МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60110-1— 2013

КОНДЕНСАТОРЫ СИЛОВЫЕ ДЛЯ УСТАНОВОК ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Часть 1

Общие положения

(IEC 60110-1:1998, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 3 декабря 2013 г. № 62-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60110-1:1996 Power capacitors for induction heating installations — Part 1: General (Конденсаторы силовые для установок индукционного нагрева. Часть 1. Общие положения)

В настоящем стандарте применены следующие шрифтовые выделения:

- требования — светлый;
- термины — полужирный;
- примечания — петит.

Международный стандарт разработан техническим комитетом 33 «Конденсаторы силовые» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Перевод с английского языка (en).

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июня 2014 г. № 621-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60110-1—2013 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г.

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2015

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Общие положения . . . 1
1.1 Область применения . . . 1
1.2 Нормативные ссылки . . . 2
1.3 Термины и определения . . . 2
1.4 Условия эксплуатации . . . 4
2 Требования к качеству и испытания . . . 5
2.1 Требования при испытаниях . . . 5
2.2 Классификация испытаний . . . 5
2.3 Измерение емкости . . . 6
2.4 Измерение тангенса угла потерь (tan δ) конденсатора . . . 6
2.5 Испытания напряжением между выводами (контрольное испытание) . . . 6
2.6 Испытания напряжением между выводами и корпусом . . . 7
2.7 Испытания внутреннего разрядного устройства . . . 7
2.8 Испытание на герметичность . . . 7
2.9 Испытание на термостабильность . . . 7
2.10 Испытания потерь в конденсаторе . . . 9
2.11 Емкость как функция температуры . . . 10
2.12 Испытание герметичности каналов охлаждения, при наличии . . . 10
2.13 Испытания самовосстановления (для самовосстанавливающихся металлизированных диэлектрических конденсаторов) . . . 10
2.14 Испытание разрядом короткого замыкания . . . 10
2.15 Испытания на старение . . . 10
2.16 Испытания на разрушение . . . 10
2.17 Испытание на разъединение на внутренних предохранителях, при наличии . . . 10
3 Перенапряжение . . . 11
3.1 Максимальное допустимое напряжение . . . 11
3.2 Коммутационные напряжения . . . 11
3.3 Максимальный допустимый ток . . . 11
4 Требования безопасности . . . 11
4.1 Длина путей утечки . . . 11
4.2 Разрядное устройство . . . 11
4.3 Соединения корпуса . . . 12
4.4 Защита окружающей среды . . . 12
4.5 Дополнительные требования безопасности . . . 12
5 Маркировка . . . 12
5.1 Маркировка конденсаторного блока . . . 12
5.2 Маркировка конденсаторной батареи . . . 13
6 Руководство по установке и эксплуатации . . . 13
6.1 Общие положения . . . 13
6.2 Меры по обеспечению достаточного охлаждения . . . 13
6.3 Выбор номинальных значений напряжения, тока и мощности . . . 14
6.4 Конденсаторы с частым подключением нагрузки . . . 14
6.5 Выбор коммутационной аппаратуры и методов переключения под нагрузкой . . . 14
6.6 Коммутация конденсаторов с плавкими предохранителями . . . 15
6.7 Работа на изменяющейся частоте . . . 15
6.8 Выбор наиболее высокого напряжения для оборудования конденсаторной батареи . . . 15
6.9 Шунтирующие конденсаторы, включаемые последовательно . . . 15
6.10 Последовательно включенные конденсаторы . . . 15
6.11 Соединительные провода . . . 15
6.12 Детали под напряжением вдоль линии подачи воды . . . 15
6.13 Опорные изоляторы . . . 15
6.14 Опасность замерзания конденсаторов с водяным охлаждением . . . 16

Приложение А (обязательное) Методы измерения потерь в конденсаторах с воздушным охлаждением, самовентилирующихся и с принудительной вентиляцией 17
Приложение В (справочное) Формулы для конденсаторов и установок. 18
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам. 19
Библиография 19

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

КОНДЕНСАТОРЫ СИЛОВЫЕ ДЛЯ УСТАНОВОК ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Часть 1

Общие положения

Power capacitors for induction heating installations. Part 1. General

Дата введения — 2015—01—01

1 Общие положения

1.1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на эксплуатируемые в помещениях конденсаторные батареи и отдельные конденсаторы, предназначенные для применения, в частности, для коррекции коэффициента мощности установок индукционного нагрева, плавления, перемешивания или литья, а также для аналогичного использования с контролируемыми или регулируемыми системами напряжения переменного тока в диапазоне частот до 50 кГц, номинальное напряжение которых не превышает 3,6 кВ.

Дополнительные требования к конденсаторам, защищенным внутренними плавкими предохранителями, по IEC 60110-2.

Из стандарта исключены следующие виды конденсаторов:

- последовательно включаемые конденсаторы для энергетических систем (IEC 60143);
- конденсаторы для применения в двигателях и аналогичного применения (IEC 60252);
- конденсаторы связи и емкостные делители напряжения (IEC 60358);
- шунтирующие силовые конденсаторы самовосстанавливающегося типа для систем переменного тока, имеющих номинальное напряжение до 1000 В включительно (IEC 60831);
- шунтирующие конденсаторы для силовых систем переменного тока на номинальное напряжение свыше 1000 В (IEC 60871);
- шунтирующие конденсаторы несамовосстанавливающегося типа для систем переменного тока на номинальное напряжение до 1000 В включительно (IEC 60931),
- небольшие конденсаторы переменного тока, предназначенные для применения в люминесцентных и газоразрядных лампах (IEC 61048 и IEC 61049);
- конденсаторы, предназначенные для использования в цепях силовой электроники (IEC 61071);
- конденсаторы для микроволновых печей (IEC 61270);
- конденсаторы для подавления радиопомех (в процессе рассмотрения);
- конденсаторы, предназначенные для использования в условиях, когда на напряжение постоянного тока наложено напряжение переменного.

Такие комплектующие изделия, как изоляторы, переключатели, измерительные трансформаторы, предохранители и т. д., должны отвечать требованиям соответствующих стандартов.

Цель настоящего стандарта состоит в следующем:

a) формулировка согласованных правил, относящихся к рабочим характеристикам, испытаниям и номинальным параметрам;

b) формулировка специальных правил безопасности;

c) представление руководства по монтажу и работе.

Издание официальное

1.2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие стандарты. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного стандарта (включая все его изменения).

IEC 60050-436:1990 International electrotechnical vocabulary — Chapter 436: Power capacitors (Международный электротехнический словарь. Глава 436. Силовые конденсаторы)

IEC 60110-2 Power capacitors for induction heating installations — Part 2: Ageing test, destruction test and requirements for disconnecting internal fuses (Конденсаторы силовые для генераторных установок индукционного нагрева. Часть 2. Испытание на старение, испытание на разрушение и требования к испытанию на отключение внутренних предохранителей)

IEC 60143-1 Series capacitors for power systems — Part 1: General (Конденсаторы, включаемые последовательно, для энергосистем. Часть 1. Общие положения)

IEC 60831-1 Shunt power capacitors of the self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1000 V — Part 1: General — Performance, testing and rating — Safety requirements — Guide for installation and operation (Конденсаторы шунтирующие силовые самовосстанавливающегося типа для систем переменного тока на номинальное напряжение до 1000 В включительно. Часть 1. Общие положения. Рабочие характеристики, испытания и номинальные параметры. Требования безопасности. Руководство по установке и эксплуатации)

IEC 60871-1 Shunt capacitors for a. c. power systems having a rated voltage above 1000 V — Part 1: General (Конденсаторы шунтирующие для энергосистем переменного тока на номинальное напряжение свыше 1000 В. Часть 1. Общие положения)

IEC 60931 Shunt power capacitors of the non-self-healing type for a. c. systems having a rated voltage up to and including 1000 V (Конденсаторы шунтирующие силовые несамовосстанавливающиеся для систем переменного тока с номинальным напряжением до 1000 В включительно)

IEC 60996:1989 Method for verifying accuracy of tan delta measurements applicable to capacitors (Конденсаторы. Метод проверки точности измерений потерь перехода (тангенс дельта) в конденсаторах)

1.3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

1.3.1 **элемент (конденсатора)** ((capacitor) element): Устройство, состоящее, как правило, из двух электродов, разделенных диэлектриком.

[IEV 436-01-03]

1.3.2 **(конденсаторный) блок** ((capacitor) unit): Сборка из одного или более элементов конденсатора в одном корпусе с выведенными клеммами.

[IEV 436-01-04]

1.3.3 **самовосстанавливающийся конденсатор** (self-healing capacitor): Конденсатор, электрические свойства которого быстро и эффективно восстанавливаются после локального пробоя диэлектрика.

[IEV 436-03-12]

1.3.4 **конденсаторная батарея** ((capacitor) bank): Несколько конденсаторных блоков, соединенных таким образом, что они действуют совместно.

[IEV 436-01-06]

1.3.5 **конденсатор** (capacitor): В настоящем стандарте слово «конденсатор» используется в тех случаях, когда нет необходимости указывать специально различное значение таких словосочетаний, как «конденсаторная батарея» или «(конденсаторный) блок».

1.3.6 **конденсаторная установка** (capacitor installation): Одна или более конденсаторных батарей с их аксессуарами.

[IEV 436-01-07]

1.3.7 **разрядное устройство (конденсатора)** (discharge device (of a capacitor)): Устройство, которое может быть встроено в конденсатор, позволяющее снизить напряжение между клеммами практически до нуля в течение заданного промежутка времени после отсоединения конденсатора от сети.

[IEV 436-03-15 модифицированное]

1.3.8 **внутренний предохранитель (конденсатора)** (internal fuse (of a capacitor)): Плавкий предохранитель, подсоединенный внутри конденсаторного блока последовательно с элементом или группой элементов.

[IEV 436-03-16]

1.3.9 **устройство защиты от избыточного давления (в конденсаторе)** (overpressure device (of a capacitor)): Устройство, предназначенное для подачи сигнала тревоги или отключения конденсатора в случае повышения внутреннего давления сверх нормального значения.

[IEV 436-03-17 модифицированное]

1.3.10 **устройство защиты от избыточной температуры (конденсатора)** (overtemperature device (of a capacitor)): Устройство, предназначенное для подачи сигнала тревоги или отключения конденсатора в случае повышения внутренней температуры сверх нормального значения.

1.3.11 **линейный вывод** (line terminal): Вывод для соединения с линией.

[IEV 436-03-01 модифицированное]

1.3.12 **номинальная емкость (конденсатора) (C_N)** (rated capacitance (of a capacitor) (C_N)): Величина емкости, на которую рассчитана конструкция конденсатора.

[IEV 436-01-12 модифицированное]

1.3.13 **номинальная мощность (конденсатора) (Q_N)** (rated output (of a capacitor) (Q_N)): Реактивная мощность, рассчитываемая по номинальным значениям емкости, частоты и напряжения.

[IEV 436-01-16 модифицированное]

1.3.14 **номинальное напряжение (конденсатора) (U_N)** (rated voltage (of a capacitor) (U_N)): Эффективное значение переменного напряжения синусоидальной формы, на которую рассчитан конденсатор.

[IEV 436-01-15 модифицированное]

1.3.15 **номинальная частота (конденсатора) (f_N)** (rated frequency of a capacitor) (f_N)): Частота, на которую рассчитан конденсатор.

[IEV 436-01-14]

Примечание — Если конденсатор предназначен для использования в некотором диапазоне частот, величина (f_N) означает наиболее высокую частоту диапазона.

1.3.16 **номинальный ток (конденсатора) (I_N)** (rated current (of a capacitor) (I_N)): Эффективное значение переменного тока синусоидальной формы, на которую рассчитан конденсатор.

[IEV 436-01-13 модифицированное]

1.3.17 **потери в конденсаторе** (capacitor losses): Активная мощность, рассеиваемая в конденсаторе.

[IEV 436-04-10]

Примечание — Должны быть включены все создающие потери компоненты, например:

- в случае блока, потери в диэлектрике, во внутренних предохранителях, внутренних разрядных резисторах, соединениях и т. д.;
- в случае батарей, потери в блоках, внешних предохранителях, шинопроводах, разрядных резисторах и т. д.

1.3.18 **тангенс угла потерь (конденсатора) (сокращенно тангенс tan δ** (tangent of the loss angle (of a capacitor) tan δ (abbreviation)): Отношение между эквивалентным последовательным сопротивлением и емкостным сопротивлением конденсатора при воздействии синусоидального переменного напряжения установленной частоты.

[IEV 436-04-11]

1.3.19 **максимальное допустимое напряжение переменного тока (в конденсаторе) (U_{max})** (maximum permissible a. c. voltage (of a capacitor) (U_{max})): Максимальное эффективное значение напряжения переменного тока, которое конденсатор может выдержать в течение определенного времени при заданных условиях.

[IEV 436-04-07 модифицированное]

1.3.20 **максимально допустимая величина переменного тока (в конденсаторе) I_{max})** (maximum permissible a. c. current (of a capacitor) (I_{max})): Максимальное эффективное значение переменного тока, которое конденсатор может выдержать в течение определенного времени при заданных условиях.

[IEV 436-04-09 модифицированное]

1.3.21 **температура окружающего воздуха** (ambient air temperature). Температура воздуха в предполагаемом месте размещения конденсатора.

1.3.22 **температура охлаждающего воздуха** (cooling air temperature): Температура охлаждающего воздуха при измерении в наиболее горячем месте батареи, при стационарных условиях, посередине

между двумя блоками. Если используют только один блок, эта температура измеряется в точке, находящейся на расстоянии от конденсатора приблизительно 0,1 м и на высоте в две трети от его высоты.

1.3.23 **условия стационарного состояния** (steady-state condition): Состояние теплового равновесия, достигаемое конденсатором при постоянной выходной мощности и постоянных условиях охлаждения.

1.3.24 **остаточное напряжение** (residual voltage): Напряжение, остающееся между клеммами конденсатора через определенное время после его отсоединения от источника питания.

1.3.25 **наиболее высокое напряжение на оборудовании (U_m)** (highest voltage for equipment (U_m)): Среднеквадратичное значение синусоидального напряжения, на которое рассчитана изоляция между выводами, соединенными вместе, и корпусом.

Примечание — Дополнительные пояснения см. в 6.8.

1.3.26 **температура воздуха вокруг конденсаторов с водяным охлаждением** (air temperature around water-cooled capacitors): Температура воздуха, измеренная в наиболее горячей точке, расположенной на 0,05 м выше конденсаторов, когда они работают.

1.3.27 **температура выходящего воздуха в случае конденсаторов с принудительной вентиляцией** (outlet air temperature for forced-ventilated capacitors): Температура охлаждающего воздуха на выходе из конденсаторов, измеренная в наиболее горячей точке.

1.3.28 **температура входящего воздуха в случае конденсаторов с принудительной вентиляцией** (inlet air temperature for forced-ventilated capacitors): Температура охлаждающего воздуха, измеренная в середине входного канала для воздуха в точке, где отсутствует влияние теплового излучения конденсатора.

1.3.29 **повышение температуры корпуса в случае конденсаторов с воздушным охлаждением** (container temperature rise for air-cooled capacitors): Разница между температурой наиболее горячей точки контейнера и температурой охлаждающего воздуха.

1.4 Условия эксплуатации

1.4.1 Нормальные условия эксплуатации

Настоящий стандарт устанавливает требования для конденсаторов, предназначенных для использования при указанных ниже условиях.

1.4.1.1 Остаточное напряжение после подачи питания

Остаточное напряжение не должно превышать 10 % от номинального напряжения (см. 1.3.14).

1.4.1.2 Высота над уровнем моря

Высота не должна превышать 1000 м.

1.4.1.3 Уровни температуры

Конденсаторы классифицированы по уровням температуры. Каждый уровень характеризуется самой низкой температурой конденсатора, при которой на него может подаваться энергия, выбираемой из трех значений — минус 25 °С, минус 10 °С, 0 °С, и верхним пределом температуры охлаждающего агента, значение которого выбирают из приведенной ниже таблицы 1.

Таблица 1 — Верхние пределы температуры охлаждающего агента

Тип охлаждения	Максимальная температура охлаждающей среды при неограниченном времени, °С		
	Температура охлаждающего воздуха (1.3.22)	Температура охлаждающего агента на выходе (1.3.27)	Температура воздуха вокруг конденсатора (1.3.26)
AN воздушное охлаждение самовентиляция	40 45	— —	— —
AF воздушное охлаждение принудительная вентиляция	— —	40 45	— —
WF водяное охлаждение	— —	40 45	50 —
Если не согласовано иное, выбор метода производится изготовителем конденсатора.			

1.4.2 Ненормальные условия эксплуатации

Если между изготовителем и покупателем не согласовано иное, настоящий стандарт не применяется к конденсаторам, условия эксплуатации которых несовместимы с его требованиями.

2 Требования к качеству и испытания

2.1 Требования при испытаниях

2.1.1 Общие положения

Данный подраздел устанавливает требования к процессам испытаний конденсаторных сборок и, когда это указано, испытаниям элементов конденсатора.

Опорные изоляторы, переключатели, измерительные трансформаторы, наружные предохранители и т. д. должны отвечать требованиям соответствующих стандартов.

2.1.2 Условия испытаний

Если для конкретных испытаний или измерений не установлено иное, температура диэлектрика конденсатора должна быть в диапазоне от +5 °С до +35 °С. Когда должны применяться корректировки, используемая эталонная температура равна +20 °С, если только между изготовителем и покупателем не согласовано иное. Предполагают, что температура диэлектрика конденсаторного блока соответствует температуре окружающей среды, исходя из того, что конденсатор оставался в незаряженном состоянии достаточный период времени при постоянной температуре окружающего воздуха.

Испытания и измерения при переменном токе должны проводиться на частоте 50 или 60 Гц, независимо от номинальной частоты конденсатора, если не обусловлено иное.

2.2 Классификация испытаний

2.2.1 Контрольные испытания

a) Измерение емкостного сопротивления (2.3).

b) Измерение тангенса угла потерь ($\tan\delta$) конденсатора (2.4).

c) Испытания напряжением между выводами (2.5).

d) Испытания напряжением между выводами и корпусом (2.6.1).

e) Испытания внутреннего разрядного устройства, при его наличии (2.7).

f) Испытание на герметичность (2.8).

g) Испытание на герметичность охлаждающих каналов, при наличии (2.12.1).

Последовательность выполнения испытаний не обязательно должна соответствовать указанной выше.

Контрольные испытания должны проводиться изготовителем на каждом конденсаторе перед поставкой. По запросу покупателя ему должен быть предоставлен сертификат с подробными результатами этих испытаний.

2.2.2 Типовые испытания

a) Испытания на термостабильность (2.9).

b) Проверка потерь в конденсаторе (2.10).

c) Измерения емкости в зависимости от температуры (2.11), если требуется.

d) Испытание напряжением между выводами и корпусом (2.6).

e) Испытание процесса самовосстановления для самовосстанавливающихся диэлектрических конденсаторов с металлизированными обкладками (2.13).

f) Испытание на разряд при коротком замыкании (2.14).

g) Испытание на старение (IEC 60110-2).

h) Испытание на разрушение (IEC 60110-2).

i) Испытание отсоединения внутренних предохранителей, при их наличии (IEC 60110-2).

j) Испытание герметичности каналов охлаждения, при их наличии (2.12.2).

Типовые испытания проводят в целях проверки, что конденсаторные блоки соответствуют установленным характеристиками и эксплуатационным требованиям, детализированным в настоящем стандарте.

Типовые испытания должны проводиться на конденсаторах, конструкция которых идентична конструкции поставляемых конденсаторов, или на конденсаторах, конструкция и технология изготовления которых не имеет таких отличий от параметров поставляемых конденсаторов, которые могут повлиять на характеристики, проверяемые при типовых испытаниях.

Не имеет существенного значения выполнение всех типовых испытаний на одном и том же конденсаторном блоке, эти испытания могут проводиться на различных блоках, имеющих одинаковые характеристики.

Приведенный выше перечень типовых испытаний не устанавливает последовательность их проведения.

Если не установлено иное, каждый образец конденсатора, предназначенный для проведения типовых испытаний, должен перед этим показать удовлетворительные результаты при выполнении всех контрольных испытаний.

2.2.3 Приемочные испытания

Контрольные и/или типовые испытания, или отдельные их виды могут быть повторно выполнены изготовителем в связи с новым контрактом или по соглашению с покупателем.

Виды испытаний, число образцов, предоставляемых для каждого из испытаний, критерии приемки и отчеты по испытаниям должны быть согласованы между поставщиком и покупателем и указаны в контракте.

2.3 Измерение емкости

2.3.1 Методика измерения

Емкость следует измерять при напряжении от 0,9 до 1,1 от величины номинального напряжения и при частоте сети (2.1.2), используя метод, позволяющий исключить ошибки, обусловленные гармониками или внешними по отношению к испытываемому конденсатору аксессуарами, например элементами с реактивным сопротивлением и схемами блокировки в цепи измерений.

Другие условия измерений могут быть согласованы между изготовителем и покупателем, например использование моста низкого напряжения, когда подключение конденсатора приводит к превышению допустимой мощности моста при номинальном напряжении. Должны быть приведены точность метода измерений и корреляция с величинами, измеряемыми при номинальном напряжении и частоте.

Измерение емкостного сопротивления должно проводиться после испытания напряжением между выводами (2.5).

2.3.2 Допуски на величину емкости

Допуски, относящиеся к величине емкости, измеряют при условиях по 2.3.1.

Величина емкости при эталонной температуре (2.1.2) не должна отличаться от номинальной величины емкости более чем на:

от минус 5 % до плюс 10 % в случае сборок или батарей, содержащих не больше четырех сборок;

от 0 % до +10 % в случае батарей, содержащих пять или более сборок.

Сумма отдельных величин емкостей в конденсаторных блоках с несколькими выводами должна быть в пределах допусков, установленных для конденсаторных сборок.

2.4 Измерение тангенса угла потерь ($\tan\delta$) конденсатора

Величину тангенса угла потерь ($\tan\delta$) следует измерять при напряжении в пределах от 0,9 до 1,1 от величины номинального напряжения и при частоте сети (2.1.2), используя метод, позволяющий исключить ошибки, обусловленные гармониками или внешними по отношению к испытываемому конденсатору аксессуарами, например элементами с реактивным сопротивлением и схемами блокировки в цепи измерений.

Другие условия измерений могут быть согласованы между изготовителем и покупателем.

Это измерение следует проводить после испытания напряжением между выводами (2.5).

Примечание 1 — При выполнении измерений на большом числе конденсаторов небольшой емкости при измерении $\tan\delta$ может быть использована статистическая выборка. План статистической выборки должен быть согласован между изготовителем и покупателем.

Примечание 2 — Значение $\tan\delta$ для некоторых типов диэлектриков является функцией интервала времени подачи энергии перед измерением. Испытательное напряжение и время подачи энергии должны быть согласованы между изготовителем и покупателем.

Примечание 3 — Измерительное оборудование должно быть прокалибровано в соответствии с IEC 60996 или по другой методике, обеспечивающей такую же или лучшую точность.

2.5 Испытания напряжением между выводами (контрольное испытание)

Каждый конденсатор должен быть испытан по 2.5.1, либо по 2.5.2. При отсутствии соглашения по этому вопросу выбор предоставляется изготовителю.

Самовосстанавливающиеся конденсаторы должны испытываться по 2.5.1. Во время испытаний не должно возникать ни проникающего, ни поверхностного пробоев. В самовосстанавливающихся конденсаторах допускаются самовосстанавливающиеся пробои.

2.5.1 Испытание переменным током

Испытания переменным током должны выполняться при использовании в основном синусоидального напряжения, при 2,0 U_N и на частоте сети в течение 10 с.

В случае многосекционного конденсатора с общими выводами, каждая секция должна быть испытана отдельно.

Для конденсаторов, имеющих внутренние последовательные соединения, не допускается пробой какого-либо внутреннего элемента и срабатывание внутреннего предохранителя. Это может быть определено путем предварительного измерения емкости при пониженном напряжении не выше 0,15 U_N. Повторяемость метода измерений должна быть такой, чтобы можно было определить пробитый элемент или сработавший предохранитель.

Примечание — Срабатывание предохранителей внутренних элементов допускается при условии, что допуски на емкость еще выдерживаются, не более двух предохранителей срабатывают в блоке, и в конденсаторе не возникают внутренние замыкания.

2.5.2 Испытания постоянным током

Напряжение при испытаниях постоянным током должно быть 4 U_N, а продолжительность 10 с.

Примечание — См. примечание в 2.5.1.

2.6 Испытания напряжением между выводами и корпусом

2.6.1 Контрольные испытания

Блоки, все выводы которых изолированы от корпуса, должны подвергаться испытаниям напряжением переменного тока, прилагаемым между выводами (соединенными вместе) и корпусом, величиной 2,15 U_m (1.3.25) на частоте сети (2.1.2), при минимальной величине 2000 В и длительности 10 с.

Во время испытаний не должен возникать проникающий или поверхностный пробой.

Испытания должны выполняться даже в том случае, когда в условиях эксплуатации один из выводов предназначен для соединения с корпусом. Блоки, имеющие один вывод, постоянно соединенный с корпусом, не должны подвергаться таким испытаниям.

Если корпус блока изготовлен из изоляционного материала, это испытание не проводят.

Если конденсатор имеет отдельные секции, испытание изоляции между секциями должно проводиться при таком же напряжении, как при испытаниях между выводами и корпусом, с теми же требованиями.

2.6.2 Типовые испытания

Блоки, у которых все выводы изолированы от корпуса, должны подвергаться испытаниям по 2.6.1, при длительности 60 с.

Если корпус конденсатора изготовлен из изоляционного материала, испытательное напряжение должно прилагаться между выводами и металлической фольгой, плотно обернутой вокруг поверхности корпуса.

2.7 Испытания внутреннего разрядного устройства

Сопротивление внутреннего разрядного устройства, при его наличии, должно быть проверено либо путем измерения сопротивления, либо измерением скорости разряда (4.2). Выбор метода предоставляется изготовителю. Это испытание должно выполняться после испытания напряжением по 2.5.1.

2.8 Испытание на герметичность

Блок должен подвергаться испытаниям, позволяющим эффективно определять любую утечку в корпусе и в проходных изоляторах. Выбор метода испытаний предоставляют изготовителю, который должен дать описание метода.

Если изготовитель не определил методику испытаний, должна использоваться описанная ниже методика.

Разряженные конденсаторные блоки нагревают таким образом, чтобы все их части достигли температуры, не менее чем на 20 °С превышающей максимальную температуру охлаждающего агента согласно таблице 1, и выдерживают блоки при этой температуре в течение 2 ч.

Утечка при этом возникать не должна.

Рекомендуется использовать подходящий индикатор утечки.

Примечание — Если конденсатор не содержит жидкий материал при температуре испытаний, испытания могут быть отменены.

2.9 Испытание на термостабильность

Это испытание предназначено для проверки термостабильности конденсаторного блока при описанных ниже условиях.

2.9.1 Условия охлаждения

2.9.1.1 Самовентилирующиеся конденсаторы с воздушным охлаждением (AN)

Конденсаторы помещают при нормальных условиях охлаждения в кожух, в котором температура охлаждающего воздуха поддерживается во время испытания на верхнем пределе или выше, чем указано на фирменной табличке.

В течение всего испытания температура охлаждающего воздуха (1.3.22) должна проверяться с помощью термометра, имеющего тепловую временную константу приблизительно 1 ч.

2.9.1.2 Конденсаторы с принудительным воздушным охлаждением (AF)

Конденсаторы помещаются в вертикальном положении внутри вертикального трубопровода, который (в случае конденсаторов с прямоугольным поперечным сечением) также должен иметь прямоугольное поперечное сечение. Размеры трубопровода должны быть соответствующими для обеспечения достаточных зазоров со всех сторон конденсаторов для протекания охлаждающего воздуха.

Рекомендуется использовать зазоры 0,04 м с каждой стороны конденсатора, если изготовителем не обусловлено иное.

Трубопровод должен продлеваться приблизительно на 0,4 м ниже дна корпуса конденсатора и приблизительно на 0,1 м выше верхней поверхности корпуса.

Расстояние вентилятора от трубопровода должно быть таким, чтобы создавать воздушный поток с равномерной скоростью (например, от 0,5 до 1 м).

Снизу трубопровода должен подаваться предварительно нагретый воздух. Температура этого воздуха должна быть отрегулирована таким образом, чтобы был достигнут верхний предел значений температуры охлаждающего воздуха, указанный на фирменной табличке, или выше, а скорость потока воздуха должна быть измерена в средней точке между стенкой трубы и конденсатором.

Точку измерения температуры воздуха необходимо выбрать непосредственно ниже дна (или над верхней частью) корпуса конденсатора, приняв меры, исключающие влияние на результат этого измерения излучения от корпуса конденсатора.

Измерение температуры корпуса конденсатора следует выполнять вблизи его верхней части, ниже уровня пропитывающего вещества, если оно имеется.

Стенки трубопровода должны быть изготовлены из теплоизолирующего материала.

Подробные сведения о схеме испытаний приведены в приложении А.

Примечание — Был выполнен расчет, показывающий, что отклонение температуры корпуса конденсатора, обусловленное использованием трубопровода с теплоизолирующими стенками вместо аналогичного заряженного энергией конденсатора, помещенного рядом с испытуемым конденсатором на расстоянии, равном указанному зазору, не оказывает значительного влияния на результаты испытаний.

2.9.1.3 Конденсаторы с водяным охлаждением (WF)

Минимальная величина расхода воды, установленная на фирменной табличке, должна поддерживаться постоянной в течение испытания, а температура входящей воды должна регулироваться посредством нагревания таким образом, чтобы температура вытекающей воды поддерживалась равной величине, указанной на фирменной табличке или выше, в течение всего испытания.

2.9.2 Условия по электрическим параметрам

Испытательная выходная мощность должна в 1,44 раза превышать номинальную выходную мощность Q_N для конденсаторов с номинальной частотой от 40 до 60 Гц и в 1,33 раза превышать Q_N в случае конденсаторов с номинальной частотой свыше 60 Гц.

Примечание — Для конденсаторов с номинальной частотой до 60 Гц рекомендуется, чтобы отобранный из партии экземпляр имел самое высокое значение $\tan\delta$.

Если номинальная частота конденсатора не может быть реализована, должны быть проведены испытания на частоте, по возможности близкой к номинальной частоте, и должен быть применен необходимый коэффициент пересчета реактивной выходной мощности в соответствии с частотой испытаний.

Испытательное напряжение должно иметь приблизительно синусоидальную форму.

2.9.3 Длительность испытаний и критерии оценки

Конденсатор должен подвергаться охлаждению и воздействию электрических условий, предусматриваемых по 2.9.1 и 2.9.2, в течение периода времени, указанного в таблице 2:

Таблица 2 — Продолжительность охлаждения и подачи энергии при испытаниях на термостабильность

Тип охлаждения	Полный период испытания под напряжением, минимальное значение, ч	Заключительный период испытаний, в течение которого конденсатор должен находиться в состоянии теплового равновесия, ч
Воздушное охлаждение, естественная вентиляция	48	6
Воздушное или водяное принудительное охлаждение	12	8
Примечание — В случае конденсаторов с водяным охлаждением с номинальной частотой выше 60 Гц и небольшой тепловой временной константой продолжительность испытаний может быть менее, по согласованию между изготовителем и покупателем.		

В течение заключительного периода испытаний необходимо не менее четырех раз осуществлять измерение и регистрацию потерь конденсатора или температуры корпуса конденсатора вблизи его верхней части.

В течение этого периода повышение температуры корпуса относительно охлаждающего агента не должно быть более 1 К. Когда измерение $\tan\delta$ возможно, эта величина не должна увеличиваться более чем допуск на чувствительность измерения, который должен быть не хуже, чем $\pm 1 \times 10^{-4}$.

Если наблюдается большее изменение, испытания должны быть продолжены до достижения равновесия или до возникновения пробоя.

Измеренная после испытания емкость, соответствующая той же самой температуре диэлектрика, не должна отличаться более чем на 2 % от емкости, измеренной перед испытанием.

Если конденсатор оборудован сигнальным или защитным устройством, оно должно быть в рабочем состоянии, но не срабатывать во время испытания.

2.10 Испытания потерь в конденсаторе

Потери в конденсаторе определяют в конце испытаний на термостабильность после достижения теплового равновесия.

2.10.1 Конденсаторы на номинальную частоту от 40 до 60 Гц

В случае конденсаторов на номинальную частоту от 40 до 60 Гц должен быть измерен тангенс угла потерь.

Напряжение при этих измерениях должно быть таким же, как при испытании на термостабильность.

2.10.2 Охлаждаемые воздухом конденсаторы с естественной и принудительной вентиляцией

В случае охлаждаемых воздухом конденсаторов с естественной вентиляцией и принудительной вентиляцией, имеющих номинальную частоту больше 60 Гц, измерение потерь должно выполняться методом, согласованным между изготовителем и покупателем.

2.10.3 Конденсаторы с водяным охлаждением на номинальную частоту свыше 60 Гц

В случае конденсаторов с водяным охлаждением на номинальную частоту свыше 60 Гц, потери должны быть рассчитаны по величине разницы температуры вытекающей и втекающей воды и номинальной величине потока воды.

Примечание 1 — В случае конденсаторов с водяным охлаждением потери конденсатора вследствие рассеивания тепла в охлаждающей воде могут быть рассчитаны с использованием следующих формул:

$$P = 70\ q\ \Delta\theta;$$
$$\tan\delta = P/Q,$$

где P — активная мощность, в ваттах,

q — расход потока воды, в литрах в минуту (л/мин);

$\Delta\theta$ — повышение температуры воды, К.

Примечание 2 — Конденсаторы с водяным охлаждением рассеивают также некоторое количество тепла в воздух через стенки корпуса. Поэтому при измерении полных потерь конденсатор необходимо укрывать во время испытаний изолирующим материалом. Однако в большинстве случаев достаточно использовать поправку к потерям на рассеивание в воде, применяя коэффициент, полученный из предыдущего опыта.

2.10.4 Требования

Величины потерь (tan δ), измеренные или определенные согласно 2.10, не должны превышать значения, заявленные изготовителем, или согласованные между изготовителем и покупателем.

2.11 Емкость как функция температуры

Если это согласовано между изготовителем и покупателем, зависимость емкостного сопротивления от температуры может быть измерена в качестве типового испытания.

Для конденсатора должны быть соблюдены электрические условия по 2.3.1.

2.12 Испытание герметичности каналов охлаждения, при наличии

2.12.1 Испытание герметичности каналов охлаждения, контрольное испытание

Если конденсатор содержит канал охлаждения, имеющий внутреннее соединение с конденсатором, протечки в котором не могут быть обнаружены при испытании на герметичность конденсаторного блока, то каждый канал охлаждения должен быть подвергнут испытанию, по выбору изготовителя, которое может эффективно обнаружить утечку до установки этого канала в конденсатор.

2.12.2 Испытание герметичности охлаждающих каналов, типовое испытание

Изготовитель должен гарантировать, что каналы охлаждения конденсаторов с водяным охлаждением способны выдерживать любое гидростатическое давление, которое может возникнуть в условиях нормальной эксплуатации, проведя испытание контуров охлаждения под давлением, равным 150 % от максимального установленного давления при эксплуатации, поддерживаемым в течение 5 мин.

Примечание — Изготовитель должен по запросу потребителя предоставить данные о максимальной возможной разнице давлений воды на входе и выходе при номинальном расходе потока (5.1.2,e).

2.13 Испытания самовосстановления (для самовосстанавливающихся металлизированных диэлектрических конденсаторов)

Самовосстанавливающиеся конденсаторы должны иметь удовлетворительные характеристики самовосстановления. Соответствие требованиям проверяют с помощью описанного ниже испытания.

Для целей этого испытания должны быть проведены измерения емкости перед и после испытаний по 2.3.1.

Конденсаторы должны быть подвергнуты испытаниям по 2.5.1.

Если в течение времени испытаний происходит менее пяти самовосстанавливающихся пробоев (разъединений) цепи, напряжение должно быть увеличено со скоростью не более 200 В/мин до возникновения пяти разъединений с начала испытаний или до достижения максимального напряжения 3,5 U_N.

Затем напряжение должно быть уменьшено до величины 0,8 от величины напряжения, при которой произошло пятое разъединение, или до величины, равной 0,8 от максимального напряжения, и должно поддерживаться постоянным в течение 10 с. В течение этого периода допускается одно дополнительное разъединение.

Конденсаторы должны рассматриваться как прошедшие испытания, если не наблюдаются значительные изменения емкости при измерениях перед и после испытаний.

Самовосстанавливающиеся пробои во время испытаний могут определяться по показаниям осциллографа или методами акустики или высокочастотных измерений.

2.14 Испытание разрядом короткого замыкания

Блоки заряжают постоянным током и затем разряжаются через зазор, расположенный насколько возможно близко к конденсатору. Должно произойти пять таких разрядов в течение 10 мин.

Испытательное напряжение должно быть равно 2 U_N.

Емкость должна быть измерена (2.3.1) перед проведением испытаний и после. Измерения не должны различаться по количеству случаев, соответствующих либо пробою элементов, либо плавлению внутренних предохранителей, или более чем на 2 %.

Для самовосстанавливающихся конденсаторов изменение емкости должно быть менее 0,5 %. Для таких конденсаторов измерение тангенса угла потерь (2.4) должно выполняться перед проведением испытаний и после. Возрастание tan δ перед испытаниями и после не должно превышать 20 %.

2.15 Испытания на старение

По IEC 60110-2.

2.16 Испытания на разрушение

По IEC 60110-2.

2.17 Испытание на разъединение на внутренних предохранителях, при наличии

По IEC 60110-2.

3 Перенапряжение

3.1 Максимальное допустимое напряжение

Конденсаторный блок непригоден для длительной работы при эффективном напряжении между клеммами, превышающем номинальное напряжение, за исключением переходных процессов.

Работа под напряжением не выше 1,05 U_N допускается в течение до 12 ч в день.

Максимальная величина повторяющегося пикового напряжения не должна превышать $1{,}05 \times \sqrt{2} \times U_N$.

Во время переходных процессов мгновенное напряжение между выводами и между выводами и контейнером не должно быть выше $2\sqrt{2} \times 1{,}05\ U_N$.

3.2 Коммутационные напряжения

Включение конденсаторной батареи с помощью выключателя без повторных зажиганий обычно приводит к возникновению переходного перенапряжения, первый пик которого превышает приложенное напряжение (среднеквадратичную величину) не более чем в $2\sqrt{2}$ раза в течение интервала времени, равного максимум половине периода.

При таких условиях проведение около 5000 операций переключения в год считают приемлемым, с учетом того факта, что некоторые из них могут осуществляться когда внутренняя температура конденсатора менее 0 °С, но находится в пределах температурной категории (соответствующий переходной ток перегрузки может достигать пиковой величины, кратной 100 I_N (приложение В).

В случае конденсаторов, переключаемых чаще, величины амплитуды перенапряжения и длительности переходных токов перегрузки должны быть ограничены более низкими пределами (также 6.5).

Эти ограничения и/или понижения должны быть согласованы между изготовителем и покупателем.

3.3 Максимальный допустимый ток

Конденсаторные блоки должны быть пригодны для непрерывной работы при максимальном эффективном значении тока, за исключением переходных токов, в соответствии с приведенными ниже данными:

Номинальная частота f_N	Максимально допустимый ток
≤ 60 Гц	1,2 I_N
> 60 Гц	1,15 I_N

Эти значения коэффициентов токов перегрузки предназначены для учета комбинированного влияния гармоник, перенапряжений, допуска на емкость и повышения частоты.

4 Требования безопасности

4.1 Длина путей утечки

Длина путей утечки и степень загрязнения в настоящее время находятся в процессе изучения.

4.2 Разрядное устройство

Должно быть предусмотрено внутреннее или внешнее по отношению к конденсаторам устройство, предназначенное для разрядки всех конденсаторов в течение 3 мин до 75 В или ниже, от начального пикового напряжения, равного $\sqrt{2}$-кратному номинальному напряжению U_N.

Между конденсаторным блоком и разрядным устройством не должно быть выключателей, плавких предохранителей или других размыкающих устройств.

Примечание — Для применений, требующих более короткого времени разряда, в дополнение к устройствам безопасности могут быть использованы переключаемые разрядные резисторы (6.5.4).

Разрядное устройство не является заменой короткого замыкания выводов конденсатора и заземления выводов перед работой с ними.

Примечание 1 — Условия работы при напряжении выше номинального могут привести к созданию остаточного напряжения выше 75 В.

Примечание 2 — Необходимо обратить внимание на тот факт, что в некоторых странах требуют уменьшенного времени разряда и остаточного напряжения. В этом случае покупатель должен предоставить изготовителю соответствующую информацию.

Примечание 3 — Разрядные цепи должны иметь достаточную токонесущую способность для осуществления разряда конденсатора от пика перенапряжения по 3.1.

4.3 Соединения корпуса

Данный подраздел применяют только к конденсаторам, имеющим металлический корпус.

Для фиксирования потенциала металлического корпуса конденсатора и обеспечения возможности выдержать ток замыкания на землю в случае пробоя на корпус, металлический корпус должен быть снабжен соединением, способным выдержать ток замыкания на землю.

4.4 Защита окружающей среды

Если конденсатор заполнен материалами, которые не должны быть диспергированы в окружающую среду, должны быть приняты соответствующие меры предосторожности.

Во многих странах существуют юридические требования в этом отношении.

Блоки и батареи должны иметь соответствующую маркировку, если это требуется.

4.5 Дополнительные требования безопасности

Покупатель должен указать во время запроса любые специальные требования, относящиеся к требованиям безопасности, действующим в стране, где предполагается устанавливать конденсатор.

5 Маркировка

5.1 Маркировка конденсаторного блока

5.1.1 Этикетка с техническими данными

На каждом конденсаторном блоке либо непосредственно на нем, либо на плате, должна быть нанесена несмываемым способом следующая информация:

a) имя или торговая марка изготовителя,

b) идентификационный номер и год изготовления; год может быть частью идентификационного номера или иметь кодированную форму;

c) номинальная мощность Q_N в киловольт-амперах реактивных (кВАр) или номинальная емкость C_N в мкФ;

d) номинальное напряжение U_N в В или кВ или номинальный ток I_N в А;

e) номинальная частота f_N в Гц или кГц;

f) температурная категория и тип охлаждения.

Тип охлаждения и температурная категория должны быть указаны в следующем порядке, с использованием символов и величин по 1.4.1.3:

1) тип охлаждения;

2) самая низкая температура категории;

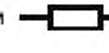
3) самая высокая температура категории;

4) выходные данные, если они применимы (только для конденсаторов с принудительным охлаждением);

5) расход потока охлаждающего агента (только для конденсаторов с принудительным охлаждением);

например:

	AN	–25/40;
	AF	–25/40 выход 4 м/с;
	WF	0/40 выход 5 л/мин;

g) наличие внутреннего разрядного устройства указывают словами, символом  или обозначением номинального сопротивления в килоомах (кОм) или мегаомах (МОм);

h) наличие внутренних предохранителей указывают словами или символом ;

i) наличие чувствительного к давлению размыкателя указывают словами или аббревиатурой «PSI»;

j) самое высокое напряжение на оборудовании U_m в киловольтах (кВ), только для блоков, все выводы которых изолированы от корпуса;

k) способность к самовосстановлению, в случае самовосстанавливающихся конденсаторов, указывают словами «САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ (SELF-HEALING)», «SH», или символом ;

l) ссылка на настоящий стандарт с указанием года выпуска.

Следующая информация должна быть предоставлена дополнительно, если она применяется или запрашивается:

m) измеренная величина емкости;

n) величина наложенного постоянного напряжения;

o) ссылка на обозначение пропитки, если она используется.

5.1.2 Инструкция

Следующая информация должна быть предоставлена в инструкции, если это согласовано между изготовителем и покупателем:

a) схемы соединений единичных конденсаторов;

b) маркировка выводов;

c) рабочие пределы напряжения и тока, если конденсатор предназначается для работы при варьирующейся частоте (6.7).

В случае конденсаторов с водяным охлаждением должны быть добавлены следующие пункты:

d) повышение температуры охлаждающей воды между входом и выходом канала одного конденсаторного блока, образующееся при работе конденсатора при минимально допустимом потоке воды и максимально допустимой нагрузке;

e) максимальный перепад давлений воды между входом и выходом при номинальной величине расхода потока.

5.2 Маркировка конденсаторной батареи

Изготовитель должен предоставить в инструкции или по запросу покупателя альтернативным способом на табличке с техническими данными, следующую минимальную информацию:

a) имя или торговая марка изготовителя;

b) номинальная мощность Q_N в киловольт-амперах реактивных (кВАр) (должна быть указана суммарная мощность);

c) номинальное напряжение U_N в вольтах (В) или киловольтах (кВ);

d) минимальное время выдержки, необходимой между отключением и повторным включением батареи;

e) масса в килограммах (кг).

6 Руководство по установке и эксплуатации

6.1 Общие положения

В сравнении с силовыми конденсаторами по IEC 60871, IEC 60831 и IEC 60931, более высокая концентрация мощности в рассматриваемых в настоящем стандарте батареях конденсаторов и пониженное номинальное напряжение порождают специфические проблемы, связанные с чрезмерными пропускаемыми токами и повышенным количеством рассеиваемого тепла.

Проблемы также связаны с переключением с повышенными частотами, измерениями температуры и т. д. В связи с этим необходимо тщательно контролировать условия работы.

Приведенная ниже информация по установке и работе относится только к наиболее важным вопросам, которые необходимо учесть. Кроме того, необходимо также выполнять инструкции изготовителя.

6.2 Меры по обеспечению достаточного охлаждения

6.2.1 Самовентилирующиеся конденсаторы с воздушным охлаждением

Конденсаторы должны быть установлены таким образом, чтобы охлаждающий воздух мог проходить через воздушные зазоры между ними.

Если несколько рядов конденсаторов расположены друг над другом, важно проверить, что максимально допустимая температура охлаждающего воздуха не превышена даже в верхнем ряду.

Необходимо учитывать, что должна быть обеспечена достаточная вентиляция помещения или здания.

6.2.2 Конденсаторы с воздушным охлаждением и принудительной вентиляцией

В случае конденсаторов с воздушным охлаждением и принудительной вентиляцией эффективность воздушного охлаждения зависит от температуры и скорости воздуха, протекающего вблизи каждого конденсатора. Следовательно, конструкция конденсаторной батареи должна гарантировать, что минимально необходимая скорость воздуха в зазорах батареи обеспечивается.

Изготовитель конденсаторов должен предоставить сведения о потерях в конденсаторе при нормальных рабочих условиях.

6.2.3 Конденсаторы с водяным охлаждением

Максимально допустимая температура охлаждающей воды, протекающей через конденсаторы (температура на выходе), не должна быть превышена (1.4.1.3 и 5.1.1, перечисление f), а расход потока охлаждающей воды не должен быть ниже минимально допустимой величины (2.9.1.3 и 5.1.1, перечисление f).

Если водные каналы нескольких конденсаторных блоков соединены последовательно, эти условия должны быть выполнены для последнего в направлении потока воды блока.

Если подача охлаждающей воды осуществляется неравномерно в течение всего времени, потребитель конденсаторной установки должен гарантировать, что предельная величина температуры охлаждающей воды не превышена на выходе.

Верхний предел температуры воздуха, установленный по 1.4.1.3, также не должен быть превышен.

Охлаждающая вода должна быть чистой, прозрачной, и химически нейтральной. В случае непосредственного охлаждения деталей под напряжением электропроводность воды должна быть ниже 300 См/м в целях ограничения тока утечки.

Должны быть проведены измерения, подтверждающие, что предельные параметры условий охлаждения соответствуют установленным значениям.

6.3 Выбор номинальных значений напряжения, тока и мощности

Конструктор конденсаторов должен выбирать конденсаторы таким образом, чтобы во время работы и с учетом гармоник применяемые нагрузки не превышали номинальное напряжение, номинальный ток и номинальную мощность этих конденсаторов.

6.4 Конденсаторы с частым подключением нагрузки

В 3.2 установлено максимально допустимое число операций включения в год. Если это количество превышается, между изготовителем и покупателем должна быть согласована специальная конструкция.

6.5 Выбор коммутационной аппаратуры и методов переключения под нагрузкой

6.5.1 Выбор коммутационной аппаратуры

Для переключения конденсаторов должна использоваться только коммутационная аппаратура, позволяющая выполнять эти операции без повторных искровых разрядов.

Однако даже в том случае, когда коммутационная аппаратура была тщательно выбрана и правильно отрегулирована, повторные разряды могут возникать после большого числа операций. Для исключения повторных разрядов, которые могут привести к отказу конденсатора, очень важное значение имеет регулярное обслуживание.

В случае высокочастотных токов тщательный выбор и обслуживание коммутационной аппаратуры обычной конструкции не позволяет обеспечить выключение конденсатора без повторных искровых разрядов, если время срабатывания коммутационной аппаратуры более чем длительность половины цикла частоты сети, или равно ей.

Для исключения перенапряжений в конденсаторах следует использовать быстродействующую коммутационную аппаратуру типа тиристоров или обычную коммутационную аппаратуру в комбинации с дополнительными мерами, относящимися к переключаемой цепи.

6.5.2 Характеристики по току

Переключающие и защитные устройства и их соединения должны иметь конструкцию, пропускающую максимальные токи, возникающие при любых условиях использования.

Если эти устройства разработаны для обычного применения на частоте 50 или 60 Гц, следует учитывать соответствующий коэффициент снижения номинальных параметров.

6.5.3 Переключение конденсаторов, подключаемых параллельно

Если конденсатор должен быть включен параллельно с другими, уже находящимися под напряжением конденсаторами, переключающие и защитные устройства и соединения должны быть способны выдерживать электродинамические напряжения, вызванные переходным сверхтоком, который может возникнуть при включении.

Если электродинамические напряжения ожидаются экстремальными, необходимо принять специальные меры предосторожности, позволяющие уменьшить эти переходные эффекты, например использовать резистор в цепи коммутации или вставку элемента с реактивным сопротивлением в цепи питания каждого блока конденсаторной батареи.

6.5.4 Переключение в течение коротких интервалов

В соответствии с 3.2 и 4.2, конструкция конденсаторов рассчитана на включение в практически разряженном состоянии. Если конденсаторы переключаются через короткие интервалы времени, разрядные резисторы по 4.2 разряжают конденсатор слишком медленно. В этом случае конструктор батареи должен определить наименьшее время между операциями переключения и выбрать разрядное устройство, соответствующее этому времени.

6.6 Коммутация конденсаторов с плавкими предохранителями

В случае конденсаторов с плавкими предохранителями необходимо гарантировать, что переходные токи, возникающие при коммутации, не превышают допустимый ток плавких предохранителей.

Это требование применяется также к отдельным конденсаторам, которые включаются параллельно с батареей конденсаторов, постоянно соединенной с сетью.

6.7 Работа на изменяющейся частоте

Если конденсаторы предназначаются для работы на изменяющихся частотах, но не сконструированы и не маркированы (5.1.1, перечисление e) для этих специальных целей, то необходимо принять меры, исключающие превышение допустимых перегрузок, установленных в разделе 3.

Особое внимание необходимо уделять конденсаторам, предназначенным для работы при последовательном соединении с другими компонентами, так как в случае фиксированного тока напряжение на конденсаторе возрастает обратно пропорционально частоте.

Примечание — При проектировании батареи необходимо получить от изготовителя конденсатора график, показывающий пределы фактического эффективного значения напряжения и эффективного значения тока в зависимости от частоты. Чтобы изготовитель имел возможность предоставить такую информацию, конструктор батареи должен установить порядковое число наиболее важных гармоник и их наибольшую ожидаемую амплитуду.

6.8 Выбор наиболее высшего напряжения для оборудования конденсаторной батареи

В случае конденсаторов, предназначенных для работы в параллельном режиме, U_m (1.3.25) равно U_N. В случае конденсаторных батарей, в которых n идентичных конденсаторных блоков или секций блоков соединены последовательно, и все корпуса блоков имеют одинаковый потенциал, U_m равно $n \cdot U_N$.

6.9 Шунтирующие конденсаторы, включаемые последовательно

Если конденсаторные блоки или батареи включены последовательно, необходимо принять меры, чтобы значения емкости были как можно более близкими между собой, в целях гарантирования, что напряжение на каждом блоке не превышает номинальное напряжение.

6.10 Последовательно включенные конденсаторы

Конденсаторы, соединенные последовательно с линией передачи между генератором и нагрузкой, подвергаются перенапряжениям, когда происходит короткое замыкание на линии или в нагрузке.

Должно быть предоставлено подходящее защитное оборудование, при использовании которого перенапряжения не превышают величин, указанных в разделе 3.

Дополнительная общая информация относительно включенных последовательно конденсаторов может быть получена по IEC 60143.

6.11 Соединительные провода

Соединительные провода не должны создавать механические перегрузки в проходных изоляторах. Необходимо выполнять инструкции изготовителя по монтажу.

Следует учитывать дополнительные потери, связанные с неравномерным распределением тока по сечению соединительных проводов (скин-эффект), в основном на частотах, превышающих основные частоты.

6.12 Детали под напряжением вдоль линии подачи воды

Детали под напряжением водяных каналов, например соединительные устройства водяных шлангов, должны быть смонтированы таким образом, чтобы опасные напряжения не могли быть переданы на электропроводящие детали оборудования, к которым возможно прикосновение.

Необходимо также принять меры, не допускающие образование потенциала, вызванного распределением напряжения вдоль водяных шлангов.

Эти меры предосторожности применяют, в частности, в отношении шунтирующих конденсаторных батарей, в которых блоки соединены последовательно.

Следует учитывать возможность повышения электропроводности воды (6.2.3).

6.13 Опорные изоляторы

Опорные изоляторы конденсаторов, используемые для поддержки конденсаторов, когда корпус имеет потенциал, отличный от потенциала земли, должны иметь конструкцию, соответствующую наиболее высокому возможному напряжению между ними.

Если распределение напряжения между конденсаторами и опорными изоляторами неопределено, опорные изоляторы должны соответствовать полному напряжению изоляции установки, с которой конденсаторы должны быть соединены.

6.14 Опасность замерзания конденсаторов с водяным охлаждением

Конденсаторы с водяным охлаждением могут быть повреждены при замерзании воды в канале.

В связи с этим необходимо принять меры, исключающие замерзание воды в каналах охлаждения, когда конденсатор не работает.

Во время хранения или транспортировки вода должна быть полностью удалена из конденсаторов.

Приложение А
(обязательное)

Методы измерения потерь в конденсаторах с воздушным охлаждением, самовентилирующихся и с принудительной вентиляцией

А.1 Конденсатор должен быть помещен в заполненный водой контейнер, теплоизолированный с использованием эффективного изолирующего материала. Уровень воды должен быть немного ниже границы тепловой изоляции. Воду, предварительно нагретую до температуры на 5 К ниже температуры, соответствующей температуре при испытании на термостабильность (2.9.1), следует наливать на дно бака с контролируемой скоростью.

Измеряют температуру воды на сливе из верхней части бака. На конденсатор должно быть подано питание с номинальной мощностью на номинальной частоте. Если невозможно использовать номинальную частоту, другая частота должна быть согласована с покупателем. Подача энергии на конденсатор должна продолжаться до тех пор, пока разница температуры воды на выходе и входе не станет стабильной. Поток должен быть отрегулирован таким образом, чтобы разница значений температуры не превышала 5 К.

Потери конденсатора рассчитывают по разнице температуры и величине расхода воды.

А.2 Существует альтернативный метод измерения без использования потока воды, с помощью калориметрических приборов. В этом случае рекомендуется в контейнер с водой, который необязательно теплоизолировать, поместить калиброванный резисторный нагревательный элемент. Необходимо использовать перемешиватель воды для обеспечения равномерной температуры воды. На устройство для нагревания воды подается такая энергия, чтобы температура воды поддерживалась постоянной на 5 К ниже, чем температура корпуса, полученная при испытании на термостабильность на заключительном этапе. На конденсатор затем подают энергию в течение заданного интервала времени и измеряют температуру воды через определенные интервалы времени. Максимальный прирост температуры не должен превышать 5 К. После прекращения энергопитания конденсатора производится измерение температуры воды через определенные интервалы.

В течение испытания на нагревательный резистор должна подаваться энергия. Калибровка тепловой массы испытуемого конденсатора и заполненного водой контейнера может быть выполнена путем увеличения мощности на резисторе на известную величину и измерения изменения температуры воды как функции времени при отключенном энергопитании конденсатора.

Расчет потерь конденсатора может быть затем выполнен по данным повышения мощности резистора и скорости повышения температуры.

Скорость повышения температуры должна иметь одно и то же значение.

Примечание — При использовании описанных выше методов испытаний важное значение имеет достижение теплового равновесия до прекращения снятия показаний температуры.

А.3 Дополнительный альтернативный метод, который можно использовать по выбору изготовителя, по IEC 60996.

Приложение В
(справочное)

Формулы для конденсаторов и установок

В.1 Резонансная частота

Конденсатор будет находиться в резонансе с гармоникой, в соответствии со следующим уравнением, где n — целое число:

$$n = \sqrt{\frac{S}{Q}},$$

где S — мощность короткого замыкания (МВА) цепи, в которой должен быть установлен конденсатор,
Q — выражается в мегаварах (МВАр);
n — порядок гармоники: т. е. отношение между резонансной гармоникой (Гц) и частотой сети (Гц).

В.2 Повышение напряжения

Подсоединение шунтирующего конденсатора вызывает прирост установившегося напряжения, определяемый следующим выражением.

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{Q}{S},$$

где ΔU — прирост напряжения (В);
U — напряжение до подсоединения конденсатора (В),
S — мощность короткого замыкания (МВА), где должен быть установлен конденсатор;
Q — выражается в мегаварах (МВАр).

В.3 Импульсные переходные токи

В.3.1 Включение единичного конденсатора

$$I_S = I_N \sqrt{\frac{2S}{Q}},$$

где I_S — пиковое значение импульсного тока через конденсатор, выраженное в амперах (А);
I_N — номинальный ток конденсатора (эффективное значение), выраженный в амперах (А);
S — мощность цепи короткого замыкания (МВА), в которой должен быть установлен конденсатор;
Q — выражается в мегаварах (МВАр).

В.3.2 Включение конденсатора параллельно с конденсаторами под напряжением

$$I_S = \frac{U\sqrt{2}}{\sqrt{X_C X_L}};$$

$$f_S = f_N \sqrt{\frac{X_C}{X_L}},$$

где I_S — пиковое значение импульсного тока через конденсатор, выраженное в амперах (А);
U — напряжение фаза-земля, выраженное в вольтах (В),
X_C — последовательно соединенные реактивные сопротивления на фазу, выраженные в омах (Ом);
X_L — индуктивное сопротивление на фазу между батареями, выраженное в омах (Ом),
f_S — частота пускового тока, выраженная в герцах (Гц);
f_N — номинальная частота, выраженная в герцах (Гц).

В.3.3 Разрядное сопротивление

$$R \le \frac{t}{C \cdot \ln \frac{U_N\sqrt{2}}{U_R}},$$

где t — время разряда от $U_N\sqrt{2}$ до U_R,выраженное в секундах (с);
R — разрядное сопротивление, выраженное в мегомах (Мом);
C — номинальная емкость, выраженная в микрофарадах (мкФ);
U_N — номинальное напряжение блока, выраженное в вольтах (В);
U_R — допустимое остаточное напряжение, выраженное в вольтах (В) (предельные значения t и U_R в соответствии с 4.2).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным международным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение и наименование международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование межгосударственного стандарта
IEC 60050-436:1990 Международный электротехнический словарь. Глава 436. Силовые конденсаторы	—	*
IEC/TS 60110-2 Конденсаторы силовые для генераторных установок индукционного нагрева. Часть 2. Испытание на старение, испытание на разрушение и требования к испытанию на отключение внутренних предохранителей	—	*
IEC 60143-1 Конденсаторы, включаемые последовательно, для энергосистем. Часть 1. Общие положения	—	*
IEC 60831-1 Конденсаторы шунтирующие силовые самовосстанавливающегося типа для систем переменного тока, имеющих номинальное напряжение до 1000 В включительно. Часть 1. Общие требования, характеристика, испытание и номинальные параметры. Требования техники безопасности. Руководство по установке и эксплуатации	—	*
IEC 60871-1 Конденсаторы шунтирующие для энергосистем переменного тока на номинальное напряжение свыше 1000 В. Часть 1. Общие положения	—	*
IEC/TR 60996:1989 Конденсаторы. Метод проверки точности измерений потерь перехода (тангенс дельта)	—	*
* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.		

Библиография

IEC 60252 Конденсаторы для двигателей переменного тока

IEC 60358 Конденсаторы разделительные и емкостные делители

IEC 61048 Конденсаторы, используемые в цепях трубчатых люминесцентных и других разрядных ламп. Общие требования и требования техники безопасности

IEC 61049 Конденсаторы, используемые в цепях трубчатых люминесцентных и других разрядных ламп. Общие требования и требования техники безопасности

IEC 61071-1 Конденсаторы силовые электронные. Часть 1. Общие положения

IEC 61270-1 Конденсаторы для микроволновых печей. Часть 1. Общие положения

УДК 621.319:006.354 МКС 29.120.99 31.060.70 Э20 IDT

Ключевые слова: конденсаторы силовые, термины, установки индукционного нагрева, требования безопасности, методы испытаний

Редактор *А.В. Павлов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *О.Д. Черепковой*

Сдано в набор 25.12.2014. Подписано в печать 20.01.2015. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал. Усп. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,25. Тираж 35 экз. Зак. 369.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru