

Как вы яхту назовете, так она и поплывет!

Часть 1

В статье рассмотрена ситуация, существующая в научно–технической литературе и нормативно–технических документах в части терминологии, применяемой в направлении техники «Силовая электроника» и других смежных с ним направлениях.

Юрий Либенко

Lib7637@rambler.ru

Статья о терминологии, прямо или косвенно относящейся к силовой электронике и смежным с ней направлениям, под названием «Осторожно: терМИНЫ!» была опубликована в 2015–2016 гг. в двух номерах журнала «Практическая силовая электроника» [1, 2]. По мнению автора, эта проблема — непреходящая, но на существенное улучшение ситуации в нормативно–технических документах и профильной научно–технической литературе рассчитывать не приходится. Поэтому наиболее доступным для автора шагом в направлении к улучшению сложившейся ситуации может стать очередное напоминание о ней технической общестественности с помощью повторной и отчасти «освремененной» публикации.

Дело не в том, нравится кому-то термин и его определение или нет, а в тех негативных последствиях, которые могут наступить при недостаточном внимании к данной проблеме. В меньшей мере это отражается на опытных специалистах, численность которых, к сожалению, постоянно уменьшается. Встречавшиеся в разные времена и не с такими проблемами, они, в конце концов, разберутся, что к чему. Больше всего терминологическая путаница может отрицательно отразиться на тех, кто не имеет «старопржежной» подготовки и достаточного практического опыта.

Перейдем к рассмотрению конкретных примеров, начав с источников электроэнергии (ИЭ). Несмотря на то, что они — из смежной области техники (электроэнергетики), специалисты в сфере средств силовой электроники должны представлять, что такое «альтернативный», «возобновляемый» и «нетрадиционный» ИЭ, поскольку при создании преобразователей видов и значений параметров вырабатываемой ими электроэнергии следует учитывать некоторые особенности их технических характеристик.

Существующие в толковых словарях и популярных компьютерных системах толкования (типа «Википедия» и прочее) определения этих трех терми-

нов сразу вызывают вопрос: зачем же так запутывать ситуацию? Судите сами.

*«Альтернатива» — необходимость выбора одной из двух или более **исключающих друг друга** возможностей.*

При этом в технической литературе альтернативными называют обычно источники электроэнергии на основе ветрогенераторов, солнечных батарей и других ИЭ, использующих ресурсы, возобновляемые самой природой (пополняемые естественным путем, неисчерпаемые по человеческим масштабам). Возможно, в будущем такие ИЭ и заменят традиционные, использующие ископаемые и исчерпаемые со временем природные ресурсы — уголь, нефть, газ, радиоактивные руды. Но в настоящее время они не могут быть сравнимыми по мощности, стоимости, непрерывности выработки электроэнергии с «неэкологичными» традиционными ИЭ. Тогда при чем здесь альтернатива по ее определению (см. выше)? Какая у нас есть сегодня возможность взаимоисключающего выбора ИЭ при отсутствии равенства вышеупомянутых характеристик? Ведь мы обсуждаем не научно–фантастические предвидения, а современные и отчасти перспективные технические проблемы выработки электроэнергии и способы преобразования видов и значений ее параметров. Чем пока могут быть такие «альтернативные» ИЭ? В основном только резервными по отношению к основным — традиционным — в составе систем бесперебойного электропитания, и то с рядом существенных ограничений, рассмотрение которых не входит в тему данной статьи. Конечно, при отсутствии традиционных основных ИЭ перечисленные выше нетрадиционные могут как раз и являться основными. Ведь из-за отсутствия альтернативы и исключать нечего!

Вывод 1. *В настоящее время для реальных применений перечисленные выше «альтернативные» ИЭ таковыми не являются.*

Пусть уж лучше называются «нетрадиционными», хотя применимость такого термина к ИЭ является

временной, то есть зависящей от периода, по окончании которого он может стать «традиционным». Принимая во внимание иностранное происхождение термина «альтернативный», можно предположить, что здесь не обошлось без «трудностей перевода».

Возвращаясь к направлению средств силовой электроники, встречаем другой, достаточно распространенный термин в части самого же ИЭ, а именно «*первичный источник электропитания*» (часто встречается и другой вариант — «*источник первичного электропитания*»). Он был широко распространен в книгах и учебниках предыдущего периода времени и поныне используется в статьях, опубликованных в разных научно-технических журналах. Правда, в выпущенных давно [3–5] и относительно новых [6] НТД термина «первичный» нет. Находим весьма близкий к нему термин «*первичный источник питания*» в [7]. Это уже из области ЭМС оборудования сетей связи, но, как говорится, за неимением гербовой... Там определено, что: «*Первичный источник питания — электрическая сеть общего назначения, или источники переменного или постоянного тока местного происхождения*» (наверное, имелись в виду «автономные», но здесь и сейчас это не так важно).

Из вышеприведенного видно, что «*первичный источник электропитания*» есть не что иное, как просто ИЭ. В областях электроэнергетики и электротехники это не вызывает сомнений. Например, из [8] следует, что «*Источником электрической энергии — электротехническое изделие (устройство), преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию*». Как говорится, ни убавить ни прибавить (вот она, классика!). С позиций же средств силовой электроники ИЭ зачастую видится как «первичный источник электропитания», поскольку к нему подключаются «вторичные». Так, в [3] имеется целых 24 термина «вторичный» применительно к различным средствам электропитания и их составным частям. Следствием этого является изобилие аналогичных терминов в [4, 5].

ИЭ «первичный» уже по своей сути и не нуждается в нумерации. Здесь нет альтернативы так же, как понятию «исток реки» (он всегда только один, остальное — притоки, рукава, русла и т. п.). А раз так, то и все подключаемые к ИЭ источники электропитания РЭА не нуждаются в последующей нумерации. Ведь при современном исполнении их в виде набора (линейки) конструктивно и функционально законченных узлов — электронных модулей нулевого уровня разукрупнения: сетевого фильтра, выпрямителя, корректора коэффициента мощности, конвертора — можно дойти и до полного абсурда, нумеруя по нарастающей эти узлы, каждый из которых служит для последующего (кроме конвертора) *n*-ичным источником питания. На самом деле все оказалось гораздо проще: по информации, полученной почти из первых рук, выяснилось, что термин «вторичный» никак не связан с «первичным», а, опять-таки, является следствием трудности перевода при заимствовании в свое время из зарубежной технической информа-

ции. Видимо, это «дошло» до авторов [6], введенного в действие в 2009 году взамен [3], который просто исключил из начального варианта этот необъяснимый термин. В итоге получилось: «Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры (РЭА)» и снова его нечеткое толкование: если имеется в виду электропитание РЭА в целом, то это не что иное, как ИЭ, а если электропитание ее функциональных узлов, то это уже совсем другое (см. далее). Авторы [9–11] вообще «совместили несовместимое»: убрали термин «вторичный», но дали ссылку в части использования терминов на [3], где он применен 24 раза (см. выше). Во многих изданиях (публикациях) можно встретить и другой «самопальный» термин: «*вторичный источник питания*». Суть — та же.

Для того чтобы исключить путаницу, предлагается следующее: давайте не будем называть эту часть РЭА источником питания. Есть как минимум два других, более достойных и профессионально правильных термина: «преобразователь электроэнергии» и «адаптер электропитания». Первый давно существует как бы сам по себе [12] и отражает физическую сущность происходящего в нем процесса: преобразование вида и значений параметров электроэнергии. Второй, на редкость удачно используя в основе зарубежный термин «адаптер» (adapter), отражает назначение данного силового устройства: согласование (взаимное приспособление, адаптация) электрических характеристик электропитания различных функциональных устройств (узлов) РЭА с видами и значениями параметров ИЭ, к которому эта РЭА подключается.

Выбор любого из двух предложенных выше терминов — на усмотрение его пользователя, исходя из решаемой или описываемой им задачи, причем абсолютно без помех друг другу. Возможно также их обоюдное применение, в зависимости от конкретной ситуации и даже в рамках одного текста. В конструкторской документации наименование этого же узла должно быть выбрано однозначно: по наиболее характерному для него признаку — функциональному или конструкционному.

Для полноты информации в части рассматриваемой терминологии следует отметить, что при замене [3] на [6] в последнем появился целый ряд «новых» терминов, зато исчезли некоторые «старые», такие как «средство», «система» и «функциональный узел», «коэффициенты стабилизации и сглаживания пульсаций источника электропитания».

Вывод 2. С появлением [6] ситуация с терминологией для источников электропитания несколько улучшилась, однако сам этот «корневой» термин, по мнению автора данной статьи, все же требует более четкой формулировки (см. вышеприведенные пояснения и предложения). Отсутствие в [6] определения такого принципиально важного термина, как «система электропитания РЭА», объясняется названием данного НТД. Отсутствие его и в других НТД порождает неоднозначность понимания предмета, а порой и просто казусы (см. ниже и снова — заголовок статьи!).

Итак, следующий «занятный» термин из области силовой электроники — «система вторичного электропитания РЭА». Не обращая уже внимания на «вторичность», отметим, что без него спутать данную систему с гипотетической «системой первичного электропитания» нельзя ввиду отсутствия таковой. Ее функцию исполняет ИЭ, автономный или в виде системы электроснабжения общего назначения. Дело здесь в определении рассматриваемого термина [3]: «*Средство вторичного электропитания РЭА, обеспечивающее по заданной программе вторичным электропитанием все цепи комплекса РЭА*». То есть выходит, что если для системы не предусмотрены такая «заданная программа» и реализующие ее аппаратные автоматы или средства вычислительной техники (в большинстве систем это именно так), или РЭА представляет собой не комплекс в его стандартном определении [13], а прибор или одноступенчатое изделие, то «все цепи комплекса РЭА» так и не получают электропитание?

В качестве очередного вывода целесообразно предложить для обсуждения один из возможных вариантов определения термина «система электропитания РЭА» в его современном представлении.

Вывод 3. Система электропитания (СЭП) РЭА (СЭП РЭА) — неотъемлемая составная часть РЭА, обеспечивающая: необходимые виды и уровни параметрической и электромагнитной совместимости функциональных узлов РЭА с одним или несколькими источниками электроэнергии, информационную совместимость с основными частями РЭА и внешними техническими устройствами, заданные требования к безотказности и безаварийности, адаптацию к различным внешним и внутренним нештатным ситуациям, заданные алгоритмы распределения выходной электроэнергии между ее потребителями.

Рассмотрим другой, сопредельный с предыдущим и не менее популярный термин «система электроснабжения» (СЭС), используемый в различных направлениях электроэнергетики, электротехники и средств силовой электроники. Начнем с его определения в наиболее распространенных областях — электроэнергетике и электромагнитной совместимости технических средств, причем из последнего действующего НТД [14]: «*Система электроснабжения общего назначения*», — совокупность электроустановок и электрических устройств, предназначенных для обеспечения электрической энергией различных потребителей электрических сетей».

Несколько более конкретное определение того же вида СЭС приведено в [15]: «*Система электроснабжения — совокупность электроустановок и электрических устройств, предназначенных для производства, передачи и распределения электрической энергии*».

Из обоих определений следует, что в СЭС данного вида не входит ничего, что связано с преобразованием электроэнергии, кроме трансформации (преобразования значения одного из параметров исходной электроэнергии), а именно — изменения (понижения) номинального значения напряжения в направле-

нии ее потребителей. Другими видами преобразования электроэнергии для потребителей наземных стационарных объектов в их составе занимаются отдельные специализированные установки электропитания, в том числе рассмотренные выше СЭП. Например, на наземных стационарных узлах связи с учетом специфики их работы СЭС общего назначения лишь обеспечивает подведение электроэнергии с нормированными показателями качества с одного или двух (основного и резервного) направлений. А уже в составе узла связи имеется так называемая электропитающая установка связи (есть и другие варианты названий при том же содержании). В нее входят выпрямительные, инверторные, контрольные, защитные, коммутационно-распределительные устройства, а также резервные ИЭ в виде дизель-генераторов и аккумуляторных батарей. Основной «продукт» установки — бесперебойное напряжение постоянного тока с номинальным значением 48/60 В.

Другое дело — наземные передвижные (подвижные) объекты. С точки зрения обеспечения электроэнергией их разновидностей существует больше, чем у стационарных, поэтому имеется и большее количество определений СЭС.

Начнем с общего определения СЭС таких объектов, представленного в [16]: «Система электроснабжения — система, объединенная общим процессом генерирования и (или) преобразования энергии, передачи и распределения электрической энергии и состоящая из источников и (или) преобразователей электрической энергии, электрических сетей, распределительных устройств, устройств управления, контроля и защиты, которые обеспечивают поддержание ее параметров в заданных пределах».

В [17] на семь терминов, использующих сочетание слов «система электроснабжения» как базовое с разными добавлениями и уточнениями, имеется пять определений. Там же есть и другое определение СЭС, еще дальше уводящее специалистов в дебри специфики объекта: «Автономная система электроснабжения — система электроснабжения, не имеющая электрических связей с государственной энергетической системой или имеющая связи, параллельная или одновременная работа по которым не предусмотрена».

Хорошо, если это СЭС объектов с основным режимом функционирования на ходу, когда никакие «электрические связи с государственной энергетической системой» вообще не предусмотрены. Но для других видов передвижных объектов, в том числе и на базе гусеничного шасси, подобное вполне возможно. Так, в [18] для всех трех представленных в нем вариантов реализации СЭС передвижных объектов предусмотрено электроснабжение последних в стояночном режиме эксплуатации от стационарных СЭС общего назначения [14], что не вписывается в жесткое разграничение в связях и алгоритме использования электроэнергии стационарных наземных и автономных СЭС, приведенное из [17].

Совсем уж специфические подробности в части состава СЭС военных гусеничных

машин [19] читаем в тамошнем определении термина «СЭС»: «Система электроснабжения — СЭС, состоящая из генератора с приводом от силового двигателя, реле-регулятора, аккумуляторных батарей и главного распределительного устройства».

Принципиальное отличие определений в [16–19] от определений СЭС в [14] и [15] заключается в дополнительном наличии в первых устройствах преобразования электроэнергии, управления, контроля и защиты. В части преобразователей электроэнергии можно утверждать, что именно они «обеспечивают поддержание ее параметров в заданных пределах», а это уже не трансформаторы, а сложные высокочастотные устройства силовой электроники классов AC/DC, AC/AC, DC/DC и DC/AC, способные преобразовывать род тока, частоту и другие показатели электроэнергии. Если сюда добавить и непростые современные устройства управления, контроля и защиты, то это в совокупности с преобразователями электроэнергии и есть та специализированная подсистема, которая упоминалась выше в составе наземных стационарных объектов.

Вывод 4. Да уж! Наворочено так наворочено. Слабым оправданием здесь может быть лишь возможное стремление авторского коллектива окончательно запутать вероятного противника (что с точки зрения автора статьи удалось на славу) в предположении, что свои как-нибудь да разберутся!

В завершение этой части статьи рассмотрим вполне показательный пример, когда путаница в определениях, вызванная двумя созвучными и потому нечетко различаемыми терминами, может привести к негативным последствиям, упомянутым в начале статьи.

В отменном в 2013 году [20] имелось два термина: «импульсное напряжение» $U_{имп}$, измеренное как максимальное значение напряжения при резком его изменении и отсчитываемое от уровня 0 В, и «импульс напряжения» $U_{имп.а}$ — скачок напряжения с тем же максимальным значением, что и у $U_{имп}$, но отсчитываемым от уровня напряжения источника электроэнергии в момент возникновения этого скачка (а это уже совсем другое!).

Для большей ясности в [20] с помощью графических и текстовых пояснений были показаны четкие различия в этих двух терминах, вполне достаточные для их правильного понимания и применения.

Теперь заглянем в ныне действующий [15]: «Импульс напряжения в СЭС — резкое изменение напряжения в СЭС, длящееся малый (какой?) интервал времени относительно определенного (какого?) интервала времени».

«Амплитуда импульса напряжения — максимальное мгновенное значение импульса» (где точка отсчета амплитуды импульса на форме напряжения?).

Трудно сказать, почему в [15] не сохранено вышеприведенное и однозначно понятное различие в определениях двух терминов из [20]. Здесь можно только вспомнить известное выражение «с водой и ребенка выплеснули», так как по факту были проведены две замены НТД, последовавшие одна за другой: в 2013 году —

[20] заменили на [21], который в 2014 году был заменен на [14]. Все, концы в воду!

Теперь о последствиях самой путаницы. Из-за отсутствия в [15] термина «импульсное напряжение» и при наличии терминов «импульс напряжения» и «амплитуда импульса напряжения» с вышеприведенными определениями испытания РЭА на устойчивость к воздействию высоковольтных импульсов напряжения (ВИН) зачастую проводятся не в полном объеме требований. Дело в том, что в большинстве применений выходная цепь имитатора ВИН подключается ко входу электропитания РЭА параллельно цепи от ИЭ через устройство связи-развязки, то есть у двух цепей имеется общая точка (0В ИЭ). В этом случае следует компенсировать значение формируемой амплитуды ВИН добавлением к нему мгновенного значения напряжения ИЭ, существующего в момент подачи ВИН от имитатора. Только при нулевых значениях напряжения ИЭ переменного тока (фазы 0 и 180°) и при провале до 0 В напряжения переменного и постоянного токов компенсация не проводится, а в фазах 90 и 270° ее значение может достигнуть 340 В. Примерно такая же (по величине) «добавка» должна быть предусмотрена и для цепи постоянного тока с диапазоном рабочих значений напряжения 175–320 В, что априори должно быть обеспечено ресурсами имитатора ВИН.

При ориентации специалистов, проводящих испытания, на существующие в [15] определения терминов «импульс напряжения» и «амплитуда импульса напряжения» такая компенсация, как правило, не выполняется из-за неочевидности требования в НТД.

Завершает «парад неточностей» из [15] определение термина «длительность импульса» — это «интервал времени от начала импульса до момента, когда напряжение импульса уменьшается до половины максимального значения его амплитуды».

Данное определение справедливо при теоретически возможном случае $t_{\phi} \rightarrow 0$. На практике минимальным критерием прямоугольности импульса считается соотношение $t_{\phi} \leq 0,1t_{и}$, что вполне применимо и для импульса вида «спадающая экспонента», характерного для ВИН. Нормативная идеализация значения длительности переднего фронта реального ВИН приводит к появлению дополнительной погрешности измерения его длительности. Кроме того, в большинстве других НТД длительность ВИН устанавливается на уровне 0,5 его амплитуды по сечению, проходящему через фронт и спад.

Продолжение следует

Литература

1. Ю. Н. Либенко Осторожно: терМИНЫ! // Практическая силовая электроника. 2015. №4 (60).
2. Ю. Н. Либенко Осторожно: терМИНЫ! (Продолжение) // Практическая силовая электроника. 2016. № 1 (61).
3. ГОСТ 23413-79 «Средства вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Термины и определения».

4. ГОСТ В 24425-90 «Источники электропитания вторичные унифицированные радиоэлектронной аппаратуры. Общие технические требования».
5. ГОСТ В 26854-86 «Источники электропитания вторичные унифицированные радиоэлектронной аппаратуры. Правила приемки и методы испытаний».
6. ГОСТ Р 52907-2008 «Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. Термины и определения».
7. ГОСТ Р 55266-2012 «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование сетей связи. Требования и методы испытаний».
8. ГОСТ 18311-80 «Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий».
9. ГОСТ Р 51225-98 «Источники питания унифицированные наземной радиолокационной техники. Ряды номиналов и типоразмеров».
10. ГОСТ Р 51679-2000. «Источники питания унифицированные наземной радиолокационной техники. Общие технические условия».
11. ГОСТ Р 51986-2002 «Источники питания унифицированные наземной радиолокационной техники. Требования электромагнитной совместимости».
12. ГОСТ 23414-79 «Преобразователи электроэнергии полупроводниковые. Термины и определения».
13. ГОСТ 2.101-68. «Единая система конструкторской документации. Виды изделий».
14. ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
15. ГОСТ Р 54130-2010 «Качество электрической энергии. Термины и определения».
16. ГОСТ В 21134-75 «Системы электроснабжения средств военной техники автономные. Нормы качества электрической энергии».
17. ГОСТ В 26341-84 «Системы электроснабжения средств военной техники. Термины и определения».
18. ГОСТ Р В 51937-2002 «Системы электроснабжения передвижных радиоэлектронных объектов и объектов военной техники связи автономные. Типы. Технические требования».
19. ГОСТ В 21999-86 «Системы электроснабжения военных гусеничных машин. Нормы качества электрической энергии и методы контроля».
20. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».
21. ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».