

СООТВЕТСТВИЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ

О номинальном напряжении электроустановки здания

Харечко Ю. В., канд. техн. наук

Проанализированы понятие “номинальное напряжение электроустановки здания” и значения номинального напряжения электроустановки здания.

Ключевые слова: стандартное напряжение, номинальное напряжение, низкое напряжение, электроустановка здания, низковольтная электроустановка.

В Международном электротехническом словаре (МЭС) — стандарте МЭК 60050-601 “Международный электротехнический словарь. Глава 601. Производство, передача и распределение электрической энергии. Общие понятия” [1, 2] дано определение термина “номинальное напряжение системы”: соответствующее приближенное значение напряжения, используемое для обозначения или идентификации системы. Это определение характеризует номинальное напряжение электрической системы, включающей в себя одну или несколько электрических установок.

В другой части МЭС — стандарте МЭК 60050-826 “... Часть 826. Электрические установки” [3] определен термин “номинальное напряжение (электрической установки)”: значение напряжения, которым обозначают и идентифицируют электрическую установку или часть электрической установки.

В стандартах МЭК 60038 “Стандартные напряжения МЭК” [4], МЭК 61936-1 “Энергетические установки переменного тока напряжением, превышающим 1 кВ. Часть 1. Общие правила” [5] и некоторых других при определении термина “номинальное напряжение системы” использовано определение, заимствованное из стандарта МЭК 60050-601. В стандарте МЭК 61439-1 “Низковольтные сборки коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления. Часть 1. Общие правила” [6] термину “номинальное напряжение (электрической системы)” дано похожее определение: приближенное значение напряжения, используемое для обозначения или идентификации электрической системы.

В стандарте МЭК 61643-12 “Низковольтные устройства защиты от импульсных перенапряжений. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений, присоединен-

ные к низковольтным распределительным системам. Принципы выбора и применения” [7] термину “номинальное напряжение системы” дано аналогичное определение: напряжение, посредством которого обозначают систему или оборудование и к которому относят определенные характеристики оперирования (например, 230/400 В). Определение дополнено следующими примечаниями:

при нормальных условиях системы напряжение на зажимах питания может отличаться от номинального напряжения, как установленно допустимыми отклонениями систем питания. В этом стандарте применяют допустимые отклонения $\pm 10\%$;

номинальное напряжение системы — фазы относительно земли называют U_n (см. МЭК 60038);

напряжение системы — линии относительно нейтрали называют U_0 ;

напряжение системы — линии относительно линии называют U .

Стандарт МЭК 60449 “Диапазоны напряжения для электрических установок зданий” [8, 9] содержит следующее определение термина “номинальное напряжение”: напряжение, которым обозначают электроустановку (или часть электроустановки). В примечании к нему имеются два разъяснения:

фактическое значение напряжения в электроустановке может отличаться от номинального напряжения в пределах допустимых отклонений;

напряжения при переходных процессах, например, вследствие коммутации или временные изменения напряжения в результате аномального оперирования при повреждениях в системе, питающей электроустановку, не принимаются во внимание.

В стандартах и других документах МЭК термин “номинальное напряжение” применен для электрических систем и электроустановок, а также для некоторых видов электрооборудования. Однако в подавляющем числе стандартов МЭК, распространяющихся на электрооборудование, используется другой термин — “расчетное напряжение”.

В ГОСТ Р МЭК 60050-826 [10] название термина “номинальное напряжение (электрической установки)” соответствует названию, данному в первоисточнике — стандарте МЭК 60050-826, а определение имеет незначительные отличия: “значение напряжения, которым электрическая установка или ее часть обозначена и по которому она идентифицируется”.

ГОСТ 29322 [11], подготовленный на основе шестого издания стандарта МЭК 60038:1983, содержит следующее определение термина “номинальное напряжение”: “Напряжение, на которое спроектирована сеть или оборудование и к которому относят их рабочие характеристики”.

В ГОСТ Р МЭК 61643-12 [12], подготовленном на основе ранее действовавшего стандарта МЭК 61643-12:2002, термин “номинальное напряжение системы” определен так: “Напряжение, на которое рассчитана система или оборудование и к которому относятся определенные рабочие характеристики (например, 230/400 В). В нормальных условиях системы напряжение на **выходных выводах** может отличаться от номинального напряжения, определяемого допусками систем питания” (здесь и далее выделено автором статьи).

В данном определении допущена ошибка — ключевой термин “зажимы питания”, использованный в первоисточнике, заменен словосочетанием “выходные выводы”. Согласно стандарту МЭК 60038 термин “зажимы питания” определен так: точка в передающей или распределительной сети, обозначенная как таковая и установленная договором, в которой участники договора обмениваются электрической энергией. Поскольку в ГОСТ Р МЭК 61643-12 отсутствует разъяснение словосочетания “выходные выводы”, место, в котором следует контролировать номинальное напряжение, оказалось не определенным.

В ГОСТ Р МЭК 449 [13] термин “номинальное напряжение” определен следующим образом: “напряжение, на которое рассчитана электроустановка (или ее часть).

Примечания:

1. Фактическое значение напряжения может отличаться от номинального напряжения в пределах допустимых отклонений.

2. Напряжения в переходных режимах, обусловленные, например, переключениями, и кратковременные колебания напряжения, обусловленные вынужденными режимами, а также короткими замыканиями в питающей сети, не принимают во внимание”.

В ГОСТ Р 54149 [14] термину “номинальное напряжение” дается следующее определение: “Напряжение, для которого предназначена или идентифицирована электрическая сеть и применительно к которому устанавливают ее рабочие характеристики”.

Термин “номинальное напряжение” широко используют в национальных стандартах, распространяющихся на различные виды электрооборудования. Однако в первоисточниках — стандартах МЭК применяют другой термин — “расчетное напряжение”.

Представленные выше формулировки рассматриваемого термина определяют его как значение напряжения, которое предназначено для обозначения и идентификации электрической системы, установки, оборудования. Поэтому в качестве основы для определения термина “номинальное напряжение электроустановки здания” можно использовать определение термина “номинальное напряжение (электрической установки)” из стандарта МЭК 60050-826. Для применения в национальной нормативной документации рекомендуется следующая формулировка термина: **номинальное напряжение электроустановки здания** — значение напряжения, которым обозначают и идентифицируют электроустановку здания или ее часть.

Значения номинального напряжения для электроустановок зданий, а также для других низковольтных и высоковольтных электроустановок установлены в седьмом издании стандарта МЭК 60038¹. Их применяют в стандартах и других документах Международной электротехнической комиссии, распространяющихся на электрические системы, сети, установки и электрооборудование. В нашей стране значения номинального напряжения должны соответствовать ГОСТ 29322, который действует с 1 января 1993 г.

Стандарт МЭК 60038 распространяется на: электрические системы переменного тока напряжением выше 100 В, стандартной час-

¹ Первое издание стандарта МЭК 60038 было введено в действие в 1927 г.

тотой 50 Гц или 60 Гц, используемые для передачи, распределения и потребления электроэнергии, и на электрооборудование, применяемое в таких системах;

тяговые системы переменного и постоянного тока электрифицированного транспорта;

электрическое оборудование переменного тока с номинальным напряжением ниже 120 В, частотой (как правило) 50 или 60 Гц, электрооборудование постоянного тока с номинальным напряжением ниже 750 В. К нему относятся батареи (из элементов или аккумуляторов), другие источники питания переменного или постоянного тока, электрическое оборудование (включая промышленное и коммуникационное) и бытовые электроприборы.

Международный стандарт не распространяется на напряжения, используемые для получения и передачи сигналов или при измерениях. Он также не распространяется на стандартные напряжения компонентов или частей, применяемых в электрических устройствах или электрооборудовании.

Стандарт МЭК 60038 устанавливает значения стандартного напряжения, которые могут применяться в качестве:

предпочтительных значений для номинального напряжения электрических систем питания;

эталонных значений для электрооборудования и проектируемых систем.

Принятие значений номинального напряжения (или наивысшего напряжения для электрооборудования), установленных в стандарте МЭК 60038, обусловлено главным образом историческим развитием электрических систем питания во всем мире, для которых эти значения оказались наиболее распространенными и получили всемирное признание. Диапазоны напряжений, указанные в международном стандарте, были признаны самыми подходящими в качестве основы для разработки и испытания электрического оборудования и систем. Однако, как отмечено в стандарте МЭК 60038, определение надлежащих значений для испытаний, а также условий испытаний и критериев приемки является задачей систем стандартов и стандартов на изделия.

В табл. 1 подраздела 4.1 “Системы и электрооборудование переменного тока с номинальным напряжением от 100 В до 1000 В включительно” стандарта МЭК 60038 приведены номинальные напряжения систем переменного тока в диапазоне от 100 до 1000 В, которыми следует руководствоваться при вы-

Таблица 1

Трёхфазные четырехпроводные или трехпроводные системы		Однофазные трехпроводные системы
Номинальное напряжение, В		Номинальное напряжение, В
50 Гц	60 Гц	60 Гц
—	120/208	120/240 ^d
230 ^c	240 ^c	—
230/400 ^a	230/400 ^a	—
—	277/480	—
—	480	—
—	347/600	—
—	600	—
400/690 ^b	—	—
1000	—	—

^a Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применять.

^b Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.

^c Значение 200 В или 220 В также используют в некоторых странах.

^d Значения 100/200 В используют в некоторых странах в системах с частотой 50 Гц или 60 Гц.

боре номинального напряжения в распределительных электрических сетях и подключаемых к ним электроустановках зданий.

В стандарте МЭК 60038 указано, что в табл. 1 учтено наличие однофазных электрических цепей, представляющих собой ответвления от трехфазных четырехпроводных и однофазных трехпроводных электрических систем. Меньшие значения в первой и второй колонках этой таблицы являются напряжениями между фазой и нейтралью², большие значения — напряжениями между фазами³. Если указано одно значение, следо-

² Напряжение между фазой и нейтралью — напряжение между фазным и нейтральным проводниками в заданной точке электрической цепи.

³ Напряжение между фазами — напряжение между двумя фазными проводниками в заданной точке электрической цепи.

вательно, оно относится к трехфазным трехпроводным электрическим системам и устанавливает напряжение между фазами. Меньшее значение в третьей колонке — напряжение между фазой и нейтралью, большее значение — напряжение между фазными проводниками⁴.

Напряжения, превышающие 230/400 В, предназначены для применения в электроустановках промышленных и больших торговых предприятий, поскольку они характеризуются значительными нагрузками и протяженными электрическими цепями.

Стандартом МЭК 60038 установлено, что при нормальных условиях оперирования напряжение питания⁵ не должно отличаться от номинального напряжения системы больше, чем на $\pm 10\%$, т. е. этот стандарт ограничил отклонение фактического напряжения в точке подключения электроустановки здания или другой низковольтной электроустановки к распределительной электрической сети значением $\pm 10\%$ номинального напряжения.

В стандарте МЭК 60038 также указано, что диапазон используемых напряжений⁶ зависит от изменений напряжения на зажимах питания и падения напряжения, которое может быть в потребительской электроустановке⁷. Для получения дополнительной информации в стандарте имеется ссылка на ранее действовавший стандарт МЭК 60364-5-52:2001, который в 2009 г. был заменен стандартом МЭК 60364-5-52 “Низковольтные электрические установки. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрического оборудования. Системы электропроводок” [16]. В последнем изложены современные требования к выполнению внутренних электропроводок в электроустановках зданий и других низковольтных электроустановках. На основе стандарта МЭК 60364-5-52 разработан ГОСТ Р 50571.5.52 [17], введенный в действие с 1 января 2013 г. взамен ГОСТ Р 50571.15–97.

⁴ Согласно требованиям ГОСТ Р 50571.1 [15] в однофазной трехпроводной электрической системе, сети или цепи имеются два фазных проводника и нейтральный проводник или PEN-проводник, а также может быть защитный проводник.

⁵ Термин “напряжение питания” определен стандартом МЭК 60038 следующим образом: напряжение между фазами или напряжение между фазой и нейтралью на зажимах питания.

⁶ Термин “диапазон используемых напряжений” в стандарте МЭК 60038 трактуется следующим образом: диапазон напряжений в штепсельных розетках или в точках фиксированных электроустановок, к которым должны быть присоединены электроприемники.

⁷ К потребительским электроустановкам относятся в том числе электроустановки зданий.

Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и на выводах электроприемников для систем переменного тока с номинальным напряжением от 100 до 1000 В включительно приведены в таблице А.1 справочного приложения А стандарта МЭК 60038.

Наибольшие и наименьшие значения напряжения на зажимах питания и выводах электроприемников рассчитаны по данным табл. 1 стандарта МЭК 60038 и следующим указаниям, приведенным в подразделе 525 “Падение напряжения в электроустановке пользователя” стандарта МЭК 60364-5-52:2001: при отсутствии других соображений рекомендуется, чтобы на практике падение напряжения между **вводом в электроустановку пользователя** и электрооборудованием не превышало 4 % номинального напряжения электроустановки. В ГОСТ Р 50571.15 – 97 было указано, что потери напряжения в электроустановках зданий не должны превышать 4 % номинального напряжения установки.

В табл. G.52.1 действующего стандарта МЭК 60364-5-52 для низковольтных электроустановок, подключаемых к электрическим сетям общего пользования, установлены иные значения максимального падения напряжения между **вводом в электроустановку** и точкой подключения нагрузки: для электрических светильников — 3 % номинального напряжения электроустановки, для других электроприемников — 5 %.

ГОСТ Р 50571.5.52 установил такие же значения падения напряжения “между **источником питания** и точкой нагрузки”. Здесь в национальном стандарте допущена грубая ошибка, поскольку, как указано в п. 20.26 ГОСТ Р 50571.1, источником питания обычно является трансформаторная подстанция распределительной электрической сети, к которой подключена электроустановка здания. Поэтому в максимальное падение напряжения, установленное для низковольтной электроустановки, в ГОСТ Р 50571.5.52 некорректно включено падение напряжения в воздушной или кабельной линии электропередачи. Эту ошибку национального стандарта следует исправить.

Значения наименьшего используемого напряжения, приведенные в таблице А.1 стандарта МЭК 60038, необходимо согласовать с требованиями стандарта МЭК 60364-5-52. Для этого последнюю колонку таблицы нужно заменить двумя колонками, в которых должны быть приведены значения наименьшего

Таблица А.1

Системы	Номинальная частота, Гц	Напряжение				
		Наибольшее напряжение питания или используемое напряжение ⁸ , В	Номинальное напряжение, В	Наименьшее напряжение питания, В	Наименьшее используемое напряжение, В	
Трехфазные четырехпроводные или трехпроводные системы	50	253	230 ^c	207	198	
		253/440	230/400 ^c	207/360	198/344	
		440/759	400/690 ^b	360/621	344/593	
		1100	1000	900	860	
	60	132/229	120/208	108/187	103/179	
		264	240 ^c	216	206	
		253/440	230/400 ^a	207/360	198/344	
		305/528	277/480	249/432	238/413	
		528	480	432	413	
		382/660	347/600	312/540	298/516	
		660	600	540	516	
	Однофазные трехпроводные системы	60	132/264	120/240 ^d	108/216	103/206

^a Значение 230/400 В является результатом эволюции систем 220/380 В и 240/415 В, которые завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако системы 220/380 В и 240/415 В до сих пор продолжают применять.

^b Значение 400/690 В является результатом эволюции системы 380/660 В, которую завершили использовать в Европе и во многих других странах. Однако систему 380/660 В до сих пор продолжают применять.

^c Значение 200 В или 220 В также используют в некоторых странах.

^d Значения 100/200 В также используют в некоторых странах в системах с частотой 50 Гц или 60 Гц.

используемого напряжения, рассчитанные с учетом максимального падения напряжения, равного 3 и 5 % номинального напряжения электроустановки.

Номинальное напряжение трехфазных электроустановок жилых и общественных зданий, медицинских учреждений и торговых предприятий, как правило, равно 400 В, однофазных — 230 В. В электроустановках промышленных зданий применяют также более высокие напряжения, например 400/690 В. В нашей стране эти значения установлены ГОСТ 29322 еще в 1993 г. Однако до сих пор указанные номинальные напряжения не нашли должного применения. Даже на уровне

нормативных документов упоминаются значения 220, 380 и 660 В. Например, в п. 7.1.13 главы 7.1 “Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий” ПУЭ [18] указано: “**Питание электроприемников** должно выполняться от **сети 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-S-C**. При реконструкции жилых и общественных зданий, имеющих напряжение **сети 220/127 В** или **3 × 220 В**, следует предусматривать перевод **сети** на напряжение **380/220 В с системой заземления TN-S или TN-S-C**”. Напряжения 220, 380 и 660 В также неоднократно упомянуты в других требованиях ПУЭ.

Помимо указанного недостатка приведенные требования содержат следующие ошибки. Во-первых, все электроприемники электроустановки здания предписано подключать к распределительной электрической сети. Од-

⁸ Термин “используемое напряжение” определен в стандарте МЭК 60038 так: напряжение между фазами или напряжение между фазой и нейтралью в штепсельных розетках или в точках фиксированных электроустановок, к которым должны быть присоединены электроприемники.

нако к ней подключают электроустановку здания в целом, а не отдельные ее элементы (электрическую плиту, чайник, светильник, стиральную машину, холодильник и другие электроприемники). Во-вторых, в требованиях упоминается сеть с системой заземления TN-S или TN-S-C. Но тип заземления системы устанавливают для совокупности распределительной электрической сети и подключенной к ней электроустановки здания. Поэтому в п. 7.1.13 ПУЭ следовало указать, что электроустановка здания должна соответствовать типу заземления системы TN-S или TN-S-C.

Согласно п. 4.2.2 “Медленные изменения напряжения” ГОСТ Р 54149, действующего с 1 января 2013 г., “В электрических сетях низкого напряжения стандартное номинальное напряжение электропитания $U_{ном}$ равно **220 В** (между фазным и нейтральным проводниками для однофазных и четырехпроводных трехфазных систем) и **380 В** (между фазными проводниками для трех- и четырехпроводных трехфазных систем)”. И далее: “... положительные и отрицательные отклонения напряжения в точке передачи электрической энергии не должны превышать 10 % номинального или согласованного значения напряжения в течение 100 % времени интервала в одну неделю”.

ГОСТ Р 54149 определяет показатели и нормы качества электрической энергии в точках ее передачи пользователям электрических сетей низкого, среднего и высокого напряжений систем электроснабжения общего назначения переменного тока частотой 50 Гц. Однако вопреки требованиям стандарта МЭК 60038 и ГОСТ 29322, на который он ссылается, ГОСТ Р 54149 установил устаревшие значения номинального напряжения 220 и 380 В. В то же время предельные отклонения напряжения от номинального установлены в национальном стандарте такими, как в стандарте МЭК 60038.

Такое положение усугубляет хаос в национальной нормативной и правовой документации, поскольку и в ГОСТ 29322, и в новом межгосударственном стандарте, проект которого подготовлен автором статьи на основе стандарта МЭК 60038, **значения номинального напряжения установлены равными 230, 400 и 690 В**. Более того, рассматриваемое требование ГОСТ Р 54149 препятствует реконструкции низковольтных распределительных электрических сетей в нашей стране, оставляя их технически несовершенными.

Таким образом, сетевые предприятия, не желающие модернизировать свои низковольтные распределительные сети, получили негласное “разрешение” и дальше применять морально устаревшее электрооборудование, а предприятия, проводящие модернизацию низковольтных распределительных сетей, — “запрет” на использование современного электрооборудования. Кроме того, некорректное требование ГОСТ Р 54149 предопределяет применение современного электрооборудования с номинальными напряжениями 230, 400 и 690 В при более низких наименьших используемых напряжениях, чем напряжения, предусмотренные стандартом МЭК 60038.

В заключение следует указать на необходимость приведения значений номинального напряжения для низковольтных электрических систем и электрооборудования, указанных в ГОСТ Р 54149, ПУЭ и другой национальной нормативной документации, в соответствие с требованиями стандарта МЭК 60038 и ГОСТ 29322.

Список литературы

1. **International** standard IEC 60050-601:1985. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General. First edition. — Geneva: IEC, 1985.
2. **International** standard IEC 60050-601-am1:1998. International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 601: Generation, transmission and distribution of electricity. General. Edition 1.0. Amendment 1. — Geneva: IEC, 1998-04.
3. **International** standard IEC 60050-826:2004. International Electrotechnical Vocabulary. Part 826: Electrical installations. Second edition. — Geneva: IEC, 2004-08.
4. **International** standard IEC 60038:2009. IEC standard voltages. Edition 7.0. — Geneva: IEC, 2009-06.
5. **International** standard IEC 61936-1:2010. Power installations exceeding 1 kV a.c. Part 1: Common rules. Edition 2.0. — Geneva: IEC, 2010-08.
6. **International** standard IEC 61439-1:2011. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 1: General rules. Edition 2.0. — Geneva: IEC, 2011-08.
7. **International** standard IEC 61643-12:2008. Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems. Selection and application principles. Edition 2.0. — Geneva: IEC, 2008-11.
8. **International** standard IEC 60449:1973. Voltage bands for electrical installations of buildings. First edition. — Geneva: IEC, 1973-01.
9. **International** standard IEC 60449-am1:1979. Voltage bands for electrical installations of buildings. Amendment 1. — Geneva: IEC, 1979-01.
10. **ГОСТ Р МЭК 60050-826—2009**. Установки электрические. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010.
11. **ГОСТ 29322—92 (МЭК 38—83)**. Стандартные напряжения. — М.: Изд-во стандартов, 1992.

12. **ГОСТ Р МЭК 61643-12–2011.** Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Ч. 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения. — М.: Стандартинформ, 2013.
13. **ГОСТ Р МЭК 449–96.** Электроустановки зданий. Диапазоны напряжения. — М.: ИПК “Изд-во стандартов”, 1996.
14. **ГОСТ Р 54149–2010.** Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — М.: Стандартинформ, 2012.
15. **ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364-1:2005).** Электроустановки низковольтные. Ч. 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010.
16. **International standard IEC 60364-5-52:2009.** Low-voltage electrical installations. Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment. Wiring systems. Edition 3.0. — Geneva: IEC, 2009-10.
17. **ГОСТ Р 50571.5.52–2011 / МЭК 60364-5-52:2009.** Электроустановки низковольтные. Ч. 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки. — М.: Стандартинформ, 2013.
18. **Правила устройства электроустановок /** Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1: Общая часть; гл. 1.2: Электроснабжение и электрические сети; гл. 1.7: Заземление и защитные меры электробезопасности; гл. 1.9: Изоляция электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Гл. 7.1: Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий; гл. 7.2: Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений; гл. 7.5: Электротермические установки; гл. 7.6: Электросварочные установки; гл. 7.10: Электролизные установки и установки гальванических покрытий. 7-е изд. — М.: ЗАО “Энергосервис”, 2002.

Y.Kharechko@rambler.ru