

СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ПОКАЗАТЕЛИ И НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНЫЕ ВИНОВНИКИ УХУДШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Таблица А.1(приложение А ГОСТ 13109-97).

Свойства электроэнергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения δU_y	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения	а) Размах изменения напряжения δU_t б) Доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения	а) Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U б) Коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	а) Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} б) Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	Потребитель с несимметричной нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения	Длительность провала напряжения $\Delta t_{п}$	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения	Импульсное напряжение $U_{имп}$	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжение	Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$	Энергоснабжающая организация

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК.

1. Установившееся отклонение напряжения

Установившееся отклонение напряжения: нормально допустимые δU_y (%) ± 5
предельно допустимые δU_y (%) ± 10

Отклонение напряжения от номинальных значений происходит из-за суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителя, а именно: изменения мощности компенсирующих устройств; регулирования напряжения генераторами электростанций и на подстанциях энергосистем; изменения схемы и параметров электрических сетей.

Влияние:

недонапряжение — ухудшение пуска, увеличение токов электродвигателей, что влечёт нагрев обмоток, нарушение изоляции и снижение срока службы двигателя;

- перегрузка регулируемых выпрямителей, преобразователей и стабилизаторов;

перенапряжение — перерасход электроэнергии, повышение реактивной мощности двигателей, выпрямителей с фазовым регулированием, пробой регулируемых выпрямителей, преобразователей и стабилизаторов.

Причинами несоответствий по установившемуся отклонению напряжения могут быть:

- неверно выбранный коэффициент трансформации трансформатора 6–10/0,4 кВ или не проведенное своевременно сезонное переключение отпаяк этих трансформаторов;
- значительная несимметрия фазных нагрузок в сетях 0,4 кВ;
- значительные потери напряжения в распределительной сети, превышающие предельные значения;
- отсутствие трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой (РПН) в центре питания (ЦП);
- отсутствие автоматического регулятора напряжения (АРН) в ЦП или его неиспользование;

- некорректная работа АРН или неправильно выбранный закон регулирования напряжения в ЦП;
- разнородность нагрузок распределительных линий 6–10 кВ и несовместимость требований потребителей всей распределительной сети на шинах ЦП;
- неверно заданные уставки регулирующих устройств на генераторах, повышающих трансформаторах и автотрансформаторах связи, отсутствие или недостаточное использование специальных устройств в межсистемных линиях и питающих сетях энергосистем, регулирующих реактивную мощность (синхронных компенсаторов, батарей статических компенсаторов и шунтирующих реакторов);
- превышение потребителем разрешенной ему мощности или нарушение договорных условий с ЭСО по использованию специальных средств, регулирующих реактивную мощность (батарей статических конденсаторов, синхронных двигателей);
- пониженная пропускная способность питающих сетей и др..

2. Колебания напряжения .

Колебания напряжения характеризуются следующими показателями:

- **размахом изменения напряжения;**
- **дозой фликера.**

Предельно допустимое значение суммы отклонения напряжения и размаха напряжения в электрических сетях 0,38 кВ равно $\pm 10\%$ от номинального напряжения.

Доза фликера — это мера восприимчивости человека к воздействию колебаний светового потока, вызванных колебаниями напряжения в сети за определенный промежуток времени. ГОСТом устанавливаются две характеристики дозы фликера: кратковременная (время наблюдения 10 мин.) и длительная (2 час.).

Колебания напряжения вызываются резким изменением нагрузки на рассматриваемом участке электрической сети, например, включением асинхронного двигателя с большой кратностью пускового тока, технологическими установками с быстропеременным режимом работы, сопровождающимися толчками активной и реактивной мощности (приводы реверсивных прокатных станков, дуговые сталеплавильные печи, сварочные аппараты и т.д.). Распространение колебаний напряжения в сторону системы электроснабжения происходит с затуханием колебаний по амплитуде. Причём, коэффициент затухания тем больше, чем мощнее система электроснабжения.

Компенсация осуществляется путем применения быстродействующих источников реактивной мощности, способных компенсировать изменения реактивной мощности. Для снижения влияния резкопеременной нагрузки на чувствительные электроприемники применяют способ разделения, при котором резкопеременную и чувствительную к колебаниям напряжения нагрузку присоединяют к разным трансформаторам.

К числу электроприемников, чрезвычайно чувствительных к колебаниям напряжения, относятся осветительные приборы, особенно лампы накаливания и электронная техника. Колебания напряжения вызывают мигание ламп накаливания (фликер-эффект), что порождает неприятный психологический эффект у человека, утомление зрения, снижение производительности, травматизм. При значительных колебаниях напряжения могут быть нарушены условия нормальной работы электродвигателей, возможно отпадание контактов магнитных пускателей с соответствующим отключением работающих двигателей, колебания фазы напряжения вызывают вибрацию электродвигателей.

3. Несинусоидальность напряжения

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- **коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;**
- **коэффициентом n -ой гармонической составляющей напряжения.**

Главной причиной искажений является использование нелинейных электроприемников, таких как: вентильные преобразователи, электродуговые и сталеплавильные печи, установки дуговой и контактной сварки, преобразователи частоты, индукционные печи, ряд электронных технических средств (телевизоры, компьютеры), газоразрядные лампы и другие. Электронные приемники и газоразрядные лампы при работе создают невысокий уровень искажений, но так как таких электроприемников много, их общее влияние велико. В процессе работы эти устройства потребляют энергию основной частоты, которая расходуется не только на совершение полезной

работы и покрытие потерь, но еще и на образование потока высших гармонических, который «выбрасывается» во внешнюю сеть.

Влияние:

рост потерь в электрических машинах, вибрации, нарушение работы автоматики защиты, увеличение погрешностей измерительной аппаратуры; фронты несинусоидального напряжения воздействуют на изоляцию кабельных линий электропередач - учащаются однофазные короткие замыкания на землю. Аналогично кабелю, пробиваются конденсаторы.

Способы снижения несинусоидальности напряжения можно разделить на три группы:

- схемные решения: выделение нелинейных нагрузок на отдельную систему шин, группирование вентильных преобразователей по схеме умножения фаз, подключение нелинейной нагрузки к системе с большей мощностью короткого замыкания ($S_{кз}$);
- применение оборудования, характеризующегося пониженным уровнем генерации высших гармоник, например «ненасыщающихся» трансформаторов и многофазных вентильных преобразователей;
- использование фильтровых устройств: параллельных узкополосных резонансных фильтров, фидеркомпенсирующих и фидерсимметрирующих устройств (ФКУ и ФСУ).

4. Несимметрия напряжений

Несимметрия напряжений характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициентом несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

К источникам несимметрии напряжений и токов относят следующие:

- нетранспонированные линии электропередачи и неравномерно присоединенные однофазные бытовые нагрузки, создающие систематическую несимметрию напряжений;
- одновременно включающиеся по фазам бытовые нагрузки и др., создающие случайную несимметрию напряжений.
- потребители электрической энергии, симметричное многофазное исполнение которых или невозможно, или нецелесообразно по технико-экономическим соображениям. К таким установкам относятся индукционные и дуговые электрические печи, электросварочные агрегаты, специальные однофазные нагрузки, осветительные установки и т.д.

Влияние: дополнительный нагрев электродвигателей, увеличение суммарных потерь, перегрев нулевых проводников, возможность пожара, увеличение сопротивлений заземляющих устройств, увеличение пульсаций выпрямленных напряжений, нарушение управления тиристорных преобразователей, некачественная компенсация реакт. мощности конденсаторными установками. Несимметричные режимы напряжений в электрических сетях имеют место также в аварийных ситуациях при обрыве фазы, рабочего нуля или несимметричных коротких замыканиях.

В отличие от прямой последовательности, в обратной – обратное чередование (АСВ) фаз; соответственно, при превышении допустимого значения эта составляющая будет препятствовать вращению двигателей в заданную сторону, снижая его КПД. К обратной последовательности относятся гармоники с номерами $3n+2$, где n изменяется от 0 до 12 (для прибора). При длительной работе с коэффициентом несимметрии по обратной последовательности $K_2U=2-4\%$, срок службы электрической машины снижается на 10-15%, а если она работает при номинальной нагрузке, срок службы снижается вдвое.

В нулевой последовательности чередование фаз отсутствует, все фазы имеют одинаковую начальную фазу. При превышении допустимого значения эта составляющая создаст повышенный ток в нулевом проводе. К нулевой последовательности относятся гармоники с номерами, кратными 3.

5. Отклонение частоты.

нормально допустимое отклонение частоты Δf (Гц) $\pm 0,2$

предельно допустимые отклонение частоты Δf (Гц) $\pm 0,4$

Отклонения частоты разность между действительным и номинальным значениями частоты:

Влияние:

снижение производительности электроприводов, снижение сроков службы электрических машин, искажения телевизионного изображения.

6. Провал напряжения.

Характеристикой провала напряжения является его длительность и глубина провала.

Предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях до 20 кВ включительно равно 30 сек.

Провал напряжения — внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9 U_{ном}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд.

Длительность провала напряжения — интервал времени между начальным моментом провала напряжения и моментом восстановления напряжения до первоначального или близкого к нему уровня .

Причина — электромагнитные переходные процессы при коротких замыканиях, коммутации электрооборудования, обрыв нулевого провода.

Влияние:

отключение оборудования при провалах, выход из строя при ухудшающихся условиях работы.

7. Импульсное напряжение.

Импульс напряжения — резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд;

- амплитуда импульса — максимальное мгновенное значение импульса напряжения;

- длительность импульса — интервал времени между начальным моментом импульса напряжения и моментом восстановления мгновенного значения напряжения до первоначального или близкого к нему уровня .

Величина искажения напряжения при этом характеризуется показателем импульсного напряжения в вольтах, киловольтах и длительностью фронта импульса не более 5 мс. Величина импульсного напряжения стандартом не нормируется, но по статистике для грозовых и коммутационных импульсов величина напряжения при их длительности 0,5 амплитуды (1000-5000 мкс) может достигать: в сети 0,38 кВ — 4,5 кВ; в сети 6 кВ — 27 кВ; в сети 35 кВ — 148 кВ.

8. Временное перенапряжение.

Временное перенапряжение — повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1 U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях или коротких замыканиях.

Коэффициент временного перенапряжения — величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования временного перенапряжения к амплитуде номинального напряжения сети.