

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
**РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР**  
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики  
**ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**  
**ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»**

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц

RA.RU.311769

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188

Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232

E-mail: nio30@olit.vniief.ru

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель ЦИ СИ,

главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –

начальник НИО

  
В.К. Дарымов



М.п. « 02 » 4 2022

Государственная система по обеспечению единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ОБОРОТОВ ВИХРЕТОКОВЫЕ**  
**АР2410**

**Методика поверки**

**МП А3009.0443-2022**

## Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки .....	4
3	Требования к условиям проведения поверки .....	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку .....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр .....	5
8	Подготовка к поверке и опробование .....	5
9	Проверка программного обеспечения.....	6
10	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям.....	8
11	Оформление результатов поверки.....	10
	Приложение А (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте методик поверки.....	12
	Приложение Б (справочное) Перечень принятых сокращений .....	13

## 1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на преобразователи оборотов вихретоковые АР2410.

Преобразователи оборотов вихретоковые АР2410 (далее – ПОВТ) предназначены для измерений измерения частоты вращения вала.

Принцип действия ПОВТ основан на взаимодействии электромагнитного поля вихревых токов на поверхности контролируемого объекта с электромагнитным полем катушки индуктивности, изменяющем ее комплексное сопротивление.

Конструктивно ПОВТ состоит из первичного преобразователя (далее – ПП) с катушкой индуктивности в диэлектрическом наконечнике, который играет роль чувствительного элемента, и согласующего устройства (далее – СУ). СУ вырабатывает сигнал возбуждения ПП и преобразует изменение комплексного сопротивления катушки индуктивности в электрический сигнал, пропорциональный зазору между торцом ПП и поверхностью контролируемого объекта. СУ имеет цифровой индикатор и унифицированный выход постоянного тока 4-20 мА для выдачи результатов измерений, интерфейсы RS-485 – для передачи результатов измерений и USB для настройки СУ, а также набор «сухих контактов» для реализации уставок. В качестве ПП применяется АЕ053.00.75.100.7 или АЕ053.00.125.100.7, отличающихся длиной резьбовой части. В качестве СУ применяется Т240М-С.05.07.001.10.

Поверяемые средства измерений прослеживаются к государственному первичному эталону ГЭТ 108-2019, в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 01 сентября 2022 г. № 2183.

МП устанавливает методику первичной и периодической ПОВТ методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждённой приказом Росстандарта от 01 сентября 2022 г. № 2183.

Первичной поверке ПОВТ подвергаются при выпуске из производства и после ремонта. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП не предусматривает проверку ПОВТ в сокращенном режиме.

Межповерочный интервал – два года.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении А.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении Б.

## 2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 11.2.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Обязательность проведения при поверке		Пункт МП
	первичной	периодической	
Внешний осмотр	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	Да	Да	10
Проверка диапазона и пределов допускаемой основной приведенной погрешности измерений частоты вращения	Да	Да	10.1

## 3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 28 °С;
- относительная влажность воздуха при температуре 20 °С не более 80 %;
- атмосферное давление от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети (230±23) В;
- частота питающей сети от (50±1) Гц.

## 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, аттестованный в качестве поверителей, изучивший ЭД на ПОВТ, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

## 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Перечень средств измерений, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Генератор низкочастотный	от 0,5 до 10000 Гц	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	ГЗ-110 (рег. № 5460-76)	1	8.2, 10.1
Установка имитационная параметров виброперемещения	от 0,5 до 10000 Гц	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	ИТ-26 (рег. № 42959-09)	1	
Мультиметр цифровой	от 1 до 100 мА	$\pm 0,1 \%$	34410А (рег. № 47717-11)	1	
Источник питания постоянного тока	(24 $\pm$ 2) В, 200 мА	$\pm 0,5 \%$	PSP-405 (рег. № 25347-11)	1	8.1.2
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст.	$\pm 1$ мм рт.ст.	М-67 (рег. № 3744-73)	1	
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 до 40 °С	$\pm 3 \%$ , $\pm 0,5$ °С	Testo 610 (рег. № 53505-13)	1	
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	$\pm 1 \%$ , $\pm 0,1$ Гц	34410А (рег. № 47717-11)	1	

## 6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правилами устройства установок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на ПОВТ, средства поверки и испытательное оборудование. Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

## 7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений разъемов, соединительных кабелей и электронного оборудования.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов испытания не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, ПОВТ бракуют.

## 8 Подготовка к поверке и опробование

### 8.1 Подготовка к поверке

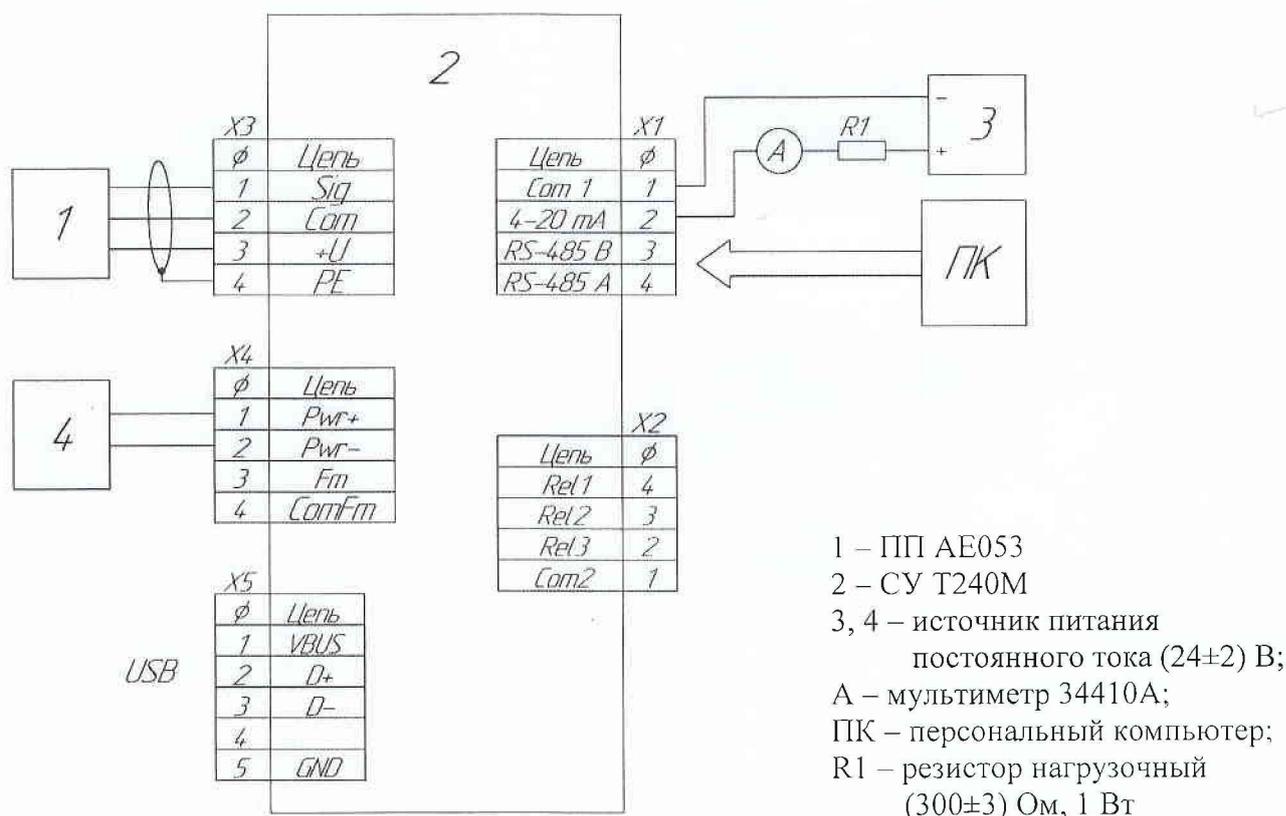
8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада ПОВТ не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки СИ, включенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или нали-

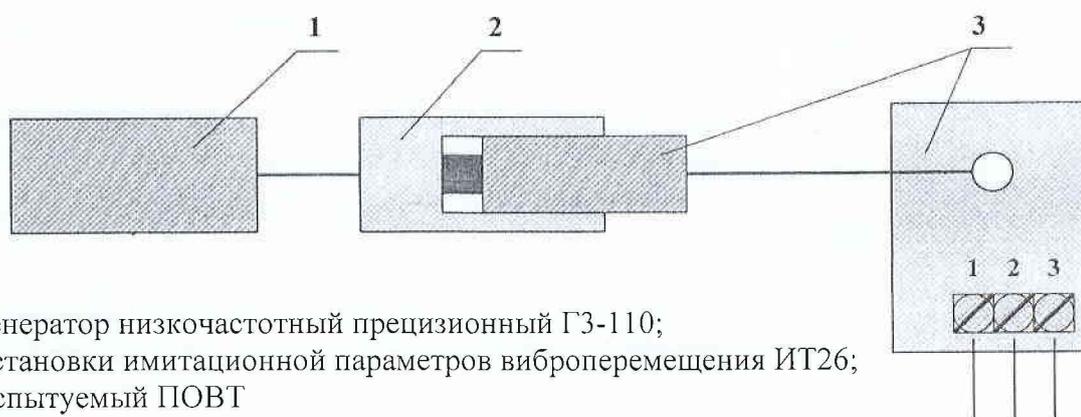
чие действующих свидетельств о поверке на СИ применяемых при поверке, а также соответствие условий поверки разделу 3.

## 8.2 Опробование

8.2.1 Собирают схему измерений, в соответствии с рисунком 1. На источниках питания устанавливают напряжение постоянного тока ( $24 \pm 2$ ) В. На ПП испытуемого ПОВТ накручивают катушку (2) из комплекта поставки установки ИТ26 до легкого упора. Включают и прогревают измерительные приборы в соответствии с ЭД на них. Мультиметр 34410А переводят в режим измерений силы постоянного тока.



а) схема подключения к ПОВТ



б) функциональная схема измерений

Рисунок 1 – Схема измерений

Примечание – Допускается вместо установки имитационной параметров виброперемещения ИТ26 использовать катушку имитационную следования меток E02 из комплекта поставки ПОВТ.

8.2.2 Подают от генератора (1) сигнал амплитудой не менее 2 В на катушку имитационную (2) с частотой 100 Гц. Фиксируют показания по цифровому индикатору и увеличение уровня сигнала по унифицированному токовому выходу.

8.3.3 Увеличивают частоту генератора в 10...20 раз.

8.2.4 ПОВТ считают прошедшим опробование с положительным результатом, если происходит изменение показаний по цифровому индикатору и увеличение уровня сигнала по унифицированному токовому выходу.

## 9 Проверка программного обеспечения

9.1 Проверку программного обеспечения (далее – ПО) проводят в соответствии с 4.1 АБКЖ.00038-01 34 «Программное обеспечение «APConfiguratorGt». Руководство оператора». Цифровой идентификатор ПО рассчитывается автоматически при каждом запуске ПО «APConfiguratorGt». Для вызова окна с информацией о версии ПО и результатов расчета цифрового идентификатора необходимо в меню выбрать пункт «О программе». Пример всплывающего окна приведён на рисунке 1.

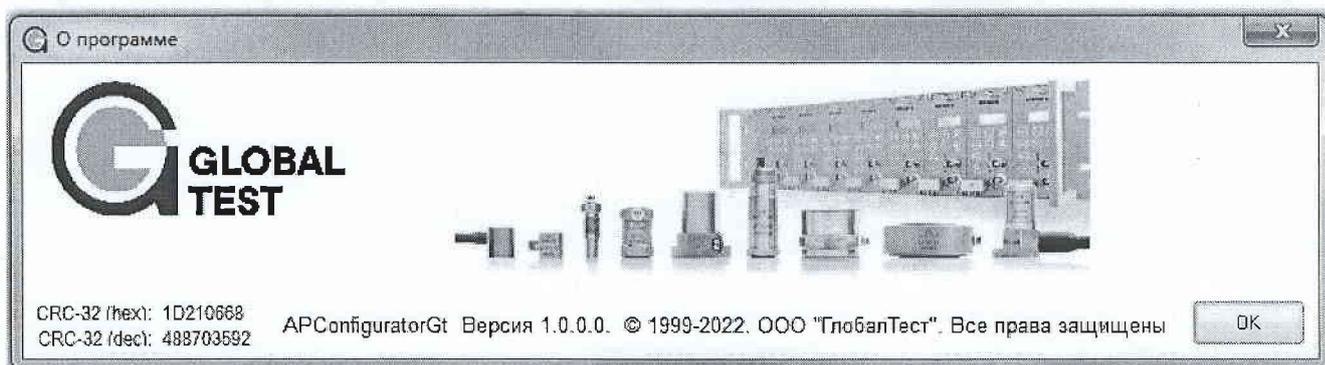


Рисунок 1 – Пример окна с информацией о ПО

9.2 ПОВТ считают прошедшим проверку с положительным результатом, если цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода) соответствует указанной в паспорте.

## 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона и пределов допускаемой основной погрешности измерений частоты вращения

10.1.1 Выполняют 8.2.1.

10.1.2 В соответствии с руководством оператора АБКЖ.00038-01 34 на СУ устанавливают параметры работы в соответствии с таблицей 3.

Для порогов срабатывания реле Rel 1, Rel 2, Rel 3 устанавливают пороги срабатывания 50%, 75% и 30% соответственно от диапазона измерений.

Примечание – Допускается проводить поверку при значениях параметров СУ, соответствующих реальным условиям эксплуатации ПОВТ.

Таблица 3

Предупреждающий порог срабатывания (Rel 1), мкм	50% верхней границы диапазона измерений
Аварийный порог срабатывания (Rel 2), мкм	75% верхней границы диапазона измерений
Дополнительный порог срабатывания (Rel 3), мм/с	25% верхней границы диапазона измерений
Длительность нахождения за предупреждающим порогом до срабатывания, с	0
Длительность нахождения за аварийным порогом до срабатывания, с	0
Длительность нахождения за дополнительным порогом до срабатывания, с	0
Направление сравнения с предупреждающим порогом срабатывания	Превышение
Направление сравнения с аварийным порогом срабатывания	Превышение
Направление сравнения с дополнительным порогом срабатывания	Превышение
Нормальное состояние контактов реле предупреждающего уровня	Разомкнуты
Нормальное состояние контактов реле аварийного уровня	Разомкнуты
Нормальное состояние контактов реле дополнительного уровня	Разомкнуты
Блокировка сработавших контактов реле предупреждающего уровня	Нет
Блокировка сработавших контактов реле аварийного уровня	Нет
Блокировка сработавших контактов реле дополнительного уровня	Нет
Задержка контроля при старте, с	Нет
Режим работы индикатора предупреждения	Горит за предупреждающим уровнем
Режим работы индикатора аварии	Горит при нахождении за аварийным уровнем

10.1.3 Измерения проводятся при следующих рекомендуемых значениях частоты вращения  $0,02 \cdot V_{\max}$ ;  $0,125 \cdot V_{\max}$ ;  $0,25 \cdot V_{\max}$ ;  $0,5 \cdot V_{\max}$ ;  $0,75 \cdot V_{\max}$ ;  $V_{\max}$ , где  $V_{\max}$  – максимальное значение диапазона измерений частоты вращения, об/мин.

10.1.4 Рекомендуемую частоту следования меток на валу  $F_{\text{реки}}$ , Гц, устанавливаемую на генераторе (1) вычисляют по формуле

$$F_{\text{реки}} = \frac{V_{\text{реки}} \cdot N_m}{60}, \quad (1)$$

где  $V_{\text{реки}}$  –  $i$ -е значение рекомендуемой частоты вращения вала из таблицы 4, об/мин;  
 $N_m$  – количество меток на валу

10.1.5 Подают от генератора (1) сигнал амплитудой не менее 2 В на катушку имитационную (2) с частотой соответствующей первому рекомендуемому значению частоты вращения  $F_{\text{реки}}$ , Гц, из таблицы 4, рассчитанное по формуле (1).

10.1.6 Заданную частоту вращения вала  $V_{\text{зadi}}$ , об/мин, вычисляют по формуле

$$V_{\text{зadi}} = \frac{F_{\text{зadi}} \cdot 60}{N_m}, \quad (2)$$

где  $F_{зad i}$  –  $i$ -е значение заданной частоты следования меток из таблицы 4, Гц;  
 $N_m$  – количество меток на валу.

Таблица 4 – Определение основной погрешности измерений

$V_{рек.i}$ , об/мин	$0,02 \cdot V_{макс}$	$0,125 \cdot V_{макс}$	$0,25 \cdot V_{макс}$	$0,5 \cdot V_{макс}$	$0,75 \cdot V_{макс}$	$V_{макс}$
$F_{рек.i}$ , Гц,						
$V_{зad.i}$ , об/мин						
$I_{изм.i}$ , мА						
$V_{Иi}$ , об/мин						
$V_{Иi}$ , об/мин						
$V_{435i}$ , об/мин						
$\delta_{V_{Иi}}$ , %						
$\Delta V_i$ , об/мин						
$\Delta V_{435i}$ , об/мин						

10.1.7 В таблицу 4 записывают заданные значения  $V_{зad i}$ , об/мин, измеренную частоту вращения по цифровому индикатору  $V_{И.i}$ , мин<sup>-1</sup>, по интерфейсу RS-485  $V_{485i}$ , об/мин, и измеренный ток по унифицированному токовому выходу  $I_{изм.i}$ , мА.

10.1.8 Повторяют операции по 10.1.4 – 10.1.7 для всех значений рекомендуемых частот, указанных в таблице 4.

10.1.9 Измеренную ПОВТ частоту вращения по унифицированному токовому выходу  $V_{Иi}$ , об/мин, рассчитывают по формуле

$$V_{Иi} = K1 + K2 \cdot I_{изм.i}, \quad (3)$$

где  $I_{изм.i}$  –  $i$ -е значение измеренного выходного тока ПОВТ, мА;

$K1$  – коэффициент рассчитанный по формуле (4), мм

$$K1 = L_{мин} - \frac{V_{макс} - V_{мин}}{I_{макс} - I_{мин}} \cdot I_{мин}; \quad (4)$$

$V_{мин}$  – минимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, 0 об/мин;

$V_{макс}$  – максимальное значение диапазона измерений по цифровому индикатору, об/мин;

$I_{мин}$  – минимальное значение измеряемого тока, 4 мА;

$I_{макс}$  – максимальное значение измеряемого тока, 20 мА

$K2$  – коэффициент рассчитанный по формуле (5), мм/мА

$$K2 = \frac{V_{макс} - V_{мин}}{I_{макс} - I_{мин}}. \quad (5)$$

10.1.10 Основную абсолютную погрешность измерений по цифровому индикатору  $\Delta V_i$ , об/мин, и интерфейсу RS-485  $\Delta V_{485i}$ , об/мин, вычисляют по формуле

$$\Delta V_i(\Delta V_{485i}) = V_{Иi}(V_{485i}) - V_{зad i}, \quad (6)$$

где  $V_{li}$  ( $V_{485i}$ ) –  $i$ -е значение измеренной частоты вращения из таблицы 4 по цифровому индикатору и интерфейсу RS-485 соответственно, об/мин;

$V_{зadi}$  –  $i$ -е, значение заданной частоты вращения из таблицы 4, об/мин.

10.1.11 Основную относительную погрешность измерений по унифицированному токовому выходу  $\delta_{Vli}$ , %, вычисляют по формуле

$$\delta_{Vli} = \frac{V_{li} - V_{зadi}}{V_{зadi}} \cdot 100, \quad (7)$$

где  $V_{li}$  –  $i$ -е значение измеренной частоты вращения из таблицы 4 по унифицированному токовому выходу, об/мин;

$V_{зadi}$  –  $i$ -е, значение заданной частоты вращения из таблицы 4, об/мин.

10.1.12 Определяют пределы основной абсолютной погрешности  $\Delta$ , об/мин, измерения по цифровому индикатору и интерфейсу RS-485 по формуле

$$\Delta = \Delta V + \Delta_{эм}, \quad (8)$$

где  $\Delta V$  – максимальное значение основной абсолютной погрешности  $\Delta_{Vi}$  или  $\Delta_{V485i}$ , вычисленной по формуле (6), об/мин;

$\Delta_{эм}$  – абсолютная погрешность задания частоты вращения, %.

10.1.13 Определяют пределы основной относительной погрешности  $\delta$ , %, измерения по унифицированному токовому выходу по формуле

$$\delta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{Vli}^2 + \delta_{эм}^2 + \delta_I^2}, \quad (9)$$

где  $\delta_{Vli}$  – максимальное значение основной относительной погрешности, вычисленной по формуле (7), %;

$\delta_{эм}$  – погрешность задания частоты вращения, %;

$\delta_I$  – погрешность измерения силы постоянного тока (определяется классом точности используемого прибора), %.

10.1.14 ПОВТ считают прошедшим поверку с положительным результатом, если основная погрешность измерений находится в пределах:

- абсолютная по цифровому индикатору  $\pm 1 \text{ мин}^{-1}$ ;
- абсолютной по выходу RS-485  $\pm 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot N_{\max}$ , где  $N_{\max}$  максимальная измеряемая частота,  $\text{мин}^{-1}$ ;
- относительная по унифицированному токовому выходу  $\pm (0,01 + 1/N) \cdot 100$ , где  $N$  измеренная частота,  $\text{мин}^{-1}$ .

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

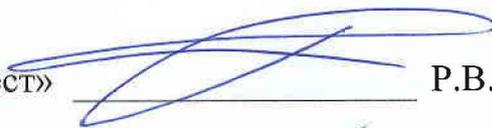
11.2 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке. Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

При необходимости проводят пломбирование СУ. Пломбирование ПП не предусмотрено.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

11.3 ПОВТ, не прошедший поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, установленной системой менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Начальник КИЛ ООО «ГлобалТест»



Р.В. Ромадов

Ведущий инженер-исследователь  
ЦИ СИ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»



Д.В. Зверев

**Приложение А**  
**(справочное)**

**Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП**

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

**Приложение Б**  
**(справочное)**  
**Перечень принятых сокращений**

МП – методика поверки;

ПО – программное обеспечение;

ПП – первичный преобразователь АЕ053.00.75.100.7 или АЕ053.00.125.100.7

ПОВТ – преобразователь оборотов вихретоковый АР2410;

СИ – средства измерения;

СУ – согласующее устройство перемещения Т240М-С.05.07.001.10;

ЭД – эксплуатационная документация.