

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОСИНОВ

Методические указания

к выполнению лабораторной работы

по курсу «Технические измерения и приборы»

для студентов очной и заочной формы обучения направления 220700.62

«Автоматизация технологических процессов и производств»

Курган 2015

Кафедра: «Автоматизация производственных процессов»
Дисциплина: «Технические измерения и приборы»
(направление 220700.62).

Составили: канд. техн. наук, доцент В.П. Кузнецов, канд. техн. наук, доцент
О.В. Дмитриева, ст. преподаватель А.А. Иванов.

Утверждено на заседании кафедры 26 июня 2014 г.
Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта
«Инженерные кадры Зауралья» 20 декабря 2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Устройство и принцип действия линейных индуктосинов.....	5
2. Схемы включения и монтаж линейных индуктосинов на металлорежущих станках с ЧПУ и промышленных роботах	8
3. Стенд для стыковки линеек индуктосина в шкалу	12
4. Методика проведения стыковки линеек шкалы на стенде	14
5. Порядок выполнения лабораторной работы.....	17
6. Содержание отчёта.....	18
7. Контрольные вопросы.....	18
Список литературы.....	19

Введение

Выполнение данной лабораторной работы является одним из видов занятий по курсу «Технические измерения и приборы» и служит для закрепления уже имеющихся знаний, полученных в ходе изучения дисциплины.

В рамках данной лабораторной работы студенту необходимо получить практические навыки в оценке погрешности измерения линейных перемещений и проведении стыковки линеек индуктосина в шкалу.

Цель работы: изучить конструкцию и принцип действия линейных индуктосинов, схемы включения и требования к монтажу линейных индуктосинов на металлорежущих станках с ЧПУ и цифровой индикацией.

Содержание работы

1. Изучить теоретические сведения о линейных индуктосинах и погрешности измерения перемещений.
2. Ознакомиться с конструкцией стенда и методикой стыковки линеек индуктосина в шкалу.
3. Провести стыковку линеек индуктосина в шкалу по критерию накопленной погрешности.
4. Оформить отчет.

Оборудование для выполнения лабораторной работы

1. Лабораторный стенд для стыковки линеек индуктосина
2. Блок индикации БИН-1Их0,5.

1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОСИНОВ

Линейный индуктосин (датчик линейных перемещений ДЛП) предназначен для преобразования линейных перемещений в электрический сигнал. Основная область применения – измерительные системы линейных перемещений металлорежущих станков с ЧПУ или с цифровой индикацией, специальных установок.

Линейный индуктосин состоит из одной головки (бегунка) и одной или несколько линеек. Несколько последовательно установленных линеек именуется шкалой.

Количество линеек N , входящих в комплект преобразователя, определяют максимальную длину измерения $L = (250 \cdot N - 100)$ мм.

Взаимное расположение элементов индуктосина показано на рисунке 1.

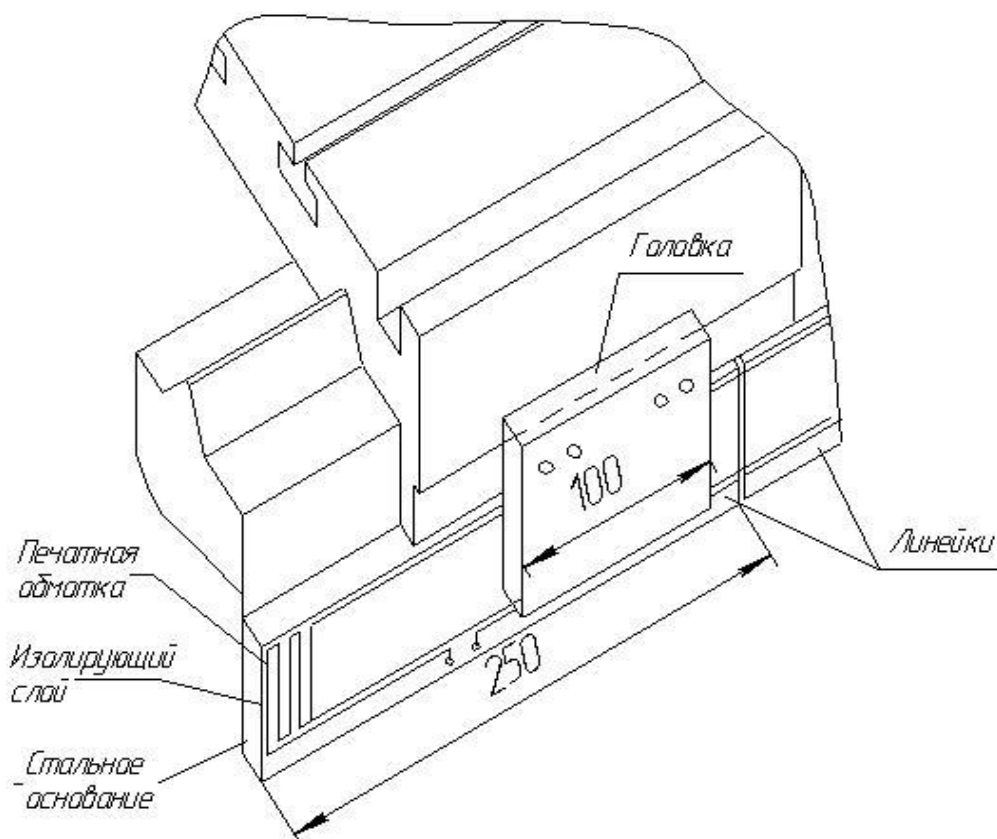


Рисунок 1 - Взаимное расположение элементов линейного индуктосина на металлорежущем станке

Индуктосин позволяет измерять относительное перемещение головки и шкалы. На подвижном узле станка (робота) может быть закреплена головка, а на неподвижном – шкала. Однако возможен случай, когда движется шкала при неподвижной головке. С точки зрения работы индуктосина оба случая равнозначны и выбор того или иного варианта установки определяется конструктивными особенностями узлов станка (робота).

Линейка индуктосина представляет собой стальную полосу, на одной из поверхностей которой расположена плоская печатная обмотка. Обмотка имеет форму «меандра», образованного поперечными проводниками и продольными перемычками, и отделена от стального основания изоляционным слоем. Вдоль одной из кромок линейки расположены три крепежных отверстия и электрические клеммы.

Открытые поверхности стального основания цинкованы, лицевая поверхность с обмоткой защищена эпоксидным лаком.

Головка имеет вид прямоугольной пластины, на одной стороне которой нанесена печатная обмотка, отделенная от стального основания изоляционным слоем. Поперечные проводники обмотки объединены в секции и образуют две обмотки, взаимно сдвинутые в продольном направлении на $\frac{1}{4}$ шага обмотки линейки, которые именуются обычно синусной и косинусной. Концы обмотки выведены на клеммы, расположенные с тыльной стороны головки.

Плоскость головки, на которой находятся печатные обмотки, может закрываться металлической фольгой, служащей электростатическим экраном. Экран приклеивается к защитному лаку обмотки головки и имеет надежный электрический контакт с плоскостью установки головки.

Фактически индуктосин является воздушным трансформатором, вследствие чего коэффициент индуктивной связи весьма низок (0,005), поэтому происходит значительное ослабление выходного сигнала даже при повышенной частоте источника питания. Выходное напряжение при воздушном зазоре 0,2 мм и при напряжении питания 36 В (10 кГц) равно 5-7 мВ. Такое большое ослабление сигнала по напряжению является основным недостатком

индуктосинов. Кроме того, низкое омическое сопротивление обмоток индуктосина при малой индуктивности требует применения специальных согласующих трансформаторов.

Основные электрические характеристики линейного индуктосина типа ДЛП приведены в таблице 1.

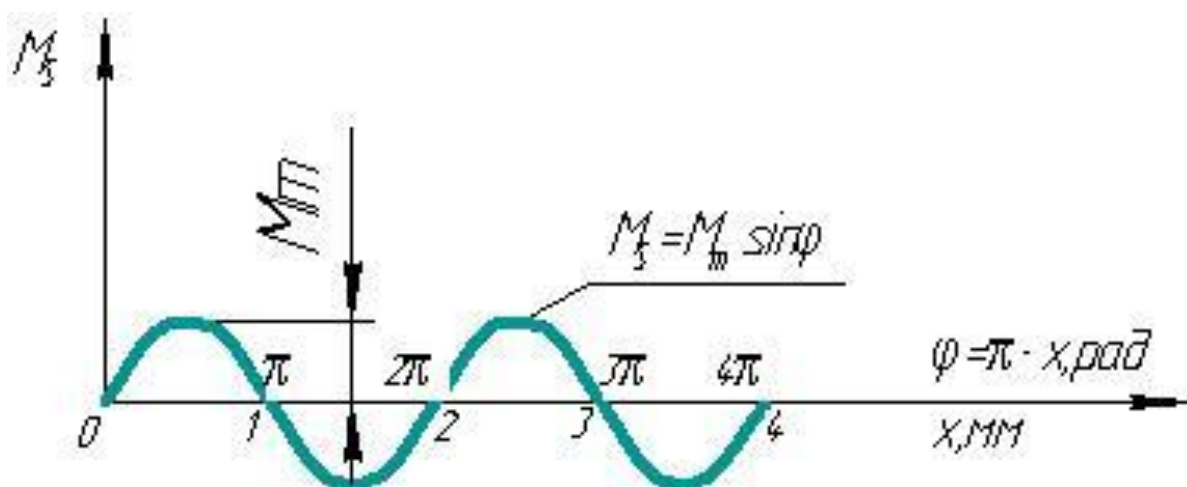
Таблица 1 - Основные технические характеристики линейного индуктосина

Наименование характеристики	Значение параметра	
	линейка	головка
Удвоенное полюсное расстояние (шаг линейки), мм	2	2
Электрическое сопротивление, Ом	6,1±1	1,2±0,2
Наибольший допустимый ток запитки, А	1	1
Выходное напряжение линейки (головки) при рабочем зазоре 0,2 мм и запитки головки (линейки) током 0,2 А частотой 10 кГц, мВ	0,7±0,25	
Максимальная накопленная погрешность измерения на длине, кратной целому числу шагов, мм: класс точности Н класс точности П	±5 ±2,5	
Максимальная внутришаговая погрешность измерения, мкм	±2,5	

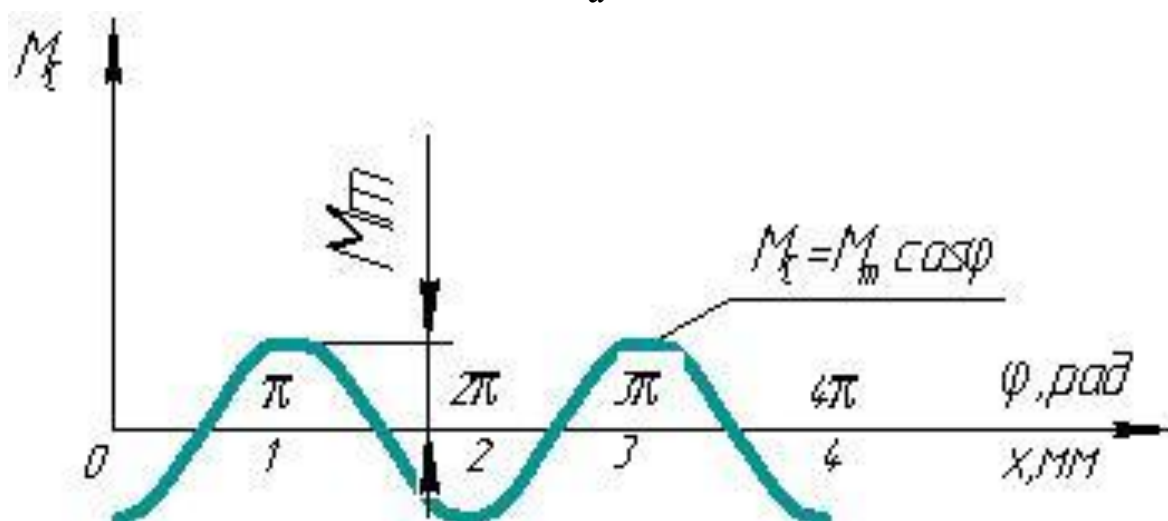
К достоинствам индуктосинов следует отнести возможность печатного выполнения обмоток и вследствие этого возможность получения значительного передаточного отношения электрической редукции. В зависимости от назначения известны индуктосины с числом пар полюсов (удвоенным полюсным делением) 64, 128 и 256; 180 и 360; 100 и 200.

Принцип действия индуктосина поясняет рисунок 2. Величины индукционной связи между обмоткой шкалы и каждой из обмоток головки при их относительном перемещении изменяются периодически по синусоидальному закону. Как видно из рисунка 2 графики для коэффициентов взаимоиנדукции M_C и M_S , соответствующие синусной и косинусной обмоткам

головки индуктосина, взаимно сдвинуты на 0,5 мм (1/4 шага обмотки линейки или $\pi/2$ радиан).



а



б

Рисунок 2 - Зависимость коэффициента взаимоиндукции между обмотками головки и линейки от положения головки: а - в синусной обмотке головки; б - в косинусной обмотке головки

2. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И МОНТАЖ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОСИНОВ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ С ЧПУ И ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТАХ

Различают амплитудный и фазовый (фазиимпульсный) режим работы линейного индуктосина и соответствующие режимам схемы включения.

При амплитудном режиме синусную и косинусную обмотки запитывают синфазными токами I_S и I_C , амплитуды которых пропорциональны, соответственно косинусу и синусу заданного положения головки φ_3 :

$$I_S = K \cdot \cos \varphi_3; \quad I_C = K \cdot \sin \varphi_3,$$

где K – коэффициент пропорциональности.

Электродвижущая сила на выходе линейки E_a при этом равна:

$$E_a = \omega(M_S I_S + M_C I_C) = \omega K M_m (\sin \varphi \cos \varphi_3 - \cos \varphi \sin \varphi_3) = \omega K M_m \sin(\varphi - \varphi_3)$$

где ω - круговая частота запитывающего тока.

При равенстве $\varphi = \varphi_3$ сигнал на выходе линейки равен нулю. В противном случае, ($\varphi \neq \varphi_3$) наводится э.д.с. ошибки, пропорциональная при небольших рассогласованиях величине отклонения от заданного положения, а в общем случае – синусу этого отклонения.

При фазовом режиме работы индуктосина обе обмотки запитывают синхронными токами I_S и I_C с одинаковыми амплитудами I_m , но сдвинутыми по фазе на 90 градусов.

$$I_S = I_m \cdot \sin \omega \cdot t; \quad I_C = I_m \cdot \cos \omega \cdot t.$$

При этом сигнал E_ϕ на выходе линейки:

$$E_\phi = \frac{d}{d \cdot t} (I_S M_S + I_C M_C) = \omega I_m M_m (\cos \omega \cdot t \sin \varphi + \sin \omega \cdot t \cos \varphi) = \omega I_m M_m \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

Таким образом, в фазовом режиме выходной сигнал индуктосина имеет постоянную амплитуду, а его начальная фаза соответствует величине перемещения. Поскольку индуктосин является многополюсным измерительным преобразователем, то фазу выходного сигнала можно записать следующим образом:

$$\varphi = \frac{\pi}{p} (n \cdot \tau + \Delta L),$$

где p - полюсное давление индуктосина; $\tau = 2p$ - шаг обмотки; ΔL - измеряемое линейное перемещение по дуге окружности пределах шага; n - количество периодов.

Для монтажа линейных индуктосинов на станке необходимо выполнить ряд требований к установочным поверхностям. Все поверхности под установку элементов преобразователя (плоскости А, Б, В и Г на рисунке 3) должны быть шлифованы или шабрены.

У отверстий и по наружным ребрам должны быть сняты фаски не менее $1 \times 45^\circ$. Установочные поверхности под линейкой должны быть параллельны направлению взаимного перемещения линейки и головки. Допускаемые отклонения:

для плоскости А – 0,05 мм на длине 250 мм и 0,2 мм на всей длине хода;

для плоскости Б – 0,05 мм на 1000 мм;

для плоскости В – 0,02 мм на длине 250 мм и 0,04 мм на всей длине хода.

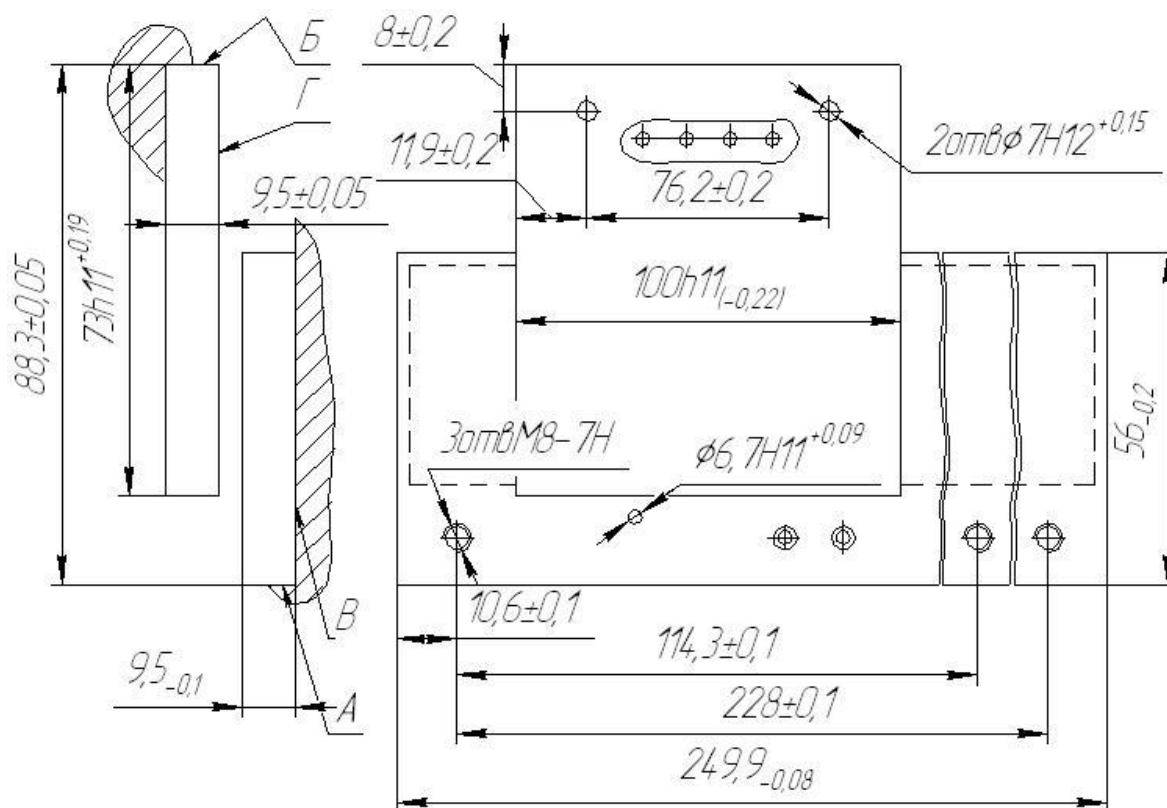


Рисунок 3 - Установочные размеры и поверхности линейного индуктосина

Неплоскостность опорной поверхности под линейки (поверхность В на рисунке 3) – не менее 0,01 мм на 250 мм. Остальные допуски на размеры указаны на рисунке 3. Размер $9,8 \pm 0,5$ необходимо контролировать по всей длине перемещения. Если шкала датчика состоит из нескольких линеек, то

предельное отклонение расстояния между осями любых двух крепежных отверстий не должно превышать $\pm 0,2$ мм.

Монтаж измерительного преобразователя на станке или роботе осуществляется обычно в следующей последовательности:

1. Предварительная установка линейек.
2. Установка головки.
3. Электрический монтаж.
4. Стыковка линейек.

При предварительной установке на станке линейек, образующих шкалу индуктосина, первую из них закрепляют окончательно. Крепежные винты рекомендуется затягивать, прикладывая момент около 10 Н·м. Последовательность затяжки винтов: средний-левый-правый-средний подтянуть. Остальные линейки крепятся предварительно, затягивая винты лишь настолько, чтобы линейку нельзя было сдвинуть рукой. Между торцами соседних линейек должен быть зазор около 0,1 мм.

При установке головки во избежание повреждения обмоток участок шкалы, над которым находится головка, следует закрыть бумагой или пластмассовой пленкой толщиной около 0,1 мм.

После закрепления головки необходимо с помощью такой же прокладки проверить одинаковость воздушного зазора по всей длине хода. При этом не рекомендуется пользоваться металлическими щупами. Пример выполнения электрического монтажа показан на рисунке 4.

Электрическая разводка должна быть выполнена таким образом, чтобы между входными и выходными цепями преобразователя отсутствовала электрическая связь, которая может являться причиной повышенной погрешности измерения. Поэтому длина проводов между головкой и согласующими трансформаторами усилителя должна быть возможно малой (рекомендуется не более 500 мм). Подводка к обмоткам головки выполняется либо экранированным проводом (изолированный экран используется в качестве

обратного провода), либо витой парой в изолированном экране, заземленным с обоих концов.

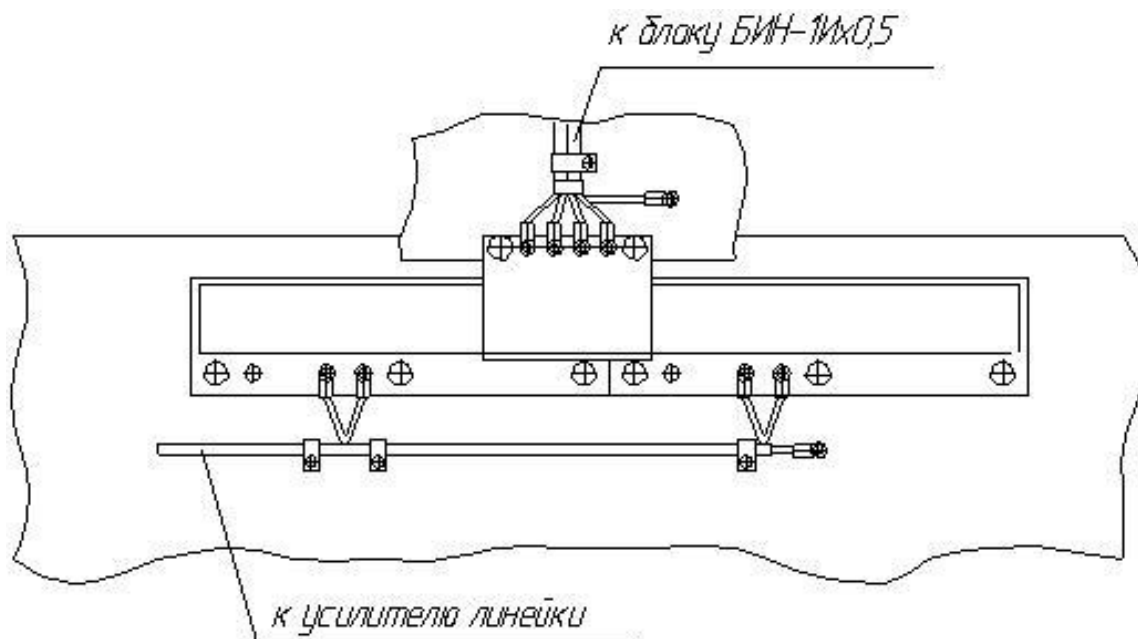


Рисунок 4 - Схема электрического монтажа линейного индуктосина

Согласующие трансформаторы должны быть заключены в стальную коробку с толщиной стенок не менее 0,5 мм. Сопротивление входных цепей должно быть одинаково и не превышать нескольких десятых Ом. Соединение линеек между собой и с усилителем выходного сигнала выполняют также одно- или двухжильным экранированным проводом. Входные или выходные цепи индуктосина должны быть удалены друг от друга, не проходить в общих жгутах и через общие разъемы. Стыковка линеек является наиболее ответственной операцией, от выполнения которой зависит точность измерительного преобразователя. Разработаны различные способы стыковки линеек в шкалу [1]. При выполнении настоящей лабораторной работы студенты производят стыковку линеек индуктосина в шкалу на стенде.

3. СТЕНД ДЛЯ СТЫКОВКИ ЛИНЕЕК ИНДУКТОСИНА В ШКАЛУ

Схема стенда для стыковки линеек индуктосина в шкалу представлена на рисунке 5.

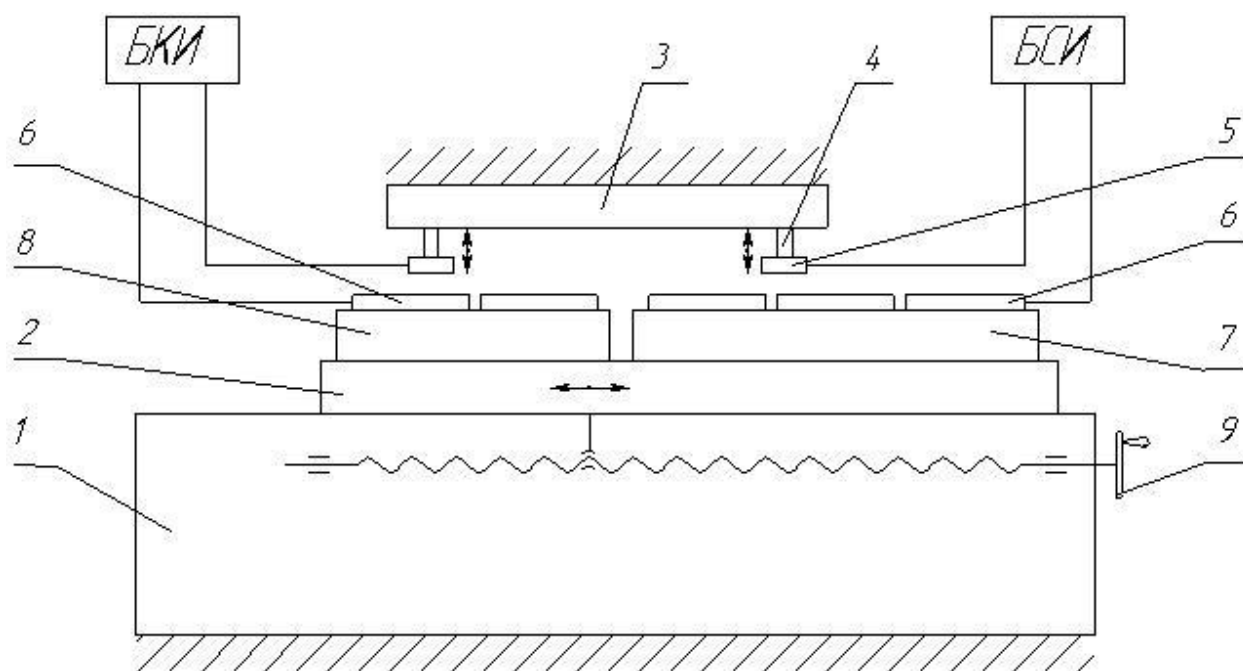


Рисунок 5 - Схема станда для стыковки линеек индуктосина в шкалу

Станд имеет станину 1, по которой перемещается подвижный узел (стол) 2, и неподвижного относительно станины кронштейна 3 с двумя органами 4 для установочных перемещений головок индуктосинов.

На подвижном узле станда монтируется контрольная (образцовая) шкала дополнительного индуктосина 9, а также промежуточная плита 7 для набираемой шкалы линеек 6. С целью сохранения принципа Аббе шкалы аттестованного и набираемого индуктосинов располагаются на одной линии. На органах для установочных перемещений 4 закрепляются головки индуктосина 5 для контрольной и стыкуемой шкалы (далее будем называть также контрольный и стыкуемый индуктосин). Контрольный и стыкуемый индуктосин на стенде запитываются от двух блоков индикации БИН-1Их0,5.

Блок индикации БИН-1И обеспечивает запитку линейного индуктосина и преобразует его сигнал в цифровую форму с выводом показаний на табло индикации. В состав БИН-1И входит усилитель сигнала линейки УСЛ.

БИН-1И обеспечивает работу индуктосина в амплитудном режиме. Запитка осуществляется прямоугольными импульсами частотой 2,05 кГц. Кнопка «0» на передней панели блока индикации обеспечивает сброс

цифрового табло на нуль. Кнопка «А» обеспечивает вызов на цифровое табло БИН-1И значение абсолютной координаты в пределах шага индуктосина.

4. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СТЫКОВКИ ЛИНЕЕК ШКАЛЫ НА СТЕНДЕ

Работа на стенде начинается с подключения к БИНу набираемой шкалы всех стыкуемых линеек, предварительно закрепленных на промежуточной плите (контрольный индуктосин после аттестации всегда должен находиться в рабочем состоянии).

Рекомендуемый порядок проведения юстировки набираемой шкалы на стенде поясним на примере с использованием рисунка 6.

1. Перемещением подвижного узла стенда добиваются, чтобы головка стыкуемого индуктосина оказалась перед первым юстируемым стыком. Данное положение характеризуется точкой 1' на рисунке 6. При этом положение головки контрольного индуктосина определяется точкой 1.

Рекомендуется первую линейку набираемой шкалы брать из числа аттестованных с минимальной погрешностью.

2. Перемещая стол вручную в пределах шага индуктосина, устанавливается положение элементов контрольного индуктосина, соответствующее «нулю шага». После нажатия кнопки «А» на БИНе контрольного индуктосина (БКИ) на табло должно высвечиваться 0,0000.

3. Регулируется положение первой стыкуемой линейки путем смещения её постукиванием деревянным молотком по металлическому стержню, вставленному в технологическое отверстие на линейке, до «нуля шага», фиксируемого по БИНу стыкуемого индуктосина.

Прижимая линейку к базам и окончательно закрепляя её, необходимо следить при этом за тем, чтобы показания табло индикации БИНа стыкуемого индуктосина (БСИ) не изменились и были равны 0,0000.

Ещё раз проверяется точность установки положения «нуля шага», нажимая кнопки «А» обоих БИНов.

На табло высвечивается: БСИ – 0,0000

БКИ – 0,0000

Примечание. Допускается отклонение в показаниях обоих БИНов до $\pm 0,5$ мм.

4. Базируется и предварительно закрепляется вторая линейка набираемой шкалы. При этом зазор в стыке линейек рекомендуется выдерживать примерно 0,3 мм (можно использовать для контроля щуп).

5. Перемещается стол на расстояние 100,0070 мм по БКИ. 7 мкм – это коррекция, вводимая для исключения погрешности, вносимой контрольным индуктосином и определенная при его аттестации для данного положения (на рисунке 6 точка 3).

6. Нажимается кнопка «А» БСИ. На его табло будет высвечиваться какое-то число. Регулируя вторую линейку набираемой шкалы в сторону уменьшения зазора (0,3 мм), необходимо добиться показаний на табло БСИ – 0,0000.

Прижимая вторую линейку к базам, окончательно её закрепляют (данную операцию можно не производить, если предварительно крепление было достаточно хорошим).

Необходимо следить, чтобы показания на табло БКИ и БСИ не изменились и были следующие:

БКИ – 100,070

БСИ – 0,0000

Внимание! Производить сброс БКИ в настоящий момент и до конца набора шкалы запрещается (нельзя нажимать кнопки «А» и «О»).

7. Перемещают стол до показаний 249,99800 мм по табло БКИ (в точку 5 на рисунке 6).

В данном случае 2 мкм – это коррекция, вводимая на погрешность контрольного индуктосина в точке 5.

8. Нажать кнопку «А» БСИ. В результате будут следующие показания:

БКИ – 249,9980

БСИ - +0,0055

БСИ показывает накопленную погрешность второй стыкуемой линейки +5,5 мкм.

Рекомендуется произвести запись показаний обоих БИНов в протокол. Если накопленная погрешность второй линейки набираемой шкалы значительна, то её можно заменить. В этом случае процесс набора и юстировки шкалы начинается сначала.

9. Базируется и закрепляется 3-ая линейка набираемой шкалы. При этом зазор между второй и третьей линейкой должен быть также примерно равен 0,3 мм.

Необходимо контролировать показания БИНов. Они должны быть прежними: БКИ – 249,9980; БСИ - +0,0055.

10. Перемещается стол до показаний БКИ, равных 349,9960 (в точку 7). Здесь 4 мм – это коррекция, вводимая на погрешность контрольного индуктосина (в случае идеального контрольного индуктосина перемещения стола осуществлялись бы до показаний БКИ 350,0000).

11. Нажимается кнопка «А» БСИ. В результате имеем БКИ – 349,9960; БСИ – число.

12. Регулируя 3-ю линейку, установить её в положение, когда на табло БСИ должны быть показания +0,0055. Таким образом произведена юстировка стыка до величины накопленной погрешности второй линейки. Стык при этом на накопленную погрешность шкалы не влияет (рисунок 6). Можно также за счет умышленного ввода накопленной погрешности на участке стыка линеек изменять накопленную погрешность шкалы. Например регулируя 3-ю линейку показаний БСИ, равных 0,0000, можно привести накопленную погрешность шкалы в точке 7' (рисунок 6) к нулевому значению.

13. Набор последующих линеек шкалы и юстировка их стыков производится аналогично описанной выше последовательности.

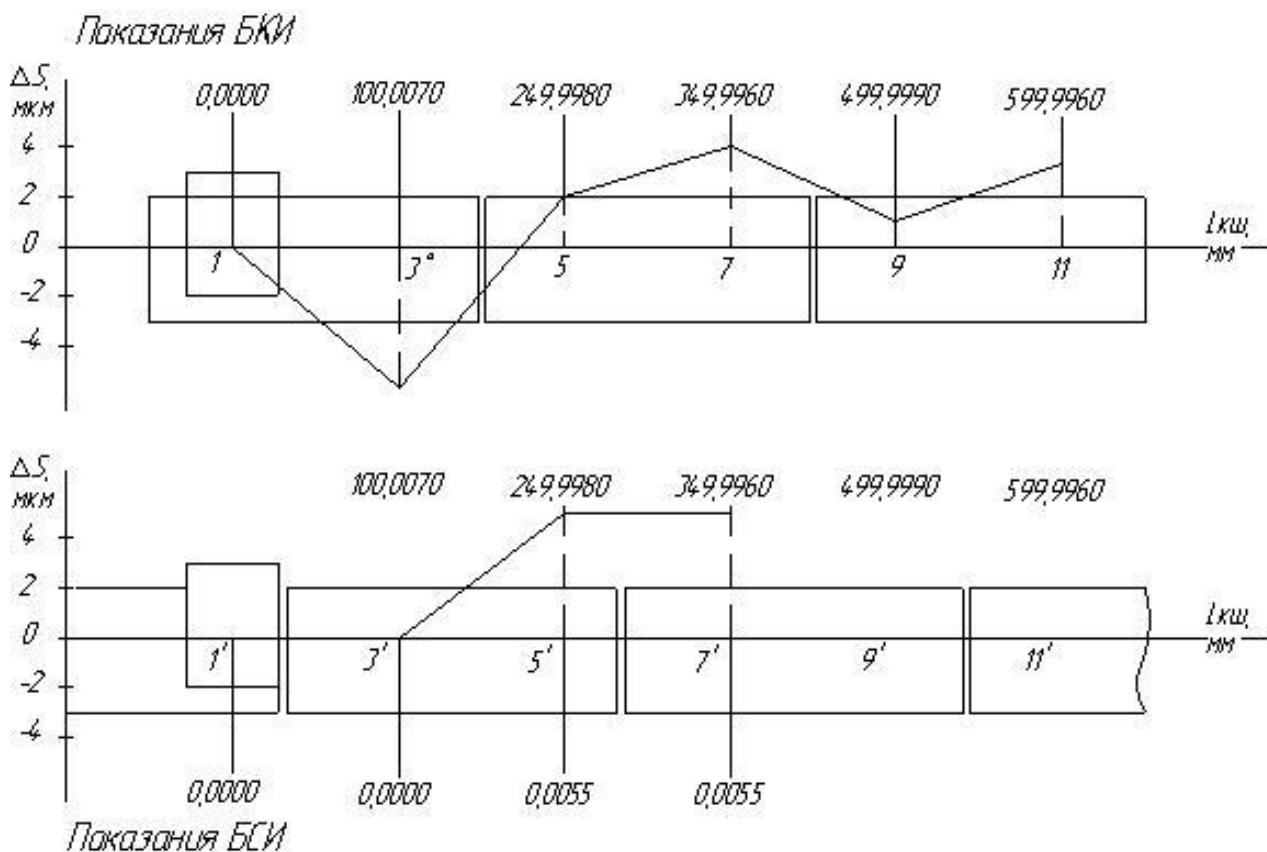


Рисунок 6 - Иллюстрация методики стыковки линеек индуктосина в шкалу на стенде

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с конструкцией стенда для стыковки линеек индуктосина в шкалу.
2. Выполнить предварительную установку 2-х линеек в шкалу на промежуточной плите.
3. Установить плиту с 2-мя стыкуемыми линейками на стол стенда и закрепить, обеспечив непараллельность базовой поверхности линеек ходу стола не более 0,05 мм на длине 230 мм (по индикатору, установленному на неподвижном узле стенда на магнитной стойке).
4. Подключить блок индикации БИН-1И и стыкуемым линейкам индуктосина.
5. Получить у преподавателя или учебного мастера график накопленной погрешности контрольного индуктосина.

6. Провести стыковку линеек индуктосина в шкалу согласно методике, описанной в разделе 5 методических указаний под руководством преподавателя или учебного мастера.

7. Оформить отчет по лабораторной работе.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Целью оформления отчета является систематизация полученных при выполнении лабораторной работы знаний и практических навыков. В отчете указывается цель лабораторной работы и приводятся следующие результаты её выполнения:

1. Схема электрических соединений стенда.
2. График накопленной погрешности индуктосина со стыкованными линейками.
3. Выводы по лабораторной работе.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимается под коэффициентом редукции линейного индуктосина?
2. Как зависит коэффициент взаимоиндукции M печатных обмоток индуктосина от величины зазора между линейкой головкой?
3. Чем отличаются фазовый и амплитудный режим работы индуктосина?
4. Что понимается под накопленной и внутришаговой погрешностью линейного индуктосина?
5. Что можно изменить в конструкции стенда для стыковки линеек индуктосина в шкалу и в методике работы на стенде?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. №895592 (СССР). Способ стыковки линеек индуктивного датчика линейных перемещений /Авт. изобрет. В.И. Довгаль.-Заяв. 19.11.79. Оpubл. В Б.И., 1982, №1 МКИ В 23В25/06
2. Блок индикации БИН-1И. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ОМ9959.366ТО.

Кузнецов Виктор Павлович
Дмитриева Ольга Венедиктовна
Иванов Алексей Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ИНДУКТОСИНОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по курсу «Технические измерения и приборы»
для студентов очной и заочной формы обучения направления 220700.62
«Автоматизация технологических процессов и производств»

Авторская редакция

Подписано в печать 18.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 1,25	Уч.-изд. л. 1,25
Заказ 61	Тираж 25	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.