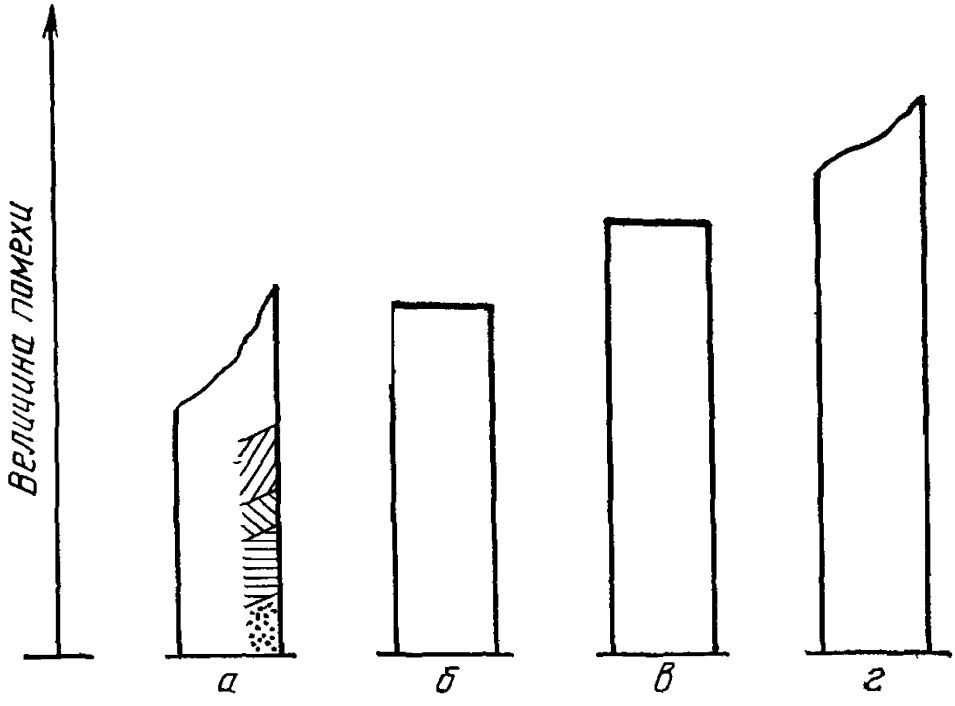
2.1. **Описание вида помехи**

Гармоники являются синусоидальными изменениями напряжения или тока, имеющими частоту, кратную основной частоте, на которую спроектирована система электроснабжения (например, 50 или 60 Гц).

Основной причиной появления гармонических помех является оборудование с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Такое оборудование может рассматриваться как источник гармоник тока.

Гармоника тока вызывает гармоническое падение напряжения

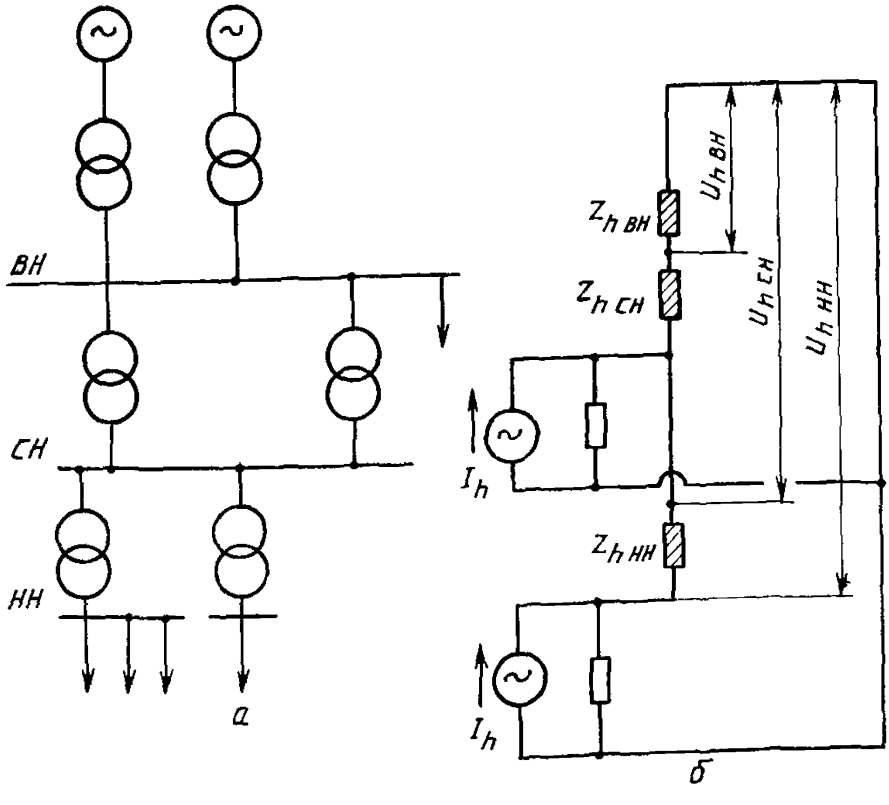
Соотношение между различными уровнями помех



а — статистическое распределение значений помех, возможно сложение от нескольких источников; *б* — определенное значение уровня совместимости, на практике 95 % от максимального значения помехи; *в* — уровень помехозащищенности; *г* — статистическое распределение уровней помеховосприимчивости электроприемников

Черт. 1

Распределение токов гармоник



а — схема электрической сети; *б* — эквивалентная схема замещения

Черт. 2

на полном сопротивлении сети (черт. 2). В действительности гармоники тока от различных источников складываются геометрически.

Из-за влияния емкостных нагрузок (например, конденсаторов, улучшающих коэффициент мощности) и емкостной проводимости кабелей в сети может возникнуть последовательный и параллельный резонанс и вызвать увеличение гармоник напряжения даже в точках, удаленных от искажающей нагрузки.

2.2. **Источники гармоник**

2.2.1. Оборудование для производства, передачи и распределения электроэнергии генерирует незначительные гармоники. Источниками больших значений гармоник тока являются промышленные и бытовые нагрузки.

Как правило, основная часть суммарного уровня гармоник вносится лишь несколькими из многих источников; уровень гармоник, вносимых основной массой оборудования, низок.

Значительные токи гармоник генерируют следующие источники:

оборудование с фазовым управлением и большой мощностью;

неуправляемые выпрямители, особенно со сглаживающими конденсаторами (например, используемыми в телевизорах, преобразователях частоты и газоразрядных лампах со встроенными электронными пуско-регулирующими устройствами). Генерируемые ими гармоники совпадают по фазе, поэтому гармоники от разных выпрямителей складываются друг с другом, приводя к увеличению их общего уровня.

В зависимости от режима работы оборудования гармоники могут быть относительно стабильными или изменяющимися во времени.

2.2.2. *Генерирующее, передающее и распределяющее оборудование*

Эта группа оборудования включает оборудование, используемое электроснабжающими организациями, в частности, генераторы, трансформаторы и более современное оборудование, используемое в настоящее время в ограниченных объемах (статические компенсаторы, преобразователи частоты и т. п.).

Вращающиеся машины представляют собой источники незначительных гармоник, так как правильным подбором количества пазов на полюс, шага обмотки и других параметров машины можно получить кривую почти синусоидальной формы. Несимметрия напряжений, подводимых к машине, может вызвать генерацию третьей гармоники и гармоник более высоких порядков.

Гармоники от трансформаторов вызваны насыщением стали магнитопровода, происходящим из-за повышения напряжения на трансформаторе.

2.2.3. *Промышленные нагрузки*

Источниками значительных гармонических искажений являются силовые преобразователи (выпрямители), индукционные и дуговые печи, сварочные установки и электронное силовое оборудование. Использование последнего типа оборудования возрастает как по числу установок, так и по их единичной мощности.

Порядок канонических гармоник преобразователей вычисляют по формуле

$$n=pm\pm 1,$$

где p — пульсность преобразователя;

m — целое число (1, 2, 3...).

При асимметрии углов управления, несимметрии питающего напряжения появляются неканонические гармоники. Например, пятая и седьмая гармоники тока могут быть обнаружены на входе 12-пульсных выпрямителей.

Теоретически амплитуды гармоник выпрямителя с мгновенной коммутацией тока должны уменьшаться по следующему закону:

$$I_n=I_1/n,$$

где I_n — ток n-й гармоники;

I_1 — значение тока основной гармоники.

Практически выпрямители не могут коммутироваться мгновенно и форма кривой тока отличается от прямоугольной.

Амплитуда гармоник тока зависит от индуктивного падения напряжения, обусловленного индуктивностью цепи и углом управления. Амплитуда n-й гармоники тока в линии, питающей выпрямитель, вычисляют по формуле

$$I_n=I_1/(n-5/n)^{1,2},$$

справедливой для $5\leqslant n\leqslant 31$.

Формула применима при хорошем сглаживании выпрямленного тока, в противном случае уровень пятой гармоники может быть выше.

Более точные значения гармоники тока, учитывающие угол управления и индуктивное падение напряжения, приведены в публикации 146 МЭК.

Дуговые печи могут быть представлены как генераторы гармоник тока с сопротивлением, состоящим из индуктивности и демпфирующего активного сопротивления. Спектр тока представляет собой дискретные составляющие, наложенные на сплошной спектр.

2.2.4. *Бытовые нагрузки*

Бытовые нагрузки имеют сравнительно небольшую мощность, но могут быть источником гармонических помех из-за большого числа приборов, используемых длительное время одновременно.

Наибольшую долю помех вносят телевизионные приемники, люминесцентные лампы и электроприемники, имеющие тиристорное управление (регуляторы света ламп, бытовые приборы).

Использование электроприемников, имеющих тиристорное управление, возрастает. Регулирование мощности нагревательных приборов с помощью фазового управления не допускается.

В телевизионных приемниках обычно используются выпрямители с эффективными сглаживающими конденсаторами, в результате

чего ток, потребляемый из сети, состоит из коротких импульсов, содержащих высокий процент гармоник.

2.3. Воздействие гармоник

Отрицательное воздействие гармоник состоит в следующем:

неправильное действие регулируемых устройств;

нарушение функционирования систем передачи сигналов по силовым линиям и других систем сигнализации, защитных реле и возможно, других средств управления;

дополнительные потери в конденсаторах и вращающихся машинах;

помехи в телефонной связи.

Влияние гармоник на индуктивные электрические счетчики невелико. Воздействие гармоник на телефонную и другие виды связи через магнитную индукцию настоящими указаниями не рассматривается.

Отрицательное воздействие гармоник на оборудование может проявляться мгновенно или через длительное время.

2.3.1. *Мгновенное воздействие*

Мгновенное воздействие проявляется в виде неправильного срабатывания устройств или ухудшения их характеристик из-за смещения точки перехода кривой напряжения через ноль. Регулирующие устройства, электронное оборудование и компьютеры особенно чувствительны к таким воздействиям.

Высокие амплитуды гармоник могут вызвать неправильное срабатывание приемных устройств систем передачи сигналов по силовым линиям и защитных реле.

2.3.2. *Длительное воздействие*

Длительное воздействие проявляется в виде дополнительного нагрева оборудования, приводящего к сокращению сроков службы и повреждению конденсаторов, вращающихся машин и других устройств.

3. ИНТЕРГАРМОНИКИ

3.1. Описание вида помехи

Между гармониками напряжения или тока могут присутствовать частоты, не кратные основной частоте сети. Они могут быть в виде дискретных частот или широкополосного спектра. Эффект суммирования интергармоник маловероятен и его не следует рассматривать.

3.2. Источники интергармоник

3.2.1. Источники интергармоник могут находиться в электрических сетях низкого, среднего или высокого напряжений.

Интергармоники, генерируемые источниками низкого напряжения, в основном воздействуют на устройства ближайшего окруже-

ния; интергармоники, созданные в сетях среднего (высокого) напряжения, распространяются в питающиеся от них сети низкого напряжения.

Основными источниками интергармоник являются: статические преобразователи частоты, непосредственные преобразователи частоты, подсинхронные вентильные каскады, асинхронные двигатели, сварочные аппараты (в сетях низкого напряжения) и дуговые печи (только в сетях среднего и высокого напряжения).

Слабый фоновый шум, изменяющий кривую низкого напряжения, может ощущаться даже в случае отсутствия местного источника интергармоник.

Примечание. Сигналы, передаваемые по силовым линиям, могут рассматриваться как интергармоники, но предпочтительнее рассматривать их как отдельный вид помехи.

3.2.2. *Статические преобразователи частоты*

Статические преобразователи частоты (СПЧ) преобразуют напряжение питающей сети в напряжение с частотой большей или меньшей, чем частота питающей сети. Они состоят из двух частей: выпрямителя переменного тока в постоянный и инвертора постоянного тока в переменный. Выпрямленное напряжение модулируется выходной частотой преобразователя, в результате появляются интергармоники во входном токе, вызывающие интергармоники в питающем напряжении.

СПЧ используют в основном для приводов с переменной скоростью вращения. Область их применения расширяется. Маленькие приводы мощностью до нескольких десятков киловатт присоединяют непосредственно к сетям низкого напряжения, более мощные — к сетям среднего напряжения через специальные трансформаторы. Подобные преобразователи используют для питания печей средней частоты.

Различные виды СПЧ имеют различные характеристики. Частоту гармоник и интергармоник (f) в герцах вычисляют по формуле

$$f=|(p_1m)\pm 1|f_1\pm(p_2n)F,$$

где p_1 — пульсность выпрямителя;

p_2 — пульсность инвертора;

m — целое число (0, 1, 2, 3, ...);

n — целое число (0, 1, 2, 3, ...);

f_1 — частота основной гармоники питающего напряжения (50 или 60 Гц);

F — выходная частота, Гц.

Комбинация p_1 и m дает гармоники. Эти гармоники в комбинации с p_2, n и F дают интергармоники.

3.2.3. *Непосредственные преобразователи частоты*

Непосредственные преобразователи частоты (НПЧ) — электронные преобразователи большой мощности (несколько мегаватт), потребляющие трехфазную симметрическую мощность из системы электроснабжения и дающие на выходе трехфазное или однофаз-

ное напряжение пониженной частоты (в общем случае ниже 15 Гц) для больших тихоходных электроприводов. Они состоят из двух или более управляемых выпрямителей, соединенных по мостовой схеме.

Частоты гармоник и интергармоник вычисляют по формуле, приведенной в п. 3.2.2.

3.2.4. *Подсинхронные вентильные каскады*

Подсинхронные вентильные каскады (ПВК) применяют для управления скоростью асинхронных двигателей с целью уменьшения потерь при их работе вне номинальных режимов. Обычные резистивные сопротивления, присоединенные к зажимам обмотки ротора, заменяют преобразователем частоты, включенным между зажимами ротора и линией, питающей статор двигателя. Уровень генерируемых ими интергармоник обычно невысок.

3.2.5. *Асинхронные двигатели*

Асинхронные двигатели (АД) генерируют интергармоники в сеть из-за влияния пазов ротора и статора на ток намагничивания и из-за насыщения магнитопровода. При нормальной скорости двигателя диапазон частот этих помех составляет от 500 до 2000 Гц, но в процессе пуска они проходят весь частотный диапазон, достигая своего конечного значения.

АД могут быть источником помех, если они присоединены в конце длинной воздушной линии (более 1 км). Значения интергармоник напряжения могут достигать 0,01 номинального напряжения и приводить к расстройству системы передачи сигналов по питающим линиям.

3.2.6. *Аппараты дуговой сварки*

Аппараты дуговой сварки (АДС) генерируют непрерывный широкополосный спектр частот продолжительностью от секунды до нескольких секунд.

АДС присоединяют к сетям низкого напряжения. Значения интергармоник, создаваемых АДС, следует получать с помощью измерений.

Для устранения недопустимых колебаний напряжения из-за прерывистого характера процесса сопротивление питающей АДС электрической сети должно быть малым. В этих условиях уровень интергармоник незначителен.

3.2.7. *Дуговые печи*

Дуговые печи из-за нерегулярного характера входного тока генерируют помехи непрерывного случайно изменяющегося частотного спектра. Данные установки имеют высокую мощность (от 50 до 100 МВ·А) и их обычно присоединяют к электрическим сетям среднего или высокого напряжений. Для устранения чрезмерных колебаний напряжения, вызываемых печью, сопротивление электрической сети должно быть малым. В этих условиях уровень интергармоник незначителен.

Наибольшие интергармоники напряжения появляются в начале процесса плавки. Значения интергармоник в конкретной сети следует получать с помощью измерений.

3.2.8. *Фоновый шум*

Фоновый шум представляет собой шум Гаусса с непрерывным частотным спектром между гармониками. Его уровень, как правило, низок. Конкретные значения следует получать с помощью измерений.

Типичные уровни напряжения фонового шума находятся в диапазоне:

40—50 мВ ($\approx 0{,}0002\ u_{ном}$) при использовании фильтра с шириной полосы 10 Гц;

20—25 мВ ($\approx 0{,}0001\ u_{ном}$) при использовании фильтра с шириной полосы 3 Гц.

3.3. **Воздействие интергармоник**

Воздействие интергармоник может приводить к нарушениям работы устройств, принимающих сигналы, передаваемые по силовым линиям. Это воздействие наблюдалось в случаях с асинхронными двигателями и дуговыми печами, хотя оно может быть вызвано любым оборудованием, описанным выше.

На дискретных частотах, близких к основной, интергармоники могут привести к фликеру. Это обусловлено тем, что данные частоты могут вызвать амплитудную модуляцию основной частоты тока, которая будет особенно ощутимой при частоте модуляции, близкой к 10 Гц (см. п. 4.3.1).

4. КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

4.1. **Описание вида помехи**

Колебаниями напряжения являются периодические изменения огибающей кривой напряжения или серия случайных изменений напряжения (черт. 3, 4), размахи которых обычно находятся внутри диапазона отклонений напряжения, установленного ГОСТ 29322 (МЭК 38) (до ± 10 %).

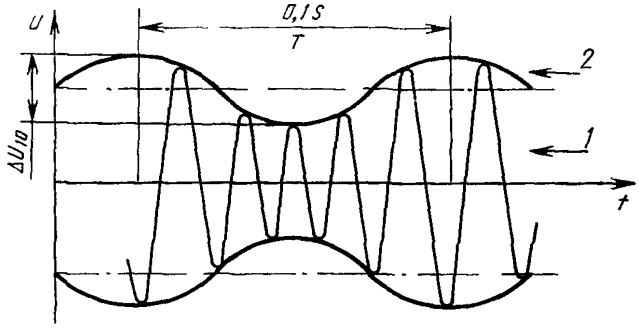
К колебаниям напряжения не относятся медленные изменения напряжения в тех же пределах (до ± 10 %), происходящие из-за плавного изменения нагрузки электрической сети.

Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания, имеющие амплитуду от 0,1 до 1,0 номинального значения, редки и вызваны в основном короткими замыканиями в сети и действием защитных систем (см. разд. 5).

Колебания напряжения могут быть следующих видов:

периодические прямоугольные изменения напряжения (ступенчатые изменения), равные по значению. Такие колебания возникают, например, при коммутации резистивной нагрузки (черт. 5а);

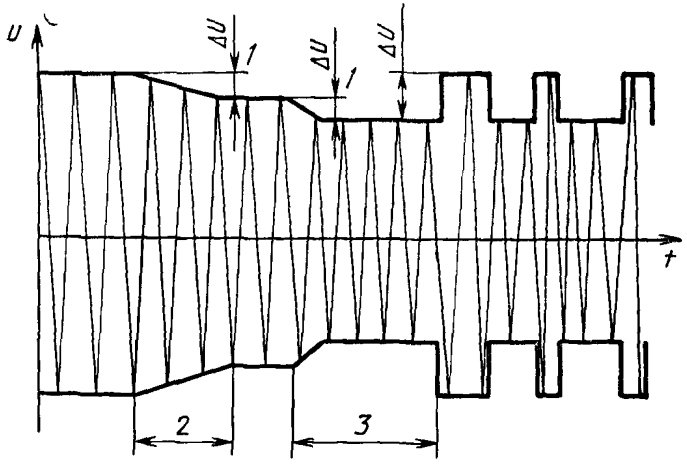
Синусоидальные колебания напряжения частотой 10 Гц



1 — постоянная частота сети 50 Гц; *2* — синусоидальное колебание напряжения

Черт. 3

Изменения огибающей амплитудных значений



1 — изменения напряжения; *2* — продолжительность изменения; *3* — интервал изменения напряжения

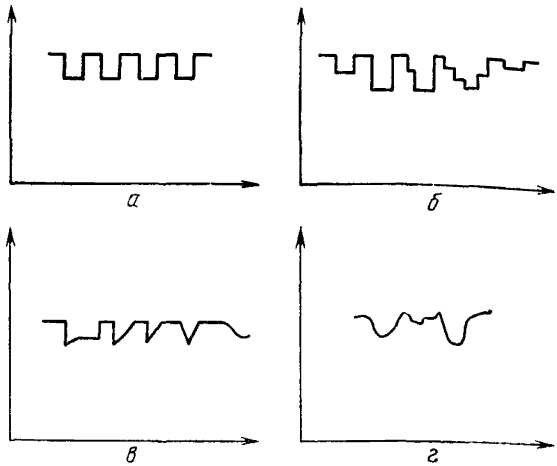
Черт. 4

серия ступенчатых изменений напряжения, случайных по времени. Их значения могут быть одинаковы или различны и имеют как положительное, так и отрицательное направление. Такие колебания возникают при коммутациях многочисленных резистивных нагрузок (черт. 5б);

четко различимые изменения напряжения, не все из которых ступенчаты [коммутации нерезистивных нагрузок (черт. 5в)];

серия отдельных или продолжительных колебаний напряжения [периодические или случайно меняющиеся нагрузки (черт. 5г)]. При этом два или более изменения в одном направлении, встречающи-

Виды кривых колебания напряжения



Черт. 5

ся на интервале не более 30 мс, следует считать одним изменением.

Тип колебаний напряжения следует определять по характеристикам устройств, создающих колебания, или с помощью измерений.

4.2. Источники колебаний напряжения

В сетях низкого напряжения существенным источником колебаний напряжения являются бытовые приборы, но каждый прибор воздействует лишь на ограниченное число других электроприемников.

Основными источниками колебаний являются промышленные нагрузки:

прокатные станы;

шахтные подъемники (или мощные двигатели с изменяющейся нагрузкой);

дуговые печи;

дуговые сварочные аппараты.

Ступенчатые изменения напряжения возникают при коммутациях батарей конденсаторов и мощных нагрузок.

Колебания, вызванные одним источником в составе промышленной нагрузки, воздействуют на большое число потребителей. Работа искажающего оборудования может вызывать колебания от продолжительных до очень редких. В связи с широким диапазоном изменения сопротивления питающих сетей общего назначения условия работы оборудования существенно различаются в зависимости от места его присоединения к сети.

4.3. **Воздействие колебаний напряжения**

Если напряжение при колебаниях не выходит за пределы ±0,1 номинального, большая часть оборудования не испытывает влияния колебаний. Основное отрицательное воздействие, возникающее при таких колебаниях — мигание светового потока ламп накаливания (фликер). Физиологический дискомфорт, связанный с этим явлением, зависит от размаха колебаний, частотного спектра, количества повторений изменения напряжения и длительности помехи. Существует пороговое значение, ниже которого фликер не ощущается глазом.

Оборудование с большими постоянными времени нагрева, например нагревательные элементы, невосприимчиво к колебаниям напряжения. Телевизионные приемники, устройства с электронным управлением и компьютеры чувствительны к колебаниям напряжения.

4.3.1. *Непрерывные изменения напряжения*

Колебания при непрерывных изменениях напряжения происходят из-за амплитудной модуляции напряжения в частотном диапазоне 0—30 Гц.

Эффект от одновременного воздействия нескольких частот должен оцениваться с помощью фликерметра (см. МЭК 868). Амплитуда модуляции напряжения жестко зависит от отношения полных сопротивлений установки, вносящей помехи, и питающей электрической сети (отношение обратно пропорционально отношению мощностей короткого замыкания сети и установки).

4.3.2. *Ступенчатые изменения напряжения*

Воздействие колебаний определяется амплитудой ступенчатых изменений напряжения и количеством повторений.

5. ПРОВАЛЫ НАПРЯЖЕНИЯ И КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ПЕРЕРЫВЫ ПИТАНИЯ

5.1. **Описание вида помехи**

Провалом напряжения является внезапное понижение напряжения в точке электрической сети с последующим восстановлением через короткий промежуток времени от полупериода до нескольких секунд.

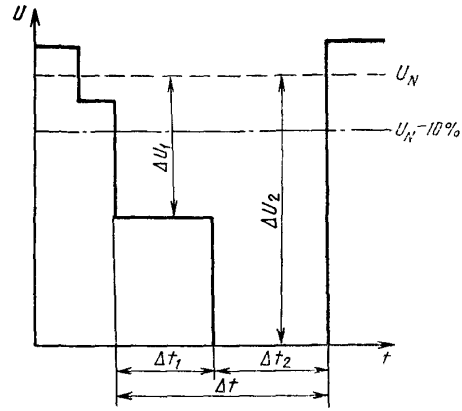
Кратковременным перерывом питания является исчезновение питающего напряжения продолжительностью не более 1 мин.

Кратковременные перерывы питания могут рассматриваться как провалы напряжения со 100 % амплитудой.

5.1.1. *Форма провала напряжения*

Глубина провала напряжения определяется как разность между действующим значением напряжения во время провала и номинальным напряжением сети (см. черт. 6). Глубина провала выражается в процентах от номинального напряжения.

Провал напряжения



Черт. 6

Провал напряжения с постоянной глубиной характеризуют двумя значениями — глубиной Δu и длительностью Δt.

Провал напряжения сложной формы (черт. 6) может характеризоваться двумя и более парами значений Δu и Δt. Такие провалы сложной формы достаточно редки и для практических целей могут характеризоваться максимальной глубиной и суммарной длительностью.

5.1.2. *Глубина и длительность*

Изменения напряжения, которые не влекут за собой понижение напряжения ниже 0,9 от номинального, не следует рассматривать как провалы напряжения, так как они находятся в диапазоне медленных изменений напряжения, происходящих из-за плавного изменения нагрузки, и колебаний напряжения, происходящих из-за быстрых и повторяющихся изменений нагрузки.

Длительности меньше половины периода основной частоты не подлежат рассмотрению, так как изменение напряжения на этом интервале является физической характеристикой переменного тока. Случайные изменения напряжения длительностью менее полупериода основной частоты следует рассматривать как переходные явления.

В питающих сетях невозможно избежать определенного числа провалов напряжения и для большинства оборудования является нормой допущение риска ограниченного числа сбоев из-за помехи данного типа.

Глубина и длительность провалов напряжения практически не могут быть ограничены в питающих сетях. Могут возникать провалы глубиной от 0,1 до 1,0 номинального напряжения и любой длительностью Δt, большей полупериода.

Для каждой конкретной сети интенсивность возникновения провалов напряжения с амплитудой и продолжительностью, заключенными в данных интервалах, может быть установлена с помощью измерений или расчетов. Глубина провала в каждой из трех фаз может различаться.

5.2. Источники провалов напряжения и кратковременных перерывов питания

Провалы напряжения вызываются коммутационными операциями с большими токами и действием защитных систем (включая АПВ), срабатывающих при коротких замыканиях. Данные явления происходят в сетях потребителя и в системах электроснабжения общего назначения.

5.3. Воздействие провалов напряжения и кратковременных перерывов питания

Провалы напряжения и кратковременные перерывы питания могут нарушать работу оборудования, присоединенного к сети.

Основными видами функциональных нарушений являются:

погасание газоразрядных ламп;

сбои регулирующих устройств, устройств релейной защиты и автоматики;

изменение скорости вращения или остановка двигателей;

дребезг контактов коммутирующих устройств;

сбои и ошибки в счете у компьютеров или измерительных приборов с электронными устройствами;

выпадение из синхронизма синхронных двигателей и генераторов;

нарушение коммутации в тиристорных мостах, работающих в инверторном режиме.

На восстановительные работы после сбоя может потребоваться от нескольких минут до нескольких часов.

6. НЕСИММЕТРИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

6.1. Описание вида помехи

Несимметрия напряжения возникает при неравенстве напряжений в фазах по амплитуде или отличии угла между фазами от 12° или при том и другом вместе.

Степень несимметрии определяют с помощью метода симметричных составляющих по отношению составляющей обратной (нулевой) последовательности к составляющей прямой последовательности. Напряжение обратной (нулевой) последовательности в основном возникает из-за протекающих по сети токов обратной (нулевой) последовательности несимметричных нагрузок.

6.2. Источники несимметрии напряжений

Основной причиной несимметрии напряжений являются однофазные нагрузки. В сетях низкого напряжения однофазные нагрузки в подавляющем числе случаев подключаются между фазой и нейтралью и распределяются равномерно между фазами.

В сетях среднего или высокого напряжений однофазные нагрузки могут присоединяться между фазами или между фазой и нейтралью. Основными однофазными нагрузками являются: тяговые подстанции электрифицированного железнодорожного транспорта и однофазной печи.

Коэффициент обратной (нулевой) последовательности напряжения с достаточной точностью вычисляют как отношение максимального отклонения напряжения в фазах от среднего значения напряжения к среднему значению напряжения.

Несимметрию напряжений, вызванную однофазной нагрузкой, присоединенной между двумя фазами, вычисляют как отношение мощности нагрузки к мощности трехфазного короткого замыкания. Распространение напряжения обратной последовательности из сетей низкого напряжения в сети высокого напряжения происходит со значительным ослаблением. В обратном направлении степень ослабления зависит от наличия трехфазных вращающихся машин, дающих балансирующий эффект.

6.3. Воздействие несимметрии напряжений

Сопротивление обратной последовательности трехфазного асинхронного двигателя равно его пусковому сопротивлению, поэтому ток двигателя, работающего при несимметричном напряжении, имеет несимметрию в несколько раз большую, чем несимметрия напряжения. В результате токи в трех фазах могут значительно отличаться, и увеличение нагрева фазы с большим током лишь частично компенсируется уменьшением нагрева других фаз и в целом нагрев двигателя увеличивается. Крайняя форма несимметричного питания — отключение одной из фаз приводит к быстрому выходу двигателя из строя. Двигатели и генераторы в экономически обоснованных случаях должны оснащаться защитой, отключающей их при возникновении такого режима. Если несимметрия в питающей сети значительна, на несимметрию токов может реагировать защита от однофазного режима и отключить машину.

Многофазные преобразователи, в которых входные фазные напряжения по очереди преобразуются в выходное выпрямленное напряжение, также подвержены воздействию несимметрии напряжений, вызывающей нежелательные мелкие пульсации на стороне постоянного тока и неканонические гармоники на стороне переменного тока.

Так как несимметрия напряжения в основном воздействует на нагрев обмоток машин, кратковременно (в течение нескольких се-

кунд или даже минут, в зависимости от постоянной времени нагрева), могут допускаться высокие уровни несимметрии.

7. ПЕРЕДАЧА СИГНАЛОВ ПО СИЛОВЫМ ЛИНИЯМ

Электрические сети сооружаются для снабжения потребителей электрической энергией, но могут быть использованы электроснабжающими организациями для передачи по ним сигналов управления. Использование сетей бытового и коммунального назначения для передачи сигналов между потребителями запрещено. Электромагнитная совместимость должна быть обеспечена как для самих систем передачи сигналов по силовым линиям, так и в отношении их влияния на сети и нагрузки, принимая во внимание назначение систем (управление нагрузкой, дистанционное снятие показаний счетчиков и т. п.).

7.1. Описание вида помехи

Для передачи информации по силовым линиям от одного передающего пункта к одному или более приемным пунктам используют сигналы с частотами, лежащими в диапазоне 110 Гц — 1000 кГц.

Передача сигналов по силовым линиям может осуществляться как от центральной станции к установкам потребителей (осуществление таких операций, как переключение тарифов или отключение нагрузки), так и от каких-либо точек сети к центральной станции (телесигнализация и телеизмерение).

Системы, посылающие информацию или команды из центра в разные точки сети, называются «рассылающими», а системы, собирающие информацию от удаленных пунктов, — «собирающими».

В настоящее время в эксплуатации находятся различные типы «рассылающих» систем. «Собирающие» системы в настоящее время только разрабатываются.

7.2. Источники сигналов

Системы связи по силовым сетям, которые используют распределительные сети (линии высокого, среднего и низкого напряжения) для передачи сигналов, следует разделять на четыре типа в соответствии с передаваемыми частотами и типами передаваемых сигналов:

1 — системы связи по силовым линиям в диапазоне низких частот (управляющие системы). Эти системы используют синусоидальные сигналы в диапазоне частот 110—2000 Гц (как правило, 110—500 Гц) и применяются в основном в сетях электроснабжающих организаций (иногда в сетях промышленных предприятий) с введением сигналов в сети высокого, среднего или низкого напряжения;

2 — системы связи по силовым линиям в диапазоне средних частот. Эти системы используют синусоидальные сигналы в диапазоне частот 3—20 кГц (предпочтение отдается диапазону 6—8 кГц) и применяются в основном в сетях энергоснабжающих организаций.

В настоящее время используют несколько типов «рассылающих» систем с введением сигнала в сеть среднего напряжения. Характеристики этих систем еще не стандартизованы и изменяются при переходе от одной системы к другой;

3 — системы связи по силовым линиям в диапазоне радиочастот. Эти системы используют синусоидальные сигналы в диапазоне частот 20—150 кГц (в некоторых странах до 500 кГц) с вводом сигнала в сеть низкого напряжения и применяются в сетях энергоснабжающих организаций (частоты до 95 кГц), промышленных (коммерческих) установках низкого напряжения с раздельным питанием от сети среднего напряжения и в установках коммунально-бытовых и коммерческих потребителей (например, для целей телеуправления устройствами, специальной сигнализации тревоги, телефонной связи. В этих случаях используют частоты свыше 95 кГц);

4 — маркерные системы.

Такие системы используют воздействие несинусоидальными сигналами на форму кривой напряжения промышленной частоты.

Используются несколько видов сигналов:

длинные импульсы в виде понижения напряжения на время от 1,5 до 2 мс (предпочтительно в месте перехода кривой напряжения через нуль, чтобы избежать явления фликера);

короткие импульсы в виде вырезов на кривой напряжения длительностью от 20 до 50 мкс;

импульсы основной частоты 50—60 Гц продолжительностью в один или половину периода.

Эти системы предназначены в основном для сетей энергоснабжающих организаций. Ввод сигнала осуществляется в сеть среднего или низкого напряжения.

7.3. Воздействие систем передачи сигналов и электрических сетей друг на друга

Синусоидальные сигналы в диапазоне низких и средних частот могут являться всплесками гармоник и интергармоник продолжительностью не более 1 с (в более ранних системах до 6 с), воздействие которых на радио- и телевизионные приемники и электронное оборудование описаны в пп. 2.3 и 3. 3.

В некоторых случаях воздействие передаваемых сигналов может быть таким же, как воздействие изменения действующего напряжения сети, и может рассматриваться как колебания напряжения (фликер).

Сигналы в радиочастотном диапазоне могут создавать помехи в основном для радио- и телевизионных приемников.

На системы управления могут воздействовать возмущения в электрической сети, в частности гармоники или интергармоники. Так же необходимо учитывать взаимовлияние соседних систем.

8. ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

8.1. Описание вида помехи

Частота переменного тока, установленная в электроснабжающих сетях, жестко зависит от скорости вращения генераторов. Частота в любой момент времени зависит от динамического баланса мощностей нагрузки и генераторов. Если динамический баланс нарушается, изменяется и частота. Величина и продолжительность изменения зависят от характеристик изменения нагрузки и реакции генераторов на изменения нагрузки. Если питание нагрузки осуществляется от инвертора, то частота определяется цепью управления и не изменяется при изменении нагрузки.

Значение частоты тока в системах электроснабжения общего назначения устанавливает производитель энергии в виде номинального значения (50 или 60 Гц) с небольшими отклонениями, ограничивающими отличие частоты от номинальной.

8.2. Причины изменения частоты питающего напряжения

В питающих сетях обычно запас мощностей станций превосходит нагрузку в целях обеспечения поддержания частоты в установленных пределах. Тем не менее, в редких случаях частота выходит за указанные пределы, например, при отключении нагрузки или генераторов большой мощности.

В таких случаях некоторая часть нагрузки или генераторов автоматически или вручную отсоединяется для быстрого восстановления баланса мощности, вращающиеся машины, не имеющие быстрого управления, обычно снижают свою мощность при пониженной частоте, поэтому потери генераторной частоты частично компенсируются.

8.3. Воздействие изменений частоты питающего напряжения

В пределах допустимого диапазона основное влияние изменения частоты состоит в изменении скорости вращения машин. Следовательно, электрические часы, использующие основную частоту сети, отстают или опережают, а двигатели потребляют большую или меньшую мощность, зависящую от соотношения скорости и вращающего момента соответствующей нагрузки. Изменение частоты приводит к расстройке фильтров высших гармоник.

Любое электронное оборудование, использующее в качестве индикатора времени частоту тока в системе электроснабжения, также подвергается воздействию.

ПРИЛОЖЕНИЕ
Справочное

ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

Термин	Пояснение
Электромагнитная совместимость (ЭМС)	По ГОСТ 23611—79
Уровень (электромагнитной) совместимости	Расчетное значение помехи, используемое для установления уровней помехоустойчивости и допустимои эмиссии помех техническими средствами
Электромагнитная помеха	По ГОСТ 23611—79
Уровень помехи	По ГОСТ 23611—79
Предельный уровень помехи	Максимальное возможное значение электромагнитной помехи, измеренное установленным способом
Уровень помехоустойчивости	Максимальный уровень данной электромагнитнои помехи, воздействующей на конкретное устройство, оборудование или систему, при котором сохраняются требуемые параметры их функционирования
Электромагнитная помеховосприимчивость	Неспособность устройства, оборудования или системы выполнять свои функции при наличии электромагнитной помехи Примечание Помеховосприимчивость есть недостаточная помехоустойчивость
Рассылающая система	Система связи, передающая сигналы от одного центрального пункта к одному или нескольким периферийным контролируемым пунктам (передача сигналов для централизованного переключения тарифов на счетчике, отключение нагрузки и т д)
Собирающая система	Система связи, передающая сигналы от нескольких периферийных контролируемых пунктов к одному центральному пункту (передача сигналов телесигнализации, телеизмерения и т д)
Управляющие системы	Системы, использующие в качестве линии связи для передачи сигналов линии электропередачи
Маркерные системы	Системы передачи сигналов по линиям электропередачи с формированием сигналов путем кратковременного воздействия на форму кривой напряжения промышленной частоты

Продолжение

Термин	Пояснение
Система электроснабжения общего назначения	Электрическая сеть, к которой присоединяются электроприемники жилищ, контор, торговых заведений, зрелищных и спортивных сооружений и подобные им, а также промышленные предприятия (кроме внутризаводских сетей)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН** Техническим комитетом по стандартизации в области электромагнитной совместимости технических средств (ТК 30 ЭМС)

РАЗРАБОТЧИКИ

Ю. С. Железко (руководитель разработки), **С. А. Живов, П. Н. Заика, И. И. Карташев, Я. Ю. Солодухо, Н. М. Твердов, Ю. П. Шкарин**

2. **УТВЕРЖДЕНЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** Постановлением Госстандарта России от 11.08.92 № 929

3. Настоящие указания разработаны методом прямого применения международного стандарта МЭК 1000—2—1 (1990) «Совместимость технических средств электромагнитная: Электромагнитная обстановка: Виды низкочастотных кондуктивных помех и сигналов, передаваемых по силовым линиям, в системах электроснабжения общего назначения»

4. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта
ГОСТ 23611—79 ГОСТ 29322—92 (МЭК 38:1983)	Приложение 4.1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Совместимость технических средств электромагнитная

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБСТАНОВКА

Виды низкочастотных кондуктивных помех и сигналов, передаваемых по силовым линиям, в системах электроснабжения общего назначения

РД 50 713—92
(МЭК 1000—2—1)

Редактор *И. И. Зайончковская*
Технический редактор *Г. А. Теребинкина*
Корректор *А И. Зюбан*

Сдано в наб 17 11 92. Подп в печ 18 02 93 Формат 60×84¹/₁₆ Бумага офсетная Гарнитура литературная Печать высокая Усл п л 1,4 Усл кр отт 1,4 Уч изд л 1,30 Тираж 380 экз Зак 2729 Изд № 1288/4

...Почета» Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер , 14
...лужская типография стандартов, ул Московская, 256

gost.e-ecolog.ru