

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Учебно-методическое пособие
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
«Измерительные информационные и управляющие системы»
для студентов всех форм обучения технических направлений

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 681.518.3:681.78(076.5)
ББК 32.965:31.252я73
И889

Р е ц е н з е н т :

А. Ю.Тараховский - канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Основы цифрового проектирования»
Политехнического института СевГУ

Составители: А. П. Васютенко, А. И. Балакин, Н. А. Балакина, Н. И. Чаленков

И889 Исследование преобразователей измерительных систем : учебно-методическое пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Измерительные информационные и управляющие системы» для студентов всех форм обучения технических направлений / Севастопольский государственный университет ; сост.: А. П. Васютенко, А. И. Балакин, Н. А. Балакина, Н. И. Чаленков. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 60 с. – Текст : электронный.

Предназначено для учебно-методического обеспечения дисциплины «Измерительные информационные и управляющие системы».

Целью пособия является оказание помощи студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Измерительные информационные и управляющие системы».

В качестве лабораторных стендов представлены узлы и блоки измерительных преобразователей. Приведены схемы преобразователей измерительных устройств, методики и основные теоретические зависимости для их расчета, методики проведения исследований и обработки результатов измерений.

УДК 681.518.3:681.78(076.5)
ББК 32.965:31.252я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Приборостроение и транспорт», протокол № 2 от 30 сентября 2024 г.

В авторской редакции

Изд. № 135/2024. Объем 3,75 п.л. Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 3,675.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Васютенко А. П., Балакин А. И.,
Балакина Н. А., Чаленков Н.И., сост., 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТРОВОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	6
1.1. Основные сведения о растровой цифровой системе	6
1.2. Описание лабораторной установки.....	8
1.3. Порядок проведения исследований.....	9
1.4. Порядок обработки результатов измерений.....	10
1.5. Содержание индивидуального отчета.....	12
1.6. Контрольные вопросы	12
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТО- ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОРТИРОВОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ	13
2.1. Принцип действия преобразователя	13
2.2. Описание лабораторной установки.....	15
2.3. Порядок проведения исследований.....	15
2.4. Порядок обработки результатов измерений.....	16
2.5. Содержание индивидуального отчета.....	18
2.6. Контрольные вопросы	18
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОРА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ С ЕМКОСТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ... 	19
3.1. Измерительная скоба с емкостным преобразователем	19
3.2. Описание лабораторной установки.....	21
3.3. Порядок проведения исследований.....	22
3.4. Порядок обработки результатов измерений.....	23
3.5. Содержание индивидуального отчета.....	24
3.6. Контрольные вопросы	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОЛЕНОИДНОГО ТИПА.....	25
4.1. Принцип действия индуктивного преобразователя	25
4.2. Описание лабораторной установки.....	27
4.3. Порядок проведения исследований.....	28
4.4. Порядок обработки результатов измерений.....	29
4.5. Содержание индивидуального отчета.....	29
4.6. Контрольные вопросы	30

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО
ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ..... 31**

5.1. Назначение электроконтактных преобразователей.....	31
5.2. Описание лабораторной установки.....	32
5.3. Порядок проведения исследований.....	34
5.4. Порядок обработки результатов измерений.....	35
5.5. Содержание индивидуального отчета.....	36
5.6. Контрольные вопросы	37

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ
МЕХАНОТРОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ..... 38**

6.1. Схемы механотронных преобразователей.....	38
6.2. Описание лабораторной установки.....	40
6.3. Порядок проведения исследований.....	41
6.4. Порядок обработки результатов измерений.....	42
6.5. Содержание индивидуального отчета.....	43
6.6. Контрольные вопросы	43

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. ИССЛЕДОВАНИЕ
МЕХАНОТРОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА БАЗЕ СТЕНДА
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ 44**

7.1. Конструкция механотронного преобразователя.....	44
7.2. Описание лабораторной установки.....	45
7.3. Порядок проведения исследований.....	46
7.4. Порядок обработки результатов измерений.....	48
7.5. Содержание индивидуального отчета.....	49
7.6. Контрольные вопросы	49

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8. ИССЛЕДОВАНИЕ
ШИРОКОПРЕДЕЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
С ПЕЧАТНОЙ ОБМОТКОЙ (ИНДУКТОСИНА)..... 50**

8.1. Принцип действия и конструкция.....	50
8.2. Описание лабораторной установки.....	56
8.3. Порядок проведения исследований.....	57
8.4. Порядок обработки результатов измерений.....	58
8.5. Содержание индивидуального отчета.....	59
8.6. Контрольные вопросы	59
Библиографический список	60

ВВЕДЕНИЕ

Современное автоматизированное производство характеризуется тем, что в технологические процессы входят разнообразные по своему характеру технологические операции. Например, в автоматическую линию могут включаться станки для выполнения следующих операций: обработка резанием, пластическое деформирование, контроль.

Автоматические контрольные операции могут осуществляться как самостоятельно, так и совместно с процессами обработки, сборки и другими операциями. В связи с этим контрольно-измерительные операции и средства измерения можно классифицировать следующим образом:

- приборы активного контроля, осуществляющие измерение размеров деталей в процессе обработки, т.е. в процессе формообразования, и формирующие управляющие команды для станка;
- контрольно-сортировочные автоматы, предназначенные для обеспечения селективной сборки узлов в условиях крупносерийного и массового производств;
- подналадочные измерительные системы, формирующие по результатам контроля управляющие команды на поднастройку режущего инструмента с целью компенсации его износа, тепловых и силовых деформаций узлов станка;
- системы контроля и управления параметрами технологических процессов и операций, в том числе режимами резания;
- измерительные устройства контроля положения исполнительных органов и узлов автоматических линий.

Основным элементом измерительных устройств, приборов и систем является *первичный измерительный преобразователь*, воспринимающий значение измеряемой величины и преобразующий его в сигнал измерительной информации, удобный для дальнейшей обработки и хранения. На их базе создаются различные *датчики*, по существу являющиеся конструктивно обособленными *первичными преобразователями* и предназначенные для выработки сигналов информации.

В силу большого разнообразия измеряемых величин, требований к точности и диапазону измерения первичные преобразователи основываются на использовании различных физических явлений. Положенное в основу измерения явление материального мира называется *принципом измерения*.

В средствах автоматического контроля таких физических величин, как усилие, давление, скорость, линейный размер и др., широкое применение нашли тензометрические, пьезоэлектрические, индуктивные, ультразвуковые, потенциометрические, оптоэлектронные, емкостные и электроконтактные принципы и преобразователи, обладающие достаточным диапазоном и необходимой точностью измерения.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТРОВОГО ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки, метрологических характеристик растровой системы; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений.

1.1. Основные сведения о растровой цифровой системе

В основу работы преобразователей перемещения положен метод оптоэлектронного сканирования штриховых растров. При относительном перемещении шкалы 1 и анализатора 3 сопряжения регулярного растра шкалы с растрами анализатора модулируют проходящие через них потоки излучения, воспринимаемые соответствующими фотоприемниками. Растровая шкала содержит две параллельные информационные дорожки: регулярного растра и референтных меток [1–5].

Считывающий узел (считывающая головка) преобразователя (рис. 1.1) перемещений решает задачу реализации оптических растровых и кодовых сопряжений, информативно соответствующих величине линейного перемещения, а также задачу считывания, обработки и анализа текущих значений оптически информативных параметров указанных сопряжений.

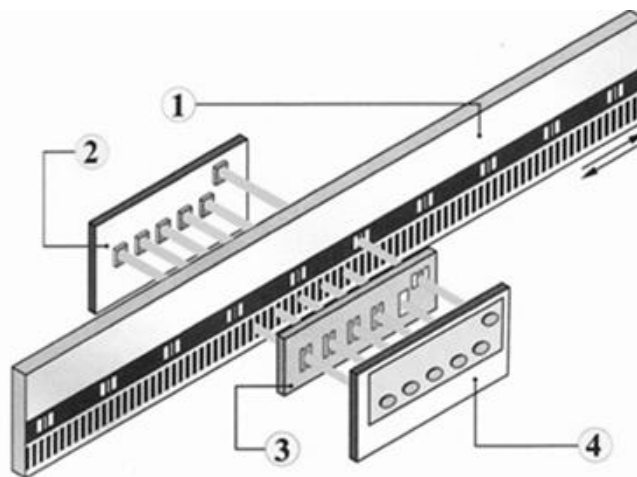


Рис. 1.1. Схема растрового преобразователя:

1 – шкала; 2 – плата фотоприемников (кремниевые фотодиоды); 3 – растровый анализатор (пластина индикаторная); 4 – плата осветителей (инфракрасные излучатели)

Конструктивно первую задачу решает каретка, жестко связанная с анализатором 3, находящаяся через подшипники качения в постоянном контакте со шкалой, что делает возможным относительное перемещение шкалы и анализатора.

Вторую задачу реализуют платы фотоприемников 2 и осветителей 4,

установленные на ту же каретку, а также плата электрической схемы выделения и обработки информации о перемещении, расположенная в корпусе считывающей головки. Плата осветителей содержит шесть излучающих диодов, обеспечивающих засветку соответствующих окон анализатора и пространственно согласованных с ними приемных площадок шести фотодиодов платы 2.

Система растровая цифровая модели 19000 предназначена для проведения прецизионных измерений абсолютным методом в пределах широкого диапазона без применения эталонов, образцовых деталей и концевых мер. Система, состоящая из фотоэлектрического преобразователя и электронного блока с отсчетным устройством, обладает высокой точностью и надежностью, имеет небольшие габариты. Получаемая информация представляется в цифровой форме с дискретностью в 1 мкм на отсчетном устройстве электронного блока. Одновременно данная информация выводится на специальную шину в параллельном двоично-десятичном коде. Она может быть использована в системах обработки данных с помощью компьютера и в системах управления.

Фотоэлектрический растровый преобразователь закрепляется в стандартной стойке с присоединительным диаметром 8 мм. Преобразователь снабжен арретиром, позволяющим поднимать измерительный стержень на весь диапазон измерения, и оснащен сменным наконечником со стандартным креплением на резьбу M2,5.

Электронный блок снабжен кнопкой обнуления в любой точке диапазона измерения, что позволяет использовать систему для относительных измерений. При необходимости измерительная информация может быть зафиксирована на отсчетном устройстве нажатием соответствующей кнопки на электронном блоке.

Технические характеристики растровой системы цифровой модели 19000 представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Техническая характеристика растровой системы

№ п/п	Наименование	Значение
1	2	3
1	Диапазон измерений (показаний), мм	0...10
2	Шаг дискретности, мкм	1
3	Предел допускаемой погрешности, мкм	2
4	Предел допускаемого смещения настройки в течение 4 ч при сохранении температурных режимов в помещении, мкм	1
5	Измерительное усилие, Н, не более	3

1	2	3
6	Колебание измерительного усилия, Н, не более	1,2
7	Скорость перемещения измерительного стержня, мм/с, не более	10
8	Присоединительный диаметр втулки, мм	8h7
9	Габаритные размеры растрового преобразователя, мм, не более	80×35×140
10	Габаритные размеры электронного блока, мм, не более	270×300×85
11	Масса растрового преобразователя ,кг, не более	0,3
12	Масса электронного блока, кг, не более	3,5

Условия эксплуатации приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Условия эксплуатации

№ п/п	Наименование	Значение
1	Температура окружающей среды, °С	18...25
2	Изменение температуры, °С/ч	1
3	Относительная влажность окружающего воздуха, %	58 ± 20
4	Род тока питающей сети	Переменный
5	Напряжение питания, В	220 ± 10
6	Частота питающего напряжения, Гц	50
7	Потребляемая мощность, Вт, не более	10

1.2. Описание лабораторной установки

Состав лабораторной установки с растровой цифровой измерительной системой модели 19000 представлен на рис. 1.2.

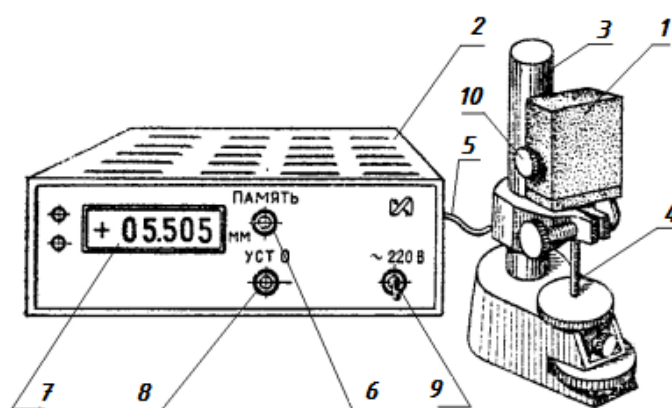


Рис. 1.2. Лабораторная установка с растровой цифровой измерительной системой модели 19000:

1 – фотоэлектрический растровый преобразователь; 2 – электронный блок; 3 – стандартная стойка; 4 – измерительный стержень; 5 – кабель; 6 – кнопка памяти; 7 – цифровая отсчетная шкала; 8 – кнопка установки нуля; 9 – тумблер включения в сеть; 10 – арретир

Лабораторная установка состоит из трех узлов: растрового фотоэлектрического преобразователя 1, электронного блока 2 и измерительной стойки 3 для крепления преобразователя. Преобразователь выполнен в виде измерительной головки с закрытым корпусом, имеющей арретирующее устройство 10 и кабель, соединяющий ее с электронным блоком. Электронный блок выполнен в корпусе блочного типа, имеющего на передней панели: цифровую отсчетную шкалу 7; кнопку 8 установки «0»; кнопку запоминания результатов отсчета; тумблер включения 9.

На задней панели электронного блока располагаются: кабель питания; предохранитель; разъем преобразователя; вывод информации на компьютер в двоично-десятичном параллельном коде; клемма заземления.

Стандартная измерительная стойка 3 с присоединительным диаметром 8 мм служит для закрепления преобразователя на позиции измерения.

1.3. Порядок проведения исследований

1. Перед началом работы с лабораторной установкой необходимо изучить описание, назначение органов управления и разъемов на электронном блоке. Работа системы должна происходить в условиях, которые не выходят за пределы рабочих условий эксплуатации. Питающая сеть не должна иметь резких скачков напряжения. Рядом с рабочим местом не должно быть источников сильных магнитных и электрических полей.

2. Установите систему на рабочее место и проверьте устойчивость ее состояния.

3. Заземлите электронный блок.

4. Закрепите растровый преобразователь в стойке с соединительным диаметром 8 мм надежно, но без пережимов, так как при пережиме возможна остановка шпинделя.

5. Соедините растровый преобразователь разъемом с электронным блоком и установите тумблер на передней панели в положение «включено».

6. Подсоедините систему к сети переменного тока 220 В.

7. Переведите тумблер на передней панели электронного блока в положение (включено), при этом загорятся лампы цифровой индикации на табло.

8. Протрите измерительный наконечник, базовую поверхность стола измерительной стойки и контролируемые детали чистой тканью.

9. Кронштейн стойки с преобразователем, закрепленным в нем, плавно переместите вниз до соприкосновения измерительного наконечника преобразователя с поверхностью контролируемой детали, установленной на базовой поверхности стола стойки.

10. Обеспечьте натяг 40...50 мкм и зафиксируйте кронштейн на колонке стойки.

11. Поместите деталь на измерительный столик и кнопкой установки нуля установите показания на цифровом табло в нуль.

12. Проверьте установку нуля путем многократного (3–5 раз) арретирования измерительного наконечника.

13. Произведите контроль 25 деталей с предварительным арретированием измерительного наконечника.

14. Снимите отсчеты $П_i$ с учетом знака по цифровому табло на электронном блоке.

15. Занесите результаты измерений в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты исследований

№ п/п	Показание прибора $П_i$	Действительное значение R_{xi}	Среднее значение $\bar{R}_x$	$R_{xi} - \bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x
1							
2							
...							
25							

16. Произведите обработку результатов измерений.

17. Представьте результат измерения с учетом границ доверительного интервала при заданной преподавателем вероятности P .

18. Выполните эскизы отдельных узлов и блоков лабораторной установки (по указанию преподавателя).

1.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Рассчитайте и занесите в табл. 1.3 текущее действительное значение R_{xi} как сумму размера образцовой детали $R_{од}$ и показания прибора $П_i$

$$R_{xi} = R_{од} + П_i.$$

2. Найдите среднее арифметическое результатов измерений $\bar{R}_x$ по формуле

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{xi},$$

где n – число наблюдений.

Значение $\bar{R}_x$ определяет эмпирический центр группирования случайной величины R_{xi} .

3. Найдите эмпирическое среднее квадратическое отклонение, которое определяет рассеяние значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования, по формуле

$$S \approx \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{xi} - \bar{R}_x^2}{n-1}}.$$

Чем меньше значение S , тем выше точность изготовления деталей.

4. Определите границы доверительного интервала, внутри которых с заданной вероятностью $P = 0,95$ будет находиться действительное значение измеряемой величины, по формуле

$$\Delta R_x = \pm t \cdot S,$$

где S – средняя квадратическая погрешность результата измерения;
 t – коэффициент Стьюдента (табл. 1.4).

Значение доверительной вероятности примите $P = 0,95$.

Таблица 1.4

Значение коэффициента случайной величины, имеющей распределение Стьюдента со степенями свободы f

Число степеней свободы f , $f = n - 1$	Доверительная вероятность P			Число степеней свободы f , $f = n - 1$	Доверительная вероятность P		
	95 %	99 %	99,5 %		95 %	99 %	99,5 %
1	12,71	63,66	127,3	16	2,120	2,921	3,252
2	4,303	9,925	14,09	17	2,110	2,898	3,222
3	3,182	5,841	7,453	18	2,101	2,878	3,197
4	2,776	4,604	5,598	19	2,093	2,861	3,174
5	2,571	4,032	4,773	20	2,086	2,845	3,153
6	2,447	3,707	4,317	21	2,080	2,831	3,135
7	2,365	3,499	4,029	22	2,074	2,819	3,119
8	2,306	3,355	3,833	23	2,069	2,807	3,104
9	2,262	3,250	3,690	24	2,064	2,797	3,091
10	2,228	3,169	3,581	25	2,060	2,787	3,078
11	2,201	3,106	3,497	26	2,056	2,779	3,067
12	2,179	3,055	3,428	27	2,052	2,771	3,057
13	2,160	3,012	3,372	28	2,048	2,763	3,047
14	2,145	2,977	3,326	29	2,045	2,756	3,038
15	2,131	2,947	3,286	30	2,042	2,750	3,030

5. Результат измерения: $R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x$ при $P = \dots$.

6. Суммарная погрешность измерения $\Delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma$.

1.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.

2. Эскиз детали с заданными параметрами контроля.

3. Схемы преобразователя и лабораторной установки и ее описание (см. рис. 1.1, 1.2).

4. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).

5. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 1.3).

6. Выводы.

1.6. Контрольные вопросы

1. Каково назначение, устройство, принцип действия цифровой растровой цифровой системы модели 19000?

2. Опишите основные узлы лабораторной установки. Каковы их назначение, особенности конструкции?

3. В чем заключается назначение параметра S и способ его определения.

4. Как осуществляется представление результата измерения с учетом доверительного интервала?

5. Как исключается промах из ряда наблюдений?

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОРТИРОВОЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков измерительной установки, метрологических характеристик фотоэлектрического преобразователя; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений.

2.1. Принцип действия преобразователя

Одним из главных узлов лабораторной установки (рис. 2.1) является фотоэлектрический преобразователь модели ПФС [1–5].

Фотоэлектрические преобразователи относятся к типу радиационных. В них используются светочувствительные преобразователи лучистой энергии в электрическую.

Для контроля размеров применяют разнообразные фотоэлектрические преобразователи: бесконтактные, основанные на определении положения плоскости изображения контролируемой поверхности; бесконтактные комбинированные; контактные, использующие перекрытие светового потока; контактные, основанные на измерении величины и положения светового потока; контактные, использующие явление интерференции или дифракции света в растровых (дифференциальных) решетках и т.д.

Достоинством фотоэлектрических преобразователей являются: отсутствие открытых электрических контактов, помехоустойчивость, простота устройства и эксплуатации, долговечность, быстроедействие и т.д.

В прецизионных автоматах для контроля размеров преимущественно используются контактные фотоэлектрические преобразователи с пружинным механизмом. Преобразователи имеют точную шкалу для визуального отсчета, чем обеспечивают удобство их настройки и наладки. Преобразователь типа ПФС относится к позиционным преобразователям. В основном такие преобразователи применяются в контрольно-сортiroвочных автоматах.

На рис. 2.1 приведена принципиальная схема фотоэлектрического преобразователя модели ПФС.

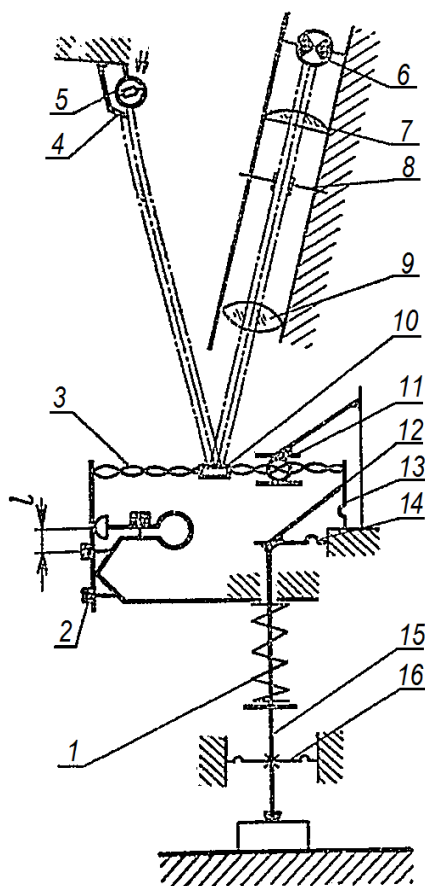


Рис. 2.1. Принципиальная схема фотозлектрического преобразователя модели ПФС

В качестве первичного чувствительного элемента в этом преобразователе используется скрученная пружина (лента) 3, изготавливаемая из оловянно-фосфористой бронзы, шириной 0,12...0,17 и толщиной 0,008...0,016 мм. Одна половина ленты скручена вправо, а другая – влево. При приложении к концам ленты растягивающих усилий она раскручивается, вследствие чего поворачивается зеркало 10, прикрепленное к середине пружины.

Измерительный стержень 15 подвешен на плоских пружинах 14 и 16. Скрученная лента 3 связана со стержнем через плоскую пружину 13 и жесткое ребро 12. При перемещении стержня 15 вверх лента 3 растягивается и зеркальце 10 поворачивается.

Световой индекс перемещается по шкале 4 и освещает фоторезисторы 5, которые включены в электрическую цепь последовательно с катушками исполнительных реле. При засветке фоторезистора уменьшается его сопротивление, увеличивается проходящий по цепи ток, в результате чего срабатывают исполнительные реле и выдают дискретные сигналы-команды.

Для уменьшения амплитуды собственных колебаний зеркала, а также для улучшения динамической характеристики преобразователя в конструкции применен жидкостный демпфер. Он состоит из шеллаковой бусинки 11 диаметром 0,8...1 мм, которая закреплена на перемычке рядом с зеркальцем и

находится в цилиндрическом отверстии корпуса демпфера, диаметр которого 1,5 мм. Отверстие заполнено невысыхающей жидкостью полисилоксанового типа. Жидкость в отверстии удерживается силами поверхностного натяжения.

Оптическая система преобразователя состоит из источника света 6, конденсатора 7, щелевой диафрагмы 8 и объектива 9. Измерительное усилие создается пружиной 1.

Допускаемая погрешность измерения – не более ± 1 мкм.

2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представлена на рис. 2.2.

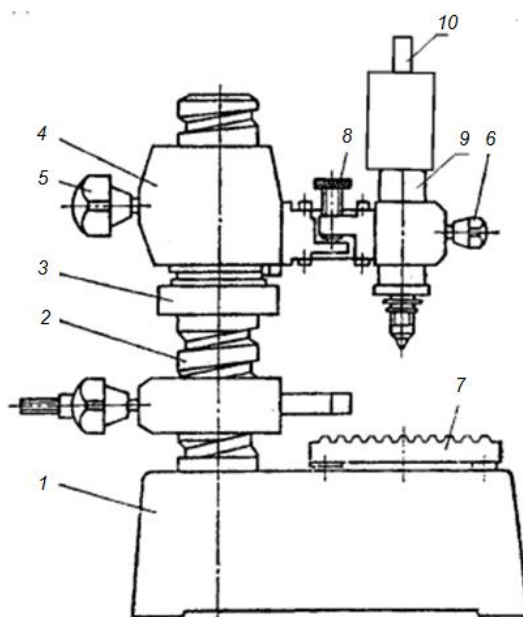


Рис. 2.2. Лабораторная установка с фотоэлектрическим преобразователем модели ПФС

Лабораторная установка состоит из двух основных узлов: фотоэлектрического преобразователя 9 и унифицированной стойки.

Стойка имеет основание 1 с цилиндрической колонкой 2, по которой может перемещаться кронштейн 4. Гайка 3 исключает возможность нахождения кронштейна 4 в незакрепленном состоянии. Кронштейн закрепляют на колонке винтом 5. Преобразователь 9 устанавливают в кронштейне 4 и закрепляют с помощью винта 6.

Измеряемое изделие устанавливают на ребристый стол 7, жестко скрепленный с основанием стойки тремя винтами.

В кронштейн встроен механизм микроподачи, осуществляемой винтом 8.

2.3. Порядок проведения исследований

1. Перед началом работы с лабораторной установкой изучите описание и назначение фотоэлектрических преобразователей, их устройство и принцип действия.

2. Проверьте устойчивость положения системы на рабочем месте.
3. Установите в универсальной стойке фотоэлектрический преобразователь 9 модели ПФС и закрепите винтом 6.
4. Подключите через трансформатор осветитель 10.
5. Установите на столик 7 образцовую деталь и, вращая гайку 3 колонки 2 при отвернутом винте 5, переместите кронштейн 4 с преобразователем 9 до контакта его измерительного наконечника с образцовой деталью.
6. Настройте положение светового индекса преобразователя 9 на середину шкалы с помощью грубой (вращением гайки 3) и точной (микровинтом 8) настройки закрепите кронштейн 4 винтом 5.
7. Арретируя измерительный наконечник преобразователя 9, произведите измерения 10 деталей.
9. Результаты измерений с учетом знака занесите в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты исследований

№ п/п	Показание прибора Π_i	Действительное значение R_{xi}	Среднее значение $\bar{R}_x$	$R_{xi} - \bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x
1							
2							
3							
...							
10							

10. Произведите обработку результатов измерений.
11. Представьте результат измерений с учетом границ доверительного интервала при доверительной вероятности.
12. Определите предельную погрешность измерений.
13. Выполните эскизы отдельных узлов и блоков лабораторной установки (по указанию преподавателя).

2.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Рассчитайте и занесите в табл. 2.1 текущее действительное значение R_{xi} как сумму размера образцовой детали $R_{од}$ и показания прибора Π_i

$$R_{xi} = R_{од} + \Pi_i.$$

2. Найдите среднее арифметическое результатов измерений $\bar{R}_x$ по формуле

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{xi},$$

где n – число наблюдений.

Значение $\bar{R}_x$ определяет эмпирический центр группирования случайной величины R_{xi} .

3. Найдите эмпирическое среднее квадратическое отклонение, которое определяет рассеяние значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования, по формуле

$$S \approx \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{xi} - \bar{R}_x^2}{n-1}}.$$

4. Определите границы доверительного интервала, внутри которых с заданной вероятностью P будет находиться действительное значение измеряемой величины, по формуле

$$\Delta R_x = \pm t \cdot S,$$

где t – коэффициент Стьюдента (табл. 1.4); S – средняя квадратическая погрешность обработки партии деталей.

Величину доверительной вероятности примите $P = 0,95$.

5. Оценка грубых промахов по критерию Романовского (применяется при числе измерений $n < 20$). Если какой-либо отдельный результат наблюдений в полученном ряде измерений вызывает сомнение, необходимо вычислить значение

$$R_{расч} = \frac{|R_{xi}^* - \bar{R}_x|}{\sigma} > R_{табл},$$

где R_{xi}^* – проверяемый результат.

Если вычисленные $R_{расч}$ окажутся больше $R_{табл}$, взятого из табл. 2.2, то члены R_{xi}^* ряда наблюдений необходимо считать промахом и исключить.

Таблица 2.2

Значения критерия Романовского $R_{табл}$

n	Доверительная вероятность P			
	0,9	0,95	0,98	0,99
4	1,73	1,72	1,71	1,69
6	2,16	2,13	2,10	2,00
8	2,43	2,37	2,27	2,17
10	2,62	2,54	2,41	2,29
12	2,75	2,66	2,52	2,39
15	2,90	2,80	2,64	2,49
20	3,08	2,96	2,78	2,62

6. Результат измерения: $R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x$ при $P = \dots$.

7. Погрешность обработки партии деталей $\Delta \lim = \pm 3\sigma$.

2.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Эскиз детали с заданными параметрами контроля.
3. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 2.2).
4. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
5. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 2.1).
6. Выводы.

2.6. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены фотоэлектрические преобразователи модели ПФС?
2. Поясните устройство и принцип действия фотоэлектрических преобразователей модели ПФС?
3. Перечислите достоинства фотоэлектрических преобразователей.
4. Опишите основные узлы лабораторной установки. Каково их назначение, особенности конструкции?
5. Как осуществляется точная настройка лабораторной установки?
6. Как осуществляется грубая настройка лабораторной установки?
7. В чем заключается назначение параметра S и способ его определения?
8. Для чего определяют границы доверительного интервала?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОРА АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ С ЕМКОСТНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки, метрологических характеристик емкостного преобразователя; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений; исследование нелинейности статической характеристики.

3.1. Измерительная скоба с емкостным преобразователем

Принцип действия емкостного преобразователя основан на том, что с изменением размера контролируемой детали изменяется емкость конденсатора, являющегося чувствительным элементом (рис. 3.1) [1–7].

Емкость плоского конденсатора выражается формулой

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S}{\delta}, \quad (3.1)$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды между пластинами (обкладками); ε_0 – электрическая постоянная, равная $0,885 \cdot 10^{-11}$ Ф/м; S – площадь поверхностей пластин; δ – расстояние между пластинами.

Из выражения (3.1) следует, что изменение емкости конденсаторов может происходить при изменении площади обкладок S (см. рис. 3.1, б), расстояния между обкладками δ (см. рис. 3.1, а) и величины относительной диэлектрической проницаемости среды ε между обкладками либо при одновременном изменении перечисленных величин.

В емкостном преобразователе фирмы «Марпосс» изменение емкости происходит за счет изменения зазора между пластинами.

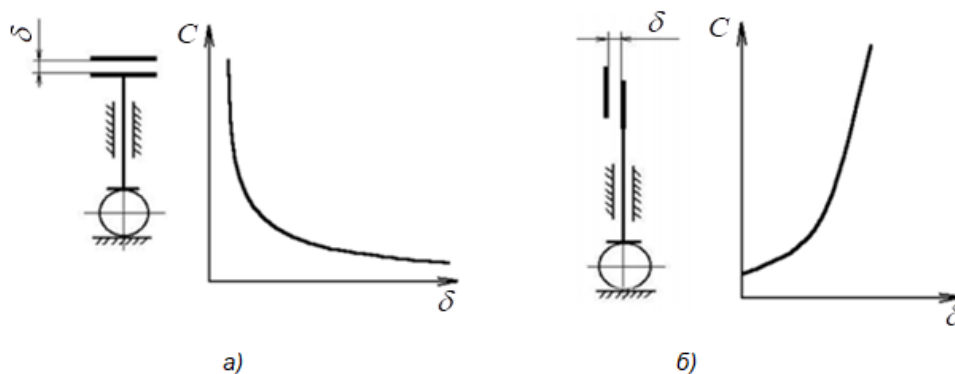


Рис. 3.1. Схемы емкостных преобразователей:
а – с переменным зазором; б – с переменной площадью

На рис. 3.2 показана измерительная скоба с емкостным преобразователем, пластины 1 и 2 которого подвешены на двух внутренних плоских пружинах 5 и двух наружных пластинах 7, образующих пружинные параллелограммы. Через каретки 6 и пружинные крестообразные шарниры 4 и 8 пластины 1 и 2 преобразователя связаны с измерительными губками 17 и 20, несущими измерительные наконечники 18 и 19, непосредственно контактирующие с контролируемой деталью.

Для установки измерительных наконечников скобы на требуемый размер служат микрометрические винты 16 и 21. С помощью этих винтов также производится настройка измерительных наконечников на одинаковое измерительное усилие.

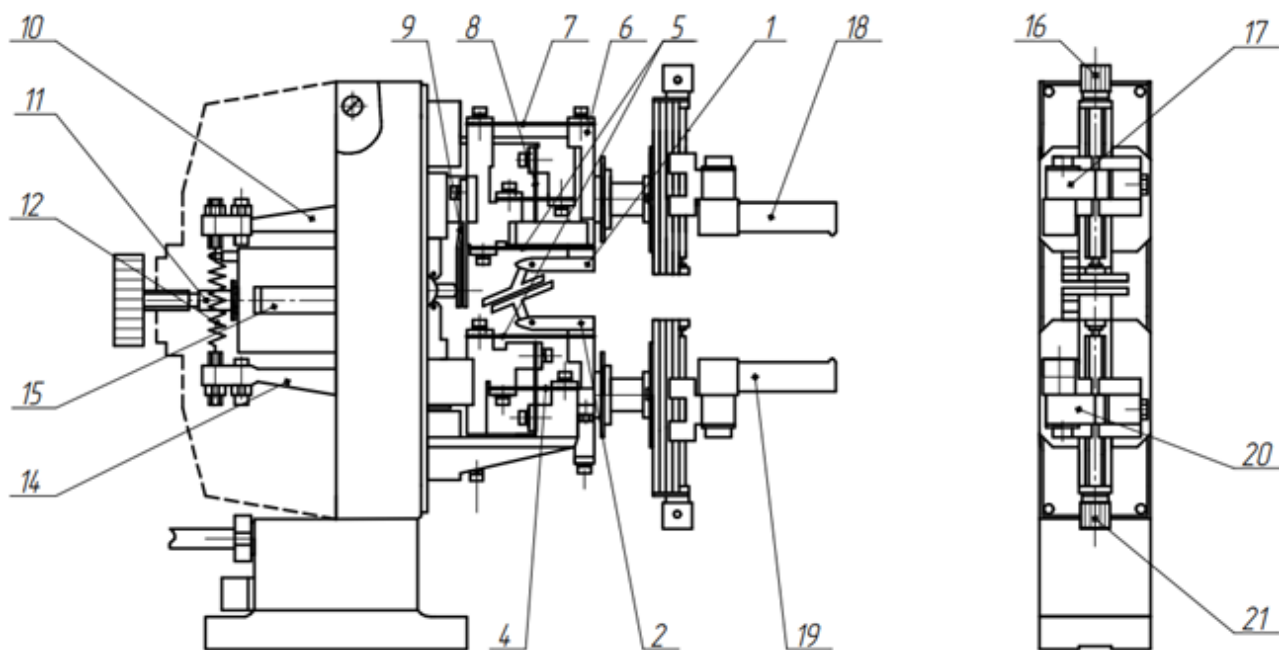


Рис. 3.2. Измерительная скоба с емкостным преобразователем

Для установки указателя отсчетного устройства на нулевое показание по шкале служит винт 11. На его конце закреплен наконечник 15, который при своем перемещении через изогнутую пружину 9 воздействует на пластину 1 емкостного преобразователя и тем самым изменяет ее положение относительно пластины 2. Одновременно с этим через рычаги 10 и 14 наконечник 15 изменяет положение кареток 6, несущих измерительные наконечники 18 и 19. Измерительное усилие в скобе создается пружиной 12.

Отсчетно-командное устройство имеет на передней панели два тумблера: один для включения подачи напряжения на прибор и второй для переключения с режима настройки на автоматический режим работы. Кроме того, на передней панели имеется четыре настроечные ручки, связанные с настроечными потенциометрами. Левая ручка служит для настройки автоматического переключения на режим черновой обработки, средняя ручка – для

автоматического переключения на режим чистовой обработки и крайняя правая – для выдачи окончательной команды на прекращение процесса обработки.

Около каждой ручки имеются сигнальные лампы красного цвета. В правом верхнем углу имеется ручка для окончательной установки указателя шкалы на нуль при настройке отсчетного устройства.

К достоинствам емкостных преобразователей относятся очень малая нелинейность выходной характеристики (всего $10^{-4}\%$) и малый предел допускаемой погрешности (от 0,3 до 2 мкм).

3.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из трех основных узлов: универсальной стойки 1 с вертикальным оптиметром 2, измерительной скобы 3 с емкостным преобразователем и отсчетно-командного устройства 4 фирмы «Марпосс» (рис. 3.3).

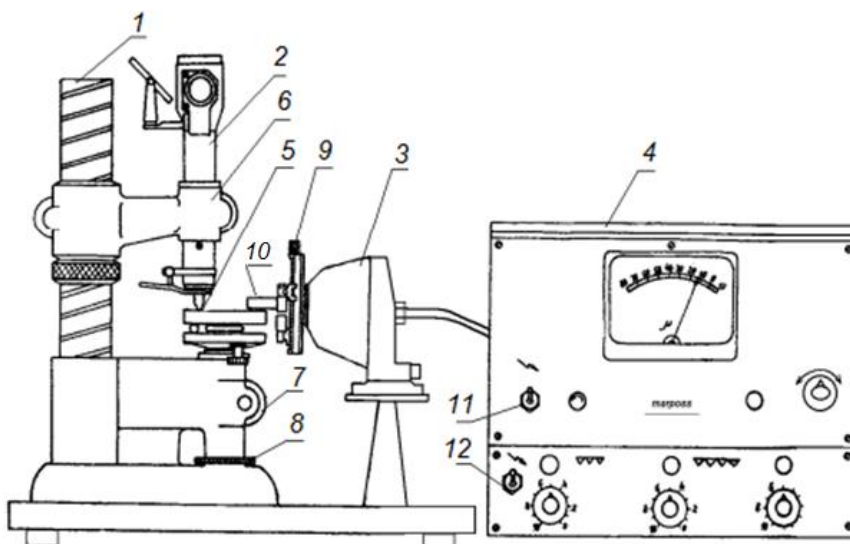


Рис. 3.3. Лабораторная установка с емкостным преобразователем

Подготовка к работе отсчетно-командного устройства и измерительной скобы с емкостным преобразователем.

Измерительная скоба с емкостным преобразователем должна быть установлена на специальной подставке, которая, в свою очередь, должна быть закреплена на металлической плите. Проведение измерений должно проводиться не ранее чем через 20...30 мин после включения системы в электрическую сеть напряжением 220 В.

Перед началом исследований стрелка отсчетного устройства и указатель трубки оптиметра должны быть установлены в нулевое положение. Для этого необходимо опустить столик унифицированной стойки 1 в крайнее нижнее положение. После этого – опустить трубку оптиметра 2 в своем кронштейне 6 до положения, когда между поверхностями его измерительного наконечника и

столика 5 останется видимый зазор около 0,5 мм. В таком положении трубка 1 должна быть окончательно закреплена. Затем столик 5 поднимается вверх гайкой 8 микроподачи до того момента, пока указатель трубки оптиметра не окажется около нуля. Для установки указателя шкалы отсчетного устройства 4 на нуль необходимо с помощью винта 9 ввести измерительную губку 10 в контакт с измерительным столиком 5 стойки 1.

3.3. Порядок проведения исследований

1. Осмотрите систему и преобразователь, убедитесь в отсутствии механических повреждений.
2. Подключите преобразователь к соответствующему разъему отсчетного устройства на его задней стенке.
3. Подключите напряжение питания 220 В и оставьте систему во включенном состоянии до начала работы в течение 20 мин.
4. С помощью настроечного микровинта емкостного преобразователя и правой рукоятки на передней панели отсчетного устройства 4 установите указатель на нулевое деление шкалы.
5. С помощью микрометрического винта 8 столика 5 унифицированной стойки 1 скорректируйте положение указателя трубки оптиметра на нулевое деление шкалы.
6. Вращая гайку 8, переместите столик 5 до момента, пока указатель отсчетного устройства 4 не переместится на два деления шкалы.
7. Снимите по шкале вертикального оптиметра фактическую величину перемещения столика 5.
8. Выполните аналогичные исследования на всем диапазоне шкалы отсчетного устройства 4.
9. Занесите результаты измерений в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Показания		Разность показаний $\Delta = S_1 - S_2$, мкм	Нелинейность емкостного преобразователя и отсчетно-командного устройства $\delta = \Delta / L \cdot 100\%$
	отсчетно-командного устройства S_1 , мкм	трубки оптиметра S_2 , мкм		
1				
2				
...				
25				

10. Выполните эскизы крепления отдельных узлов и блоков лабораторной установки емкостного преобразователя 4 (по указанию преподавателя).

11. Постройте зависимость показаний оптиметра и емкостного преобразователя (рис. 3.4).

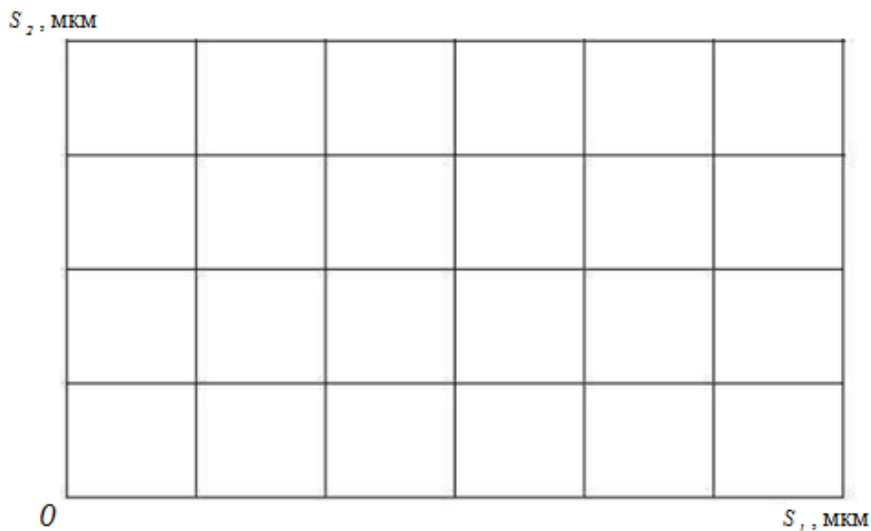


Рис. 3.4. Зависимость показаний оптиметра и емкостного преобразователя

3.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Определите разность показаний трубки оптиметра и по шкале отсчетного устройства емкостного преобразователя

$$\Delta = S_1 - S_2.$$

2. Рассчитайте нелинейность емкостного преобразователя

$$\delta = \Delta / L \cdot 100\%,$$

где L – диапазон измерений.

3. Постройте графики зависимости показаний оптиметра и емкостного преобразователя. Для построения графика необходимо по оси абсцисс отложить через 2 мкм перемещения измерительного стержня трубки оптиметра 2, а по оси ординат – величины перемещения указателя по шкале отсчетного устройства 4 фирмы «Марпосс».

4. Определите нелинейность δ шкалы. Для определения величины нелинейности δ характеристики емкостного преобразователя и отсчетно-измерительной системы проведите через начало координат под углом 45° прямую. Максимальная разность ординат этой прямой и кривой, построенной по данным, снятым со шкалы отсчетного устройства 3, отнесенная к диапазону измерения L , будет характеризовать величину нелинейности характеристики емкостного преобразователя и отсчетно-измерительной системы.

3.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 3.3).
3. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
4. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 3.1).
5. График зависимости показаний оптиметра и емкостного преобразователя (см. рис. 3.4).
6. Выводы.

3.6. Контрольные вопросы

1. Назначение, устройство и принцип действия емкостных преобразователей?
2. Перечислите достоинства емкостных преобразователей.
3. Как рассчитать емкость плоского конденсатора?
4. Какие есть способы изменения емкости конденсаторов?
5. Опишите основные узлы лабораторной установки, их назначение и конструктивные особенности?
6. Изложите методику экспериментального определения нелинейности преобразователя?

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОЛЕНОИДНОГО ТИПА

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки, метрологических характеристик индуктивного преобразователя; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений.

4.1. Принцип действия индуктивного преобразователя

В индуктивных преобразователях используется свойство катушки изменять свое реактивное сопротивление при изменении некоторых ее параметров, определяющих величину индуктивности L [1–7].

Для получения возможно большей индуктивности катушка, как правило, выполняется с магнитопроводом из ферромагнитного материала. Один из элементов магнитопровода выполняется подвижным (якорь). Его положение относительно неподвижной части магнитопровода будет определять величину изменения магнитного сопротивления цепи, а следовательно, и индуктивность катушки.

Таким образом, если связать перемещение якоря с измеряемой величиной δ при $U = \text{const}$, то возникает функциональная зависимость между δ и электрическим параметром L :

$$L = f \delta . \quad (4.1)$$

Устройство, которое преобразует линейные перемещения в электрический параметр с помощью описанной выше катушки, называется индуктивным преобразователем.

Выражение для определения индуктивности катушки преобразователя без учета потерь мощности в магнитопроводе имеет вид

$$L = \frac{4\pi W^2}{\frac{\delta_0}{\mu_0 S_0} + \frac{\delta_1}{\mu_1 S_1}} , \quad (4.2)$$

где W – число витков катушки; δ_0, S_0 – длина и площадь воздушного зазора между якорем и неподвижной частью магнитопровода; δ_1, S_1 – длина и площадь сечения магнитопровода; μ_0, μ_1 – магнитная проницаемость воздуха и магнитопровода соответственно.

В применяемых в настоящее время индуктивных преобразователях для

линейных измерений изменение индуктивности достигается посредством изменения величины δ_0 или площади S_0 .

Известны следующие возможные схемы индуктивных преобразователей:

- дифференциальный преобразователь с переменным зазором;
- дифференциальный преобразователь с переменной площадью;
- соленоидный преобразователь;
- трансформаторный преобразователь;
- дифференциальный трансформаторный преобразователь.

Наибольшее распространение в приборах активного контроля получили дифференциальные соленоидные преобразователи. Они представляют собой катушку, внутри которой помещен ферромагнитный сердечник (якорь). При вхождении якоря внутрь катушки индуктивность последней изменяется приблизительно пропорционально введенной в катушку массе якоря:

$$L = \frac{W^2}{l_k} \cdot \mu \cdot q \cdot l, \quad (4.3)$$

где W , l_k , q – число витков, длина и поперечное сечение катушки; l – величина вхождения якоря; μ – магнитная проницаемость материала якоря.

Характеристика соленоидного преобразователя линейна, но в значительной мере зависит от качества намотки катушки. Индуктивный преобразователь модели БВ-6067 представляет собой преобразователь соленоидного типа с разомкнутой магнитной цепью.

На рис. 4.1, а, б представлены конструкция и схема такого преобразователя.

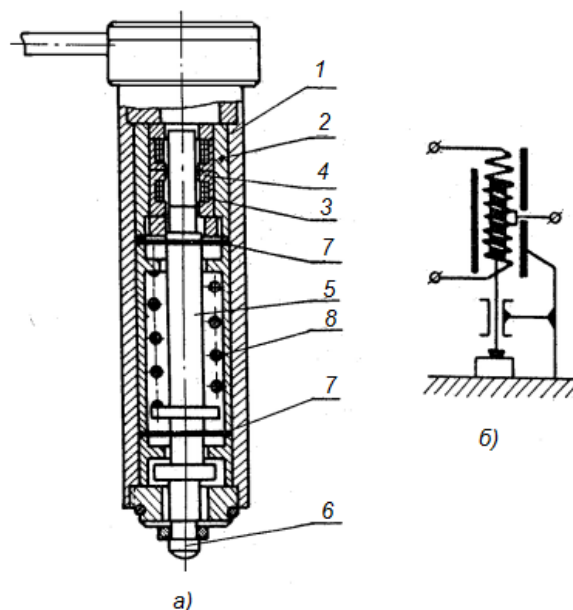


Рис. 4.1. Индуктивный преобразователь соленоидного типа

Его работа основана на принципе изменения площади сечения магнитопровода при смещении измерительного стержня. За счет этого изменяются индуктивное сопротивление катушек преобразователя и их выходное напряжение. Сигналы преобразователя, амплитуда которых пропорциональна контролируемому размеру, преобразуются электронным блоком в сигнал, по величине изменения которого определяют изменение размера контролируемой детали. Конструктивно преобразователь выполнен в виде цилиндра 1. Внутри цилиндра 1 под защитным кожухом 2, изготовленным из латуни, расположены две катушки 3. Магнитопровод 4 изготавливается из стали марки Э12. Измерительный стержень 5, несущий измерительный наконечник 6, перемещается на двух дисковых плоских пружинах 7, имеющих концентрические круговые прорезы, что обеспечивает плавное перемещение измерительного стержня без трения и люфтов. Измерительный стержень 5 – сборный, его верхняя часть, являющаяся сердечником (якорем), изготавливается из феррита, а остальная часть – из латуни. Измерительное усилие создается пружиной 8. Провода из преобразователя выводятся экранированным кабелем.

В существующих приборах индуктивные преобразователи позволяют получить цену деления 0,05...1 мкм и пределы измерения от $\pm 0,003$ мм до 1,5 мм.

4.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представлена на рис. 4.2. Лабораторная установка состоит из трех основных узлов: индуктивного преобразователя 1, электронного блока 2 и унифицированной стойки 6.

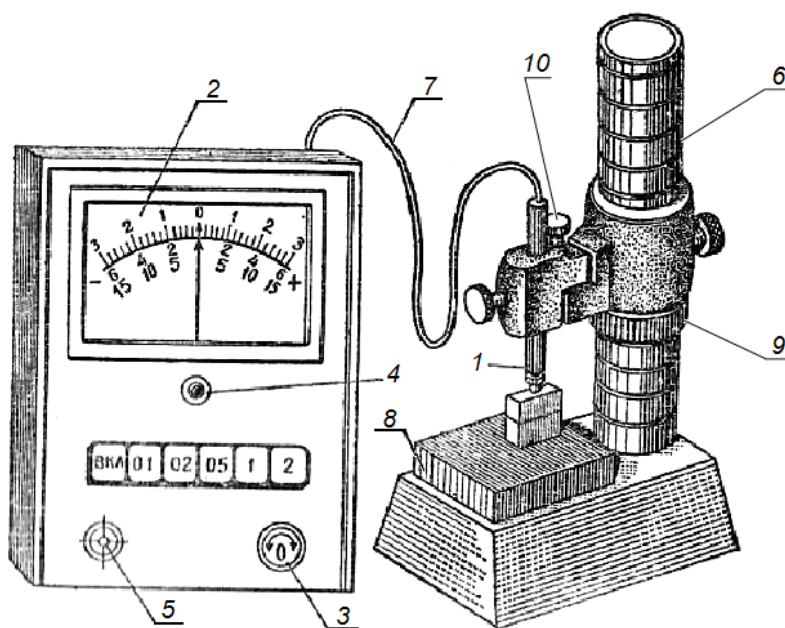


Рис. 4.2. Лабораторная установка с индуктивным преобразователем

Индуктивный преобразователь соединен с электронным блоком 2 кабелем 7. На передней панели электронного блока 2 расположены: клавиша «ВКЛ» с сигнальной лампой 5; ручка 3 электрической установки нуля; отверстие 4 для корректировки нулевого положения указателя прибора и клавиши переключения цены деления.

На задней панели расположены гнезда для подключения преобразователя, кабель питания прибора, клемма заземления и предохранитель.

4.3. Порядок проведения исследований

1. Перед началом работы с лабораторной установкой необходимо изучить данные методические указания, ознакомиться с назначением составных частей лабораторной установки, способами их компоновки.

2. Закрепите в универсальной стойке 6 индуктивный преобразователь 1.

3. Установите на столик 8 образцовую деталь или блок концевых мер необходимого размера.

4. Подведите к образцовой детали или блоку концевых мер измерительный наконечник преобразователя 1 и настройте электронный блок 2 на нуль с помощью грубой (гайка 9) и точной (микровинтом 10) настройки преобразователя.

5. Арретируя измерительный наконечник преобразователя 1, уберите образцовую деталь (блок концевых мер) с позиции измерения и установите на ее место объект контроля.

6. Произведите измерение 10 деталей.

7. Снимите отсчеты P_i с учетом знака со шкалы электронного блока.

8. Результаты измерений занесите в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Результаты исследований

№ п/п	Показание прибора P_i	Действительное значение R_{xi}	Среднее значение $\bar{R}_x$	$R_{xi} - \bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x
1							
2							
...							
10							

9. Произведите обработку результатов измерений.

10. Представьте результаты измерений с учетом доверительного интервала при заданной преподавателем вероятности P .

11. Определите предельную погрешность обработки партии деталей.

12. Выполните эскизы крепления некоторых узлов и блоков лабораторной установки (по указанию преподавателя).

4.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Рассчитайте и занесите в табл. 4.1 текущее действительное значение R_{xi} как сумму размера образцовой детали $R_{од}$ и показания прибора $П_i$

$$R_{xi} = R_{од} + П_i.$$

2. Найдите среднее арифметическое результатов измерений $\bar{R}_x$ по формуле

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{xi},$$

где n – число наблюдений.

Значение $\bar{R}_x$ определяет эмпирический центр группирования случайной величины R_{xi} .

3. Найдите эмпирическое среднее квадратическое отклонение, которое определяет рассеяние значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования, по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{xi} - \bar{R}_x^2}{n-1}}.$$

4. Определите границы доверительного интервала, внутри которых с заданной вероятностью $P=0,95$ будет находиться действительное значение измеряемой величины, по формуле

$$\Delta R_x = \pm t \cdot S,$$

где t – коэффициент Стьюдента (см. табл. 1.4); S – средняя квадратическая погрешность результата измерения.

5. Результат измерения: $R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x$ при $P = \dots$.

6. Погрешность обработки партии деталей $\Delta_{lim} = \pm 3\sigma$, $\sigma \approx S$.

4.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Эскиз детали с заданными параметрами контроля.
3. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 4.1, 4.2).

4. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
5. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 4.1).
6. Выводы.

4.6. Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены индуктивных преобразователей?
2. Устройство и принцип действия индуктивных преобразователей?
3. Поясните взаимосвязь перемещения якоря с измеряемой величиной?
4. Как определить индуктивности катушки?
5. Какие схемы индуктивных преобразователей вы знаете?
6. Какие преобразователи получили наибольшее распространение?
7. Опишите основные узлы лабораторной установки. Каковы их назначение, особенности конструкции?
8. Опишите способ настройки лабораторной установки.
9. Как определяется погрешность обработки партии деталей?

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки и преобразователя, метрологических характеристик электроконтактного преобразователя; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений; исследование погрешности срабатывания.

5.1. Назначение электроконтактных преобразователей

В существующих контрольных автоматах и многомерных приспособлениях не менее 70...80% составляют устройства, в которых контролирующими элементами являются электроконтактные преобразователи [1–7].

Такое их широкое применение объясняется конструктивной и эксплуатационной простотой, обеспечением достаточно высокой точности измерения, во многих случаях удовлетворяющей требованиям машиностроения.

Электроконтактный преобразователь представляет собой механизм, состоящий из двух (или более) регулируемых при настройке и неподвижных при работе контактов, включенных в электрическую цепь со светосигнальным и исполнительным устройством, и устройства, передающего перемещение измерительного наконечника от контролируемой детали до подвижного контакта.

Электроконтактные преобразователи подразделяют на две группы:

- 1) преобразователи размеров, или предельные, электроконтактные преобразователи, с помощью которых определяют нахождение контролируемого размера в пределах установленных границ интервала допуска;
- 2) преобразователи колебания размеров, или амплитудные, с помощью которых определяют погрешность формы деталей в поперечном сечении.

Назначение электроконтактного преобразователя заключается в том, что если величина или колебание величины контролируемого параметра выходит за пределы заданного, то электрический контакт преобразователя замыкает определенную схему и включает светосигнальный или исполнительный механизм.

Имеются преобразователи без отсчетного устройства и с отсчетным устройством, которыми обычно являются индикаторы часового типа, рычажно-зубчатые головки или малогабаритные пружинные головки.

5.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 5.1) состоит из следующих основных узлов: стойки 11 с кронштейном 12, на которых закреплен электроконтактный преобразователь модели 228 с настроечными микровинтами 3 и 5 и отсчетным устройством 7 (индикатором часового типа), кронштейна 13, установленного на основании 14, в котором жестко зафиксирован корпус микрометрической подачи 15, а также корпуса светосигнального устройства 16.

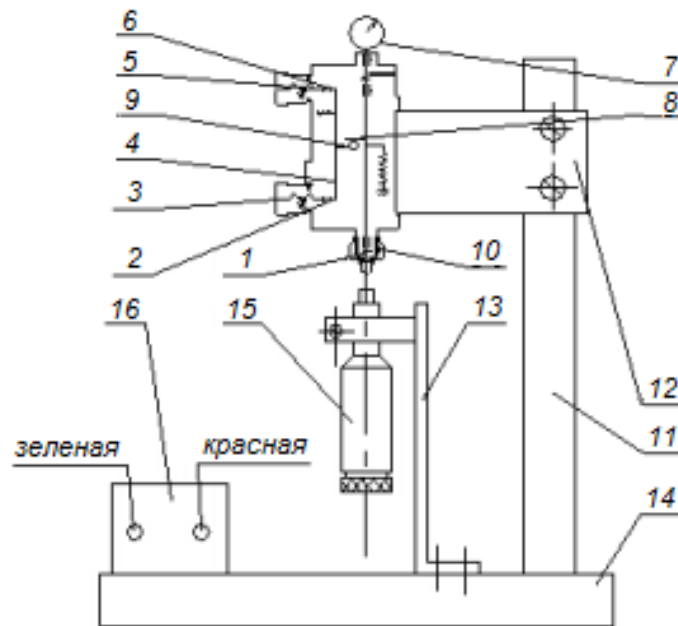


Рис. 5.1. Лабораторная установка с электроконтактным преобразователем

В схеме двухконтактного преобразователя модели 228 имеется передаточный механизм в виде двуплечего рычага. Измерительный стержень 1 несет упор 8, который контактирует со штифтом 9, находящимся на рычаге 4. На этом рычаге закреплены подвижные контакты 2 и 6. Штифт 9 смещен от оси закрепления рычага на 5...8 мм и образует малое плечо рычажной передачи. Передаточное отношение рычажной передачи $i = 5$. Верхний 5 и нижний 3 неподвижные контакты являются регулируемыми. При установке стрелочного отсчетного устройства 7 его измерительный наконечник упирается в верхний торец измерительного стержня.

Преобразователи настраивают на размер по двум образцовым деталям с размерами, соответствующими предельным размерам контролируемых деталей. Погрешность настройки при ходе настроечного винта до 0,06 мм будет составлять 0,1...0,5 мкм, при ходе до 0,1 мм – 0,7...0,8 мкм и при ходе до 0,2 мм – 2...5 мкм. При настройке по шкалам барабанов настроечных винтов возникает погрешность настройки из-за нелинейной зависимости между перемещением измерительного стержня 1 и углом поворота рычага 4. При

большой разнице между размерами между образцовой и предельными размерами контролируемой деталей погрешность может достигать 20 мкм.

Однако в большинстве случаев при использовании отсчетной головки 7 настройку можно осуществлять с помощью одной образцовой детали. При настройке размер этой детали необязательно должен соответствовать одному из предельных размеров контролируемых деталей – достаточно, чтобы он находился в пределах допуска. Настроечная деталь нужна только для определения положения преобразователя на измерительной позиции, а настройка на верхнее и нижнее отклонения осуществляется с помощью настроечных винтов и гайки микрометрической подачи 10 (см. рис. 5.1).

Преобразователь закрепляют в таком положении, чтобы при нахождении наконечника на детали и перемещении измерительного стержня в пределах допуска рычаг сильно не перекашивался. Наиболее правильное положение будет в том случае, если при среднем размере контролируемой детали подвижные контакты 6 и 2 будут находиться приблизительно на одном расстоянии от оси измерительного стержня. Образцовую деталь устанавливают под измерительный наконечник преобразователя, определяют показания по отсчетному устройству измерительной головки 7, после чего образцовую деталь снимают. Затем гайкой 10 измерительный стержень преобразователя перемещают на величину, равную разности предельного размера контролируемой детали и образцовой аттестованной детали. После этого настроечным винтом 3 (или 5) подводят регулируемый электрический контакт до соприкосновения с соответствующим контактом 2 (или 6) на подвижном рычаге 4. После окончания настройки гайку 10 микроподдачи необходимо отвинтить, чтобы дать возможность измерительному стержню перемещаться за пределы контролируемого допуска.

Принцип действия преобразователя следующий. При опускании измерительного стержня 1 упор 8, выполненный из твердого сплава в форме ножа, воздействует на корундовый штифт 9, заставляя рычаг 4 поворачиваться на крестообразном шарнире. Если размер контролируемой детали оказался меньше допустимого, то при повороте рычага 4 нижний контакт 2 замыкается с нижним регулируемым контактом 3. Если размер детали оказался больше допустимого, то замыкается пара электрических контактов 5 и 6. Если размеры контролируемой детали находятся в пределах интервала допуска, то при опускании измерительного стержня верхние контакты разомкнутся, а нижние – не замкнутся.

Технические характеристики преобразователя:

- предел измерения – 0...1 мм;
- наибольший ход шпинделя – 3 мм;

- цена деления барабана настроечного винта – 0,002 мм;
- погрешность срабатывания – $\pm 0,001$ мм;
- смещение настройки после 25 000 циклов – $\pm 0,001$ мм;
- измерительное усилие с отсчетным устройством – 500 Гс;
- измерительное усилие без отсчетного устройства – 100...300 Гс;
- напряжение, подаваемое на контакты – 12 В
- ток через контакты – 0,1...0,2 мА.

5.3. Порядок проведения исследований

1. Установите винт 15 микрометрической подачи в среднее положение.

2. Закрепите преобразователь с кронштейном 12 на стойке 11 таким образом, чтобы измерительный наконечник преобразователя контактировал с торцевой поверхностью винта микрометрической подачи 15, а измерительный рычаг 4 находился в среднем положении.

3. Установите и закрепите измерительную головку мод. 1ИГП с ценой деления 1 мкм, настроив нулевое показание по шкале.

4. Произведите настройку контактов электроконтактного преобразователя: верхнего – на деление +15 мкм, нижнего – на деление -15 мкм.

5. Переместите винт микрометрической подачи 15 вниз, таким образом чтобы показания головки 7 было равно -15 мкм, а затем вращением настроечного винта 3 добейтесь замыкания электрических контактов 2 и 3 и загорания красной лампочки на светосигнальном блоке 16 («Брак –»).

7. Переместите винт микрометрической подачи 15 вверх, таким образом чтобы показания головки 7 было равно +15 мкм, а затем вращением настроечного винта 3 добейтесь замыкания электрических контактов 5 и 6 и загорания зеленой лампочки на светосигнальном блоке 16 («Брак +»).

8. Проведите оценку погрешности срабатывания верхней и нижней пар контактов.

9. Вращая винт 15 микрометрической подачи опустите измерительный стержень 1 преобразователя в положение, при котором замкнутся нижние контакты 2 и 3 и загорится красная лампочка на светосигнальном устройстве 16. Снимите показание P_i с головки 7 и занесите его в табл. 5.1.

Результаты исследований

№ п/ п	Красная лампочка (нижний контакт преобразователя)						Зеленая лампочка (верхний контакт преобразователя)					
	Π_i	R_{xi}	$\bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x	Π_i	R_{xi}	$\bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x
1												
2												
...												
10												

10. Разомкните контакты 2 и 3 путем вращения винта микрометрической подачи 15 и подъема измерительного стержня 1.

11. Повторите 10 раз пп. 9-10.

12. Вращая винт 15 микрометрической подачи поднимите измерительный стержень 1 преобразователя в положение, при котором замкнутся верхние контакты 5 и 6 и загорится зеленая лампочка на светосигнальном устройстве 16. Снимите показание с головки 7 и занесите его в табл. 5.1.

13. Разомкните контакты 5 и 6 путем вращения винта микрометрической подачи 15 и опускания измерительного стержня 1.

14. Повторите 10 раз пп. 12-13.

15. Произведите обработку результатов измерений.

16. Дайте заключение о годности преобразователя для использования его в лабораторной установке.

17. Выполните эскизы отдельных узлов и блоков лабораторной установки (по указанию преподавателя).

5.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Рассчитайте и занесите в табл. 5.1 значения погрешности R_{xi} замыкания контактов 2, 3 и 5, 6 как разность показаний Π_i и значения уровня настройки ($H = +15$ мкм для верхней пары контактов и $H = -15$ мкм для нижней пары контактов)

$$R_{xi} = \Pi_i - H.$$

2. Определите для каждого контакта среднее арифметическое результатов измерений (математическое ожидание) по формуле

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{xi},$$

где n – число наблюдений.

Значение $\bar{R}_x$ определяет эмпирический центр группирования случайной величины R_{xi} .

3. Найдите для каждого контакта среднеквадратическую погрешность срабатывания преобразователя:

$$S \approx \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n R_{xi} - \bar{R}_x^2}{n-1}}.$$

4. Определите границы доверительного интервала, внутри которых с заданной вероятностью $P=0,95$ будет находиться действительное значение измеряемой величины, по формуле

$$\Delta R_x = \pm t \cdot S,$$

где t – коэффициент Стьюдента (см. табл. 1.4); S – средняя квадратическая погрешность результата измерения.

5. Результат измерения: $R_x = \bar{R}_x \pm \Delta R_x$ при $P = \dots$.

6. Определите предельную погрешность срабатывания преобразователя:

$$\Delta \lim'_1 = +2\sigma_1, \Delta \lim'_2 = +2\sigma_2;$$

$$\Delta \lim''_1 = -2\sigma_1, \Delta \lim''_2 = -2\sigma_2.$$

7. Дайте заключение о годности преобразователя для использования его в лабораторной установке при условии, что предельная погрешность срабатывания не должна превышать $\pm 0,001$ мм.

5.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 5.1).
3. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
4. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 5.1).
5. Выводы.

5.6. Контрольные вопросы

1. Назначение электроконтактных преобразователей в лабораторной установке?
2. Перечислите достоинства электроконтактных преобразователей.
3. Устройство и принцип действия двухконтактного преобразователя модели 228?
4. Опишите основные узлы лабораторной установки с электроконтактным преобразователем.
5. В чем заключается методика определения погрешности срабатывания преобразователя?

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОТРОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки и преобразователя, метрологических характеристик и нелинейности статической характеристики механотронного преобразователя 6МХИС в пределах диапазона измерения; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений; исследование нелинейности характеристики на различных участках шкалы.

6.1. Схемы механотронных преобразователей

Механотроны представляют собой электровакуумные приборы с механическими управляемыми электродами. Под воздействием внешнего механического сигнала в механотроне происходит перемещение одного или нескольких подвижных электродов, что вызывает соответствующее изменение анодного тока механотронов. Используя этот эффект, с помощью механотронов удастся преобразовать механические величины в электрические сигналы [1, 2, 8].

На рис. 6.1 представлена принципиальная схема механотрона с подвижным анодом, представляющего собой лампу-диод с подогревным катодом. Расстояние δ между катодом К и анодом А изменяется вследствие изменений контролируемой линейной величины d .

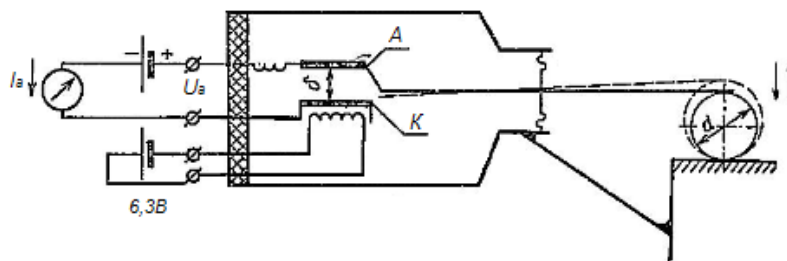


Рис. 6.1. Принципиальная схема механотронного преобразователя с подвижным анодом

Приближенно анодный ток в таком диоде с плоскопараллельными электродами определяется из следующего уравнения:

$$I = \frac{A \cdot S_k \cdot U_a^{3/2}}{\delta^2},$$

где $A = 2,33 \cdot 10^{-6}$ – постоянный коэффициент; S_k – активная поверхность анода, обращенная к катоду, мм^2 ; U – постоянное напряжение между катодом и анодом, В; δ – расстояние между катодом и анодом, мм.

Характеристика механотрона с подвижным анодом представлена на рис. 6.2.

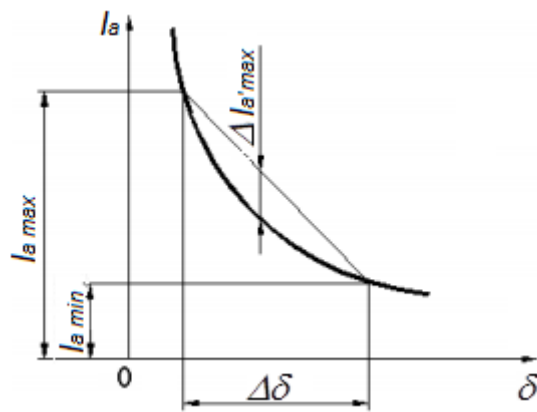


Рис. 6.2. Характеристика механотронного преобразователя с подвижным анодом

Для уменьшения влияния на результаты измерений колебаний питающего напряжения U_a , колебаний температуры, а также для повышения чувствительности более широкое распространение в лабораторной установке получили двойные диоды, в частности, двойные диоды типа 6MXIC. Принципиальная схема такого двойного диода приведена на рис. 6.3.

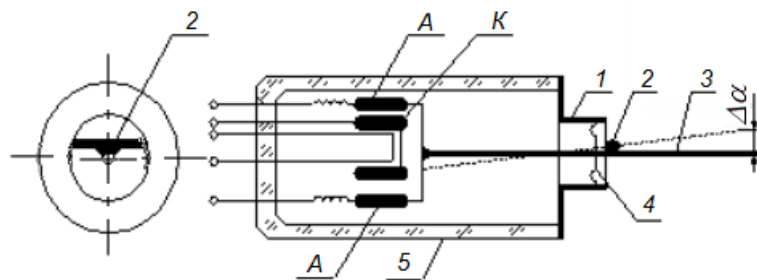


Рис. 6.3. Принципиальная схема механотронного преобразователя типа 6MXIC (двойной диод)

Измеряемое перемещение Δd воспринимается измерительным рычагом 3, на котором закреплены два анода А. Расстояние от катода К до анодов изменяется с разными знаками, что приводит к соответствующему изменению проводимости обеих половин лампы. Рычаг 3 подвешен к корпусу механотрона с помощью мембраны 4, герметизирующей внутреннюю полость лампы. Измерительное усилие механотрона создается самой мембраной. Крепление механотрона осуществляется с помощью металлической трубки 1, охватывающей мембрану.

Механотроны типа 6MXIC имеют следующие технические характеристики:

- номинальное напряжение накала – 6,3 В;
- номинальное напряжение анода – 10 В;
- диапазон перемещений – ± 100 мкм;
- измерительное усилие ± 10 сН;
- долговечность – 1000 ч.

6.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка с механотронным преобразователем состоит из следующих основных частей (рис. 6.4): механотронного преобразователя 1, универсальной стойки 2 с кронштейнами 8 и 9 для установки трубки оптиметра 4 и механотрона 1, электродного блока 3 с отсчетным устройством, а также столика 7 с микрометрическим винтом вертикального перемещения 5 со стопорным винтом 6.

В зависимости от пределов измерения данная лабораторная установка имеет цены делений, указанные в табл. 6.1.

Таблица 2.1

Значения цены деления и пределов измерения

Параметр	Значение		
Пределы измерения, мкм	± 5	± 25	± 50
Цена деления	0,1	0,5	1,0
Основная погрешность системы, не более, в делениях шкалы	1		

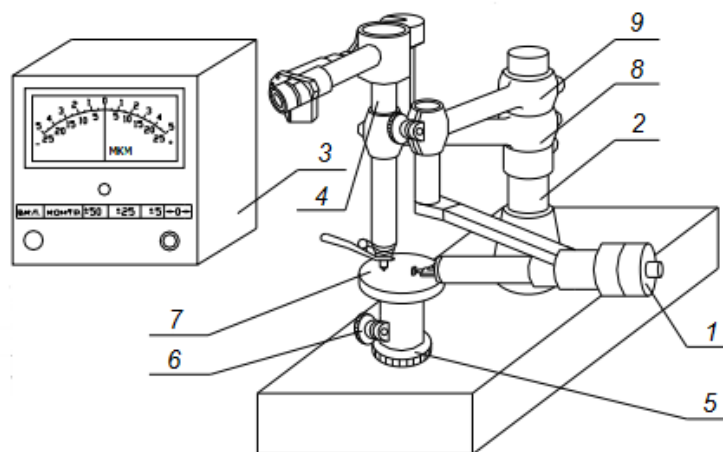


Рис. 6.4. Лабораторная установка с механотронным преобразователем

Лабораторная установка предназначена для контроля малых перемещений. В качестве измерительного преобразователя применяется механотрон типа 6МХИС. Преобразователь совместно с мостом постоянного тока образует измерительную часть системы, преобразующую механическое перемещение измерительного наконечника механотрона в электрический сигнал, пропорциональный этому перемещению и смещающий стрелку показывающего прибора.

Блок 3 включает в себя отсчетный электроизмерительный прибор, переключатель кнопочный В1-В6, сигнальную лампочку ЛС и некоторое число резисторов. Переключатель имеет шесть кнопок, левая «Вкл.» и правая «←0→»

независимые, остальные четыре кнопки – зависимые. При нажатии на кнопку «Вкл.» происходит подключение системы к промышленной сети. Одновременно загорается сигнальная лампочка.

При нажатии кнопки «Контр.» к измерительному мосту взамен механотрона подсоединяются два одинаковых сопротивления.

Нажатие одной из кнопок « ± 50 », « ± 25 », « ± 5 » обеспечивает работу системы с соответствующими пределами измерения.

Кнопка « $\leftarrow 0 \rightarrow$ » служит для подключения специальной приставки, позволяющей дискретно переключать «0» системы.

Для регулировки выходного сигнала в системе предусмотрен потенциометр.

При наладке лабораторной установки необходимо помнить, что она питается от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В, которое является опасным для жизни, поэтому работа при снятом кожухе блока 3 не допускается. Для подсоединения шины заземления на задней панели блока 3 предусмотрена специальная клемма. Блок 3 работает только совместно с механотронными преобразователями.

6.3. Порядок проведения исследований

1. Осмотрите измерительную систему на отсутствие механических повреждений, обрыва электропровода или других неисправностей.

2. Установите измерительный преобразователь 1 в специальный кронштейн 9 универсальной стойки 2 и подключите вилку к соответствующему разъему отсчетного устройства 3.

3. После включения системы в электрическую сеть напряжением 220 В прогрейте ее в течение 20 мин.

4. Для установки указателя на нуль поверните ручку потенциометра после нажатия на кнопку «Контр.» в соответствующую сторону.

5. Установите параллельно с кронштейном, в котором закреплен механотрон, кронштейн 8 с трубкой оптиметра 4.

6. Установите трубку оптиметра и механотрон таким образом, чтобы их указатели находились против нулевой отметки соответствующих шкал.

7. Нажатием кнопки на панели отсчетного устройства 3 выберите предел измерения по шкале ± 50 мкм. В этом случае цена деления будет равна 1 мкм.

8. С помощью вертикального столика 7 с микрометрическим винтом 5 переместите измерительный стержень трубки оптиметра 4 вверх (или вниз) на 2 мкм. Со шкалы отсчетного устройства 3 снимите величину перемещения указателя от нулевого положения.

9. Задавая перемещение измерительному стержню трубки оптиметра через

2 мкм до предела +50 (и –50) мкм, снимите соответствующие показания по шкале отсчетного устройства 3.

10. Измерения произведите при использовании шкал с пределами ± 25 мкм и ± 50 мкм соответственно с ценой деления шкалы 0,5 и 1 мкм.

11. Занесите результаты измерений в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты измерений

№ п/п	Показания		Разность показаний $\Delta = S_1 - S_2$, мкм	Нелинейность механотронного преобразователя $\delta = \Delta / L \cdot 100\%$
	трубки оптиметра S_1 , мкм	по шкале отсчетного устройства S_2 , мкм		
1				
2				
3				
...				

12. Постройте графики зависимости показаний оптиметра и механотронного преобразователя (рис. 6.5).

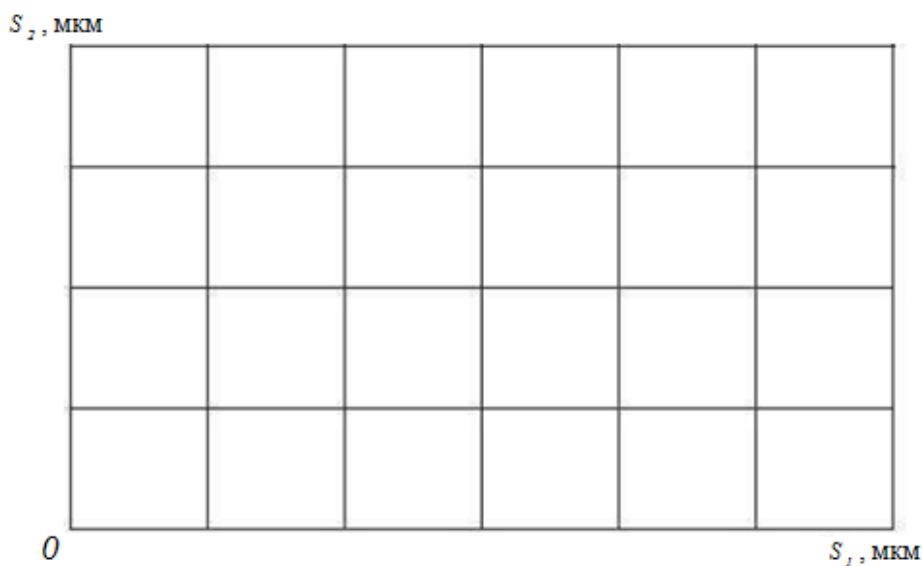


Рис. 6.5. Зависимость показаний оптиметра и механотронного преобразователя:

1 – для диапазона ± 25 мкм; 2 – для диапазона ± 50 мкм

6.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Определите разность показаний трубки оптиметра и по шкале отсчетного устройства механотронного преобразователя

$$\Delta = S_1 - S_2.$$

2. Рассчитайте нелинейность механотронного преобразователя

$$\delta = \Delta / L \cdot 100\%,$$

где L – диапазон измерений.

3. Постройте графики зависимости показаний оптиметра и механотронного преобразователя для диапазонов измерений $L = \pm 25; \pm 50$ мкм. Для построения графиков необходимо по оси абсцисс отложить через 2 мкм перемещения измерительного стержня трубки оптиметра 4, а по оси ординат – величины перемещения указателя по шкале отсчетного устройства 3.

4. Определите нелинейности δ шкалы. Для определения величины нелинейности δ характеристики механотронного преобразователя и отсчетно-измерительной системы проведите через начало координат под углом 45° прямую. Максимальная разность ординат этой прямой и кривой, построенной по данным, снятым со шкалы отсчетного устройства 3, отнесенная к диапазону измерения L , будет характеризовать величину нелинейности характеристики механотронного преобразователя и отсчетно-измерительной системы.

6.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 6.4).
3. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
4. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 6.2).
5. Графики зависимости показаний оптиметра и механотронного преобразователя (см. рис. 6.5).
5. Выводы.

6.6. Контрольные вопросы

1. Назначение механотронных преобразователей?
2. Устройство и принцип действия механотронов с продольным перемещением анода?
3. Устройство и принцип действия механотрона 6МХІС?
4. Опишите основные узлы лабораторной установки? Каковы их назначения, конструктивные особенности?
5. Изложите методику экспериментального определения нелинейности преобразователя?

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОТРОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА БАЗЕ СТЕНДА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТОРЦОВОГО БИЕНИЯ

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки, метрологических характеристик установки; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений; определение передаточного отношения измерительной цепи; исследование нелинейности статической характеристики преобразователя.

7.1. Конструкция механотронного преобразователя

Основной составной частью лабораторного стенда является механотронный измерительный преобразователь малых перемещений [1, 2, 8].

На рис. 7.1 изображена конструкция механотронного преобразователя малых перемещений в электрическую величину.

Механотронный преобразователь представляет собой сдвоенный вакуумный диод с плоскопараллельной системой электродов.

При работе механотронного преобразователя катод 1 остается неподвижным относительно корпуса. Роль подвижных электродов играют аноды 2.

Благодаря симметричности конструкции механотронного преобразователя легко достигаются высокая чувствительность, высокая стабильность показаний и высокая линейность статической характеристики.

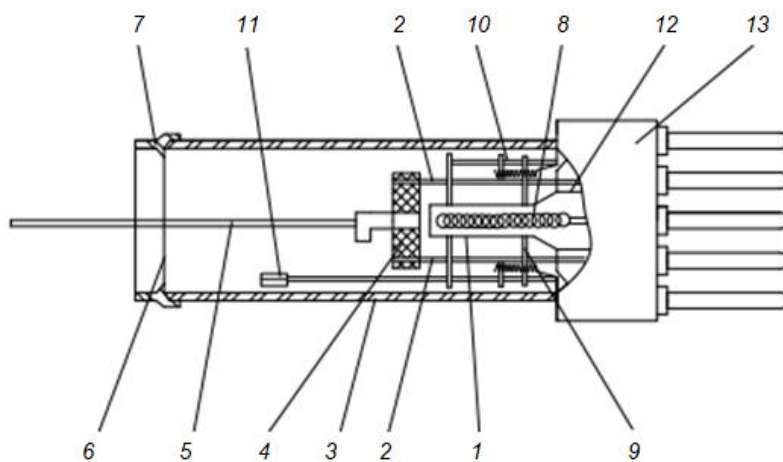


Рис. 7.1. Конструкция механотронного преобразователя

Конструктивно, приведенный на рис. 7.1 механотронный преобразователь, состоит из корпуса 3, из которого удален воздух; подвижных анодов 2, механически жестко связанных и электрически изолированных с помощью изолятора 4; к изолятору прикреплен измерительный стержень 5, выведенный через мембрану 6 из корпуса. Мембрана соединяется со стеклянным корпусом посредством металлического фланца 7, который предохраняет ее от тепловых и

механических повреждений при монтаже и эксплуатации механотронного преобразователя. Оксидный катод 1 со спиралью нагревателя 8 выполнен сдвоенным. Крепление неподвижных электродов производится с помощью слюдяных дисков 9 и металлических траверс 10. Механотрон снабжен стандартным газопоглотителем 11. Подогреватель 8 катода, как и другие электроды, электрически соединяется с жесткими выводами 12 октального цоколя.

Измеряемое перемещение воздействует на свободный (внешний) конец измерительного стержня 5, причем максимальная чувствительность механотронного преобразователя обеспечивается в том случае, когда направление механического сигнала, приложенное к концу стержня механотрона, перпендикулярно плоскости его электродов.

7.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка с набором необходимых элементов приборов приведена на рис. 7.2

Питание на лабораторный стенд подается (с разрешения преподавателя) через специальный источник 2 от сети однофазного напряжения 220 В с частотой 50 Гц. На передней панели 1 лабораторного стенда (с лицевой стороны) расположены гнезда для присоединения соответствующих проводников, используемых для сборки схемы измерительных цепей, и показывающий прибор P_X , включаемый в измерительную диагональ моста.

На лабораторном столе располагаются: источник питания 2 ($U_a = 10 \dots 24$ В и $U_n = 6,3$ В); миллиамперметр P_A , вольтметр P_U .

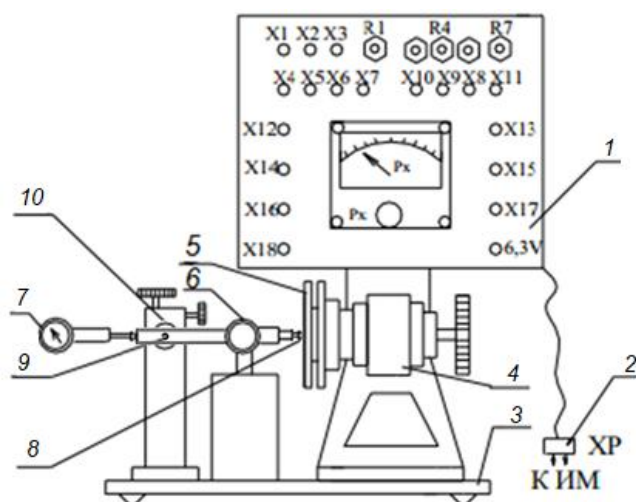


Рис. 7.2. Лабораторная установка для моделирования торцового биения

В качестве первичного измерительного преобразователя используется двуханодный механотрон типа 6МХ1С.

Схема включения двуханодного механотронного преобразователя

представляет измерительный мост (рис. 7.3). Четырехплечий измерительный мост образуется межэлектродными промежутками (диодами) механотрона (см. рис. 7.1) и сопротивлениями анодных нагрузок R_1 , R_2 и R_3 . В одну из диагоналей моста включен источник анодного питания (U_a) с внутренним сопротивлением R_0 .

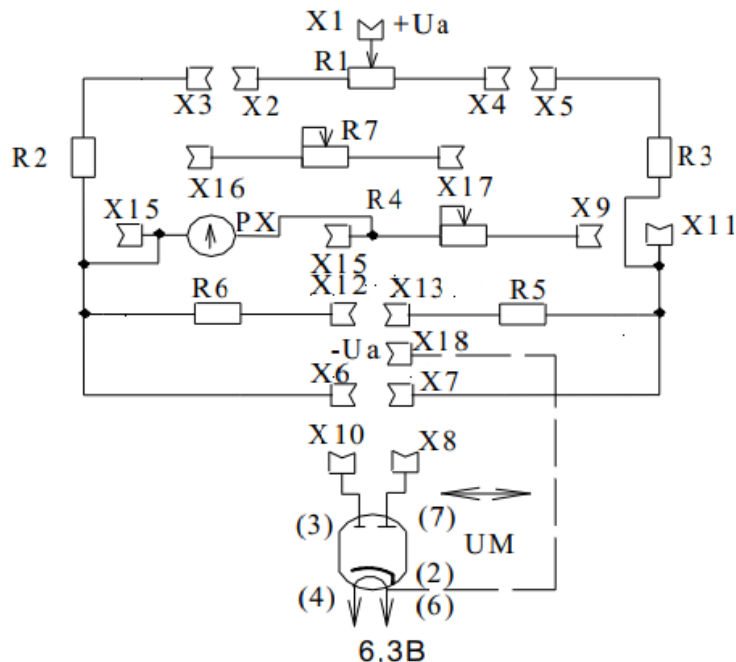


Рис. 7.3. Схема включения механотронного преобразователя в цепи измерительного моста

Во вторую, так называемую измерительную диагональ, включен показывающий прибор (P_X) 1 (см. рис. 7.2), имеющий внутренне сопротивление R_x . На горизонтальной плите 3 лабораторного стенда расположены механизм 4, имитирующий торцовое биение ступицы 5; передаточный механизм 6 со встроенным пружинно-рычажным индикатором 7 с ценой деления 2 мкм, фиксирующим с высокой точностью перемещения измерительного наконечника 8 в горизонтальной плоскости и передающим изменения перемещений, пропорциональных торцовому биению ступицы, измерительному стержню 9 механотронного преобразователя 10. Механотрон закреплен в горизонтальной плоскости так, что его измерительный стержень 9 перпендикулярен горизонтальной оси передаточного механизма 6.

7.3. Порядок проведения исследований

1. Изучите конструкцию, принцип действия отдельных узлов и блоков стенда и способов их компоновки.
2. Выполните эскизы крепления отдельных узлов и блоков стенда (по указанию преподавателя).
3. Включите (с разрешением преподавателя) в электрическую сеть (~ 200 В, 50 Гц) источник питания, дайте возможность прогреться

механотронному преобразователю (5...7 мин), сбалансируйте измерительный мост с помощью рукоятки механизма 4 (см. рис. 7.2) и движка резистора R1 (см. рис. 7.3). Когда мост будет сбалансирован, т.е. когда разность потенциалов между гнездами $X_{11}...X_{15}$ будет равна нулю, стрелка показывающего прибора P_X должна установиться посередине шкалы (условно на нулевой отметке).

4. Вращением рукоятки механизма 4 добейтесь отклонения стрелки P_X вправо на угол, например, « $+\alpha$ », или на n делений шкалы, и влево на угол « $-\alpha$ », или также на n делений.

5. Произведите считывание результатов измерений входной величины $X_{вх}$ (торцового биения) одновременно по двум приборам: P_X (в делениях шкалы) и индикатора 7 (в микрометрах). Считывание результатов измерений производится в прямом и обратном направлении, путем вращения рукоятки механизма 4 влево или вправо.

6. Занесите результаты измерений в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Результаты исследований

№ п/ п	Значение входной величины $X_{вх}$		Сила тока I_x , μA				Анодное напряжения, В		Нелинейность измерительной цепи, $\Delta/L \cdot 100\%$
	по индикатору , мкм	по прибору P_x , дел. шк.	P_x	$R_4 = 100 \text{ Ом}$	$R_4 = 200 \text{ Ом}$	$R_4 = 500 \text{ Ом}$	U_{a1}	U_{a2}	
1			«0»						
2			« $+\alpha$ »						
3			« $-\alpha$ »						
...									
п									

7. Произведите измерения значений силы электрического тока I_x в цепи показывающего прибора P_X для трех различных значений сопротивлений R_4 ($R_4 = 100 \text{ Ом}$; $R_4 = 200 \text{ Ом}$; $R_4 = 500 \text{ Ом}$) и трех значений U_a ($U_{a1} = 10 \text{ В}$; $U_{a2} = 12 \text{ В}$; $U_{a3} = 16 \text{ В}$).

8. Измерение значений анодных напряжений (U_{a1} и U_{a2}) выполняют переносным вольтметром P_U с пределом измерения $\geq 25 \text{ В}$ и высоким внутренним сопротивлением (может быть применен цифровой вольтметр). Включение входных цепей осуществляется к гнездам X_6 (X_7) и X_{18} (см. рис. 7.3).

9. Измерение значений электрических токов (I_{a1} и I_{a2}) выполняют переносным миллиамперметром P_I , включая его поочередно в цепи анодных

нагрузок механотронного преобразователя – X_6 , X_{10} и X_7 , X_8 (см. рис. 7.3).

10. Измерение значений электрического тока I_x в измерительной диагонали моста выполняют микроамперметром P_I с пределами измерений $0 \dots 500 \mu A$, включая его в цепь X_9 , X_{11} .

Значение I_x находят для трех положений стрелки P_x («0», «+α», «-α»).

11. По данным табл. 7.1 рассчитайте передаточное отношение измерительной цепи с механотронным преобразователем.

12. Постройте график статической характеристики измерительной цепи с механотронным преобразователем $I_x = f(X_{вх})$ (рис. 7.4).

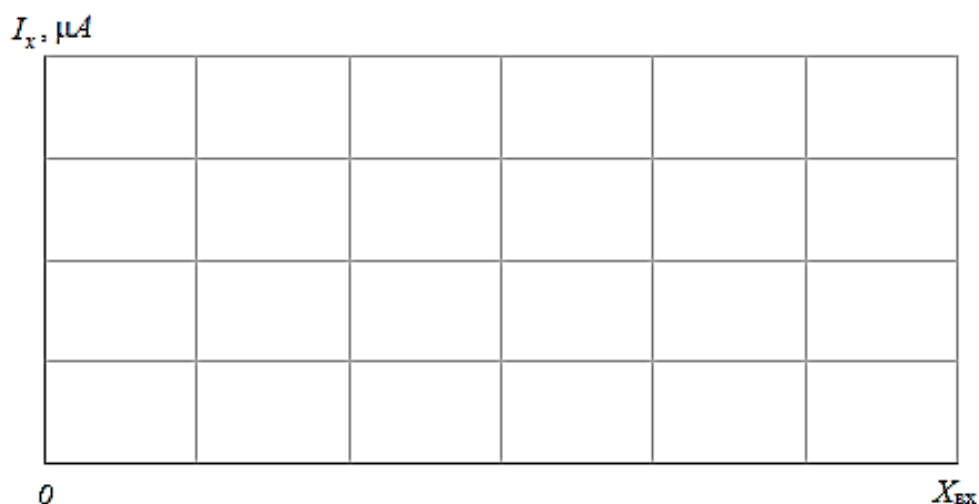


Рис. 7.4. Статическая характеристика измерительной цепи с механотронным преобразователем

7.4. Порядок обработки результатов измерений

1. По результатам экспериментальных исследований определите передаточное отношение измерительной цепи с механотронным преобразователем:

$$K = \frac{X_{\text{вых}}}{X_{\text{вх}}} = \frac{N \cdot m}{\delta_t},$$

где N – количество делений по шкале P_x , соответствующее перемещению кончика стрелки при измерении $X_{\text{вх}}$ в пределах заданного диапазона измерения торцового биения ступицы δ_t ; m – цена деления шкалы P_x .

2. По результатам экспериментальных исследований построить график статической характеристики измерительной цепи механотронного преобразователя.

Для построения графика необходимо отложить по оси абсцисс показания по индикатору, а по оси ординат – показания по отсчетному устройству P_x .

Для определения величины нелинейности характеристики измерительной цепи с механотронного преобразователя проведите через начало координат под углом 45° прямую. Разность ординат этой прямой и кривой, построенной по данным, снятым со шкалы отсчетного устройства, отнесенная к пределу измерения L по шкале и умноженная на 100%, будет характеризовать искомую величину нелинейности.

7.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Схема лабораторной установки и ее описание (см. рис. 7.1, 7.2).
3. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
4. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 7.1), график статической характеристики (см. рис. 7.4).
5. Выводы.

7.6. Контрольные вопросы

1. Какие вы знаете основные типы механотронных преобразователей измерения малых перемещений и линейных размеров?
2. Конструкция и принцип действия механотронного преобразователя с двумя подвижными анодами?
3. Изложите порядок построения статической характеристики измерительной цепи с механотронным преобразователем?
4. Устройство и принцип действия лабораторного стенда?
5. Как происходит определение цены деления и передаточного отношения измерительной цепи с механотронным преобразователем?
6. Перечислите основные достоинства и недостатки механотронных преобразователей.
7. Приведите примеры использования механотронных преобразователей в конструкции измерительных станций автоматизированных измерительных систем.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРОКОПРЕДЕЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С ПЕЧАТНОЙ ОБМОТКОЙ (ИНДУКТОСИНА)

Цель исследования: изучение конструкции отдельных узлов и блоков лабораторной установки; приобретение навыков настройки, измерения и обработки результатов измерений; изучение эксплуатационных характеристик, требований к установочным поверхностям и монтажу.

8.1. Принцип действия и конструкция

Для измерения больших перемещений сконструированы измерительные преобразователи линейных перемещений индуктивные с печатными обмотками – индуктосины, принцип действия которых основан на изменении взаимной индукции между обмотками головки и линейки при их взаимном перемещении [1–7].

Индуктосины могут быть линейными и круговыми. Линейный индуктосин представляет собой неподвижную линейку, собранную из нескольких секций длиной 250 мм (рис. 8.1).

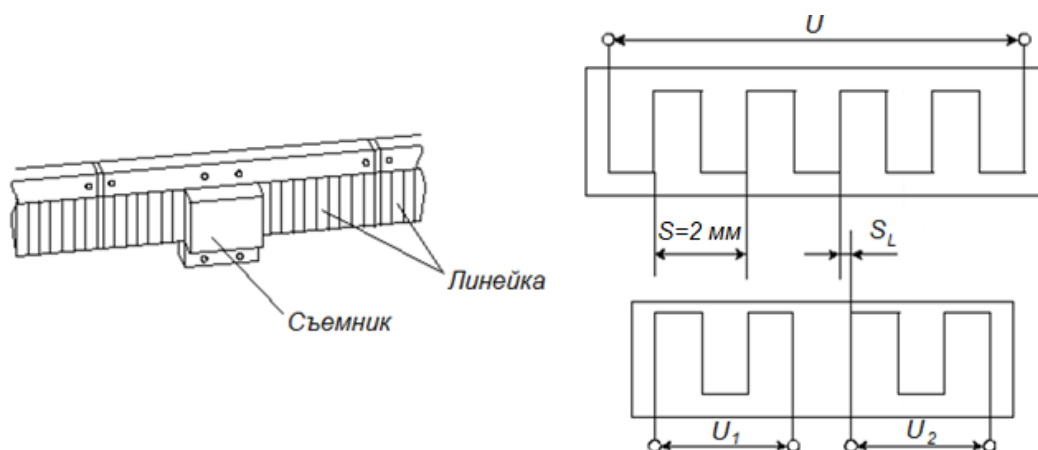


Рис. 8.1. Линейный индуктосин:

а – конструктивное исполнение; *б* – взаимное расположение обмоток

На одной стороне линейки нанесена плоская печатная обмотка, имеющая вид *а* с постоянным линейным шагом 2 мм. Подвижная головка (съемник) преобразователя на стороне, обращенной к линейке, имеет две аналогичные плоские печатные обмотки, сдвинутые относительно друг друга на 1/4 шага.

Индуктосин может быть использован в фазовом и трансформаторном режимах. В фазовом режиме обмотки, расположенные на подвижной части индуктосина, питаются от источника двумя токами, сдвинутыми на 90 электрических градусов, и образуют бегущее магнитное поле. В неподвижной обмотке наводится ЭДС, фаза которой пропорциональна смещению головки относительно линейки в пределах шага 2 мм.

В трансформаторном режиме обмотки подвижной части питаются напряжениями, совпадающими по фазе. Они образуют пульсирующее магнитное поле и в неподвижной обмотке наводится ЭДС, амплитуда которой пропорциональна смещению головки относительно линейки в пределах шага 2 мм.

Достоинствами индуктосинов являются простота технологии изготовления и высокая точность (погрешность линейных достигает единиц микрометров, а угловых – единиц угловых секунд).

Конструктивные элементы

Линейка – часть преобразователя, имеющая одну печатную обмотку.

Головка – часть преобразователя, имеющая две обмотки, нанесенные со сдвигом относительно друг друга на $1/4$ величины шага печатных проводников соответствующей линейки.

Шкала – несколько линеек, установленных последовательно на одной плоскости с сохранением по всей длине одного и того же шага печатных проводников.

Шаг печатной обмотки линейки – расстояние между осевыми линиями печатных проводников, считая через один.

Данные преобразователи изготавливаются в двух исполнениях:

1. ДЛПН-1-2-250А – датчик линейных перемещений нормальный шириной 58 мм, класса точности 1 с шагом печатной обмотки 2 мм длиной 250 мм модификации А;

2. ДЛПУ-2-5Б – головка линейных перемещений уменьшенная шириной 30 мм, класса точности 2, предназначенная для работы с линейкой, имеющей шаг печатной обмотки 5 мм, модификации головки Б.

Зависимость допустимой погрешности преобразователей от класса точности и величины перемещения указана в табл. 8.1.

Внутришаговая погрешность – погрешность преобразователя на длине перемещения, равной одному шагу.

Устанавливают следующие внутришаговые погрешности преобразователя:

- 1) для класса точности 1, не более, – 6,0 мкм;
- 2) для класса точности 2, не более, – 3,5 мкм;
- 3) для класса точности 3, не более, – 2,0 мкм;
- 4) для класса точности 4, не более, – 1,0 мкм.

В зависимости от исполнения устанавливается ряд номинальных длин линеек преобразователей: 136; 250; 500 мм.

Ряд шагов печатной обмотки линеек устанавливается независимо от исполнения: 1; 2; 5 мм.

Предельная длина измеряемого координатного перемещения ограничивается значением 5000 мм.

Длина измерения при заданном количестве линеек должна определяться по формуле

$$L_{\text{изм}} = \sum_{i=1}^n L_i - 100, \quad (8.1)$$

где L_i – номинальная длина линейки, мм; n – количество линеек.

Погрешность измерения определяется классом точности индуктосина и выражается формулой

$$\Delta L = \pm a + b \cdot L, \quad (8.2)$$

где $b \cdot L$ – мультипликативная составляющая погрешности, мкм; a – аддитивная составляющая погрешности, мкм.

Требования к материалам

Основания линеек и головок должны изготавливаться из качественных конструкционных среднеуглеродистых закаливаемых сталей с температурным коэффициентом линейного расширения $(11,3...13,0) \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1}$, не более, при испытании в диапазоне температур от +20 до +100 °С.

При изготовлении оснований линеек и головок из горячекатаной стали припуск на чистовое фрезерование должен быть на каждую сторону не менее 1,2 мм.

Печатные обмотки изготавливаются на фольгированном стеклотекстолите марки СФ-I-50-0,5.

Для склеивания фольгированного стеклотекстолита с основанием применяется пленочный клей марки ВК-3.

Для защиты печатных обмоток и головок применяют лак марки УР-231.

Основания линеек и головок имеют покрытие Ц.15хр.

Для шлифования поверхностей под склейку оснований линеек головок нужно применять шлифовальные круги на керамической основе, причем при шлифовании не следует использовать смазочно-охлаждающую жидкость (СОЖ).

Электрический монтаж линеек и головок производят с применением бескислотных флюсов припоем ПОС 61 паяльником, имеющим мощность не более 50 Вт и температуру жала 250...280 °С.

Требования к качеству изготовления головок и линеек

Операции по изготовлению печатных обмоток головок и линеек не должны приводить к снижению прочности сцепления медной фольги с диэлектриком.

Клеевой шов между основанием и стеклотекстолитом при испытании на сдвиг должен выдержать не менее $1,7 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ (15 кгс/см²).

Электрические параметры

Устанавливаются следующие номинальные значения электрических параметров преобразователя:

Частота тока запитки, кГц	$10 \pm 0,05$
Ток запитки, А	$0,2 \pm 0,05$
Разница сопротивлений между печатными обмотками (контакты А, Б и В, Г) головки, %, не менее	0,5
Сопротивление изоляции между обмотками головки и основанием, МОм, не менее	10,0
Сопротивление изоляции между обмотками линейки и основанием, МОм, не менее	10,0

Условные обозначения частей преобразователя

Условное обозначение должно содержать:

- наименование части преобразователя;
- буквенный шифр исполнения;
- класс точности преобразователя;
- величину шага печатной обмотки линейки, мм;
- номинальную длину линейки, мм;
- буквенный шифр, обозначающий модификацию частей преобразователя, устанавливаемый в конструкторской документации на конкретную головку или линейку;
- обозначение настоящего стандарта.

Эксплуатационные характеристики

Части преобразователя должны быть одного исполнения.

Шкала преобразователя должна набираться из линеек одного исполнения и одного класса точности.

Части преобразователя должны быть неподвижны относительно узлов деталей оборудования, перемещение которых измеряется.

Взаимное рабочее расположение частей преобразователя на оборудовании должно соответствовать чертежу (рис. 8.2) и размерам, приведенным ниже.

Размер А:

- для исполнения ДЛПН – $9,8 \pm 0,05 \text{ мм}$;
- для исполнения ДЛПН – $7,8 \pm 0,05 \text{ мм}$.

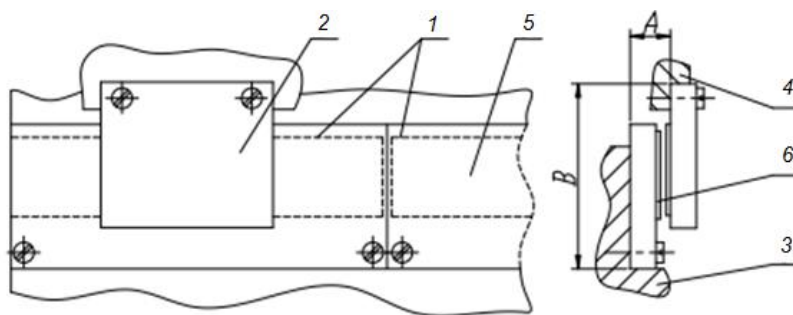


Рис. 8.2. Линейный индуктосин:

1 – линейки шкалы; 2 – головка; 3, 4 – узлы и детали оборудования;
5 – печатная обмотка линейки; 6 – печатная обмотка головки

Размер В:

- для исполнения ДЛПН – $88,3 \pm 0,05$ мм;
- для исполнения ДЛПУ – $46,7 \pm 0,05$ мм.

Устанавливаются следующие номинальные значения электрических параметров:

Ток запитки I_0 , А	0,2
частота тока f_0 , кГц	10
выходная ЭДС E_0 , мВ	0,7 (для ДЛПН) 0,4 (для ДЛПУ)

Устанавливаются следующие максимальные рабочие значения электрических параметров:

Ток запитки $I_{\max}$, А	1,5;
Частота тока $f_{\max}$, кГц	100.

Рабочие значения ЭДС E следует определять по формуле

$$E = E_0 \cdot K_I \cdot K_f, \quad (8.3)$$

где E_0 – выходная ЭДС, мВ; K_I – коэффициент тока; K_f – коэффициент частоты.

Коэффициенты K_I и K_f следует определять по формулам

$$K_I = \frac{I}{I_0}, \quad (8.4)$$

где I – рабочее значение тока запитки, А; I_0 – номинальное значение тока запитки, А;

$$K_f = f / f_0, \quad (8.5)$$

где f – рабочее значение частоты тока, кГц; f_0 – номинальное значение частоты тока, кГц.

Требования по устойчивости к внешним воздействиям

1. Механические воздействия должны соответствовать требованиям ГОСТ, установленным для изделий обыкновенного исполнения третьего порядка группы 4.

2. Рабочий зазор преобразователя должен быть защищен от попадания стружки или иных твердых частиц, которые могут привести к механическому повреждению печатных обмоток, а также воды, масла, СОЖ и различных растворителей.

3. Преобразователь должен быть защищен от ударов, которые могут привести к обрыву печатных или иных проводников, деформации оснований линеек и головки или повреждению их базовых поверхностей.

Требования к надежности

1. Безотказность работы преобразователя (нижнее значение наработки на отказ) должна быть 10 000 ч (при доверительной вероятности 0,8) при условиях, установленных нормативными документами.

2. Ремонтопригодность преобразователя, характеризующаяся значением среднего времени восстановления для замены любой части, должна быть не более 4 часов.

3. Средний срок службы преобразователя должен быть не менее 6 лет.

8.2. Описание лабораторной установки

Внешний вид установки с линейным индуктосином приведен на рис. 8.3.

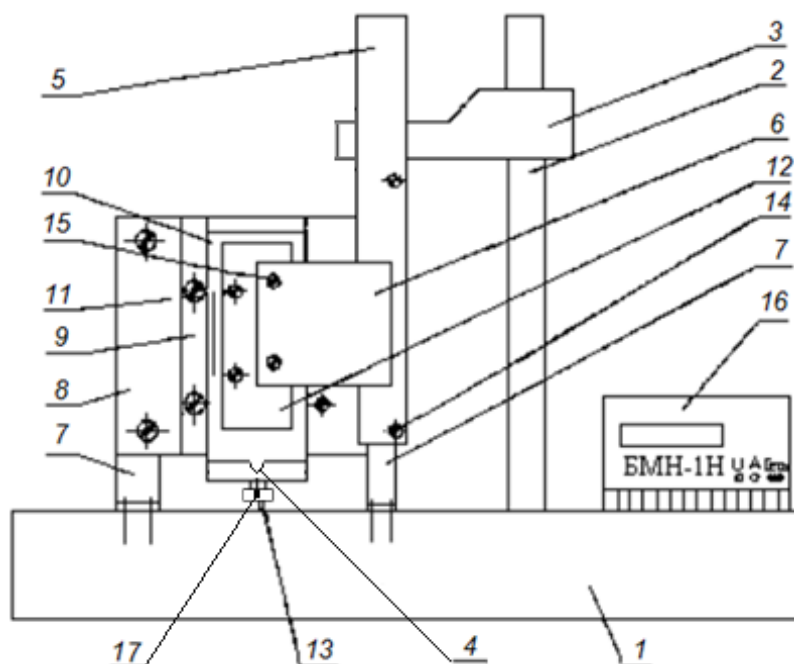


Рис. 8.3. Установка с линейным индуктосином

Установка состоит из следующих основных узлов: основания 1, на котором установлены стойка 2 с кронштейном 3 и неподвижно закрепленной на

нем винтами 14 линейкой 5 индуктосина, а также подвижной головки 6, закрепленной на накладке 12, которая установлена на четырех колонках 11 ползуна 10, перемещающегося посредством микровинта 13 в направляющей 9 типа «ласточкин хвост». Направляющая 9 неподвижно установлена на планке 8, закрепленной на кронштейнах 7. Головка 6 выставлена относительно линейки 5 в соответствии с требованиями в эксплуатационных характеристиках.

Отсчет перемещений производится по блоку индикации 16.

8.3. Порядок проведения исследований

1. Устанавливается следующий порядок монтажа преобразователя: установка линейки 5; установка головки 6; электрический монтаж.

2. Перед монтажом линейек установочные поверхности кронштейна 3 и основания линейек протрите мягкой ветошью, смоченной бензином Б-70.

3. Перед затяжкой винтов 14 линейку 5 прижмите к установочной поверхности кронштейна 3. Усилие затяжки – не более 9,8 Н·м.

4. Установите головку 6 в упор на установочную накладку 12 и затяните винты 15 с усилием 9,8 Н·м.

5. Убедитесь повторно с помощью специального щупа, что на всей длине ее перемещения обеспечивается зазор между линейкой и головкой.

6. Установите узел с головкой 6 в крайнее нижнее положение относительно линейки 5, зафиксируйте это положение как начало отсчета путем нажатия кнопки «0» на панели блока индикации 16.

7. Переместите головку 6 на шаг вверх путем поворота винта микрометрической подачи 13 на один оборот, совместив риску 17 на головке винта 13 с указателем 4. Снимите показание P_i по блоку индикации 16 и занесите в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Результаты измерений

№ п/п	Показание прибора P_i	R_{xi}	Среднее значение $\bar{R}_x$	$R_{xi} - \bar{R}_x$	$(R_{xi} - \bar{R}_x)^2$	S	ΔR_x
1							
2							
...							
30							

8. Повторите 10 раз п. 7, перемещая вверх узел с головкой 6 вдоль линейки 5. Занесите в табл. 8.2.

9. Выполните п. 6-8 для различных участков (середины и верхней части) линейки 5 индуктосина.

10. Произведите обработку результатов измерений.
11. Определите предельную погрешность измерения и сравните ее с допустимой.
12. Выполните эскизы отдельных узлов и блоков установки (по указанию преподавателя).

8.4. Порядок обработки результатов измерений

1. Рассчитайте и занесите в табл. 8.2 значение шага R_{xi} как разность последующего Π_{i+1} и предыдущего Π_i показаний блока индикации 16

$$R_{xi} = \Pi_{i+1} - \Pi_i.$$

2. Найдите среднее арифметическое $\bar{R}_x$ результатов измерений по формуле

$$\bar{R}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{xi},$$

где n – число наблюдений.

Значение $\bar{R}_x$ определяет эмпирический центр группирования случайной величины R_{xi} .

3. Найдите эмпирическое среднее квадратическое отклонение, которое определяет рассеяние значений случайных величин в выборке относительно эмпирического центра группирования, по формуле

$$S \approx \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \bar{R}_x - R_{xi}^2}{n-1}}.$$

Чем меньше значение S , тем выше точность измерений, т.е. меньше случайные погрешности измерений.

4. Определите границы доверительного интервала, внутри которых с заданной вероятностью P будет находиться действительное значение измеряемой величины, по формуле

$$\Delta R_x = \pm t \cdot S,$$

где S – средняя квадратическая погрешность результата измерения; t – коэффициент Стьюдента (табл. 1.4). Значение доверительной вероятности следует принять $P = 0,95$.

5. Оценка грубых промахов по критерию Романовского (применяется, если число измерений $n < 20$). Если какой-либо отдельный результат наблюдений в

полученном ряде измерений вызывает сомнение, необходимо вычислить значение

$$R_{расч} = \frac{|R_{xi}^* - \bar{R}_x|}{\sigma} > R_{табл},$$

где R_{xi}^* – проверяемый результат.

Если вычисленные $R_{расч}$ окажутся больше $R_{табл}$, взятого из табл. 2.63, то члены R_{xi}^* ряда наблюдений необходимо считать промахом и исключить.

8.5. Содержание индивидуального отчета

1. Название, цель и содержание исследований.
2. Схемы преобразователя и лабораторной установки и ее описание (см. рис. 8.1–8.3).
3. Эскизы отдельных узлов лабораторной установки (по указанию преподавателя).
4. Результаты исследования и расчетов (см. табл. 8.2).
5. Выводы.

8.6. Контрольные вопросы

1. В чем состоит назначение индуктосинов?
2. Устройство и принцип действия линейных индуктосинов?
3. Приведите технические характеристики индуктосинов?
4. Какие требования предъявляют к материалам и качеству изготовления головок и линеек индуктосинов?
5. Перечислите электрические параметры индуктосинов?
6. Приведите условное обозначение частей индуктосинов.
7. Эксплуатационные характеристики индуктосинов?
8. Какие требования предъявляют к надежности индуктосинов?
9. Какие требования предъявляют к монтажу и эксплуатации индуктосинов?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васютенко А. П. Измерительные информационные системы : учебно-метод. пособие / А. П. Васютенко, Н. А. Балакина. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 62 с.
2. Глеч Л. А. Изучение и исследование контрольно-измерительных станций : метод. указания / Глеч Л. А. – Севастополь : СевНТУ, 2004. – 67 с.
3. Зайцев А. В. Информационные системы в профессиональной деятельности : учебное пособие / А. В. Зайцев. – М. : РАП, 2013. – 180 с.
4. Голицына О. Л. Информационные системы : учебное пособие / О. Л. Голицына, Н. В. Максимов, И. И. Попов. – 2-е изд. – М. : Форум : ИНФРА-М, 2014. – 448 с.: ил.
5. Шерстобитова А. С. Датчики физических величин : учебное пособие / А. С. Шерстобитова. – Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2017. – 27 с.
6. Педь Е. И. Активный контроль в машиностроении / Е. И. Педь. – М. : Машиностроение, 1991. – 359 с.
7. Волосов С. С. Приборы автоматического контроля в машиностроении / С. С. Волосов, Е. И. Педь. – М. : Машиностроение, 1970. – 310 с.
8. Васютенко А. П. Исследование характеристик мехатронных преобразователей малых перемещений и линейных размеров : метод. рекомендации / Васютенко А. П. – Севастополь : СевНТУ, 2003. – 14 с.
9. Педь Е. И. Расчет индуктивных преобразователей / Е. И. Педь. – М. : Мосстанкин, 1990. – 41 с.
10. Расчет индуктивных преобразователей для линейных измерений : метод. указания / А. П. Васютенко, В. Я. Копп, Д. В. Заморёнова, А. В. Недобой. – Севастополь : СевНТУ, 2007. – 28 с.
11. Расчет параметров измерительных устройств, преобразователей и погрешности измерительных систем : метод. указания / А. П. Васютенко, О. В. Филипович, Н. А. Волошина, Н. А. Балакина. – Севастополь : СевГУ, 2018. – 69 с.
12. Этингоф М. И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках / М. И. Этингоф. – М. : АПР, 2016. – 336 с.
13. Легаев В. П. Приборы автоматического контроля и управления в машиностроении : учеб. пособие / В. П. Легаев ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2009. – 123 с. – ISBN 978-5-89368-980-8.
14. Джежора А. А. Ёлектроемкостные преобразователи и методы их расчета : монография / А. А. Джежора. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 351 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/10087> (дата обращения: 10.10.2024). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
15. Наракидзе Н. Д. Методы и средства измерений : учебно-методическое пособие к практическим занятиям / Н. Д. Наракидзе, Д. В. Шайхутдинов. – Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. – Новочеркасск : Лик, 2019. – 24 с.