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

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ IEC 60034-19—2017

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 19

Специальные методы испытаний для машин постоянного тока с обычной подачей электропитания и через выпрямитель

(IEC 60034-19:2014, IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены в ГОСТ 1.0—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2015 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ») и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ) на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 25 сентября 2017 г. № 103-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
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 октября 2018 г. № 872-ст межгосударственный стандарт ГОСТ IEC 60034-19—2017 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2019 г.

5 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту IEC 60034-19:2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 19. Специальные методы испытаний для машин постоянного тока с обычной подачей электропитания и через выпрямитель» («Rotating electrical machines — Part 19: Specific test methods for d.c. machines on conventional and rectifier-fed supplies», IDT).

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

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

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 (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2018

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 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и подстрочные индексы 1
3.1 Термины и определения 1
3.2 Обозначения 2
3.3 Подстрочные индексы 2
4 Определение специфических параметров тока и напряжения (питание от выпрямителя) 2
4.1 Общие положения 2
4.2 Пульсации тока 2
4.3 Пульсации напряжения 3
4.4 Измерение средних значений 3
4.5 Измерение действующих значений 3
4.6 Расчет коэффициентов пульсации и коэффициента формы напряжения и тока 3
5 Определение индуктивности якорной цепи 3
5.1 Подготовка к испытаниям 3
5.2 Измерение индуктивности якорной цепи машин параллельного и смешанного возбуждения 3
5.3 Измерение индуктивности якорной цепи машины с последовательным возбуждением 4
5.4 Расчет индуктивности якорной цепи по данным прямых измерений 4
5.5 Индуктивность якорной цепи с учетом насыщения при нагрузке 4
6 Определение индуктивности параллельной обмотки возбуждения 5
6.1 Общие положения 5
6.2 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения в ненасыщенном состоянии 5
6.3 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения в насыщенном состоянии 5
6.4 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения с учетом влияния вихревых токов 6
6.5 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения без учета влияния вихревых токов 6
7 Определение зоны безыскровой коммутации 7
7.1 Общие положения 7
7.2 Подготовка 8
7.3 Процедура испытания 8
7.4 Расчет ширины безыскровой зоны Δ_n и смещения безыскровой зоны δ_n 9
8 Определение максимальной допустимой скорости изменения тока якоря 10
8.1 Общие положения 10
8.2 Подготовка 10
8.3 Процедура испытания 10
8.4 Расчет начальной скорости изменения тока якоря 11
9 Добавочные потери и КПД двигателей, питаемых от выпрямителей 12
9.1 Общие положения 12
9.2 Способ измерения 12
9.3 Расчет КПД 12
10 Определение изменения скорости вращения 13
10.1 Общие положения 13
10.2 Условия испытания 13

10.3 Процедура испытания 13
10.4 Определение изменения скорости вращения 13
11 Определение зависимости скорости от тока возбуждения 13
11.1 Общие положения 13
11.2 Условия испытания 13
11.3 Процедура испытания 13
11.4 Определение зависимости скорости от тока возбуждения 13
12 Определение кривой намагничивания 14
12.1 Общие положения 14
12.2 Условия испытания 14
12.3 Процедура испытания 14
12.4 Построение кривой намагничивания 14
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам 15

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й С Т А Н Д А Р Т

МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ

Часть 19

Специальные методы испытаний для машин постоянного тока с обычной подачей электропитания и через выпрямитель

Rotating electrical machines. Part 19. Specific test methods for d.c. machines on conventional and rectifier-fed supplies

Дата введения — 2019—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на машины постоянного тока с выходной номинальной мощностью 1 кВт и выше, работающие от выпрямителей, шин постоянного тока или других источников постоянного тока.

Представлены стандартизованные способы для определения характерных величин у машин постоянного тока с обычным питанием и питанием от выпрямителей.

Исключены машины специального назначения.

Данные способы дополняют требования IEC 60034-1 и IEC 60034-2-1.

Примечание — Настоящий стандарт не следует интерпретировать так, будто для любой конкретной машины требуется проводить некоторые или все описанные в нем испытания.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты.

IEC 60034-1 Rotating electrical machines — Part 1: Rating and performance (Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики)

IEC 60034-2-1 Rotating electrical machines. Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles) (Машины электрические вращающиеся. Часть 2-1. Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия по испытаниям (за исключением машин для подвижного состава)

3 Термины, определения, обозначения и подстрочные индексы

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **пульсации тока** (current ripple): Размах амплитуды тока якоря машины постоянного тока при питании от выпрямителя.

3.1.2 **пульсации напряжения** (voltage ripple): Размах амплитуды напряжения на клеммах машины постоянного тока при питании от выпрямителя.

Издание официальное

3.1.3 **постоянная времени** (time constant): Время достижения переменной величиной 63,2 % от своего установившегося значения при подаче ступенчатого воздействия на вход системы первого порядка.

3.1.4 **безыскровая зона** (black band zone): Интервал между предельными токами добавочных полюсов, на котором достигается безыскровая коммутация при токах ниже и включающих номинальный.

3.1.5 **безыскровой** (sparkless): Отсутствие какого-либо вида искрения.

3.2 Обозначения

- C — емкость, Ф;
- f — частота питания, Гц;
- I, i — ток, А;
- L — индуктивность, Гн;
- n — частота вращения, мин$^{-1}$;
- P — мощность, Вт;
- R — сопротивление обмотки, Ом;
- t — время, с;
- U — напряжение питания, В;
- Δ_n — ширина безыскровой зоны, %;
- δ_n — смещение безыскровой зоны, %;
- τ — постоянная времени, с;
- θ — фазовый угол.

3.3 Подстрочные индексы

- 1 — входное значение;
- 2 — выходное значение;
- a — якоря;
- b — добавление, подпитка;
- e — возбуждение;
- f — поле;
- LL — добавочные потери;
- n — контрольная точка;
- N — номинальное значение;
- s — вычитание, ответвление;
- 0 — холостой ход;
- ∞ — установившееся значение.

4 Определение специфических параметров тока и напряжения (питание от выпрямителя)

4.1 Общие положения

Данное испытание проводится для определения изменений напряжения и тока якоря машины постоянного тока, питаемой от выпрямителя в номинальном режиме.

4.2 Пульсации тока

Пульсации тока якоря лучше всего измерять с помощью осциллографа, позволяющего наблюдать величины как постоянного, так и переменного тока. Альтернативным методом является применение вольтметра, измеряющего размах в кривой падения напряжения на активном сопротивлении, включенном последовательно в цепь якоря.

4.3 Пульсации напряжения

Пульсации напряжения могут быть измерены осциллографом, другим записывающим прибором или электронным вольтметром двойной амплитуды, включенным последовательно с установленным для этой цели разделительным конденсатором, имеющим емкость, достаточную для того, чтобы не оказывать влияния на переменную составляющую тока.

Следует заметить, что при измерении величины размаха амплитуды отклонения от основной формы волны из-за высших гармоник не учитываются.

4.4 Измерение средних значений

В случае питания от выпрямителей средние значения напряжения и тока якоря могут быть измерены приборами с постоянными магнитами и подвижными катушками или другими измерительными приборами, включая цифровые, которые дают показания средних значений.

4.5 Измерение действующих значений

Действующие значения можно измерять приборами электродинамического типа с подвижным магнитным сердечником или другими приборами, в том числе цифровыми, дающими реальные действующие значения. Не следует использовать измерительные приборы переменного тока с выпрямителями, реагирующие только на часть сигнала напряжения или тока, а также приборы, калибровка которых базируется на предположении о синусоидальной форме кривой. Сигналы напряжения и тока рекомендуется наблюдать с помощью осциллографа.

4.6 Расчет коэффициентов пульсации и коэффициента формы напряжения и тока

Коэффициент пульсации тока и коэффициент формы следует рассчитывать с использованием формул IEC 60034-1 при максимальном, минимальном, среднем и действующем значениях, измеренных согласно 4.2—4.5 настоящего стандарта. Коэффициент пульсации напряжения должен быть рассчитан аналогично коэффициенту пульсации тока.

5 Определение индуктивности якорной цепи

5.1 Подготовка к испытаниям

Индуктивность якорной цепи рекомендуется измерять, пропуская однофазный переменный ток частотой 50 или 60 Гц через зажимы цепи якоря машины. Якорь должен быть заторможен, чтобы предотвратить вращение. Можно использовать обычные угольные щетки, если переменный ток не превышает примерно 20 % номинального тока машины, чтобы исключить перегрев щеток или коллектора за время кратковременных испытаний. Щетки должны полностью прилегать к поверхности коллектора и быть проверены до начала испытаний и после окончания испытаний.

При определении значения индуктивности следует указать, относится ли это значение к насыщенному или ненасыщенному состоянию.

Измеряют и записывают действующие значения напряжения U и тока I, частоту f и фазовый угол θ между напряжением и током. Фазовый угол может быть измерен подходящими для этого средствами, такими, как осциллограф, фазометр, а может быть найден косвенным методом, например с помощью ваттметра.

5.2 Измерение индуктивности якорной цепи машин параллельного и смешанного возбуждения

Индуктивность якорной цепи машин параллельного и смешанного возбуждения измеряется как при отсутствии, так и при наличии насыщения.

Испытание без насыщения проводят при замкнутой накоротко параллельной обмотке возбуждения для того, чтобы избежать наведения в ней высоких напряжений. В опыте с насыщенной машиной обмотка параллельного возбуждения питается, как и при номинальном режиме, от источника постоянного тока, имеющего коэффициент пульсаций не более 6 %.

5.3 Измерение индуктивности якорной цепи машины с последовательным возбуждением

Опыт с машиной последовательного возбуждения проводят только в насыщенном состоянии. Во время этого испытания последовательная обмотка возбуждения питается независимо от якоря номинальным током с использованием источника постоянного тока, имеющего коэффициент пульсаций тока не более 6 %.

Определенная таким образом индуктивность якоря в насыщенном состоянии не включает в себя индуктивность последовательных обмоток возбуждения, способ определения которой описан в 6.3 для испытаний параллельных обмоток с учетом насыщения.

5.4 Расчет индуктивности якорной цепи по данным прямых измерений

Индуктивность якоря может быть определена по следующей формуле:

$$L_a = \frac{U \sin\theta}{2\pi f I};$$

где U, I, f и θ определяются в соответствии с 5.1.

5.5 Индуктивность якорной цепи с учетом насыщения при нагрузке

Чтобы определить индуктивность якорной цепи с учетом насыщения при нагрузке, испытуемая машина должна работать в режиме генератора, нагруженного током, близким к номинальному, на этот постоянный ток должен накладываться переменный ток величиной около 20 % номинального, получаемый от генератора переменного тока; емкость C и индуктивность L включены, как показано на рисунке 1.

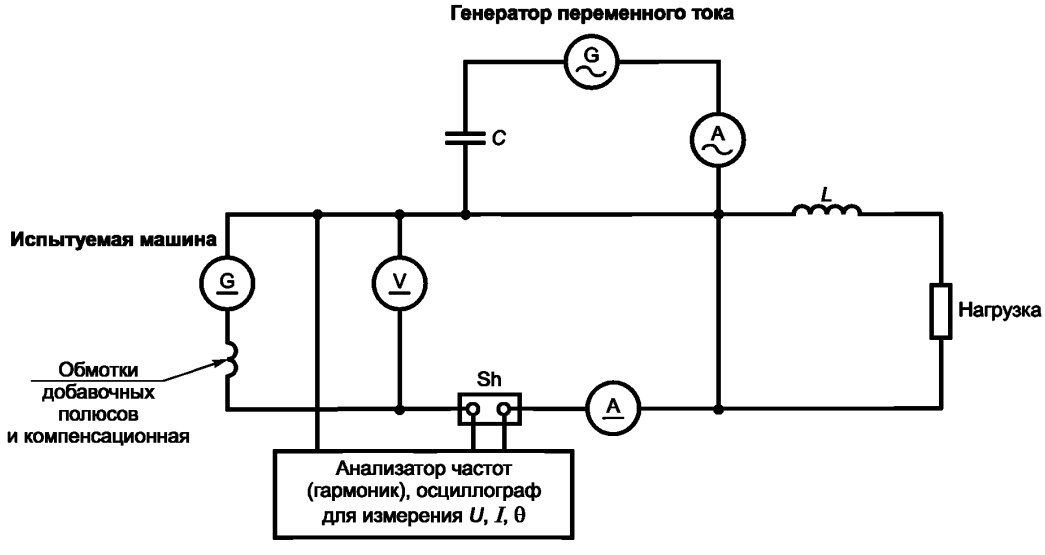

Рисунок 1 — Определение индуктивности цепи якоря с учетом насыщения

Индуктивность цепи якоря рассчитывают по 5.4 с использованием действующих значений переменного напряжения U и переменного тока I.

6 Определение индуктивности параллельной обмотки возбуждения

6.1 Общие положения

Индуктивность параллельной обмотки возбуждения определяют через скорость нарастания тока в этой обмотке при быстром приложении напряжения к ее зажимам. Эффективную индуктивность параллельной обмотки возбуждения рассчитывают через скорость нарастания потока по продольной оси, регистрируемую по напряжению якоря, которое измеряется на щетках. Во время опыта машина приводится во вращение с номинальной скоростью при разомкнутой якорной цепи. Испытание проводят как для насыщенного, так и для ненасыщенного состояний.

При определении значения индуктивности следует указать, относится ли это значение к насыщенному или ненасыщенному состоянию.

6.2 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения в ненасыщенном состоянии

Чтобы найти индуктивность в ненасыщенном состоянии, параллельную обмотку возбуждения следует питать от источника напряжения, позволяющего стабилизировать поток возбуждения испытуемой машины в пределах менее 2 % номинального. Напряжение параллельной обмотки возбуждения дважды медленно циклически изменяется между номинальным напряжением якоря, и нулем, затем устанавливается таким, чтобы напряжение якоря снизилось примерно до 50 % номинальной величины.

Записанное при этом значение напряжения на параллельной обмотке понижают до нуля, и цепь возбуждения размыкается. Затем напряжение в параллельной обмотке устанавливается равным записанному значению. Цепь параллельной обмотки замыкается и ее напряжение, ток и напряжение якоря записываются в функции времени.

6.3 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения в насыщенном состоянии

Чтобы определить индуктивность в насыщенном состоянии, необходимо собрать схему (см. рисунок 2), которая позволяет скачком изменить напряжение на зажимах обмотки возбуждения так, чтобы в разомкнутой цепи якоря изменилась электродвижущая сила (ЭДС) от 90 % до 110 % номинального напряжения якоря. При замкнутом ключе напряжение питания обмотки возбуждения U_f устанавливается таким, чтобы ток возбуждения создал в якоре ЭДС, равную 110 % номинального напряжения. Манипулируя ключом, сопротивление R_{ext} (см. рисунок 2) следует циклически дважды изменить между значениями, приводящими к изменениям напряжения якоря между 90 % и 110 % номинального, завершив при значении 90 %.

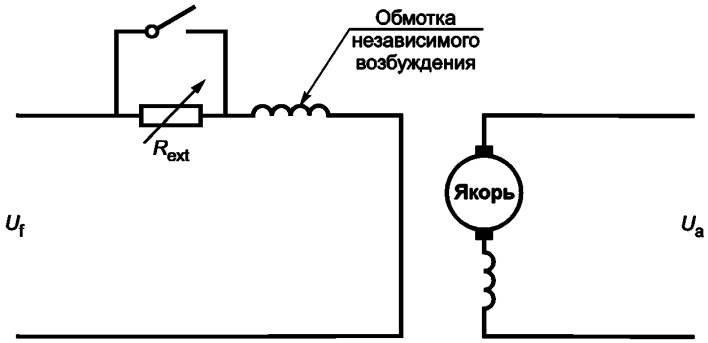

Рисунок 2 — Схема для измерения индуктивности независимой обмотки возбуждения в насыщенном состоянии

Затем ключ замыкается, и записываются напряжение и ток возбуждения, а также напряжение якоря в функции времени.

6.4 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения с учетом влияния вихревых токов

Индуктивность обмотки возбуждения можно рассчитать с учетом влияния вихревых токов в стальном сердечнике машины по току возбуждения в переходном процессе.

Значения $(I_{f\infty} - I_f) / I_{f\infty}$ в функции времени вычисляются в логарифмическом масштабе. При этом I_f есть величина тока возбуждения после резкого приложения напряжения к обмотке возбуждения, а $I_{f\infty}$ — установившееся значение I_f. На рисунке 3 две точки *p* и *q* произвольно выбраны на прямолинейной части графика. Точка *a* получается на логарифмической шкале от пересечения с нею продолженной прямой линии, проходящей через две точки *p* и *q*.

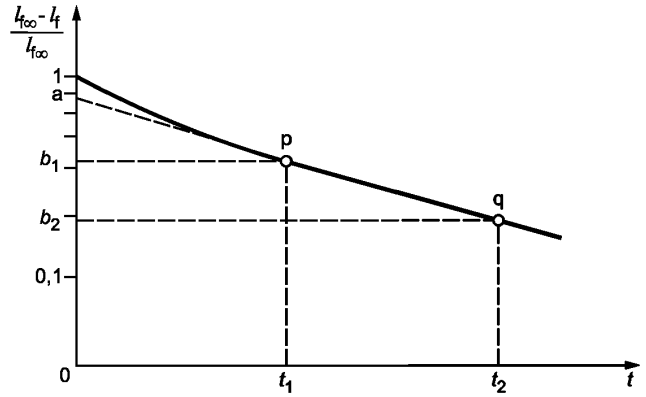

Рисунок 3 — Определение индуктивности обмотки возбуждения

Величина с рассчитывается как

$$c = \frac{\log_e b_1 - \log_e b_2}{t_2 - t_1},$$

где b_1 и b_2 являются значениями $(I_{f\infty} - I_f) / I_{f\infty}$ в моменты времени t_1 и t_2 соответственно. Величина индуктивности обмотки возбуждения вычисляется по формуле

$$L_f = R_f \frac{a}{c},$$

где R_f — активное сопротивление обмотки возбуждения.

Примечание — Эта формула получена на основе следующего аппроксимирующего выражения:

$$I_f = I_{f\infty}\left(1 - \frac{\tau_f}{\tau_f + \tau_e} e^{-\frac{\tau_f}{\tau_f + \tau_e}}\right),$$

где τ_f — постоянная времени цепи возбуждения и τ_e — постоянная времени эквивалентной цепи вихревых токов.

6.5 Индуктивность параллельной обмотки возбуждения без учета влияния вихревых токов

Когда влиянием вихревых токов в стальном сердечнике можно пренебречь, экспериментальные значения индуктивности параллельной обмотки возбуждения можно оценить по следующим выражениям:

$$L_f = R_f T_{fl},$$
$$L_{f\,eff} = R_f T_{aU},$$

где L_f — индуктивность параллельной обмотки возбуждения;

$L_{f\,eff}$ — эффективная индуктивность параллельной обмотки возбуждения;

R_f — активное сопротивление параллельной обмотки возбуждения постоянному току, измеренное сразу же по завершении испытаний;

T_{fl} — время достижения нарастающим током возбуждения 63,2 % от установившегося значения;

T_{aU} — время достижения возрастающим напряжением якоря 63,2 % от установившегося значения.

7 Определение зоны безыскровой коммутации

7.1 Общие положения

Целью данного испытания является определение диапазона, в котором достигается безыскровая коммутация при токах, не превышающих номинальный. Для изменения магнитного поля по поперечной оси дополнительный низковольтный генератор подключается параллельно обмотке добавочных полюсов (и компенсационной обмотке, если она имеется), как показано на рисунке 4.

Исследование безыскровой зоны применяют ко всем машинам, снабженным добавочными полюсами, и проводят при номинальной основной скорости вращения и при номинальной максимальной скорости, если она оговорена. Если это возможно, опыт проводят под нагрузкой. Для машин номинальной мощностью 500 кВт и выше исследование безыскровой зоны может быть сделано при коротком замыкании, если машина разработана как генератор. В случае испытания двигателя, последний следует питать от источника сглаженного постоянного тока.

При испытании в режиме короткого замыкания близкий к нулю ток возбуждения необходимо регулировать и постоянно проверять во всем диапазоне изменения тока якоря вплоть до номинального. Небольшое увеличение поля может привести к потере контроля над током якоря.

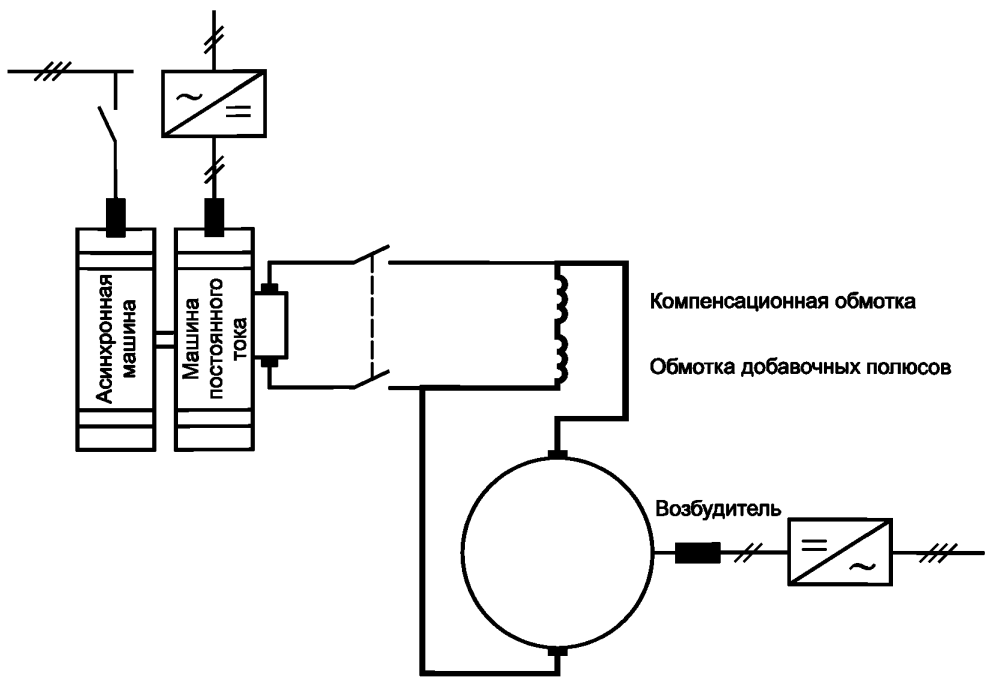

Рисунок 4 — Испытательная схема, используемая для определения зоны безыскровой коммутации

7.2 Подготовка

Для получения наиболее надежных результатов опыт рекомендуется проводить при нормальной рабочей температуре нагрева машины. Важно, чтобы еще до начала испытания все щетки полностью прилегали к коллектору.

Если обмотка добавочных полюсов и компенсационная обмотка (если она имеется) соединены последовательно, дополнительный генератор должен быть подключен так, как показано на рисунке 4, иллюстрирующем режим короткого замыкания.

Если обмотка добавочных полюсов и/или компенсационная обмотка разделены и их части присоединены к обмотке якоря с разных сторон, изменение тока добавочных полюсов влияет на обмотку якоря. Дополнительный генератор в этом случае присоединяется непосредственно к щеткам испытуемой машины и используется для того, чтобы добавить или отвести часть якорного тока (см. рисунок 5).

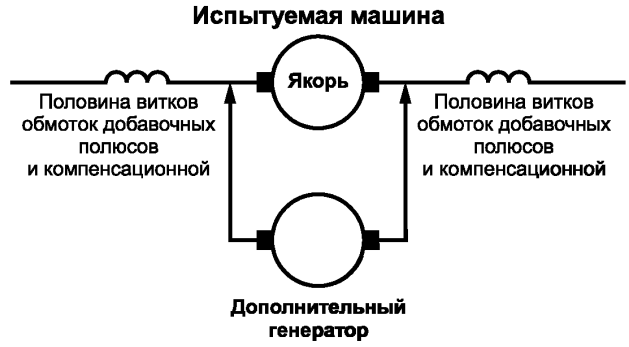

Рисунок 5 — Дополнительный генератор, используемый для увеличения или отведения части тока якоря

Если обмотка добавочных полюсов присоединена к обмотке якоря с одной стороны, а компенсационная обмотка — с другой, то изменение тока добавочных полюсов достигается присоединением низковольтного генератора параллельно обмотке добавочных полюсов. Добавляемый ток I_b или вычитаемый ток I_s приводятся к эквивалентному току по формуле

$$I_{b\,eff} = \frac{w_z}{w_z + w_k a_z / a_k} \cdot I_b,$$

где w_z — число витков на одном добавочном полюсе;

w_k — число витков компенсационной обмотки, приходящееся на один полюс;

a_z — число параллельных ветвей обмотки добавочных полюсов;

a_k — число параллельных ветвей компенсационной обмотки.

7.3 Процедура испытания

7.3.1 Условия испытания

Испытания должны выполняться при токе якоря, изменяемом в пределах от 0 до 100 % от номинального значения.

При увеличении или уменьшении тока добавочных полюсов, значения частоты вращения и тока возбуждения должны поддерживаться постоянными.

Испытания повторяют при различных значениях тока якоря, чтобы получить ряд показаний, которые изображаются на графике верхней и нижней границ безыскровой зоны в функции тока якоря (см. рисунок 6).

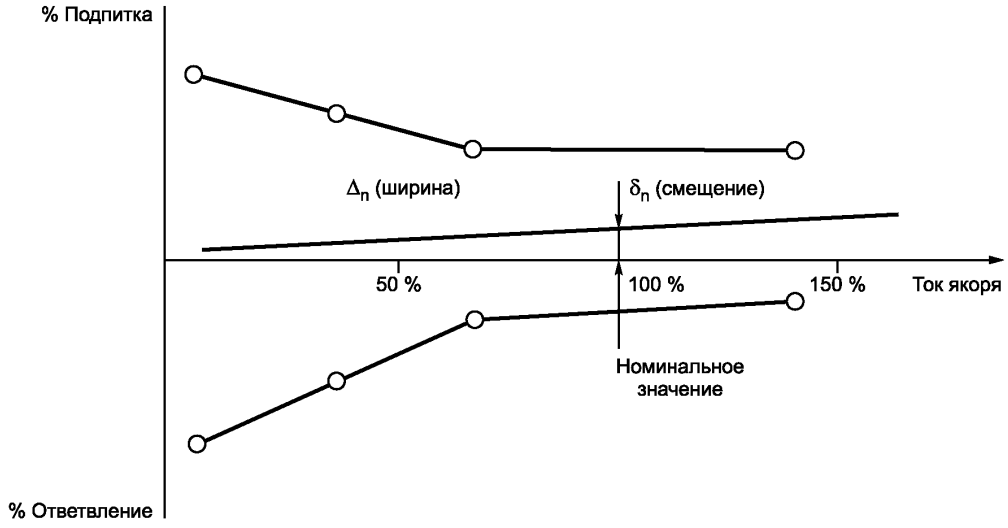

Рисунок 6 — Зона безыскровой коммутации при постоянной скорости вращения

7.3.2 Определение минимального тока обмотки добавочных полюсов

Для определения минимального тока обмотки добавочных полюсов при определенной нагрузке ток отводится из обмотки добавочных полюсов. Вычитаемый ток увеличивается до тех пор, пока наблюдается искрение на коммутаторе, и постепенно уменьшается по мере прекращения искрения.

7.3.3 Определение максимального тока обмотки добавочных полюсов

Для определения максимального тока обмотки добавочных полюсов при определенной нагрузке ток поднимается в обмотке добавочных полюсов. Добавляемый ток увеличивается до тех пор, пока наблюдается искрение на коммутаторе, и постепенно уменьшается по мере прекращения искрения.

7.4 Расчет ширины безыскровой зоны Δ_n и смещения безыскровой зоны δ_n

Процентное значение ширины безыскровой зоны в каждой экспериментальной точке можно выразить как

$$\Delta_n = \frac{100(I_b - I_z)}{I_{aN}}, \%,$$

и процентное смещение безыскровой зоны

$$\delta_n = \frac{100(I_b + I_z)}{2I_{aN}}, \%,$$

где I_b — максимальный ток подпитки (в соответствии с 7.3);

I_z — максимальный вычитаемый ток (в соответствии с 7.3);

I_{aN} — номинальный ток якоря.

В случаях, когда половина ширины безыскровой зоны меньше величины смещения безыскровой зоны, следует ожидать искрение.

Вообще говоря, идеальной будет настройка, при которой смещение равно нулю, то есть когда горизонтальная ось проходит точно посередине между предельными положениями.

8 Определение максимальной допустимой скорости изменения тока якоря

8.1 Общие положения

Максимальная допустимая скорость изменения тока якоря определяется допустимым уровнем коммутации. Когда между производителем и потребителем согласованы средние и/или начальные скорости изменения величины тока якоря, данное испытание можно провести для подтверждения того, что желательный уровень коммутации достигается не на границе безыскровой зоны.

8.2 Подготовка

Схема испытания представлена на рисунке 7.

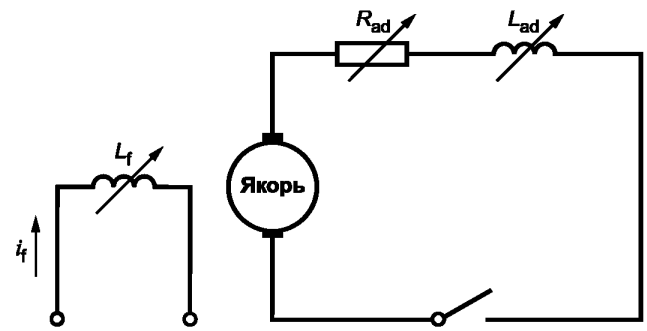

Рисунок 7 — Схема опыта для измерения скорости изменения тока якоря

Для определения величины внешнего активного сопротивления R_{ad} обозначим:

L_{ac} и R_{ac} — величины индуктивности и активного сопротивления цепи якоря;

L_{ad} — величина внешней индуктивности;

$(\Delta i/\Delta t)_{avg}$ — средняя скорость изменения тока;

I_{aN} — номинальный ток якоря;

$I_{a,\max}$ — максимальный ток якоря.

Тогда величину внешнего активного сопротивления можно оценить из:

$$R_{ad} = \frac{U_a / U_{aN}}{I_{a,\max} / I_{aN}} - R_{ac},$$

где

$$U_a = 3{,}16\,(L_{ac} + L_{ad})\left(\Delta i / \Delta t\right)_{av} I_{aN}.$$

8.3 Процедура испытания

8.3.1 Условия испытания

Данное испытание проводят для машины, работающей на холостом ходу при номинальной частоте вращения и постоянном токе возбуждения. У машин со смешанным возбуждением последовательная обмотка должна быть отключена, а у машин с последовательным возбуждением должна возбуждаться, как и с независимым возбуждением.

8.3.2 Определение нарастания тока якоря

Напряжение питания отключается от двигателя и к его зажимам подключаются нагрузочные активное и индуктивное сопротивления.

Для определения скорости нарастания тока его кривую можно записать с помощью любого записывающего прибора с подходящей характеристикой.

Нужный уровень коммутации достигается любым средством, которое производитель рассматривает как надежное. Если уровень коммутации не находится в желательных пределах, производят соответствующую настройку параметров цепи и опыт повторяют до тех пор, пока не будет получена приемлемая скорость нарастания тока. Можно регулировать либо внешние сопротивление и индуктивность, либо до начала опыта — ток возбуждения (см. рисунок 7).

8.4 Расчет начальной скорости изменения тока якоря

В соответствии с рисунком 8 средняя скорость изменения тока (в относительных величинах) равна

$$\left(\frac{\Delta i}{\Delta t}\right)_{avg} = \frac{0{,}95\, I_{a,\max}}{t_{0,95}\, I_{aN}} = \frac{0{,}95\, I_{a,\max}}{3\tau I_{aN}},$$

где $t_{0,95} = 3\tau$ — время, за которое ток вырастает от нуля до $0{,}95 I_{a,\max}$.

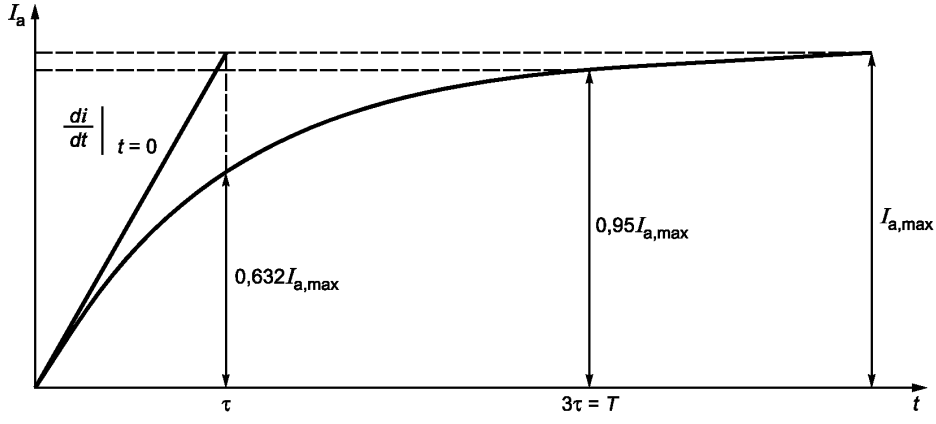

Рисунок 8 — Переходный процесс нарастания тока якоря

Постоянная времени τ находится по формуле:

$$\tau = \frac{L_{ac} + L_{ad}}{R_{ac} + R_{ad}}.$$

Начальное значение скорости изменения тока якоря (в относительных единицах) рассчитывается по формуле:

$$\left.\frac{di}{dt}\right|_{t=0} = \frac{I_{a,\max}}{\tau I_{aN}},$$

где L_{ac} и R_{ac} — величины индуктивности и активного сопротивления внутренней цепи якоря соответственно;

L_{ad} и R_{ad} — величины внешних индуктивности и активного сопротивления, подключенных к зажимам двигателя.

9 Добавочные потери и КПД двигателей, питаемых от выпрямителей

9.1 Общие положения

В тех случаях, когда пульсации тока якоря превышают 10 %, надо учитывать добавочные потери, вызываемые переменной составляющей тока якоря в дополнение к потерям, рассмотренным в IEC 60034-2-1.

9.2 Способ измерения

Добавочные потери измеряют ваттметром с низким косинусом, последовательная обмотка которого включается непосредственно в цепь вторичной обмотки воздушного трансформатора тока, а параллельная обмотка включается последовательно с конденсатором, чтобы блокировать постоянную составляющую сигнала напряжения. Первичная обмотка воздушного трансформатора включается последовательно с цепью якоря двигателя. Вся измерительная схема, содержащая ваттметр, воздушный трансформатор и блокирующий конденсатор, показана на рисунке 9.

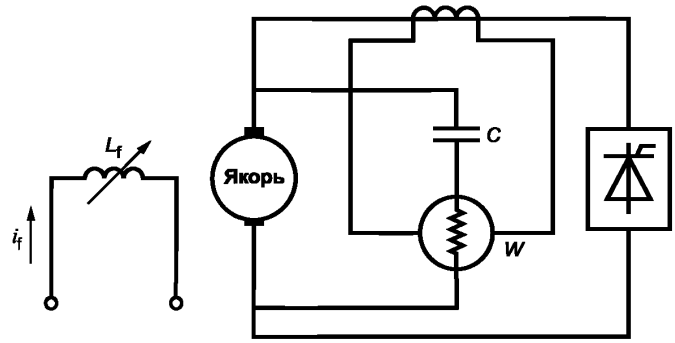

Рисунок 9 — Схема для измерения потерь от пульсирующих токов

Измерительные приборы и элементы этой схемы пригодны для получения точных результатов при частотах до 360 Гц.

9.3 Расчет КПД

КПД двигателя постоянного тока, питаемого от выпрямителей, определяется по формуле

$$\eta_{LL} = \eta \frac{P_1}{P_1 + P_{LL}},$$

где P_1 — мощность, потребляемая двигателем в опытах с постоянным сглаженным напряжением питания;

P_{LL} — добавочные потери, создаваемые переменной составляющей тока якоря, измеряемые ваттметром;

η — КПД, определяемый в соответствии с IEC 60034-2-1 в опытах при сглаженном постоянном напряжении питания.

10 Определение изменения скорости вращения

10.1 Общие положения

Целью данного испытания является определение изменения скорости вращения двигателя при плавном снижении нагрузки на валу от номинальной до нуля при неизменном токе возбуждения. При этом двигатель может питаться от выпрямителя, шины постоянного тока или другого источника постоянного тока.

10.2 Условия испытания

Опыт следует проводить при рабочей температуре. Измерения надо проводить быстро, чтобы температура обмотки заметно не изменилась.

10.3 Процедура испытания

Двигатель работает при номинальных значениях напряжения якоря и тока возбуждения. Если в цепи обмотки возбуждения есть реостат, его следует установить так, чтобы получить номинальную скорость вращения при номинальном токе и номинальном напряжении якоря. Полную нагрузку необходимо подавать и снимать несколько раз, пока не будут получены устойчивые показания. После этого записываются значения скоростей, соответствующие полной нагрузке и холостому ходу.

10.4 Определение изменения скорости вращения

Изменение скорости вращения определяется следующей формулой:

$$\Delta n = \frac{n_0 - n_N}{n_N},$$

где Δn — изменение скорости в относительных единицах;

n_0 — скорость при холостом ходе;

n_N — скорость при номинальной нагрузке.

11 Определение зависимости скорости от тока возбуждения

11.1 Общие положения

Целью данного испытания является анализ изменения скорости двигателя при снижении тока возбуждения от максимального значения, примерно в 1,5 раза превышающего номинальное, до минимального, при котором двигатель работает со скоростью, равной максимальной.

11.2 Условия испытания

Машина должна работать на холостом ходу и при номинальном напряжении на якоре. Опыт следует проводить при рабочей температуре. Измерения надо проводить быстро, чтобы температура обмотки заметно не изменилась.

Цепь обмотки возбуждения предпочтительно запитать от отдельного возбудителя.

11.3 Процедура испытания

Ток возбуждения изначально устанавливается приблизительно в 1,5 раза превышающим номинальное значение и записывается его скорость. Затем ток возбуждения последовательно уменьшают как минимум на 5 ступеней до тех пор, пока скорость двигателя не достигнет своего максимального значения. Одно из значений тока возбуждения должно соответствовать номинальному.

Для каждого измеренного уровня тока возбуждения записывается скорость двигателя.

11.4 Определение зависимости скорости от тока возбуждения

Строится зависимость скорости от тока возбуждения.

12 Определение кривой намагничивания

12.1 Общие положения

Целью данного испытания является определение изменения выходного напряжения в функции тока возбуждения, изменяющегося примерно до 150 % от номинального значения при номинальной скорости как при отсутствии нагрузки, так и при номинальной нагрузке.

12.2 Условия испытания

Опыт следует проводить при рабочей температуре. Измерения надо проводить быстро, чтобы температура обмотки заметно не изменилась.

Цепь обмотки возбуждения должна питаться от отдельного возбудителя.

12.3 Процедура испытания

12.3.1 Общие положения

Машина должна работать в генераторном режиме при номинальной скорости. Обычно испытание проводится на холостом ходу. Если машина разработана как генератор, необходимо также проводить испытание при номинальной нагрузке.

При изменении тока возбуждения, он должен либо постоянно увеличиваться до максимального значения, либо постоянно снижаться до минимального.

12.3.2 Испытания на холостом ходу

Ток возбуждения изначально устанавливается в нулевое значение. Затем ток возбуждения увеличивают как минимум на 5 ступеней до тех пор, пока он не достигнет значения приблизительно 150 % от номинального. Затем ток возбуждения уменьшают до нуля, используя аналогичные ступени. Одно или два значения тока возбуждения должны соответствовать номинальному.

Для каждого измеренного значения тока возбуждения записывается также напряжение на якоре.

12.3.3 Испытания при номинальной нагрузке

Ток возбуждения изначально устанавливается равным номинальному, а затем изменяется в соответствии с 12.3.2 в пределах, установленных испытываемым оборудованием.

12.4 Построение кривой намагничивания

Измеренное напряжение на якоре (на холостом ходу и при номинальной нагрузке) строится в зависимости от тока возбуждения.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов межгосударственным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
IEC 60034-1	IDT	ГОСТ IEC 60034-1—2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики»
IEC 60034-2-1	IDT	ГОСТ IEC 60034-2-1—2017 «Машины электрические вращающиеся. Часть 2-1. Стандартные методы определения потерь и коэффициента полезного действия по испытаниям (за исключением машин для подвижного состава)»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

УДК 621.313.2:006.354 МКС 29.160 IDT

Ключевые слова: машины постоянного тока; специальные методы испытаний

БЗ 10—2017/181

Редактор *М.В. Терехина*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 01.11.2018. Подписано в печать 21.11.2018. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,52.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,

117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru

IEEC 60034-19-2017