

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора

ФБУ «Тест-С.-Петербург»

Р. В. Павлов

16.09 2019 г.



ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

СИЭЛ-166Х

Методика поверки

ТПКЦ. 427671.106 МП

г. Санкт-Петербург

2019

1. ОБЪЕКТ ПОВЕРКИ

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи линейных перемещений (ПЛП) СИЭЛ-166Х в модификациях СИЭЛ-1661, СИЭЛ-1661N, СИЭЛ-1662, СИЭЛ-1663, СИЭЛ-1664 и устанавливает методику первичной и периодической поверки.

ПЛП состоит из неконтактного вихретокового датчика СИЭЛ-166Д с соединительным кабелем и генератора-преобразователя (ГП).

Настоящая методика распространяется на следующие модификации ПЛП:

ПЛП с расширенным диапазоном преобразования, используемые в измерительных каналах осевого сдвига

СИЭЛ-1661-10-XX-SC и СИЭЛ-1661-16-XX-SC: выходной сигнал - напряжение положительной полярности, пропорциональное зазору;

СИЭЛ-1661N-10-XX-SC и СИЭЛ-1661N-16-XX-SC: выходной сигнал – напряжение отрицательной полярности, пропорциональное зазору;

СИЭЛ-1662-10-XX-SC и СИЭЛ-1662-16-XX-SC: выходной сигнал – ток, пропорциональный зазору.

ПЛП применяемые для измерения амплитуды относительного виброперемещения

СИЭЛ-1661-10-XX-SB и СИЭЛ-1661-16-XX-SB: выходной сигнал – напряжение положительной полярности, пропорциональное зазору;

СИЭЛ-1661N-10-XX-SB и СИЭЛ-1661N-16-XX-SB: выходной сигнал – напряжение отрицательной полярности, пропорциональное зазору;

СИЭЛ-1662-10-XX-SB и СИЭЛ-1662-16-XX-SB: выходной сигнал – ток, пропорциональный зазору.

Универсальные ПЛП, выходной сигнал может меняться пользователем установкой режимной перемычки и позволяет применять устройства как в измерительных каналах размаха относительного виброперемещения, так и в измерительных каналах осевого сдвига;

СИЭЛ-1663-10 и СИЭЛ-1663-16: выходной сигнал – ток, пропорциональный размаху относительного виброперемещения;

СИЭЛ-1663-10 и СИЭЛ-1663-16: выходной сигнал – ток, пропорциональный зазору при установленной перемычке «Режим».

ПЛП с дополнительными токовыми выходами «Импульс» и «Исправен», предназначенные для использования в измерительных каналах частоты вращения и синхронизации.

СИЭЛ-1664-10 и СИЭЛ-1664-16 выходной сигнал - напряжение, пропорциональное зазору.

Интервал между поверками - три года.

2. ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции и применяют средства поверки в соответствии с таблицей 2-1

Таблица 2-1

Наименование операции поверки	Номер пункта методики	Эталонные СИ и вспомогательная аппаратура	Проведение операции при	
			первичной поверке и поверке после ремонта	периодической поверке
1. Внешний осмотр	4.1	Визуально	Да	Да
2. Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора	4.3	Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД, диапазон установки зазора от 0 до 5000 мкм; цена деления 1 мкм; пределы допускаемой абсолютной погрешности установки зазора ± 15 мкм; Мультиметр Agilent 34401A; постоянное напряжение от 100 мВ до 1000 В; переменное от 3 Гц до 300 кГц, от 100 мВ до 750 В; ПГ $\pm(0,05D+0,04E)$ В, где D – показание прибора, E – верхнее граничное значение диапазона измерений; сила постоянного тока от 10 мА до 3 А; сила переменного тока от 3 Гц до 5 кГц, от 1 мА до 3 А; ПГ $\pm(0,005D+0,01E)$ В, где D – показание прибора, E – верхнее граничное значение диапазона измерений; Источник питания ПрофКиП Б5-71/1, диапазон воспроизведения выходного напряжения от 0,01 В до 30 В, ПГ $\pm(0,01 \times U_{\text{ВЫХ}}+0,2)$ В	Да	Да
3. Определение приведенной погрешности преобразования зазора	4.4		Да	Да
4. Определение значений зазора при формировании сигналов «Импульс» и «Исправность»	4.5		Да	Да
5. Определение действительного значения коэффициента преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения	4.6	Поверочная виброустановка, рабочий эталон 2 разряда согласно Государственной поверочной схеме для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения, утвержденной приказом Росстандарта № 2772 от 27.12.2018, диапазон частот (3-1000) Гц, диапазон воспроизводимых виброперемещений (1-1000) мкм, погрешность $\pm 2,0$ %; Устройство имитации вихретоковых нагрузок; Генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A, диапазон частот синусоидального сигнала от $1 \cdot 10^{-3}$ до $20 \cdot 10^6$ Гц, диапазон установки размаха выходного напряжения 10 мВ – 10 В, ПГ $\pm(0,01 \cdot U_{\text{ПИК-ПИК}}+0,001)$ В; Мультиметр Agilent 34401A; постоянное напряжение от 100 мВ до 1000 В; переменное от 3 Гц до 300 кГц, от 100 мВ до 750 В; ПГ $\pm(0,05D+0,04E)$ В, где D – показание прибора, E – верхнее граничное значение диапазона измерений; сила постоянного тока от 10 мА до 3 А; сила переменного тока от 3 Гц до 5 кГц, от 1 мА до 3 А; ПГ $\pm(0,005D+0,01E)$ В, где D – показание прибора, E – верхнее граничное значение диапазона измерений; Источник питания ПрофКиП Б5-71/1, диапазон воспроизведения выходного напряжения от 0,01 В до 30 В, ПГ $\pm(0,01 \cdot U_{\text{ВЫХ}}+0,2)$ В	Да	Да
6. Определение неравномерности частотной характеристики преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования	4.7		Да	Да
7. Определение основной относительной погрешности преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения	4.8	Расчет	Да	Да

- Примечание. 1. При поверке допускается применять другое оборудование и средства измерений, параметры которых не хуже параметров оборудования и средств измерений, указанных в таблице 2-1.
2. При поверке конкретных модификаций ПЛП следует определять метрологические характеристики, распространяющиеся на эти модификации.
3. Перед проведением поверки произвести настройку ПЛП на марку стали в соответствии с Приложениями 2, 3 Руководств по эксплуатации ТПКЦ.427671.106 РЭ и ТПКЦ. 427671.106-01 РЭ.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Все испытания проводят в нормальных климатических условиях:

- температура окружающего воздуха, °С 20±5;
- относительная влажность, %..... от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа.....не регламентируется;
- напряжение питания, В, постоянное 24±0,5.

При проведении проверки должны соблюдаться требования безопасности, изложенные в документах:

Преобразователи линейных перемещений СИЭЛ–166Х. Руководство по эксплуатации. ТПКЦ. 427671.106 РЭ.

Преобразователь линейных перемещений СИЭЛ–1664. Руководство по эксплуатации. ТПКЦ. 427671.106-01 РЭ.

Испытания может проводить специалист, имеющий высшее профессиональное образование.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1. Внешний осмотр.

- 4.1.1. Проверить комплект поставки ПЛП, состояние маркировочных надписей, целостность клеммных соединителей и корпуса прибора.
- 4.1.2. Приборы с дефектами, влияющими на технические характеристики, бракуют и направляют в ремонт.

4.2. Произвести следующие подготовительные действия.

- 4.2.1. Собрать приведенную в Приложении А электрическую схему для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.
- 4.2.2. Измерить значение сопротивления R_T с погрешностью не хуже $\pm 0,1 \%$.
- 4.2.3. Включить питание ПЛП и используемые приборы и прогреть их в течение 5 минут для установления рабочих режимов.

4.3. Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

- 4.3.1. Закрепить вихретоковый датчик и образец металла в устройстве УПД.
- 4.3.2. Последовательно установить значения зазоров $S_{МИН}$ и $S_{МАКС}$, определяемых для соответствующей модификации поверяемого ПЛП согласно таблице 4.1. Измерить значения выходного постоянного напряжения ($U_{МИН}$ и $U_{МАКС}$) для каждого значения зазора.

Таблица 4.1.

Модификация ПЛП	$S_{МИН}$, мм	$S_{МАКС}$, мм
СИЭЛ-1661-10-XX-SC	0,3	2,5
СИЭЛ-1661N-10-XX-SC		
СИЭЛ-1662-10-XX-SC		
СИЭЛ-1663-10-XX (в режиме преобразования зазора)		
СИЭЛ-1664-10-XX		
СИЭЛ-1661-16-XX-SC	0,5	4,5
СИЭЛ-1661N-16-XX-SC		
СИЭЛ-1662-16-XX-SC		
СИЭЛ-1663-16-XX (в режиме преобразования зазора)		
СИЭЛ-1664-16-XX		
СИЭЛ-1661-10-XX-SB	0,8	2,0
СИЭЛ-1661N-10-XX-SB		
СИЭЛ-1662-10-XX-SB		
СИЭЛ-1661-16-XX-SB	1,3	3,7
СИЭЛ-1661N-16-XX-SB		
СИЭЛ-1662-16-XX-SB		

- 4.3.3. Рассчитать значения коэффициента преобразования в диапазоне от $S_{МИН}$ до $S_{МАКС}$ по формулам из таблицы 4.2 для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.

Таблица 4.2.

Модификация ПЛП	Расчетная формула
СИЭЛ-1661, СИЭЛ-1661N СИЭЛ-1664	$K_{ПЗ} = \frac{U_{МАКС} - U_{МИН}}{S_{МАКС} - S_{МИН}} \quad \text{В/мм} \quad (1)$
СИЭЛ-1662 СИЭЛ-1663	$K_{ПЗ} = \frac{U_{МАКС} - U_{МИН}}{R_T \cdot (S_{МАКС} - S_{МИН})} \quad \text{В/мм} \quad (2)$

4.3.4. Рассчитать отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального (Δ_K) по следующей формуле:

$$\Delta_K = \frac{K_{ПЗ} - K_{НЗ}}{K_{НЗ}} \cdot 100 \% \quad (3)$$

где: $K_{НЗ}$ номинальное значение
коэффициента преобразования для модификаций:

СИЭЛ–1661N-10-XX-SC, В/мм	8,0;
СИЭЛ–1661-10-XX-SC, СИЭЛ–1664-10-XX, В/мм.....	4,0;
СИЭЛ–1661N-16-XX-SC, В/мм	4,0;
СИЭЛ–1661-16-XX-SC, СИЭЛ–1664-16-XX, В/мм.....	2,0;
СИЭЛ–1662-10-XX-SC, СИЭЛ–1663-10-XX (в режиме преобразования зазора), мА/мм	7,0;
СИЭЛ–1662-16-XX-SC, СИЭЛ–1663-16-XX (в режиме преобразования зазора), мА/мм	3,5.

4.3.5. Результат проверки является положительным, если Δ_K в диапазоне преобразования, указанном в Таблице 4.1 для соответствующей модификации ПЛП, находится в пределах $\pm 2,0 \%$.

4.4. Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

4.4.1. Выполнить операции по п.4.3.1.

4.4.2. Последовательно установить не менее пяти значений зазора (S_i) в диапазоне от $S_{МИН}$ до $S_{МАКС}$, включая границы диапазона: см. таблицу 4.1 для соответствующей модификации поверяемого ПЛП. Измерить величину выходного постоянного напряжения U_{3i} . Вычислить значение приведенной погрешности преобразования зазора Δ_3 по следующим формулам для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.

Таблица 4.3.

Модификация ПЛП	Расчетная формула
СИЭЛ–1661, СИЭЛ–1661N СИЭЛ–1664	$\Delta_3 = \pm \max \frac{(U_{3i} / K_{НЗ}) - S_i}{S_{МАКС}} \cdot 100 \% \quad (4)$
СИЭЛ–1662 СИЭЛ–1663	$\Delta_3 = \pm \max \frac{((U_{3i} / R_T) - I_0) / K_{НЗ}}{S_{МАКС}} - S_i \cdot 100 \% \quad (5)$

где: S_i заданное значение зазора, мм;
 U_{3i} значение постоянного напряжения на сопротивлении нагрузки, мВ;
 $K_{НЗ}$ номинальное значение коэффициента преобразования, см. п. 4.3.4;
 $S_{МАКС}$ максимальное значение зазора, см. таблицу 4.1;
 R_T измеренное значение сопротивления нагрузки (см. п. 4.2.2), Ом;
 I_0 расчетное значение выходного тока при нулевом зазоре:
 $I_0 = 2,20$ мА для вихретокового датчика СИЭЛ–166Д-10,
 $I_0 = 3,25$ мА для вихретокового датчика СИЭЛ–166Д-16.

4.4.3. Результат проверки является положительным, если Δ_3 находится в следующих пределах, %:

СИЭЛ–1661-10-XX-SC, СИЭЛ–1661N-10-XX-SC, СИЭЛ–1662-10-XX-SC, СИЭЛ–1663-10-XX (в режиме преобразования зазора)	$\pm 4,0$;
СИЭЛ–1661-16-XX-SC, СИЭЛ–1661N-16-XX-SC, СИЭЛ–1662-16-XX-SC, СИЭЛ–1663-16-XX (в режиме преобразования зазора), СИЭЛ–1664-10-XX, СИЭЛ–1664-16-XX	$\pm 5,0$;
СИЭЛ–1661-10-XX-SB, СИЭЛ–1661N-10-XX-SB, СИЭЛ–1662-10-XX-SB, СИЭЛ–1661-16-XX-SB, СИЭЛ–1661N-16-XX-SB, СИЭЛ–1662-16-XX-SB	$\pm 3,0$.

4.5. Определение значений зазора при формировании сигналов «Импульс» и «Исправность»

4.5.1. Выполнить операции по п.4.3.1.

4.5.2. Установить значение зазора (1,1±0,1) мм для модификации СИЭЛ-1664-10-XX или (2,2±0,2) мм для модификации СИЭЛ-1664-16-XX.

Увеличивая задаваемый зазор, определить по отсчетному устройству величину зазора, при котором происходит срабатывание выходного сигнала «Импульс», определяемое с помощью светодиода.

Далее уменьшая задаваемый зазор, определить по отсчетному устройству величину зазора, при котором происходит отпускание выходного сигнала «Импульс», определяемое с помощью светодиода.

4.5.3. Уменьшая задаваемый зазор, определить по отсчетному устройству величину зазора, при котором происходит отпускание выходного сигнала «Исправность», определяемое с помощью светодиода.

4.5.4. Результат проверки является положительным, если полученные значения зазора находятся в следующих пределах:

сигнал «Импульс» для модификаций, мм:

срабатывание	СИЭЛ-1664-10-XX	1,75±0,15;
	СИЭЛ-1664-16-XX	3,55±0,15;
отпускание	СИЭЛ-1664-10-XX	1,55±0,15;
	СИЭЛ-1664-16-XX	3,15±0,15.

сигнал «Исправность» для модификаций, мм:

отпускание	СИЭЛ-1664-10-XX	0,65±0,15;
	СИЭЛ-1664-16-XX	1,30±0,15.

4.6. Определение действительного значения коэффициента преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения.

4.6.1. Закрепить вихретоковый датчик СИЭЛ-166Д над образцом металла в вибрационной установке.

Установить начальный зазор между торцом измерительной головки датчика и образцом металла $S_{УСТ} = (1,4±0,1)$ мм для СИЭЛ-166Д-10 или $S_{УСТ} = (2,5±0,1)$ мм для СИЭЛ-166Д-16.

4.6.2. Последовательно задать вибростолу на базовой частоте f_B не менее пяти значений размаха относительного виброперемещения (ΔS_i) в диапазоне от $\Delta S_{МИН}$ до $\Delta S_{МАКС}$, включая границы диапазона: см. таблицу 4.4 для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.

Таблица 4.4.

Модификация ПЛП	f_B , Гц	$\Delta S_{МИН}$, мкм	ΔS_i , мкм			$\Delta S_{МАКС}$, мкм
СИЭЛ-1661-10-XX-SB	45	10	50	150	300	600
СИЭЛ-1661N-10-XX-SB						
СИЭЛ-1662-10-XX-SB						
СИЭЛ-1661-16-XX-SB						
СИЭЛ-1661N-16-XX-SB						
СИЭЛ-1662-16-XX-SB						
СИЭЛ-1663-10-XX-160		40	200	500	1000	2000
СИЭЛ-1663-10-XX-250						
СИЭЛ-1663-10-XX-320						
СИЭЛ-1663-10-XX-500						
СИЭЛ-1663-16-XX-1000						
СИЭЛ-1663-16-XX-2000						

4.6.3. Для каждого значения задаваемого размаха относительного виброперемещения измерить величину выходного напряжения U_{Bi} и вычислить значение коэффициента преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения, $K_{ПВ}$ по следующим формулам для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.

$$\begin{array}{l} \text{СИЭЛ-1661(N)-10-XX-SB} \\ \text{СИЭЛ-1661(N)-16-XX-SB} \end{array} \quad K_{ПВi} = \frac{2 \cdot \sqrt{2} U_{Bi}}{\Delta S_i} \quad \text{В/мм} \quad (6)$$

где: U_{Bi} значение выходного переменного напряжения, мВ;
 $K_{ПВi}$ коэффициент преобразования амплитуды относительного виброперемещения, В/мм.

$$\begin{array}{l} \text{СИЭЛ-1662-10-XX-SB} \\ \text{СИЭЛ-1662-16-XX-SB} \end{array} \quad K_{ПВi} = \frac{2 \cdot \sqrt{2} U_{Bi}}{\Delta S_i \cdot R_T} \quad \text{мА/мм} \quad (7)$$

где: U_{Bi} значение переменного напряжения на сопротивлении нагрузки, мВ;
 R_T измеренное значение сопротивления нагрузки (см. п. 4.2.2), Ом;
 $K_{ПВi}$ коэффициент преобразования амплитуды относительного виброперемещения, мА/мм.

$$\begin{array}{l} \text{СИЭЛ-1663-10-XX} \\ \text{СИЭЛ-1663-16-XX} \end{array} \quad K_{ПВi} = \left(\frac{U_{Bi}}{R_T} - I_0 \right) \cdot \frac{1}{\Delta S_i} \quad \begin{array}{l} \text{мкА/мк} \\ \text{м} \end{array} \quad (8)$$

где: U_{Bi} значение постоянного напряжения на сопротивлении нагрузки, мкВ;
 R_T измеренное значение сопротивления нагрузки (см. п. 4.2.2), Ом;
 I_0 значение выходного тока при отсутствии виброперемещения:
 $I_0 = 4000$ мкА;
 $K_{ПВi}$ коэффициент преобразования размаха относительного виброперемещения, мкА/мкм.

4.6.4. Вычислить действительное значение коэффициента преобразования $K_{ДВ}$ для испытуемой модификации ПЛП в диапазоне от $\Delta S_{\text{МИН}}$ до $\Delta S_{\text{МАКС}}$ по следующей формуле:

$$K_{ДВ} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{ПВi} \quad (9)$$

где: N число измерений;
 $K_{ПВi}$ коэффициент преобразования при i -ом значении заданного размаха относительного виброперемещения.

4.6.5. Вычислить нелинейность амплитудной характеристики Δ_A по формуле:

$$\Delta_A = \max \frac{K_{ПВi} - K_{ДВ}}{K_{ДВ}} \cdot 100 \% \quad (10)$$

4.6.6. Вычислить отклонение Δ_K действительного значения коэффициента преобразования $K_{ДВ}$ от его номинального значения $K_{НВ}$ для модификации СИЭЛ-1663, по формуле:

$$\Delta_K = \frac{K_{ДВ} - K_{НВ}}{K_{НВ}} \cdot 100 \% \quad (11)$$

4.6.7. Результат проверки является положительным, если в диапазоне выходных сигналов для модификаций см. Таблицу 4.4 нелинейность амплитудной характеристики Δ_A преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения на базовой

частоте для всех модификаций не превышает 2,0 %, а полученное значение Δ_K для модификации СИЭЛ–1663 находится в пределах $\pm 2,0$ %.

4.7. Определение неравномерности частотной характеристики преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

4.7.1. Выполнить операции по п.4.6.1.

4.7.2. Последовательно задать вибростолу не менее пяти значений размаха виброперемещения ($\Delta S_{чх}$) на частотах f_i из диапазона от $f_{мин}$ до $f_{макс}$, включая границы диапазона и базовую частоту: см. таблицу 4.5 для соответствующей модификации поверяемого ПЛП.

Таблица 4.5.

Модификация ПЛП	$\Delta S_{чх}$, мкм	$f_{мин}$, Гц	f_i , Гц				$f_{макс}$, Гц
			20	45	160	315	
СИЭЛ–1661–10–XX–SB	300	3	20	45	160	315	500
СИЭЛ–1661N–10–XX–SB							
СИЭЛ–1662–10–XX–SB							
СИЭЛ–1661–16–XX–SB	1000	3	5	10	20	45	80
СИЭЛ–1661N–16–XX–SB							
СИЭЛ–1662–16–XX–SB							
СИЭЛ–1663–10–XX–160	80	3	20	45	160	315	500
СИЭЛ–1663–10–XX–250	120						
СИЭЛ–1663–10–XX–320	160						
СИЭЛ–1663–10–XX–500	250						
СИЭЛ–1663–16–XX–1000	500	3	5	10	20	45	80
СИЭЛ–1663–16–XX–2000	1000						

Примечание: 1. Для задания виброперемещения на частотах вне рабочего диапазона вибростенда использовать Устройство имитации вихретоковых нагрузок.
 2. В зависимости от возможностей вибростенда по мере увеличения частоты допускается уменьшение задаваемого размаха относительного виброперемещения в пределах диапазона измерения ПЛП.

4.7.3. Для каждого значения частоты измерить напряжение выходного сигнала и рассчитать значение коэффициента преобразования по формулам (6) – (8).

4.7.4. Вычислить неравномерность частотной характеристики (Δ_f) по формуле (12):

$$\Delta_f = \max \left| \frac{K_{ПВ} - K_{БВ}}{K_{БВ}} \right| \cdot 100 \% \quad (12)$$

где: N — число измерений;
 $K_{БВ}$ — коэффициент преобразования на базовой частоте.

4.7.5. Результат проверки является положительным, если в частотном диапазоне, указанном в Таблице 4.5 неравномерность частотной характеристики преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения Δ_f для всех модификаций ПЛП не превышает 4,0 %.

4.8. Определение основной относительной погрешности преобразования размаха (амплитуды) относительного виброперемещения.

4.8.1. Используя результаты определения $\Delta_{АР}$ и Δ_f по пп. 4.6 и 4.7 соответственно вычислить основную относительную погрешность преобразования при доверительной вероятности 0,95 по формуле (13):


$$\Delta_{\text{ПЛП}} = \pm 1,1 \cdot \sqrt{(\Delta_{\text{AP}}^2 + \Delta_{\text{K}}^2 + \Delta_{\text{f}}^2 + \Delta_{\text{R}}^2 + \Delta_{\text{S}}^2 + \Delta_{\text{B}}^2)} \quad (13)$$

- где: Δ_{AP} нелинейность амплитудной характеристики, %;
 Δ_{K} отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального значения, %.
 Для модификаций СИЭЛ-1661-10-XX-SB, СИЭЛ-1661N-10-XX-SB, СИЭЛ-1662-10-XX-SB, СИЭЛ-1661-16-XX-SB, СИЭЛ-1661N-16-XX-SB и СИЭЛ-1662-16-XX-SB Δ_{K} см. п. 4.3.4.
 Δ_{f} неравномерность частотной характеристики, %;
 Δ_{R} погрешность измерения сопротивления нагрузки R_{T} , %;
 Δ_{S} погрешность вибрационной установки или устройства иммитации вихретоковых нагрузок, %;
 Δ_{B} погрешность вольтметра, %.

4.8.2. Результат проверки является положительным, если вычисленное значение $\Delta_{\text{ПЛП}}$ находится в пределах $\pm 6,0\%$.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

- 5.1. Положительные результаты поверки удостоверяются записью в паспорте ПЛП в виде клейма, заверяемого подписью поверителя, и знаком поверки на корпусе генератора-преобразователя в виде наклейки.
- 5.2. Отрицательные результаты поверки оформляются путем выдачи «Извещения о непригодности».

Начальник сектора виброакустических измерений отдела № 433  А.Ю. Смирнов

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СХЕМА СОЕДИНЕНИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛП

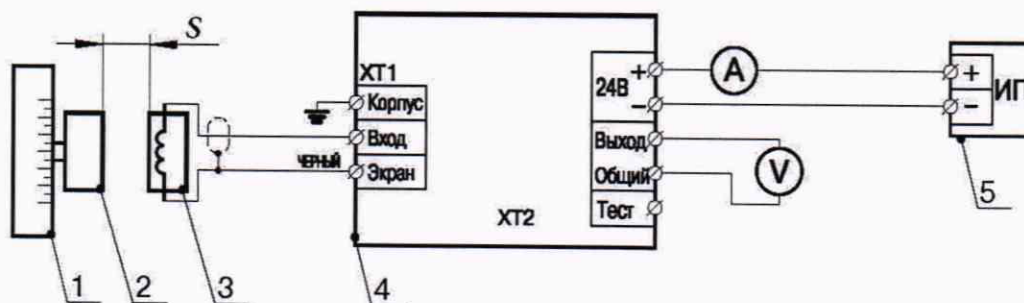


Рис. А.1. Для ПЛП СИЭЛ-1661.

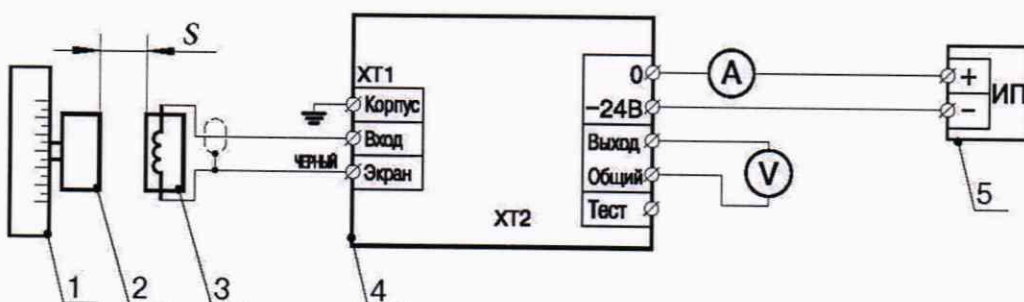


Рис. А.2. Для ПЛП СИЭЛ-1661N.

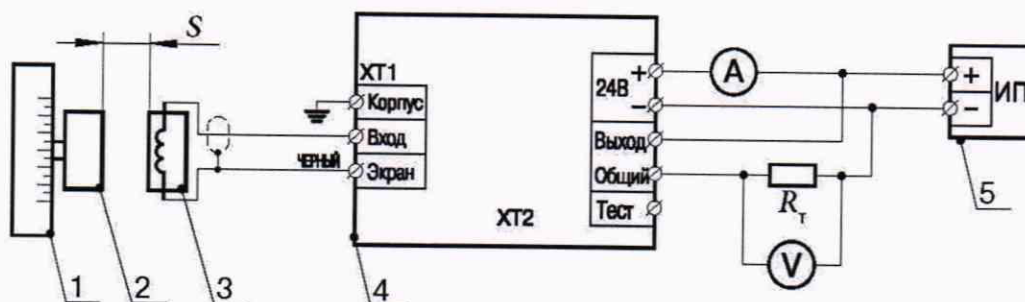


Рис. А.3. Для ПЛП СИЭЛ-1662.

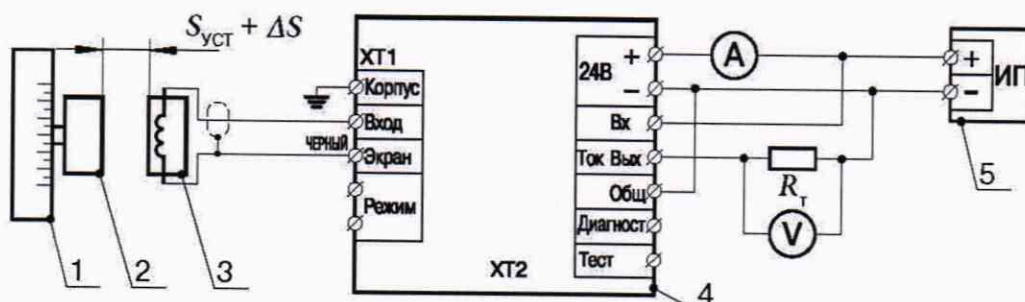


Рис. А.4. Для ПЛП СИЭЛ-1663
в режиме преобразования размаха относительного виброперемещения

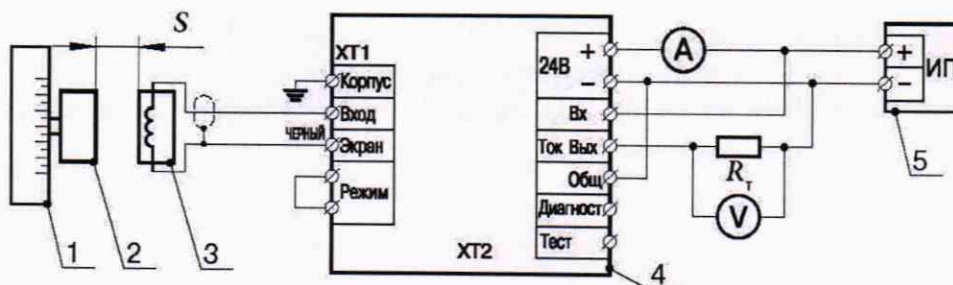


Рис. А.5. Для ПЛП СИЭЛ-1663 в режиме преобразования зазора

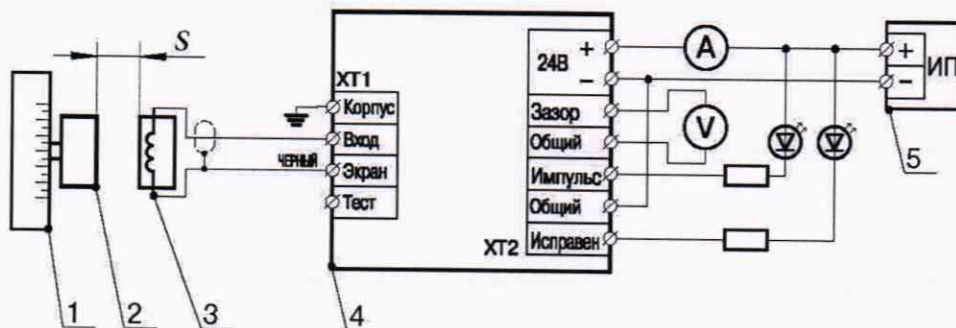
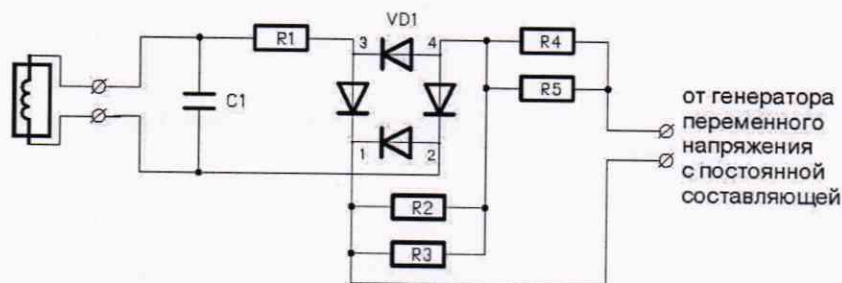


Рис. А.6. Для ПЛП СИЭЛ-1664.

Обозначения:

- 1 Устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УГД **при измерении зазора**;
Вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда _____ или устройство иммитации вихретоковых нагрузок **при измерении размаха (амплитуды) относительного виброперемещения**;
- 2 Образец металла, применяемый для настройки;
- 3 Датчик вихретоковый СИЭЛ-166Д;
- 4 Генератор-преобразователь;
- 5 Источник питания;
- (V) (A) Мультиметр цифровой;
- R_T Сопротивление цепи нагрузки токового сигнала: не более 500 Ом.



ПОЗ. ОБОЗН.	НАИМЕНОВАНИЕ	КОЛ	ПРИМЕЧАНИЕ
C1	Конденсатор NP0 50 В 470 пФ ±5%	1	
R1	Резистор CHIP 1206 2 кОм ±1%	1	
R2, R3, R4, R5	Резистор CHIP 1206 100 Ом ±1%	4	
VD1	Диод HSMS-2818	1	

Рис. А.7. Схема устройства имитации вихретоковых нагрузок.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1661-XX-XX-SC

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД.

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{МИН}$, мм		$U_{МИН}$, В	$S_{МАКС}$, мм		$U_{МАКС}$, В	$K_{НЗ}$, В/мм		$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_k , %
1661-10	1661-16		1661-10	1661-16		1661-10	1661-16		
0,3	0,5		2,5	4,5		4,0	2,0		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{НЗ}$, В/мм		$U_{Зi}$, В	$\Delta_{Зi}$, %	$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_z , %
	1661-10	1661-16	1661-10	1661-16				
$S_{МИН}$	0,30	0,50	4,0	2,0				(не) го- ден
	0,60	1,10						
	1,00	1,80						
	1,40	2,50						
	1,80	3,20						
	2,20	3,90						
$S_{МАКС}$	2,50	4,50						

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1661N-XX-XX-SC

Дата проведения поверки: _____

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД.

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{\text{МИН}}$, мм		$U_{\text{МИН}}$, В	$S_{\text{МАКС}}$, мм		$U_{\text{МАКС}}$, В	$K_{\text{НЗ}}$, В/мм		$K_{\text{ПЗ}}$, В/мм	Δ_k , %
1661N-10	1661N-16		1661N-10	1661N-16		1661N-10	1661N-16		
0,3	0,5		2,5	4,5		-8,0	-4,0		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{\text{НЗ}}$, В/мм		U_{3i} , В	Δ_{3i} , %	$K_{\text{ПЗ}}$, В/мм	Δ_3 , %
	1661N-10	1661N-16	1661N-10	1661N-16				
$S_{\text{МИН}}$	0,30	0,50	-8,0	-4,0				
	0,60	1,10						
	1,00	1,80						
	1,40	2,50						
	1,80	3,20						
$S_{\text{МАКС}}$	2,20	3,90						
	2,50	4,50						(не) го-ден

Поверитель: _____

Протокол поверки ПЛП
СИЭЛ–1662-XX-XX-SC, СИЭЛ–1663-XX (в режиме преобразования зазора)

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД.

Измеренное значение:

R_T , Ом

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{\text{МИН}}$, мм		$U_{\text{МИН}}$, В	$S_{\text{МАКС}}$, мм		$U_{\text{МАКС}}$, В	$K_{\text{НЗ}}$, мА/мм		$K_{\text{ПЗ}}$, мА/мм	Δ_k , %
						1662-10 1663-10	1662-16 1663-16		
0,3	0,5		2,5	4,5		7,0	3,5		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{\text{НЗ}}$, мА/мм		U_{3i} , В	Δ_{3i} , %	$K_{\text{ПЗ}}$, мА/мм	Δ_3 , %
	1662-10 1663-10	1662-16 1663-16	1662-10 1663-10	1662-16 1663-16				
$S_{\text{МИН}}$	0,30	0,50	7,0	3,5				
	0,60	1,10						
	1,00	1,80						
	1,40	2,50						
	1,80	3,20						
$S_{\text{МАКС}}$	2,20	3,90						(не) годен
	2,50	4,50						

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1661-XX-XX-SB

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД; вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда; устройство имитации вихретоковых нагрузок; генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A.

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{МИН}$, мм		$U_{МИН}$, В	$S_{МАКС}$, мм		$U_{МАКС}$, В	$K_{НЗ}$, В/мм		$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_k , %
1661-10	1661-16		1661-10	1661-16		1661-10	1661-16		
0,8	1,3		2,0	3,7		4,0	2,0		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{НЗ}$, В/мм		$U_{Зi}$, В	$\Delta_{Зi}$, %	$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_3 , %
	1661-10	1661-16	1661-10	1661-16				
$S_{МИН}$	0,80	1,30	4,0	2,0				(не) годен
	1,00	1,70						
	1,20	2,10						
	1,40	2,50						
	1,60	2,90						
	1,80	3,30						
$S_{МАКС}$	2,00	3,70						

Определение действительного значения коэффициента преобразования амплитуды относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

ΔS_i , мкм		f_b , Гц		$U_{Зi}$, мВ	$K_{ПВi}$, В/мм	Δ_{APi} , %	Δ_{AP} , %
1661-10	1661-16	1661-10	1661-16				
10,00	40,00	45	45				(не) годен
50,00	250,00						
150,00	500,00						
300,00	1000,00						
600,00	2000,00						

Определение неравномерности частотной характеристики преобразования амплитуды относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

f , Гц		ΔS_i , мкм		U_{3i} , мВ	$K_{ПВи}$, В/мм	Δ_{Fi} , %	Δ_F , %
1661-10	1661-16	1661-10	1661-16				
3,00	3,00	80	300				(не) годен
20,00	5,00						
45,00	10,00						
160,00	20,00						
315,00	45,00						
500,00	80,00						

Определение основной относительной погрешности преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

Δ_{AP} , %	Δ_3 , %	Δ_F , %	Δ_R , %	Δ_S , %	Δ_B , %	$\Delta_{ПЛП}$, %
						(не) годен

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1661N-XX-XX-SB

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД; вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда; устройство имитации вихретоковых нагрузок; генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A.

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{МИН}$, мм		$U_{МИН}$, В	$S_{МАКС}$, мм		$U_{МАКС}$, В	$K_{НЗ}$, В/мм		$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_k , %
1661N-10	1661N-16		1661N-10	1661N-16		1661N-10	1661N-16		
0,8	1,3		2,0	3,7		8,0	4,0		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{НЗ}$, В/мм		$U_{Зi}$, В	$\Delta_{Зi}$, %	$K_{ПЗ}$, В/мм	Δ_3 , %
	1661N-10	1661N-16	1661N-10	1661N-16				
$S_{МИН}$	0,80	1,30	8,0	4,0				(не) го- ден
	1,00	1,70						
	1,20	2,10						
	1,40	2,50						
	1,60	2,90						
$S_{МАКС}$	1,80	3,30						
	2,00	3,70						

Определение действительного значения коэффициента преобразования амплитуды относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

ΔS_i , мкм		f_b , Гц		$U_{Зi}$, мВ	$K_{ПВi}$, В/мм	Δ_{APi} , %	Δ_{AP} , %
1661N-10	1661N-16	1661N-10	1661N-16				
10,00	40,00	45	45				(не) годен
50,00	250,00						
150,00	500,00						
300,00	1000,00						
600,00	2000,00						

Определение неравномерности частотной характеристики преобразования амплитуды относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

f , Гц		ΔS_i , мкм		U_{zi} , мВ	$K_{пви}$, В/мм	Δ_{Fi} , %	Δ_F , %
1661N-10	1661N-16	1661N-10	1661N-16				
3,00	3,00	80	300				(не) годен
20,00	5,00						
45,00	10,00						
160,00	20,00						
315,00	45,00						
500,00	80,00						

Определение основной относительной погрешности преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

Δ_{AP} , %	Δ_3 , %	Δ_F , %	Δ_R , %	Δ_S , %	Δ_B , %	$\Delta_{плп}$, %
						(не) годен

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1662-XX-XX-SB

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД; вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда; устройство имитации вихретоковых нагрузок; генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A.

Измеренное значение:

R_T , Ом

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{\text{МИН}}$, мм		$U_{\text{МИН}}$, В	$S_{\text{МАКС}}$, мм		$U_{\text{МАКС}}$, В	$K_{\text{НЗ}}$, мА/мм		$K_{\text{ПЗ}}$, мА/мм	Δ_k , %
						1662-10	1662-16		
1662-10	1662-16		1662-10	1662-16		1662-10	1662-16		
0,8	1,3		2,0	3,7		7,0	3,5		
									(не) годен

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{\text{НЗ}}$, мА/мм		$U_{\text{Зi}}$, В	$\Delta_{\text{Зi}}$, %	$K_{\text{ПЗ}}$, мА/мм	$\Delta_{\text{З}}$, %
	1662-10	1662-16	1662-10	1662-16				
$S_{\text{МИН}}$	0,80	1,30	7,0	3,5				(не) го- ден
	1,00	1,70						
	1,20	2,10						
	1,40	2,50						
	1,60	2,90						
	1,80	3,30						
$S_{\text{МАКС}}$	2,00	3,70						

Определение действительного значения коэффициента преобразования амплитуды относительного виброперемещения ($K_{\text{ПВ}}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{\text{ПВ}}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

ΔS_i , мкм		f_b , Гц		$U_{\text{Зi}}$, мВ	$K_{\text{ПВi}}$, мА/мм	$\Delta_{\text{АРi}}$, %	$\Delta_{\text{АР}}$, %
1662-10	1662-16	1662-10	1662-16				
10,00	40,00	45	45				(не) годен
50,00	250,00						
150,00	500,00						
300,00	1000,00						
600,00	2000,00						

Определение неравномерности частотной характеристики преобразования амплитуды относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

f , Гц		ΔS_i , мкм		U_{zi} , мВ	$K_{ПВи}$, мА/мм	Δ_{Fi} , %	Δ_F , %
1662-10	1662-16	1662-10	1662-16				
3,00	3,00	80	300				(не) годен
20,00	5,00						
45,00	10,00						
160,00	20,00						
315,00	45,00						
500,00	80,00						

Определение основной относительной погрешности преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

Δ_{AP} , %	Δ_z , %	Δ_F , %	Δ_R , %	Δ_S , %	Δ_B , %	$\Delta_{плп}$, %
						(не) годен

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1664-XX-XX

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД.

Определение действительного значения коэффициента преобразования зазора ($K_{ПЗ}$) и отклонения действительного значения $K_{ПЗ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования зазора.

$S_{\text{МИН}}$, мм		$U_{\text{МИН}}$, В	$S_{\text{МАКС}}$, мм		$U_{\text{МАКС}}$, В	$K_{\text{НЗ}}$, В/мм		$K_{\text{ПЗ}}$, В/мм	Δ_k , %
1664-10	1664-16		1664-10	1664-16		1664-10	1664-16		
0,3	0,5		2,5	4,5		4,0	2,0		
(не) годен									

Определение приведенной погрешности преобразования зазора.

	S_i , мм		$K_{\text{НЗ}}$, В/мм		U_{zi} , В	Δ_{zi} , %	$K_{\text{ПЗ}}$, В/мм	Δ_z , %
	1664-10	1664-16	1664-10	1664-16				
$S_{\text{МИН}}$	0,30	0,5	4,0	2,0				(не) го- ден
	0,60	1,1						
	1,00	1,8						
	1,40	2,5						
	1,80	3,2						
	2,20	3,9						
$S_{\text{МАКС}}$	2,50	4,5						

Определение значений зазора при формировании сигналов "Импульс" и "Исправность".

Исправность: зазор, мм при отпускании (не) годен

Импульс:

зазор, мм при срабатывании

зазор, мм при отпускании (не) годен

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1663-10-XXX

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД; вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда; устройство имитации вихретоковых нагрузок; генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A.

Измеренное значение:

R_T , Ом

Определение действительного значения коэффициента преобразования размаха относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

ΔS_i , мкм				f_B	I_0	$U_{Вi}$, мкВ	$K_{ПВi}$, мкА/мкм	$K_{ДВ}$, мкА/мкм	Δ_{APi} , %	Δ_{AP} , %	Δ_K , %	
10-XX-160	10-XX-250	10-XX-320	10-XX-500									
10	20	20	20	45 Гц	4000 мкА							
20	40	80	160									
40	80	160	250									
80	160	250	320									
160	250	320	500									
												(не) годен

Определение неравномерности частотной характеристики преобразования размаха относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

ΔS , мкм				f_i , Гц	I_0	$U_{Вi}$, мкВ	$K_{ПВi}$, мкА/мкм	$K_{ДВ}$, мкА/мкм	Δ_{Fi} , %	Δ_F , %
10-XX-160	10-XX-250	10-XX-320	10-XX-500							
80	120	160	250	10	4000 мкА					(не) годен
				20						
				45						
				160						
				315						
				500						

Определение основной относительной погрешности преобразования размаха относительного виброперемещения.

Δ_{AP} , %	Δ_3 , %	Δ_F , %	Δ_R , %	Δ_S , %	Δ_B , %	$\Delta_{ПЛП}$, %
						(не) годен

Поверитель:

Протокол поверки ПЛП СИЭЛ-1663-16-XXX

Дата проведения поверки:

Условия поверки: нормальные.

Внешний осмотр: соответствует.

Средства измерений: мультиметр Agilent 34401A; устройство для поверки преобразователей вихретоковых в статическом режиме УПД; вибрационная установка, рабочий эталон 2 разряда; устройство имитации вихретоковых нагрузок; генератор сигналов произвольной формы Agilent 33220A.

Измеренное значение:

R_T , Ом

Определение действительного значения коэффициента преобразования размаха относительного виброперемещения ($K_{ПВ}$), нелинейности амплитудной характеристики и отклонения действительного значения $K_{ПВ}$ от номинального значения; проверка нормируемого по линейности диапазона преобразования амплитуды относительного виброперемещения.

ΔS_i , мкм		f_b	I_0	$U_{Вi}$, мкВ	$K_{ПВi}$, мкА/мкм	$K_{ДВ}$, мкА/мкм	Δ_{APi} , %	Δ_{AP} , %	Δ_K , %
16-XX-1000	16-XX-2000								
30	30	45 Гц	4000 мкА						
160	250								
320	500								
500	1000							(не) годен	(не) годен
1000	2000								

Определение неравномерности частотной характеристики преобразования размаха относительного виброперемещения и проверка нормируемого по неравномерности диапазона частот преобразования.

ΔS , мкм		f_i , Гц	I_0	$U_{Вi}$, мкВ	$K_{ПВi}$, мкА/мкм	$K_{ДВ}$, мкА/мкм	Δ_{Fi} , %	Δ_F , %
16-XX-1000	16-XX-2000							
500	1000	10	4000 мкА					(не) годен
		20						
		45						
		160						
		315						
		500						

Определение основной относительной погрешности преобразования размаха относительного виброперемещения.

Δ_{AP} , %	Δ_3 , %	Δ_F , %	Δ_R , %	Δ_S , %	Δ_B , %	$\Delta_{ПЛП}$, %
						(не) годен

Поверитель: