

Критерии качества электрической энергии

Электрическая энергия как товар используется во всех сферах жизнедеятельности человека, обладает совокупностью специфических свойств и непосредственно участвует при создании других видов продукции, влияя на их качество. Понятие качества электрической энергии (КЭ) отличается от понятия качества других видов продукции. Каждый электроприемник предназначен для работы при определенных параметрах электрической энергии: номинальных частоте, напряжении, токе и т.п., поэтому для нормальной его работы должно быть обеспечено требуемое КЭ. Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее характеристик, при которых электроприемники (ЭП) могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции.

КЭ на месте производства не гарантирует ее качества на месте потребления. КЭ до и после включения ЭП в точке его присоединения к электрической сети может быть различно. КЭ характеризуют также термином “электромагнитная совместимость”. Под электромагнитной совместимостью понимают способность ЭП нормально функционировать в его электромагнитной среде (в электрической сети, к которой он присоединен), не создавая недопустимых электромагнитных помех для других ЭП, функционирующих в той же среде.

Проблема электромагнитной совместимости промышленных ЭП с питающей сетью остро возникла в связи с широким использованием мощных вентильных преобразователей, дуговых сталеплавильных печей, сварочных установок, которые при всей своей экономичности и технологической эффективности оказывают отрицательное влияние на КЭ.

КЭ в промышленности оценивается по технико-экономическим показателям, которые учитывают ущерб вследствие порчи материалов и оборудования, расстройств технологического процесса, ухудшения качества выпускаемой продукции, снижения производительности труда - так называемый технологический ущерб. Кроме того, существует и электромагнитный ущерб от некачественной электроэнергии, который характеризуется увеличением потерь электроэнергии, выходом из строя электротехнического оборудования, нарушением работы автоматики, телемеханики, связи, электронной техники и т.д.

КЭ тесно связано с надежностью электроснабжения, поскольку нормальным режимом электроснабжения потребителей является такой режим, при котором потребители получают электроэнергию бесперебойно, в количестве, заранее согласованном с энергоснабжающей организацией, и нормированного качества. Статья 542 Гражданского кодекса РФ вводит обязанность поставлять электроэнергию, качество которой соответствует требованиям государственных стандартов и иных обязательных правил или договорам энергоснабжения.

В соответствии с Законом Российской Федерации “О защите прав потребителей” (ст.7) и постановлением Правительства России от 13 августа 1997г. №1013 электрическая энергия подлежит обязательной сертификации по показателям качества электроэнергии, установленными ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения”.

Показатели качества электрической энергии

Требованиями ГОСТ 13109-97 “Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения” устанавливаются следующие показатели качества электроэнергии (ПКЭ):

- установившееся отклонение напряжения δU_y ;
- размах изменения напряжения δU_t ;
- доза фликера F_t ;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U ;
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U} ;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;
- отклонение частоты Δf ;
- длительность провала напряжения Δt_n ;
- импульсное напряжение $U_{имп}$;
- коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$.

При определении значений некоторых ПКЭ стандартом вводятся следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- интервал между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$;
- глубина провала напряжения δU_n ;
- частота появления провалов напряжения F_n ;
- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды $\Delta t_{имп0,5}$;
- длительность временного перенапряжения $\Delta t_{перU}$.

Часть ПКЭ характеризует установившиеся режимы работы электрооборудования энергоснабжающей организации и потребителей электроэнергии (ЭЭ) и дает количественную оценку по КЭ особенностям технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления ЭЭ. К показателям качества электрической энергии относятся:

- установившееся отклонение напряжения, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонение частоты, размах изменения напряжения.

Оценка всех ПКЭ, относящихся к напряжению, производится по действующим его значениям.

Для характеристики вышеперечисленных показателей стандартом установлены численные нормально и предельно допустимые значения ПКЭ или нормы.

Другая часть ПКЭ характеризует кратковременные помехи, возникающие в электрической сети в результате коммутационных процессов, грозовых атмосферных явлений, работы средств защиты и автоматики и в после аварийных режимах. К ним относятся провалы и импульсы напряжения, кратковременные перенапряжения. Для этих ПКЭ стандарт не устанавливает допустимых численных значений. Для количественной оценки этих ПКЭ должны измеряться амплитуда, длительность, частота их появления и другие характеристики, установленные, но не нормируемые стандартом. Статистическая

обработка этих данных позволяет рассчитать обобщенные показатели, характеризующие конкретную электрическую сеть с точки зрения вероятности появления кратковременных помех.

Для оценки соответствия ПКЭ указанным нормам (за исключением длительности провала напряжения, импульсного напряжения и коэффициента временного перенапряжения) стандартом устанавливается минимальный расчетный период, равный 24 ч.

В связи со случайным характером изменения электрических нагрузок требование соблюдения норм КЭ в течение всего этого времени практически нереально, поэтому в стандарте устанавливается вероятность превышения норм КЭ. Измеренные ПКЭ не должны выходить за нормально допустимые значения с вероятностью 0,95 за установленный стандартом расчетный период времени (это означает, что можно не считаться с отдельными превышениями нормируемых значений, если ожидаемая общая их продолжительность составит менее 5% за установленный период времени).

Рекомендуемая общая продолжительность измерений ПКЭ должна выбираться с учетом обязательного включения рабочих и выходных дней и составляет 7 суток .

В стандарте указаны вероятные виновники ухудшения КЭ. Отклонение частоты регулируется питающей энергосистемой и зависит только от нее. Отдельные ЭП на промышленных предприятиях не могут оказать влияния на этот показатель, так как мощность их несоизмеримо мала по сравнению с суммарной мощностью генераторов электростанций энергосистемы. Колебания напряжения, несимметрия и несинусоидальность напряжения вызываются, в основном, работой отдельных мощных ЭП на промышленных предприятиях, и только величина этих ПКЭ зависит от мощности питающей энергосистемы в рассматриваемой точке подключения потребителя. Отклонения напряжения зависят как от уровня напряжения, которое подается энергосистемой на промышленные предприятия, так и от работы отдельных промышленных ЭП, особенно с большим потреблением реактивной мощности. Поэтому вопросы КЭ следует рассматривать в непосредственной связи с вопросами компенсации реактивной мощности.

В таблице приведены свойства электрической энергии, показатели их характеризующие и наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ.

Свойства электрической энергии	Показатель КЭ	Наиболее вероятные виновники ухудшения КЭ
Отклонение напряжения	Установившееся отклонение напряжения δU_{ν}	Энергоснабжающая организация
Колебания напряжения	Размах изменения напряжения δU_t Доза фликера P_t	Потребитель с переменной нагрузкой
Несинусоидальность напряжения	Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$;	Потребитель с нелинейной нагрузкой
Несимметрия трехфазной системы напряжений	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной	Потребитель с несимметричной

	последовательности K_{2U} ; Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U} ;	нагрузкой
Отклонение частоты	Отклонение частоты Δf	Энергоснабжающая организация
Провал напряжения	Длительность провала напряжения Δt_n	Энергоснабжающая организация
Импульс напряжения	Импульсное напряжение $U_{имп}$	Энергоснабжающая организация
Временное перенапряжение	Коэффициент временного перенапряжения $K_{перU}$	Энергоснабжающая организация

7.2. Отклонение напряжения

Отклонения напряжения от номинальных значений происходят из-за суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителей; изменения мощности компенсирующих устройств; регулирования напряжения генераторами электростанций и на подстанциях энергосистем; изменения схемы и параметров электрических сетей.

Отклонение напряжения определяется разностью между действующим U и номинальным значениями напряжения $U_{ном}$ В:

$$\delta U = U - U_{ном}$$

или, в %

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} 100$$

Установившееся отклонение напряжения δU_y равно в %:

$$\delta U_y = \frac{U_y - U_{ном}}{U_{ном}} 100$$

где – установившееся (действующее) значение напряжения за интервал усреднения.

В электрических сетях однофазного тока действующее значение напряжения определяется как значение напряжения основной частоты $U^{(1)}$ без учета высших гармонических составляющих напряжения, а в электрических сетях трехфазного тока - как действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты $U_{1(1)}$.

Стандартом нормируются отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии. Нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения равны соответственно ± 5 и ± 10 % от номинального значения

напряжения и в точках общего присоединения потребителей электрической энергии должны быть установлены в договорах энергоснабжения для часов минимума и максимума нагрузок в энергосистеме с учетом необходимости выполнения норм стандарта на выводах приемников электрической энергии в соответствии с нормативными документами.

7.3. Колебания напряжения

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 – такими как, привод реверсивных прокатных станков, дуговые сталеплавильные печи, сварочные аппараты и т.п.

Колебания напряжения характеризуются двумя показателями:

- размахом изменения напряжения δU_t ;
- дозой фликера F_t .

Размах изменения напряжения δU_t вычисляют по формуле:

$$\delta U_t = \frac{(U_i - U_{i+1})}{U_{ном}} 100$$

где U_i, U_{i+1} – значения следующих один за другим экстремумов (или экстремума и горизонтального участка) огибающей среднеквадратичных значений напряжения, в соответствии с рис.1.

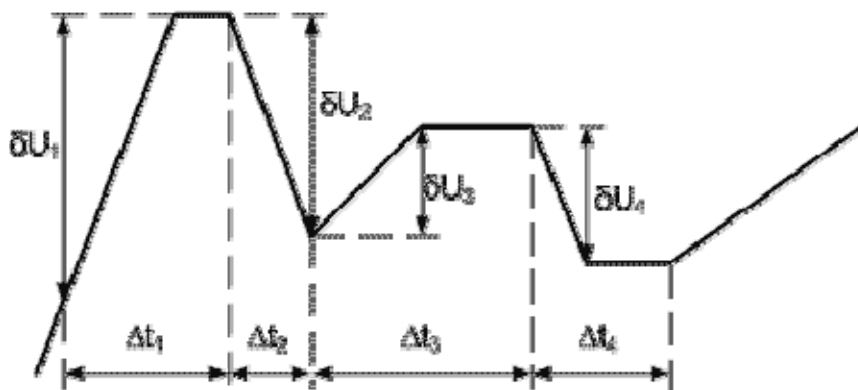


Рис.1. Колебания напряжения

Частота повторения изменений напряжения $F_{\delta U_t}$, (1/с, 1/мин) определяется по выражению:

$$F_{\delta U_t} = \frac{m}{T}$$

где m – число изменений напряжения за время T ; T – интервал времени измерения, принимаемый равным 10 мин.

Если два изменения напряжения происходят с интервалом менее 30 мс, то их рассматривают как одно. Интервал времени между изменениями напряжения равен:

$$\Delta t_{i,i+1} = t_{i,i+1} - t_i$$

Оценка допустимости размахов изменения напряжения (колебаний напряжения) осуществляется с помощью кривых зависимости допустимых размахов колебаний от частоты повторений изменений напряжения или интервала времени между последующими изменениями напряжения. КЭ в точке общего присоединения при периодических колебаниях напряжения, имеющих форму меандра (прямоугольную) (см. рис. 2) считают соответствующим требованиям стандарта, если измеренное значение размаха изменений напряжения не превышает значений, определяемых по кривым рис. 2 для соответствующей частоты повторения изменений напряжения $f_{\delta U}$, или интервала между изменениями напряжения $\Delta t_{i,i+1}$.

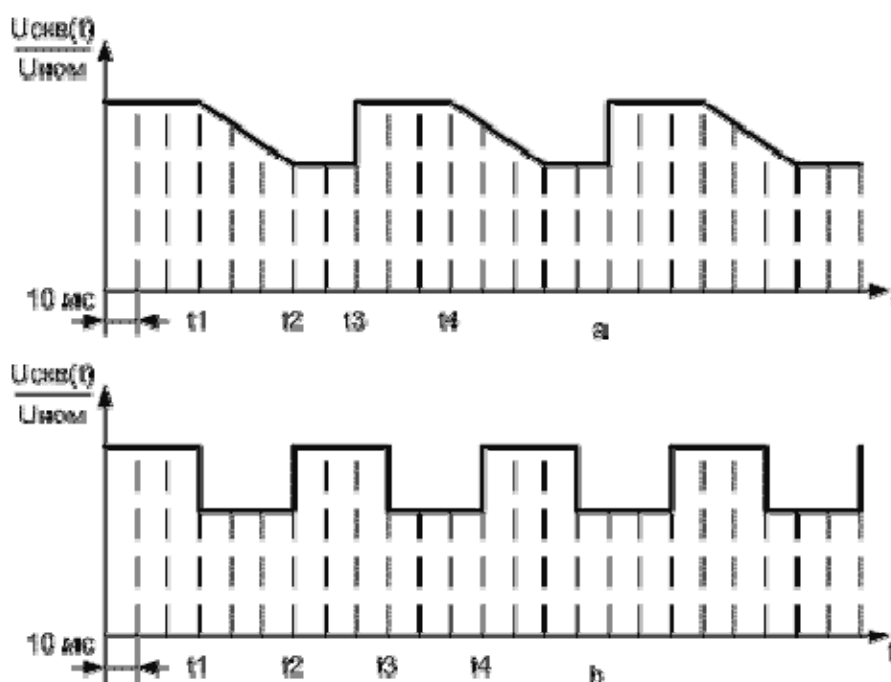


Рис.2. Колебания напряжения произвольной формы (а) и имеющие форму меандра(б)

Предельно допустимое значение суммы установившегося отклонения напряжения δU_{Σ} и размаха изменений напряжения δU_{Δ} в точках присоединения к электрическим сетям напряжением 0,38 кВ равно $\pm 10\%$ от номинального напряжения.

Доза фликера - это мера восприимчивости человека к воздействию колебаний светового потока, вызванных колебаниями напряжения в питающей сети, за установленный промежуток времени.

Стандартом устанавливается кратковременная (f_{st}^P) и длительная доза фликера (f_{Lt}^P) (кратковременную определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин, длительную на интервале – 2 ч). Исходными данными для расчета являются уровни фликера, измеряемые с помощью фликерметра - прибора, в котором моделируется кривая

чувствительности (амплитудно-частотная характеристика) органа зрения человека. В настоящее время в Российской Федерации началась разработка фликерметров для контроля колебаний напряжения.

КЭ по дозе фликера соответствует требованиям стандарта, если кратковременная и длительная дозы фликера, определенные путем измерения в течении 24 ч или расчета, не превышают предельно допустимых значений: для кратковременной дозы фликера – 1,38 и для длительной – 1,0 (при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра).

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера в точках общего присоединения потребителей электроэнергии, располагающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равно 1,0, а для длительной – 0,74, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра.

7.4. Несинусоидальность напряжения

В процессе выработки, преобразования, распределения и потребления электроэнергии имеют место искажения формы синусоидальных токов и напряжений. Источниками искажений являются синхронные генераторы электростанций, силовые трансформаторы, работающие при повышенных значениях магнитной индукции в сердечнике (при повышенном напряжении на их выводах) преобразовательные устройства переменного тока в постоянный и ЭП с нелинейными вольт - амперными характеристиками (или нелинейные нагрузки).

Искажения, создаваемые синхронными генераторами и силовыми трансформаторами, малы и не оказывают существенного влияния на систему электроснабжения и на работу ЭП. Главной причиной искажений являются вентильные преобразователи, электродуговые сталеплавильные и руднотермические печи, установки дуговой и контактной сварки, преобразователи частоты, индукционные печи, ряд электронных технических средств (телевизионные приемники, ПЭВМ), газоразрядные лампы и др. Электронные приемники электроэнергии и газоразрядные лампы создают при своей работе невысокий уровень гармонических искажений на выходе, но общее количество таких ЭП велико.

Несинусоидальность напряжения характеризуется следующими показателями:

- Коэффициентом искажения синусоидальности кривой напряжения;
- Коэффициентом n-ой гармонической составляющей напряжения.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения K_U определяется по выражению:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{(1)}} 100$$

где $U_{(n)}$ – действующее значение n-ой гармонической составляющей напряжения, В; n – порядок гармонической составляющей напряжения, N – порядок последней из учитываемых

гармонических составляющих напряжения, стандартом устанавливается $N=40$, $U_{(1)}$ – действующее значение напряжения основной частоты, В.

Допускается K_U определять по выражению:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U_{(n)}^2}}{U_{ном}} 100$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, В.

Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения равен:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(1)}} 100$$

Допускается вычислять по выражению:

$$K_{u(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_{(ном)}} 100$$

Для вычисления необходимо определить уровень напряжения отдельных гармоник, генерируемых нелинейной нагрузкой.

Фазное напряжение гармоники в расчетной точке сети находят из выражения :

$$U_{(n)} = \frac{I_{(n)} n U_{нп} U_{ном}}{S_k}$$

где $I_{(n)}$ – действующее значение фазного тока n - ой гармоники;

$U_{нп}$ – напряжение нелинейной нагрузки (если расчетная точка совпадает с точкой присоединения нелинейной нагрузки, то =);

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети;

S_k – мощность короткого замыкания в точке присоединения нелинейной нагрузки.

Для расчета $U_{(n)}$ необходимо предварительно определить ток соответствующей гармоники, который зависит не только от электрических параметров, но и от вида нелинейной нагрузки.

7.5 Отклонения частоты

Отклонение частоты – разность между действительным и номинальным значениями частоты, Гц

$$\Delta f = f - f_{ном}$$

или:

$$\Delta f = \frac{f - f_{\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} 100$$

Стандартом устанавливаются нормально и предельно допустимые значения отклонения частоты равные $\pm 0,2$ Гц и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

7.6. Провал напряжения

К провалам напряжения относится внезапное значительное изменение напряжения в точке электрической сети ниже уровня 0,9, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд (рис. 3).

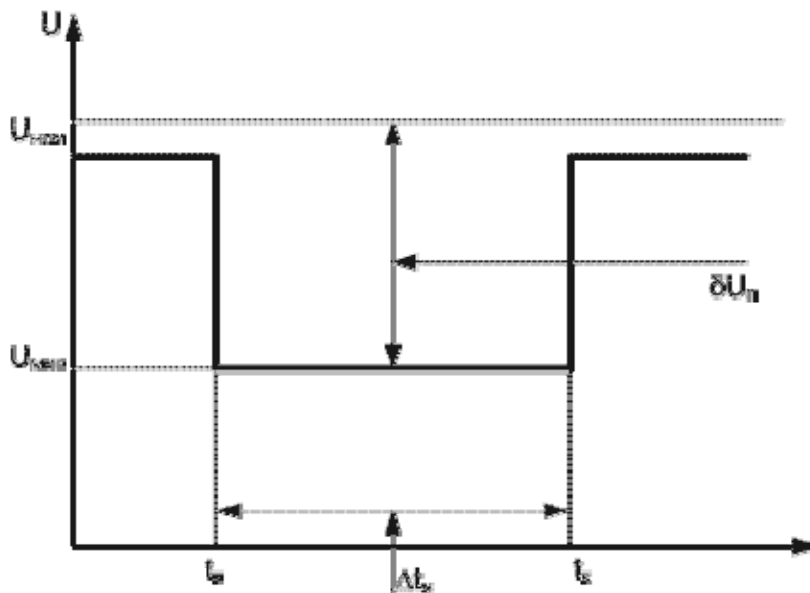


Рис.3.

Провал напряжения

Характеристикой провала напряжения является его длительность - Δt_n , равная:

$$\Delta t_{\text{пер.}U} = t_{\text{к пер}} - t_{\text{н пер}}$$

где $t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – начальный и конечный моменты времени провала напряжения.

Провал напряжения характеризуется также глубиной провала напряжения – разностью между номинальным значением напряжения и минимальным действующим значением напряжения, выраженной в единицах напряжения или в процентах от его номинального значения. Провал напряжения вычисляется по выражениям:

$$\delta U_n = U_{\text{ном}} - U_{\text{мин}}$$

или, %

$$\delta U_n = \frac{U_{\text{ном}} - U_{\text{мин}}}{U_{\text{ном}}} 100$$

Предельно допустимое значение длительности провала напряжения в электрических сетях напряжением до 20 кВ включительно равно 30 с. Длительность автоматически устраняемого провала напряжения в любой точке присоединения к электрическим сетям определяется выдержками времени релейной защиты и автоматики.

7.7. Импульс напряжения и временное перенапряжение

Искажение формы кривой питающего напряжения может происходить за счет появления высокочастотных импульсов при коммутациях в сети, работе разрядников и т.д. Импульс напряжения - резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня. Величина искажения напряжения при этом характеризуется показателем импульсного напряжения (рис.4).

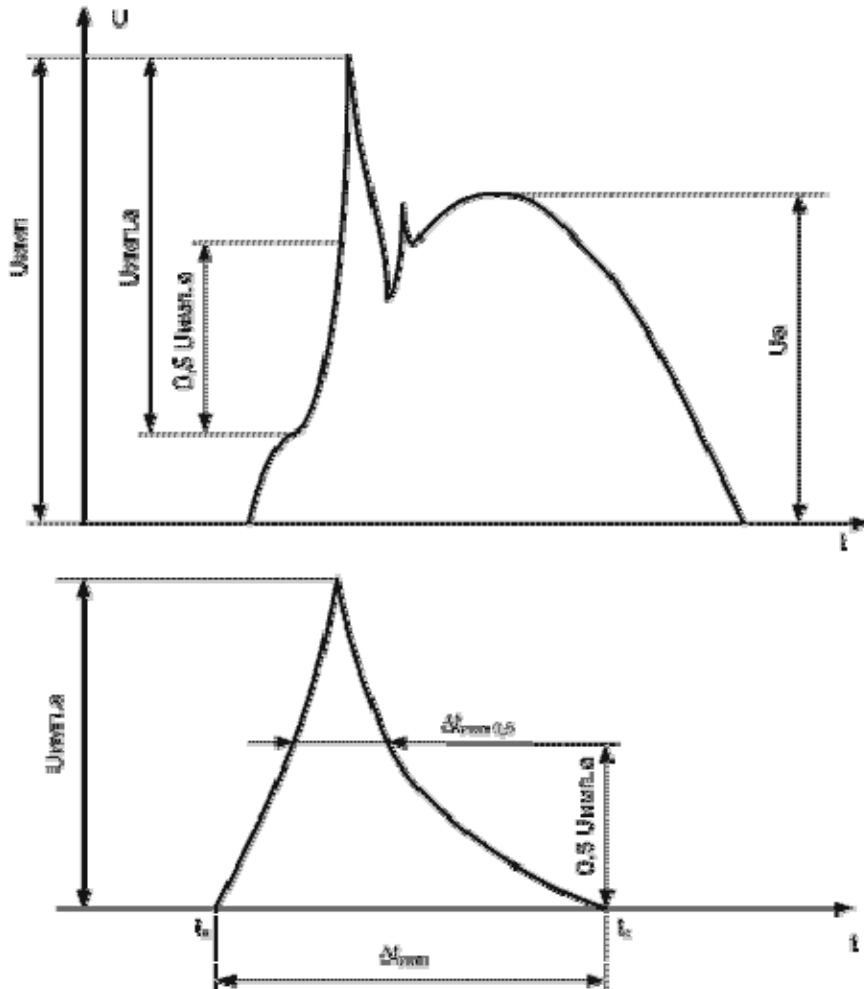


Рис.4. Параметры импульсного напряжения

Импульсное напряжение в относительных единицах равно:

$$\delta U_{\text{шмп}} = \frac{U_{\text{шмп}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}}$$

где $U_{\text{шмп}}$ – значение импульсного напряжения, В.

Амплитудой импульса называется максимальное мгновенное значение импульса напряжения. Длительность импульса - это интервал времени между начальным моментом импульса напряжения и моментом восстановления мгновенного значения напряжения до первоначального или близкого к нему уровня. Показатель - импульсное напряжение стандартом не нормируется.

Временное перенапряжение – повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1 U_{\text{ном}}$ продолжительностью более 10 мс, возникающие в системах электроснабжения при коммутаци-ях или коротких замыканиях (рис. 5).

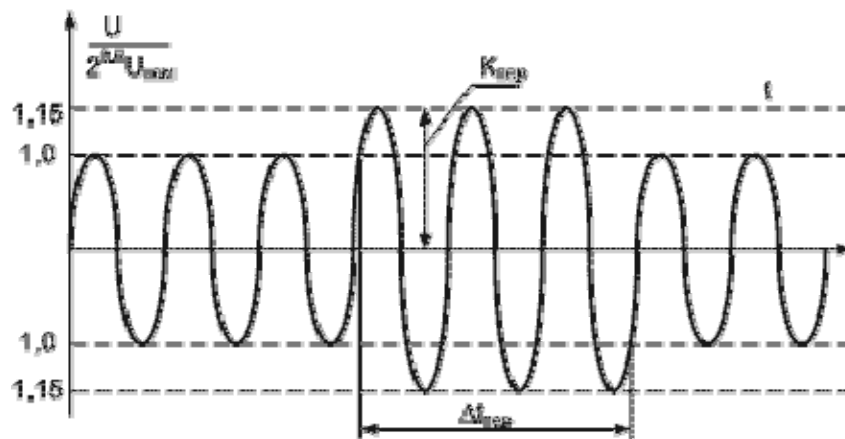


Рис.5. Временное перенапряжение

Временное перенапряжение характеризуется коэффициентом временного перенапряжения ($K_{\text{пер}U}$): это величина, равная отношению максимального значения огибающей амплитудных значений напряжения за время существования временного перенапряжения к амплитуде номинального напряжения сети.

$$K_{\text{пер}U} = \frac{U_{\text{aMax}}}{\sqrt{2}U_{\text{ном}}}$$

Длительностью временного перенапряжения называется интервал времени между начальным моментом возникновения временного перенапряжения и моментом его исчезновения.

$$\Delta t_{\text{пер.U}} = t_{\text{к пер}} - t_{\text{н пер}}$$

Коэффициент временного перенапряжения стандартом также не нормируется.

Значения коэффициента временного перенапряжения в точках присоединения электрической сети общего назначения в зависимости от длительности временных перенапряжений не превышают значений приведенных в таблице:

Зависимость коэффициента временного перенапряжения от длительности перенапряжения

Длительности временных перенапряжений, с	До 1	До 20	До 60
Коэффициент временного перенапряжения, о.е.	1,47	1,31	1,15

В среднем за год в точке присоединения возможны около 30 временных перенапряжений.

7.8. Влияние высших гармоник

Развитие современных технологий полупроводников ведет все к более возрастающему количеству потребителей, управляемых тиристорами и конверторами. К сожалению, конверторы увеличивают значение индуктивной реактивной мощности и ухудшают несинусоидальную форму токовой кривой. Это помехи питаемой сети ведут к повреждениям и ошибочным включениям оборудования и приборов.

Типичный ток конвертора представляет собой наложения различных синусоидальных составных тока, т.е. основной сетевой частоты и определенного числа так называемых высших гармоник (в трехфазной сети в первую очередь гармоники 5-го, 7-го и 11-го порядков).

Содержание высших гармоник в трехфазной сети ведет к повышению тока в конденсаторах, т.к. реактивное сопротивление конденсаторов с возрастанием частоты уменьшается. Загрязнение сетей переменного тока высшими гармониками может вести к следующим последствиям:

- снижение срока службы конденсаторов;
- преждевременное срабатывание защитной аппаратуры;
- выход из строя или ошибочная деятельность компьютеров, приводов двигателей, устройств освещения и др. чувствительных потребителей.

Параллельно с возрастанием тока в конденсаторах, который можно регулировать с помощью конструктивных мер, в неблагоприятных случаях в сетях могут возникнуть резонансные явления. Компенсационные конденсаторы и индуктивности трансформатора и сети представляют собой резонансный контур. Если собственная частота такого контура совпадет с частотой высших гармоник, то возможно возникновение колебаний со значительными сверхтоками и перенапряжениями. Это ведет к перезагрузкам и повреждениям в электрических установках.

Целью подключения дросселя (реактора) к конденсатору служит снижение резонансной частоты сети до значения, величина которого ниже значения наименьшей высшей гармоники данной сети. Этим предотвращается резонанс между конденсаторами и сетью, а значит и возрастание токов высших гармоник. Кроме того, такое включение имеет эффект фильтра, при котором уменьшается степень искажения напряжения.

Рекомендуется в тех случаях, где доля потребителей, загрязняющих сеть высшими гармониками, составляет более 20 % всех потребителей сети устанавливать фильтр высших

гармоник. Для токов высших гармоник цепь фильтра представляет собой очень низкое полное сопротивление. Поэтому большая часть таких токов направляется в этой контур. Резонансная частота конденсатора, включенного последовательно с дросселем, всегда лежит ниже частоты 5-ой гармоники.

7.9. Основные задачи и виды контроля качества электроэнергии

Основными задачами контроля КЭ являются:

- Проверка выполнения требований стандарта в части эксплуатационного контроля ПКЭ в электрических сетях общего назначения;
- Проверка соответствия действительных значений ПКЭ на границе раздела сети по балансовой принадлежности значениям, зафиксированным в договоре энергоснабжения;
- Разработка технических условий на присоединение потребителя в части КЭ;
- Проверка выполнения договорных условий в части КЭ с определением допустимого расчетного и фактического вкладов потребителя в ухудшение КЭ;
- Разработка технических и организационных мероприятий по обеспечению КЭ;
- Определение скидок (надбавок) к тарифам на ЭЭ за ее качество;
- Сертификация электрической энергии;
- Поиск “виновника” искажений ПКЭ.

В зависимости от целей, решаемых при контроле и анализе КЭ, измерения ПКЭ могут иметь четыре формы:

- диагностический контроль;
- инспекционный контроль;
- оперативный контроль;
- коммерческий учет.

Диагностический контроль КЭ - основной целью диагностического контроля на границе раздела электрических сетей потребителя и энергоснабжающей организации является обнаружение “виновника” ухудшения КЭ, определение допустимого вклада в нарушение требований стандарта по каждому ПКЭ, включение их в договор энергоснабжения, нормализация КЭ.

Диагностический контроль должен осуществляться при выдаче и проверке выполнения технических условий на присоединение потребителя к электрической сети, при контроле договорных условий на электроснабжение, а также в тех случаях, когда необходимо определить долевого вклад в ухудшение КЭ группы потребителей, присоединенных к общему центру питания. Диагностический контроль должен быть периодическим и предусматривать кратковременные (не более одной недели) измерения ПКЭ. При диагностическом контроле измеряют как нормируемые, так и ненормируемые ПКЭ, а также токи и их гармонические и симметричные составляющие и соответствующие им потоки мощности.

Если результаты диагностического контроля КЭ подтверждают “виновность” потребителя в нарушении норм КЭ, то основной задачей энергоснабжающей организации совместно с потребителем является разработка и оценка возможностей и сроков выполнения мероприятий по нормализации КЭ. На период до реализации этих мероприятий на границе раздела электрических сетей потребителя и энергоснабжающей организации должны применяться оперативный контроль и коммерческий учет КЭ.

На следующих этапах диагностических измерений КЭ контрольными точками должны быть шины районных подстанций, к которым подключены кабельные линии потребителей. Эти точки представляют также интерес для контроля правильности работы устройств РПН трансформаторов, для сбора статистики и фиксации провалов напряжения и временных перенапряжений в электрической сети. Тем самым контролируется работа уже существующих средств обеспечения КЭ: синхронных компенсаторов, батарей статических конденсаторов и трансформаторов с устройствами РПН, обеспечивающих заданные диапазоны отклонений напряжения, а также работа средств защиты и автоматики в электрической сети.

Инспекционный контроль КЭ – осуществляется органами сертификации для получения информации о состоянии сертифицированной электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающей организации, о соблюдении условий и правил применения сертификата, с целью подтверждения того, что КЭ в течение времени действия сертификата продолжает соответствовать установленным требованиям.

Оперативный контроль КЭ - необходим в условиях эксплуатации в точках электрической сети, где имеются и в ближайшей перспективе не могут быть устранены искажения напряжения. Оперативный контроль необходим в точках присоединения тяговых подстанций железнодорожного и городского электрифицированного транспорта, подстанций предприятий имеющих ЭП с нелинейными характеристиками. Результаты оперативного контроля должны поступать по каналам связи на диспетчерские пункты электрической сети энергоснабжающей организации и системы электроснабжения промышленного предприятия .

Коммерческий учет ПКЭ – должен осуществляться на границе раздела электрических сетей потребителя и энергоснабжающей организации и по результатам его определяются скидки (надбавки) к тарифам на электроэнергию за ее качество.

Правовой и методической базой обеспечения коммерческого учета КЭ в электрических сетях являются Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ), ч.2, ГОСТ 13109 – 97, Инструкция о порядке расчетов за электрическую и тепловую энергию (№449 от 28 декабря 1993г. Минюста РФ).

Коммерческий учет КЭ должен непрерывно осуществляться в точках учета потребляемой электроэнергии как средство экономического воздействия на виновника ухудшения КЭ. Для этих целей должны применяться приборы, совмещающие в себе функции учета электроэнергии и измерения ее качества. Наличие в одном приборе функций учета электроэнергии и контроля ПКЭ позволит совместить оперативный контроль и коммерческий учет КЭ, при этом могут применяться общие каналы связи и средства обработки, отображения и документирования информации АСКУЭ .

Приборы коммерческого учета КЭ должны регистрировать относительное время превышения нормально и предельно допустимых значений ПКЭ в точке контроля электроэнергии за расчетный период, которые определяют надбавки к тарифам для виновников ухудшения КЭ.