

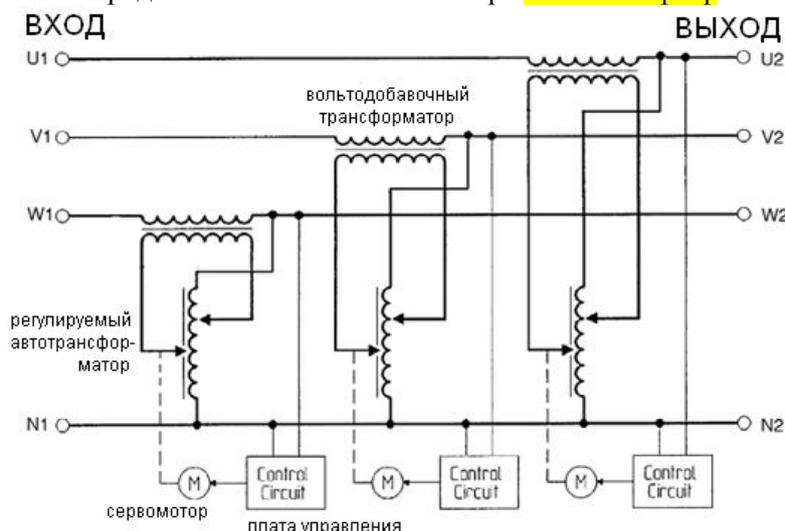
Влияние межфазных углов на точность стабилизации линейного напряжения. Стабилизаторы и сетевые кондиционеры с независимой регулировкой по каждой фазе.

Часть 1 Влияние межфазных углов на точность стабилизации линейного напряжения

Замечание: данная статья не имеет цели привести перечень проблем связанных с нарушением режима межфазных углов в трёхфазной электросети и дать соотв. решения проблем. Цель этого текста - более подробное объяснение технических характеристик трёхфазных стабилизаторов OberonY.

Так как силовые схемы многих стабилизаторов других марок сходны с OberonY, то приведённая информация относится и к ним.

Особенностью работы Стабилизаторов с независимой регулировкой по каждой фазе, со схемой показанной ниже (и электронных и электродинамических, (обычно такие модели использующие нейтраль обозначают индексом Y) является то что каждый такой трёхфазный стабилизатор (3ф вход / 3ф выход) содержит три независимых однофазных стабилизатора напряжения. Каждый из них стабилизирует своё фазное напряжение фазаА-Нейтраль, фазаВ-Нейтраль, фазаС-Нейтраль, соответственно. Эти стабилизаторы независимы. Даже если отключены любые две входные фазы или сломаны любые 2 фазных блока внутри стабилизатора то третий фазный блок продолжит исправно функционировать и подавать на выход должное фазное напряжение например 230Вольт. Схема для случая электродинамического стабилизатора OberonY 3ф/3ф показана ниже:



[см например тут <http://www.стабилизатор.pf/catalogue/stabilizers/circuits-3> а также инструкции стабилизаторов]

Для стандартной схемы стабилизатора приведённой выше:

Если в инструкции указана точность стабилизации выходного напряжения 1% и каждая фаза 3х-фазного стабилизатора (А В С) отстроена на стабилизацию фазного напряжения 230В*(европейский стандарт) то это значит следующее: если входное напряжение фазное и линейное стабилизатора находится в паспортном/допустимом диапазоне, то выходное фазное напряжение на каждой фазе будет стабилизировано в пределах 230В+-1% (это относится ко всем трём фазным выходным напряжениям А-Н В-Н С-Н).

При этом на выходе стабилизатора линейные напряжения будут поддерживаться с такой же точностью 400В+-1% (это относится ко всем трем линейным выходным напряжениям А-В В-С С-А) при условии что межфазные углы в сети стандартные и равны 120 градусам**.

Отсюда следует что трёхфазный стабилизатор с независимой регулировкой по каждой фазе, в стандартной комплектации (схема показана выше; нет изолирующих трансформаторов как например в усовершенствованных моделях LC), не является устройством устраняющим такую проблему в сети как "искажённые межфазные углы". Так же надо отметить, что большинство производителей поставляют модели стабилизирующие фазные напряжения и не поставляют модели стабилизирующие линейные напряжения.

*Замечание1. Приведены примерные цифры. На самом деле стандарту линейного напряжения 400В соответствует фазное напряжение $400\text{В}/\sqrt{3} \approx 230,9401\text{В}$ то есть примерно 231 Вольт.

Вопрос1

-OberonY устраняет такую проблему в сети как "искажённые межфазные углы"?

Ответ1

В стандартной комплектации (схема приведена выше) - нет.

В улучшенных стабилизаторах (например сетевой кондиционер Oberon Y LC имеет входной трансформатор изолирующий треугольник-звезда) - ответ: Да, для случая когда входные линейные напряжения в норме а искажены только фазные напряжения и межфазные углы. В остальных случаях ответ: нет.

Так же решение проблемы см ниже.

Вопрос2

-OberonY устраняет такую проблему в сети как "смещённая нейтраль."?

Ответ2

Во избежание путаницы в этом тексте используется стандартное (НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННОЕ) значение термина "смещённая нейтраль". Правильное стандартное значение термина "смещённая нейтраль" - это наличие завышенного напряжения N-GND (не равно ноль Вольт).

Обычно термин "смещение нейтрали" значит в TNS "появление напряжения N-GND (напр. не равно нулю, обычно более порога 3В)" (изза наводок в нейтрали, изза больш. гармонич. токов потребл. нагрузки, перекося 3ф. нагрузок при недостаточном сечении нейтрали, обрыв нейтрали и др.).

Если понимать ваш вопрос в этом смысле то ответ: попытка устранить эту проблему стабилизатором и др. подобным оборудованием - это неправильный подход вплоть до нарушения ПУЭ. Правильный подход - это ПРАВИЛЬНЫЕ: очаги и контуры Земли (устройство, прокладка, сопротивление и тд.), выбор сечения, типа и прокладка нейтрали, и правильное её соединение с Землёй (в TNS и др.) согласно выбранной схеме заземления.

Но в разных статьях в расширенном смысле (См Дополнение 1) "смещённая нейтраль" может означать:

А_ искажение межфазных углов и фазных напряжений при нормальных линейных напряжениях

Б_ искажение всего (межфазных углов, фазных и линейных напряжений)

Причём в обоих случаях А и Б напряжение N-GND - любое.

Если под смещением нейтрали вы это имели в виду, то в этом случае ответ для обоих вариантов А и Б:

Вариант А

В стандартной комплектации (схема приведена выше) - нет.

В улучшенных стабилизаторах (например сетевой кондиционер Oberon Y LC имеет входной трансформатор изолирующий треугольник-звезда) - ответ: Да, для случая когда входные линейные напряжения в норме а искажены только фазные напряжения и межфазные углы. В остальных случаях ответ: нет.

Вариант Б - нет.

Так же решение проблемы см ниже.

Вопрос3

-какая точность стабилизации фазного и линейного напряжения если углы между фазами в сети не равны 120 градусам?

Ответ 3

3.1 ДЛЯ СТАНДАРТНОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ СТАБ. (СХЕМА ВЫШЕ):

Точность стабилизации выходного фазного напряжения (L-N) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели, и не зависит от межфазных углов.

Точность стабилизации выходного линейного напряжения (L-L) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели при стандартных межфазных углах (120°). Если углы не равны точно 120°, то ухудшение точности стабилизации выходного линейного напряжения зависит от ухудшения точности межфазных углов в сети.

3.2 ДЛЯ УЛУЧШЕННЫХ СТАБ-РОВО (НАПРИМЕР OBERON Y LC, С ИЗОЛИРУЮЩИМ ТРАНСФОРМАТОРОМ DELTA/Y НА ВХОДЕ):

Точность стабилизации выходного фазного напряжения (L-N) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели, и не зависит от межфазных углов.

Точность стабилизации выходного линейного напряжения (L-L) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели при стандартных межфазных углах (120°). Для углов неравных 120°, Возможны варианты:

А_ если углы не равны точно 120°, но линейные напряжения неискажены, то точность стабилизации линейного напряжения не меняется и равна 1% или 0.5% в зависимости от модели.

Б_ если углы не равны точно 120°, но линейные напряжения искажены, то ухудшение точности стабилизации выходного линейного напряжения зависит от ухудшения точности углов (углов между линейными напряжениями в сети).

Так же решение проблемы см ниже.

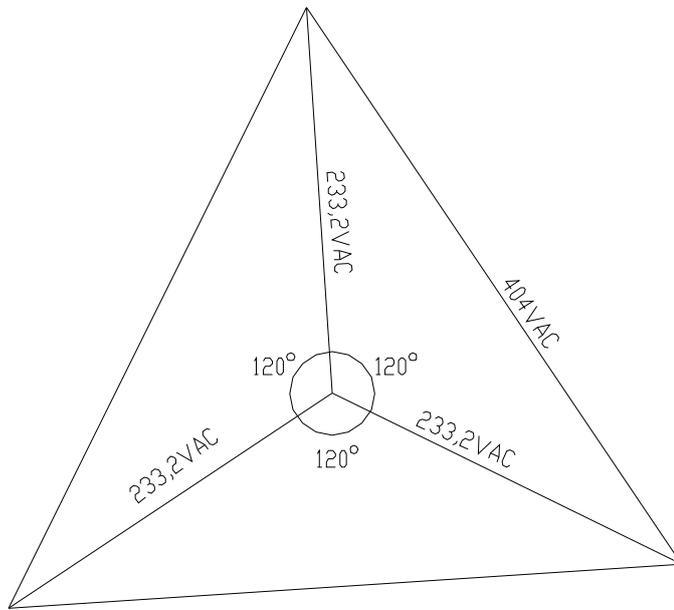
Ниже показан пример двух треугольников напряжений для стандартной схемы стабилизатора приведённой выше:

Рисунок ниже показывает, что если межфазные углы в сети равны 120 градусам и погрешность фазного напряжения равна 1% то тогда погрешность линейного напряжения равна погрешности фазного напряжения то есть 1%

На рисунке: пусть на выходе фазное напряжение равно номинальному плюс 1% то есть

$230,94В \cdot (1+0,01) \approx 230,94В + 2,31В \approx 233,2В$ тогда напряжение линейное на выходе примерно равно: =

номинальное напряжение $+2,31 \cdot 2 \cdot \cos 30 \approx 400В + 4В \approx 404В$. Погрешность на выходе тоже 1% т.к. 4В это 1% от 400Вольт. [относительный масштаб и углы соблюдены на рисунке]



Бывает, но редко, что межфазные углы не равны 120 градусам:

Это бывает по 2м причинам (Так же см. Часть 2_ ниже)

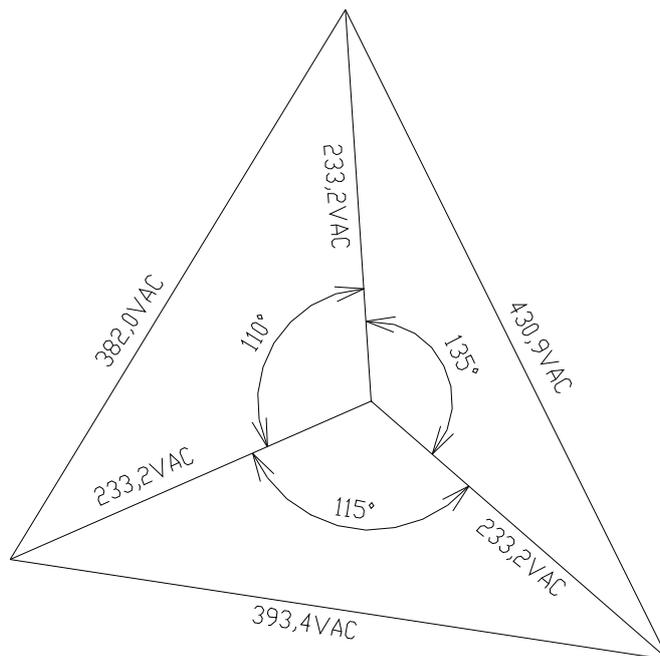
1 изза локальных причин (наиболее частая причина - плавающая или смещённая нейтраль изза ошибочно низкого сечения подводящей нейтрали, изза перегрузки трансформатора 10/0,4кВ и др.)

2 изза причин на энергообъекте с которого питается стабилизатор (а также ЛЭП, ТП и тп.)

В обоих этих случаях межфазные углы не равны 120градусам и в результате точность стабилизации фазного напряжения (А-Н В-Н С-Н) сохраняется неизменной (1%) а точность стабилизации линейного напряжения (А-В В-С С-А) **ухудшается** причём точность будет хуже 1% даже если на входе фазные напряжения примерно равны 230В 230В 230В но межфазные углы не равны 120 градусам

Ниже приведён рисунок векторного треугольника напряжений на выходе стабилизатора для этого случая:

например углы межфазные равны: 110град, 115град, 135град, напряжения фазные и входные и выходные равны 233,2В 233,2В 233,2В: на выходе точность фазного напряжения 1% а точность линейного напряжения около 4,5% ; 1,6% ; 7,7% тоесть хуже чем паспортное значение 1%. (Внимание! При этом проблемы плавающей нейтрали U_{N-GND} не равно 0 Вольт/ может как быть так и не быть)



Во избежание недоразумений связанных с такой особенностью работы - Данная строка добавлена в техданные стабилизаторов и инструкции (для стандартных моделей):

"Точность стабилизации выходного фазного напряжения (L-N) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели. Точность стабилизации выходного линейного напряжения (L-L) составляет 1% или 0.5% в зависимости от модели при стандартных межфазных углах (120°)."

**Замечание2. Реальный сигнал сетевого напряжения состоит из многих гармоник и разные гармоники имеют разные межфазные углы. Приборы/анализаторы сети обычно меряют жфазные углы для 1й основной гармоники 50Гц, (по векторному треугольнику 1й гармоники) или по векторному треугольнику составленному из СКЗ общих величин напряжений включающих все гармоники. Обычно искажения напряжения малы поэтому эти величины неразличимо близки.

Часть 2_ Причины и устранение отклонений межфазных углов в сети. Статистика и опасность отклонения углов межфазных от 120 градусов в сети [ниже рассматривается случай искажения углов межфазных изза искажения линейных напряжений поэтому всё что сказано ниже одинаково справедливо для стандартной модели Oberon Y и улучшенной модели Oberon y LC]

Как уже было сказано выше углы могут быть не равны 120 градусов по 2м причинам:

Причина искажения межфазных углов	Устранение /Замечания
<p>I изза локальных причин:</p> <p>A наиболее частая причина - плавающая или смещённая нейтраль (появление напр. N-GND изза наводок в нейтрали) изза ошибочно низкого сечения подводящей нейтрали,</p> <p>B изза перегрузки трансформатора 10/0,4кВ для случая локальной ТП и др.</p> <p>B другое 1 Случай заземлённой высокой стороны - Нейтраль высокой стороны ТП не заземлена должным образом (нарушен ГОСТ 1983-2001) 2 Нейтраль низкой стороны ТП не заземлена должным образом (ПУЭ, ГОСТ) 3 Сопротивление очага заземления на ТП не соответствует ГОСТ 4 Нарушения ГОСТ при подключении и заземлении нейтрали на точке генератора/поставщика энергии. 5 Выбрана неправильная система заземления например TNС и др. (локальные причины на объекте) (в отдельных случаях и генератор и ТП могут быть локальными тогда пользователь имеет доступ к ним для устранения проблем с углами)</p>	<p>A используйте нейтраль должного сечения. Если нагрузка нелинейная, то рекомендуется взять нейтраль с сечением в 1,5-2 раза большим чем фазный проводник. Уберите перекосы нагрузки (большая разница токов потребл по фазам). Заземлите Нейтраль локально. Проведите дополнительную нейтраль.</p> <p>B используйте все локальное оборудование (ТП кабели и др.) в штатном/паспортном режиме Уберите перекосы нагрузки (большая разница токов потребл по фазам).</p> <p>B установка оборудования согласно ГОСТ/ПУЭ</p> <p>Замечание: Все локальные причины проблемы следует признать ошибками то есть нарушением ПУЭ/ГОСТ. Все они должны и могут быть устранены локально без замены и модификации стабилизирующего оборудования.</p>
<p>II изза причин на энергообъекте с которого питается стабилизатор, а также ЛЭП, ТП и тп. Пример: есть ЛЭП треугольник/3 фазы/ 10кВ , и есть где то в линии промежуточный потребитель который загружает фазы неравномерно отсюда разные просадки по разным фазам и в итоге кривой треугольник. (внешние причины в ЛЭП, ТП и на объекте)</p>	<p>3 решения проблемы 1_ предоставить организации поставщику электроэнергии данные с анализатора сети показывающие что углы не соответствуют ГОСТ (или близкие величины - напр. смещения нейтрали, коэффициенты несимметрии напряжений в трёхфазной сети и др.) и потребовать привести в соответствие с ГОСТ указанные параметры сетевого напряжения.</p>

энергопитания)

Реальный Пример - на завод имеющий локальную ТП 10кВ/0,4кВ приходит 3 фазы (треугольник) с линейными напр. соотв.: 10кВ 10кВ 11кВ. (углы при вершинах в этом треугольнике 66,73 56,63 56,63)
В результате на низкой стороне ТП(звезда) межфазные углы будут равны $56,63 \cdot 2$; $180-56,63$; $180-56,63$ то есть 113,26; 123,37; 123,37
значит если стабилизатор сделает напряжения фазные равные 233,2В 233,2В 233,2В то лин. напр. равно на выходе около 410,5 410,5 389,5
То есть, **на выходе**, точность фазного напряжения 1% а точность линейного напряжения около 2,62%; 2,62%; 2,62% то есть хуже чем паспортное значение 1%.
Выше приведены средние данные по объекту, но в наиболее худшие моменты на этом объекте зарегистрировано - Углы:- отклонение с периодом неск часов примерно $\pm 6,5$ градусов или около $\pm 5,4\%$ - при точн фазн. напр 1% (макс отклонение 233,2) линейное равно $\sim 390 \dots 416$ VAC ($-2,5\% \dots +4\%$)

2_ использовать оборудование заново генерирующее 3 фазы и таким образом избавиться от проблемы с сетью. Тут 2 варианта -
А_ без использования вх сети например ДГУ газогенератор и др, и
В_ с потреблением энергии от сети - умформер(мотор-генератор), источник бесперебойного питания (большинство ИБП имеют точность углов $120^0 \pm 1^0$), ЧРП(VFD, частотный привод построенный по схеме выпрямитель-инвертор)[для электромоторов], электронные стабилизаторы построенные по схеме сходной с ИБП (то есть состоят из выпрямителя и инвертора), использование перед нагрузкой двух отдельных модулей: ВЫПРЯМИТЕЛЬ + за ним ИНВЕРТОР, и др.

3_ использование корректирующего оборудования.

Оборудование (кроме ИБП) приводящее искажённые межфазные углы к норме 120градусов (при искажённых линейных напряжениях) почти не встречается. Эту проблему не устранил оборудование: Стандартный 3ф стабилизатор или кондиционер/улучшенный стабилизатор/ (с завис. и независ. регул. по фазам), трансформаторы delta/Y, Y/Y Зигзаг и тд. (Трансформаторы не изменяют межфазные углы!), специальные трансформаторы - симметрирующие трансформаторы/фильтросимметрирующие нормализаторы (<http://www.et-spb.ru/>) и др.

Для решения задачи коррекции углов необходимо подобрать стабилизатор или сделать модификацию так что бы стабилизатор стабилизировал линейные напряжения и после него установить трансформатор delta/Y. Модифицированный OberonY (стабилизация линейного напряжения) с обратной связью по линейному напряжению показал общую исправную работу в т.ч. с нагрузкой подтвердив что это решение возможно.

Замечание к таблице выше: Замечание по разделу I_

В таблице выше проблема смещённой нейтрали отнесена к устранимым локальным нарушениям так как в общераспространённой системе TNS на ТП(РЩ) нейтраль заземлена и, при правильной постройке системы, наводок в нейтрали, а следовательно и проблемы плав. нейтрали (проблемы паразитного напряжения N-GND) - нет.

Тем не менее, в разных др. источниках, под смещением нейтрали могут понимать её смещение не относительно Земли, а относительно центра треугольника напряжений (см. Дополнение 1), тогда см рекомендации по аналогичной проблеме с углами (см причина II выше).

Замечание по разделу II_ Варианты решения проблемы

(Предоставить организации поставщику электроэнергии данные показывающие что нарушаются ГОСТ/гос. и ли локальные нормативы для устранения нарушений.)

Вот некоторые нормативы по параметрам качества сети:

1_ gost_23875-882003 КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005 // Термины и определения

описание термина смещ. нейтр.

2_ gost721-77 приведена таблица - в сетях более 6кВ допустимо длит. отклонение напр - 10%

3_ ГОСТ 30804.4.7 —2013 (IEC 61000-4-7:2009) -параметры сети

4_ ГОСТ 13109-97 - в сетях более 6кВ допустимо длит. отклонение напр - 10%

Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97

"Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения"

5_ GOST P_51317.4.30:2008 (МЭК 61000-4-7:2002) методы измерений показателей качества электрической энергии

6_ гост 23875-88 качество электрической энергии термины и определения

7_ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК // ПУЭ // Издание седьмое // П2.5.96.

В сетях до 35 кВ с изолированной нейтралью, имеющих участки совместной подвески с ВЛ более высокого напряжения, электромагнитное и электростатическое влияние последних не должно вызвать смещение нейтрали при нормальном режиме сети более 15 % фазного напряжения.

Приведённые выше примеры показывают что современные нормативы в большинстве не содержат норм по точности на углы межфазные в сети, но могут содержать косвенные нормы то есть другие параметры из которых может быть вычислены нормы на отклонения углов в сети.

Так ограничения на углы можно попытаться выявить из следующих норм

1 нормы на фазн и линейн напряжения например, **ГОСТ 13109-97 устанавливает** нормально и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на зажимах электроприёмников в пределах соответственно $\delta U_{\text{нор}} = \pm 5\%$ и $\delta U_{\text{пред}} = \pm 10\%$ номинального напряжения сети.

2 нормы по допустимому смещению нейтрали

3 коэффициенты несимметрии напряжения в трёхфазной сети например, **ГОСТ 13109-97 П5.5.1 устанавливает** значения коэффициентов несимметрии напряжения по обратной (K_{2U}) и нулевой (K_{0U}) последовательностям, — нормально допустимое 2 % и предельно допустимое 4 %.

4 др. см например термины ГОСТ 23875-88, GOST_R_54149-2010, ГОСТ P 54130 2010:

Такой подход (выявление норм на углы по косвенным данным) может потребовать сложных расчётов.

Наиболее простой и доступный подход соответствующий реальному примеру (рассмотренному выше) с имеющимся ВВ треугольником 10кВ 10кВ 11кВ. Для случая высоковольтных(ВВ) линий (треугольник без Нейтрали) ГОСТ 13109-97, ГОСТ721-77(СТ СЭВ 779-77) допускают макс отклонение напряжений длительные 10% то есть треугольник который приходит на завод 10кВ 10кВ 11кВ это нормально и никакие законные претензии по нарушению норм сети поставщику эл.энергии предъявлены быть не могут. Обратите внимание- здесь приведен неполный перечень нормативов и частично устаревшие нормативы. Нормы постоянно изменяются. В связи с этим следует принимать приведённую информацию только как пример.

Статистика и опасность отклонения углов межфазных от 120 градусов в сети

Характерные нарушения	Статистика и опасность Решения
Межф.углы - искажены Uфазн - в норме Uлин - искажены	Случаи искажения углов редко встречаются но Аварий и сбоев в работе оборудования изза проблемы искажения межфазных углов в трёхфазной сети, на настоящий момент не зафиксировано. Решения - см таблицу выше.
Межф.углы - искажены Uфазн - искажены Uлин - в норме	Для случая когда проблема вызвана паразитным напряжением N-GND ("Смещённая нейтраль"): Эта проблема подробно изучена - См. соотв. лит-ру Для случая когда напряжение N-GND равно нулю: Случаи искажения углов редко встречаются но Аварий и сбоев в работе оборудования изза проблемы искажения межфазных углов в трёхфазной сети, на настоящий момент не зафиксировано. Решения - Oberon Y LC, или стандартная модель стаб.+ трансформатор delta/y (на входе стабилизатора).
Межф.углы - искажены Uфазн - искажены Uлин - искажены	См выше.
<p>Основная проблема в сетях опасная для нагрузок - проблема сетевого напряжения питания (величина напряжения, и реже частота, форма/гармоники напр.) и она решается установкой стаб., ИБП, ДГУ, фильтров и др. систем питания. (если не считать вторичные проблемы порождённые током потребляемым нагрузкой и др.)</p> <p>Если исключить случаи смещённой/плавающей нейтрали (когда есть паразитное напряжение N-GND не равное нулю / обычно более 3 Вольт, эти случаи описаны подробно в соотв. литературе) то тогда:</p> <p>По состоянию на сегодняшний день (2016г) нам неизвестны аварии по причине искажения углов, по известным данным где отклонения углов не превышают +-6 градусов. Информации по более значительным отклонениям углов нет. То есть опасность проблемы углов (для питания нагрузки и для питания/нарушения работы системы стандартный стабилизатор +нагрузка) не подтверждена на настоящий момент.</p>	

Весь текст выше приведён только по причинам:

1 т.к. люди задают эти вопросы

2 т.к. незнание особенностей работы стабилизаторов при искажённых межфазных углах в сети приводит к тому что поиск причины проблемы/аварии на объекте часто ведёт в сторону от реальной причины. Что вместо решения ведёт к новым авариям.

3 объяснение поправки к инструкции стабилизаторов про зависимость точности стаб. лин. напр. от точности межфазных углов.

Замечание: чаще проблема "Искажение межфазных углов" порождается линией и устройствами в линии (как в примере выше - от перекоса нагрузки в 3ф ВВ ЛЭП), а не генератором т.к. изначально любой генератор по принципу работы выдаёт углы 120 градусов с высокой точностью.

Дополнение 1 . Смещение нейтрали.

Во избежание путаницы, в этом тексте используется стандартное (НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЁННОЕ) значение термина "смещённая нейтраль". Правильное стандартное значение термина "смещённая нейтраль" - это наличие завышенного напряжения N-GND (напряжение нейтраль-Земля не равно ноль Вольт).

Обычно термин "смещение нейтрали" значит в TNS "появление напряжения N-GND (обычно более порога 3В)" (изза наводок в нейтрали, изза больш. гармонич. токов потребл. нагрузки, перекоса 3ф. нагрузок при недостаточном сечении нейтрали, обрыв нейтрали и др.).

Но в разных статьях термин "смещённая нейтраль" может означать:

Пример треугольника напряжений при смещении нейтрали (причина - обрыв и др.)

(Дубовицкий Геннадий Петрович) <http://model.exponenta.ru/electro/0042.htm> выделено серым ниже

Таким образом, при симметричной нагрузке нейтральный провод можно удалить и это не повлияет на фазные напряжения приемника. При несимметричной нагрузке и отсутствии нейтрального провода фазные напряжения нагрузки уже не связаны жестко с фазными напряжениями генератора, так как на нагрузку воздействуют только линейные напряжения генератора. Несимметричная нагрузка в таких условиях вызывает несимметрию ее фазных напряжений $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ и смещение ее нейтральной точки n из центра треугольника напряжений (смещение нейтрали).

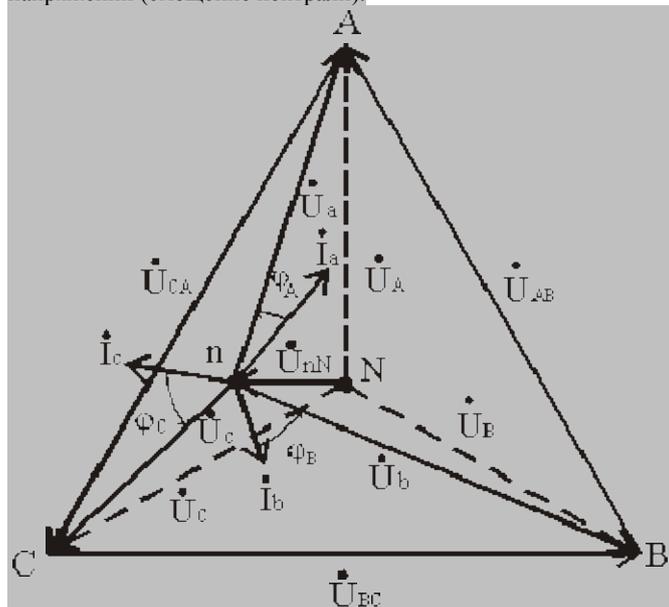


Рис. 3.11

Направление смещения нейтрали зависит от последовательности фаз системы и характера нагрузки.

Поэтому нейтральный провод необходим для того, чтобы:

выравнивать фазные напряжения приемника при несимметричной нагрузке;

подключать к трехфазной цепи однофазные приемники с номинальным напряжением в $\sqrt{3}$ раз меньше номинального линейного напряжения сети.

Следует иметь в виду, что в цепь нейтрального провода нельзя ставить предохранитель, так как перегорание предохранителя приведет к разрыву нейтрального провода и появлению значительных перенапряжений на фазах нагрузки.

пример терминов:

ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005. / <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-mek-60050-195-2005>

относительная земля / reference earth / reference ground (US)

Часть Земли, принятая в качестве проводящей, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземляющего устройства, электрический потенциал которой обычно принимают равным нулю.

Примечание - Понятие "Земля" означает планету со всеми ее физическими свойствами.

напряжение смещения нейтральной точки / neutral-point displacement voltage

Напряжение между реальной или искусственной нейтральной точкой и относительной землей в многофазной системе.
По ГОСТ 23875-88:

Напряжение смещения нейтрали / English: Neutral point displacement voltage

Напряжение между реальной или искусственной нейтралью и землей или корпусом электротехнического оборудования

В ГОСТ есть термин " Напряжение смещения нейтрали " и из его определения вероятно следует, что смещение нейтрали это случай когда напряжение нейтраль-земля велико /не равно нулю.

Определения термина "смещение нейтрали" в ГОСТах нет то есть остаётся непонятным правильно ли называть термином "смещение нейтрали" случай как например треугольник со смещённой нейтралью на рисунке выше (точка нейтрали сдвинута относительно центра равностороннего треугольника напряжений), но при этом напряжение нейтраль-земля(N-GND) равно нулю.

Термин Neutral Voltage Displacement. (NVD) /floating neutral (плавающая нейтраль) - обычно означает обрыв нейтрали

В связи с отсутствием точного определения в ГОСТ - в более широком смысле "смещение нейтрали" это "уход нейтрали от центральной точки треугольника напряжений" (причём напряжение N-GND м.б любое) например:

А_ искажение межфазных углов и фазных напряжений при нормальных линейных напряжениях

Б_ искажение всего (межфазных углов, фазных и линейных напряжений)

[здесь выше в тексте под термином "смещение нейтрали" обычно понимается обычное значение термина - то есть случай появления паразитного напряжения N-GND]

Замечание 1.

Не все анализаторы сети способны измерять (записывать) межфазные углы [или одновременно измерять фазные и линейные напряжения]. Пример анализатора который меряет и пишет межфазные углы -> "Энергомонитор 3.3".

Замечание 2.

Обнаружены нормативы по точности углов межфазных в сети при питании от сети нагрузок с током до 16Ампер. К тексту выше это не относится т.к. здесь рассматривается оборудование большой мощности.

ССЫЛКИ

1 Schneider Electric //Electrical network protection // Protection guide // guide_prot_en

http://www.schneiderelectric.pt/documents/mini-web/sepam_10/downloads/guide_prot_en.pdf

ART.065193 ©2008 Schneider Electric - All rights reserved

Schneider Electric Industries SAS

Postal address:

89, Boulevard Franklin Roosevelt

92500 Rueil-Malmaison (France)

Tel.: +33 (0)1 41 29 85 00

<http://www.schneider-electric.com>

<http://www.sepamrelay.com>

Design: Graphème

Publication: Schneider Electric

Printed: Imprimerie du Pont-de-Claix / JPF - Made in France

CG0021EN

01/2008

2 [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Метод симметричных составляющих](https://ru.wikipedia.org/wiki/Метод_симметричных_составляющих)

Метод широко применяется для расчёта несимметричных режимов [трёхфазной сети](#), например, [коротких замыканий](#).

3 <https://electricalnotes.wordpress.com/2012/07/28/impact-of-floating-neutral-in-power-distribution/>

A Floating Neutral (Disconnected Neutral) fault condition is VERY UNSAFE

4

////

(311016 mod6 доб ЧРП и тп и про 16А)