

# Безопасность использования – важный критерий при выборе портативного мультиметра



# Введение

Что вы будете делать, если вам понадобится измерить мощность, передаваемую по электрической сети или генерируемую высоковольтным мощным источником электроэнергии? Возьмете первый попавшийся под руку портативный мультиметр? Конечно же, нет!

То же самое можно сказать и о шлемах. Все типы шлемов предназначены для защиты головы, но их конструкция, дизайн и защитные свойства различаются в зависимости от видов деятельности, для которых они предназначены. Шлем, спроектированный для скалолазания, служит для защиты от падения небольших камней или предметов. Велосипедный шлем предназначен для защиты головы при ударе о дорогу или капот автомобиля.

Аналогично конструкции портативных мультиметров отличаются наличием различных степеней защиты от распространенных угроз поражения электрическим током.

Чтобы обеспечить собственную безопасность и безопасность окружающих, нужно выбирать мультиметр, который спроектирован и испытан на соответствующий класс защиты от угроз поражения электрическим током, с которыми вы можете столкнуться.

## Угрозы поражения электрическим током

В современной жизни мы имеем дело с электричеством повсеместно – как дома, так и на работе. И в будильнике, и в духовке – везде используется электричество. Быть может, из-за того, что электричество стало неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, многие из нас не слишком задумываются об опасностях, с ним связанных.

Инженеры, электрики – это те категории работников, повседневная трудовая деятельность которых непосредственно связана с электричеством. Они подвержены наибольшему риску поражения электрическим током.

Продавцы и работники офисов, к примеру, используют электрооборудование, конструктивные особенности которого обеспечивают защиту пользователя от поражения электрическим током. Они в меньшей степени подвержены опасностям, связанным с электричеством.

Таким образом, инструменты и оборудование, которое вы используете, должно конструктивно соответствовать определенному классу электробезопасности для применения в конкретных рабочих условиях.

## Системы электроснабжения зданий

Электричество невидимо. Мы можем не подозревать о присутствии чего-то невидимого. Поскольку визуально определить присутствие электрического тока не всегда представляется возможным, вы можете коснуться опасных токоведущих частей и получить поражение электрическим током, которое при определенных условиях может оказаться смертельным. Чтобы не подвергать себя риску поражения электрическим током, при выборе портативных мультиметров для измерений в сетях электроснабжения зданий вам следует учитывать три ключевых характеристики.

Во-первых, это номинальное значение напряжения в электросети и допустимое отклонение от него. Вы должны знать максимальное значение напряжения, которое может присутствовать в конкретной электросети. Существует множество стандартизованных номинальных значений напряжения в сетях электроснабжения, предназначенных для бытовых и коммерческих (непроизводственных) нужд, а также освещения. Во всех странах Европы и большинстве стран Южной Америки, Африки и Азии используется питающее напряжение  $230\text{ В} \pm 10\%$ , а в Японии, Северной Америке и некоторых северных регионах Южной Америки используют напряжения от 100 до 127 В.

По крайней мере вы должны выбрать мультиметр, рассчитанный на измерение ожидаемого напряжения в электросети.

Однако, если вам известен номинал напряжения в электросети, это только первый шаг. При выборе портативного мультиметра для выполнения измерений вы также должны принять во внимание возможные скачки напряжения, возникающие вследствие переходных процессов в электрических цепях. Возможно, вам приходилось слышать об электриках, ставших жертвами кратковременных скачков напряжения в электросети, которые сбивали их с ног.

Откуда же берутся эти скачки напряжения в сети?

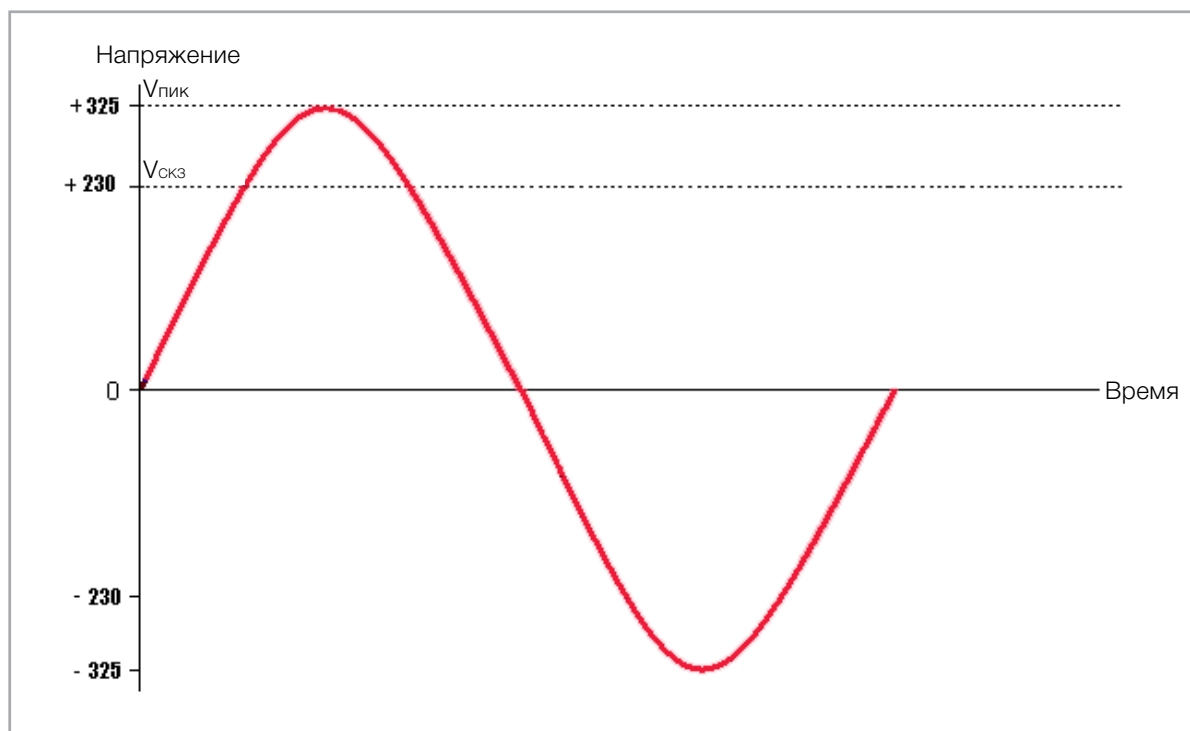


Рисунок 1. Синусоидальное напряжение в электросети 230 В. Отмечены эффективное (среднеквадратическое) и пиковое значения.

## Системы электроснабжения зданий (продолжение)

Два основных источника скачков напряжения в сети электроснабжения включают естественные (природные) причины, такие как молния вне здания, или переходные процессы в результате коммутации элементов системы электроснабжения. Внутри системы электроснабжения могут происходить коммутационные процессы, связанные с включением, отключением и переключением обмоток трансформаторов распределительных подстанций, генераторов, элементов цепей с высокой индуктивностью, а также внезапными изменениями состояний нагрузки и срабатываниями автоматических прерывателей.



Пиковые значения амплитуды таких скачков могут быть от сотен до 6000 В. Они представляют собой импульсы высокого напряжения длительностью от 50 до 200 мкс. Если защитная система вашего измерительного прибора не имеет достаточного запаса прочности, чтобы выдержать подобные скачки напряжения, они могут привести к серьезным травмам или даже гибели.

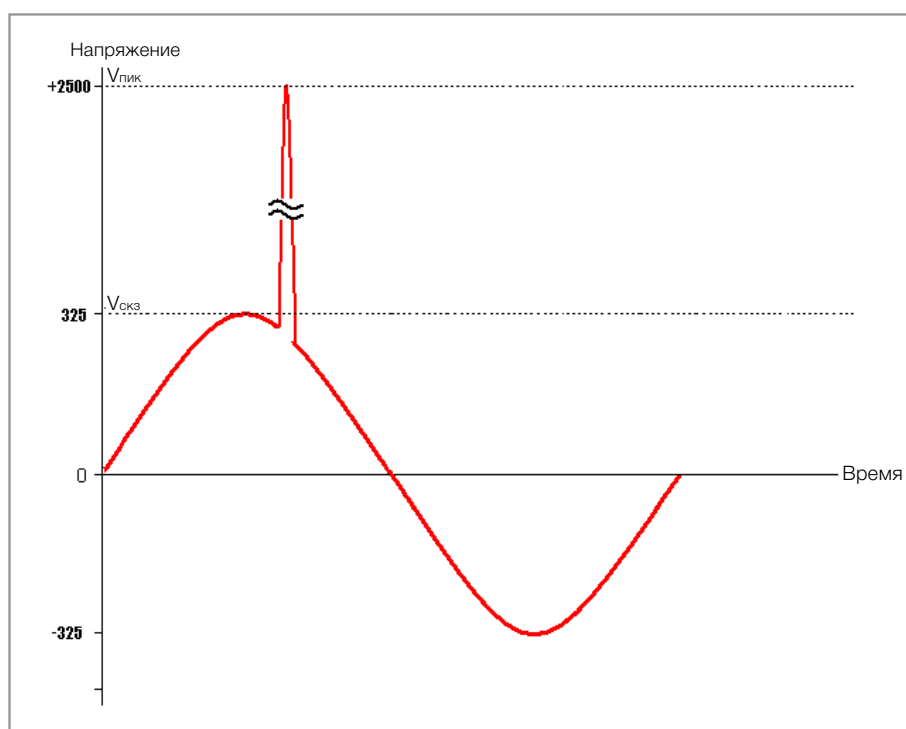


Рисунок 2. Синусоидальное напряжение в электросети 230 В и скачок напряжения с пиковой амплитудой 2500 В, вызванный переходными процессами в системе электроснабжения.

В дополнение к перепадам напряжений, вызванным переходными процессами в электросетях, вам следует учитывать энергоемкость сетей (энергопотенциал). Чтобы обезопасить себя, вы должны знать энергоемкость сети, в которой вы проводите измерения, еще до их начала.

Сети с более высокой энергоемкостью могут доставить в место повреждения (короткого замыкания) больше тока и энергии, чем сети с меньшей энергоемкостью. Таким образом, при выполнении измерений в электросетях с более высокой энергоемкостью опасность поражения электрическим током выше, чем в сетях с низкой энергоемкостью.

Энергоемкость электросети определяется тремя показателями: рабочим напряжением, комплексным сопротивлением (импедансом) сети и характеристиками плавкого предохранителя или автоматического прерывателя. Чем ближе ваша электросеть к источнику энергоснабжения, тем меньше ее импеданс. Другими словами, ток короткого замыкания будет выше, и требуются дополнительные меры предосторожности.

## Категории измерений

Международная электротехническая комиссия (IEC) установила три категории измерений для систем электроснабжения зданий. Чем выше порядковый номер категории, тем на большие скачки напряжения в системе электроснабжения рассчитано измерительное оборудование.

Эти три категории измерений обозначают: Категория II (CAT II), Категория III (CAT III) и Категория IV (CAT IV).

Таблица 1. Определения категорий измерений в соответствии со стандартами IEC

| Категория               | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Категория измерений II  | К этой категории относится оборудование, подключаемое к настенной розетке, вплоть до первого класса защиты от поражения электрическим током для электрооборудования. Измерения в настенной розетке могут выходить за рамки уровней, установленных для CAT II. Все портативные мультиметры должны обеспечивать измерения по CAT III.                        |
| Категория измерений III | Данная категория применима к измерительному оборудованию для контроля параметров электроустановок, полностью расположенных внутри зданий, включая распределительные щитки и напряжение в фазах. Также она относится к большей части стационарного электрооборудования зданий, которое подключается непосредственно к электросети, а не через шнур и вилку. |
| Категория измерений IV  | Данная категория применима к измерительному оборудованию, подключаемому непосредственно к агрегату питания всей системы электроснабжения здания и его первичным цепям: вводному распределительному щитку, первичному счетчику электроэнергии или, возможно, к вторичной обмотке распределительного трансформатора, если он находится внутри здания.        |

В данном семействе стандартов безопасности электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования также определена Категория измерений I, но она не применима к оборудованию для сетей электроснабжения. Она распространяется на все приборы, **за исключением** применяемых для контроля параметров сетей электроснабжения. В будущих версиях стандартов IEC 61010 такое оборудование будет рассматриваться, как оборудование без категории, а не как Категория измерений I.

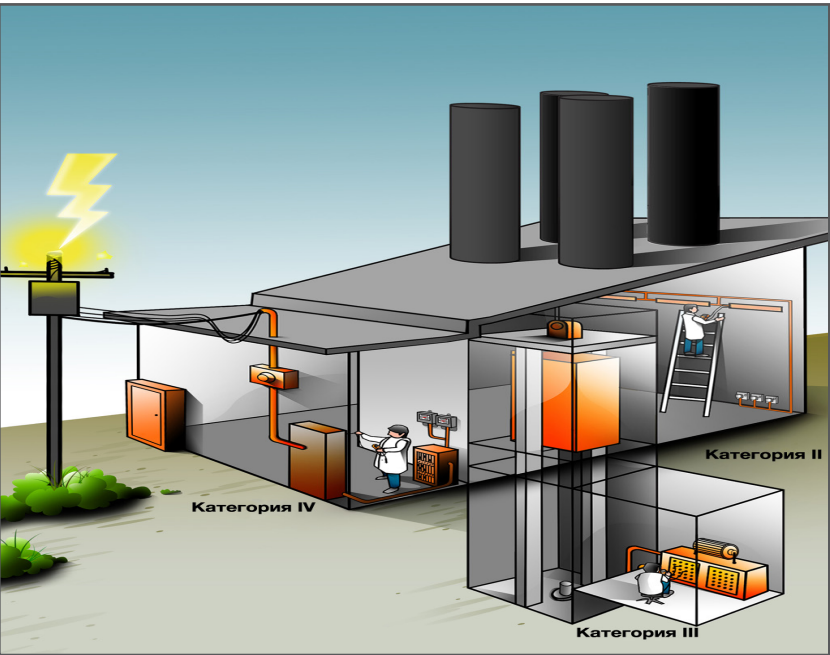


Рисунок 3. Иллюстрация категорий измерений

## Категории измерений — что это значит для вас?

В существующих стандартах IEC 61010 категории измерений определяют максимальную амплитуду скачков напряжения, вызванных переходными процессами, которые могут присутствовать в напряжении сети электроснабжения. Такие скачки напряжения определяются в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2. Амплитуда скачков напряжения для различных категорий измерений

| Номинальное напряжение<br>в сети электропитания<br>(относительно заземления) $V_{скз}$ | Категория<br>измерений II $V_{пик}$ | Категория<br>измерений III $V_{пик}$ | Категория<br>измерений IV $V_{пик}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 100                                                                                    | 800                                 | 1500                                 | 2500                                |
| 150                                                                                    | 1500                                | 2500                                 | 4000                                |
| 300                                                                                    | 2500                                | 4000                                 | 6000                                |
| 600                                                                                    | 4000                                | 6000                                 | 8000                                |
| 1000                                                                                   | 6000                                | 8000                                 | 12000                               |

Все производители портативных мультиметров обязаны наносить на них маркировку, соответствующую категории измерений (CAT II, CAT III или CAT IV). Такая маркировка позволяет пользователям легко определить максимальный уровень кратковременного скачка напряжения, который данный измерительный прибор может безопасно выдержать. На большинстве портативных мультиметров эти показатели нанесены вблизи входных клемм для измерений напряжения/тока. Некоторые производители (включая Keysight Technologies) наносят две различные категории измерений. Как видно из приведенной выше таблицы, CAT III для сетей электроснабжения с напряжением 1000 В имеет тот же показатель устойчивости к скачкам напряжений, что и CAT IV для сетей 600 В. Таким образом, распространенной практикой является нанесение комбинированной маркировки на портативные мультиметры, как показано ниже:



Одной только информации об устойчивости к кратковременным скачкам напряжения недостаточно. Это всего лишь одна из характеристик, которую вам следует рассмотреть при выборе портативного мультиметра. В этом случае определения категорий измерений меняются.

В следующих версиях стандартов электробезопасности оборудования все портативные мультиметры в дополнение к кратковременным скачкам напряжения должны безопасно выдерживать определенные уровни энергетических выбросов. Данные требования еще не отражены в действующих стандартах IEC 61010, но некоторые производители, включая Keysight, уже разрабатывают портативные мультиметры, которые будут отвечать этим новым требованиям.



## Вспышка дуги

Ваш помощник и вы выполняете ряд измерений параметров сети электроснабжения здания в распределительном щитке. Вы только что закончили измерения параметров слаботочных цепей некоего вспомогательного оборудования и собираетесь измерить напряжение в электросети для расчета потребляемой мощности. Ваш помощник держит мультиметр в руках и переключает его с измерений тока на измерения напряжения, но при этом забывает переключить щупы в клеммы для измерений напряжения.

Когда вы касаетесь щупами токоведущих частей соединительных шин, происходит короткое замыкание источника электропитания через низкоомный резистор внутри мультиметра. Через измерительные провода и прибор протекает очень высокий ток. Если вы работаете в зоне очень низкого полного сопротивления электросети, этот ток короткого замыкания может быть величиной в тысячи или даже в десятки тысяч ампер.

Измерительные провода и внутренние цепи прибора не рассчитаны на такие высокие токи. Измерительные провода или прибор, перегорев, разорвут цепь. Когда это случится, в месте разрыва возникнет электрическая дуга.

Если этот процесс немедленно не взять под контроль, дуга вызовет разогрев воздуха и переход его в состояние плазмы (которая проводит электрический ток), что приведет к протеканию еще большего тока по воздуху. Это называется вспышкой дуги. В экстремальных случаях при этом высвобождается столько же энергии, как при взрыве пары динамитных шашек. Жертва вспышки дуги может получить несовместимые с жизнью травмы в виде ожогов от сильного жара. Может ли такое произойти? Безусловно!

**ВНИМАНИЕ**

Вспышка дуги – результат очень распространенной ошибки при использовании портативного мультиметра.



Рисунок 4. Иллюстрация возможной вспышки дуги

## Плавкий предохранитель для сетей с высоким энергопотенциалом

Требования безопасности при выполнении измерений в условиях, определяемых Категориями измерений III и IV, достаточно строгие, и многие руководители предписывают своим работникам использовать защитную одежду (огнестойкие жилеты, изоляционные перчатки, щитки для лица и изолированные ручки инструментов) в зонах проведения подобных работ.

Keysight рекомендует ознакомиться с действующими инструкциями по электробезопасности на местах.

Производители высококачественных портативных мультиметров борются с этим явлением путем включения в состав своих приборов специальных плавких предохранителей для работы в сетях с большим энергопотенциалом. Эти предохранители спроектированы таким образом, чтобы взять под контроль и погасить вспышку дуги до того, как она выйдет за пределы прибора.

На это способны далеко не все плавкие предохранители.

Многие мультиметры укомплектованы маленькими стеклянными вставками, которые не всегда способны взять под контроль вспышку дуги и в некоторых случаях могут и сами взрываться. Некоторые измерительные приборы вообще не имеют каких-либо плавких предохранителей на входе цепей для измерений силы тока, что делает их реакцию в подобных случаях непредсказуемой.

Современные стандарты электробезопасности оборудования не требуют наличия плавких предохранителей для работы в электросетях с высоким энергопотенциалом, но статистика травм указывает на необходимость применения таких предохранителей в портативных мультиметрах. Для вашей же безопасности, вам следует настоять на выборе портативного мультиметра с данным типом плавкого предохранителя на входе цепей, предназначенных для измерений силы тока.



Рисунок 5. Плавкий предохранитель, применяемый в портативных мультиметрах компании Keysight

Таблица 3. Характеристики плавкого предохранителя

| Характеристики          | Описание                                                                |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Номинальное напряжение  | 1000 В постоянного тока или 750 В переменного тока (СКЗ)                |
| Рабочий ток             | Типовое значение 11 А, но может отличаться в зависимости от конструкции |
| Время срабатывания      | Очень быстро                                                            |
| Отключающая способность | Типовое значение 10000 А или более                                      |

## Сертификация

Сертификация на соответствие стандартам и требованиям безопасности крайне важна. Большинство электрооборудования несет на себе маркировку, удостоверяющую, что данный продукт удовлетворяет требованиям соответствующих стандартов и был испытан на соответствие этим стандартам независимой организацией.

Ответственные производители, такие как Keysight, получают сертификаты соответствия требованиям безопасности от независимых испытательных лабораторий таких организаций, как Канадская ассоциация по стандартизации (CSA). Однако, эти органы сертификации не "одобряют" продукцию. Скорее, они оценивают соответствие продукции или систем конкретным требованиям.

Прежде чем вы купите новый портативный мультиметр, не забудьте проверить наличие знака качества признанной испытательной организации. Такой знак качества может быть использован только в том случае, если продукт успешно прошел все проверки на соответствие стандартам организации, которые обычно основываются на национальных или международных стандартах. Как правило, вы сможете найти такую маркировку на задней части мультиметра.

Аналогично, щупы мультиметра тоже должны быть промаркированы по результатам прохождения испытаний на электробезопасность логотипом независимой организации.



## Что означает маркировка CE?

Маркировка «СЕ» является аббревиатурой словосочетания Соответствует Европейским Стандартам (от французской фразы «Conformité Européenne»). Маркировка СЕ не является ни знаком страны производства, ни знаком качества.



Эта маркировка означает соответствие продукта всем применимым стандартам Европейского Союза по безопасности и недопущению вреда здоровью и окружающей среде. Это обязательный знак соответствия для всех продуктов, реализуемых на территории Европейского Союза.

Производителям разрешается проводить сертификацию самостоятельно. Они должны соответствовать стандартам, опубликовать свою Декларацию о Соответствии и промаркировать выпускаемый продукт «СЕ». Поэтому маркировка «СЕ» не является гарантией прохождения независимых испытаний.

В Декларации о Соответствии производитель перечисляет стандарты, которые он использовал при оценке соответствия своего измерительного оборудования. Как минимум в своей Декларации о Соответствии производитель должен указать стандарт безопасности продукции EN 61010-1:2001.

В целях личной безопасности приобретать портативный мультиметр, который имеет только знак СЕ, можно только в том случае, если вы уверены в том, что производитель заслуживает доверия, и вы ознакомились с его Декларацией о Соответствии.

## Заключение

При измерениях мощности сети электроснабжения или других источников электроэнергии вам следует всерьез озаботиться своей безопасностью. Никто не должен ставить свою личную безопасность под угрозу ни по каким причинам. Чтобы чувствовать себя в безопасности, рекомендуем выбирать для измерений мультиметр, позволяющий измерять большее номинальное напряжение, чем ожидается в исследуемой электросети. Всегда выбирайте мультиметры с маркировкой CAT III для измерений параметров элементов системы электроснабжения и CAT IV для измерений вблизи источника электропитания сети. Для защиты от вспышки дуги убедитесь, что вы выбрали портативный мультиметр, имеющий плавкий предохранитель для работы в сетях с большим энергопотенциалом на входе цепей, измеряющих силу тока.

Не забудьте проверить наличие на корпусе мультиметра и щупов, которые вы собираетесь использовать, маркировки о прохождении испытаний на соответствие в одной из независимых организаций, таких как CSA, ETL, TÜV или VDE. Не забывайте о безопасности щупов! Помня о безопасности, вы будете уверены, что высокое напряжение пойдет в ваш измерительный прибор, а не в вас!



Дополнительная информация представлена  
на сайте [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

Для получения дополнительных сведений о продукции, приложениях и услугах Keysight Technologies обратитесь в местное представительство компании Keysight. Полный перечень представительств приведен на сайте [www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

