

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по метрологической службе
ФГУП «ВНИИМС»



С.В. Гусенков

« 21 » _____ 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «ГК Инновация»



М.А. Марчук

« 21 » _____ 2016 г.



Каналы измерения параметров вибрации и относительного перемещения
системы мониторинга роторных агрегатов ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М»

Методика поверки
ТМБН.421453.001 МП

v.p. 64555-16

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1 ОПЕРАЦИИ ПРОВЕРКИ..... | 3 |
| 2 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ..... | 4 |
| 3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ..... | 4 |
| 4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ..... | 4 |
| 5 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ..... | 4 |
| 6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ..... | 7 |
| 7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ..... | 20 |
| 7.1 Внешний осмотр..... | 20 |
| 7.2 Опробование..... | 20 |
| 7.3 Определение основной погрешности измерения СКЗ и амплитудного значения виброскорости абсолютной вибрации..... | 20 |
| 7.4 Определение основной погрешности измерения размаха виброперемещения абсолютной вибрации..... | 22 |
| 7.5 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации..... | 22 |
| 7.6 Определение основной погрешности измерения размаха и амплитудного значения относительного виброперемещения..... | 23 |
| 7.7 Определение основной погрешности измерения зазора каналом измерения относительной вибрации и искривления вала..... | 25 |
| 7.8 Определение основной абсолютной погрешности измерения осевого сдвига..... | 26 |
| 7.9 Определение основной погрешности измерения поперечного перемещения, положения ротора, относительного расширения, линейного перемещения..... | 26 |
| 7.10 Поверка частотного диапазона измерения, определение неравномерности амплитудно- частотной характеристики канала измерения параметров относительной вибрации и канала измерения искривления вала..... | 27 |
| 7.11 Определение основной погрешности измерения канала измерения частоты вращения..... | 29 |
| 7.12 Определение основной погрешности измерения тока..... | 31 |
| 8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ..... | 32 |

Настоящая методика поверки распространяется на каналы измерения параметров вибрации и относительного перемещения системы мониторинга роторных агрегатов ИС АСУ ТП «ВЕКТОР-М» (далее по тексту – каналы), предназначенные для непрерывного контроля состояния роторных агрегатов путем измерения параметров вибрации и мехвеличин, частоты вращения и устанавливает порядок первичной и периодических поверок.

Первичная поверка каналов проводится изготовителем при выпуске из производства или ремонта.

Периодическая поверка каналов проводится изготовителем или органами Государственной метрологической службы. Интервал между поверками – один год.

1 ОПЕРАЦИИ ПРОВЕРКИ

1.1 При проведении проверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1
Таблица 1

| Наименование операции | № пункта поверки | Проведение операции при | |
|---|------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 1 Внешний осмотр | 7.1 | Да | Да |
| 2 Опробование | 7.2 | Да | Да |
| 3 Определение метрологических характеристик | | | |
| 3.1 Определение основной погрешности измерения СКЗ и амплитудного значения виброскорости абсолютной вибрации | 7.3 | Да | Да |
| 3.2 Определение основной погрешности измерения размаха виброперемещения абсолютной вибрации | 7.4. | Да | Да |
| 3.3 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации | 7.5 | Да | Да |
| 3.4 Определение основной погрешности измерения размаха и амплитудного значения виброперемещения относительной вибрации и перемещения по каналу измерения искривления вала | 7.6 | Да | Да |
| 3.5.Определение основной абсолютной погрешности измерения зазора при измерении относительной вибрации и искривления вала | 7.7. | Да | Да |
| 3.6 Определение основной абсолютной погрешности измерения перемещения при осевом сдвиге | 7.8 | Да | Да |
| 3.7 Определение основной погрешности измерения поперечного перемещения, положения ротора, относительного расширения, линейного перемещения | 7.9 | Да | Да |
| 3.8.Поверка частотного диапазона, определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики канала измерения параметров относительной вибрации и искривления вала | 7.10 | Да | Да |
| 3.9 Определение основной погрешности измерения частоты вращения | 7.11 | Да | Да |

| Наименование операции | № пункта поверки | Проведение операции при | |
|--|------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | первичной поверке | периодической поверке |
| 3.10 Определение основной погрешности измерения тока | 7.12 | Да | Да |

1.2 Допускается проводить поверку по каналам, используемым при эксплуатации системы, а также по характеристикам, параметры которых измеряются при эксплуатации.

2 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

2.1 К проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с руководством по эксплуатации системы ТМБН.421453.001РЭ.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

3.1 Средства поверки, а также вспомогательное оборудование должны иметь защитное заземление.

4 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающей среды $20 \pm 5^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%;
- атмосферное давление 650-800 мм рт.ст. (86-106,7 кПа);
- напряжение питания 24 ± 3 В;
- сопротивление нагрузки для выходного сигнала:

| | |
|-----------|-------------------|
| 0 – 5 мА | $2 \pm 0,05$ кОм; |
| 4 – 20 мА | 200 ± 1 Ом; |

4.2 Помещение, в котором проводится поверка, должно быть защищено от воздействия внешней вибрации, электрических и магнитных полей.

5 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

5.1 При проведении проверки применяются образцовые средства измерения и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

| Наименование образцового средства измерения или вспомогательного средства поверки, номер документа, регламентирующего технические требования |
|---|
| 1 Поверочная установка 2 разряда по ГОСТ Р 8.800-2012 |
| 2 Виброизмерительный преобразователь (рабочий эталон 1 разряда) по ГОСТ Р 8.800-2012 |
| 3 Генератор сигналов специальной формы АКПП-3410-2 (Госреестр СИ №53449-13) |
| 4 Мультиметр 34401А (Госреестр СИ № 54848-13) |
| 5 Источник питания постоянного тока АКПП-1120 (госреестр СИ № 39934-08) |
| 6 Устройство для калибровки преобразователей перемещения токовихревых ТКЗе (госреестр СИ № 59302-14) |
| 7 Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД (Госреестр СИ № 41293-09); |
| 8 Эталонная пластина круглой формы диаметром 28 мм и толщиной не менее 3 мм из материала, из которого изготовлен вал контролируемого агрегата |
| 9 Магазин сопротивлений Р4831 ГОСТ 23737 госреестр СИ № 48930-12. |
| 10 Калибратор электрических сигналов СА71 (Госреестр СИ № 19612-08); |
| 11 Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм модификации ИЧ-50 (Госреестр СИ № 49349-12) |
| 12 Индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм ИЧ 10 (Госреестр СИ № 40149-08). |
| 14 Штангенциркуль ШЦ-1-250 (госреестр СИ №54223-13) |
| <p><i>Примечания:</i></p> <p>1 Все приборы и оборудование должны иметь действующее свидетельство о поверке или отметку о прохождении периодической поверки.</p> <p>2 Все приборы и оборудование должны иметь эксплуатационную документацию в достаточном объеме.</p> <p>3 Допускается применять другие средства измерения, аналогичные по характеристикам</p> |

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед началом поверки все средства поверки должны быть выдержаны во включенном состоянии (прогреты) в течение времени, указанного в их эксплуатационной документации.

6.2 При подготовке к поверке основной погрешности измерения СКЗ и пикового значения виброскорости выполнить следующие действия:

жестко закрепить вибропреобразователь 7 эталонного канала на электродинамическом вибровозбудителе 8;

произвести все остальные требуемые электрические соединения ОСИПВ;

жестко закрепить вибропреобразователь 9 поверяемого канала на электродинамическом вибровозбудителе 8;

подключить вибропреобразователь 9 поверяемого канала к преобразователю 10;

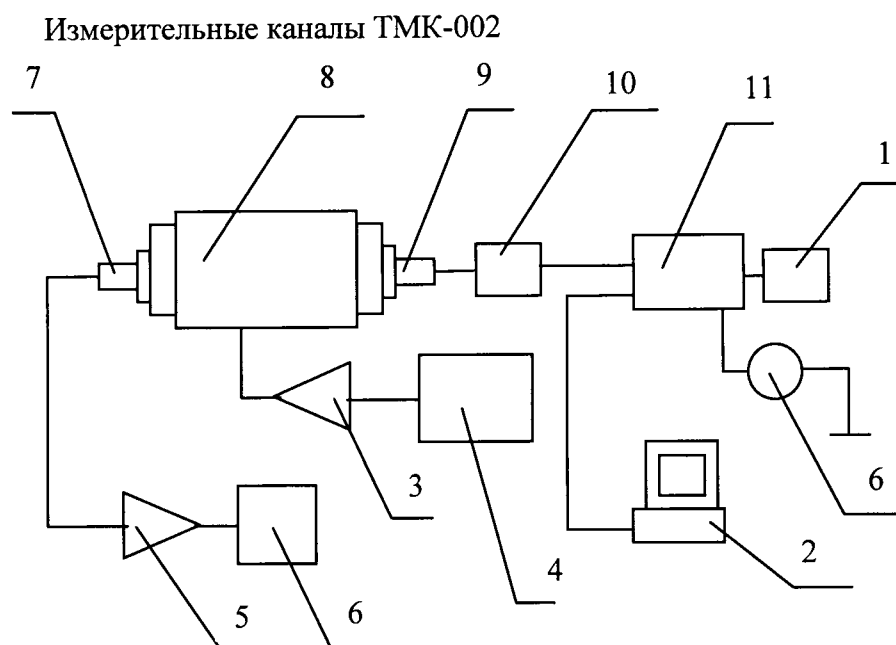
для штатного канала: подключить мультиметр 6 к соответствующим клеммам контроллера 11. Для автономного канала подключить мультиметр непосредственно к соответствующим клеммам вторичного преобразователя 10;

для штатного канала: соединить контроллер 11 с компьютером 2 по интерфейсу RS-485;

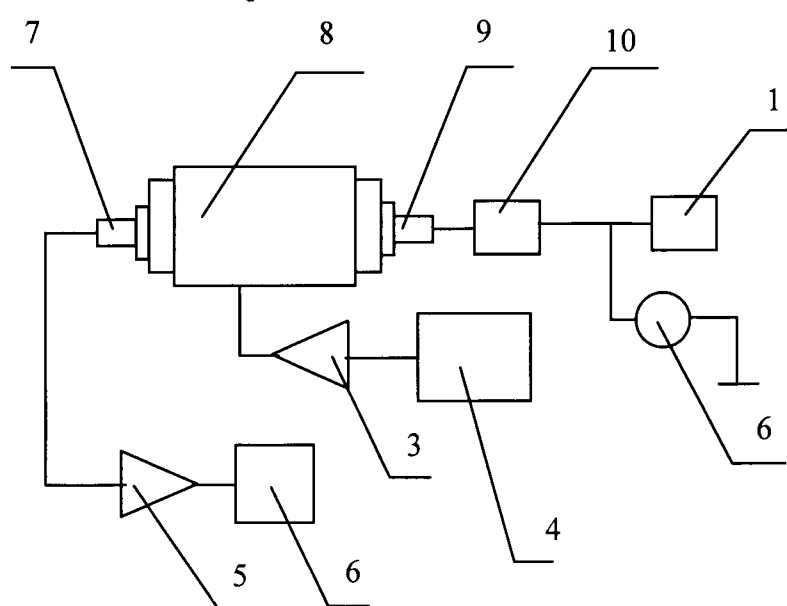
для штатного канала: подключить контроллер 11 к источнику питания 1, для автономного канала – подключить соответствующие клеммы вторичного преобразователя 9 к источнику питания 1;

установить выходное напряжение источника питания 1 равным $24 \pm 0,1$ В;

включить питание контроллера 11 (для штатного канала) и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.



Автономные измерительные каналы ТМК-002А



1. источник питания
2. персональный компьютер
3. усилитель мощности
4. генератор
5. усилитель заряда эталонного канала;
6. мультиметр в режиме миллиамперметра;
7. вибропреобразователь эталонного канала;
8. электродинамический вибровозбудитель;
9. вибропреобразователь поверяемого канала;
10. вторичный преобразователь поверяемого канала;
11. измерительный контроллер поверяемого канала

Рисунок 1 – Структурная схема стенда для поверки канала измерения параметров абсолютной вибрации

6.3 При подготовке к поверке погрешности измерений размаха и пикового значения относительного виброперемещения выполнить следующие действия:

закрепить на оси устройства для калибровки 1 диск 2;

установить датчик 3 на кронштейн устройства для калибровки 1 таким образом, чтобы расстояние между торцом датчика и поверхностью диска было равно установочному зазору датчика;

подключить датчик 3 к преобразователю 4,

для штатного канала: преобразователь 4 подключить к контроллеру 5;

для штатного канала: подключить мультиметр 7 к контроллеру 5, а для автономного канала – к соответствующим клеммам вторичного преобразователя 4;

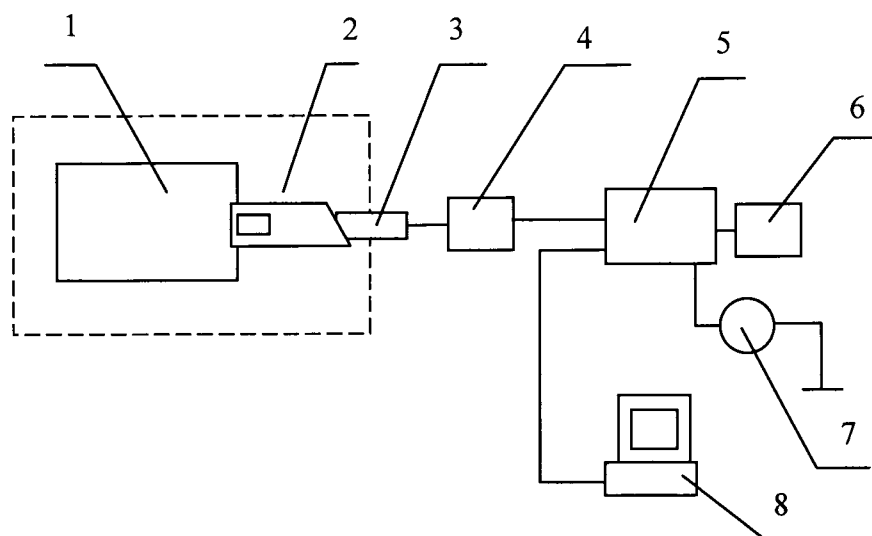
для штатного канала: соединить контроллер 5 с компьютером 8 по интерфейсу RS-485;

для штатного канала: подключить контроллер 5 к источнику питания 6, для автономного канала – подключить соответствующие клеммы вторичного преобразователя к источнику питания 6;

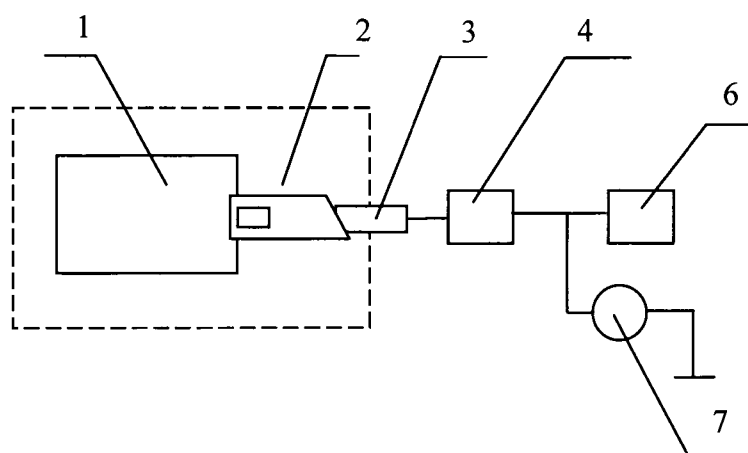
установить выходное напряжение источника питания 6 равным $24 \pm 0,1\text{В}$;

включить питание контроллера 5 (для штатного канала) и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут;

Штатный измерительный канал ТМК-006



Автономный измерительный канал ТМК-006А



1. устройство для калибровки преобразователей перемещения ТК3е
2. диск, изготовленный из материала объекта контроля (входит в состав ТК3е)
3. датчик поверяемого канала;
4. вторичный преобразователь поверяемого канала;
5. измерительный контроллер поверяемого канала;
6. источник питания;
7. мультиметр в режиме миллиамперметра;
8. персональный компьютер.

Рисунок 2 – Структурная схема стенда для поверки канала измерения параметров относительной вибрации и искривления вала

6.4 При подготовке к поверке канала измерения осевого сдвига выполнить следующие действия:

закрепить на оси приспособления 1 диск 2;

установить датчик 3 на кронштейн приспособления 1 таким образом, чтобы расстояние между торцом датчика и поверхностью диска было равно установочному зазору датчика;

подключить датчик 3 к преобразователю 4;

для штатного канала: подключить преобразователь 4 к контроллеру 5;

для штатного канала: подключить мультиметр 7 к контроллеру 5;

для автономного канала: подключить мультиметр 7 к соответствующим клеммам вторичного преобразователя 4;

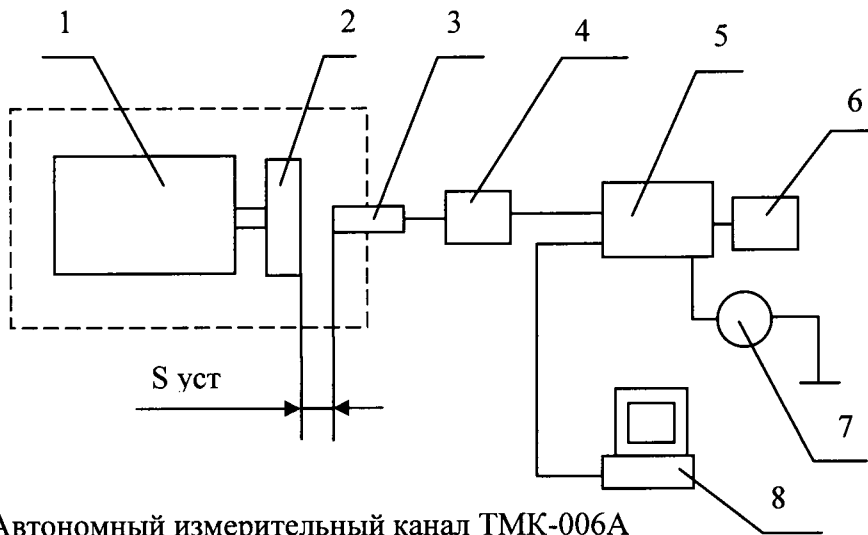
для штатного канала: соединить контроллер 5 с компьютером 8 по интерфейсу RS-485;

для штатного канала: подключить контроллер 5 к источнику питания 6, для автономного канала подключить соответствующие клеммы вторичного преобразователя 4;

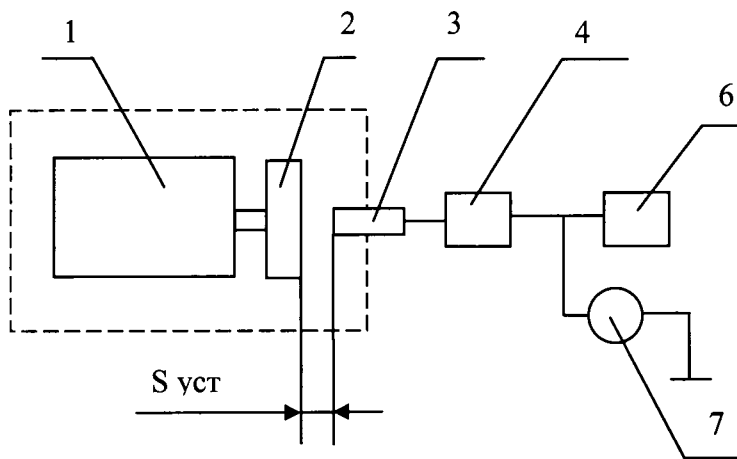
установить выходное напряжение источника питания 6 равным $24 \pm 0,1$ В;

включить питание контроллера 5 (для штатного канала) и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.

Штатный измерительный канал ТМК-006



Автономный измерительный канал ТМК-006А



1. приспособление СП10
2. диск, изготовленный из материала объекта контроля (входит в состав ТКЗе)
3. датчик поверяемого канала;
4. вторичный преобразователь поверяемого канала;
5. измерительный контроллер поверяемого канала;
6. источник питания;
7. мультиметр в режиме миллиамперметра;
8. персональный компьютер

Рисунок 3 – Структурная схема стенда для поверки канала измерения осевого сдвига

6.5 При подготовке к поверке канала измерения относительного расширения выполнить следующие действия:

закрепить датчик 3 на приспособлении 2, таким образом, чтобы расстояние между торцом датчика и поверхностью диска было равно установочному зазору датчика;

подключить датчик 3 к преобразователю 4, а преобразователь 4 к контроллеру 5;

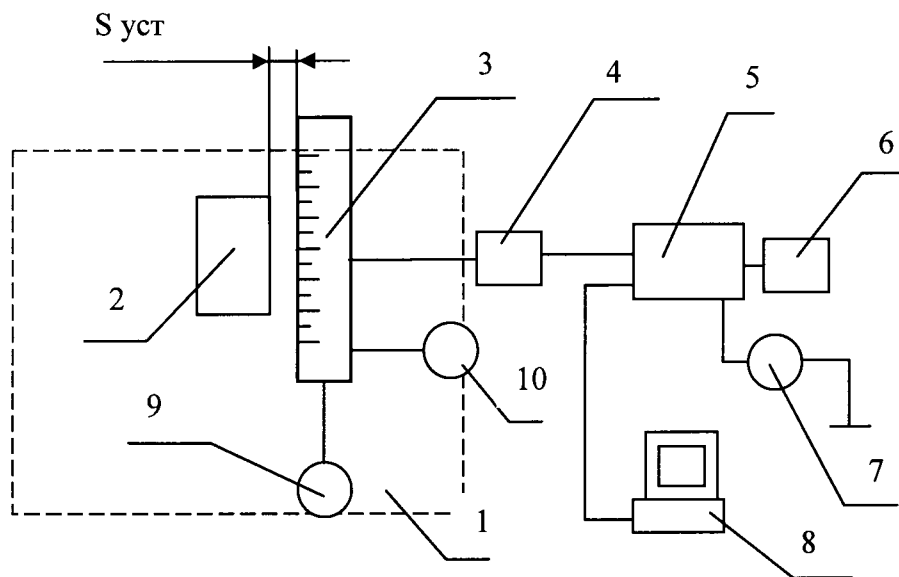
подключить мультиметр 7 к контроллеру 5;

соединить контроллер 5 с компьютером 8 по интерфейсу RS-485;

подключить контроллер 5 к источнику питания 6;

установить выходное напряжение источника питания 6 равным $24 \pm 0,1$ В;

включить питание контроллера 5 и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.



1. приспособление СП20;
2. поясок (гребень);
3. датчик поверяемого канала;
4. вторичный преобразователь поверяемого канала;
5. измерительный контроллер поверяемого канала;
6. источник питания;
7. мультиметр в режиме миллиамперметра;
8. персональный компьютер;
9. индикатор часового типа ИЧ50;
10. индикатор часового типа ИЧ10

Рисунок 4 – Структурная схема стенда для поверки канала измерения относительного расширения ротора

6.6 При подготовке к поверке канала измерения линейного перемещения выполнить следующие действия:

подключить датчик 3 к преобразователю 4, а преобразователь 4 к контроллеру 5;

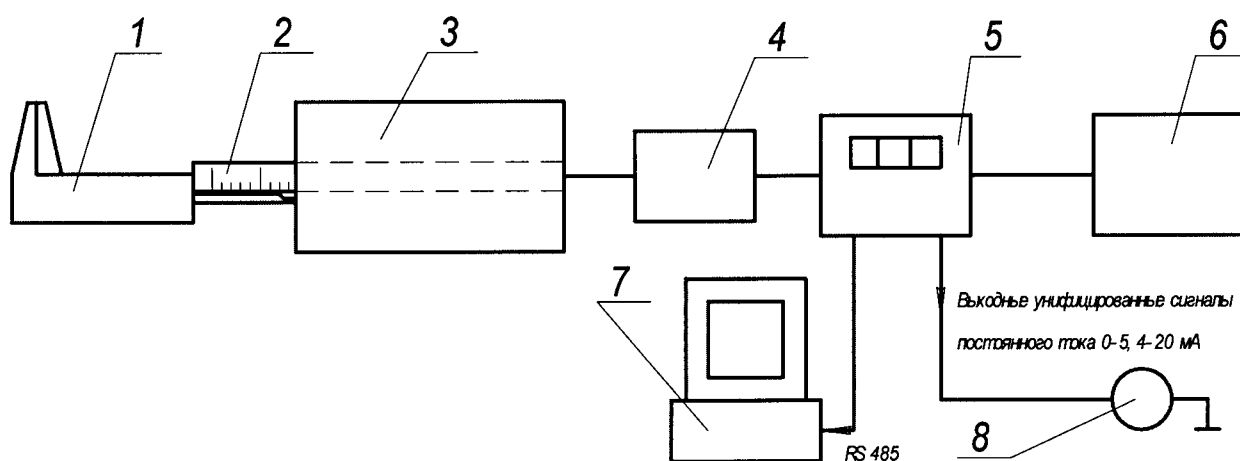
подключить мультиметр 8 к контроллеру 5;

соединить контроллер 5 с компьютером 7 по интерфейсу RS-485;

подключить контроллер 5 к источнику питания 6;

установить выходное напряжение источника питания 6 равным $24 \pm 0,1$ В;

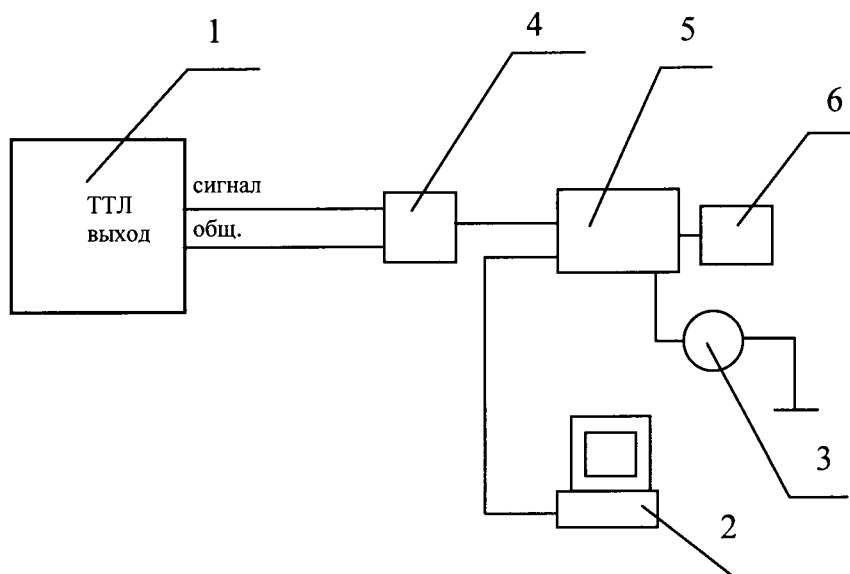
включить питание контроллера 5 и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.



1. штангенциркуль;
2. линейка датчика линейного перемещения;
3. датчик линейного перемещения поверяемого канала;
4. вторичный преобразователь поверяемого канала;
5. измерительный контроллер поверяемого канала;
6. источник питания;
7. персональный компьютер;
8. цифровой мультиметр в режиме миллиамперметра.

Рисунок 557 - Структурная схема стенда для поверки канала измерения линейного перемещения

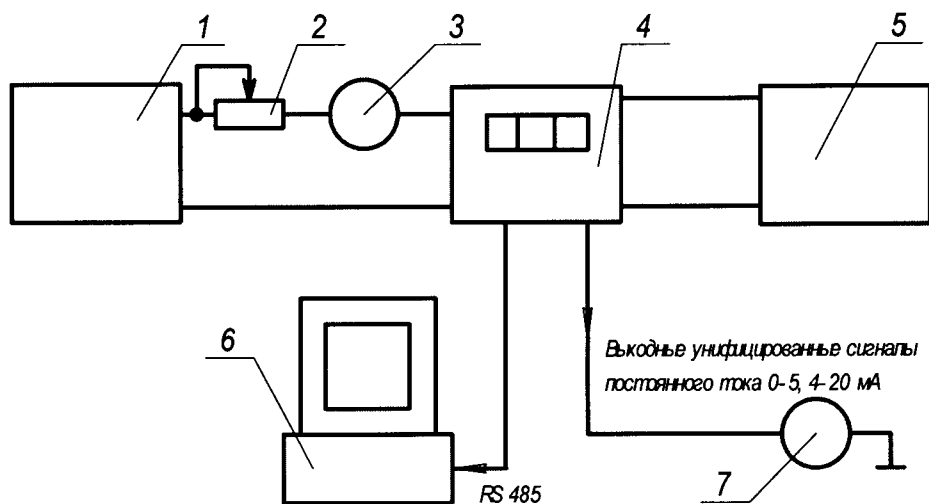
6.7 При подготовке к поверке канала измерения частоты вращения соединить приборы в соответствии со схемой на рисунке 8, включить питание контроллера 5 и выдержать поверяемый измерительный канал во включенном состоянии в течение не менее 10 минут.



1. генератор сигналов прямоугольной формы;
2. персональный компьютер;
3. цифровой мультиметр в режиме миллиамперметра;
4. вторичный преобразователь поверяемого канала;
5. измерительный контроллер поверяемого канала;
6. источник питания

Рисунок 668 - Структурная схема стенда для поверки канала измерения частоты вращения

6.8 При подготовке к поверке канала измерения тока соединить приборы в соответствии со схемой на рисунке 11



1. источник питания постоянного тока
2. магазин сопротивлений
3. цифровой мультиметр в режиме миллиамперметра
4. устройство сбора данных и управления Орт-1/Л

5. источник питания
6. персональный компьютер
7. цифровой мультиметр в режиме миллиамперметра

Рисунок 779 – Структурная схема стенда для поверки канала измерения тока

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должны быть проверены:

- комплектность и чистота измерительного канала;
- наличие маркировки;
- отсутствие повреждений корпуса, соединительных кабелей и соединений.

7.2 Опробование

При опробовании необходимо выполнить следующие операции:

включить источник питания;

создавая на стенде изменение параметра, опробовать работу измерительного канала.

7.3 Определение основной погрешности измерения СКЗ и амплитудного значения виброскорости абсолютной вибрации

7.3.1. Перевести ОСИПВ в режим измерения СКЗ виброскорости.

7.3.2. Включить вибростенд и подать с генератора на вибростенд сигнал синусоидальной формы частотой 80 Гц (калибровочная частота в соответствии с ГОСТ 2954-97), амплитуда сигнала должна быть минимальной во избежание повреждения вибростенда.

7.3.3. Ориентируясь по показаниям ОСИПВ, увеличивать амплитуду сигнала генератора таким образом, чтобы последовательно устанавливать СКЗ виброскорости равным в пределах диапазона измерения (включая граничные точки) с шагом 10% .

Примечание - При контроле устанавливаемого СКЗ виброскорости следует руководствоваться документацией на ОСИПВ и при необходимости использовать дополнительное контрольно-измерительное оборудование.

7.3.4. При каждом заданном СКЗ следует определить СКЗ, измеренное поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому индикатору) и измерить ток на токовом выходе.

7.3.5. Рассчитать эталонное пиковое значение виброскорости по формуле:

$$V_{p0} = \sqrt{2}V_{e0},$$

где V_{p0} – эталонное пиковое значение виброскорости;

V_{e0} – установленное СКЗ виброскорости

7.3.6. Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в СКЗ виброскорости по формуле:

$$V_e = (I_{изм} - I_{min}) * (V_{e_{max}} - V_{e_{min}}) / (I_{max} - I_{min})$$

где V_e – СКЗ виброскорости, измеренное поверяемым каналом, мм/с;

$I_{изм}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{\max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$V_{e_{\max}}$ – верхняя граница диапазона измерения СКЗ виброскорости, мм/с;

$V_{e_{\min}}$ – нижняя граница диапазона измерения СКЗ виброскорости, мм/с.

7.3.7. Пересчитать значение силы тока на соответствующем токовом выходе в пиковое значение виброскорости по формуле:

$$V_p = (I_{\text{изм}} - I_{\min}) * (V_{p_{\max}} - V_{p_{\min}}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

где V_p – пиковое значение виброскорости, измеренное поверяемым каналом, мм/с;

$I_{\text{изм}}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{\min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{\max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$V_{p_{\max}}$ – верхняя граница диапазона измерения пикового значения виброскорости, мм/с;

$V_{p_{\min}}$ – нижняя граница диапазона измерения пикового значения виброскорости, мм/с.

7.3.8. Рассчитать относительную погрешность каждого измерения СКЗ виброскорости в диапазоне от 1 мм/с по формуле:

$$\delta_c = \frac{|V_{e_0} - V_e|}{V_{e_0}} \times 100\%, \quad (1)$$

где δ_c – относительная погрешность измерения;

V_e – СКЗ, измеренное поверяемым каналом;

V_{e_0} – установленное СКЗ виброскорости

7.3.9. Рассчитать относительную погрешность каждого измерения пикового значения виброскорости в диапазоне от 1 мм/с по формуле:

$$\delta_c = \frac{|V_{p_0} - V_p|}{V_{p_0}} \times 100\%,$$

где δ_c – относительная погрешность измерения;

V_{p_0} – эталонное пиковое значение виброскорости;

V_p – измеренное пиковое значение виброскорости.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность не превышает 5%.

7.3.10. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения СКЗ виброскорости в диапазоне от 0,05 до 1 мм/с по формуле:

$$\Delta = V_{e_0} - V_e,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

V_e – СКЗ виброскорости, измеренное поверяемым каналом;

V_{e_0} – установленное СКЗ виброскорости

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает $\pm 0,1$ мм/с.

7.3.11. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения пикового значения виброскорости от 0,05 до 1 мм/с по формуле:

$$\Delta = V_{p_0} - V_p ,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

V_{p_0} – эталонное пиковое значение виброскорости;

V_p – измеренное пиковое значение виброскорости.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает 0,1 мм/с.

7.4 Определение основной погрешности измерения размаха виброперемещения абсолютной вибрации

7.4.1. Перевести ОСИПВ в режим измерения СКЗ виброперемещения.

7.4.2. Включить вибростенд и подать с генератора на вибростенд сигнал синусоидальной формы частотой 80 Гц (калибровочная частота в соответствии с ГОСТ 2954-97), амплитуда сигнала должна быть минимальной во избежание повреждения вибростенда.

7.4.3. Ориентируясь по показаниям ОСИПВ, увеличивать амплитуду сигнала генератора таким образом, чтобы последовательно устанавливать СКЗ виброперемещения в пределах диапазона измерения (включая нижнюю и верхнюю границы) с шагом 10% от диапазона измерения.

Примечание - При контроле устанавливаемого СКЗ виброперемещения следует руководствоваться документацией на ОСИПВ и при необходимости использовать дополнительное контрольно-измерительное оборудование.

7.4.4. При каждом заданном СКЗ виброперемещения следует определить размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому индикатору и пересчитать измеренную величину по токовому выходу аналогично п.7.3.6).

7.4.5. Рассчитать размах виброперемещения по эталонному каналу по формуле:

$$S_{pp_0} = 2\sqrt{2}S_{e_0} ,$$

где S_{pp_0} – размах виброперемещения, измеренный эталонным каналом;

S_{e_0} – установленное СКЗ виброперемещения

Рассчитать относительную погрешность каждого измерения размаха виброперемещения в диапазоне от 60 мкм по формуле:

$$\delta_c = \frac{|S_{\varepsilon_{pp}} - S_{pp}|}{S_{\varepsilon_{pp}}} \times 100 \% ,$$

где δ_c – относительная погрешность измерения;

S_{pp} – размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом;

$S_{\varepsilon_{pp}}$ – размах виброперемещения по эталонному каналу.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность не превышает 5%.

7.4.6. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения размаха виброперемещения в диапазоне измерений от 3 до 60 мкм (включительно) по формуле:

$$\Delta = S_{pp} - S_{pp_0}$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

S_{pp} – размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом;

S_{pp_0} – размах виброперемещения по эталонному каналу.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 3 мкм.

7.5 Определение неравномерности АЧХ абсолютной вибрации

7.5.1. Устанавливать последовательно частоту колебаний вибростенда из ряда, который формируется следующим образом:

$$f_{\min}/2, f_{\min}, 2f_{\min}; (10, 20, 40, 80, 160, 320, 500)^*, 2/3f_{\max}; 0,8f_{\max}; f_{\max}; 2f_{\max}$$

где f_{\min} – нижняя частота среза;

f_{\max} – верхняя частота среза

Примечание:

* - частоты, которыми должен быть дополнен ряд при большой верхней частоте среза

7.5.2. На каждой частоте амплитуду сигнала устанавливают такой, чтобы установленное СКЗ виброскорости было 10 мм/с.

7.5.3. При каждом измерении следует определить СКЗ виброскорости, измеренное поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому индикатору) и, измерив ток на токовом выходе, пересчитать его в измеренную величину как описано в п.7.3.6. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.5.4. Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в СКЗ виброскорости по формуле, приведенной в п. 7.1.3.6

7.5.5. Для каждой частоты рассчитать неравномерность АЧХ по формуле:

$$\delta_c = \frac{|V_{e_a} - V_e|}{V_{e_a}} \times 100\%$$

где V_e – СКЗ виброскорости, измеренное на данной частоте;

V_{e_a} – СКЗ виброскорости, измеренное на калибровочной частоте 80 Гц.

7.5.6. Результаты проверки считаются удовлетворительными, если на каждой частоте в диапазоне неравномерность АЧХ не превышает 5% (кроме частот вблизи границ диапазона), ослабление АЧХ на частотах вблизи границ диапазона не более 3 дБ,

Примечание: в зависимости от характеристик используемого оборудования при определении неравномерности АЧХ допускается устанавливать эталонное СКЗ виброскорости отличным от 10 мм/с.

7.6 Определение основной погрешности измерения размаха и амплитудного значения относительного виброперемещения

7.6.1. Последовательно устанавливая размах относительного виброперемещения в пределах диапазона измерения (включая нижнюю и верхнюю границы) с шагом 10% от диапазона измерения, для этого:

вращая от руки диск устройства для калибровки по индикатору часового типа, входящему в состав устройства, определить максимальное S_{\max} и минимальное расстояние S_{\min} от датчика до диска.

рассчитать установленные размах и пиковое значение виброперемещения по формулам:

$$S_{\Delta pp} = S_{\max} - S_{\min},$$

$$S_{\Delta p} = S_{\Delta pp} / 2,$$

где $S_{\Delta pp}$ – размах виброперемещения по эталонному каналу;

$S_{\Delta p}$ – пиковое значение виброперемещения по эталонному каналу;

S_{\max} – максимальное расстояние от датчика до диска, мкм;

S_{\min} – минимальное расстояние от датчика до диска, мкм;

7.6.2. Установить взамен индикатора часового типа датчик поверяемого канала, при этом ось датчика должна совпадать с осью вращения диска.

7.6.3. Включить электродвигатель с частотой вращения диска 4800 об/мин

7.6.4. Определить размах и пиковое значение виброперемещения, измеренные поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому индикатору) и измерить ток на токовых выходах. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.6.5. Пересчитать значение силы тока на соответствующем токовом выходе в размах виброперемещения по формуле:

$$S_{pp} = (I_{\text{изм}} - I_{\min}) * (S_{pp_{\max}} - S_{pp_{\min}}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

где S_{pp} – размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом, мкм;

$I_{\text{изм}}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{\min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{\max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$S_{pp_{\max}}$ – верхняя граница диапазона измерения размаха виброперемещения, мкм;

$S_{pp_{\min}}$ – нижняя граница диапазона измерения размаха виброперемещения, мкм.

7.6.6. Пересчитать значение силы тока на соответствующем токовом выходе в пиковое значение виброперемещения по формуле:

$$S_p = (I_{\text{изм}} - I_{\min}) * (S_{p_{\max}} - S_{p_{\min}}) / (I_{\max} - I_{\min})$$

где S_p – пиковое значение виброперемещения, измеренное поверяемым каналом, мкм;

$I_{\text{изм}}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{\min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{\max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

$S_{p_{\max}}$ – верхняя граница диапазона измерения пикового значения виброперемещения, мкм;

$S_{p\min}$ – нижняя граница диапазона измерения пикового значения виброперемещения, мкм.

7.6.7. Повторить пп.7.3.6.1 – 7.3.4.6 для других значений размаха виброперемещения

7.6.8. Рассчитать относительную погрешность каждого измерения размаха виброперемещения в диапазоне измерений от 80 мкм по формуле:

$$\delta_c = \frac{|S_{\text{эpp}} - S_{\text{pp}}|}{S_{\text{эpp}}} \times 100 \%,$$

где δ_c – относительная погрешность измерения размаха виброперемещения;

S_{pp} – размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом;

$S_{\text{эpp}}$ – размах виброперемещения по эталонному каналу;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность не превышает 5%.

i. Рассчитать относительную погрешность каждого измерения пикового значения виброперемещения в диапазоне измерений от 80 мкм по формуле:

$$\delta_c = \frac{|S_{\text{эp}} - S_p|}{S_{\text{эp}}} \times 100 \%,$$

где δ_c – относительная погрешность измерения пикового значения виброперемещения;

S_p – пиковое значение виброперемещения, измеренное поверяемым каналом;

$S_{\text{эp}}$ – пиковое значение виброперемещения по эталонному каналу.

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении относительная погрешность не превышает 5%.

7.6.9. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения размаха виброперемещения в диапазоне до 80 мкм по формуле:

$$\Delta = S_{\text{эpp}} - S_{\text{pp}},$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

S_{pp} – размах виброперемещения, измеренный поверяемым каналом;

$S_{\text{эpp}}$ – размах виброперемещения по эталонному каналу

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 4 мкм

ii. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения пикового значения виброперемещения в диапазоне до 80 мкм по формуле:

$$\Delta = S_{\text{эp}} - S_p,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

S_p – пиковое значение виброперемещения, измеренное поверяемым каналом;

$S_{\text{эp}}$ – пиковое значение виброперемещения по эталонному каналу;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 4 мкм

7.7 Определение основной погрешности измерения зазора каналом измерения относительной вибрации и искривления вала

7.7.1. Вращая микрометрический винт стенда, последовательно устанавливая зазор равным от 0 до 5 мм относительно установочного зазора с шагом 0,5 мм. При каждом заданном значении зазора определить значение зазора, измеренное поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому индикатору) и измерить ток на токовом выходе. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.7.2. Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в значение зазора по формуле:

$$Z = (I_{\text{изм}} - I_{\text{min}}) * (Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}})$$

где Z – значение зазора, измеренное поверяемым каналом, мкм;

$I_{\text{изм}}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

Z_{max} – верхняя граница диапазона измерения зазора, мкм;

Z_{min} – нижняя граница диапазона измерения зазора, мкм.

iii. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения по формуле:

$$\Delta = Z_0 - Z,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

Z – значение зазора, измеренное поверяемым каналом;

Z_0 – значение зазора, установленное на стенде

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 20 мкм.

7.8 Определение основной абсолютной погрешности измерения осевого сдвига

7.8.1. Вращая микрометрический винт стенда, последовательно устанавливая зазор равным от минус 2,5 до плюс 2,5 мм относительно установочного зазора с шагом 0,5 мм. При каждом заданном значении осевого сдвига определить значение осевого сдвига, измеренное поверяемым каналом (считать показания по цифровому индикатору) и измерить ток на токовом выходе. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.8.2. Пересчитать значение силы тока на токовом выходе в значение осевого сдвига по формуле:

$$Z = (I_{\text{изм}} - I_{\text{min}}) * (Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) + Z_{\text{уст}} - |Z_{\text{min}}|$$

где Z – значение осевого сдвига, измеренное поверяемым каналом, мкм;

$I_{\text{изм}}$ – значение силы тока на токовом выходе, мА;

I_{min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

Z_{max} – верхняя граница диапазона измерения осевого сдвига, мкм;

Z_{min} – нижняя граница диапазона измерения осевого сдвига, мкм.

$Z_{\text{уст}}$ – установочный зазор, мкм;

$|Z_{\text{min}}|$ – модуль значения нижней границы диапазона измерения осевого сдвига, мкм.

7.8.3. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения по формуле:

$$\Delta = Z_0 - Z,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

Z – значение осевого сдвига, измеренное поверяемым каналом;

Z_0 – значение осевого сдвига, установленное на стенде (равно фактическому расстоянию между торцом датчика и эталонной пластиной минус значение установочного зазора)

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 20 мкм.

7.9 Определение основной погрешности измерения поперечного перемещения, положения ротора, относительного расширения, линейного перемещения

7.9.1. Датчик устанавливать на приспособлении в положении, при котором показание измерительного контроллера равно нулю.

7.9.2. На приспособлении, по оцифрованным отметкам шкалы измерительного прибора, установить ряд значений смещений ориентировочно равный 0; 25; 50; 75; 100% (–50; –25; 0; 25; 50%) диапазона измерения, по приборам в цепях унифицированных сигналов, цифровому индикатору измерительного контроллера, компьютера определить соответствующие значения смещения и унифицированных сигналов.

7.9.3. Рассчитать основную относительную погрешность измерения по формулам:

для цифрового индикатора измерительного контроллера

$$\delta_n = \frac{|S_i - S_n - S_0|}{S_i - S_0} \cdot 100\%$$

для унифицированного сигнала 0 – 5, 4 – 20 мА

$$\delta_y = \frac{\left| S_i - S_0 - \frac{(S_s - S_n) \cdot (I_y - I_n)}{I_s - I_n} - S_n \right|}{S_i - S_0} \cdot 100\%$$

где S_n – показание на компьютере и индикаторе измерительного контроллера, мм;

S_i – смещение по измерительному прибору на приспособлении, мм;

S_0 – смещение по измерительному прибору на приспособлении при нулевом показании на компьютере и измерительного контроллера (для каналов измерения относительной вибрации вала $S_0 = 0$), мм

S_s – верхнее значение диапазона измерения измерительного контроллера, мм;

S_n – нижнее значение диапазона измерения измерительного контроллера, мм;

I_y – унифицированный сигнал постоянного тока, мА;

I_s – верхнее значение шкалы токового унифицированного сигнала измерительного контроллера, мА;

I_n – нижнее значение шкалы токового унифицированного сигнала измерительного контроллера, мА.

7.9.4. Максимальные значения погрешности измерения не должны превышать значений указанных в разделе 1.5 технических условий ТМБН.421453.001ТУ

7.10 Поверка частотного диапазона измерения, определение неравномерности амплитудно-частотной характеристики канала измерения параметров относительной вибрации и канала измерения искривления вала

7.10.1. Установить датчик на приспособлении СП50, воспроизвести колебания с постоянной амплитудой и частотой в соответствии с таблицей 5 и снять показания измерительного контроллера и миллиамперметра, подключенного в цепь измерительного контроллера.

Таблица 5

| Наименование параметра | Частота колебаний стенда для относительного виброперемещения, Гц | | | | | | | | | | |
|---|--|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | 5 | 10 | 20 | 40 | 80 | 160 | 315 | 500 | 800 | 1000 | 2000 |
| Значение виброперемещения по измерительному контроллеру, мкм | | | | | | | | | | | |
| Показание миллиамперметра, (I _i),мА | | | | | | | | | | | |
| Неравномерность АЧХ для компьютера и цифрового индикатора измерительного контроллера, % | | | | | | | | | | | |
| Неравномерность АЧХ для унифицированного токового сигнала 0-5, 4-20 мА, % | | | | | | | | | | | |

7.10.2. Рассчитать неравномерность АЧХ:

для компьютера и цифрового индикатора измерительного контроллера по формуле 3
для унифицированного токового сигнала 0-5, 4-20 мА по формуле 4.

7.10.3. Максимальное значение неравномерности АЧХ должно соответствовать требованиям п.1.5.3 и 1.5.6 технических условий ТМБН.421453.001ТУ

7.11 Определение основной погрешности измерения канала измерения частоты вращения

7.11.1. Поочередно устанавливая частоту на выходе генератора 1; 5; 50; 200; 500 Гц, при этом амплитуда прямоугольных импульсов должна быть не менее 2,5В

7.11.2. При каждом установленном значении частоты генератора определить частоту вращения, измеренную поверяемым каналом (считать результаты измерения по цифровому

индикатору измерительного контроллера) и измерить ток на токовом выходе. Протокол записи результатов измерений допускается вести в произвольной форме.

7.11.3. Пересчитать результаты измерения по цифровому индикатору измерительного контроллера в значение силы тока на токовом выходе, которое должно быть при этом, по формуле:

для токового выхода 4-20 мА

$$I = 4 + \frac{F * (I_{\max} - I_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})}$$

для токового выхода 0-5 мА

$$I = \frac{F * (I_{\max} - I_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})}$$

где I – рассчитанное значение силы тока на токовом выходе, мА;

F – значение частоты вращения, измеренное поверяемым каналом, об/мин;

I_{\min} – нижний предел изменения силы тока, мА;

I_{\max} – верхний предел изменения силы тока, мА;

F_{\max} – верхняя граница диапазона измерения частоты вращения, об/мин;

F_{\min} – нижняя граница диапазона измерения частоты вращения, об/мин.

iv. Определить погрешность передачи сигнала при каждом измерении по формуле:

$$\delta = \frac{(I - I_{\text{изм}})}{I} * 100,$$

где δ – погрешность передачи сигнала, %;

$I_{\text{изм}}$ – измеренное значение силы тока на токовом выходе, мА;

I – рассчитанное значение силы тока на токовом выходе, мА;

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении погрешность передачи сигнала не превышает ± 1 %.

v. Рассчитать абсолютную погрешность каждого измерения по формуле:

$$\Delta = F - 60 f_0,$$

где Δ – абсолютная погрешность измерения;

F – частота вращения, измеренная поверяемым каналом, об/мин;

f_0 – частота генератора, Гц

Результаты поверки считаются удовлетворительными, если ни при одном измерении абсолютная погрешность не превышает ± 1 об/мин.

7.12 Определение основной погрешности измерения тока

7.12.1. Выбрать пять точек X_i равномерно распределенных по диапазону измеряемой величины.

7.12.2. Подать сигнал на вход канала соответствующее X_i . Записать показания цифрового индикатора, компьютера и приборов в цепях унифицированных сигналов.

7.12.3. Рассчитать основную относительную погрешность измерения по формулам:

– для компьютера и цифрового индикатора

$$\delta_c = \frac{|X_K - X_i|}{X_i} \cdot 100\% \quad (15)$$

– для унифицированного сигнала 0 – 5 мА, 4 – 20 мА

$$\delta_y = \frac{\left| \frac{(X_s - X_n) \cdot (I_y - I_n)}{I_s - I_n} + X_n - X_i \right|}{X_i} \cdot 100\% \quad (16)$$

где X_K – показание компьютера, цифрового индикатора;

X_i – значение по эталону;

X_s – верхнее значение диапазона измерения устройства сбора данных и управления;

X_n – нижнее значение диапазона измерения устройства сбора данных и управления;

I_y – унифицированный сигнал постоянного тока, мА;

I_s – верхнее значение шкалы токового унифицированного сигнала устройства сбора данных и управления, мА;

I_n – нижнее значение шкалы токового унифицированного сигнала устройства сбора данных и управления, мА.

Максимальное значение погрешности измерения не должно превышать значений указанных в разделе 1.5 технических условий ТМБН.421453.001ТУ.

7.12.4. В случае отсутствия у заказчика образцовых средств измерений и испытательного оборудования, обеспечивающих требуемую точность измерения, допускается проводить поверку на имеющемся оборудовании, но при этом следует учитывать, что пределы допустимой погрешности измерения системы должны определяться с учетом погрешности испытательного оборудования по формуле:

$$\delta = \sqrt{(\delta_0)^2 + (\delta_{cu})^2}$$

где δ_0 – пределы основной погрешности измерения канала;

δ_{cu} – суммарная погрешность образцовых средств измерения.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

8.1 Результаты поверки заносятся в паспорт. Положительные результаты оформляются свидетельством о поверке, а отрицательные - соответствующим актом.

| Лист регистрации изменений | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|------------|-------|----------------|---------------------------------|----------|--|-------|------|
| Изм. | Номера листов (страниц) | | | | Всего листов (страниц) в докум. | № докум. | Входящий № сопроводительного докум. и дата | Подп. | Дата |
| | измененных | замененных | новых | аннулированных | | | | | |
| | | | | | | | | | |

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.

8.1 Результаты поверки заносятся в паспорт. Положительные результаты оформляются свидетельством о поверке, а отрицательные - соответствующим актом.

Начальник отдела ФГУП «ВНИИМС»



А.Е.Рачковский

Начальник лаборатории ФГУП
«ВНИИМС»



А.Г.Волченко