ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 15548-1— 2025

Контроль неразрушающий

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ

Часть 1

Характеристики и проверка приборов

(ISO 15548-1:2013, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника», Негосударственным образовательным учреждением дополнительного профессионального образования «Научно-учебный центр «Контроль и диагностика» («НУЦ «Контроль и диагностика») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 322 «Атомная техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2025 г. № 1810-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 15548—1:2013 «Неразрушающий контроль. Оборудование для контроля вихревыми токами. Часть 1. Характеристики и проверка приборов» (ISO 15548-1:2013 «Non-destructive testing — Equipment for eddy current examination — Part 1: Instrument characteristics and verification», IDT).

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

Дополнительные примечания и сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «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 (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2013
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

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 и определения 1
4 Характеристики вихретокового прибора 2
5 Проверка 6
6 Измерение электрических характеристик прибора 7
Приложение А (справочное) Принцип метода биений 20
Приложение В (справочное) Метод измерения диапазона линейности между выходом и входом 21
Приложение С (справочное) Альтернативное измерение входного полного сопротивления 22
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 23

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Контроль неразрушающий

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ

Часть 1

Характеристики и проверка приборов

Non-destructive testing. Equipment for eddy current examination. Part 1. Instrument characteristics and verification

Дата введения — 2026—04—01

1 Область применения

В настоящем стандарте определены функциональные характеристики вихретоковых приборов общего назначения и представлены методы проверки приборов и измерения их характеристик.

Оценка функциональных характеристик вихретоковых приборов позволяет подробно описать и сравнить между собой различное оборудование для проведения контроля вихретоковым методом.

За счет тщательного выбора характеристик вихретоковых приборов можно разработать оптимальную и эффективную систему контроля вихретоковым методом для специального назначения.

Если используется вспомогательное оборудование, его характеристики должны быть определены с использованием принципов настоящего стандарта.

Настоящий стандарт не устанавливает ни требуемый уровень проверки, ни критерии приемки для характеристик. Они приведены в документации по применению (эксплуатации) вихретоковых приборов.[1)]

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 12718, Non-destructive testing. Eddy current testing. Vocabulary (Контроль неразрушающий. Контроль вихретоковый. Словарь)

ISO 15549, Non-destructive testing. Eddy current testing. General principles (Неразрушающий контроль. Контроль вихретоковый. Общие принципы)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 12718.

[1)] *В отношении продукции (товаров, работ, услуг), для которой устанавливаются иные требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также в отношении процессов и иных объектов стандартизации, связанных с такой продукцией, положения настоящего стандарта применяются с учетом действующих особенностей технического регулирования и стандартизации в области использования атомной энергии.*

Издание официальное

4 Характеристики вихретокового прибора

4.1 Основные характеристики

4.1.1 Тип прибора

a) Прибор относится к приборам общего назначения, когда взаимосвязь между измеряемой величиной и отображением или выходными данными устанавливается пользователем. К прибору могут быть подключены различные преобразователи. Изготовитель прибора должен предоставить подробную информацию о внутренних электрических характеристиках, чтобы пользователь мог разработать систему вихретокового контроля. Данная система должна соответствовать ИСО 15549. Пользователь должен иметь возможность изменять значение частоты, коэффициента усиления, балансировки (если не используется автоматическая балансировка), фазы, фильтров, а также коэффициента усиления и нулевого значения дисплея.

b) Прибор считается узкоспециализированным, если в пределах его области применения четко определена зависимость между измеряемой величиной и отображаемым значением или выходным сигналом. Преобразователь является частью такого прибора. К данному типу приборов может частично применяться соответствующая часть стандарта ИСО 15548.

4.1.2 Источник питания

Прибор может работать от батарей или от внешнего источника переменного тока. Для правильной работы должны быть указаны номинальные значения напряжения, частоты и потребляемой мощности вместе с допуском.

4.1.3 Безопасность

Прибор и его приспособления должны соответствовать действующим нормам безопасности, например, в отношении опасности поражения электрическим током, температуры поверхности, взрывозащищенности и т. д.

4.1.4 Технология

Прибор может быть полностью аналоговым, частично аналоговым и частично цифровым.

Возбуждение может быть одночастотным, многочастотным, переменной частоты или импульсным.

Прибор может быть одноканальным или многоканальным.

Настройки прибора могут осуществляться вручную, дистанционным управлением, быть сохраненными или предварительно заданными.

Прибор должен иметь компонентные выходы и может иметь автономный дисплей или не иметь его.

4.1.5 Физическое представление

Прибор может быть портативным, переносным в корпусе, или стационарным, со встроенными или модульными компонентами.

Для прибора и его приспособлений должны быть указаны вес и размер.

Разъемы и гнезда должны быть указаны с учетом типа и схемы соединения контактов.

Номер модели и серийный номер прибора должны быть четко читаемыми и находиться в легкодоступном месте.

4.1.6 Воздействия на окружающую среду

Должно быть указано время прогрева, необходимое для достижения прибором стабильных рабочих условий в указанных пределах.

Для прибора и его приспособлений должны быть указаны диапазоны температуры, влажности и вибрации при нормальном использовании, хранении и транспортировании.

Прибор должен соответствовать действующим нормам электромагнитной совместимости (ЭМС).

4.2 Электрические характеристики

4.2.1 Общие положения

Электрические характеристики прибора должны быть оценены по истечении времени прогрева. Электрические характеристики действительны только для указанных условий эксплуатации.

При необходимости должна быть установлена стабильность во времени значений электрических характеристик для указанных условий окружающей среды.

Электрические характеристики относятся к различным элементам функциональной блок-схемы прибора. Там, где это применимо, они указываются изготовителем. Некоторые из этих характеристик можно проверить по методологии, описанной в разделе 6.

4.2.2 Функциональная блок-схема

Функциональная блок-схема типового вихретокового прибора общего назначения показана на рисунке 1.

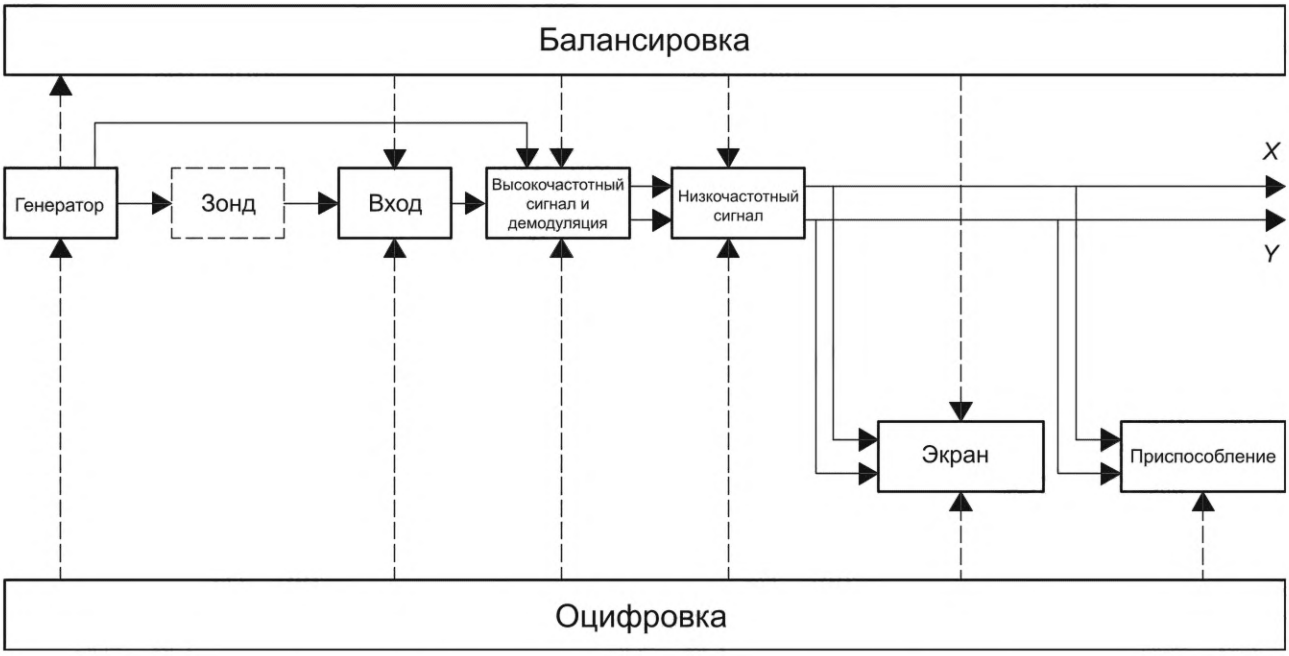


Рисунок 1 — Функциональная блок-схема вихретокового прибора

4.2.3 Блок генератора

Источником возбуждения является блок генератора.

В случае возбуждения переменным током (синусоидальным, треугольным, прямоугольным и т. д.) должны быть определены следующие характеристики:

- тип генератора: ток или напряжение;
- тип возбуждения: одночастотное или многочастотное;
- установка частоты: диапазон, размер шага, отклонение от номинального значения;
- гармонические искажения;
- настройка амплитуды: диапазон, размер шага, отклонение от номинального значения, максимальное выходное напряжение или ток;
- полное сопротивление источника с указанной частотной зависимостью.

В случае возбуждения должно быть указано, вводятся ли частоты одновременно или последовательно, являются ли они независимыми или взаимосвязанными, а также, когда это необходимо, должна быть указана последовательность их ввода.

4.2.4 Характеристики входного каскада

Входной каскад связывает преобразователь с прибором. При необходимости он обеспечивает согласование полного сопротивления и усиления.

Характеристики входного каскада, которые необходимо определять:

- входное полное сопротивление с частотной зависимостью;
- диапазон настройки коэффициента усиления, размер шага, отклонение от номинального значения;
- максимальное входное напряжение;
- общие рабочие параметры, если необходимо.

4.2.5 Балансировка

Балансировка — это компенсация сигнала для достижения заданной рабочей точки, например, нуля. Балансировка может выполняться вручную или автоматически, на этапе ввода, или во время обработки высокочастотного сигнала (ВЧ-сигнала) или демодулированного сигнала, или на дисплее.

Характеристики (высокочастотного-сигнала), которые необходимо определять:

- максимальный диапазон входного сигнала, который можно компенсировать;
- остаточное значение после балансировки (выраженное в процентах от указанного диапазона, например, от максимального выходного сигнала).

4.2.6 Обработка высокочастотного сигнала

4.2.6.1 Высокочастотная фильтрация

Фильтры подавляют частотную составляющую сигнала, что может оказать нежелательное влияние на результат контроля.

Фильтры, используемые перед демодуляцией, называются фильтрами высокой (несущей) частоты (ФВЧ). Как правило, это полосовые фильтры, подавляющие любые частоты сигнала, не соответствующие частоте возбуждения.

Характеристики высокочастотного сигнала, которые необходимо определять:

- коэффициент усиления;
- ширина полосы пропускания при затухании 3 дБ;
- скорость затухания;
- переходная характеристика.

4.2.6.2 Высокочастотное усиление

Характеристики ВЧ усиления, которые необходимо определять:

- диапазон настройки коэффициента усиления, размер шага, отклонение от номинального значения;
- диапазон входного сигнала;
- ширина полосы частот;
- уровень насыщения выхода.

4.2.6.3 Демодуляция

Синхронная демодуляция выделяет векторные компоненты из ВЧ-сигнала.

Для положительной полярности демодуляции задержка сигнала (смещение фазы) заставит вектор сигнала вращаться по часовой стрелке. Полярность демодуляции должна быть положительной и ее следует подтверждать.

Характеристики ВЧ-сигнала, которые необходимо определять:

- волновая форма опорного сигнала, например, синусоидальная, прямоугольная, импульс;
- ширина полоса пропускания для каждой формы волны опорного сигнала;
- отклонения амплитуды, зависящие от значения фазы;
- отклонения фазы, в зависимости от ее значения.

Амплитудная демодуляция выделяет низкочастотные изменения амплитуды (огибающую) из ВЧ-сигнала.

4.2.7 Обработка демодулированного сигнала

4.2.7.1 Векторное усиление

Векторное усиление обычно состоит из двух каналов передачи идентичной конструкции. Эти каналы усиливают векторные компоненты, создаваемые синхронной демодуляцией. В некоторых приборах эти компоненты могут быть усилены с различным коэффициентом усиления.

Характеристики векторного усиления, которые необходимо определять:

- диапазон настройки коэффициента усиления, размер шага, отклонение от номинального значения;
- диапазоны входного сигнала;
- ширина полосы;
- уровень насыщения выхода.

4.2.7.2 Низкочастотная (НЧ) фильтрация

Фильтры, используемые после демодуляции, называются фильтрами низких частот (ФНЧ). Полоса пропускания фильтра выбирается в соответствии с вариантом использования, например, колебание преобразователя, относительная скорость сканирования и т. д.

Характеристики ФНЧ, которые необходимо определять:

- коэффициент усиления;

- ширина полосы пропускания при затухании 3 дБ;
- скорость затухания;
- переходная характеристика.

4.2.7.3 Установка фазы

Настройка фазы позволяет вращать вектор демодулированного сигнала на комплексной плоскости дисплея.

Характеристики, которые необходимо определять при настройке фазы:

- диапазон изменения фазы;
- размер шага;
- изменение амплитуды вектора сигнала в зависимости от настройки фазы;
- отклонение указанного чередования фаз от фактического чередования фаз.

4.2.8 Отображение выходного сигнала

Отображения может быть в виде индикатора на дисплее, на бумажном носителе или на экране.

Объект отображения может быть представлен, например, как комплексная плоскость, эллипс, временная развертка, частотный спектр, графическое изображение.

Соответствующие характеристики выходного сигнала, которые необходимо определять, включают в себя:

- диапазон выходного сигнала;
- деления сетки (шаг), большие и мелкие;
- полномасштабное отображение диапазона напряжения или диапазона времени;
- коэффициент передачи, например, вольт/деление;
- линейность;
- ширина полосы пропускания.

Выход может быть аналоговым, цифровым или логическим.

Характеристики, которые необходимо определять для аналоговых выходов:

- диапазон напряжения или тока;
- полное выходное сопротивление;
- линейность;
- ширина полосы пропускания.

Характеристики, которые необходимо определять для оцифрованных выходов:

- протокол передачи данных;
- тип сигнала, последовательный или параллельный;
- уровни напряжения и тока;
- скорость и формат;
- частоты выборки;
- разрешение, диапазон и линейность аналого-цифрового преобразования.

Характеристики, которые необходимо определять для логических выходов:

- уровни напряжения и тока;
- задержку синхронизации;
- гистерезис;
- полярность сигнала, высокий или низкий уровень.

4.2.9 Оцифровка

4.2.9.1 Общие положения

Каждый раз, когда выполняется оцифровка, должны быть определены следующие характеристики:

- этап оцифровки при обработке сигналов;
- способ оцифровки;
- аналого-цифровое разрешение;
- частота выборки.

Таким образом, информация, предоставляемая изготовителем, должна включать в себя данные о параметрах из 4.2.9.2—4.2.9.5.

4.2.9.2 Этап оцифровки

Оцифровка может выполняться до или после демодуляции сигнала.

4.2.9.3 Способ оцифровки

Оцифровка может быть выполнена с помощью внутреннего таймера или внешнего кодирующего устройства (декодера).

4.2.9.4 Аналого-цифровое разрешение

Разрешение — это номинальное значение входного напряжения аналогово-цифрового преобразователя, соответствующее одному биту оцифровки.

Количество битов оцифровки является необходимой информацией, даже несмотря на то, что прямой доступ к ней можно получить через максимальное входное напряжение и разрешение.

4.2.9.5 Частота выборки

Частота выборки — это частота в герцах, с которой выполняется аналого-цифровое преобразование.

5 Проверка

5.1 Общие положения

Для оптимальной и эффективной работы системы вихретокового контроля необходимо проверить, что эффективность составных частей системы вихретокового контроля поддерживается в допустимых пределах.

Необходимо проверить, что физическое состояние контрольных (настроечных) образцов находится в допустимых пределах перед их использованием для проверки приборов или преобразователей.

Средства измерения, используемые для проверки, должны быть поверены или откалиброваны.

Процедура проверки системы вихретокового контроля описана одинаково во всех трех частях ИСО 15548.

5.2 Уровни проверки

Существует три уровня проверки. Каждый уровень определяет интервалы времени между проверками и их сложность или количество проверяемых характеристик.

Подразумевается, что первоначальная проверка уже проведена изготовителем или под его контролем.

a) Уровень 1 — общая функциональная проверка

Проверка системы вихретокового контроля проводится через регулярные промежутки времени с использованием контрольных образцов для подтверждения, что характеристики находятся в заданных пределах.

Обычно проверка осуществляется непосредственно на месте проведения испытаний.

Периодичность проверки и контрольные (настроечные) образцы чувствительности определяются в соответствии с процедурой проверки.

b) Уровень 2 — детальная функциональная проверка и калибровка

Эта проверка выполняется через более длительные временные интервалы, чтобы убедиться в стабильности выбранных характеристик вихретокового прибора, преобразователя, приспособлений и контрольных образцов.

c) Уровень 3 — определение характеристик

Проводится проверка вихретокового прибора, комплектующих к нему и контрольных образцов для подтверждения соответствия характеристик, тем, что указаны изготовителем.

Организация, заказывающая проверку, должна определить, какие именно характеристики подлежат проверке.

Основные уровни проверок приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Уровни проверки

Уровень	Объект проверки	Периодичность проверки	Средства проверки	Ответственный
1 Общая функциональная проверка	Стабильность рабочих характеристик системы	Часто, например, каждый час, ежедневно	Контрольные образцы	Пользователь

Окончание таблицы 1

Уровень	Объект проверки	Периодичность проверки	Средства проверки	Ответственный
2 Детальная функциональная проверка и калибровка	Стабильность выбранных характеристик прибора, преобразователей и приспособлений	Не реже одного раза в год и после ремонта	Калиброванные средства измерения, контрольные образцы	Пользователь
3 Определение характеристик	Все характеристики прибора, преобразователей и приспособлений	Один раз (при выпуске) и в случае необходимости	Калиброванные лабораторные средства измерения и контрольные образцы	Изготовитель, пользователь
Примечание — В сфере государственного регулирования, в соответствии с законодательством Российской Федерации по обеспечению единства измерений, процедура калибровки должна быть заменена процедурой поверки.				

5.3 Процедура проверки

Характеристики, подлежащие проверке, зависят от области применения системы. Основные характеристики и уровень проверки должны быть указаны в процедуре проверки.

В документации на контроль должна быть приведена процедура проверки характеристик прибора. Это позволяет ограничить количество характеристик, которые необходимо проверять при конкретном применении прибора.

Для того чтобы выполнить проверку в рамках настоящего стандарта, должны быть предоставлены достаточные данные о характеристиках прибора, преобразователя и контрольного (настроечного) образца.

5.4 Корректирующие действия

Уровень 1 — если характеристики, влияющие на работоспособность, не находятся в указанных пределах, то следует принять решение в отношении объектов контроля, контроль которых был проведен после предыдущей успешной проверки. Должны быть выполнены корректирующие действия для приведения оборудования в работоспособное состояние.

Уровень 2 — если отклонение характеристик превышает допустимые пределы, указанные изготовителем или в документации по применению (эксплуатации), должно быть принято решение о корректирующих действиях относительно проверяемого прибора, преобразователя или вспомогательного оборудования.

Уровень 3 — если какая-либо из характеристик, заявленных для проверки, выходит за пределы допустимого диапазона значений, указанных изготовителем или в документации по использованию (эксплуатации), должно быть принято решение о возможности использования прибора, преобразователя или вспомогательного оборудования, участвовавших в проверке.

6 Измерение электрических характеристик прибора

6.1 Требования к измерениям

Все измерения, описанные в следующих подпунктах, выполняются на входах и выходах прибора. Эти измерения не требуют вскрытия прибора (концепция черного ящика).

При сохранении концепции черного ящика можно использовать любой альтернативный метод, эквивалентность которого должна быть продемонстрирована.

В качестве нагрузки должны использоваться экранированные неиндуктивные резисторы. Номинальное значение сопротивления резисторов должно составлять 50 Ом. Дополнительные измерения могут быть выполнены с другими номиналами резистора. Однако необходимо учитывать, что характе-

ристики прибора могут существенно измениться от заданных, если для прибора применяется другая нагрузка. В таком случае использованная нагрузка должна быть указана в документации.

Описанные ниже измерения должны выполняться для трех значений в каждой декаде частотного диапазона, например, с использованием множителей 1, 2 и 5. Например, в декаде между 10 и 100 кГц используйте значения 10, 20 и 50 кГц.

Следует отметить, что настройки фильтра для конкретного варианта использования будут изменять характеристики, например, полосу пропускания, точность настройки коэффициента усиления и фазы. В этом случае условия измерения для проверки должны быть указаны в документации по применению (эксплуатации).

6.2 Блок генератора

6.2.1 Частота возбуждения

6.2.1.1 Определение и условия измерения

Частота должна быть измерена на выходе генератора, нагруженного в соответствии с 6.1. Отклонение от отображаемого значения Δ, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta = \frac{V_d - V_m}{V_d} \cdot 100, \tag{1}$$

где V_d — отображаемое значение;

V_m — измеренное значение.

Должно быть указано максимальное значение отклонения по модулю во всем диапазоне измеренных частот.

6.2.1.2 Метод измерения

Частота может быть измерена методом биений частоты, частотомером или анализатором спектра.

В случае многочастотных мультиплексированных приборов следует использовать соответствующее оборудование, например, анализатор спектра.

6.2.2 Гармонические искажения

6.2.2.1 Определение и условия измерения

Для генератора синусоидальной формы сигнала содержание гармоник используется, как мера отклонения от чистой синусоиды.

Гармонические искажения описываются коэффициентом искажения k.

Отношение среднеквадратичного значения гармоник к среднеквадратичному значению переменной величины k рассчитывается по формуле

$$k = \frac{\sqrt{\sum U_n^2}}{U}. \tag{2}$$

Приблизительное значение определяется по формуле

$$k = \frac{\sqrt{U^2 - U_1^2}}{U}, \tag{3}$$

где U — среднеквадратичное значение переменной величины;

U_1 — среднеквадратичное значение первой (основной) гармоники;

U_n — среднеквадратичное значение n-й гармоники.

Коэффициент искажения должен быть измерен на выходе генератора прибора, нагруженного в соответствии с 6.1.

В случае многочастотных приборов должно использоваться соответствующее оборудование, например, анализатор спектра. Указываемое значение — это максимальный коэффициент искажения для каждой частоты.

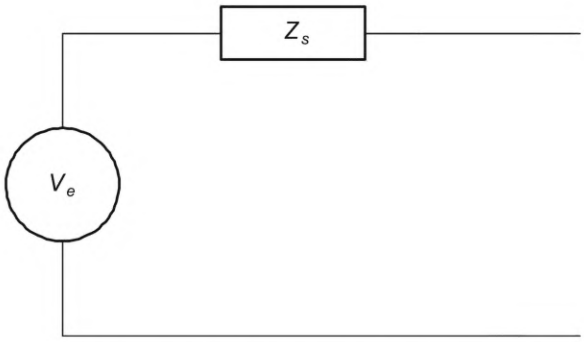
6.2.2.2 Метод измерения

Коэффициент искажения можно измерить с помощью моста для определения коэффициента искажения, анализатора спектра или фильтра верхних частот.

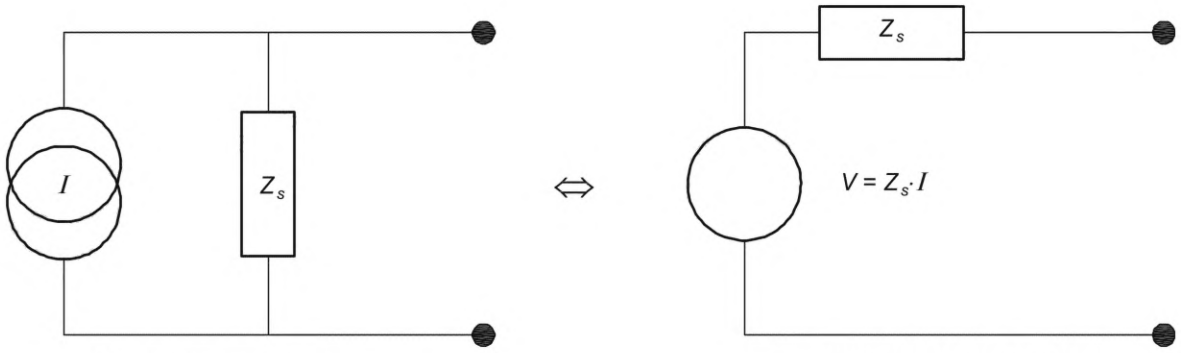
6.2.3 Полное сопротивление источника

6.2.3.1 Определение и условия измерения

Полное сопротивление источника Z_s — это внутреннее полное сопротивление генераторной установки (см. рисунок 2), измеренное на каждом независимом выходе.



a) Генератор с управлением по напряжению



Генератор с управлением по току

Генератор с управлением по эквивалентному напряжению

I — источник тока; V_e — источник напряжения; Z_s — полное сопротивление источника

b) Генератор с управлением по току

Рисунок 2 — Внутреннее сопротивление блока генератора

6.2.3.2 Метод измерения

Предлагаемый метод основан на предположении, что комплексное полное сопротивление источника Z_s можно рассматривать как резистивное.

Выход генератора нагружен резистором R_1 (обычно 50 Ом). Напряжение V_1 измеряется соответствующим вольтметром. Важно убедиться, что измеренное значение меньше максимального выходного напряжения.

Повторяют измерение с резистором R_2 (обычно $R_2 = 0{,}5R_1$) и измеряют V_2. Z_s, Ом, рассчитывают по формуле

$$Z_s = \frac{V_1 - V_2}{\left(\frac{V_2}{R_2}\right) - \left(\frac{V_1}{R_1}\right)}. \quad (4)$$

Примечание 1 — Необходимо убедиться, что значения V_1 и V_2 и интенсивности $\frac{V_1}{R_1}$ и $\frac{V_2}{R_2}$ меньше максимального выходного напряжения и тока.

Примечание 2 — Выбор R_1 и R_2 определяет точность измеренного значения Z_s.

6.2.4 Максимальное выходное напряжение V_{Omax}

6.2.4.1 Определение и условия измерения

Максимальное выходное напряжение — это напряжение от пика к пику на клеммах при отсутствии нагрузки и при максимальной мощности генераторной установки.

6.2.4.2 Метод измерения

Максимальное выходное напряжение измеряется с помощью осциллографа или соответствующего вольтметра. Измерительный прибор должен иметь высокое входное сопротивление (> 1 МОм) и полосу пропускания, совместимую с частотным диапазоном вихретокового прибора. Как правило, максимальная используемая частота измерительного прибора должна как минимум вдвое превышать максимальную частоту тока возбуждения вихретокового прибора.

Измеренные значения могут быть представлены в графическом формате.

6.2.5 Максимальный выходной ток I_{Omax}

6.2.5.1 Определение и условия измерения

Максимальный выходной ток — это пиковое значение тока, измеренного на клеммах генератора при подключении к нему минимально допустимой резистивной нагрузки, определенной изготовителем. При этом генератор настроен на максимальную мощность.

6.2.5.2 Метод измерения

Максимальный выходной ток измеряется датчиком тока, подключенным к осциллографу, или амперметром. Измерительный прибор должен иметь низкое полное сопротивление (обычно не менее 10 % наименьшей резистивной нагрузки) и полосу пропускания, совместимую с частотным диапазоном вихретокового прибора.

Измеренные значения могут быть представлены в графическом формате.

6.3 Характеристики входного каскада

6.3.1 Максимально допустимое входное напряжение

6.3.1.1 Определение и условия измерения

Максимально допустимое входное напряжение определяется с безопасностью, насыщением и нелинейностью. Это, соответственно, пиковое входное напряжение при минимальном коэффициенте усиления, соответствующее следующему:

a) максимальное значение, указанное производителем; это безопасное входное напряжение, при котором прибор не повреждается; оно включает в себя, когда это применимо, предельные значения общего режима:

b) насыщение при 90 % выходного сигнала;

c) нелинейность, превышающая заданное значение. Максимально допустимое отклонение от линейности должно быть определено в документации по использованию (эксплуатации).

Во всех случаях подаваемое входное напряжение не должно превышать значения, указанного в перечислении в a).

6.3.1.2 Метод измерения

6.3.1.2.1 Измерение насыщения

Используется метод биений частоты (см. приложение А). Входное напряжение должно обеспечиваться генератором синусоидального сигнала. Разница между частотой генератора сигналов и выбранной частотой прибора не должна превышать 10 % заявленной полосы пропускания прибора.

Коэффициент усиления прибора должен быть установлен на минимальное значение, а фильтры настроены на минимальное ослабление сигнала. Вход и каждый выход нагружены безиндуктивными резисторами.

Прибор должен быть сбалансирован. Входной сигнал измеряется с помощью вольтметра с высоким входным сопротивлением.

Выходной сигнал отображается на осциллографе, а его составляющие X и Y измеряются с помощью пикового вольтметра.

Входное напряжение увеличивается от нуля до безопасного входного напряжения, указанного изготовителем, и фиксируются положительные и отрицательные пиковые значения каждого компонента выходного напряжения (V_{x+}, V_{x-}, V_{y+}, V_{y-}). Первое значение из четырех переменных (т. е. соответствующее наименьшему значению входного сигнала), которое перестает увеличиваться при достижении постоянного значения V_s, обеспечивает выходной уровень насыщения V_s. Полученное таким образом

входное значение V_{is} затем уменьшается до тех пор, пока контролируемый компонент не достигнет выходного значения 90 % V_s.

Определенное входное напряжение соответствует максимально допустимому входному напряжению насыщения, определенному, как $V_{i\,\mathrm{lim}}$ на рисунке 3.

6.3.1.2.2 Измерение нелинейности

Используя метод измерения, описанный в 6.3.1.2.1, и метод определения линейности, приведенный в приложении В, определяют максимальное входное напряжение, при котором нелинейность не будет превышать значение, указанное в соответствующей документации на применение (эксплуатации).

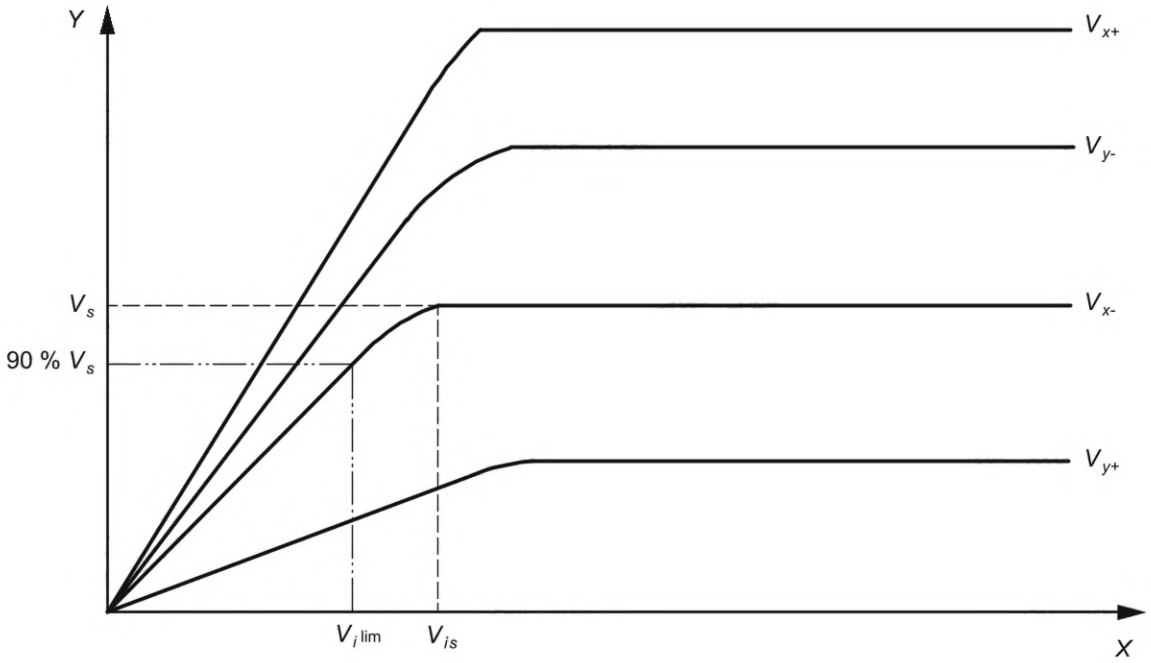
Для определения нелинейности по методике, приведенной в приложении В следует использовать следующие значения переменных:

I — входное напряжение;

I_{min} — нуль;

O — выходное напряжение;

I_{max} — входное напряжение, связанное с насыщением (см. 6.3.1.2.1).



X — входное напряжение (V_s — выходной уровень насыщения); Y — выходное напряжение

Примечание — Относительные амплитуды каждого выхода приведены только для примера.

Рисунок 3 — Измерение максимально допустимого входного напряжения, связанного с насыщением

6.3.2 Полное входное сопротивление

6.3.2.1 Определение и условия измерения

Полное входное сопротивление — это мнимая и действительная части полного сопротивления входного каскада. Эквивалентная схема представляет собой параллельное соединение резистора и конденсатора.

6.3.2.2 Метод измерения

Для проведения измерений может быть использован анализатор цепей или измеритель полного сопротивления.

Допускается использовать альтернативный метод, описанный в приложении С. При использовании любого другого альтернативного метода это необходимо указать.

Не допускается подача напряжения, превышающего максимальное входное напряжение.

6.4 Обработка сигнала

6.4.1 Общие положения

Этап обработки сигнала включает в себя обработку высокочастотного и низкочастотного сигналов, как показано на блок-схеме на рисунке 1.

6.4.2 Условия измерения

Эти условия измерения применяются к 6.4.3—6.4.13, если не указано иное.

Резистор, ограничивающий входной сигнал (см. 6.1), должен быть экранирован. Коэффициент усиления прибора должен быть установлен на минимальное значение. Прибор должен быть сбалансирован с нулевым входным напряжением. Все фильтры должны быть настроены так, чтобы оказывать минимальное влияние.

Следует отметить, что настройки фильтра, используемые для конкретного применения, будут изменять характеристики, например, полосу пропускания, точность настройки коэффициента усиления и фазы. В этом случае условия измерения для проведения проверки должны быть указаны в документации по применению (эксплуатации).

Поскольку измеренное значение является выходным значением, не допускается делать различия между влиянием фильтра высоко частотного сигнала (ВЧ-фильтра) и демодулятора. Если ВЧ-фильтр регулируется, его следует установить на значение, рекомендованное изготовителем для выбранной частоты тока возбуждения.

Используя метод частотных биений (см. приложение А), установить выходное напряжение внешнего генератора сигналов, подключенного ко входу, на половину максимально допустимого входного напряжения прибора, определенного при измерении линейности.

Разница f_d между частотой генератора сигналов и выбранной частотой прибора не должна превышать 10 % полосы пропускания прибора, указанной изготовителем.

6.4.3 Балансировка

6.4.3.1 Остаточное выходное значение при балансировке

6.4.3.1.1 Измеряемая величина и условия измерения

Остаточное выходное значение при балансировке — это значение выходного сигнала по модулю, которое получается после операции балансировки. Значение должно быть выражено, как процент от указанного диапазона, например, от максимального выходного сигнала.

6.4.3.1.2 Метод измерения

После операции балансировки измеряют выходное значение каждого компонента сигнала.

Принимается максимальное значение сигнала из нескольких балансировочных операций (минимум пять).

6.4.3.2 Максимальное компенсируемое входное напряжение

6.4.3.2.1 Измеряемая величина и условия измерения

Максимальное компенсируемое входное напряжение — это максимальное значение входного напряжения, которое может быть обнулено электрически.

6.4.3.2.2 Метод измерения

На вход подается напряжение, получаемое от генератора прибора.

Оно постепенно увеличивается и компенсируется балансировкой до тех пор, пока полученное остаточное значение не станет в два раза больше остаточного значения при балансировке, измеренного в 6.4.3.2.1.

Значение входного сигнала измеряется вольтметром с высоким входным сопротивлением и соответствующей полосой пропускания. Измеренное значение должно быть указано в процентах от максимального значения входного напряжения, определенного при измерении нелинейности.

6.4.4 Затухание гармоник

6.4.4.1 Измеряемая величина и условия измерения

Затухание гармоник — это отношение напряжений n-й гармоники V_{fn} к основной (первой) гармонике V_{f1}, определяемое по формуле

$$\text{Затухание, дБ} = 20\log\frac{V_{fn}}{V_{f1}}. \quad (5)$$

6.4.4.2 Метод измерения

Используя метод биений частоты, настроить частоту внешнего генератора сигналов на основную частоту f_1, обращая внимание на разницу f_d между частотой генератора сигналов и выбранной частотой прибора. Измерить значение V_{f1} на одном из выходов компонента.

Уменьшить частоту генератора сигналов до частоты $2f_1 + f_d$, то есть до разности частот, соответствующей первой (основной) гармонике. Измерить значение V_{f2}.

Повторить измерение для каждой гармоники вплоть до пятой, а затем, если необходимо, до тех пор, пока ослабление не превысит 60 дБ.

6.4.5 Амплитудно-частотная характеристика каскада обработки сигнала

6.4.5.1 Измеряемая величина и условия измерения

Амплитудно-частотная характеристика каскада обработки сигнала — это диапазон частот, в котором демодулированный сигнал получается с усилением менее *m* дБ и ослаблением менее *n* дБ.

Значения *m* и *n* должны быть указаны в документации на применение (эксплуатации). Поскольку частотная характеристика обычно указывается по уровню затухания ±3 дБ, эти значения *m и n* используются в этой части стандарта.

6.4.5.2 Метод измерения

Разница f_d между частотой генератора сигналов и частотой прибора составляет 10 значений, равномерно распределенных по логарифмической шкале. Наименьшее значение зависит от рабочей частоты прибора, а наибольшее значение вдвое превышает верхний предел полосы пропускания выхода прибора, указанное изготовителем.

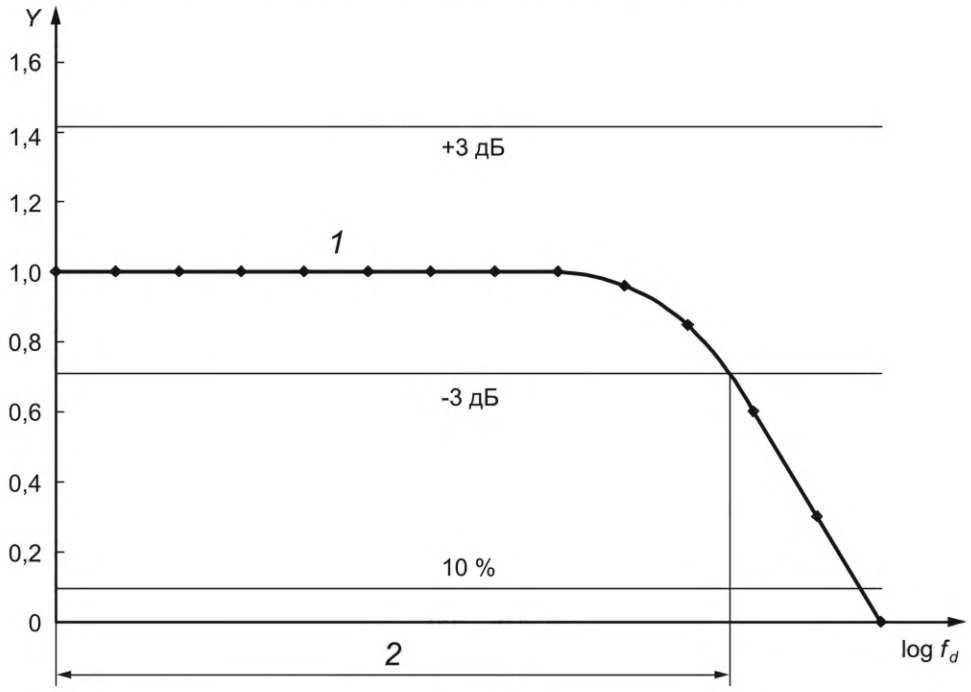
Важно обеспечить, чтобы f_d оставалась постоянной во время измерения каждого значения.

Амплитуда колебаний напряжения (от пика до пика) на компонентных выходах и частота f_d измеряются с помощью низкочастотного вольтметра и частотомера. Результаты могут быть представлены в виде таблицы с указанием значений частоты и амплитуды для каждого компонента выходного сигнала.

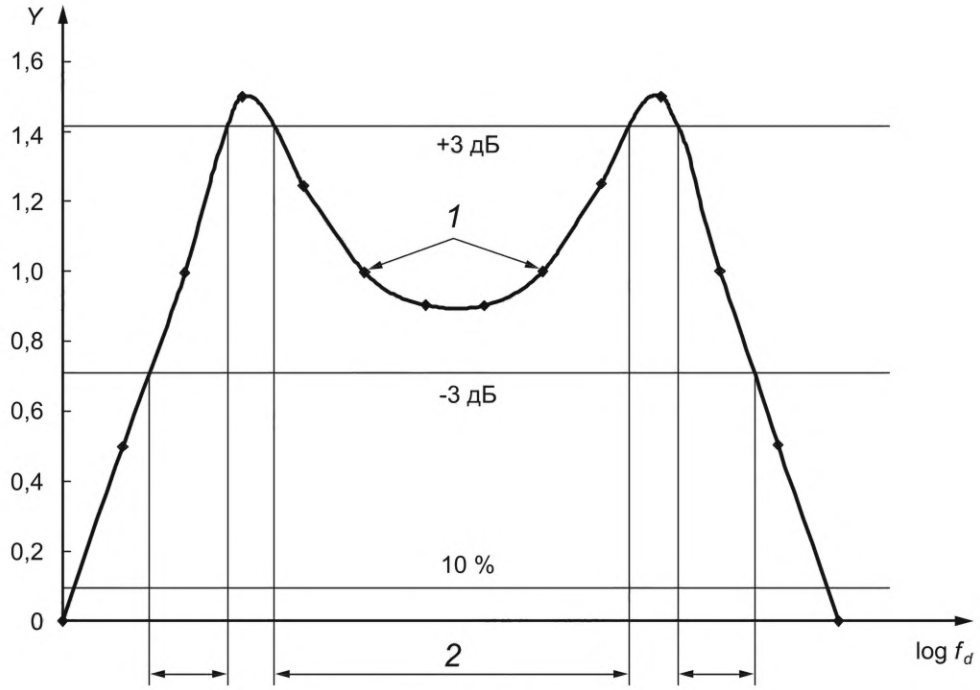
Значение опорного напряжения для каждого компонента определяется следующим образом. Начиная с максимальной амплитуды сигнала, среднее значение рассчитывается на основе измеренных значений, которые попадают в диапазон значений между 10 % от максимальной амплитуды и максимальной амплитудой.

Точки, амплитуда которых составляет в полосе пропускания ±3 дБ от среднего значения, являются крайними точками частотной характеристики.

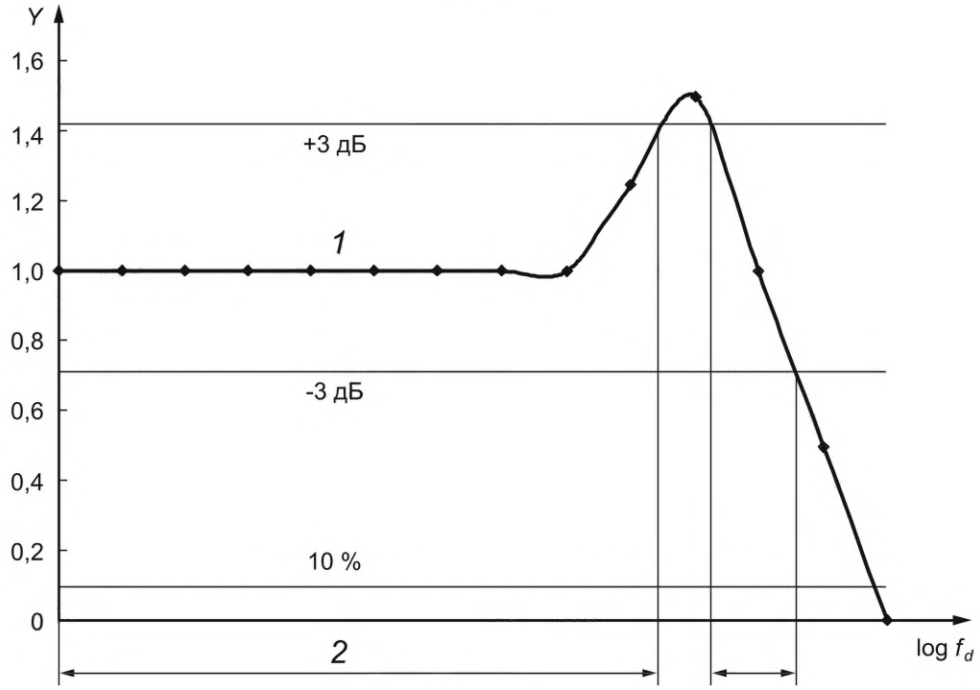
На рисунке 4 показаны три различных примера частотной характеристики. Видно, что в некоторых случаях частотный диапазон может включать в себя несколько участков.



Пример 1



Пример 2



Пример 3

Y — выход (внесистемные единицы); *1* — срединное значение; *2* — амплитудно-частотная характеристика в полосе пропускания на уровне ±3 дБ

Рисунок 4 — Примеры амплитудно-частотной характеристики

6.4.6 Ширина полосы частот

6.4.6.1 Измеряемая величина и условия измерения

Ширина полосы частот получается путем принятия значений из 6.4.5.2 и применения только ослабления на *n* дБ. В общем случае *n* равняется 3.

6.4.6.2 Метод измерения

При измерении используется метод, описанный в 6.4.5.2.

6.4.7 Линейность фазочастотной характеристики

6.4.7.1 Измеряемая величина и условия измерения

Линейность фазочастотной характеристики — это постоянство разницы между фазовым углом выходных компонентов сигнала и фазовым углом входного сигнала. Она характеризуется максимальным отклонением от линейности, полученным на выходе, при изменении значения входного фазового угла от 0° до 360°.

6.4.7.2 Метод измерения

Метод биений частоты требует динамического измерения, описанного в качестве примера ниже.

Два компонента (*X* и *Y*) выходного сигнала синхронно регистрируются системой сбора данных, имеющей частоту выборки f_e более $36f_d$ (т. е. максимум 10° на выборку).

Для одного периода выходного сигнала набор данных приведен в таблице 2.

Таблица 2 — Пример таблицы для установления набора данных

i	1	2	…										n
X													
Y													

Таблица восстановленных значений получается вычитанием непрерывной составляющей из компонентов *X* и *Y*. Непрерывный компонент — это X_{av} или Y_{av}, среднее значение всех выборок, где $X_{i\,\mathrm{rec}} = X_1 - X_{av}$ и $Y_{i\,\mathrm{rec}} = Y_1 - Y_{av}$.

Фазовый угол *i*-го значения равен:

$$\Phi_{mi} = \mathrm{arctg}\,(Y_{i\,\mathrm{rec}}/X_{i\,\mathrm{rec}}),\ \text{если}\ X_{i\,\mathrm{rec}} \geq 0, \tag{6}$$

$$\Phi_{mi} = \mathrm{arctg}\,(Y_{i\,\mathrm{rec}}/X_{i\,\mathrm{rec}}) + 180°,\ \text{если}\ X_{i\,\mathrm{rec}} < 0. \tag{7}$$

Это значение нужно сравнить с теоретическим значением для *i*-го значения: $\Phi_{thi} = i(f_d/f_e) \cdot 360 + \Phi_{m0}$. См. таблицу 3.

Таблица 3 — Пример таблицы сравнения значения фазового угла с теоретическим значением

i	1	2	…										n
X_{rec}													
Y_{rec}													
Φ_m													
Φ_{th}													

Максимальное отклонение от линейности в градусах определяется выражением $\Delta\Phi_{m\ \max} = \max(\Phi_{mi} - \Phi_{thi})$.

6.4.8 Ортогональность компонентов

6.4.8.1 Измеряемая величина и условия измерения

Ортогональность компонентов — это способность прибора выводить компоненты с квадратурной демодуляцией. Она характеризуется отклонением от ортогональности или отклонением на 90° от фактического значения.

6.4.8.2 Метод измерения

Фазовый угол между выходами *X* и *Y* измеряется фазометром или синхронным усилителем.

В качестве альтернативы, ортогональность компонентов может быть взято из данных, собранных в 6.4.6, но с частотой выборки f_e более 360 f_d (т. е. с разрешением не менее 1°).

6.4.9 Точность настройки коэффициента усиления

6.4.9.1 Измеряемая величина и условия измерения

Точность настройки коэффициента усиления — это способность прибора линейно усиливать сигнал. Она характеризуется максимальным отклонением от линейности в децибелах (дБ) между заданным и измеренным значением. Она измеряется для каждого компонента сигнала.

6.4.9.2 Метод измерения

Если генератор сигналов не имеет аттенюатора, то между генератором сигналов и прибором должен быть установлен калиброванный аттенюатор.

При начальном состоянии минимального коэффициента усиления выходные значения каждого компонента X_{ref} и Y_{ref} измеряются и принимаются в качестве опорных значений.

Диапазон усиления прибора должен быть разделен как минимум на пять интервалов равного размера, например 6 или 10 дБ.

Коэффициент усиления прибора увеличивается на этот интервал, а выходной сигнал генератора уменьшается на тот же интервал. Выходные сигналы обоих компонентов выхода измеряются для каждого интервала.

Отклонение усиления на каждом значении интервала в децибелах определяется по формулам:

$$E_x = 20 \cdot \log\left(\frac{V_x}{V_{x\,ref}}\right). \tag{8}$$

$$E_y = 20 \cdot \log\left(\frac{V_y}{V_{y\,ref}}\right). \tag{9}$$

Максимальное отклонение — это наибольшее значение отклонения усиления.

6.4.10 Точность настройки фазы

6.4.10.1 Измеряемая величина и условия измерения

Точность настройки фазы — это разница между ожидаемым и фактическим изменением значения фазового угла вектора выходного сигнала, при фазовом сдвиге выполняемом с использованием органов управления фазой. Отклонение амплитуды в результате настройки фазы должно быть указано в отчете.

6.4.10.2 Метод измерения

Измерения производятся, когда выход генератора прибора подключен ко входу через аттенюатор.

При отсутствии входного напряжения необходимо выполнить балансировку прибора и измерить каждый компонент выхода X_{ref} и Y_{ref}.

Необходимо установить входное напряжение на половину максимального входного напряжения, определенного при измерении нелинейности.

Установив регулятор фазы на 0°(Φ_0), следует измерить выходной сигнал каждого компонента X_0, и Y_0. Амплитуда и фазовый угол выходного вектора определяется по формулам:

$$V_0 = \sqrt{(X_0 - X_{ref})^2 + (Y_0 - Y_{ref})^2}, \tag{10}$$

$$\Phi_0 = \text{arctg}\frac{(Y_0 - Y_{ref})}{(X_0 - X_{ref})}, \text{если } X_0 - X_{ref} \geq 0, \tag{11}$$

$$\Phi_0 = \text{arctg}\frac{(Y_0 - Y_{ref})}{(X_0 - X_{ref})} + 180°, \text{если } X_0 - X_{ref} < 0. \tag{12}$$

Изменить фазу за i шагов, не превышая 10° (Φ_e) и повторить измерение и вычисление для всего диапазона 360°.

Отклонение фазы в градусах составляет:

$$\Phi_d = \Phi_i - (i\Phi_e). \tag{13}$$

Отклонение амплитуды в процентах составляет:

$$V_d = \left[\frac{V_i - V_0}{V_0}\right] \cdot 100. \quad (14)$$

Максимальные значения Φ_d и V_d должны быть указаны в отчете.

6.4.11 Перекрестные помехи

6.4.11.1 Измеряемая величина и условия измерения

Перекрестные помехи характеризуют взаимные помехи между каналами многоканального прибора или между абсолютными и дифференциальными каналами.

6.4.11.2 Метод измерения

6.4.11.2.1 Многоканальный прибор

При измерении все каналы необходимо настроить на одинаковую частоту.

Вход каждого канала, в свою очередь, следует подключить к внешнему генератору сигналов. На выходе генератора должно быть максимальное входное напряжение, определенное при измерении нелинейности.

Когда коэффициент усиления других каналов установлен на максимум, измеряется значение компонентных выходов каждого из них.

Для n каналов, где j принимает значение от 1 до n, выход j-го канала определяется по формуле

$$\left|V_{Sj}\right| = \sqrt{V_{Xj}^2 + V_{Yj}^2}. \quad (15)$$

При подаче сигнала на i-й канал коэффициент перекрестной помехи t_i для канала равен

$$t_i = 20 \cdot \log\left[\max_{j \neq i}\left|\frac{V_{Sj}}{V_{Si}}\right|\right]. \quad (16)$$

Коэффициент перекрестных помех для прибора определяется как $t = \max(t_i)$

6.4.11.2.2 Абсолютные и дифференциальные каналы

6.4.11.2.2.1 Перекрестные помехи между абсолютным и дифференциальным выходами

Это измерение является частным случаем измерения из 6.4.11.2.1, только с двумя каналами. Абсолютный канал (заменить индекс 1 на индекс A) и дифференциальный канал (заменить индекс 2 на индекс D).

При измерении, описанном в 6.4.11.2.1, i и j принимают значения A и D.

6.4.11.2.2.2 Перекрестные помехи между абсолютным и дифференциальным входами

Необходимо заменить преобразователь двумя согласованными резисторами (см. рисунок 5). При использовании метода биений ко входу подключается внешний генератор синусоидальных сигналов.

Сигнал абсолютного выхода отображается на осциллографе, а его компоненты X и Y измеряются с помощью пикового вольтметра (V_{xa} и V_{ya}).

Необходимо подать максимальное входное напряжение, определенное при измерении нелинейности, и следует установить переключатель в положение 1.

V_{xa} и V_{ya} принимают значения V_{XA1} и V_{YA1}.

Затем переключатель переводится в положение 2.

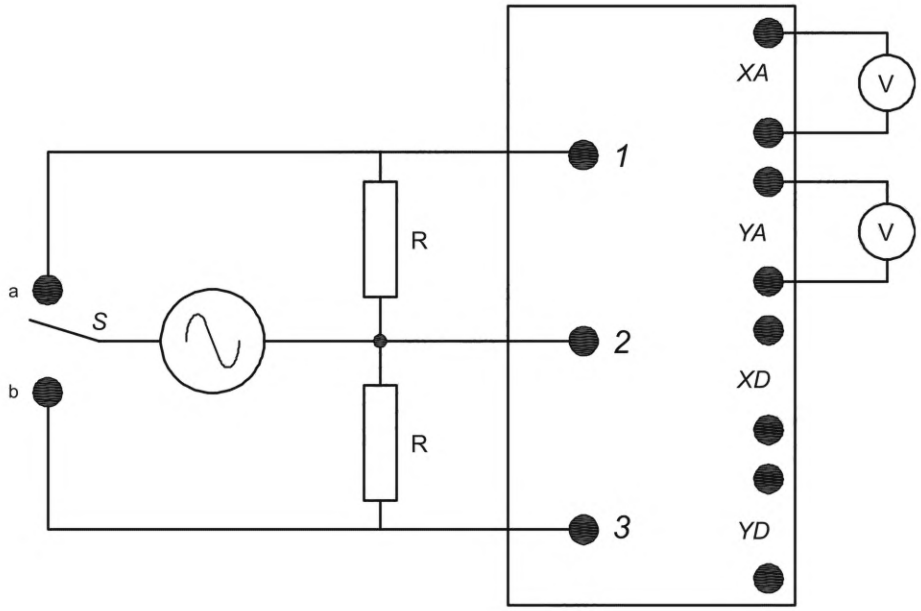
V_{xa} и V_{ya} принимают значения V_{XA2} и V_{YA2}.

$$\left|V_{SAi}\right| = \sqrt{V_{XAi}^2 + V_{YAi}^2}, \quad (17)$$

где i = 1 или 2.

Коэффициент перекрестных помех t, дБ, равен:

$$t_i = 20\log\left|\frac{V_{SA2}}{V_{SA1}}\right|, \quad (18)$$



[a] Положение переключателя 1.
[b] Положение переключателя 2.

1 — вход 1; *2* — общий; *3* — вход 2

Рисунок 5 — Схема для измерения перекрестных помех между абсолютными и дифференциальными входами

6.4.12 Ослабление синфазного сигнала

6.4.12.1 Измеряемая величина и условия измерения

Ослабление синфазного сигнала — это способность прибора подавлять синфазный сигнал. Данная процедура проверки применяется только к приборам с дифференциальным входным каскадом, используемым для дифференциальных измерений.

6.4.12.2 Метод измерения

Необходимо заменить преобразователь двумя согласованными резисторами (см. рисунок 6). При использовании метода биений ко входу подключается внешний генератор синусоидальных сигналов.

Следует подать максимальное входное напряжение, определенное при измерении нелинейности, и установить переключатель в положение 1.

V_X и V_Y принимают значение V_{X1} и V_{Y1}.

Затем переключатель переводится в положение 2 («замкнуто»), и амплитуда входного напряжения понижается в два раза.

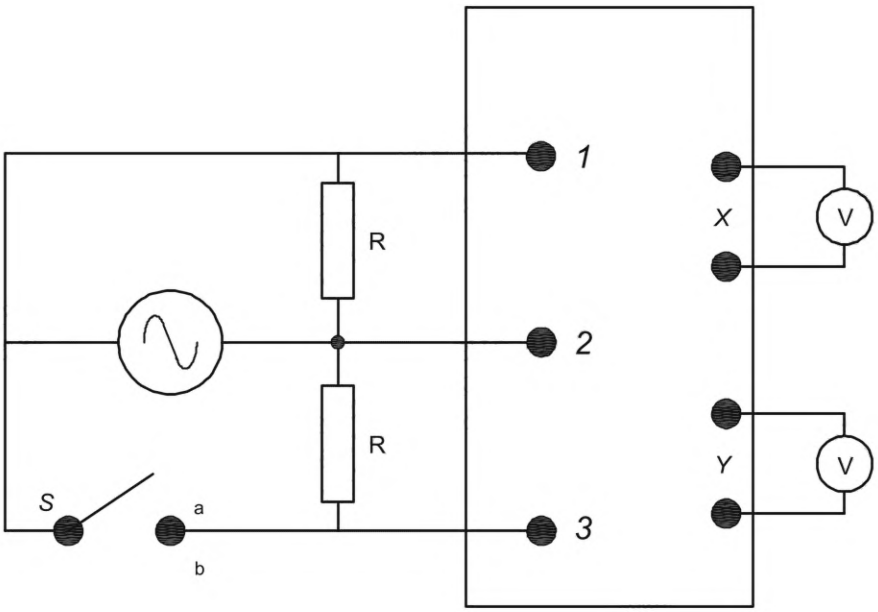
V_X и V_Y принимают значение V_{X2} и V_{Y2}.

$$|V_{Si}| = \sqrt{V_{Xi}^2 + V_{Yi}^2}\ , \tag{19}$$

где i = 1 или 2.

Значение коэффициента ослабления синфазного сигнала q_r составляет:

$$q_r = \frac{V_{S1}}{V_{S2}}. \tag{20}$$



[a] Положение переключателя 1.
[b] Положение переключателя 2.

1 — вход 1; *2* — общий; *3* — вход 2

Рисунок 6 — Схема для измерения подавления синфазного сигнала

6.4.13 Максимальный уровень шума прибора

6.4.13.1 Измеряемая величина и условия измерения

Максимальный шум прибора соответствует входному напряжению, эквивалентному максимальному остаточному выходному сигналу, когда входной сигнал не подается, а прибор настроен на максимальную полосу пропускания частот.

Уровень шума прибора можно измерить при других рабочих условиях, указанных в документации по применению (эксплуатации).

Во всех случаях должна быть указана ширина полосы пропускания частот.

6.4.13.2 Метод измерения

Необходимо подать на вход максимально допустимое напряжение $V_{\max\ in}$ (коэффициент усиления $= G_{\min}$).

Следует определить результирующий выходной сигнал $V_{\max\ out}$.

Необходимо увеличить коэффициент усиления $G_{\max}$, если возможно, до максимального значения.

При нулевом входном сигнале уровень шума выходного сигнала прибора $V_{noise\ out}$, измеряется вольтметром среднеквадратичного значения (RMS-вольтметр) с полосой пропускания, большей или равной полосе пропускания прибора.

Определить эквивалентный уровень шума на входе по формуле

$$V_{eq} = B_{noise\,out} \frac{B_{\max in}}{B_{\max out}} \cdot \frac{G_{\min}}{G_{\max}}. \quad (21)$$

6.5 Выход

Максимальный выходной сигнал — это значение выходного сигнала, соответствующего максимально допустимому входному напряжению, определенному при измерении уровня насыщения или линейности в соответствии с 6.3.1.

6.6 Оцифровка

Поскольку прибор рассматривается, как «черный ящик», не существует универсального метода, позволяющего измерить параметры, характеризующие оцифровку, определенные в 4.2.9.

Приложение А
(справочное)

Принцип метода биений

Принцип описан на примере вихретокового прибора с демодулятором на основе перемножителя и соответствующим фильтром демодуляции.

Метод заключается в подаче на вход прибора синусоидального напряжения, частота которого немного отличается от частоты на приборе: $f_s = f_1 + f_d$. Таким образом на уровне внутренней схемы демодулятора (см. рисунок А.1) создаются биения с частотой f_1 генератора.

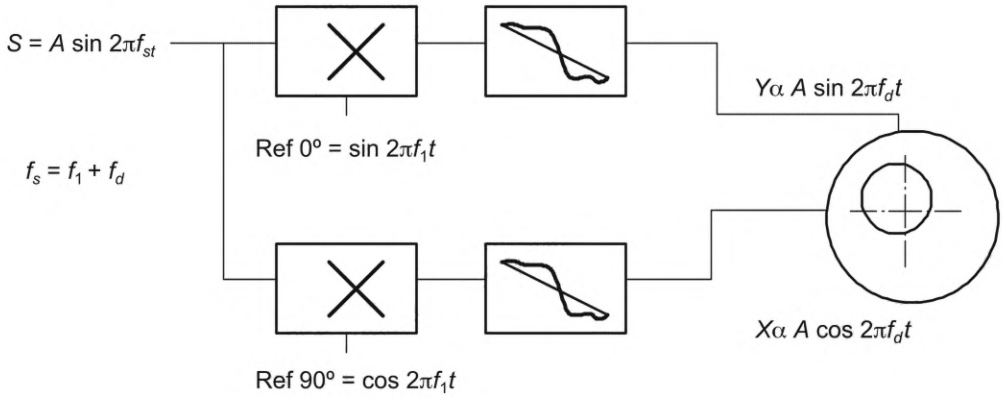


Рисунок А.1 — Схема демодуляции

В этом примере демодуляция заключается в определении действительной и мнимой составляющих сигнала.

$$S_x(t) = A\sin[2\pi(f_1 + f_d)t]\sin 2\pi \cdot f_1 \cdot t.$$

Преобразовано, как

$$S_x(t) = \frac{A}{2\left[\cos 2\pi(f_d)t - \cos 2\pi(2f_1 + f_d)\cdot t\right]},$$

$$S_y(t) = A\sin[2\pi(f_1 + f_d)t]\cos 2\pi \cdot f_1 \cdot t. \quad \text{(А.1)}$$

Преобразовано, как

$$S_y(t) = \frac{A}{2\left[\sin 2\pi(f_d)t + \sin 2\pi(2f_1 + f_d)\cdot t\right]}. \quad \text{(А.2)}$$

Фильтры нижних частот, включенные в схему, подавляют вторые члены в формулах (А.1) и (А.2), которые содержат частоту $(2f_1 + f_d)$.

На выходах прибора доступны два сигнала X и Y, амплитуда которых пропорциональна A, модулированных соответственно косинусом и синусом при частоте f_d.

В случае идеального прибора эти два напряжения, подаваемые на осциллограф, отображают на экране круг, радиус которого пропорционален A, а точка вращается в точке f_d.

Как правило, разница f_d между частотой генератора сигналов и выбранной частотой прибора не должна превышать 10 % от полосы пропускания прибора, указанной изготовителем.

Чтобы измерить частоту генератора прибора, необходимо отрегулировать частоту входного сигнала f_s таким образом, чтобы точка на экране осциллографа перестала вращаться.

В этом случае $f_1 = f_s$.

Приложение В
(справочное)

Метод измерения диапазона линейности между выходом и входом

Крайними значениями входного параметра *I* являются I_{min} и I_{max}.

Параметр *I* изменяется с постоянным шагом от I_{min} до I_{max}. Для каждого значения *I* измеряется соответствующее значение выходного параметра *O*.

Между этими значениями *I* и *O* выполняется линейная регрессия. Таким образом, получается соотношение *O*lin(*I*). Отклонение $\Delta(I)$ в процентах определяется следующим образом:

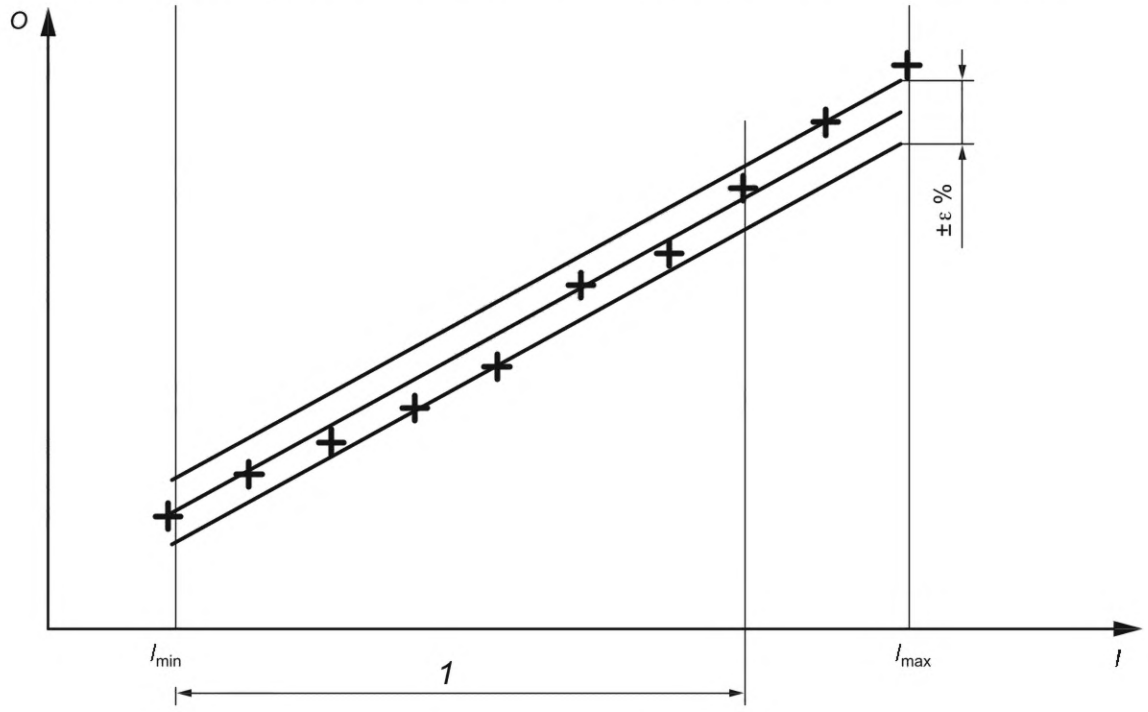
$$\Delta(1) = [|O(I) - O\text{lin}(I)|]/[|O\text{lin}(I_{max}) - O\text{lin}(I_{min})|] \cdot 100.$$

Диапазон линейности ε, %, — это набор значений *I*, где

$$\Delta\ \% \le \varepsilon\ \%,$$

где ε — максимально допустимое отклонение линейности, %.

На рисунке В.1 показано определение диапазона линейности с использованием описанной выше процедуры.



1 — диапазон линейности

Примечание — Такое измерение применяется к линейности амплитуды. Для линейности фазы отклонения измеряются в градусах (шкала от 0° до 360° вместо шкалы от 0 % до 100 %).

Рисунок В.1 — Определение диапазона линейности

Приложение С
(справочное)

Альтернативное измерение входного полного сопротивления

Генератор синусоидального сигнала подключить к входу вихретокового прибора через последовательный резистор R_v (см. рисунок С.1, на котором полное входное сопротивление прибора представлено резистором R_e, подключенным параллельно конденсатору C_e).

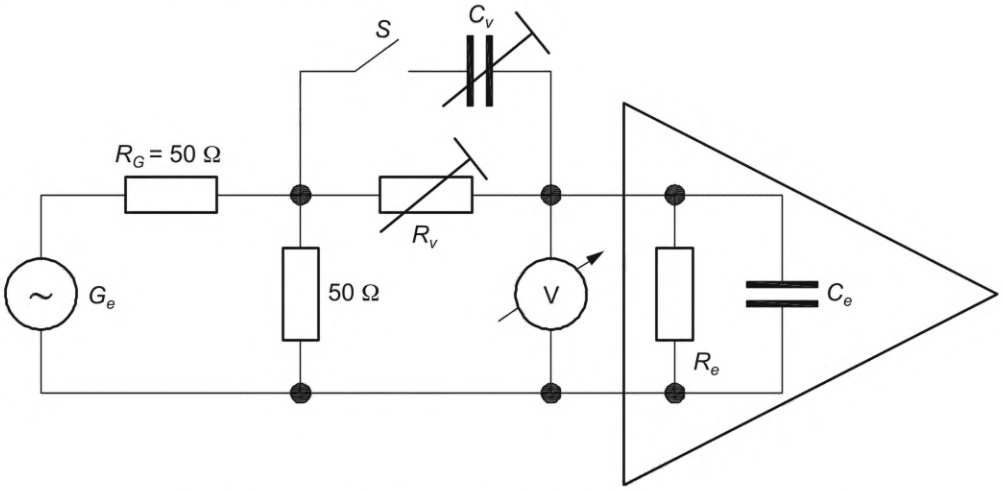


Рисунок С.1 — Схема для измерения входного полного сопротивления

Полное сопротивление источника R_G генератора (G_e) должно быть меньше входного сопротивления R_e вихретокового прибора. Обычно это условие выполняется, если применяется генератор с полным внутренним сопротивлением 50 Ом (правило 50 Ом).

Первоначально необходимо определить R_e для низкой частоты генератора f_{G1} (предпочтительно 1 кГц) и разомкнуть переключатель S. Для этого измеряется входное напряжение V_e на R_e. Сопротивление R_v увеличивается до тех пор, пока полученное входное напряжение не достигнет половины значения, полученного в случае $R_v = 0$.

$$V_{c1} = 0{,}5V_c \qquad (R_v = 0).$$

Значения R_v и R_c теперь идентичны:

$$R_v = R_c.$$

Для определения C_e значение R_v остается неизменным, а частота генератора увеличивается до значения f_{G2}, при котором входное напряжение уменьшается до половины значения V_{c1}:

$$V_{c2} = 0{,}5V_{c1} \qquad (R_v = R_c).$$

На этом этапе замыкается ключ S, а C_v изменяется до тех пор, пока не будет достигнуто исходное напряжение V_{e1} ($R_v = R_e$). Когда частота изменяется между f_{G1} и f_{G2}, входные напряжения V_{e1} и V_{e2} не должны изменяться. При соблюдении этих условий

$$C_v = C_e.$$

Допускается измерение R_v и C_v с помощью универсального моста.

Измерительная установка, выбранная для определения шунтирующей емкости C_e, должна иметь конструкцию с очень низкой емкостью. Следует учитывать, что входная емкость вольтметра добавляется к C_e.

При определении C_e значение паразитной емкости измерительного оборудования необходимо вычесть из полученного значения C_v.

R_e и C_e должны быть определены для всех возможных вариантов входных схем прибора.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 12718	IDT	ГОСТ Р ИСО 12718—2009 «Контроль неразрушающий. Контроль вихретоковый. Термины и определения»
ISO 15549	IDT	ГОСТ Р ИСО 15549—2009 «Контроль неразрушающий. Контроль вихретоковый. Основные положения»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичные стандарты.

УДК 620.179.16:006.354 ОКС 19.100

Ключевые слова: неразрушающий контроль, оборудование для вихретокового контроля, характеристики приборов

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 29.12.2025. Подписано в печать 06.02.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,77.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru