МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60034-15— 2014

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 15

Предельные уровни импульсного напряжения для вращающихся машин переменного тока с шаблонной катушкой статора

(IEC 60034-15:2009, 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 Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ») и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 333 «Вращающиеся электрические машины»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2014 г. № 72-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
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 мая 2015 г. № 406-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60034-15—2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 марта 2016 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60034-15:2009 Rotating electrical machines — Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines (Машины электрические вращающиеся. Часть 15. Предельные уровни импульсного напряжения для вращающихся машин переменного тока с шаблонной катушкой статора).

Международный стандарт разработан техническим комитетом по стандартизации ТС 2 «Вращающиеся машины» Международной электротехнической комиссии (IEC).

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и международных стандартов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

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 Область применения . . . 1
2 Термины и определения . . . 1
3 Предельные уровни импульсного напряжения . . . 1
4 Испытания образцов . . . 2
4.1 Общие положения . . . 2
4.2 Испытание на стойкость межвитковой изоляции при воздействии импульсных напряжений . . . 2
4.3 Испытание на стойкость главной изоляции к грозовым импульсам напряжения . . . 3
4.4 Испытание на стойкость при напряжении промышленной частоты . . . 3
5 Типовые испытания . . . 3
5.1 Катушки . . . 3
5.2 Статоры в сборе . . . 3
Приложение А (справочное) Принципы определения предельных уровней импульсных напряжений и методы испытания . . . 4
Приложение В (справочное) Детали проведения испытаний . . . 5
Библиография . . . 7

Введение

Стандарт IEC 60071-1 определяет общие требования к изоляции между фазами и землей в оборудовании трехфазных систем переменного тока и декларирует ответственность каждого аппаратного комитета за установление уровней и методов испытаний его оборудования с учетом рекомендаций стандарта IEC 60071-1. Настоящий стандарт определяет требования к вращающимся электрическим машинам. Опыт показал, что значения, приведенные в этом стандарте, соответствуют требованиям к изоляции при реальных стрессовых ситуациях, случающихся в практике. При разработке этих требований использовались принципы, объясненные в приложении А.

Настоящий стандарт не распространяется на машины с мягким пуском.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 15

Предельные уровни импульсного напряжения для вращающихся машин переменного тока с шаблонной катушкой статора

Rotating electrical machines.
Part 15. Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines

Дата введения — 2016—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт относится к машинам переменного тока, в конструкции которых используются шаблонные катушки обмотки статора. Он определяет методы испытаний и напряжения, прикладываемые к основной и межвитковой изоляции катушечных образцов.

2 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **испытание образца** (sample test): Проводится с катушками при условиях, которые адекватно отражают конфигурацию конечного изделия, используемого в машине, с целью определения технологических процедур и процессов изготовления изоляционной системы.

2.2 **типовое испытание** (routine test): Проводится со всеми катушками обмотки машины.

2.3 **шаблонная катушка статора** (form-wound stator coil): Катушка, которая предварительно наматывается на шаблон нужной формы, изолируется и практически в готовом виде вкладывается в пазы статора.

2.4 **временной фронт T_1** (front time): Время, в течение которого импульс напряжения возрастает от 0 % до 100 % пикового значения, определяется как произведение 1,67 на величину интервала между моментами времени, когда импульс равен 30 % и 90 % пикового значения.

2.5 **время достижения половинного значения T_2** (time-to-half value): Это интервал между началом отсчета и моментом, когда напряжение возрастет до половины пикового значения.

3 Предельные уровни импульсного напряжения

Уровни импульсного напряжения для конкретных номинальных напряжений рассчитываются по формуле, приведенной в примечании 2 к таблице 1. Таблица 1 дает предельные уровни импульсного напряжения для некоторых обычно применяемых номинальных напряжений, округленные до ближайшего целого числа. Уровни испытательного напряжения для машин, питаемых от преобразователей, зависят от того, какое номинальное напряжение назначается производителем. Бывает целесообразно увеличить уровни испытательного напряжения, которое прикладывается к зажимам машины, как это описано в IEC 60034-18-42. Этот коэффициент увеличения может достигать 1,7 для трехступенчатого преобразователя, но он уменьшается с увеличением числа ступеней.

Издание официальное

Таблица 1 — Предельные уровни импульсных напряжений для шаблонных катушек, используемых в машинах переменного тока

Номинальное напряжение U_N, кВ	Номинальное предельное (пиковое) значение грозового импульсного напряжения (см. примечания 1 и 2) U_P, кВ	Номинальное предельное (пиковое) напряжение скачкообразного импульса (см. примечания 3 и 4) U_P', кВ
2,3	14	9
3	17	11
3,3	18	12
4	21	14
6	29	19
6,6	31	20
10	45	29
11	49	32
13,2	58	38
13,8	60	39
15	65	42

Примечание 1 — Уровни в столбце 2 согласованы со стандартными грозовыми импульсами, имеющими длительность фронта 1,2 мкс ± 30 %, время достижения половинной величины 50 мкс ± 20 % и пиковое значение импульсного напряжения U_P ± 3 %, как это оговорено в МЭК 60060-1.

Примечание 2 — Уровни в столбце 2 получены по формуле $U_P = 4U_N + 5$ кВ.

Примечание 3 — Уровни в столбце 3 согласованы с импульсами, имеющими длительность фронта (0,2 ± 0,1) мкс при испытательных напряжениях до 35 кВ. Свыше 35 кВ длительность фронта равна 0,2 мкс с допуском + 0,3 мкс/–0,1 мкс.

Примечание 4 — Уровни в столбце 3 получены по формуле $U_P' = 0{,}65U_P$.

Примечание 5 — Уровни в столбце 3 считаются приемлемыми для перенапряжений, вызываемых работой сетевых выключателей, которые могут иметь место в эксплуатации. Они могут не соответствовать особым условиям работы (например, прерывистому пуску или прямому присоединению к питающим линиям). В таких случаях обмотки должны выдерживать другие уровни импульсов или иметь надлежащую защиту.

4 Испытания образцов

4.1 Общие положения

Эти испытания проводятся для косвенного подтверждения соответствия требованиям, изложенным в А.3 приложения А. Испытуемые катушки должны пройти все технологические процессы изготовления, включая короностойкий защитный слой и устройство по выравниванию напряжения, если оно используется, и должны быть вложены в заземленные пазы или скомпонованы в катушечную группу, покрытую заземленной проводящей лентой или фольгой. Количество испытуемых катушек должно быть равно, по крайней мере, двум. Примеры испытательных схем для отдельных катушек и для катушек в собранном статоре показаны в В.1 и В.2 приложения В.

Все образцы катушек должны выдерживать электрические тесты, описанные ниже. В случае пробоя производитель исследует причину. Пробой при импульсных испытаниях может быть зафиксирован по форме сигнала, наблюдаемого на осциллографе. Примеры сигналов для нормальных и аварийных катушек показаны в В.3 приложения В.

4.2 Испытание на стойкость межвитковой изоляции при воздействии импульсных напряжений

Импульсные напряжения межвитковой изоляции проводятся приложением скачкообразного импульса напряжения между двумя зажимами испытуемых катушек (таблица 1, столбец 3).

Межвитковое испытательное напряжение генерируется затухающим колебательным разрядом конденсатора. Количество опытов подключения должно быть равно, по крайней мере, пяти. Время нарастания фронта первого пика напряжения на зажимах испытуемой катушки должно быть от 0,2 до ± 0,1 мкс при испытательных напряжениях до 35 кВ. Для испытательных напряжений выше 35 кВ время фронта должно быть $0{,}2^{+0{,}3}_{-0{,}1}$ мкс. Длительность фронта последнего импульса напряжения, подаваемого во время испытания, следует проверять для соответствия требованиям.

Пиковое напряжение между зажимами испытуемой катушки должно иметь значение, приведенное в столбце 3 таблицы 1, или рассчитано по формуле из примечания 4 таблицы 1. Допуск на U_P' равен ±3 %.

4.3 Испытание на стойкость главной изоляции к грозовым импульсам напряжения

Испытание главной изоляции импульсным напряжением проводится приложением грозового импульсного напряжения между зажимами катушки и землей (таблица 1, столбец 2).

Напряжение для испытания главной изоляции, генерируемое импульсным генератором, имеет длительность фронта 1,2 мкс ±30 % и время нарастания до половинного значения 50 мкс ±20 %, как это и предусмотрено IEC 60060-1. Количество импульсов одинаковой полярности должно быть по крайней мере пять.

Пиковое напряжение между зажимами испытуемой катушки должно иметь значение, приведенное в столбце 2 таблицы 1, или рассчитано по формуле из примечания 1 таблицы 1. Допуск на U_P равен ±3 %.

4.4 Испытание на стойкость при напряжении промышленной частоты

Это испытание можно использовать вместо испытания на стойкость к грозовым импульсам. В этом случае напряжение ($2U_N$ + 1 кВ) подается на 1 минуту между зажимами катушки и землей. Затем приложенное напряжение увеличивается со скоростью 1 кВ/с до 2 ($2U_N$ +1 кВ), после чего сразу же понижается до нуля со скоростью по крайней мере 1 кВ/с. В ходе эксперимента не должно быть пробивного напряжения. После этого считается, что соответствующий уровень стойкости главной изоляции к импульсным напряжениям и защита от короны в лобовой части обмотки обеспечены и по крайней мере соответствуют требованиям столбца 2 таблицы 1.

Примечание 1 — Номинальные уровни в столбцах 1 и 2 таблицы 1 ниже пикового значения $2\sqrt{2}(2U_N + 1$ кВ), полученного в этом опыте, поскольку уровень импульса для машины определяется продольным распределением межвиткового напряжения (см. А.1). Целью испытания повышенным напряжением переменного тока является создание градиента напряжения вблизи пазов, по величине как можно более близкого к тому, которое возникает при импульсных напряжениях.

Примечание 2 — В некоторых странах принято использовать напряжение постоянного тока вместо напряжения промышленной частоты, описанного выше. Это допускается данным стандартом по соглашению между изготовителем и покупателем. Рекомендуется, чтобы напряжение постоянного тока было хотя бы в 1,7 раза больше минимального испытательного напряжения промышленной частоты, в соответствии с таблицей 16 IEC 60034-1.

5 Типовые испытания

5.1 Катушки

Типовые испытания можно проводить на катушках после их укладки в сердечник статора, но до окончательной сборки и выполнения соединений. При этом изоляция не имеет электрической прочности полностью изготовленных катушек и поэтому импульсное испытание (таблица 1, столбец 3) производится при пониженном напряжении. Следует использовать испытание импульсом со скачкообразным фронтом, а уровень испытательного напряжения обычно устанавливается от 40 % до 80 % величины, приведенной в столбце 3 таблицы 1. Точное значение испытательного напряжения зависит от технологии изготовления изоляции.

5.2 Статоры в сборе

Импульсные испытания межвитковой изоляции собранных обмоток проводить не рекомендуется из-за трудности определения межвитковых замыканий.

Приложение А
(справочное)

Принципы определения предельных уровней импульсных напряжений и методы испытания

А.1 Импульсные напряжения обмоток машин

Когда быстро растущая волна напряжения появляется между одним из зажимов обмотки машины и землей, соответствующий фазовый сдвиг не позволяет мгновенно иметь одинаковый потенциал во всех точках обмотки. В результате в ней имеют место два типа напряжений, а именно напряжение между проводником и землей (поперечное напряжение) и распределение напряжения вдоль проводника (продольное напряжение).

В то время как поперечное напряжение воздействует на основную пазовую изоляцию, продольное напряжение также воздействует на межвитковую изоляцию. Самые большие составляющие напряжений обоих типов обычно появляются на первой или последней катушках обмотки. На практике волны перенапряжений могут быть различной формы и иметь времена нарастания до 0,1 мкс.

А.2 Уровень стойкости машинной обмотки к импульсным напряжениям

Обмотка машины должна иметь определенный предельный уровень стойкости к импульсным напряжениям при каждой системе изоляции. Уровни стойкости, представленные в столбце 3 таблицы 1, получены по формуле

$$U_p' = 0{,}65\ (4U_N + 5)\ \text{кВ}.$$

А.3 Косвенное определение уровней стойкости обмоток машин к импульсным напряжениям с помощью испытаний образцов катушек

Уровень стойкости к импульсным напряжениям готовой обмотки машины может быть определен косвенно посредством испытаний образца катушки. При этом предполагается, что этот образец при испытании подвергается перенапряжениям, которые близки к практически возникающим в полностью собранной обмотке, где они максимальны между витками и/или между витками и землей обычно у первой катушки обмотки.

Максимальное значение поперечного напряжения (между проводником и землей), появляющегося на внутренней катушке (то есть и на катушке при испытании образца), равно пиковому значению импульсного напряжения на собранной обмотке.

Пиковое значение продольного напряжения (вдоль проводника) начальной катушки варьируется в широком диапазоне, по крайней мере из-за следующих факторов:

- времени нарастания t_s импульса напряжения;
- длины проводника в катушке;
- количества и расположения витков.

Его действительная величина может быть определена подачей эталонного импульса напряжения на зажимы собранной машины с пиковым значением, например, в несколько сотен вольт.

Соответствующие исследования были проведены в нескольких странах, их результаты были опубликованы, но никакой простой закономерности не было найдено для расчетного предсказания этого пикового значения напряжения для конкретной конструкции машины.

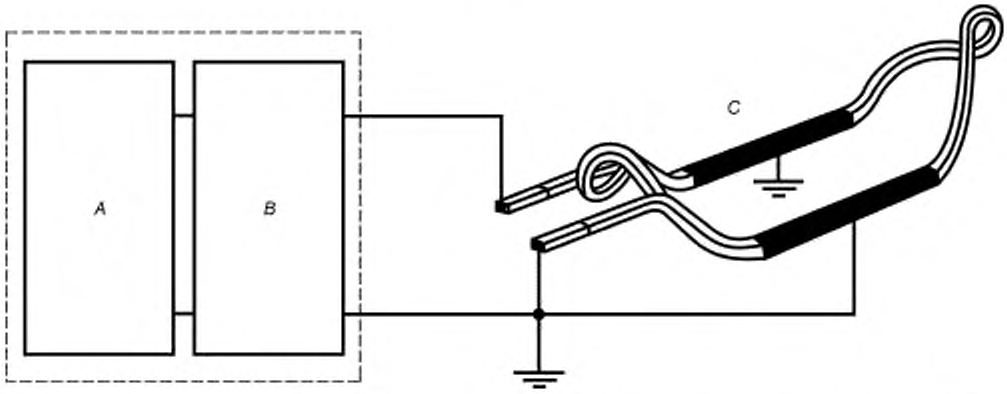
Поэтому считается, что упомянутые три фактора слишком сложны, чтобы быть использованными в качестве основы для практических расчетов и оценок.

Приложение В
(справочное)

Детали проведения испытаний

В.1 Схема импульсного испытания опытных образцов катушек

Электрическая цепь для импульсных испытаний опытных катушек показана на рисунке В.1. Можно соединить в параллель несколько катушек, чтобы испытать их одновременно.

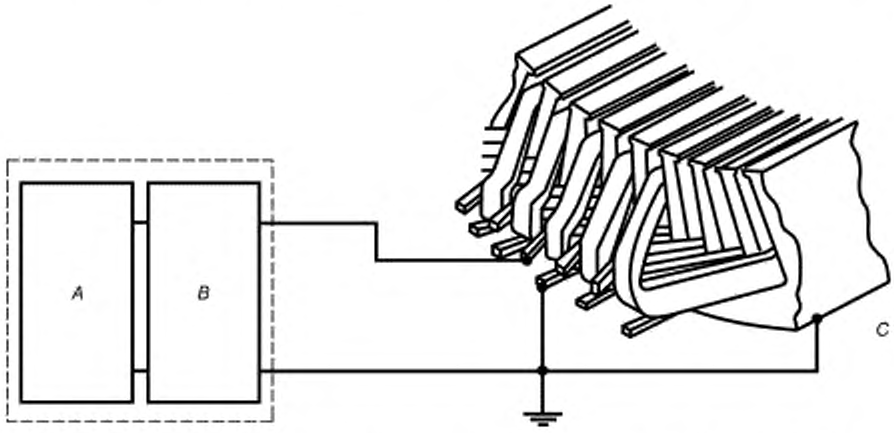


A — импульсный генератор; *B* — приборы для измерения напряжения; *C* — образец катушки, пазовая часть которой обернута заземленной фольгой

Рисунок В.1 — Пример испытательной схемы

В.2 Пример схемы для типовых испытаний (рисунок В.2)

Только начальные катушки обмотки испытываются. Одновременно можно испытывать несколько катушек, подавая к ним напряжение при включении в параллель. Между зажимами можно разместить изоляционные прокладки или колпачки, чтобы предотвратить перекрытие при проведении экспериментов. Испытательное напряжение должно быть ниже того, которое используется при испытаниях образцов катушек. Кроме того, до пропитки смолой и сушки испытательное напряжение должно быть понижено, как это описано в 5.1.

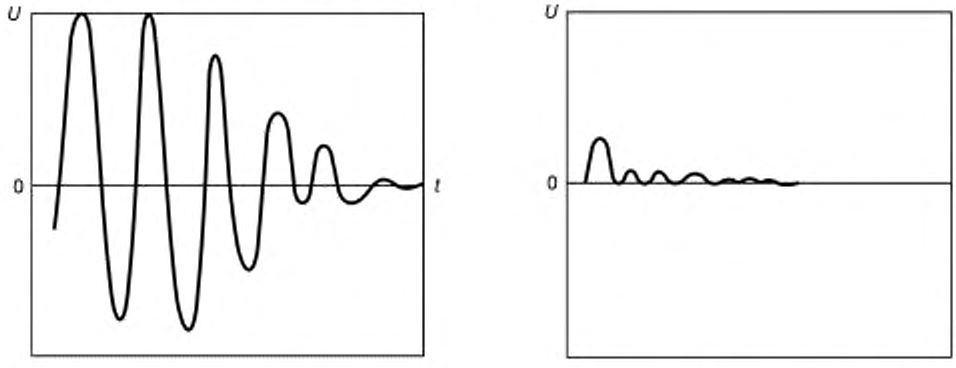


A — импульсный генератор; *B* — приборы для измерения напряжения, *C* — сердечник статора

Рисунок В.2 — Пример схемы для типовых испытаний

B.3 Осциллограммы для нормальных катушек и имеющих короткое замыкание

На рисунке B.3 в одинаковом масштабе представлены примеры осциллограмм, полученных в результате импульсных испытаний на нормальных катушках и имеющих короткое замыкание. Могут быть и другие типы и степени повреждений, которые повлияют на форму волны, но это менее существенно.



a) неповрежденная катушка

b) катушка с коротким замыканием

Рисунок B.3 — Примеры форм волны для неповрежденной катушки и имеющей короткое замыкание, полученные экспериментально при прямом подключении к сердечнику статора

Библиография

IEC 60034-1:2010	Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики)
IEC/TS 60034-18-42:2008	Rotating electrical machines — Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters (Машины электрические вращающиеся. Часть 18-42. Квалификационные и приемные испытания для систем электроизоляции, стойких к частичному разряду, типа II, используемых во вращающихся электрических машинах с питанием от преобразователей источника напряжения)
IEC 60060-1:2010	High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements (Методы испытаний высоким напряжением. Часть 1. Общие определения и требования к испытаниям)
IEC 60071-1:2011	Insulation coordination — Part 1: Definitions, principles and rules (Координация изоляции. Часть 1. Определения, принципы и правила)

УДК 621.313:006.354 МКС 29.160 IDT

Ключевые слова: машины электрические вращающиеся, уровни импульсных напряжений, шаблонные катушки статоров

Редактор *Н.В. Верховина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.М. Малахова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 23.06.2015. Подписано в печать 06.07.2015. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 32 экз. Зак. 2279.

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

gost.e-ecolog.ru