

УДК 53

DOI: 10.21209/2658-7114-2020-15-3-94-101

Владимир Борисович Венславский,
кандидат физико-математических наук, доцент,
Забайкальский государственный университет
(672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30),
e-mail: *venslav-vb@mail.ru*
ORCID: 0000-0002-0174-0612

Предложения для внесения поправок в стандарт по электротехнике

Термины и понятия ГОСТ Р 52002-2003 через каждые десять лет подвергаются обсуждению и утверждению в исходной или новой редакции. Для новой редакции статей стандарта предлагается ряд уточнений терминов и определений следующих понятий: полный ток, электрическое напряжение, электродвижущая сила, источник электропитания, источник тока, источник напряжения, источник электрической энергии, вольтамперная характеристика, внешняя характеристика, нагрузочная характеристика. Предложена следующая формулировка терминов физических величин и математических моделей: ток (сила тока); напряжение (на участке цепи); напряжение холостого хода; внешняя характеристика нагруженного источника; нагрузочная характеристика.

Ключевые слова: электрический ток, электрическое напряжение, электродвижущая сила, источник электрической энергии, вольтамперная характеристика, внешняя характеристика, нагрузочная характеристика

Введение. Постановлением Госстандарта России от 9 января 2003 г. № 3-ст принят и введён в действие «ГОСТ Р 52002-2003 Электротехника» (основные термины и понятия), в котором ряд терминов и понятий, принятых «ГОСТ 19880-74 Электротехника», изменён и дополнен новыми [3; 4]. В действующий стандарт при очередном продлении требуется, на наш взгляд, внести дополнения и уточнения некоторых терминов и понятий.

При формировании системы терминов и понятий принято отличать имя реального предмета или явления, как «предмета мысли из мира вещей», от имени *физической величины*, введённой для описания различных моделей, как «предмет мысли из мира идей» [2–4]. На первое место при формировании статей ГОСТ разработчики традиционно ставят статью введения термина и определения понятия для реальных предметов и явлений («мир вещей»). Для описания «предмета мысли из мира вещей»

в ГОСТ 19880-74 введён термин *резистор*, а термин *электрическое сопротивление* эксперты оставили за *физической величиной* [5].

Электрический ток. Термин *электрический ток проводимости* в ст. 40 ГОСТ 19880-74 обозначает предмет мысли реального «мира вещей», а при именовании *физической величины* в ст. 41 принято использовать термин *ток проводимости* (ранее во всех учебниках и словарях применялся термин «сила тока») [5]. В примечании 41-й статьи сказано, что «широко применяется термин *сила тока проводимости*» [Там же]. В ГОСТ Р 53002-2003 произошли изменения: в 8-й статье термин *электрический ток* определён как явление (из термина удалено слово «...проводимости»); в ст. 43–47 «(электрический) ток ...» определяется как явление [6]. В ст. 48 для именовании *физической величины* разработчиками стандарта введён термин «(полный) ток», т. е. «предмет мысли мира идей» (без упоминания о «силе тока») [6]. По сложившейся практике термин «ток» используется для описания *физической величины*, хотя, часто приходится уточнять, что речь идёт о *силе тока*. Для *физической величины* следует, с нашей точки зрения, ввести в необязательную часть ранее используемый термин – *ток (сила тока)*.

Среди используемых в электротехнике *физических величин*, как известно, выделены *основные параметры* – это *ток (сила тока)* и *напряжение* как предметы мысли из «мира идей». В настоящей редакции стандарта *электрический ток* – это явление, а *электрическое напряжение* – это только *физическая величина* («мир идей»), что вызывает, с нашей точки зрения, противоречия, которые можно объяснить двойственностью этого понятия [2]. Двойственность подтверждается в определении понятия «*электричество* – совокупность физических явлений, связанных с движением и взаимодействием заряженных тел или частиц» [4; 7].

Электрическое напряжение. Термин *электрическое напряжение (напряжение)* введён авторами 26-й статьи ГОСТ 19880-74 для *физической величины* и определён как «скалярная величина...» [5]. В ст. 29 ГОСТ Р 53002-2003 для именовании *физической величины* авторами предлагается термин «(электрическое) напряжение» [6]. Понятие *электрическое напряжение*, с нашей точки зрения, включает и совокупность явлений – движение материи при подключении *источника электропитания*, результатом которого является возникновение на заданном участке цепи электрического поля значимой интенсивности («мир вещей»). За явлением, с нашей точки зрения, можно закрепить термин *электрическое напряжение*, а за *физической величиной* – *напряжение (падение напряжения)* по аналогии с предложенным уточнением термина *ток (сила тока)* [7]. Возникновение *электрического напряжения* на участке цепи первично по отношению к электрическому току и является основой *взаимосвязи* дуальных *физических величин* – *напряжения* и *тока* в моделях Ома.

Электродвижущая сила. Проблема двойственности при стандартизации, на наш взгляд, относится и к термину и понятию *электродвижущая сила (ЭДС)*. В

статье 28 ГОСТ Р 53002-2003 (как и в предшествующем ГОСТ 19880-74) используется определение ЭДС как физической величины: «ЭДС – это скалярная величина, характеризующая способность стороннего поля и индуктированного электрического поля вызывать электрический ток» [5; 6]. Авторы статьи 28 ГОСТ Р 53002-2003 продлили сомнительные термины и понятия в ст. 21 и 22 – *сторонняя сила* и *стороннее поле* [6]. Называть сторонним полем реально возникающее *электрическое поле в источнике электропитания*, полагаем, нецелесообразно, тем более, вводить в ГОСТ беспрототипное понятие и термин – *сторонняя сила*. Эти два термина, с нашей точки зрения, следует исключить из статей стандарта, тем более, что понятие ЭДС можно определить через понятие *внешняя характеристика* [2]. Понятие ЭДС как *физической величины*, на наш взгляд, можно трактовать через предельное значение *внешней характеристики*, соответствующее режиму холостого хода и однозначно определяемое *напряжением холостого хода* [Там же]. Наше предложение заключается в том, чтобы системный термин и понятие ЭДС рекомендовать экспертному сообществу в качестве предмета мысли реального явления, а за *физической величиной* закрепить термин *напряжение холостого хода*.

Под ЭДС авторы текстов часто понимают именно реальное явление – возникновение динамического равновесия скопившихся носителей электрических зарядов в результате индукции или контактных явлений на границе различных веществ (металлов, металл-электролитов, металл-полупроводников, полупроводников, стратифицированных потоков газовых смесей). Процесс переноса стабилизируется под действием препятствующего электрического поля, возникающего в результате скопления этих носителей [Там же]. Для именованного индуктированного электрического поля при движении проводника в магнитном поле к термину принято добавлять – *ЭДС индукции*. За устоявшимся термином и понятием ЭДС можно, полагаем, закрепить предмет мысли из «мира вещей»: ЭДС – явление движения и преобразование материи, приводящее в результате индукции или контактных явлений на границе различных веществ к разделению и скоплению противоположно заряженных носителей и к их динамическому равновесию под действием образуемого электрического поля, препятствующего процессу переноса. Явление возникновения ЭДС характеризуется переходом различных видов энергии в энергию электрического поля, противодействующего процессу переноса носителей заряда.

Вольтамперная характеристика. Моделирование резистивных элементов электрических цепей принято осуществлять отношением взаимосвязанных основных параметров (тока и напряжения) с помощью *вольтамперной характеристики (ВАХ)*. В 87-й статье ГОСТ 19880-74 и 93-й статье ГОСТ Р 52002-2003 определения ВАХ отличаются: «зависимость *напряжения* на зажимах элемента электрической цепи от *тока* в нём»; «зависимость *электрического напряжения* на зажимах элемента электрической цепи от *электрического тока* в нём» [5; 6]. В ГОСТ 19880-74,

на наш взгляд, в «зависимость» ставятся физические величины, и это правильно, т. к. электрический ток как реальный процесс не может быть изображён на графике. Определение понятия ВАХ должно, мы считаем, начинаться со слов *математическая модель*, а вместо слова «зависимость» должно использоваться – *взаимосвязь физических величин* [2–4]. Наше предложение формулировки понятия: «ВАХ – это математическая модель резистивного прибора или его ветви, отражающая в графической форме взаимосвязь *тока и напряжения*». Это компонентное понятие относится к математическим моделям различных *источников электропитания*.

Источник электрической энергии. В ГОСТ Р 52002-2003 основных терминов и понятий следует, полагаем, включить термин *источник электропитания* и определиться с понятием – *источник электрической энергии* как с «предметом мысли мира идей» или устранить его из определений [2–4]. В ст. 119 ГОСТ Р 52002-2003 понятие *источник электрической энергии* причислено к «предмету мысли мира вещей»: «Активная электрическая цепь – электрическая цепь, содержащая источники электрической энергии» [6]. Определение понятия *источник электрической энергии* как реального элемента электрической цепи используется и во всех (более 11) стереотипных изданиях учебника (А. С. Касаткин, М. В. Немцов) «Электротехника»: «Рассмотрим источник электрической энергии на примере гальванического элемента». Если опираться на эту трактовку понятия, то термин «источник электрической энергии» обозначает реальный прибор («предметы мысли мира вещей»), хотя в термине слово *энергия* – это *физическая величина*. С нашей точки зрения, термин *источник электрической энергии* – это модель («мир идей») *источника электропитания*, которая должна использоваться только для именованя элементов в *схемах замещения* и для их математических моделей, как и специальные термины и понятия теории электрических цепей: *источник тока* и *источник напряжения* [2; 3, с. 85]. В тексте статьи 119 стандарта вместо термина *источник электрической энергии*, на наш взгляд, следует ввести термин *источник электропитания*.

Внешняя характеристика. Существенной проблемой, с нашей точки зрения, является формулировка термина и определение понятия ст. 121 ГОСТ Р 52002-2003: «внешняя характеристика (источника электрической энергии) – зависимость между электрическим напряжением на выводах источника электрической энергии и электрическим током в нём» [6]. Необязательная часть термина авторами 121-й статьи искажена, т. к. классический системный термин в первоисточниках именовался как *внешняя характеристика нагруженного источника (ВХНИ)* [6]. Искажение необязательной части термина привело к переходу от модели системы *источник-приёмник* к компонентной модели *источник электрической энергии*, для которой уже существует математическая модель – это ВАХ [1; 2]. Определение понятия в 121-й статье повторяет формулировку ВАХ, что также не соответствует, с нашей точки зрения, представлению модели системы, заложенной в классическом издании теоретических

основ электротехники [6]. Такую ошибочную, с нашей точки зрения, трактовку понятия, перешедшую в устойчивое заблуждение, ранее допустили авторы учебника «Электротехника» (А. С. Касаткин, М. В. Немцов, 2008. С. 31): «Схема замещения линейного двухполюсника определяется его линейной вольт-амперной характеристикой или внешней характеристикой $U(I)$ ». Авторы текста учебника и 121-й статьи ГОСТ Р 52002-2003 приравняли понятия ВАХ и ВХНИ – это, на наш взгляд, ошибка, перешедшая в заблуждение [1; 2]. Считаем, что термин в ГОСТ Р 52002-2003 должен быть представлен в традиционной формулировке с выделением необязательной части – *внешняя характеристика (нагруженного источника)* [2; 6]. Нами сформулировано предложение для определения понятия: *внешняя характеристика (нагруженного источника)* – математическая модель цепи *источник-приёмник*, представляющая геометрическое место возможных режимов. Область определения графика ВХНИ в вольтамперной системе координат – это первый квадрант, в отличие от ВАХ в режиме генерации – четвёртый квадрант. Единственная общая точка на графике для этих системной и компонентной моделей – это *режим холостого хода*. Построение ВХНИ может быть реализовано двумя методами: экспериментальным методом измерения тока и напряжения при изменении сопротивления *внешней нагрузки*; методом *опрокинутой характеристики* – преобразованием по модулю графика ВАХ источника в режиме генерации (или принятой линейной модели) из четвёртого в первый квадрант [1; 2]. При построении математической модели цепи *источник-приёмник* в графической форме разработчику требуется, как известно, построить ВХНИ и ВАХ внешней нагрузки через точку заданного режима [2]. В большинстве задач в качестве *источников электропитания* используются гальванические аккумуляторы или стабилизаторы напряжения, выходное сопротивление которых на малых нагрузках можно не учитывать и применять модель *идеального источника напряжения* [2]. Преобразование по модулю из 4-го квадранта ВАХ идеального источника напряжения в режиме регенерации позволяет построить ВХНИ – вертикальную линию в первом квадранте [Там же]. Исправление термина и замена определения понятия 121-й статьи позволит, на наш взгляд, установить различие между моделями ВАХ и ВХНИ и устранить заблуждение.

Нагрузочная характеристика. Полнаем, что в ГОСТ Р 52002-2003 следует добавить статью для термина и определения понятия *нагрузочная характеристика*, широко используемого при математическом моделировании в графической форме транзисторных цепей. Нагрузочную характеристику принято находить, ориентируясь на точки пересечения с осями напряжения и тока путём мысленных экспериментов, называемых «опыт холостого хода» и «опыт короткого замыкания» [3, с. 97]. Для определения понятия *нагрузочная характеристика* следует применить термин *внешняя характеристика нагруженного эквивалентного источника*. Термин *нагрузочная характеристика* (иногда называют *линия нагрузки*) широко используется в

отечественных и зарубежных публикациях для построения математических моделей цепей, в которых во внешней цепи более одного элемента, например, для «делителя напряжения». Элемент *внешней* цепи, к которому предусмотрено подключать *нагрузку*, принято называть *рабочим элементом*, а второй – *балластным элементом* ($R_{\text{БАЛЛАСТ}}$). Балластный элемент, как известно, в цепи используется для ограничения напряжения на рабочем элементе и никакого отношения к *нагрузке* не имеет. Термин *нагрузочная характеристика*, между тем, относится именно к *балластному элементу*, который можно виртуально передать в *схему замещения* источника напряжения или идеального источника напряжения – это суть метода эквивалентного источника [2]. Метод эквивалентного источника позволяет свести схему замещения к простому представлению цепи – *эквивалентный источник* и приёмник. Построение математической модели такой цепи-системы в графической форме достигается преобразованием *внешней характеристики* (для *идеального источника напряжения* это вертикаль в первом квадранте из точки режима холостого хода) во *внешнюю характеристику нагруженного эквивалентного источника* [Там же, с. 52]. Эта процедура моделирования методом эквивалентного источника достигается наклоном *внешней характеристики* из точки $(0; U_{\text{ХХ}})$ на *оси холостого хода* на ось *короткого замыкания* в точку $(U_{\text{ХХ}} / R_{\text{БАЛЛАСТ}}; 0)$ [2, с. 52]. Полный алгоритм построения математической модели резистивной цепи в графической форме включает: построение ВАХ рабочего элемента; применение метода *опрокинутой характеристики* для построения *внешней характеристики* нагруженного или ненагруженного источника; применение метода эквивалентного источника для построения *внешней характеристики нагруженного эквивалентного источника* [Там же, с. 52–53]. Системное понятие *нагрузочная характеристика* востребовано для построения модели цепи в графической форме, как геометрическое место возможных *режимов эквивалентного источника* напряжения и рабочего элемента. Мы предлагаем в ГОСТ основных терминов и понятий электротехники добавить новую статью в следующей редакции: *нагрузочная характеристика – это внешняя характеристика нагруженного эквивалентного источника.*

В настоящее время в научной и учебной литературе большинство авторов текстов *внешнюю характеристику* называют *вольтамперной характеристикой*, а востребованное при моделировании транзисторных цепей понятие *нагрузочная характеристика* не определено.

При очередной экспертизе действующего ГОСТ Р 52002-2003 Е00. «Электротехника. Термины и определения основных понятий» разработчикам предстоит рассмотреть предложения экспертного сообщества и принять востребованные, на наш взгляд, решения о новой редакции предложенных статей, устранить искажение необязательной части термина и заблуждение в определении понятия *внешняя характеристика*, ввести в состав «основных» терминов и понятие *нагрузочная характеристика*.

Список литературы

1. Венславский В. Б. Объём понятия внешняя характеристика и проблемы стандартизации. Чита: ЗабГГПУ, 2011. 14 с. (Деп. в ВИНТИ 25.03.2011 г. № 144-В2011).
2. Венславский В. Б. Моделирование электронных систем источник-приёмник: монография. Чита: ЗабГПУ, 2012. 139 с.
3. Гомоюнов К. К. Транзисторные цепи. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 240 с.
4. Гомоюнов К. К., Кесаманлы М. Ф., Кесаманлы Ф. П. Физика. Толковый словарь школьника и студента / под ред. К. К. Гомоюнова, В. Н. Козлова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 486 с.
5. ГОСТ Р 19880-74. Группа E00. Электротехника. Основные понятия. Термины и определения. М.: Госстандарт Совета министров СССР, 1974. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200011373> (дата обращения: 18.05.2020). Текст: электронный.
6. ГОСТ Р 52002-2003 E00. Электротехника. Термины и определения основных понятий (действующий). М.: Госстандарт России, 2013. 31 с. URL: [http://www/docs.cntd.ru/document/1200031279](http://www.docs.cntd.ru/document/1200031279) (дата обращения: 18.05.2020). Текст: электронный.
7. ГОСТ ИЕС 60050-113-2015. М.: Госстандарт России, 2015. Международный электротехнический словарь. Ч. 113. Физика в электротехнике. URL: [http://www/docs.cntd.ru/document/1200031279](http://www.docs.cntd.ru/document/1200031279) (дата обращения: 18.05.2020). Текст: электронный.
8. Круг К. А., Даревский А. И., Зевеке Г. В. Основы электротехники / под ред. К. А. Круга. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1952. 432 с.

Статья поступила в редакцию 10.06.2020; принята к публикации 13.06.2020

Библиографическое описание статьи

Венславский В. Б. Предложения для внесения поправок в стандарт по электротехнике // Учёные записки Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 15, № 3. С. 94–101. DOI: 10.21209/2658-7114-2020-15-3-94-101.

Vladimir B. Venslavsky,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,

Transbaikal State University

(30, Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia),

e-mail: venslav-vb@mail.ru

ORCID: 0000-0002-0174-0612

Proposals for Amendments in the Standard for Electrical Engineering

Terms and concepts GOST R 52002-2003 every ten years are subject to discussion and approval in the original or new edition. For the new edition of the articles of the standard, a number of refinement of terms and definitions of the following concepts are proposed: (full) current; electrical voltage, electromotive force, power source, current source, voltage source,

source of electrical energy, volt-ampere characteristics, external characteristic, load characteristic. The following formulation of the terms of physical quantities and mathematical models is proposed: current (current strength); voltage (in the circuit); open circuit voltage; external characteristic of the loaded source; load characteristic.

Keywords: electric current, electric voltage, electromotive force, electric energy source, current-voltage characteristic, external characteristic, load characteristic

Translit

1. Venslavskij, V. B. Ob"yom ponyatiya vneshnyaya harakteristika i problemy standartizacii. CHita: ZabGGPU, 2011. 14 s. (Dep. v VINITI 25.03.2011 g. № 144-V2011).

2. Venslavskij, V. B. Modelirovanie elektronnyh sistem istochnik-priyomnik: monografiya. CHita: ZabGPU, 2012. 139 s.

3. Gomoyunov, K. K. Tranzistornye cepi. SPb.: BHV-Peterburg, 2002. 240 s.

4. Gomoyunov, K. K., Kesamanly M. F., Kesamanly F. P. Fizika. Tolkovyj slovar' shkol'nika i studenta / pod red. K. K. Gomoyunova, V. N. Kozlova. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2007. 486 s.

5. GOST R 19880-74. Gruppy E00. Elektrotehnika. Osnovnye ponyatiya. Terminy i opredeleniya. M.: Gosstandart Soveta ministrov SSSR, 1974. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200011373> (data obrashcheniya: 18.05.2020). Tekst: elektronnyj.

6. GOST R 52002-2003 E00. Elektrotehnika. Terminy i opredeleniya osnovnyh ponyatij (deystvuyushchij). M.: Gosstandart Rossii, 2013. 31 s. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200031279> (data obrashcheniya: 18.05.2020). Tekst: elektronnyj.

7. GOST IEC 60050-113-2015. M.: Gosstandart Rossii, 2015. Mezhdunarodnyj elektrotekhnicheskij slovar'. CH. 113. Fizika v elektrotehnike. URL: <http://www.docs.cntd.ru/document/1200031279> (data obrashcheniya: 18.05.2020). Tekst: elektronnyj.

8. Krug, K. A., Darevskij, A. I., Zeveke, G. V. Osnovy elektrotehniki / pod red. K. A. Kruga. M.; L.: Gosenergoizdat, 1952. 432 s.

Received: June 10, 2020; accepted for publication June 13, 2020

Reference to article

Venslavsky V. B. Proposals for Amendments in the Standard for Electrical Engineering // Scholarly Notes of Transbaikal State University. 2020. Vol. 15, No. 3. PP. 94–101. DOI: 10.21209/2658-7114-2020-15-3-94-101.