

**РЕКОМЕНДАЦИИ IEEE  
ПО БЕЗОПАСНОМУ ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТ  
ПРИ ИСПЫТАНИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ УСТРОЙСТВ И УСТРОЙСТВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ**

**1. СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ**

В настоящем разделе приводятся выдержки из стандарта IEEE 510-1983 с указаниями по мерам предосторожности, которые необходимо предпринимать персоналу, работающему с высоковольтной аппаратурой и выполняющему измерения высокого напряжения, а также представлены рекомендации по технике безопасности для снижения рисков, связанных с использованием электроэнергии.

Рекомендации по правилам техники безопасности при испытании электрооборудования имеют отношение не только к персоналу, но и к испытываемому оборудованию, аппаратуре или системе. Эти практические рекомендации, как правило, связаны с безопасностью при проведении лабораторных испытаний в области высокого напряжения, а также при испытании систем со встроенными высоковольтными источниками питания (ВИП) и т. д. В рамках данных практических рекомендаций в качестве фактического минимума для указанных типов испытаний было принято напряжение, равное приблизительно 1000 В. В тех случаях, когда речь идет о более низком напряжении или особых рисках, решение о применимости этих практических рекомендаций необходимо принимать с учетом индивидуальных особенностей ситуации.

- 1.1 Следует считать, что все незаземленные выводы испытательного оборудования или испытываемой аппаратуры находятся под напряжением.
- 1.2 Испытательный стенд и испытываемый образец должны быть надежно подключены к общей линии заземления. Как минимум, допустимый ток заземляющих проводов должен превышать токовую нагрузку, необходимую для отвода максимально возможного тока заземления. При этом необходимо учитывать эффект возрастания потенциала земли вследствие наличия активного и реактивного сопротивления подключения на землю.
- 1.3 Необходимо принять меры предосторожности для предотвращения случайного контакта персонала с выводами под напряжением либо путем экранирования этих выводов, либо используя защитные барьеры вокруг этой зоны.
- 1.4 В схему должны входить контрольно-измерительные приборы для индикации испытательных напряжений.
- 1.5 В целях безопасности необходимо предусмотреть наличие соответствующей схемы коммутации или, где необходимо, присутствие наблюдателя для немедленного обесточивания испытательных схем. При проведении испытаний с применением постоянного тока необходимо принять меры для разряда и заземления выводов под напряжением, а также предусмотреть дополнительную изоляцию.
- 1.6 Испытания высоковольтного оборудования и оборудования большой мощности должны проводиться и контролироваться квалифицированным персоналом.

**2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНЕ ИСПЫТАНИЙ**

- 2.1 На входных дверях или около них должны быть установлены предупреждающие знаки, например «ОПАСНО — ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ».
- 2.2 Насколько это целесообразно, необходимо предусмотреть устройства автоматического заземления для визуально заметного подключения «земли» к высоковольтным цепям, после того как они будут обесточены. В некоторых высоковольтных цепях, особенно в тех, элементы которых переключаются с одной установки на другую, это может быть невыполнимым. В подобных случаях оператор должен подключать «землю» к высоковольтному выводу с помощью надежно изолированной рукоятки. При использовании нескольких соединенных

последовательно конденсаторов подключения к системе заземления одного высоковольтного вывода обычно недостаточно. Промежуточные выводы под напряжением также должны заземляться. Это в первую очередь относится к импульсным генераторам, конденсаторы которых должны замыкаться накоротко и заземляться до и во время работы с генератором.

- 2.3 Защитное заземление контрольно-измерительных приборов (КИП) должно иметь приоритет перед заземлением сигнальных контуров, должно иметь приоритет перед заземлением сигнальных контуров, если не были предприняты иные меры по защите персонала.

### **3. ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ**

- 3.1 Провода от зоны испытаний должны прокладываться только в заземленной металлической оплетке, которая соединяется с заземленным металлическим корпусом — в противном случае должны приниматься иные меры по защите персонала. В эту категорию попадает проводка цепи управления, подключения к измерительным приборам и кабели, подключаемые к осциллографам. При обычных условиях измерительные приборы и другие средства КИП с доступными выводами должны размещаться в металлической камере со смотровым окном.

#### **3.2 Временные цепи**

3.2.1 Временные измерительные цепи должны полностью располагаться в зоне испытаний и хорошо просматриваться через ограждение. В качестве альтернативы измерительные приборы могут располагаться за пределами ограждения при условии, что и сами приборы, и проводка за пределами зоны будут заключены в заземленные металлические кожухи.

3.2.2 С временными цепями управления следует обращаться так же, как с измерительными цепями — они должны размещаться в заземленном корпусе, а все элементы управления в зоне доступа оператора должны иметь потенциал земли.

### **4. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ**

Для лабораторий и испытательных станций следует разработать и обеспечить исполнение свода правил по технике безопасности (ТБ). Эти правила необходимо обсудить с каждым лицом, назначенным для обслуживания испытательной зоны, и предоставить ему их копию. Необходимо выработать и выполнять процедуру периодического анализа этих правил совместно с операторами.

### **5. ПРОВЕРКА СОБЛЮДЕНИЯ ПРАВИЛ ПО ТБ**

Необходимо выработать и применять методику по периодическому инспектированию зон испытаний. По рекомендациям в результате этих инспекционных проверок должны проводиться корректирующие мероприятия в отношении опасного оборудования или практических методов работы, которые не соответствуют предъявляемым требованиям и нормам.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Принцип формирования комиссии по технике безопасности из нескольких операторов с регулярной ротацией доказал свою эффективность не только с точки зрения инспектирования, но и при разъяснении важности соблюдения правил ТБ всему персоналу.

### **6. ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАКОРАЧИВАНИЕ**

- 6.1 Прокладка и подключение временной проводки должны выполняться таким образом, чтобы при случайном обрыве не создавалось опасности для персонала или оборудования.
- 6.2 Устройства, для изоляции которых применяется твердый или жидкий диэлектрик, желательно заземлять и замыкать накоротко, когда они не используются.

6.3 По правилам ТБ необходимо, чтобы емкостные объекты замыкались накоротко в следующих ситуациях:

6.3.1 На любом неиспользуемом емкостном объекте, на который может влиять электрическое поле постоянного тока, высоковольтный вывод, подвергаемый такому воздействию, должен быть заземлен. Несоблюдение этой меры предосторожности может привести к возникновению напряжения в емкостном объекте в результате воздействия поля.

6.3.2 Емкостные объекты с твердым диэлектриком должны замыкаться накоротко после контрольного испытания по постоянному току. Несоблюдение этой меры предосторожности может привести к возникновению напряжения на объекте вследствие рассеяния диэлектрической абсорбции или в периоды, когда объект остается неподключенным к цепи.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** Рекомендуется оставлять все емкостные приборы в короткозамкнутом состоянии, когда они не используются.

6.3.3 Любые емкостные приборы в разомкнутой цепи должны быть замкнуты накоротко и заземлены до того, как к ним будет прикасаться персонал.

## 7. РАСПОЛОЖЕНИЕ

7.1 Все объекты с потенциалом земли **должны** быть удалены от точек с высоким напряжением на расстояние не менее 1 дюйма (25,4 мм) на каждые 7500 В, т. е. для 50 кВ потребуется расстояние не менее 6,7 дюйма (171 мм).

7.2 Длина пути тока утечки должна составлять 1 дюйм (25,4 мм) на каждые 7500 В для изоляторов, контактирующих с точками высокого напряжения.

## 8. ИСПЫТАНИЯ ПРИ БОЛЬШОМ УРОВНЕ МОЩНОСТИ

8.1 К испытаниям при большом уровне мощности относится специальный тип высоковольтных измерений при очень большом токе. Вследствие этого необходимо еще более тщательно соблюдать меры по ТБ во время испытаний при большой мощности. Возможность взрыва испытуемого образца требует особого внимания при обеспечении безопасности работы в лаборатории.

8.2 Персонал, проводящий испытания при высокой мощности, или наблюдающий за ними, должен всегда использовать защитное снаряжение для глаз и лица там, где высока вероятность их поражения без использования такого снаряжения.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** К типичным факторам риска для глаз и лица в зоне испытаний при высокой мощности относятся сильный свет (включая ультрафиолетовое излучение), искры и расплавленный металл.

8.3 Персонал, наблюдающий за проведением испытаний при высокой мощности, должен носить защитные очки со стеклами, поглощающими вредное излучение, на случай неожиданного появления электрической дуги. Линзы очков должны быть ударопрочными и иметь ту степень затемненности, которая соответствует уровню окружающей освещенности в рабочей зоне, и при этом обеспечивать защиту от опасного излучения, возникающего в случае неожиданного появления электрической дуги.

## 9. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- 9.1 Все высоковольтное оборудование должно иметь единый легкодоступный выключатель для его отключения в экстренных ситуациях.
- 9.2 На любом высоковольтном оборудовании должны быть установлены индикаторы, указывающие на наличие высокого напряжения на выходе.
- 9.3 На любом высоковольтном оборудовании должны быть предусмотрены внешние соединения (блокировка), которые при своем размыкании отключают источник высокого напряжения. Такие соединения могут использоваться для защитной блокировки в ограждениях или для защитного выключателя, активируемого рукой или ногой.
- 9.4 Конструкция любого элемента высоковольтного испытательного оборудования должна разрабатываться с учетом анализа отказов. При этом определяется, создаст ли отказ какой-либо части цепи или испытательного образца, который к ней подключен, опасную ситуацию для оператора. При анализе серьезных отказов должна учитываться вероятность отказа элементов, в которых были бы созданы избыточные нагрузки в результате такого отказа. Анализ может ограничиваться влиянием одного серьезного отказа в любой данный момент времени при условии, что такой отказ очевиден для оператора.

