

А. Ф. ЖАРКИН, д-р техн. наук, чл.- корр. НАН Украины, зам.

директора, Институт электродинамики НАН Украины, Киев;

В. А. НОВСКИЙ, д-р техн. наук, вед. науч. сотр., Институт электродинамики НАН Украины, Киев;

С. А. ПАЛАЧЕВ, мл. науч. сотр., Институт электродинамики НАН Украины, Киев

НОРМАТИВНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УКРАИНЫ

Рассмотрены некоторые пути решения проблемы, возникшей при гармонизации нормативных документов в области обеспечения характеристик напряжения в соответствии с международными европейскими стандартами.

Ключевые слова: качество напряжения, стандарт, технический регламент, точка присоединения.

Введение. В соответствии с концепцией Международной электротехнической комиссии (МЭК), показатели качества напряжения в электрических сетях с контролируемым уровнем эмиссии помех устанавливаются не ниже соответствующих уровней электромагнитной совместимости по каждому виду возмущений. МЭК в стандартах IEC 61000-2-2 и IEC 61000-2-12 установила значения уровней совместимости для кондуктивных помех в электрических сетях напряжением до 35 кВ, которые учитывали как технические так и экономические аспекты обеспечения производителями аппаратуры сбалансированного уровня ее помехоустойчивости и помехоэмиссии. На основании этих значений уровней совместимости европейской организацией CENELEC в европейском международном стандарте EN 50160:2010 «Voltage characteristics of electricity supplied by public electricity networks» были установлены характеристики напряжения электроснабжения для сетей напряжением до 150 кВ. Этот стандарт по сути устанавливает основные характеристики такого продукта, как электроэнергия, которые должны учитываться при составлении договоров между потребителем и поставщиком, и должен рассматриваться исключительно с этой точки зрения. EN 50160:2010 был принят в качестве национального стандарта всеми странами Евросоюза, являющимися членами CENELEC. Согласно обязательствами аффилированного члена CENELEC Украина должна изъять из обращения свои стандарты по качеству напряжения электроснабжения, которые противоречат стандарту EN 50160:2010.

Рассмотрим два существенных отличия международного стандарта EN50160:2010 от действующего в Украине с 2000 года межгосударственного

стандарта (для членов СНГ) ГОСТ 13109-97:

- в EN50160:2010 указана та конкретная точка, в которой в соответствии с договором на подключение потребителя, должны обеспечиваться характеристики напряжения электроснабжения. Этой точкой является точка присоединения потребителя к электрической сети («supply terminal»);

- в EN 50160 указано конкретное значение номинального напряжения электроснабжения для сетей низкого напряжения – 230/400 В, которое относится к характеристикам напряжения, а не к показателям качества напряжения. Рассмотрим эти отличия более подробно.

Важность определения точки, в которой происходит измерение показателей качества напряжения. Уже первый абзац раздела 1 «Область применения» ГОСТ 13109-97 сформулирован неоднозначно с точки зрения составления договора на передачу энергии между электроснабжающей организацией и потребителем (физическим или юридическим лицом): «Стандарт устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей электрической энергии, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения)».

Упоминание о точке общего присоединения (ТОП) в отношении точки оценки показателей качества напряжения впервые появилось в тексте ГОСТ 13109-97 (в ГОСТ 13109-87 речь шла о «точках, к которым присоединяются приемники или потребители электрической энергии»). Это нововведение явилось следствием того, что разработчики данного стандарта в свое время напрасно решили объединить в один документ стандарт коммерческой направленности, устанавливающий перечень и значения показателей качества электроэнергии, которые используются при составлении договоров между поставщиком и потребителем, и стандарт на величину уровней совместимости, которые связывают уровни эмиссии помех одного потребителя и уровни помехоустойчивости других потребителей в ТОП. В результате, согласно ГОСТ 13109-97 потребитель может получать электроэнергию в одной точке присоединения к сети электроснабжения (которая в типовом договоре на поставку электроэнергии называется точкой продажи электроэнергии и находится на границе балансовой принадлежности поставщика и этого потребителя), а ее качество допускается контролировать совсем в другой точке этой сети на границе балансовой принадлежности поставщика и другого потребителя.

Термин «ТОП» обычно используется европейскими электроснабжающими организациями на этапе разработки технических условий на присоединение с целью установления предельных уровней эмиссии помех при подключении потребителя к сетям напряжением 35 кВ и выше или потребителя

мощностью свыше 330 кВА к сетям низкого напряжения (НН) при расчетах ожидаемого значения напряжения возмущения на терминалах питания других потребителей. Поскольку договор на поставку электроэнергии заключается только после выполнения потребителем требований технических условий на присоединение, то этот термин в EN 50160:2010 не используется.

Кроме того, электроснабжающая организация не может отвечать за качество электроэнергии «в точках, к которым присоединяются... приемники электрической энергии» если эти точки находятся вне балансовой принадлежности сети системы электроснабжения общего назначения. Таким образом, в отличие от неоднозначной формулировки ГОСТ 13109-97, формулировка EN50160:2010 относительно точки обеспечения качества напряжения является логичной и конкретной.

На первый взгляд может сложиться впечатление, что качество напряжения в ТОП и в точке присоединения потребителя не может значительно отличаться. Однако мощный потребитель может быть подключен к системе электроснабжения через собственный распределительный трансформатор (РТ) или трансформатор, принадлежащий электроснабжающей компании. В первом случае точка присоединения потребителя и ТОП будут расположены на стороне высокого напряжения РТ. Во втором случае точка присоединения потребителя будет расположена на вторичной стороне РТ, а ТОП – на стороне высокого напряжения. Эти точки будут относиться к разным уровням напряжения электроснабжения, следовательно, импеданс сети и показатели качества напряжения в этих точках могут существенно различаться.

Неоднозначность в определении точки измерения показателей качества напряжения, которая есть в ГОСТ 13109-97, была устранена в новом российском стандарте ГОСТ Р 54149 – 2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», который вступает в России силу с 2013 года и содержит следующую формулировку раздела 1 «Область применения»: «Настоящий стандарт устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии (КЭ) в точках передачи электрической энергии пользователям электрических сетей...». Аналогичная формулировка имеется и в проекте нового украинского стандарта ДСТУ EN 50160:2010 (который находится на заключительном этапе гармонизации): «Цей стандарт установлює терміни та значення для основних характеристик напруги в точках приєднання користувачів до електричних мереж...».

Обзор действующих в Евросоюзе и Украине стандартов по номинальным значениям низкого напряжения. В странах Евросоюза в настоящее время действует унифицированный ряд номинальных напряжений для электрических сетей в соответствии с седьмым изданием стандарта IEC 60038:2009 «IEC standard voltages». Для обеспечения этой унификации, например, Великобритании пришлось изменить значения номинального напря-

жения с 240/415 В на 230/400 В, а странам Восточной Европы – с 220/380 В на 230/400 В. При этом для этих стран Евросоюза был установлен переходной период с 1993 г. по 2003 г., в течение которого энергоснабжающие организации и производители аппаратуры должны были произвести необходимые мероприятия по «переходу» на указанное напряжение. Учитывая сложность задачи, этот переходной период был продлен до 2008 года. Таким образом, с 2008 года в странах Евросоюза существует единое стандартное напряжение для низковольтных распределительных сетей общего назначения 230/400 В, которое напрямую указано в международном европейском стандарте EN50160:2010.

В СССР, а затем в Украине в свое время органами стандартизации были предприняты необходимые меры для постепенного «перехода» на унифицированное с европейскими странами номинальное значение напряжения 230 В. Так, с 1993 года и по настоящее время в Украине действует межгосударственный (для стран СНГ) стандарт ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83) «Стандартные напряжения», который предусматривал поэтапный «переход» на стандартные фазные и линейные напряжения 230 В и 400 В, соответственно, в странах СНГ одновременно со странами Евросоюза к 2003 году. Этот стандарт был подготовлен методом прямого применения первого издания упоминавшегося выше международного стандарта IEC 60038, выпущенного в 1983 году (который по старой классификации МЭК назывался МЭК 38-83).

В ГОСТ 29322-92 предусматривалось до 2003 года как временную меру использовать номинальное значение напряжения 230 В с допусками $+6\% - 10\%$, что увеличивало бы величину верхнего порога предельно допустимого значения напряжения по сравнению с ГОСТ 13109-97 менее, чем на 2 В, что для потребителей было бы практически незаметным. После 2003 г. данным стандартом предполагалось установить допуск на номинальное значение напряжения 230/400 В $\pm 10\%$, чтобы полностью соответствовать требованиям европейского стандарта EN50160:2010. В отличие от стран Евросоюза, которые выполнили требования стандарта IEC 60038 и с 2008 г. перешли на унифицированные напряжения, в странах СНГ, и в том числе и в Украине принятие ГОСТ 29322-92 не привело к каким-либо конкретным действиям соответствующих организаций, несмотря на то, что установленный этим стандартом срок «перехода» на новые номинальные значения напряжения 230/400 В уже давно прошел.

В Украине также действует еще со времен СССР стандарт ГОСТ 21128-83 «Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В», последние поправки к которому вносились в 1990 году. Область применения этого стандарта распространяется на системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и непосредственно присоединяемые к ним приемники электрической энергии и устанавливает для них ряды номинальных значений постоянных и переменных напряжений. В данном стандарте указа-

но, что «Номинальные напряжения на выходе систем электроснабжения, источников и преобразователей электрической энергии, номинальные значения напряжения сетей и на выводах непосредственно присоединяемых к ним приемников электрической энергии должны соответствовать указанным в таблице...». В этой таблице приведено значение напряжения 220/380 В, но в примечании указано, что « для электрических сетей допускаются дополнительные значения напряжений 230, 400; 690; 1000 В (МЭК 38-83)». Данное примечание говорит о том, что разработчики данного стандарта учли появление в 1983 году международного стандарта IEC 60038 и уже тогда предусматривали «переход» в СССР в перспективе на международное значение номинального напряжения 230/400 В.

Таким образом, все необходимые стандарты, которые предусматривают «переход» в Украине на номинальное значение напряжения 230/400 В уже давно приняты, однако они не дополнены соответствующими нормативно-правовыми актами, которые должны придать им обязательную силу, поскольку в 2005 года в украинском законодательстве произошли серьезные изменения, касающиеся применения стандартов.

Обзор правовых аспектов обеспечения «перехода» Украины на новые номинальные значения низкого напряжения 230В/400 В. В Законе Украины «Про стандарти, Технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» в статье 11 «Нормативні документи із стандартизації і застосування стандартів» указано, что «Стандарти застосовуються на добровільній основі, за винятком випадків, коли застосування цих стандартів вимагають Технічні регламенти».

Вопросы обязательности применения стандартов при составлении договоров в Украине регулируются Господарським Кодексом Украины (ГКУ). В статье 15, которая касается технического регулирования в области хозяйствования указано, что «Застосування стандартів чи їх окремих положень є обов'язковим для:

- суб'єктів господарювання, якщо на стандарти є посилання в технічних регламентах;
- учасників угоди (контракту) щодо розроблення, виготовлення чи постачання продукції, якщо в ній (ньому) є посилання на певні стандарти;
- виробника чи постачальника продукції, якщо він склав декларацію про відповідність продукції певним стандартам чи застосував позначення цих стандартів у її маркуванні».

Данное положение ГКУ находится в полном соответствии с европейскими принципами, которые обязывают участника договора безусловно соблюдать требования стандартов, если они указаны в декларации соответствия продукции требованиям Технического регламента или непосредственно в договоре. Таким образом, в соответствии с законодательно установленным в Украине с 2005 года принципом добровольного соблюдения стандартов на-

личие в Украине только стандартов с указанием номинального значения напряжения электрических сетей НН 230/400 В не обязывает энергоснабжающие организации переходить на новое унифицированное значение напряжения. Для этого соответствующее решение должно быть оформлено органами государственной власти, например, Кабинетом Министров Украины, который принимает соответствующий «Технический регламент». В отсутствие такого документа величина напряжения может оговариваться в индивидуальных договорах между потребителем и поставщиком электроэнергии. Для сравнения, в Великобритании значение фазного напряжения 230 В указано в национальном стандарте BS EN 50160:2010, однако обязательную силу ему придает Технический регламент Великобритании №2665 от 2002 г. по безопасности, качеству и непрерывности поставок электроэнергии, в котором также указано это значение напряжения и который утвержден Парламентом Великобритании.

Технические аспекты «перехода» в Украине с номинальных значений фазного (линейного) напряжения 220 В (380 В) на 230 В (400 В).

а) Влияние на работоспособность электроприемников.

Для современной электронной аппаратуры, имеющей в своем составе стабилизированные импульсные источники питания, повышение номинального значения питающего напряжения на 4,5 % (с 220 В до 230 В) является абсолютно несущественным. Исключение составляют устаревшие устройства с источниками питания, имеющими линейные стабилизаторы напряжения, тепловые режимы которых при верхних допусках питающего напряжения могут оказаться недопустимыми и приводить к выходу их из строя.

Чувствительными к значению напряжения питания могут быть установки с асинхронными электродвигателями и устройства, рассчитанные на электропитания напряжением 220 В. Для обеспечения возможности эксплуатации подобных устройств при повышенных питающих напряжениях разработчики ГОСТ 29322-92 (МЭК 38-83) «Стандартные напряжения» предусмотрели «переходный период» (10 лет), в течение которого должен был бы действовать несимметричный допуск на питающее напряжение 230 В +6 % –10 %. В течение этого «переходного периода» предусматривается после выработки ресурса устаревшими устройствами замена их современными устройствами без дополнительных финансовых инвестиций. Ввиду того, что в свое время эти мероприятия не были осуществлены, в современных условиях такой подход является вполне целесообразным при существенном сокращении времени «переходного периода».

б) Возможные «последствия» для энергоснабжающих организаций.

1. При переключении отводов первичной обмотки РТ (6-10/0,4) кВ с «регулированием под напряжением» и «без возбуждения» необходимо осуществлять регулярный контроль значения напряжения с тем, чтобы на низ-

кой стороне РТ значения фазных напряжений не превышали $230 \text{ В} + 6 \%$ (243,8 В), а значения линейных – $400 \text{ В} + 6 \%$ (424 В).

2. При повышении номинального значения фазного напряжения до 230 В рабочая точка кривой намагничивания магнитопровода РТ вследствие необходимости осуществления дополнительного снижения его коэффициента трансформации «смещается» с «прямолинейного» участка, в результате чего синусоидальная форма напряжения на вторичной стороне трансформатора 0,4 кВ искажается, что приводит к появлению дополнительных высших гармоник в кривой фазного (линейного) напряжения сети и, соответственно, к увеличению его несинусоидальности.

3. Существенно повышаются требования к изоляции уже имеющегося в настоящее время устаревшего электрооборудования, в результате чего срок службы его снижается.

4. В связи с наличием в настоящее время в низковольтных четырехпроводных сетях достаточно больших «перекосов» фазных напряжений (из-за наличия систематической несимметрии нагрузки сети) и, соответственно, значений «напряжения смещения нейтрали», при переводе номинального напряжения с 220 В на 230 В будут наблюдаться более высокие перенапряжения в сети, которые могут значительно превышать допустимые уровни фазного напряжения $230 \text{ В} + 6 \%$.

5. Следует определенным образом пересмотреть Методические указания по применению технических средств местного регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности в низковольтных сетях с помощью конденсаторных установок для устранения возможных перенапряжений в сети в режиме «минимума» нагрузки.

В связи с вышеизложенным необходима модернизация основного оборудования в низковольтных сетях с нулевым проводом с целью снижения значения «напряжения смещения нейтрали», а также уровней высших гармоник токов и напряжений, то есть требуется реконструкция элементов сетей НН для снижения их импедансов по нулевой последовательности, в особенности «периферийных» участков линий четырехпроводной сети НН.

Выводы

Поскольку область применения стандарта по характеристикам напряжения ДСТУ EN 50160 является более узкой, чем ГОСТ 13109-97, то должен существовать «переходной период», в течение которого в Украине будут действовать одновременно оба эти стандарта. За это время нормативно-правовая база Украины должна быть дополнена следующими нормативными документами:

- кодексом электрических сетей, или иным документом, устанавливающим показатели качества напряжения для сетей напряжением свыше 150 кВ;
- стандартом по методике измерения показателей качества напряжения ДСТУ IEC 61000-4-30:2010 (принят, но пока не опубликован);

– стандартом по уровням совместимости ДСТУ ІЕС 61000-2-12 (работы по гармонизации находятся на завершающей стадии);

Кроме того, необходимо в настоящее время начать проведение соответствующих мероприятий, предусмотренных ГОСТ 29322-92 для «перехода» номинальных значений напряжения на 230/400 В. При этом основной технической проблемой является обеспечение энергоснабжающими организациями несимметричного допуска на предельно допустимые значения фазного (линейного) напряжения 230(400)В +6 % –10 %. Учитывая, что в настоящее время в Украине, согласно действующему ГОСТ 13109-97, допуск для 95 % результатов измерений значений напряжения составляет ± 5 %, можно считать, что это требование вполне выполнимо, но обуславливает в дальнейшем реализацию определенных организационно-технических мероприятий.

Поступила в редколлегию 05.10.2012

УДК 621.314

Нормативные и технические аспекты обеспечения стандартных характеристик напряжения в системах электроснабжения Украины / А. Ф. Жаркин, В. А. Новский, С. А. Палачев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2012. – № 52 (958). – С. 76-83.

Розглянуто деякі шляхи вирішення проблеми, що виникла при гармонізації нормативних документів у галузі забезпечення характеристик напруги у відповідності з міжнародними європейськими стандартами.

Ключові слова: якість напруги, стандарт, технічний регламент, точка приєднання

Consider some solutions to the problem that has arisen in the harmonization of regulations in the area of voltage characteristics in accordance with international European standards.

Key words: quality of voltage standards, technical regulations, the attachment point.