



17C/309/CD

COMMITTEE DRAFT (CD)

IEC/TC or SC: SC 17C	Project number IEC 62271-202, Ed. 1 (old IEC 61330)	
Title of TC/SC: High Voltage Switchgear and Controlgear Assemblies	Date of circulation 2003-07-04	Closing date for comments 2003-10-03
Also of interest to the following committees TC 14, SC 17A, SC 17D, TC 20, TC 89, TC 104	Supersedes documents 17C/295/CD and 17C/305/CC	
Functions concerned: <input checked="" type="checkbox"/> Safety <input checked="" type="checkbox"/> EMC <input checked="" type="checkbox"/> Environment <input type="checkbox"/> Quality assurance		
Secretary: Dr. Hermann Koch (Germany) E-mail: hermann.koch@siemens.com	THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES. RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.	

Название:

МЭК 62271-202 изд. 1: Высоковольтные/низковольтные комплектные подстанции

Copyright © 2003 International Electrotechnical Commission, IEC. All rights reserved. It is permitted to download this electronic file, to make a copy and to print out the content for the sole purpose of preparing National Committee positions. You may not copy or "mirror" the file or printed version of the document, or any part of it, for any other purpose without permission in writing from IEC.

СОДЕРЖАНИЕ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ / НИЗКОВОЛЬТНЫЕ
КОМПЛЕКТНЫЕ ПОДСТАНЦИИ**

ПРЕДИСЛОВИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Комплектные подстанции определяются как оборудование, прошедшее типовые испытания, включающее в себя трансформаторы, низковольтные и высоковольтные распределительные устройства, соединения и вспомогательное оборудование в оболочке, и предназначенное для подачи потребителю электроэнергии низкого напряжения от высоковольтной сети. Эти подстанции находятся в общедоступных местах, и должны обеспечивать безопасность персонала в соответствии с заданными рабочими условиями.

Это означает, что в дополнение к заданным характеристикам, номинальным данным и соответствующим методикам испытаний, особое внимание должно быть уделено требованиям по обеспечению безопасности персонала, операторов, так и широкой публики.

Обеспечение безопасности достигается использованием компонентов, прошедших типовые испытания, и соответствующей конструкции оболочки. Корректная конструкция устройства проверяется также посредством соответствующих типовых испытаний, описанных в данном стандарте, включая испытания на воздействие внутренней дуги.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ / НИЗКОВОЛЬТНЫЕ КОМПЛЕКТНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

Данный Международный стандарт определяет условия эксплуатации, номинальные характеристики, общие требования к конструкции и методам испытаний связанных кабелями высоковольтных/низковольтных и низковольтных/высоковольтных комплектных подстанций, на номинальное переменное напряжение выше 1 кВ до 52 кВ включительно на стороне ВН, и одного или более трансформаторов с рабочими частотами до 60 Гц включительно, наружной установки в общедоступных местах.

Комплектные подстанции могут быть расположены на уровне земли, либо частично или полностью ниже этого уровня.

Обычно, комплектная подстанция включает в себя следующие главные элементы (функции), расположенные внутри оболочки:

- силовые трансформаторы;
- в/в и н/в распределительные устройства и устройства управления;
- в/в и н/в соединители;
- вспомогательное оборудование и цепи.

Тем не менее, соответствующие положения данного стандарта применимы к конструкциям, в которых не все эти элементы присутствуют (например: установка, состоящая из силового трансформатора и низковольтного распределительного устройства).

Примечание: Не комплектные подстанции должны удовлетворять соответствующим требованиям МЭК 61936.

1.2 Нормативная литература

Следующие нормативные документы содержат положения, на которые даются сквозные ссылки в тексте, и которые составляют положения данного Международного стандарта. На момент публикации указанные издания являлись действующими. Все нормативные документы подлежат пересмотру, и сторонам, которые будут согласовывать данный Международный стандарт, предлагается изучить возможность применения самых последних изданий упомянутых ниже нормативных документов.

- МЭК 60050-151 Международный Электротехнический Словарь (IEV) – Раздел 151: Электрические и магнитные устройства.

- МЭК 60050-441 Международный Электротехнический Словарь (IEV) – Глава 441: Коммутационная аппаратура, аппаратура управления и предохранители.

- МЭК 60068-2-75 Испытания на воздействие внешних факторов - Часть 2: Испытания – Проверка ЭДС: ударная нагрузка, испытание на удар на маятниковом копре.
- МЭК 60076 Силовые трансформаторы
- МЭК 60076 -1 Силовые трансформаторы - Часть 1: Общие положения.
- МЭК 60076-2 Силовые трансформаторы - Часть 2: Нагрев.
- МЭК 60076-5 Силовые трансформаторы - Часть 5: Способность выдерживать короткое замыкание.
- МЭК 60076-10 Силовые трансформаторы - Часть 10: Определение уровней шума
- МЭК 60243-1 Методы испытаний электрической прочности твердых изолирующих материалов - Часть 1: Испытание при промышленных частотах.
- МЭК 60298 Коммутационная аппаратура и аппаратура управления, заключенные в металлическую оболочку, на номинальные переменные напряжения свыше 1 кВ и до 52 кВ включительно.
- МЭК 60354 Рекомендации по заправке маслонеполненных силовых трансформаторов.
- МЭК 60364-4-41 Электрооборудование зданий - Часть 4: Обеспечение безопасности.– Глава 41: Защита от поражения электрическим током.
- МЭК 60439-1 Элементы коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления низкого напряжения - Часть 1: Элементы, прошедшие частично или полностью типовые испытания.
- МЭК 60466 Коммутационная аппаратура и аппаратура управления переменного тока в изоляционной оболочке, на номинальные напряжения свыше 1 кВ и до 38 кВ включительно.
- МЭК 60529 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (IP code).
- МЭК 60664-1 Координация изоляции оборудования в системах низкого напряжения. - Часть 1: Методы, требования и испытания.
- МЭК 60694 Общие положения стандартов на коммутационную аппаратуру и аппаратуру управления высокого напряжения.
- МЭК 60695-11-10 Испытание на воспламеняемость. – Часть 11-10: Test flames - Методы 50 Вт испытаний на воспламеняемость вертикальным и горизонтальным пламенем.
- МЭК 60724 Предельные температуры короткого замыкания электрических кабелей с номинальными напряжениями 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) и 3 кВ ($U_m = 3,6$ кВ).
- МЭК 60726 Силовые трансформаторы сухого типа.

- МЭК 60905 Рекомендации по заправке силовых трансформаторов сухого типа.
- МЭК 60947-1 Коммутационная аппаратура и аппаратура управления на низкое напряжение - Часть 1: Общие правила.
- МЭК 61180-1 Методы испытаний низковольтного оборудования высоким напряжением - Часть 1: Определения, требования к испытаниям и методикам.
- МЭК 61641 Заключенные в оболочку элементы коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления- Рекомендации по проведению испытаний в условиях дугового разряда, вызванного внутренним КЗ.
- Рекомендации 52 ИСО/МЭК Аспекты безопасности. – Рекомендации по их включению в стандарты.

1.3 Определения

Следующие определения применяются в целях данного Международного стандарта. Касательно определений общих терминов, использованных в данном Международном стандарте, ссылка дается на МЭК 60050 (441).

1.3.1 комплектная подстанция: прошедший типовые испытания сборный узел, внутри оболочки которого, содержатся элементы (функции), описываемые в 1.1.

1.3.2 транспортный узел: Часть комплектной подстанции, пригодная для транспортировки без демонтажа.

1.3.3 оболочка: Часть комплектной подстанции, обеспечивающая защиту подстанции от внешних воздействий и заданную степень защиты операторов и широкой публики от приближения (подхода) и контакта с деталями под напряжением и от контакта с движущимися частями.

1.3.4 отсек: Заключенная в оболочку часть комплектной подстанции, за исключением отверстий, необходимых для соединений, управления и вентиляции.

ПРИМЕЧАНИЕ – Отсек может быть назван по наименованию главной составляющей, содержащейся в нем, например, трансформатор, высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления, низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления соответственно.

1.3.5 элемент: Значимая (важная) деталь (часть) комплектной подстанции, которая выполняет одну или несколько специальных функций (например, трансформатор, высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления, низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления, и т.д.).

1.3.6 перегородка: Часть (деталь) комплектной подстанции, отделяющая один отсек от других отсеков.

1.3.7 главная цепь: Все токопроводящие части комплектной подстанции, включенные в цепь, предназначенную для передачи электроэнергии.

1.3.8 вспомогательная цепь: Все токопроводящие части комплектной подстанции, включенные в цепь (отличную от главной), предназначенную для управления, измерения, передачи сигналов, регулирования, освещения и т.д.

1.3.9 номинальное значение: Числовое значение, обычно задаваемое изготовителем, для заданного рабочего режима комплектной подстанции. [IEV 151-04-03, изм.]

1.3.10 степень защиты: обеспечиваемая оболочкой степень защиты от доступа к опасным частям, от проникновения твердых посторонних предметов и/или от проникновения влаги, а также подтвержденная стандартизированными методами испытаний.

1.3.11 температура окружающего воздуха: Определяемая при заданных условиях температура воздуха, окружающего оболочку, комплектной подстанции.

1.3.12 класс оболочки: разность температур между трансформатором в оболочке и аналогичным трансформатором снаружи оболочки при нормальных условиях эксплуатации, согласно определению 2.1 настоящего стандарта. Номинальные параметры трансформатора (мощность и потери) соответствуют максимальным номинальным параметрам комплектной подстанции.

1.3.13 коэффициент нагрузки трансформатора: значение постоянной силы тока в относительных единицах, полученное от трансформатора при постоянном напряжении

1.3.14 комплектная подстанция, классифицированная по воздействию внутренней дуги (IAC): Комплектные подстанции, для которых, в случае возникновения внутренней дуги, выполняются установленные критерии защиты персонала, что должно быть подтверждено соответствующими испытаниями.

2. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

2.1 Нормальные условия эксплуатации

Если в данном стандарте не оговорено иное, то, в соответствии с МЭК 60694, комплектная подстанция должна быть разработана таким образом, чтобы использоваться на открытом воздухе, при нормальных условиях эксплуатации.

В соответствии с МЭК 60694, предполагается, что внутри оболочки преобладают нормальные условия эксплуатации для внутренней установки. Тем не менее, температура окружающего воздуха внутри оболочки комплектной подстанции будет отличаться от температуры окружающего воздуха, как определено в 1.3.11.

Если температура окружающего воздуха внутри подстанции превышает пределы, установленные для компонентов в соответствующих стандартах на изделие, то может возникнуть необходимость понижения номинальных параметров.

2.1.1 Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

Применим МЭК 60694.

2.1.2 Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления.

Применим МЭК 60439-1.

2.1.3 Трансформатор

Трансформатор, нагруженный номинальным током, внутри оболочки нагревается больше, чем при эксплуатации на открытом воздухе, и, как определено публ. МЭК 60076-2, или МЭК 60726, температурные пределы могут быть превышены.

Условия эксплуатации трансформатора будут определяться в соответствии с местными (локальными) внешними условиями эксплуатации и классом оболочки (см. 4.102).

Это позволит изготовителю трансформатора или потребителю вычислить возможное понижение номинальных параметров. (см. Приложение D).

2.2 Специальные условия эксплуатации

Если комплектная подстанция используется при условиях, отличающихся от нормальных условий эксплуатации, приведенных в п. 2.1, применимо следующее:

2.2.1 Высота над уровнем моря

В отношении следующего оборудования должны быть предприняты меры предосторожности:

2.2.1.1 Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

При установке выше 1000м над уровнем моря, см. публ. МЭК 60694.

2.2.1.2 Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

При установке выше 2000м над уровнем моря, см. публ. МЭК 60439-1.

2.2.1.3 Трансформатор

При установке выше 1000м над уровнем моря, см. публ. МЭК 60076-2 или МЭК 60726.

2.2.2 Загрязнение

В случае, если изоляция внутри оболочки подвергается воздействию, то степень загрязнения выбирается из условия, что переносимая по воздуху соль, либо промышленные загрязнения, вносимые через вентиляцию оболочки, не будут смываться дождем. Степень загрязнения внутри оболочки при таких обстоятельствах может быть более высокой, чем снаружи оболочки.

При установке в условиях загрязненной атмосферы, степень загрязнения должна определяться согласно соответствующим стандартам для следующего оборудования:

Для установок, предназначенных для использования в средах с уровнями загрязнения III или IV по МЭК 60815, подвергающаяся воздействию изоляция, при наличии, должна быть разработана таким образом, чтобы выдерживать эти уровни загрязнения. В качестве альтернативы можно принять меры, предотвращающие накопление загрязнений на поверхностях изоляции, подвергающихся воздействию.

2.2.2.1 Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

См. МЭК 60694.

2.2.2.2 Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

См. МЭК 60664-1.

2.2.2.3 Трансформатор

МЭК 60076 и МЭК 60726 не рассматривают загрязнение в качестве специального условия эксплуатации.

2.2.3 Температура

Для комплектных подстанций, расположенных в местах, где температура окружающего воздуха может значительно выходить за пределы диапазона температуры, установленного для нормальных условий эксплуатации в п. 2.1, предпочтительные задаваемые пределы температуры, должны быть определены как:

-50 °C и +40 °C для очень холодного климата.

-5 °C и +50 °C для очень жаркого климата.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КОМПОНЕНТАМ

Все компоненты должны удовлетворять соответствующим стандартам МЭК:

В частности:

- трансформаторы - МЭК 60076-1 или МЭК 60726;
- высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – МЭК 60298 или МЭК 60466;
- низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - МЭК 60947-1 и МЭК 60439-1.

4 НОМИНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

К номинальным характеристикам комплектной подстанции относятся:

- a) номинальные напряжения; (U_r)
- b) номинальные уровни прочности изоляции;
- c) номинальная частота и число фаз; (f_r)
- d) номинальные токи главных цепей; (I_r)
- e) номинальные токи термической стойкости (I_k) главных цепей и цепей заземления;
- f) номинальные токи электродинамической стойкости, (I_p) при наличии, главных цепей и цепей заземления;
- g) номинальная длительность короткого замыкания; (t_k) главных цепей и цепей заземления;
- h) номинальное напряжение питания приводных устройств и вспомогательных цепей; U_a
- i) номинальная частота источника питания приводных устройств и вспомогательных цепей;
- j) номинальная максимальная мощность комплектной подстанции;
- k) номинальная максимальная мощность трансформатора;
- l) потери трансформатора при номинальном напряжении и номинальном токе;
- m) номинальный класс оболочки.

4.1 Номинальные напряжения

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694.

Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60947-1 и МЭК 60439-1.

4.2 Номинальные уровни прочности изоляции

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694, а низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1 и МЭК 60947-1.

Минимальное номинальное выдерживаемое импульсное напряжение низковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления должно иметь, по крайней мере, значение, заданное для класса перенапряжения IV в таблице 1 МЭК 60664-1. В зависимости от сети, в других странах может потребоваться более высокий уровень прочности изоляции.

4.3 Номинальная частота и число фаз

См. МЭК 60694, МЭК 60947-1 и МЭК 60439-1 с добавлением следующих номинальных значений: 16 2/3 Гц и 25 Гц.

4.4 Номинальный рабочий ток и превышение температуры

4.4.1 Номинальные рабочие токи

См. МЭК 60694 и МЭК 60439-1.

4.4.2 Превышение температуры

В оболочке максимально допустимая температура не должна превышать требования таблицы 3 строка 9 в МЭК, 60694 для легкодоступных частей, которых можно коснуться в нормальном режиме эксплуатации.

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694.

Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1.

Превышение температуры компонентов комплектной подстанции, имеющих собственные спецификации, не охваченные МЭК 60694 и МЭК 60439-1, не должно быть выше максимально допустимых температур и пределов превышения температуры, указанных в соответствующем стандарте каждого компонента.

Максимально допустимое превышение температуры соединителей приведено в стандартах МЭК 60694 и МЭК, 60439-1 применительно к контактам, соединительным деталям и металлическим частям, контактирующим с изоляцией. Для трансформатора учитывают коэффициент нагрузки, соответствующий п. 2 данного стандарта. См. приложение D и МЭК 60354 и МЭК 60905.

4.5 5 Номинальные токи термической стойкости

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694, низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1.

Номинальный ток термической стойкости должен быть также задан для цепи заземления. Это значение может отличаться от значения для главной цепи.

4.6 Номинальные токи электродинамической стойкости

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694, низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1.

Номинальный ток электродинамической стойкости должен быть также задан для цепи заземления. Это значение может отличаться от значения для главной цепи.

Примечание: Как правило, номинальный ток термической стойкости, и номинальный ток электродинамической стойкости главной цепи не могут превышать соответствующих номинальных значений самого слабого из ее последовательно соединенных элементов. Однако, для каждой цепи или отсека, обычно используются устройства, ограничивающие ток короткого замыкания, такие как токоограничивающие предохранители, реакторы, и т.д.

4.7 Номинальная длительность короткого замыкания

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694, низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1, трансформаторы – см. МЭК 60076-5 и МЭК 60726.

Номинальная длительность короткого замыкания должна быть также задана для цепи заземления. Это значение может отличаться от значения для главной цепи.

4.8 Номинальное напряжение питания устройств включения и отключения, вспомогательных цепей и цепей управления

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694; низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1.

4.9 Номинальная частота источника питания устройств включения и отключения, вспомогательных цепей и цепей управления

Высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления - см. МЭК 60694; низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления – см. МЭК 60439-1.

4.101 Номинальная максимальная мощность комплектной подстанции

Номинальная максимальная мощность комплектной подстанции задается максимальными номинальными значениями трансформаторов, для которых подстанция была разработана.

Номинальными значениями каждого отдельного трансформатора являются - номинальная мощность, полное сопротивление короткого замыкания (значение в процентах) и номинальные суммарные потери трансформатора, в соответствии с определенным в МЭК, 60076-1 или МЭК 60726.

ПРИМЕЧАНИЕ – Мощность, отбираемая от комплектной подстанции, может быть ограничена значением, меньшим номинальной максимальной мощности, согласно классу оболочки и температурному режиму окружающего воздуха.

4.102 Номинальный класс оболочки

Номинальный класс оболочки - категория оболочки, соответствующий номинальной максимальной мощности комплектной подстанции.

Номинальный класс оболочки используется для определения коэффициента нагрузки трансформатора без превышения предельных температур, приведенных в публ. МЭК 60076 или МЭК 60726 и описанных в приложении D.

Имеются шесть номинальных классов оболочки: классы 5, 10, 15, 20 25 и 30, соответствующие предельному значению превышения температуры 5K, 10K, 15K, 20K K, 25K и 30 K, соответственно (см. рис. 1, 2 и 3).

ПРИМЕЧАНИЕ – Изготовитель может задать для оболочки несколько классов, соответствующих различным значениям мощности и потерь трансформатора. Эти дополнительные классы должны быть подтверждены испытанием согласно п. 6.3.

5 КОНСТРУКЦИЯ И УСТРОЙСТВО

Комплектные подстанции должны быть разработаны так, чтобы можно было безопасно осуществлять стандартное обслуживание, осмотр и ремонт.

5.1 Заземление

Необходимо предусмотреть главную систему заземляющих проводников для подсоединения всех металлических масс комплектной подстанции к земле. Она состоит из главного заземляющего проводника, с которым связан каждый элемент через отдельную цепь. В приложении XX показаны несколько примеров.

Если рама оболочки, или арматура бетона, выполнены из сболченного или сварного металлического материала, они могут выполнять функцию главной системы заземляющих проводников.

В приложении F приведены несколько типичных примеров систем заземления.

Главная система заземляющих проводников должна быть разработана так, чтобы выдерживать номинальные ток термической стойкости и ток электродинамической стойкости при условии заземления нейтрали системы.

Плотность тока в заземляющем проводнике при заданных условиях отказа, если он медный, не должна превышать 200 A/mm^2 при номинальной длительности КЗ 1 сек и 125 A/mm^2 , при номинальной длительности короткого замыкания 3 сек. Однако, его площадь поперечного сечения не должна быть менее 30 мм^2 . Он должен заканчиваться соответствующим выводом, предназначенным для

подключения к заземлению установки. Если заземляющий проводник выполнен не из меди, необходимо, чтобы он удовлетворял равнозначным термическим и механическим требованиям.

Внешние металлические крышки и двери подстанции должны быть разработаны таким образом, чтобы они пропускали 30 А (постоянный ток) от себя до главной точки заземления подстанции, при падении напряжения максимум на 3 В.

Необходимо обеспечить непрерывность заземления, принимая во внимание термические и механические напряжения, вызванные протекающим током.

Элементы, которые будут связаны с цепью заземления, включают в себя:

- оболочку комплектной подстанции, если она металлическая;
- оболочку, если она металлическая, высоковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления от вывода, предусмотренного для этой цели;
- металлические экраны и заземляющие проводники высоковольтных кабелей;
- резервуар трансформатора или металлическую раму трансформаторов сухого типа;
- раму и-или оболочку, если они металлические низковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления;
- заземляющие соединения устройств автоматического управления и устройств дистанционного управления.

Если оболочка комплектной подстанции не металлическая, то металлические двери, и другие доступные металлические части оболочки могут быть связаны с цепью заземления. Если они связаны или, в случае металлических оболочек, необходимо предусмотреть соответствующие средства заземления вокруг комплектной подстанции, чтобы предотвратить опасные напряжения касания.

Для осуществления взаимосвязи в пределах комплектной подстанции допускается крепление болтами, сваркой или клепкой для обеспечения неразрывности электроцепи между рамой, крышками, дверями или другими конструктивными элементами, при условии, что принимаются во внимание тепловые и механические напряжения, вызванные протекаемым током.

5.2 Вспомогательное оборудование

Низковольтные установки внутри комплектной подстанции (например, освещение, вспомогательные источники питания, и т.д.), см. МЭК, 60364-4-41 или 60439-1.

5.3 Паспортная табличка (шильдик)

Каждая комплектная подстанция должна обеспечиваться прочной и удобочитаемой паспортной табличкой, которая должна содержать, по крайней мере, следующую информацию:

- наименование изготовителя или товарный знак;
- обозначение типа;
- заводской №;

- номер данного стандарта;
- год изготовления.

5.4 Степень защиты и внутреннее короткое замыкание

5.4.1 Степень защиты

Необходимо предусмотреть защиту персонала от доступа к опасным частям, а также и защиту оборудования от проникновения твердых посторонних предметов и проникновения влаги.

Минимальная степень защиты оболочек комплектной подстанции должна быть IP23D в соответствии с МЭК 60529. Согласно публ. МЭК 60529 может быть задана более высокая степень защиты.

Степени защиты подстанций, разделенных на отсеки, могут быть определены, для каждой части оболочки, соответствующей каждому отсеку.

ПРИМЕЧАНИЕ – При управлении комплектной подстанцией извне, степень защиты может быть снижена. Могут потребоваться иные средства защиты персонала от приближения к опасным частям.

5.4.2 Защита комплектной подстанции от механического напряжения

Оболочка комплектной подстанции должна иметь достаточную механическую прочность и должна выдерживать следующие нагрузки и ударные воздействия:

а) нагрузка на кровлю:

– минимум $2\ 500\ \text{Н/м}^2$ (монтажные и иные нагрузки);

В случае, если комплектная подстанция размещена под землей, в зоне движения транспорта, необходимо руководствоваться действующими национальными положениями.

– снеговые нагрузки – в соответствии с местными климатическими условиями;

б) ветровые нагрузки на оболочку:

– ветровые нагрузки – в соответствии с публ. МЭК 60694;

с) внешние механические воздействия на крышки, двери и вентиляционные отверстия :

– внешние механические воздействия с энергетикой удара 20 Дж.

Случайные механические воздействия сверх этого значения (например, столкновения машин) не рассматриваются в настоящем стандарте и их необходимо предотвращать, при необходимости, иными предусмотренными средствами.

5.4.3 Защита окружающей среды от последствий внутренних дефектов

При наличии внутренних дефектов, приводящих к вытеканию из оборудования опасных жидкостей (например, трансформаторного масла) необходимо принимать

меры по защите окружающей среды.

а) Необходимо принимать меры по сорбированию опасных жидкостей, предотвращая, таким образом, загрязнение почвы. Если сборный бак является частью оболочки, необходимо указать его емкость (объем).

5.4.4 Внутреннее короткое замыкание

Комплектные подстанции, которые удовлетворяют требованиям настоящего стандарта, разработаны, как правило, таким образом, чтобы не допускать возникновения внутренних КЗ.

Для достижения этой цели изготовитель комплектной подстанции должен обеспечить надлежащее изготовление, подтвержденное проведением приемосдаточных испытаний в соответствии с п. 7. В свою очередь, потребитель должен сделать правильный выбор, в соответствии с характеристиками сети, рабочими методиками и условиями эксплуатации (см. 8).

Тогда, если подстанция установлена, эксплуатируется и обслуживается в соответствии с инструкциями изготовителя, то вероятность возникновения внутренней дуги очень мала в течение всего срока службы подстанции, однако игнорировать ее полностью нельзя.

Пробой внутри оболочки комплектной подстанции, вызванный либо дефектом, либо необычным условием эксплуатации, либо ложным срабатыванием, может привести к возникновению внутренней дуги, представляющей собой опасность в присутствии персонала. Пробои могут возникать в любой части подстанции. Однако, в данном стандарте рассматриваются только КЗ, возникающие внутри оболочки высоковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, и в высоковольтных межсистемных связях (см. 6.8).

Для рассмотрения этой опасности, необходимо различать операторов и обычную публику. Оператор может находиться внутри подстанции (при управлении изнутри) или перед ней (при управлении снаружи). Однако, обычная публика может находиться вблизи подстанции в любое время. Обычная публика не должна никогда находиться внутри подстанции или в непосредственной близости от рабочей стороны (стороны обслуживания), при выполнении операций при открытых дверях (при управлении снаружи). Эти зоны считаются зонами ограниченного доступа, только для операторов.

Эффективность конструкции(конструктивного исполнения) при обеспечении запаса установленной нормы предохранения к широкой публике и операторам(управляющим устройствам) в случае внутреннего КЗ может быть проверена, проверяя(испытывая) согласно Приложению А, оканчиваются Конструкции(конструктивные исполнения), которые были успешно проверены, квалифицируют так как(как) категорию IAC

Эффективность конструкции при обеспечении установленного уровня защиты обычной публики и операторов в случае возникновения внутреннего КЗ может быть проверена путем проведения испытаний согласно Приложению А. Конструкциям, которые успешно прошли испытания, присваивается класс IAC.

5.5 Оболочка

5.5.1 Общие сведения

Оболочка может быть изготовлена из различных материалов (бетона, металла, синтетических веществ,...). Материалы оболочки должны обладать стойкостью к разрушению под воздействием внешней среды, указанной изготовителем (см. п. 2) в течение всего ожидаемого срока службы, при условии, соблюдения рекомендаций изготовителя по техобслуживанию.

Можно использовать дополнительные покрытия или обработку поверхности. Для оценки эффективности таких обработок применяются соответствующие международные стандарты. Оболочка должна удовлетворять следующим условиям.

5.5.1.1 Степень защиты должна соответствовать п. 5.4 настоящего стандарта.

5.5.1.2 Части оболочки, изготовленные из непроводящих материалов должны удовлетворять специальным требованиям по электрической прочности. Методика проведения испытаний на проверку этого соответствия приводится в п. 6.2.1.3.3.

5.5.1.3 Необходимо принять все меры по избежанию любых случаев деформации, вызванных транспортировкой или проведением газотехнологических операций согласно инструкциям изготовителя.

5.5.1.4 Необходимо предусмотреть средства безопасности при выполнении операций с переключателем выходных обмоток трансформатора, либо при проверках, например, путем открытия двери, либо снятия крышки.

5.5.1.5 Охлаждение комплектной подстанции должно осуществляться естественной вентиляцией.

ПРИМЕЧАНИЕ – Использование другого способа охлаждения комплектных подстанций (например, принудительного охлаждения) должно быть оговорено изготовителем, и потребителем.

5.5.1.6 Допускается считать часть оболочки компонента частью оболочки подстанции. В этом случае, эта часть должна соответствовать требованиям, как данного стандарта, так и соответствующего стандарта на этот элемент.

5.5. Воспламеняемость

Материалы, используемые в конструкции оболочки комплектной подстанции должны иметь минимальный уровень воспламеняемости, в случае возникновения пожара как внутри, так и снаружи комплектной подстанции.

Материалы должны быть либо невоспламеняемыми, либо, в случае использования синтетических материалов, они должны соответствовать оговоренному в п. 5.5.2.2.

ПРИМЕЧАНИЕ – Для характеристики воспламеняемости учитывается только реакция на пламя.

Огнестойкость может рассматриваться в свете местных постановлений, являющихся предметом согласования между изготовителем и пользователем.

5.5.2.1 Традиционные материалы

К невоспламеняющимся относятся следующие материалы:

- Бетон;
- Металл (сталь, алюминий, и т.д.);
- Кирпичи;
- строительный гипс;
- Стекловолокно или шпаковата.

5.5.2.2 Синтетические материалы

Синтетические материалы должны испытываться согласно МЭК 60695-11-10 по классу HB75 и V1.

5.5.2.3 Другие материалы

Изготовитель должен доказать невоспламеняемость использованных материалов, которые должны быть, по крайней мере, эквивалентны п. 5.5.2.2.

5.5.3 Крышки и двери

Крышки и двери являются частью оболочки. В закрытом состоянии они должны обеспечивать степень защиты, установленную для оболочки. Для случая, когда крышки или двери имеют вентиляционные отверстия, ссылка дается на п. 5.5.4.

С точки зрения доступа к отсекам комплектной подстанции крышки и двери подразделяются на две категории:

а) те, которые должны быть открыты при нормальном режиме эксплуатации (съёмные крышки, двери). Для того, чтобы их открыть или снять не требуется никакого инструмента. Если безопасность персонала не обеспечивается соответствующим блокировочным устройством, такие крышки и двери должны оснащаться запирающими устройствами.

б) крышки, двери другого типа, а также крыша. Они должны оснащаться запирающими устройствами, либо не должны иметь возможности открываться или сниматься до открытия дверей, используемых в режиме нормальной эксплуатации. Открыть или снять такие двери и крышки можно только при наличии специального инструмента.

Двери должны открываться наружу, по крайней мере, на 90° и должны быть оснащены устройством, удерживающим их в открытом положении. Комплектные подстанции, расположенные ниже уровня грунта, требуют наличия смотрового люка, обеспечивающего надежность персонала и прохожих. Люк должен быть таким, чтобы им мог управлять один человек.

Необходимо предусмотреть устройство, предотвращающее закрытие люка в то время как операторы работают внутри подстанции или с оборудованием, расположенным вне ее.

5.5.4 Вентиляционные отверстия

Вентиляционные отверстия должны быть расположены или защищены таким образом, чтобы их степень защиты была аналогична степени защиты оболочки. Такие отверстия могут быть оснащены проволочной сеткой или чем-нибудь подобным, при условии, что она имеет соответствующую механическую прочность.

5.5.5 Перегородки

Степень защиты перегородок, при наличии, должна быть определена изготовителем согласно публ. МЭК 60529.

5.5.6 Provisions for dielectric tests on cables

Необходимо обеспечить доступ к высоковольтным кабельным коробкам или контрольным точкам кабелей высоковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления с целью возможности проведения диэлектрических испытаний кабелей.

5.5.7 Вспомогательное оборудование

Необходимо предусмотреть соответствующее место для установки вспомогательного оборудования, например, заземлителей рычагов и пр.

5.5.8 Рабочие проходы (коридоры)

Ширина рабочего прохода внутри комплектной подстанции должна обеспечивать выполнение любой операции или обслуживания. Ширина такого прохода должна быть 800 мм или более. Двери коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления внутри комплектной подстанции должны либо закрываться в направлении выхода или вращаться таким образом, что не уменьшают ширину прохода. Двери в любом открытом фиксированном положении или механические приводы коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, выступающие наружу, не должны уменьшать ширину прохода до менее чем 500 мм.

5.5.9 Таблички

Таблички с предупреждениями, инструкциями изготовителя и т.д., а также таблички, предусмотренные местными стандартами и положениями должны быть четкими и предназначаться для длительного пользования.

5.6 Излучение звука

Уровень излучения звука от комплектной подстанции должен согласовываться изготовителем и потребителем. Такое соглашение должно учитывать требования местных правил относительно приемлемых уровней шума. По соглашению между изготовителем и потребителем может быть проведено испытание на оценку влияния испускаемого трансформатором шума на оболочку. Метод испытания должен соответствовать методу, приведенному в приложении В.

5.7 Электромагнитная совместимость (EMC)

Применяются п.п. 5.18 МЭК 60694 и п.п. 7.10 МЭК 60439-1.

6 ТИПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

6.1 Общие сведения

Применим п.п. 6.1 МЭК 60694 со следующим дополнением:

В принципе, типовым испытаниям должна подвергаться характерная конструкция (компоновка) компонентов комплектной подстанции. Из-за разнообразия типов, номинальных параметров и возможных комбинаций компонентов, не практично проводить типовые испытания со всеми возможными конфигурациями комплектной подстанции. Рабочие

Рабочие характеристики каждой отдельной конфигурации должны быть обоснованы экспериментальными данными сопоставимых конфигураций. Компоненты, содержащиеся в комплектной подстанции должны быть испытаны согласно соответствующим стандартам (см. п. 3).

Типовые испытания и проверки включают в себя следующее:

<i>Обязательные типовые испытания:</i>	<i>П.п.</i>
а) Испытания электрической прочности изоляции комплектной подстанции	6.2
б) Испытания на нагрев главных компонентов комплектной подстанции	6.3
в) Испытания кратковременным выдерживаемым током и пиком выдерживаемого тока	6.4
г) Функциональные испытания срабатывания узла	6.5
д) Испытания на проверку степеней защиты	6.6
е) Испытания на проверку способности оболочки комплектной подстанции выдерживать механические напряжения	6.7
ж) Испытания на электромагнитную совместимость	6.9

Обязательные типовые испытания (там где применимы) *п.п.*

з) для комплектных подстанций класса IAC,
испытания на оценку воздействия дугового разряда,
вызванного внутренним КЗ 6. 8

Специальные типовые испытания (по согласованию изготовителя и потребителя):

и) испытания на проверку уровня шума комплектной

Типовые испытания могут повлиять на пригодность проверенных частей для последующего использования в процессе эксплуатации. Поэтому, образцы, использованные для типовых испытаний не должны использоваться без договоренности между изготовителем и потребителем.

6.1.1 Разделение испытаний на группы

П.п. 6.1.1 МЭК 60694 применим со следующим изменением:

Обычные типовые испытания (не включая п. ж и з) должны проводиться максимум на четырех образцах.

6.1.2 Информация об идентификации испытываемых образцов

Применим п.п. 6.1.2 МЭК 60694.

6.2 Испытания электрической прочности изоляции

Так как компоненты, содержащиеся в комплектной подстанции, испытываются согласно соответствующим стандартам, то этот п.п. применим только к межсоединениям компонентов, в тех случаях, когда условия монтажа могут воздействовать на электрическую прочность их изоляции. Таким образом, к оборудованию, которое должно быть подвергнуто диэлектрическим испытаниям, относятся:

– соединение (схема) между высоковольтной коммутационной аппаратурой и трансформатором;

– соединение (схема) между трансформатором и низковольтной коммутационной аппаратурой.

6.2.1 Испытания высоковольтного (ой) соединения (схемы)

6.2.1.1 Общие условия

Проведение испытаний электрической прочности изоляции не требуется, если высоковольтное соединение выполнено из высоковольтных кабелей, связанных соединениями с заземленным экраном, прошедшими типовые испытания, или концевыми заделками других типов, прошедшими типовые испытания, как на стороне высоковольтной коммутационной аппаратуры, так и стороне трансформатора в условиях монтажа комплектной подстанции.

Во всех других случаях соединение должно быть подвергнуто испытаниям на электрическую прочность изоляции согласно п.п. 6.2.1.2 - 6.2.1.6.

Испытания могут проводиться с трансформатором, замененным дубликатом, воспроизводящим полевою установку трансформаторных вводов.

Для испытаний, высоковольтное(ая) соединение (схема) связано(а) с испытательным источником питания через коммутационную аппаратуру высокого

напряжения. Только коммутационные устройства, включенные последовательно в цепь питания, замкнуты. Все другие коммутационные аппараты разомкнуты.

Ограничители напряжения должны быть отсоединены либо, если они функционируют как при обычной эксплуатации, методика проведения испытаний электрической прочности изоляции должна быть согласована между изготовителем и потребителем.

Вторичные выводы трансформаторов тока должны быть закорочены и подсоединены к земле. Трансформаторы напряжения должны быть отсоединены.

6.2.1.2 Условия окружающего воздуха во время проведения испытаний

См. МЭК 60694.

6.2.1.3 Приложение испытательного напряжения

6.2.1.3.1 К высоковольтным соединениям

Испытательные напряжения прикладываются при поочередном подключении проводника главной цепи каждой фазы к высоковольтному выводу испытательного источника питания. Все другие проводники главной и вспомогательной цепей должны быть связаны с заземляющим проводом рамы и с зажимом заземления испытательного источника питания.

6.2.1.3.2 Испытательное напряжение

См. МЭК 60694.

6.2.1.3.3 В случае выполнения оболочки из изоляционного материала

Изоляция между неэкранированными частями под напряжением соединений между высоковольтной коммутационной аппаратурой и аппаратурой управления и трансформатором и доступной поверхностью оболочки должна выдерживать испытательные напряжения, заданные в п. 6.2.1.4.

С целью проверки соответствия техническим условиям, достижимые поверхности оболочки, выполненной из изоляционных материалов должны быть защищены на достижимой стороне круглой или квадратной металлической фольгой, максимально возможной площади, но не более 100 см², связанной с землей. Фольга должна быть размещена в наиболее неблагоприятном положении для испытаний. В случае сомнения относительно наиболее неблагоприятного положения, испытание должно быть повторено при различных положениях.

Изоляция между неэкранированными частями под напряжением соединений между высоковольтной коммутационной аппаратурой и аппаратурой управления, и трансформатором и внутренней поверхностью изоляционных частей оболочки, должна выдерживать, по крайней мере, 150 % номинального напряжения комплектной подстанции.

С целью проверки соответствия этому требованию, достижимые поверхности оболочки, изготовленной из непроводящих материалов, между не-

экранированными соединениями высоковольтной коммутационной аппаратуры к трансформатору и внутренней поверхностью непроводящих материалов оболочки должны подвергаться испытанию напряжением промышленной частоты, равным 150 % номинального напряжения, в течение 1 мин после покрытия внутренней поверхности непроводящего материала, облицовывающего неэкранированное соединение, металлической фольгой, связанной с землей.

При использовании неэкранированных высоковольтных соединений, непроводящий материал должен так же выдерживать испытательные напряжения, установленные в п. 6.2.1.4. Для удовлетворения соответствующих требований необходимо использовать методы, оговоренные в МЭК 60243-1.

6.2.1.4 Испытания напряжением грозового импульса

Высоковольтное соединительное оборудование необходимо испытывать напряжениями грозового импульса в соответствии с МЭК 60694 со следующим дополнением:

При проведении испытаний напряжением грозового импульса заземленный вывод импульсного генератора должен быть связан с заземляющим проводом оболочки комплектной подстанции.

6.2.1.5 Испытания выдерживаемым напряжением промышленной частоты

Высоковольтное соединение необходимо испытывать 1 мин выдерживаемым напряжением промышленной частоты в сухом состоянии согласно МЭК 60694 со следующим дополнением:

При проведении испытаний напряжением промышленной частоты один вывод испытательного трансформатора должен быть связан с землей и заземляющим проводом комплектной подстанции.

6.2.2 Испытания низковольтного соединения

6.2.2.1 Общие условия

Если низковольтное соединение частично или полностью закрыто неметаллической оболочкой, оболочка должна быть закрыта металлической фольгой, соединенной с рамой. Фольга должна использоваться на всех поверхностях, которых может коснуться оператор.

При проведении испытаний низковольтное соединение связано с испытательным источником питания через низковольтную коммутационную аппаратуру. Только коммутационные устройства, включенные последовательно в цепь питания, включены. Все другие коммутационные аппараты отключены.

6.2.2.2 Испытания напряжением грозового импульса

Низковольтное соединение должно испытываться напряжением грозового импульса. Испытательное напряжение указано в табл. 5 МЭК 60664-1, причем испытание грозовыми импульсами выдерживаемого номинального напряжения выбирается в соответствии с п. 4.2 настоящего стандарта.

Устройства для ограничения перенапряжений должны быть отсоединены, либо испытания должны проводиться в соответствии с публ. МЭК 61180-1.

Импульсное напряжение 1,2/50 должно прикладываться три раза при каждой полярности с интервалом минимум 1 сек.

Испытательное напряжение подается путем поочередного подключения проводника главной цепи каждой фазы к высоковольтному выводу источника испытательного напряжения. Все другие проводники главной цепи и вспомогательных цепей должны быть подсоединены к заземляющему проводу или раме, а также к заземляющему проводу источника испытательного напряжения. Во время испытаний не должно возникать разрядов при пробое.

6.2.2.3 Проверка расстояний утечки по поверхности диэлектрика

Необходимо измерять самые короткие расстояния утечки по поверхности диэлектрика между фазами, между проводниками цепи при различных напряжениях, а также частями под напряжением и открытыми токопроводящими частями.

Измеренное расстояние утечки по поверхности диэлектрика по группе материалов и степени загрязненности должно отвечать требованиям, приведенным в таблице 4 МЭК 60664-1.

6.2.3 Диэлектрические испытания вспомогательных цепей

См. соответствующие стандарты.

6.3 Испытания на нагрев

Цель данного испытания заключается в том, чтобы проверить правильность эксплуатации оболочки комплектной подстанции и отсутствие ее влияния на предполагаемый срок службы компонентов подстанции. Испытание заключается в измерении повышения температуры жидкого диэлектрика головки (или только обмотки для сухих трансформаторов) трансформатора, и повышения температуры низковольтного оборудования.

Испытание должно демонстрировать, что нагрев трансформатора внутри оболочки не превышает значений, измеренных на том же самом трансформаторе снаружи оболочки более, чем на величину, определяющую класс оболочки, например, 5K, 10K, 15K, 20K, 25K или 30K. См. Рис. 1 и 2.

6.3.1 Условия испытаний

Оболочка должна быть укомплектована компонентами, расположенными как предназначено для эксплуатации. Двери должны быть закрыты, а места доступа к кабелям должны быть герметизированы, отображая условия эксплуатации. Мощность и потери трансформатора должны соответствовать номинальной максимальной мощности комплектной подстанции, как определено в п. 4.10.

Испытания на нагрев трансформатора и низковольтного оборудования должны проводиться одновременно.

Испытание должно проводиться в помещении, размеры, состояние изоляции и кондиционирования, которой должны сохранять в помещении температуру окружающего воздуха менее 40°C; при испытаниях допускается изменение температуры не более чем на 1 К в час.

Примечание- При испытаниях подземной комплектной подстанции, допускается проводить наземные испытания. Опыт показывает, что в этом случае разность в нагреве не существенна, по сравнению с температурой под землей.

6.3.2 Метод испытаний

6.3.2.1 Подключение источников питания

На стороне высокого напряжения

Необходимо подключить трансформатор и коммутационную аппаратуру ВН с ответвлениями (предохранителями с соответствующими номинальными параметрами или выключателем), а низковольтные отходящие выводы трансформатора должны быть закорочены. Источник питания должен быть связан с входящими высоковольтными выводами коммутационной аппаратуры. См. рис. 3. Цепь (схема) должна учитывать полную длину низковольтных соединений с трансформатором.

На стороне низкого напряжения

Питание низковольтной коммутационной аппаратуры осуществляется через отходящие фидеры. Соединения трансформатора должны быть закорочены и изолированы от выводов трансформатора. См. Рис. 3.

6.3.2.2 Подвод (подача) испытательного тока

Сторона высокого напряжения

Трансформаторная цепь питается током, достаточным для формирования общей суммы номинальных потерь трансформатора, при его исходной температуре, посредством метода, определенного либо в МЭК 60076-2, либо МЭК 60726.

Примечание 1 - Данное испытание требует малого процента тока сверх номинального, протекающего по всей цепи, для компенсации потерь холостого хода трансформатора.

Примечание 2. Во время испытаний, сопротивление меняется согласно температуре трансформатора. Таким образом, испытательный ток будет соответственно меняться для поддержания постоянства сформированных потерь, равных общей суммы номинальных потерь трансформатора, в течение всего периода испытаний.

Сторона низкого напряжения

Низковольтная цепь питается номинальным током низкого напряжения испытуемого трансформатора, оканчиваются

6.3.3 Измерения

6.3.3.1 Измерение температуры окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха - средняя температура воздуха, окружающего комплектную подстанцию (для закрытой подстанции - это температура воздуха вне оболочки). Она будет измеряться в последнюю четверть периода испытаний посредством, по крайней мере, четырех термометров, термопар или других датчиков температуры, расположенных на одинаковом расстоянии вокруг комплектной подстанции, примерно на обычной высоте ее токопроводящих частей и на расстоянии приблизительно 1 м от комплектной подстанции. В случае подземных подстанций, эти устройства должны быть установлены на высоте вентиляционных отверстий. Термометры, или термопары должны быть защищены от воздушных потоков, и чрезмерного теплового воздействия.

Во избежание погрешности показаний из-за резких изменений температуры, термометры или термопары могут быть помещены в маленькие баллоны, содержащие около полулитра масла.

В последнюю четверть периода испытаний, изменение температуры окружающего воздуха не должно превышать 1 К в час. Если это не возможно из-за неблагоприятных температурных условий испытательной камеры, то в качестве замены температуры окружающей среды может быть принята температура идентичной комплектной подстанции при аналогичных условиях, но без тока. Эта дополнительная комплектная подстанция не должна подвергаться чрезмерному тепловому воздействию.

Во время испытаний температура окружающего воздуха должна быть выше +10°C, но ниже +40 оС. Не допускается корректирование значений превышения температуры в пределах этого диапазона.

6.3.3.2 Трансформатор

Верхняя температура масла трансформаторов с жидким диэлектриком должна измеряться по методике, приведенной в МЭК 60076-2. Среднее превышение температуры обмоток сухих трансформаторов должно измеряться по методике, приведенной в МЭК 60726.

6.3.3.3. Низковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления

Превышение температуры низковольтной аппаратуры и аппаратуры управления должно измеряться по методике, приведенной в МЭК 60439-1.

Необходимо измерять температуру воздуха в предполагаемом месте установки электронного оборудования.

6.3.4 Критерии приемки

Комплектная подстанция будет считаться прошедшей испытания на нагрев, если:

- а) нагрев трансформатора не превышает соответствующих подъемов температуры, измеренных на том же трансформаторе без оболочки, более чем на класс температур комплектной подстанции;
- б) нагрев и температуры высоковольтных соединений и их выводов не превышают требований МЭК 60694;
- в) нагрев и температуры низковольтных соединений и низковольтной коммутационной аппаратуры не превышают требований МЭК 60439-1;
- г) нагрев и температуры оболочки подстанции не превышают требований МЭК 60694 для легкодоступных деталей, к которым можно прикоснуться в процессе эксплуатации (см. таблицу 3 МЭК 60694).

6.4 Испытания на стойкость при сквозных токах короткого замыкания главных цепей и цепей заземления

См. МЭК 60694 с добавлением следующего абзаца:

После испытаний допускается некоторая деформация провода заземления и связей между элементами, однако непрерывность цепи должна сохраняться.

Обычно не требуется проводить испытаний соединений металлических крышек и дверей с главным проводом заземления, если подтверждено (доказано), что конструкция отвечает требованиям. Однако, в случае сомнения, они должны быть испытаны при 30 А пост. Падение напряжения должно быть ниже 3 В.

6.5 Функциональная проверка

Должна быть доказана возможность выполнения всех работ по вводу в эксплуатацию, контролю и обслуживанию комплектной подстанции.

Типовой перечень этих работ включает в себя:

- эксплуатацию коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления;
- механическую обработку дверей комплектной подстанции;
- крепление изоляционных барьеров;
- проверку температуры и уровня жидкости трансформатора;
- индикацию наличия напряжения;
- сборку заземляющих устройств;
- проверку кабелей;
- замену предохранителей;
- срабатывание переключателя выходных обмоток трансформатора;
- очистку вентиляционных решеток;

При наличии блокировок между различными компонентами, необходимо проверить их функционирование.

6.6 Проверка степени защиты

Степени защиты, указанные в п. 5.4.1, должны быть проверены испытаниями согласно требованиям, приведенным в МЭК 60529.

6.7 Испытание на устойчивость к механическим нагрузкам и расчеты

Методика испытаний отображает влияние на оболочку механических напряжений, вызванных ветровой нагрузкой, кровельными нагрузками и ударными воздействиями. См. п. 5.4.2.

6.7.1 Ветровая нагрузка

Механические воздействия ветровой нагрузки на комплектную подстанцию можно проверить расчетом.

Механические воздействия нагрузок на крышу комплектной подстанции можно проверить расчетом.

6.7.2 Кровельные нагрузки

Проверяются расчетом.

6.7.3 Ударные воздействия

Механическим испытаниям на ударные воздействия должны подвергаться внешние части оболочки, считающиеся непрочными, например, двери, крышки и вентиляционные отверстия. Методика испытаний приведена в приложении С.

6.8 Испытание на воздействие внутренней дуги

Это испытание применимо к комплектным подстанциям категории **IAC** в части защиты персонала при возникновении внутренней дуги. Испытание должно проводиться в соответствии с Приложением А.

Это испытание относится к случаю КЗ, приводящего к возникновению дуги внутри металлической оболочки высоковольтной коммутационной аппаратуры, составляющей часть подстанции (см, п. 6.107 МЭК 60298).

Обоснованность результатов испытания, проведенных на конкретной конструкции комплектной подстанции или на ее репрезентативной части может быть распространена на другую часть, (см. п. 6.1) при условии, что первоначальное испытание было более серьезным (трудным), а последняя конструкция может считаться аналогичной испытываемой с точки зрения следующих аспектов:

- размеров;
- компоновки;
- конструкции и прочности оболочки, пола и перегородок, при наличии;
- вентиляционных решеток;
- срабатывания устройства сброса давления, при наличии.

6.9 Испытания на электромагнитную совместимость

Для коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления высокого напряжения применим п.п. 6.9 МЭК 60694, за исключением испытаний на радиопомехи.

Для коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления низкого напряжения применим п.п. 7.10 МЭК 60439-1.

7. ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Приемо-сдаточным испытаниям должна подвергаться каждая комплектная подстанция или каждый транспортный узел, причем, по возможности, на заводе изготовителя, с целью подтверждения, что изделие соответствует оборудованию, на котором были проведены типовые испытания.

Приемо-сдаточные и проверочные испытания включают в себя:

- диэлектрические испытания высоковольтных соединений в соответствии с п. 7.1
- испытания вспомогательных цепей и цепей управления в соответствии с п. 7.2
- функциональная проверка в соответствии с п. 7.3
- проверка правильности монтажной схемы в соответствии с п. 7.4
- испытания после сборки на месте в соответствии с п. 7.5

7.1 Диэлектрические испытания высоковольтных соединений

Испытания соединителей коммутационной аппаратуры высокого напряжения с трансформаторами напряжением промышленной частоты должны проводиться согласно соответствующим стандартам на компоненты и применяемой системе заземления нейтрали. Соединители не должны быть связаны с трансформатором и должны быть достаточно заизолированными, чтобы выдержать испытательное напряжение.

Если высоковольтные соединения являются кабельными, то испытание должно проводиться согласно соответствующим стандартам. Во всех других случаях испытание должно проводиться в соответствии с МЭК 60694.

7.2 Испытания вспомогательных цепей выдерживаемым напряжением

См. соответствующие стандарты.

7.3 Функциональные проверки

Функциональные проверки проводятся с целью обеспечения соответствия функциям, оговоренным в п.п. 6.5.

7.4 Проверка правильности монтажной схемы

Необходимо проверить, что монтажная схема соответствует электрической схеме.

7.5 Испытания после сборки на месте установки

Комплектные подстанции, собранные на месте установки, должны испытываться с целью обеспечения правильности эксплуатации согласно п.п. 7.3 и 7.4.

8. РУКОВОДСТВО ПО ВЫБОРУ КОМПЛЕКТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Могут быть разработаны различные модели комплектных подстанций, усовершенствующиеся по мере развития техники и роста функциональных требований. Выбор комплектные подстанции, по существу, предполагает идентификацию функциональных требований к эксплуатационному монтажу, наиболее отвечающему этим требованиям.

Такое требование должно учитывать принять во внимание применяемые правовые нормы и правила техники безопасности пользователя.

В таблице 8.3 дано краткое изложение признаков, характеризующих комплектные подстанции.

8.1 Выбор номинальных значений

Для заданного режима в процессе эксплуатации, комплектная подстанция выбирается с учетом индивидуальных номинальных значений ее компонентов, обусловленных расчетной нагрузкой и условиями отказа.

Что касается характеристик системы, то желательно, чтобы номинальные значения выбирались в соответствии с данным стандартом, а также ожидаемым (предполагаемым) ее расширением. Полный перечень номинальных значений приводится в п. 4. Кроме того, должны также приниматься во внимание и другие параметры, такие как, местные атмосферные и климатические условия, а также возможность использования на высотах, превышающих 1 000 м.

8.2 Выбор класса оболочки

Класс оболочки выбирается по средней температуре окружающей среды на месте установки и коэффициенту нагрузки трансформатора. При заданном номинальном классе оболочки, допустимый коэффициент нагрузки трансформатора зависит от температуры окружающего воздуха в месте расположения подстанции.

Для определения класса оболочки или коэффициента нагрузки трансформатора можно использовать приложение D. В нем приводятся некоторые примеры, демонстрирующие взаимозависимости между классом оболочки, коэффициентом нагрузки и температурой окружающего воздуха. При переменной нагрузке применяют поправочный коэффициент в соответствии с МЭК 60354 или МЭК 60905.

Представленные изготовителем сведения о классе оболочки определенной подстанции базируются на типовых испытаниях подстанции с определенными вентиляционными решетками при максимальной мощности и потерях трансформатора (согласно главе 6.2).

Такой непрерывный режим полной нагрузки может быть более тяжелым и может существенно отличаться от вероятного цикла нагружения, в процессе эксплуатации В таком случае, нет необходимости в чрезмерной вентиляции по сравнению с указанной, во избежание перегрева трансформатора.

Для уменьшения любых возможных нежелательных побочных эффектов от этих повышенных технических требований (например, повышения стоимости, опасности чрезмерного загрязнения оборудования) пользователь, после оценки вероятных рабочих условий, может задать более высокий класс температур оболочки, с меньшей вентиляцией и теми же самыми номинальными данными и потерями. Пользователь может также задать более высокий класс температур, если максимальная мощность и потери трансформатора ниже, чем у конструкции, прошедшей типовые испытания.

По вопросам этих отклонений/изменений в сравнении с цифрами, полученными при типовых испытаниях, необходимо проконсультироваться с изготовителями подстанции.

Примечание: Согласно МЭК 60354 п. 2.6 степень старения трансформатора возрастает по мере повышения температуры трансформатора.

8.3 Выбор класса внутренней дуги

При выборе комплектной подстанции, необходимо обратить внимание на вероятность внутренних КЗ, с целью обеспечения приемлемого уровня защиты операторов и неограниченного круга лиц.

Такая защита достигается снижением уровня опасности до приемлемого уровня. Согласно руководству ISO/IEC 51, опасность это - комбинация вероятности повреждений и тяжести повреждений. (См. п. 5 руководства ISO/IEC 51 относительно понятия безопасности).

Поэтому, выбор соответствующей станции, с точки зрения внутреннего дугового разряда, должен обуславливаться методикой достижения уровня допустимой опасности. Такая методика описана в п. 6 руководства ISO/IEC 51. Эта методика основывается на предположении, что пользователь тоже должен оказывать влияние на уменьшение опасности.

В качестве руководства (указания) в Таблице 8.1 приводится перечень мест, где, по опыту, наиболее вероятно возникновение КЗ. Там также приведены причины аварий и возможные меры, которые можно принять для снижения вероятности возникновения внутренних КЗ. Кроме того, могут быть приняты и другие меры по обеспечению наиболее высокого уровня защиты персонала при возникновении внутренней дуги. Эти меры, нацелены на ограничение внешних последствий в этом случае. В таблице 8.2 приведены примеры мер, ограничивающих последствия внутренних КЗ.

Эффективность конструкции с точки зрения защиты людей при возникновении внутренней дуги, может быть проверена путем проведения испытаний в соответствии с Приложением А. Конструкциям, успешно прошедшим испытания, присваивается класс IAS.

Релевантность IAC1 зависит, главным образом, от места подстанции. Он основывается на условии неограниченного доступа (класс доступа В), включая доступ неограниченного круга лиц, по этой причине все двери подстанции должны быть закрыты.

IAC2 означает дополнительную проверку защиты операторов, при эксплуатации оборудования подстанции, и, таким образом, основывается на ограничении «Только для персонала, имеющего разрешение» (класс доступа А). Он применим к внутренней части подстанции, управляемой изнутри (обходного типа) или к рабочим сторонам ВН подстанций, которые управляются снаружи.

Для обоих классов важно осознавать, что испытание на класс внутренней дуги относится к определенной конфигурации подстанции в части типа и расположения трансформатора, коммутационной аппаратуры и т.д. в подстанции, и, что результат испытания зависит от характерного типа коммутационной аппаратуры подстанции. Таким образом, выбор класса внутренней дуги ограничивает свободу выбора коммутационной аппаратуры подстанции.

Одинаково важно заметить, что при использовании коммутационной аппаратуры с классом внутренней дуги согласно МЭК 60298, при проверке на класс внутренней дуги IAC2, коммутационная аппаратура должна быть размещена на подстанции в соответствии с условиями первичных типовых испытаний.

Таблица 8.1 Места, причины и примеры мероприятий, уменьшающих вероятность возникновения внутренних КЗ

Места наиболее вероятного возникновения внутренних КЗ	Возможные причины возникновения внутренних КЗ	Примеры возможных профилактических мер
Кабельные отсеки	Конструкция, не отвечающая требованиям	Выбор адекватных размеров Использование соответствующих материалов
	Ошибка при монтаже	Предотвращение крестообразных кабельных соединений Проверка качества изготовления на месте установки. Надлежащий крутящий момент
	Пробой твердой или жидкой изоляции	Проверка качества изготовления и/или диэлектрические испытания на месте установки. Регулярная проверка уровней жидкости, по возможности.
Разъединители Заземлители	Неправильное срабатывание	Блокировки (см. 5.105). Повторные отключения с запаздыванием. Независимая ручная операция. Включающая способность коммутационных механизмов и разъединителей. Инструктаж персонала
Болтовые соединения и контакты	Коррозия	Использование антикоррозийных покрытий и/или смазки. Нанесение гальванического покрытия. Герметизация, по возможности.

	Ошибка при сборке	Проверка качества изготовления доступными средствами. Надлежащий крутящий момент. Адекватные средства блокировки.
Измерительные трансформаторы	Феррорезонанс	Предотвращение за счет соответствующей разработки схемы
	КЗ на стороне низкого напряжения трансформатора	Предотвращение КЗ соответствующими средствами, например, защитной крышкой, наличием низковольтных предохранителей
Выключатели	Неудовлетворительное техобслуживание	Регулярное техобслуживание. Инструктаж персонала
Все места	Ошибка персонала	Ограничение доступа путем секционирования. Изоляция встроенных частей под напряжением. Инструктаж персонала
	Старение в результате электростатических напряжений	Приемосдаточные испытания на ЧР
	Загрязнение, проникновение влаги и пыли, паразитов и т.п.	Меры, обеспечивающие достижение заданных условий эксплуатации (см. п. 2). Использование газонаполненных отсеков
	Перенапряжения	Защита от перенапряжений. Соответствующая координация изоляции. Диэлектрические испытания на месте установки
Межсоединения	Пробой изоляции	Соответствующие изоляционные расстояния: межфазные и между фазой и землей. Предпочтительно использование изолированных экранированных межсоединений

Таблица 8.2 Примеры мероприятий, ограничивающих последствия внутренних КЗ

Быстрое устранение неисправностей, инициированное датчиками, чувствительными к источнику света, давлению или нагреву, или дифференциальной системой шин.
Дистанционное управление
Устройства сброса давления, оболочка, стойкая к сжатию (включая двери, полы, вентиляционные решетки и пр.)
Использование защиты трансформатора с помощью индивидуального выключателя или соответствующих предохранителей в сочетании с коммутационными устройствами, ограничивающими протекающие токи и длительность КЗ
Контроль потока газа и охлаждающие устройства

В качестве руководства по выбору соответствующей комплектной подстанции с точки зрения воздействия внутренней дуги, могут использоваться следующие критерии:

- если опасность считается незначительной, то класс комплектной

подстанции IAC не является обязательным.

Если опасность считается значимой: то должны использоваться только комплектные подстанции класса IAC.

Во втором случае, выбор должен быть сделан, с учетом предвидимых максимального уровня тока и длительности КЗ, по сравнению с номинальными значениями испытываемого оборудования. Кроме того, необходимо четко следовать инструкциям по монтажу изготовителя (см. п. 10).

В особенности, важным является местонахождение персонала во время возникновения внутренней дуги. Изготовитель должен указать, какие части комплектной подстанции являются доступными, согласно схеме испытаний, а пользователь должен четко следовать, инструкциям. Вход рабочих в зону, не обозначенную в схеме доступной, может привести к травмированию персонала.

Как определено в А.1, классифицирование IAC задает проверенный уровень защиты персонала при нормальных рабочих условиях. Он относится к защите персонала при этих условиях, но не относится к защите персонала в режиме технического обслуживания или при бесперебойной эксплуатации.

8.4 Информация (сведения)

В приведенной ниже таблице дается краткое изложение признаков, характеризующих комплектные подстанции.

Условия эксплуатации

Информация		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Температура окружающей среды: <ul style="list-style-type: none"> • средняя • минимальная • максимальная Солнечное излучение Высота	°C °C °C Вт/м ² М	2	МЭК 60694 МЭК 60721-2-4 ВН: МЭК 60694 НН: МЭК 60439-1 МЭК60815 МЭК 60694 МЭК 60721-2-2 МЭК 60721-2-2 МЭК 60721-2-2 МЭК 60721-2-2	
Загрязнение Гололёдное отложение Нанесенный ветром песок Нанесенный ветром снег Ветер Конденсация или осаждение Вибрация Опасность толчков землетрясения Опасность других колебаний Наведенные электромагнитные помехи во вторичной системе	Уровень Класс м/с Класс		МЭК 61166 МЭК 60721-1 МЭК 60694	

Характеристики комплектной подстанции

Информация		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Проектное высокое напряжение Проектное рабочее низкое напряжение	кВ В	4.1	ВН: МЭК 60694 НН: МЭК 60947-1	
Номинальное высокое напряжение	кВ	9.1	МЭК 62271-202	
Номинальное низкое напряжение	В	9.1	МЭК 62271-202	
Число фаз		9.1	МЭК 62271-202	
Тип заземления нейтрали ВН Максимальное ожидаемое значение тока замыкания на землю	кА	9.1	Пользователь МЭК 62271-202	
Тип заземления нейтрали НН Максимальное ожидаемое значение тока замыкания на землю	кА	9.1	Пользователь МЭК 62271-202	
Номинальная максимальная мощность комплектной подстанции	кВА	4.101	МЭК 60076-1 МЭК 60726 МЭК 60076-5	
Класс оболочки	класс	4.102	МЭК 62271-202	
Уровень звукового давления	дБ		МЭК 0076-10	
Класс внутренней дуги Ток КЗ/Длительность	IAC кА/с	5.4.4	МЭК 62271-202	
Номинальные уровни изоляции Номинальное кратковременное выдерживаемое напряжение промышленной частоты (U_a) <ul style="list-style-type: none"> • общепринятое значение • в изоляционном промежутке Номинальное выдерживаемое напряжение грозового импульса (U_p) <ul style="list-style-type: none"> • общепринятое значение • в изоляционном промежутке 	ВН/НН кВ/В кВ/В кВ/В кВ/В	4.2	ВН: МЭК 60694 НН: МЭК 60439-1 МЭК 60947-1	
Номинальная частота (f_n)	Гц	4.3	ВН: МЭК 60694 НН: МЭК 60439-1 МЭК 60947-1	

Комплектная подстанция		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Номинальный ток (I_r) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Высоковольтная коммутационная аппаратура <ul style="list-style-type: none"> • Вход • сборные шины • фидер ▪ соединение между ВН и трансформатором ▪ низковольтная коммутационная аппаратура 	А А А А	4.4	ВН: МЭК 60694 НН: МЭК 60439-1	

<ul style="list-style-type: none"> • входящая • сборные шины • низковольтные выходы • вспомогательные цепи 	<p>A A A A</p>			
Ток термической стойкости (I_k) ВН: НН: Цепь заземления:	<p>кА кА кА</p>	4.5	<p>МЭК 60694 МЭК 60439-1 МЭК 60694</p>	
Ток электродинамической стойкости (I_p) ВН: НН: Цепь заземления:	<p>кА кА кА</p>	4.6	<p>МЭК 60694 МЭК 60439-1 МЭК 60694</p>	
Длительность КЗ (t_k) ВН: НН: Трансформатор: Цепь заземления:	<p>сек сек сек сек</p>	4.7	<p>МЭК 60694 МЭК 60439-1 МЭК 60076-5 МЭК 60726 МЭК 60694</p>	
Номинальное напряжение источника питания включающих и отключающих устройств, а также цепей управления и вспомогательных цепей (U_a) <ul style="list-style-type: none"> • включение и отключение • индикация • Управление 	<p>в/в н/в</p> <p>В В В</p>	4.8	<p>МЭК 60694 МЭК 60439-1</p>	
Номинальная частота питающей сети включающих и отключающих устройств, а также вспомогательных цепей в/в: н/в	<p>Гц Гц</p>	4.9	<p>МЭК 60694 МЭК 60439-1</p>	

Устройство и конструкция подстанции

Комплектная подстанция		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Степень защиты оболочки с закрытыми дверями Степень защиты низковольтного отсека Степень защиты высоковольтного отсека Степень защиты трансформатора		5.4.1	МЭК 60529	
Тип узлов: <ul style="list-style-type: none"> • Высоковольтная коммутационная аппаратура • Низковольтная коммутационная аппаратура • трансформатор 			Пользователь	
Тип подстанции: <ul style="list-style-type: none"> • внутреннее управление • наружное управление • на уровне грунта • частично ниже уровня грунта • ниже уровня грунта 			Пользователь	
Номинальные значения трансформатора(ов)		4.101	<p>МЭК 60076-1 МЭК 60726</p>	

<ul style="list-style-type: none"> • мощность • нагрузочные потери P_{cu} • потери холостого хода P_0 • ток холостого хода I_0 • полное сопротивление короткого замыкания • Нагрев • Изоляция 	кВА Вт Вт А % К		МЭК 60076-2 МЭК 60076-3	
Материалы оболочки		5.5.2.1	МЭК 62271-202	
Обработка поверхности оболочки		9.1	МЭК 62271-202	
Энергия механического удара	J	5.4.2	МЭК 6068-2-75	

Комплектная подстанция		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Механические напряжения от <ul style="list-style-type: none"> • снеговой нагрузки крыши • нагрузки крыши • ветровой нагрузки 	Н/м ²			
Комплектная подстанция		П.п. данного стандарта	Ссылка на	Требования пользователя
Размеры и массы <ul style="list-style-type: none"> • максимальная длина • максимальная ширина • общая высота • длина на уровне грунта • ширина на уровне грунта • высота над уровнем грунта • масса каждого транспортного узла • общая масса комплектной подстанции 	мм мм мм мм мм мм кг кг	9.1	МЭК 62271-202	

9. СВЕДЕНИЯ, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО ПРЕДСТАВЛЯТЬ ПРИ ПОДАЧЕ ТЕНДЕРНОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ ИЛИ РАЗМЕЩЕНИИ ЗАКАЗОВ

В данном разделе приводится информация, необходимая для того, чтобы дать пользователю возможность подготовить должным образом запрос относительно комплектной подстанции, а поставщику – тендерное предложение.

9.1 Информация, которая должна быть представлена по запросам, тендерам и заказам

При подготовке запросов или размещении заказов на комплектные подстанции необходимо определить объем предложения оборудования и услуг. Он может включать обучение, технический анализ и анализ схемных решений, а также требования к сотрудничеству с Поставщиком. Лица, готовящие запрос должны представить следующую информацию:

а) Подробное описание системы: номинальное и максимальное напряжения, частоту, типы систем заземления нейтрали.

б Условия эксплуатации:

минимальную и максимальную температуры окружающего воздуха; любые условия, отличающиеся от нормальных условий эксплуатации, или влияющие на удовлетворительную эксплуатацию поставляемого оборудования, как, например, высота выше 1000 м, быстрое изменение температур, наносы песка и снега, экстраординарное воздействие паров, влаги, взрывоопасных газов, влажности(влаге), парам, взрывчатым газам, избыточного количества пыли или соли (например, в результате транспортных или промышленных загрязнений), опасность подземных толчков или других колебаний из-за внешних причин.

с) Подробное описание и электрические характеристики комплектной подстанции

- 1) номинальные напряжения;
- 2) номинальная максимальная мощность комплектной подстанции;
- 3) номинальная частота;
- 4) номинальный уровень изоляции;
- 5) токи термической стойкости;
- 6) номинальная длительность КЗ (если она отлична от 1 сек);
- 7) токи электродинамической стойкости;
- 8) номинальные значения элементов (высоковольтной и низковольтной коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, трансформатора, соединений);
- 9) число фаз;
- 10) тип элементов (например, коммутационная аппаратура и аппаратура управления с воздушной изоляцией, жидкостные трансформаторы)
- 11) класс оболочки;
- 12) принципиальную схему;
- 13) степень(и) защиты оболочки и перегородок (при наличии);
- 14) расположение подстанции (ниже уровня грунта, частично ниже уровня грунта или на уровне грунта);
- 15) управление (внешнее, внутреннее)
- 16) материал и обработка поверхности оболочки;
- 17) механические напряжения (например, снеговые нагрузки, нагрузки на кровлю, ветровые нагрузки, и т.д.)
- 19) максимально допустимые размеры и специальные требования, влияющие на схему (компоновку) комплектной подстанции (общая компоновка)
- 19) максимальное вероятное значение токов замыкания на землю, зависящих от типа применяемых высоковольтных и низковольтных систем заземления нейтрали или значений токов КЗ в цепи (ях) заземления.

Кроме этого, лица, готовящие запрос, должны указать любые условия, которые могут повлиять на тендерное предложение или заказ, как, например, специальные условия монтажа или сборки, расположение внешних высоковольтных соединений, местные правила пожаробезопасности и звукоизоляции, а также предполагаемый срок службы. Необходимо сообщить о необходимости специальных типовых испытаний.

9.2 Сведения, представляемые при подаче тендерных предложений

Изготовитель должен представить следующую информацию вместе с описательными материалами и чертежами:

а) номинальные значения и характеристики, в соответствии с перечнем п.п. б) и с) 9.1

б) перечень свидетельств или отчетов о проведении типовых испытаний по запросу;

в) конструктивные особенности, например:

- 1) масса каждого транспортного узла;
- 2) общая масса комплектной подстанции;
- 3) габаритные размеры и схему (общую компоновку) комплектной подстанции;
- 5) схему внешних соединений;
- 6) требования к транспортировке и установке;
- 7) сведения об эксплуатации и техобслуживании;
- 8) сведения, требуемые соответствующим стандартом на элемент;

г) перечень рекомендуемых запчастей, которые должны быть приобретены пользователем.

д) характеристики материалов оболочки, а также сведения об обработке ее поверхности и покрытии, и испытаниях, проводимых с целью оценки ее свойств при заданных климатических условиях.

10 ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ, МОНТАЖА, ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ

Необходимо чтобы транспортировка, хранение и монтаж комплектной подстанции или ее транспортных узлов, а также их эксплуатация, и техобслуживание в процессе эксплуатации, выполнялись в соответствии с инструкциями Изготовителя.

Следовательно, изготовитель должен представить инструкции по транспортированию, хранению, монтажу, эксплуатации и техобслуживанию комплектной подстанции. Инструкции по транспортированию и хранению должны быть переданы в удобное время до поставки, а инструкции по сборке, эксплуатации и техобслуживанию должны быть представлены самое позднее во время поставки.

Соответствующие стандарты на различные элементы определяют специальные нормы по их транспортировке, монтажу, эксплуатации и обслуживанию и они должны быть, по возможности, включены в основные инструкции для комплектной подстанции.

Ниже приводится информация, позволяющая дополнить эти инструкции наиболее важными дополнительными сведениями, которые должен представить изготовитель комплектной подстанции.

10.1 Условия транспортирования, хранения и монтажа

Если условия эксплуатации, заданные в заказе, не могут быть гарантированы во время транспортирования, хранения и монтажа, между изготовителем и пользователем должно быть заключено специальное соглашение. В частности, должны быть даны инструкции по защите изоляции от избыточной влаги или необратимого загрязнения, если условия окружающей среды до подачи напряжения такие, что оболочка не может обеспечить соответствующей защиты.

Может также возникнуть необходимость разработки инструкции и-или обеспечения специальными элементами, защищающими такие узлы, как коммутационная аппаратура и силовые трансформаторы, во избежание каких-либо повреждений, вызванных вибрацией или ударами во время транспортировки.

10.2 Сборка

Инструкции, предоставляемые изготовителем, для каждого типа комплектных подстанций, должны включать в себя, по крайней мере, следующие пункты:

10.2.1 *Распаковка и погрузка-разгрузка*

Масса каждого транспортного блока, включая детали любых специальных грузоподъемных механизмов, необходимых для надежной погрузки-разгрузки и распаковки, должна быть указана на оборудовании.

10.2.2 *Узел в сборе*

Если комплектная подстанция не собрана полностью для транспортировки, все транспортные блоки должны быть четко отмаркированы, и должны быть представлены чертежи, поясняющие процесс сборки этих блоков.

10.2.3 *Монтаж*

Изготовитель должен предоставить всю необходимую информацию, необходимую для обеспечения возможности закончить подготовку рабочего места, например,

- о необходимых земляных работах;
- при необходимости, о внешних клеммах заземления и эквипотенциальном поясе;
- о расположении мест доступа к кабелям;
- о соединении с внешним водосборником, при наличии, включая размеры и расположение труб.

10.2.4 *Контроль сборки*

Инструкции по контролю и испытаниям комплектной подстанции после ее сборки должны включать в себя, по крайней мере, перечень рекомендуемых испытаний, проводимых на месте установки.

10.3 Эксплуатация

Кроме специальных инструкций по эксплуатации каждого элемента, изготовитель должен предоставить следующую дополнительную информацию, так чтобы пользователь мог понять основные принципы:

- описание мер обеспечения безопасности комплектной подстанции, и перечень любых специальных средств, поставляемых для обеспечения безопасности и инструкцию по их применению;
- работу системы вентиляции, блокировки и устройств для запираания на висячий замок.

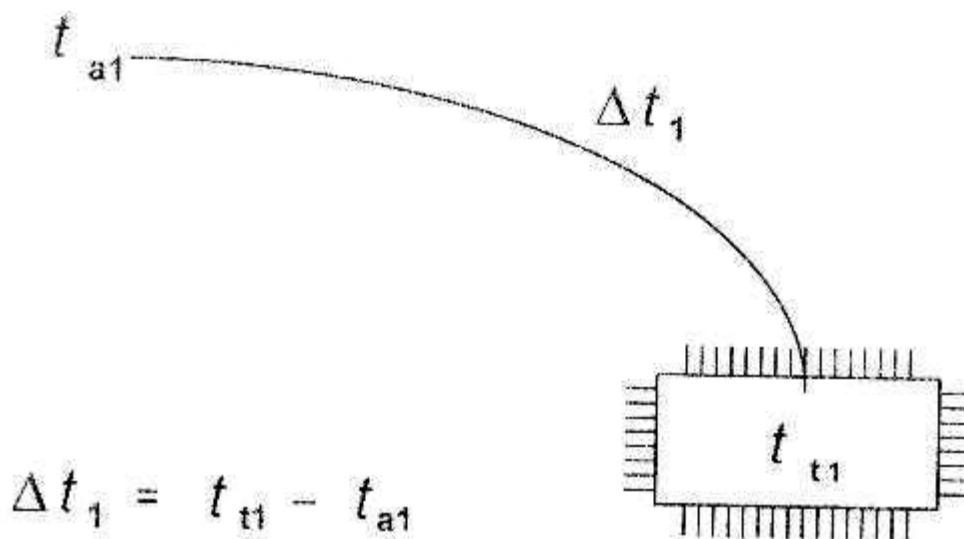
10.4 Техобслуживание

Изготовитель должен подготовить инструкцию по техобслуживанию, содержащую, по крайней мере, следующую информацию:

- полные инструкции по техническому обслуживанию основных элементов, согласно требованиям соответствующих стандартов;
- инструкции по техническому обслуживанию, при наличии, оболочки, включая периодичность и методику обслуживания.

10.5 Окончание срока службы

Изготовитель должен представить соответствующую информацию, позволяющую конечному пользователю осуществлять демонтаж и утилизацию подстанции по окончании срока службы. Она должна предполагать защиту, как рабочих, так и окружающей среды.

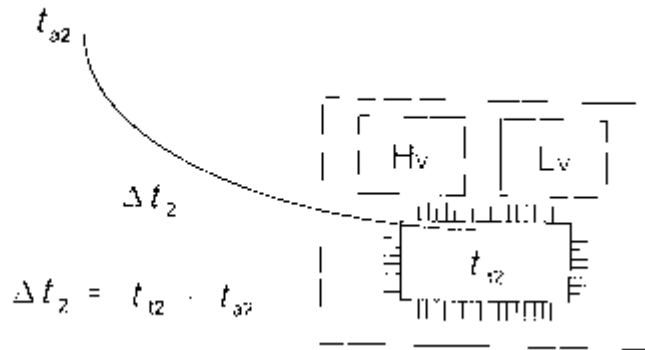


где

t_{a1} - температура окружающего воздуха помещения для проведения испытаний;
 t_{t1} - температуры трансформатора, измеренные в соответствии с МЭК 60076.2 и МЭК 60726;

Δt_1 -нагрев трансформатора, расположенного вне оболочки

Рис. 1 Измерение нагрева трансформатора в окружающей атмосфере.



где t_{a2} - температура окружающего воздуха помещения для проведения испытаний;

t_{t2} - температуры трансформатора, измеренные в соответствии с МЭК 60076.2 и МЭК 60726;

Δt_2 – нагрев трансформатора, расположенного внутри оболочки.

Квалитет:

$$\Delta t = \Delta t_2 - \Delta t_1$$

Класс 5 : $\Delta t \leq 5$ K

Класс 10: $\Delta t \leq 10$ K

Класс 15: $\Delta t \leq 15$ K

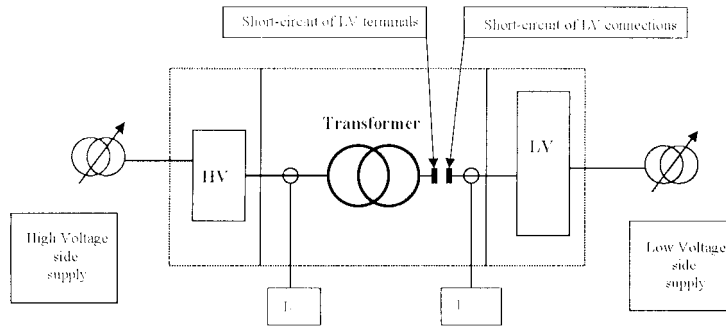
Класс 20: $\Delta t \leq 20$ K

Класс 25: $\Delta t \leq 25$ K

Класс 30: $\Delta t \leq 30$ K

Рис. 2 Измерение нагрева трансформатора в оболочке: Δt_2 (см. п. 6.2)

Диаграмма испытания на нагрев



I_1 = ток, достаточный для формирования полных потерь трансформатора
 I_2 = номинальный ток низкого напряжения трансформатора

Рис. 3 Диаграмма испытания на нагрев (см. 6.3.2)

(нормативное)

Метод испытаний комплектной подстанции при возникновении дугового разряда, обусловленного внутренним коротким замыканием

А.1 Введение

Данное предложение относится к комплектным подстанциям класса IAC. Этот класс подразумевает защиту людей, находящихся вблизи подстанции с закрытыми дверями при воздействии внутренней дуги (класс IAC1), а также защиту персонала, управляющему подстанцией в рабочем режиме, при том что ее коммутационная аппаратура ВН и аппаратура управления находятся в нормальном рабочем положении, как определено соответствующим стандартом (класс IAC2).

Примечание – Этот стандарт охватывает только внутренние дуги, возникающие на стороне высокого напряжения подстанции, в т.ч. и высоковольтных соединений (например, между высоковольтной коммутационной аппаратурой и силовыми трансформаторами). Внутренние дуги внутри трансформаторов или низковольтной коммутационной аппаратуры не рассматриваются.

Внутренние КЗ внутри подстанции могут возникать в нескольких местах и могут вызывать различные физические явления. Например, энергия дуги, являющаяся следствием дугового разряда, развивающегося на открытом воздухе в пределах подстанции или в любой электроизоляционной жидкости внутри оболочки высоковольтной коммутационной аппаратуры, будет вызывать внутреннее избыточное давление и местный перегрев, которые приведут к механическому и тепловому напряжению оболочки подстанции. Кроме того, используемые материалы могут образовывать горячие продукты разложения, как газообразные, так и парообразные, которые могут выбрасываться внутрь подстанции, а затем и за ее пределы.

Классификация по воздействию внутренней дуги IAC учитывает воздействие внутреннего избыточного давления на крышки, двери и пол(ы). Она учитывает тепловой эффект дуги или ее опорных точек (стволов) на оболочку, а также испускаемых горячих газов и раскаленных частиц, однако не учитывает повреждение внутренней перегородки и заслонок, не доступных в рабочем режиме.

Описанные ниже испытания на воздействие внутренней дуги проводятся с целью проверки эффективности конструкции с точки зрения защиты людей в случае возникновения внутренней дуги. Они не учитывают все эффекты (воздействия), которые могут представлять опасность, такие как наличие газов с потенциально токсичными характеристиками, которые могут присутствовать после КЗ. Данное испытание также не охватывает опасность распространения огня после возникновения внутренней дуги на горючие вещества или оборудование, расположенное вблизи подстанции.

А.2 Классификация по воздействию внутренней дуги (IAC):

Чтобы подпасть под класс воздействия внутренней дуги IAC подстанция должна быть подвергнута двум различным сериям испытаний на воздействие внутренней дуги:

а) Испытания на воздействие внутренней дуги, учитывающие КЗ внутри

высоковольтной коммутационной аппаратуры, в соответствии с публ. МЭК 60298.

б) Дополнительные испытания высоковольтных межсоединений. Такое дополнительное испытание не обязательно проводить, если межсоединения защищены токоограничивающими предохранителями.

Существуют два уровня защиты в случае возникновения внутренней дуги:

А.2.1 Комплектные подстанции, классифицированные IAC1

Эти подстанции отвечают принятым критериям защиты неограниченного круга лиц вблизи подстанции.

Для подтверждения этого принимается неограниченный доступ (тип доступа В по МЭК 60298). Он применим ко всем сторонам подстанции с закрытыми дверями, независимо от режима управления подстанции (изнутри или снаружи).

А.2.2 Комплектные подстанции, классифицированные IAC2

Эти подстанции отвечают принятым критериям защиты как неограниченного круга лиц вблизи подстанции, так и оператора, при нормальном режиме эксплуатации подстанции.

Для подтверждения защиты неограниченного круга лиц, применяется тип доступа В (см. П. А.2.1) ко всем сторонам подстанции с закрытыми дверями.

Для подтверждения защиты операторов различают 2 типа подстанций, в зависимости от режима их управления (изнутри или снаружи).

а) Подстанция, управляемая изнутри

Применяется тип доступа А (доступ только для персонала, имеющего разрешение) внутрь подстанции с открытой дверью.

б) Подстанция, управляемая снаружи

Тип доступа А (доступ только для персонала, имеющего разрешение) применим для рабочей стороны высокого напряжения подстанции с открытой дверью.

А.3 Схемы испытаний

А.3.1 Общая часть

Необходимо обратить внимание на следующие моменты:

- Испытаниям должны подлежать комплектная подстанция или представляющая ее часть, не подвергавшиеся ранее воздействию дугового разряда, либо, если такое воздействие имело место, находящиеся в состоянии, которое не будет влиять на результаты испытаний.
- Образец испытаний должен быть полностью оснащен. Допускается

использовать модели внутренних элементов, при условии, что их объемы и наружные (внешние) материалы аналогичны объемам и материалам оригиналов.

- Если образец для испытаний связан с землей, то он должен быть установлен в подготовленном для этого месте.

А.3.2 Моделирование испытательного помещения

Если практические испытания на воздействие дуги нацелены на проверку защиты рабочих внутри подстанции, они могут проводиться внутри собственной оболочки подстанции, при том, что все остальные элементы или их соответствующие модели будут установлены в ней как при эксплуатации, при открытой дверце смотрового люка.

Если изготовитель примет решение о проведении испытаний в моделируемом испытательном помещении, в соответствии с требованиями Приложения А МЭК 60298, то моделирование испытательного помещения должно отображать установку оборудования внутри подстанции.

Если коммутационная аппаратура была предварительно испытана в соответствии с МЭК 60298 в более жестких условиях, то нет необходимости проводить данное испытание, и подстанция будет считаться соответствующей данному стандарту.

Испытания на воздействие внутренней дуги, включающие в себя случай возникновения КЗ внутри высоковольтной коммутационной аппаратуры, должны проводиться в соответствии с Приложением А МЭК 60298 для коммутационной аппаратуры в металлическом корпусе (оболочке) класса IAC.

Испытание, включающее в себя случай возникновения КЗ в высоковольтных межсоединениях, по необходимости, должно проводиться в соответствии с положениями Приложения А МЭК 60298. Место возникновения должно быть расположено в наиболее удаленной доступной части источника питания в направлении вероятного протекания потока энергии в процессе эксплуатации.

Комплектные подстанции предназначены для наружной установки. Поэтому, при проведении испытаний на воздействие внутренней дуги, нацеленных на проверку степени защиты снаружи подстанции, никакого моделирования испытательного помещения не требуется.

Если изготовитель утверждает, что в конструкции для удаления газов, образующихся при возникновении внутренней дуги, требуется наличие кабельного канала и/или другого дополнительного вытяжного канала, то ему необходимо указать размеры поперечного сечения и место их расположения. Испытание необходимо проводить с моделированием таких выхлопных газов.

Это требование должно быть четко указано в технологической инструкции (см. п. 10) в качестве обязательного условия монтажа на месте установки.

А.3.3 Индикаторы (для оценки теплового эффекта газов)

А.3.3.1 Общие сведения

Индикаторы - лоскутки черной хлопковой ткани, расположенные таким образом, чтобы их обрезанные кромки не были обращены в сторону образца для испытаний.

В зависимости от условий доступности, в качестве индикаторов должны использоваться либо черный кретон (хлопковая ткань приблизительно 150 г/м^2), либо черный хлопковый прокладочный батист (приблизительно 40 г/м^2).

Необходимо предпринять все возможное, чтобы вертикальные индикаторы не воспламенялись друг от друга. Это достигается путем их расположения в рамке из стального листа, глубиной $2 * 30 \text{ мм}$ ($+0, -3 \text{ мм}$), см. рис. А.1.

При наличии горизонтальных индикаторов необходимо принять меры по предотвращению накапливания раскаленных частиц. Это достигается в том случае, если индикаторы установлены без рамки, см. рис. А.2.

Размеры индикаторов должны быть $150 \text{ мм} \times 150 \text{ мм}$ ($+15, - 0 \text{ мм}$).

А.3.3.2 Расположение индикаторов

Индикаторы должны быть расположены на каждой достижимой стороне образца для испытаний, на монтажной стойке, на расстоянии, зависящем от типа (вида) доступа.

Длина монтажной стойки должна быть больше соответствующей стороны образца для испытаний, принимая во внимание возможность утечки горячих газов под углами до 45° от испытываемой поверхности. Это означает, что монтажная рама должна быть на 100 мм длиннее испытываемого блока в случае типа доступа В или 300 мм в случае типа доступа А, при условии, что схема подстанции или испытательная схема не ограничивает этого удлинения.

ПРИМЕЧАНИЕ Во всех случаях, расстояние от индикаторов, расположенных вертикально по отношению к оборудованию, измеряется от поверхности оболочки, не учитывая выступающие элементы (например ручки, рама аппаратуры и так далее). Если поверхность оборудования не обычная, индикаторы должны быть расположены так, чтобы насколько возможно реалистичнее моделировать положение рабочего перед оборудованием, на вышеуказанном расстоянии, согласно типу доступа.

а) Проверка уровня защиты операторов. Тип доступа А. (Ограниченный доступ)

При проведении испытаний на воздействие внутренней дуги внутри высоковольтных выключателей схема расположения индикаторов должна отвечать требованиям Приложения А публ. МЭК 60298 для типа доступа А.

При проведении дополнительного испытания высоковольтных соединений на воздействие внутренней дуги, индикаторы должны быть размещены на каждой доступной стороне, на расстоянии 300 мм от наиболее близкого положения, которого оператор может достигать при нормальной эксплуатации.

Примечание: Обычно доступ к проводникам или соединительным кабелям, расположенным на

открытом воздухе, преграждает либо какой-либо шлагбаум, либо какая-либо преграда.

При проведении испытаний на подстанции с внешним управлением, индикаторы должны быть расположены перед рабочей стороной (с открытой дверью) на расстоянии 300 мм от коммутационной аппаратуры. Если фронтальная сторона **ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ** коммутационной аппаратуры удалена внутри подстанции более чем на 300 мм, индикаторы должны быть расположены в положении закрытых дверей.

b) Проверка уровня защиты неограниченного круга лиц. Тип доступа В (Неограниченный доступ)

В качестве индикаторов должен использоваться черный хлопковый прокладочный батист (приблизительно 40 г/м²). Все двери и крышки должны быть закрыты, а их защита должна обеспечиваться как в нормальном режиме, при отсутствии работ на подстанции.

Индикаторы должны быть установлены вертикально на всех доступных сторонах комплектной подстанции на высоте до 2 м над уровнем пола. Если фактическая высота образца ниже 1,9 м., то вертикальные индикаторы должны быть расположены на 100 мм выше, чем образец для испытаний (см. рис. А.3b).

Индикаторы должны быть равномерно распределены, установлены в шахматном порядке, и охватывать 40-50 % площади (см. рис. А.3b).

Расстояние от индикаторов до подстанции должно быть 100 мм ± 5 мм.

Если подстанция частично расположена под землей на расстоянии глубже 800 мм или если подстанция полностью находится под землей, горизонтальные индикаторы должны охватывать все покрытие подстанции.

А.4 Приложенные напряжение и ток

Применим п. А.4 публ. МЭК 60298.

А.5 Методика испытаний

Применим п. А.5 публ. МЭК 60298.

А.6 Критерии приемки

А.6.1 Комплектная подстанция класса IAC1

Комплектной подстанции присваивается IAC1, если после проведения испытаний на проверку защиты неограниченного круга лиц в соответствии с п. А.3, она соответствует следующим критериям:

Критерий No. 1

Корректно защищенные двери и крышки подстанции не открываются. Деформации допускаются, при условии, что ни одна часть не достигает положения индикаторов на каждой стороне. После испытаний не требуется соответствие подстанции своим IP кодам.

Критерий No. 2

- В течение времени, отведенного для проведения испытаний, не происходит никакой фрагментации оболочки
- Допускается выступ мелких деталей, весом до 60 г.

Критерий No 3

Дуговой разряд не приводит к возникновению отверстий в крыше и на доступных сторонах высотой до 2 м.

Критерий No. 4

Индикаторы не воспламеняются под воздействием горячих газов.

Если во время испытаний они начинают гореть, критерий оценки может считаться выполненным, если установлен тот факт, что воспламенение вызвано скорее раскаленными частицами, нежели горячими газами. Фотографии, сделанные высокоскоростными киносъёмочными аппаратами, видеоаппаратурой или любыми другими подходящими средствами, могут использоваться испытательной лабораторией для подтверждения данного факта.

Индикаторы, воспламененные в результате возгорания краски или клейких веществ, также исключаются.

Критерий No. 5

Оболочка остается связанной с точкой заземления. Для оценки соответствия обычно достаточно визуального контроля. При сомнении необходимо проверить непрерывность заземляющего соединения, см. п. б) 6.4.

A.6.2 Комплектная подстанция класса IAC2

Для присвоения класса IAC2 комплектная подстанция должна успешно выдержать две следующие последовательности (серии) внутренних дуговых разрядов:

а) Испытание на проверку защиты неограниченного круга лиц, с критерием приемки согласно Классу 1.

б) Испытания на проверку защиты операторов, описание которых дается в данном Приложении, для случаев возникновения КЗ внутри высоковольтной коммутационной аппаратуры и в высоковольтных соединениях.

Необходимо соответствие следующим критериям:

После проведения испытаний высоковольтной коммутационной аппаратуры на воздействие внутренней дуги необходимо соответствие 5-ти критериям по п. А.6 Приложения А публ. МЭК 60298.

Примечание. Если конструктивное исполнение подстанции подразумевает наличие ниже уровня пола полости для аккумуляирования выхлопных газов, то свойства пола должны оцениваться с точки зрения безопасности стоящего на нем оператора.

После испытаний высоковольтных соединений:

Критерий № 1

Нет смещений или деформации барьеров, преград (шлагбаумов) или оболочек (ограждений) соединений, при наличии, за положения индикаторов.

Критерий № 2

Отсутствие выбросов материалов массой свыше 60 г.

Критерий № 3

В случае возникновения дугового разряда отсутствие отверстий на достижимой стороне оболочки соединения.

Критерий № 4

Индикаторы не воспламеняются от пламени или горячих газов.

Присутствуют те же самые исключения, что и в разделе IEC A6 Приложения А публ. МЭК 60298.

Критерий № 5

Если соединение защищено оболочкой, связанной с землей, оно остается связанным с точкой заземления.

А.7 Протокол испытаний

Следующая информация должна быть внесена в протокол испытаний:

- Номинальные данные и описание испытательной установки, ее чертеж с указанием основных габаритных размеров, сведения о механической прочности, схема расположения предохранительных клапанов, описание метода крепления коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления, заключенных в металлическую оболочку к полу и/или к стенам.

- схема испытательных соединений

- место и способ инициирования КЗ

- испытательная схема (моделирование помещения, образец для испытаний, а

также монтажная рама индикаторов).

- значения тока и частоты
- значения ожидаемого или испытательного тока
 - a) Действующее значение аperiodической составляющей в течение первых трех полупериодов;
 - b) Максимальный пик
 - c) Среднее значение переменной составляющей тока в течение фактической длительности испытаний;
 - d) Длительность испытаний
- осциллограмма(ы) тока и напряжения;
- оценка результатов испытаний, в т.ч. записи наблюдений в соответствии с АА.6
- фотографии объекта испытаний до и после испытаний
- другие наблюдения (замечания).
- разводку кабельных трубопроводов.

А.8 Обозначение класса

В случае, если класс IAC доказан (проверен) испытаниями, согласно 6.8, комплектная подстанция будет обозначена следующим образом:

Общее: класс IAC (аббревиатура от Internal Arc Classified)

- Уровень: 1, если обеспечена только защита неограниченного круга лиц, либо 2 – при наличии также и защиты операторов.
- номинальные параметры при испытаниях: эффективное значение испытательного тока в кА и длительность в сек.

Пример: комплектная подстанция, испытанная на токи КЗ (rms) 12,5 кА в течение 1 сек с защитой только неограниченного круга лиц (А.3.3.2b)

Обозначение: Класс IAC 1 – 12,5 кА – 1 сек

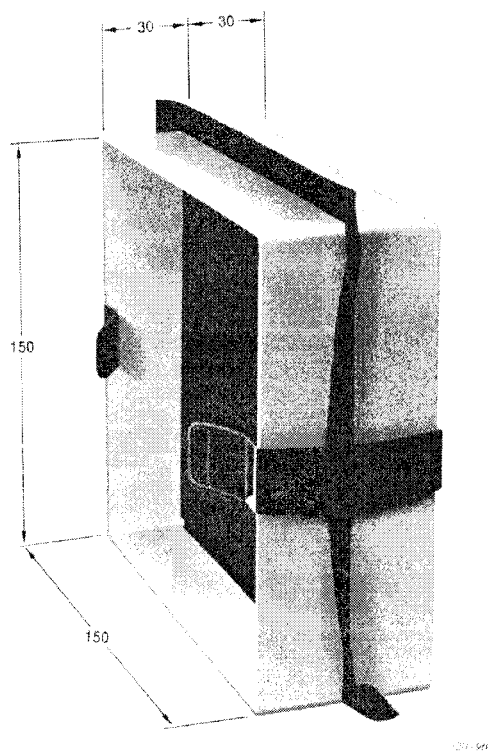


Рис. А.1 Монтажная рама для вертикальных индикаторов

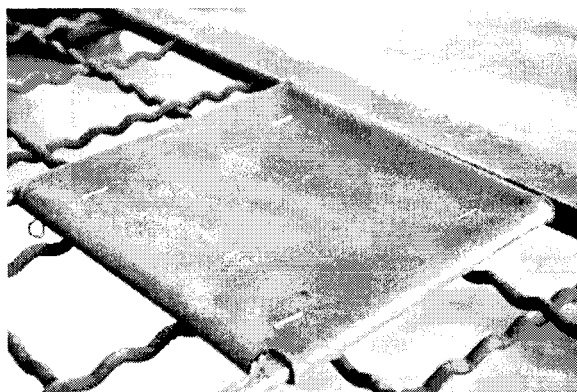


Рис. А. 2 Горизонтальные индикаторы

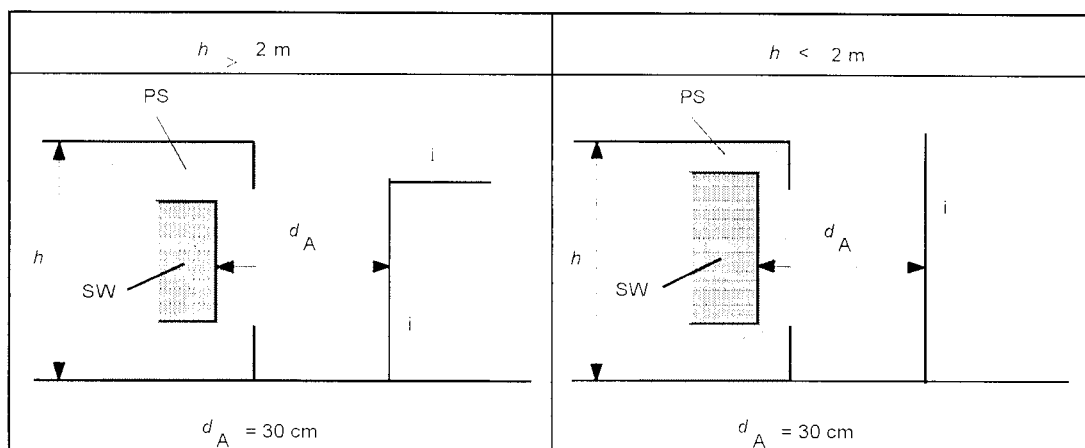


Рис. А.3.а – Защита операторов перед открывающейся стороной подстанции , управляемой снаружи

Примечание: Для схем проверки защиты операторов в пределах подстанции, управляемой снаружи, необходимо руководствоваться Приложением А МЭК 60298.

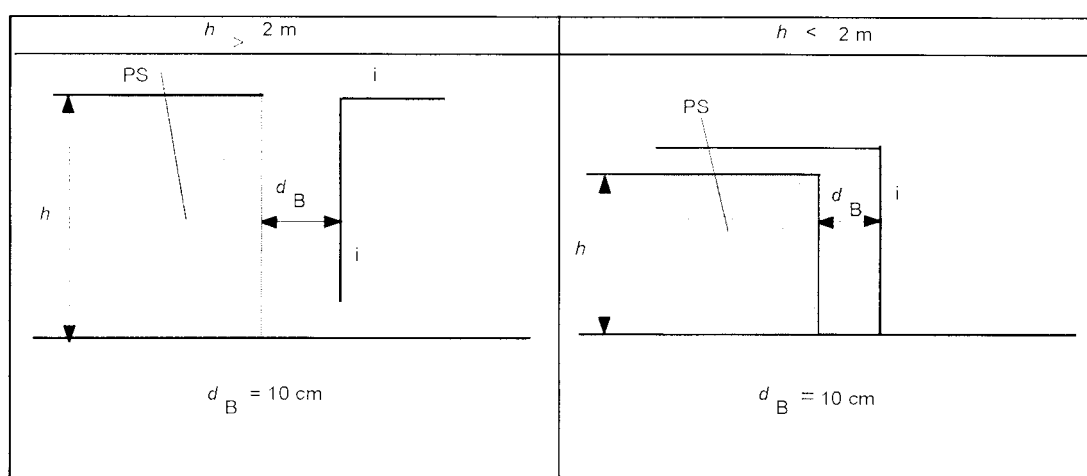


Рис. А.3б – Защита неограниченного круга лиц вблизи подстанции с закрытыми дверями.

где

- i – расположение индикаторов;
- h - высота комплектной подстанции;
- d_A - расстояние по горизонтали от индикаторов до коммутационной аппаратуры и аппаратуры управления;
- d_B - расстояние по горизонтали от индикаторов до комплектной подстанции;
- SW - высоковольтная коммутационная аппаратура и аппаратура управления;
- PS - комплектная подстанция

Рис. А.3 – Схема расположения индикаторов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(нормативное)

Испытания на проверку уровня звукового давления (шума) комплектной подстанции

В.1 Назначение

Цель испытания заключается в том, чтобы рассчитать разность между уровнем звукового давления (шумом) данного трансформатора и уровнем звукового давления (шумом) комплектной подстанции, содержащей тот же самый трансформатор.

Сравнение двух значений представляет собой оценку акустической (шумовой) характеристики оболочки комплектной подстанции. Предполагается, что оболочка не будет увеличивать уровень звукового давления (шума) трансформатора.

Экспериментальные значения справедливы только для узлов, прошедших испытания, при номинальных напряжении и частоте. Если подстанция, которую предполагается использовать, содержит различные компоненты, детали и-или соединена с сетью электропитания с различным напряжением питания или частотой, то характеристика оболочки может отличаться.

В.2 Образец для испытаний

Используемый для испытаний трансформатор должен иметь максимальную номинальную мощность и потери, на которые рассчитана комплектная подстанция.

Испытываемая комплектная подстанция должна быть в полностью собранном виде, включая всю арматуру и оборудование.

В.3 Метод испытаний

Испытание должно проводиться в соответствии с МЭК 60076-10. Публ. МЭК 60076-10, определяет метод испытания и расчет А-взвешенного уровня звукового давления (шума) вдоль заданного контура вблизи трансформатора. Тот же самый метод должен использоваться для измерений на комплектной подстанции, где оболочка представляет собой акустический контур (границу). Метод измерения, должен соответствовать п. 5.2.1 МЭК 60076-10, за исключением требования к измерительному прибору, который должен находиться на 1,5 м. выше поверхности земли, как предопределено для комплектной подстанции.

Оба испытания на трансформаторе, как одного, так и с оболочкой, должны выполняться при тех же самых внешних условиях, что дает возможность вносить только одну поправку на внешнюю среду.

В.4 Измерения

Они должны проводиться в соответствии с п. 5.2.1 МЭК 60076-10. С целью позиционирования измерительных приборов, оболочка должна рассматриваться, как главная поверхностная антенна (излучающая поверхность) комплектных

подстанций.

В.5 Представление и расчет результатов

Определение уровня звукового давления (шума) должен рассчитываться в соответствии с разд. 6 МЭК 60076-10.

Вся применяемая информация должна быть включена в протокол испытаний в соответствии с разд. 7 МЭК 60551 для двух составов оборудования: только один трансформатор, одна и полностью собранная комплектная подстанция.

Кроме того, для комплектной подстанции необходимо также включить следующие сведения:

б) основные расчетные характеристики оболочки, дверей, крышек и вентиляционной системы, включая используемые материалы;

с) чертёж с размерами внутреннего расположения компонентов внутри оболочки, положение и размер дверей и вентиляционных отверстий, а также любых других частей, которые могут оказать значительное влияние на распространение звука;

д) необходимо представить специальные сведения о положении трансформатора относительно оболочки, дверей, крышек и вентиляционных отверстий.

ПРИМЕЧАНИЕ- Если какая-либо звукометрия на любой из сторон комплектной подстанции отличается существенно от звукометрии на других сторонах, в протокол испытаний необходимо занести все значения, чтобы позволить пользователю учесть различия при установке комплектной подстанции.

ПРИЛОЖЕНИЕ С
(нормативное)
Механические испытания на удар

С.1 Испытания на проверку устойчивости ударному воздействию

Испытаниям должны подвергаться слабые места оболочки комплектной подстанции, например, крышки, двери и вентиляционные отверстия.

Испытания должны проводиться с использованием метода, описанного в публ. МЭК 6068-2-62. Энергия (мощность) удара должна составлять 30 Дж. При горизонтальных поверхностях, в качестве направляющей ударного элемента можно использовать вертикально расположенную трубу.

Если колебания температуры при нормальных условиях эксплуатации значительно влияют на прочность на удар материала, используемого для деталей оболочки, например, синтетические материалы, то испытание на удар должно проводиться на этих деталях при минимальной рабочей температуре.

Во время испытаний, оболочка должна быть установлена в соответствии с инструкциями изготовителя.

Максимальное число ударов должно быть 5 на каждой вертикальной стороне или на крыше комплектной подстанции. К одному и тому же месту должно быть приложено только одно ударное воздействие.

Испытание считается успешным, если выполнены следующие критерии:

- сохраняется степень защиты оболочки;
- не ослабляется работа блока управления, ручек, и т.д.;
- повреждение оболочки или деформации не должны влиять на дальнейшее качество использования оборудования, либо снижать его электрическую прочность (или зазор, или пути утечки) относительно заданных значений;
- Допускаются легкоустраняемые повреждения, например, повреждение красочного покрытия и маленькие впадины.

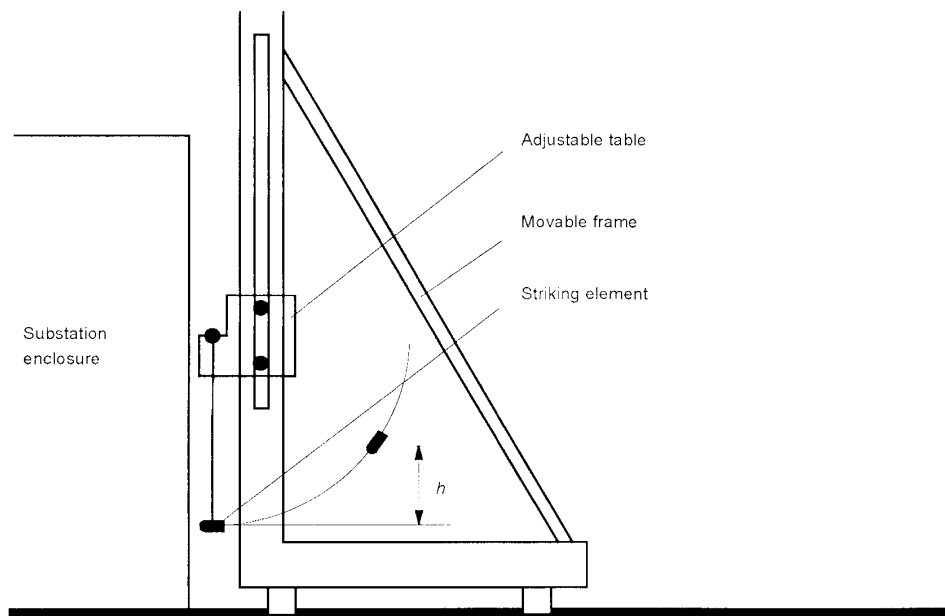
С.2 Аппаратура для проверки защиты от механических повреждений

Испытательная аппаратура состоит, в основном, из маятника, вращающегося в верхней части, таким образом, чтобы оставаться в вертикальной плоскости. Ось шарнира должна находиться на 1000 мм выше точки замера, а ударный элемент должен удовлетворять требованиям рисунка С.1.

Отношение массы рычага (шарнира) к совокупной массе ударного элемента не должно превышать 0,2, а центр тяжести ударного элемента должен быть на оси рычага (шарнира).

Ударные воздействия, которым подвергается оборудование, определяются массой молота и высотой падения, то есть расстоянием, измеренным по вертикали, между ударным элементом в его поднятом положении и точкой приложения силы оканчиваются

Молот должен иметь эквивалентную массу 5 кг, а высота падения должна быть 0,4 м., в результате чего мощность удара составляет 20 Дж.



Где

Мощность удара = 20 Дж

Эквивалентная масса = 5 кг ± 5%

Боек ударного элемента: согласно публ МЭК 6068-2-62

Материал элемента: FE 490-2, твёрдость по Роквеллу согласно ISO 1052

Номинальная высота падения = 400 мм ± 1%

Рис. С.1 Аппаратура для проведения испытаний на удар

ПРИЛОЖЕНИЕ D

(информативное)

Номинальные данные трансформаторов в оболочке

Трансформатор, соответствующий номинальной максимальной мощности комплектной подстанции может иметь разную нагрузку при различных классах оболочки и температурах окружающего воздуха. В данном приложении дается метод определения коэффициента нагрузки как для трансформаторов с жидкостной изоляцией, так и для сухих трансформаторов.

Примечание. Необходимо поддерживать максимальную температуру в горячем пятне трансформатора независимо от оболочки, и, поэтому, необходимо снизить номинальные значения трансформатора, чтобы не превысить эту температуру горячего пятна.

D.1 Трансформаторы с жидкостной изоляцией

Кривыми на рис. D.1 следует пользоваться следующим образом:

- Выбрать прямую, соответствующую классу оболочки
- выбрать известную среднюю температуру окружающей среды места расположения подстанции по вертикальной оси
- точка пересечения прямой класса оболочки и средней температуры окружающего воздуха и дает коэффициент нагрузки трансформатора.

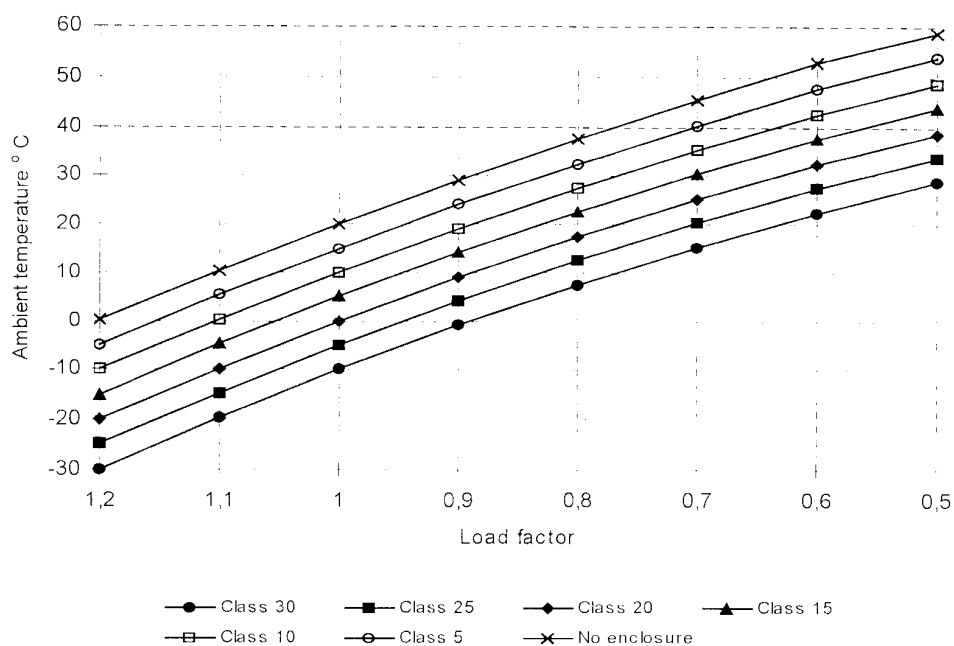


Рисунок D.1 Коэффициент нагрузки трансформатора с жидкостной изоляцией в оболочке

D.2 Сухой трансформатор

Кривыми на рис. D.2 следует пользоваться следующим образом:

- Выбрать прямую, соответствующую классу оболочки
- выбрать известную среднюю температуру окружающей среды места расположения подстанции по вертикальной оси
- точка пересечения прямой класса оболочки и средней температуры окружающего воздуха и дает коэффициент нагрузки трансформатора.

ПРИМЕЧАНИЕ: - Одно семейство кривых дается для потерь холостого хода/ нагрузочные потери 1:6 для трансформаторов с жидкостной изоляцией и 1:4, для сухих трансформаторов. Рассматривались и другие значения, и при использовании одной кривой какие-либо измеримые погрешности отсутствуют. Кривые справедливы для отношений в интервале от 1:2 и 1:12.

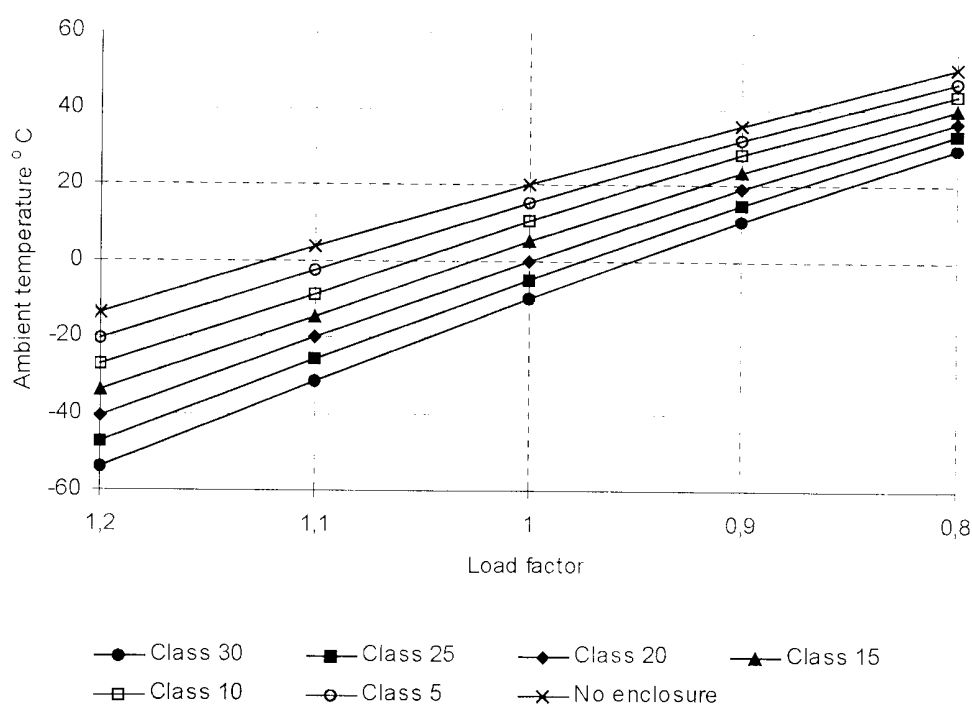


Рис. D.2 - Коэффициент нагрузки сухого трансформатора в оболочке

D.3 Пример

Дано:

Местоположение со средней годовой температурой окружающего воздуха – 10°C.

- Средняя температура окружающего воздуха зимой – 0°C
- Средняя температура окружающего воздуха летом – 20°C
- Среднегодовая требуемая нагрузка – 900 кВА
- Средняя нагрузка, необходимая зимой – 1000 кВА
- Средняя нагрузка, необходимая летом – 600 кВА

Вопрос 1

Какой номинальный класс оболочки необходим для трансформатора мощностью 1 000 кВА, с суммарными потерями 12 кВт, которые не будут превышать максимальную температуру горячего пятна и максимальную температуру жидкости в случае использования трансформатора с жидким диэлектриком?

Ответ:

- При среднегодовой температуре окружающего воздуха 10°C и коэффициенте нагрузки 0,9, рис. D.1 рекомендует оболочку класса 20;
- При средней температуре окружающего воздуха в зимний период 0°C и коэффициенте нагрузки 1,0, рис. D.1 рекомендует оболочку класса 20;
- При средней температуре окружающего воздуха в летний период 20°C и коэффициенте нагрузки 0,6, рис. D.1 рекомендует оболочку класса 30.

Вывод

Для трансформатора с максимальной мощностью 1000 кВА и максимальными потерями 12 кВт могут быть выбраны только оболочки класса 20 и 10.

Вопрос 2

Каковы будут допустимые коэффициенты нагрузки трансформатора при тех же условиях, что и в первом случае, но при оболочке класса 30?

Ответ:

- При среднегодовой температуре окружающего воздуха 10°C и оболочке класса 30, рис. D.1 дает максимальный коэффициент нагрузки 0,77;
- При средней температуре окружающего воздуха в зимний период 0°C и оболочке класса 30, рис. D.1 дает максимальный коэффициент нагрузки 0,89;
- При средней температуре окружающего воздуха в летний период 20°C и оболочке класса 30, рис. D.1 дает максимальный коэффициент нагрузки 0,64.

Приложение Е

(информативное) EMF

Методы оценки электрических и магнитных полей комплектных подстанций высокого и низкого напряжения

Е.1 Введение

В данном приложении дается практическое руководство по оценке и документированию электромагнитных полей, генерируемых комплектными подстанциями высокого и низкого напряжения. Систематизированы требования к измерению электрических и магнитных полей, поскольку они являются специфичными для подстанций.

Подробные общие сведения о требованиях и измерениях низкочастотных электромагнитных полей даются в публ. МЭК 61786 Измерения низкочастотных магнитных и электрических полей с точки зрения внешнего воздействия на людей - Специальные требования к приборам и руководство по измерению.

В основном, параметры электромагнитного поля (EMF) подстанции описываются значением и пространственным распределением напряженности электрического поля, а также плотностью магнитного потока. В низкочастотном диапазоне, включающем промышленные частоты от 15 до 60 Гц, электромагнитное поле – квазистатическое. Следовательно, электрическое, и магнитное поля могут обрабатываться отдельно и оба могут оцениваться либо измерениями, либо вычислениями.

Е.2 Цель (назначение) документирования EMF

Изготовителей электроэнергетического оборудования могут попросить задокументировать параметры **EMF** в качестве входных данных для пользователей, способствующих дальнейшему процессу авторизации и документирования.

Документирование EMF предназначено для предоставления пользователю возможности:

- оценить условия, относящиеся к EMF, с точки зрения проектирования, монтажа, составления инструкций по эксплуатации и обслуживанию.
- Принять меры по выполнению норм (правил) по EMF

Сведения о параметрах EMF подстанции включают в себя значения электрического и магнитного полей вблизи достижимых поверхностей подстанции.

Примечание 1: Измерения EMF, описанные в данном приложении, предоставляют сведения о параметрах EMF одного изделия. На практике, используется целый комплекс оборудования, где накладываются несколько источников поля, следовательно, результирующие электромагнитные поля могут значительно отличаться от параметров одного изделия.

Примечание 2: В сферу данного приложения не входит определение (установление) каких-либо предельных значений.

Е.3 Параметры EMF, которые должны быть представлены:

Сведения о параметрах EMF включают в себя следующее:

Е.3.1 Электрическое поле

Параметры электрического поля описывается значениями (среднеквадратическими значениями) и пространственным распределением напряженности электрического поля при номинальной частоте на всех достижимых поверхностях подстанции.

Е.3.2 Магнитная индукция

Параметры магнитного поля описывается значениями (среднеквадратическими значениями) и пространственным распределением магнитной индукции при номинальной частоте на всех достижимых поверхностях подстанции.

Е.3.3 Нагруженный режим

Должен быть определен нагруженный режим, то есть значение тока в каждом функциональном блоке, в котором допустимы документально подтвержденные параметры EMF.

Е.4 Методы оценки

Изготовитель может оценивать параметры EMF либо путем проведения измерений, либо путем расчетов.

Е.5 Измерения

Е.5.1 Общее

В официальном документе необходимо указать испытательную установку, методики проведения измерений, а также, сведения об окружающей среде, например; схему входящих и отводящих кабелей, влияние питающего генератора, расстояния до других источников электромагнитных полей вблизи испытательной установки.

Измерительные приборы выбираются в соответствии с местными условиями.

Измерения должны проводиться при закрытых дверях.

Необходимо указать нагруженный режим комплектной подстанции высокого/низкого напряжения во время проведения измерений, включающий:

i

- нагрузку трансформатора
- токи в коммутационной аппаратуре высокого и низкого напряжения
- рабочие напряжения.

Примечание: Магнитная индукция и напряженность электрического поля могут быть зарегистрированы путем проведения отдельных независимых измерений.

Методы записи данных и расчетов должны быть задокументированы.

Е. 5.2 Измерительные приборы

Измерительные приборы должны удовлетворять требованиям МЭК 61786. Инструментальная погрешность при низкочастотных магнитных полях не должна превышать $\pm 10\%$.

Параметры EMF описываются результирующими среднеквадратичными значениями напряженности электрического поля (E_R) и магнитной индуктивности (B_R).

Использование изотропных измерительных датчиков приемлемо при условии, что значением дрейфа нуля можно пренебречь.

В противном случае, должны использоваться однонаправленные измерительные датчики, а поле должно измеряться во всех трех ортогональных направлениях. Результирующее значение

$$E_R = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \text{ и } B_R = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Е.5.3 Методики измерений

Е.5.3.1 Измерение коррекции нуля

До измерения параметров EMF подстанции необходимо провести измерение коррекции нуля. Пока подстанция высокого/низкого напряжения обесточена, необходимо замерить электрическое и магнитное поле вблизи подстанции для получения общего представления о внешних мешающих полях.

Е.5.3.2 Напряжение и ток

При промышленной частоте электрическое и магнитное поля не зависят друг от друга. Следовательно, магнитная индукция и характеристика напряженности электрического поля могут быть зарегистрированы отдельно путем проведения независимых измерений.

Примечание: Например, измерение магнитной индукции можно проводить одновременно с испытанием на нагрев при длительной работе, а измерение напряженности электрического поля во время проведения диэлектрических испытаний.

Параметры электрического поля подстанции могут быть измерены в любом нагруженном режиме до номинального значения.

Магнитная индукция может быть измерена при любом приложенном напряжении до номинального значения.

Предпочтительно проводить измерения при номинальном напряжении

(электрическое поле)/ номинальном токе (магнитная индукция) комплектной подстанции высокого/низкого напряжения, с тем, чтобы получить максимальную характеристику электромагнитного поля. В противном случае, если магнитная индукция измерена при более низком токе нагрузки, либо напряженность электрического поля - при более низком напряжении, измеренные значения как электрического, так и магнитного поля может экстраполировать к номинальным значениям подстанции.

Е.5.3.3. Другие режимы

Во время измерений между источником поля и измерительными приборами не должно быть ни людей, ни объектов, влияющих на электромагнитные поля.

В частности, при измерении напряженности электрического поля, необходимо обратить внимание, чтобы на результаты не влияли искажения поля, вызванные людьми или объектами.

Значительные искажения магнитного поля могут быть вызваны только объектами, содержащими или состоящими из ферромагнитных материалов. Люди не воздействуют на магнитное поле, так что при проведении измерений они могут держать измерительные приборы в руках.

Е.6 Точки замера

По существу, значения напряженности электрического поля и магнитной индукции должны измеряться со всех сторон комплектной подстанции, которые являются доступными для неограниченного круга лиц. Рекомендуемые места точек замера определены исходя из анатомии человека. См. Рис. Е.1.

Расстояние d_{as} 20 см от достижимой поверхности соответствует минимальному расстоянию между достижимой поверхностью и центром тела человека.

Примечание: Кроме того, размер измерительного датчика также требует некоторого расстояния от достижимой поверхности.

Рекомендуемое расстояние между точками замера - $d_{mp} = 50$ см.

Значения высоты $h_1 = 45$ см, $h_2 = 90$ см, and $h_3 = 155$ см представляют собой типовой рост людей разного возраста, где высота отсчитывается от постоянно достижимой поверхности вблизи подстанции.

Измерения над поверхностью крыши проводят только в том случае, если крыша является доступной для людей.

Е.7 Расчеты

Если даны граничные условия, то можно точно рассчитать квазистатическую напряженность электрического поля и магнитную индукцию при низких частотах, даже для комплексных структур.

При использовании компьютерных программ точность результатов зависит от качества определения источников поля и граничных условий в методике

вычисления.

Для каждой используемой программы и каждого типа источника поля результаты расчетов необходимо перепроверить по разным источникам методом сравнения измерений.

Оценка электромагнитных полей комплектной подстанции методом расчета должна быть перепроверена по разным источникам, и проверена в каждом конкретном случае методом случайного отбора.

Е.8 Документация

Необходимо представить следующие сведения:

Компоновку подстанции, включая кабельную трассу.

Обозначение типа и номинальные параметры элементов комплектной подстанции, а именно

- трансформаторов
- коммутационной аппаратуры высокого напряжения
- коммутационной аппаратуры низкого напряжения.
- схему испытаний
- тип используемых измерительных устройств.

Характеристики ЭДС:

Необходимо перечислить места точек замера и измеренные величины согласно п.п. Е.5.

Если электрические и магнитные поля были измерены не при номинальном напряжении / токе, то их значения должны соответственно экстраполироваться.

Необходимо указать точки возникновения максимальной напряжённости электрического поля и магнитной индукции и их значения.

Нормативная литература:

МЭК 617867 Измерение низкочастотных электрических и магнитных полей с точки зрения воздействия на человека. – Специальные требования к приборам и руководство по проведению измерений.

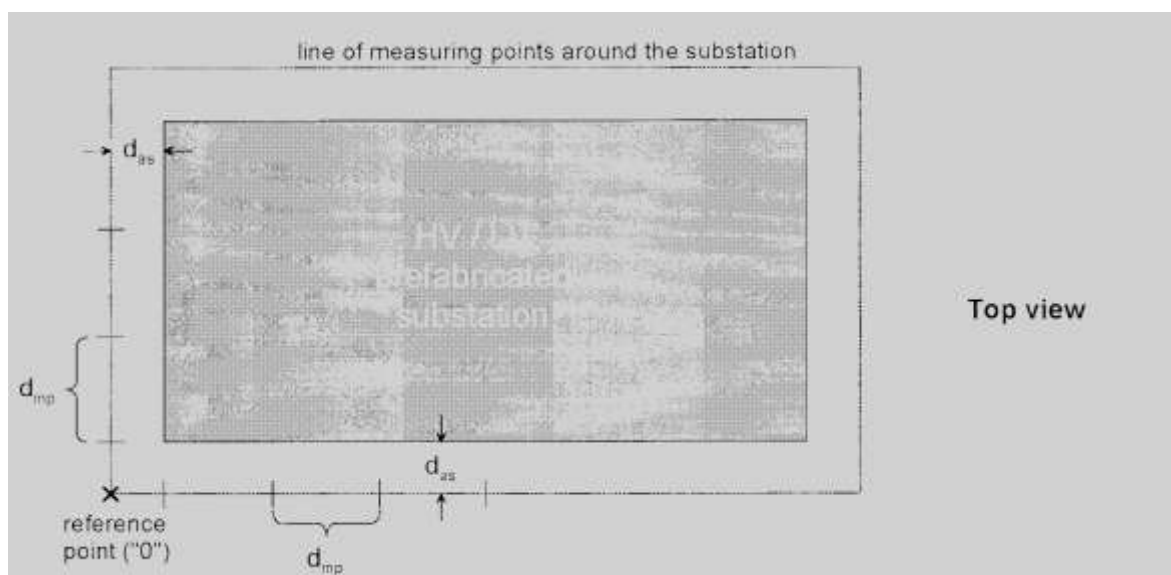
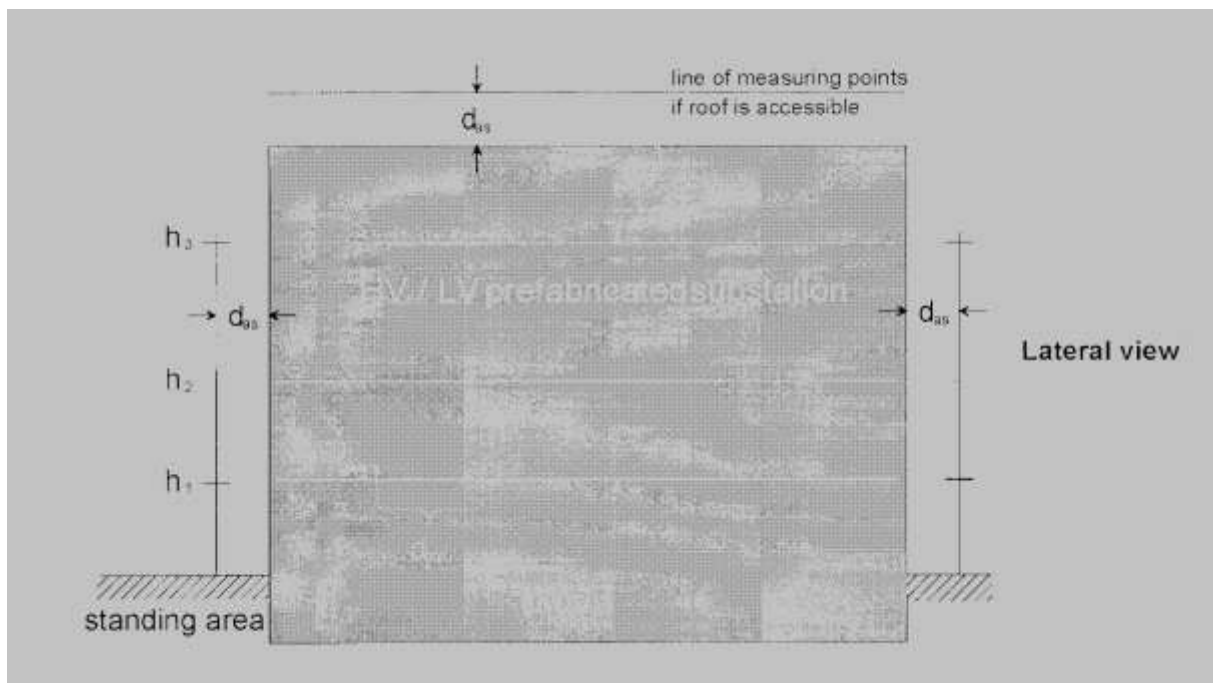


Рис. Е.1 Точки измерения ЭДС вблизи комплектных подстанций высокого/низкого напряжения

d_{as} – расстояние между доступной поверхностью и точкой измерения

d_{mp} - расстояние между точками измерения

h_x - высота до точек замера от доступного местоположения

$h_1 = 45$ см, $h_2 = 90$ см, $h_3 = 155$ см

**Приложение F
(информативное)
Примеры цепей заземления**

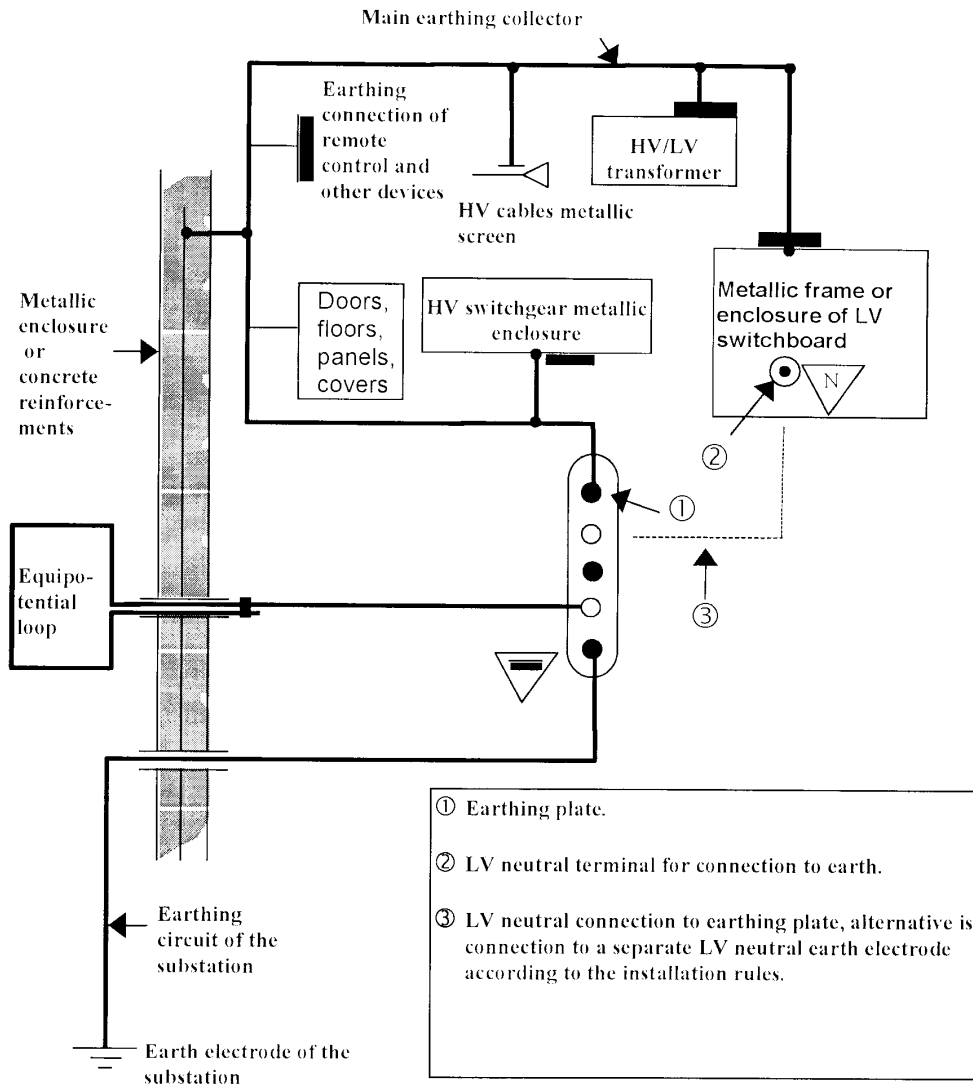
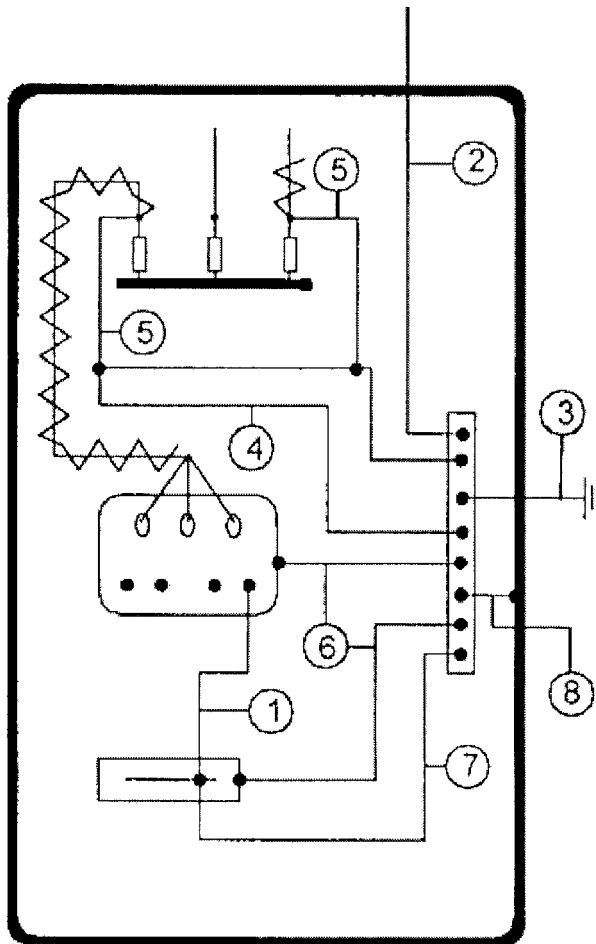
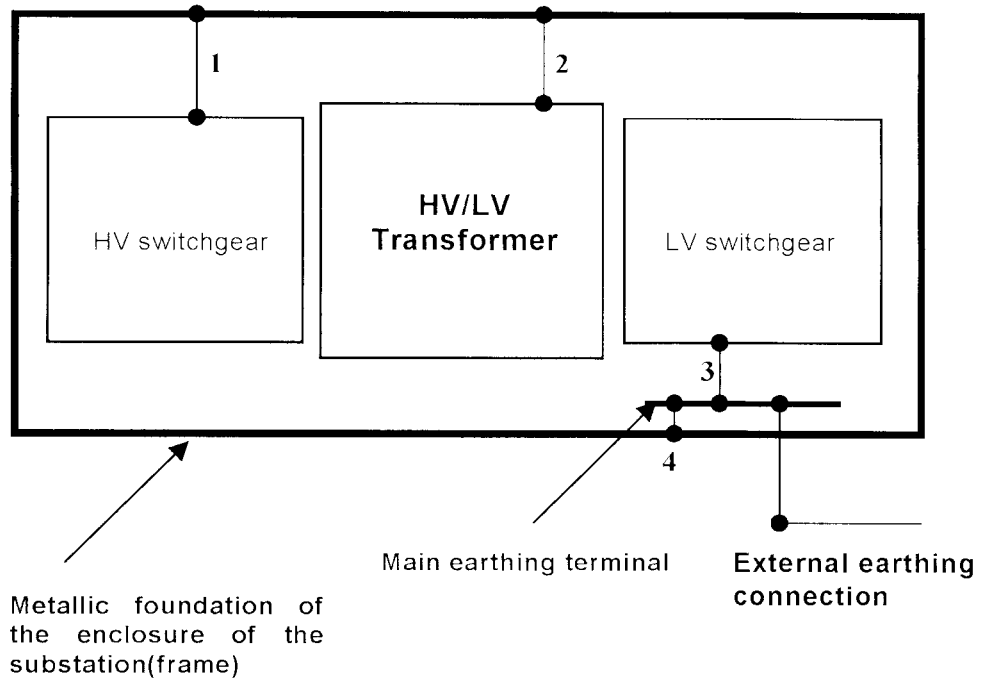


Рис. F.1 Пример цепей заземления



1. Низковольтный нейтральный провод
2. Внешнее заземление
3. Дополнительная точка заземления подстанции (в зависимости от грунтовых условий)
4. Заземление высоковольтного распределительного устройства
5. Заземление экрана высоковольтных кабелей
6. Заземление трансформатора и корпуса под низким напряжением
7. Заземление главной низковольтной шины
8. Заземление оболочки

Рис. F.2 – Пример цепей заземления



1. Заземляющее соединение высоковольтного распредустройства к металлическому основанию
2. Заземляющее соединение бака трансформатора к металлическому основанию
3. Заземляющее соединение низковольтного распредустройства к металлическому основанию
4. Заземляющее соединение главной клеммы заземления к металлическому основанию

Рис. 3 Пример цепей заземления

