

Лабораторная работа 1

Экспериментальное определение характеристик электромагнитных преобразователей

В настоящее время в связи с развитием систем автоматического управления технологическими процессами получили широкое применение различного рода преобразователи разнородных физических величин – давления, температуры, расхода жидкости, газа, скорости, ускорения, плотности и т. д. – в электрическую величину, удобную для передачи и последующей переработки.

В информационно – измерительной технике большое распространение получили индуктивные и индукционные преобразователи. Это объясняется тем, что такие преобразователи просты по конструкции, обладают хорошей чувствительностью, значительной выходной мощностью и достаточной линейной характеристикой.

1. Индукционные преобразователи (датчики)

Индукционные датчики относятся к классу генераторных датчиков.

При перемещении подвижных частей устройства в обмотке датчика наводится ЭДС, пропорциональная величине или скорости перемещения. К индукционным датчикам относятся ферродинамические преобразователи, трансформаторные датчики и магнитоиндукционные преобразователи.

Ферродинамические датчики

Ферродинамические датчики применяются в тех случаях, когда требуется измерить угловое перемещение подвижных частей. Датчик (рис. 1) состоит из сердечника 1 с катушкой возбуждения 2, питающейся от переменного тока и подвижной рамки – катушки 3. ЭДС, индуцируемая в рамке E_p , пропорциональна углу поворота рамки α .

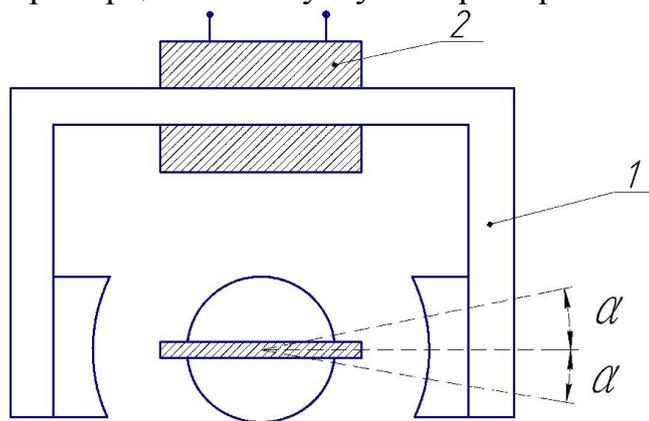


Рис. 1 – Ферродинамический датчик

В выполненных конструкциях чувствительность системы при $f = 50$ Н достигает $0,08 - 0,1$ В на 1° поворота от нейтрали. Рабочий угол поворота рамки

$\alpha = 30 - 40^\circ$ допускается из условий линейности преобразования . Если рамка находится в нулевом положении , выходное напряжение $U_p = 0$.

Статическая характеристика датчика имеет вид (рис . 2)

$$U_p = B \cdot W \cdot S_p \cdot \sin \alpha ,$$

где B – индукция магнитного поля , Гс ;

W – число витков катушек 2 , 3 ;

S_p – площадь рамки 3 см^2 ;

α - угол положения рамки , град .

В практике используется линей ный участок ОА статической характеристики

$$U_p = f(\alpha) \text{ при изменении } \alpha = 0 - 40^\circ .$$

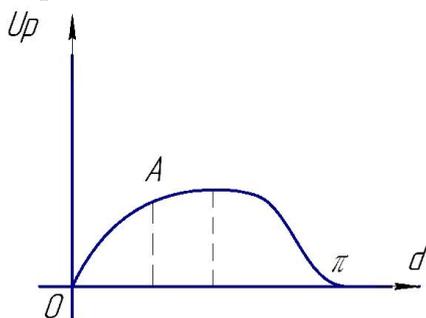


Рис . 2 – Статическая характеристика датчика

Трансформаторный датчик П - образного типа

Трансформаторные датчики представляют собой устройства , в которых входное перемещение якоря изменяется коэффициент индуктивной связи между двумя системами обмоток , из которых одна питается током и является входной , а вторая – выходной (рис . 3) .

Значение напряжения $U_{\text{ВЫХ}}$, наводимого в выходной обмотке , равно

$$U_{\text{ВЫХ}} = 4,44 W \cdot \Phi_m \cdot f ,$$

где W – число витков ;

Φ_m – амплитудное значение потока , пронизывающего обмотки ;

f - частота переменного тока .

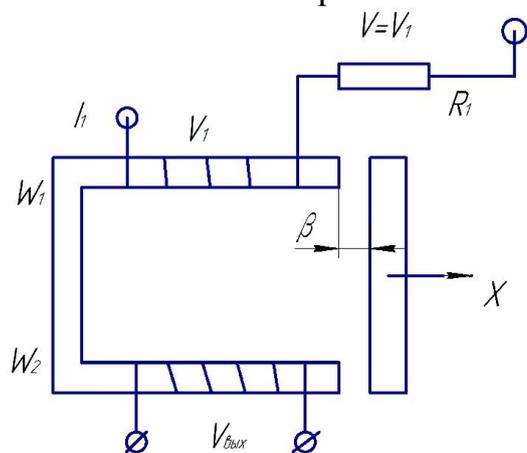


Рис . 3 – Трансформаторный датчик П-образного типа

Датчик контролирует перемещение . При увеличении δ реактивный ток первичной обмотки увеличивается , уменьшается U_1 и соответственно уменьшается $U_{\text{ВЫХ}}$, так

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_1}{k}, \quad \text{где } k = \frac{W_1}{W_2}.$$

К недостаткам данного типа датчика следует отнести возможность (до 3 мм) одностороннего контроля перемещения . Большое распространение получили дифференциальные трансформаторные датчики .

Дифференциальный трансформаторный датчик с перераспределением напряжения

Принципиальная схема данного датчика представлена на рис . 4 .

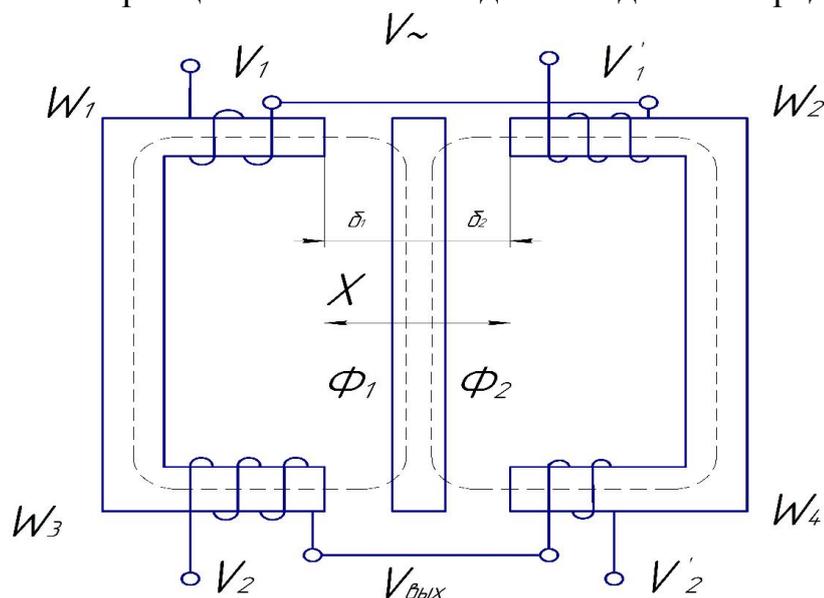


Рис . 4 – Дифференциальный трансформаторный датчик

Он состоит из 2 П - образных датчиков , соединенных общим подвижным ярком .

Первичные обмотки W_1 и W_2 соединены последовательно – встречно , благодаря чему магнитные потоки по яркую протекают в одном направлении .

Вторичные обмотки W_3 и W_4 включены последовательно – согласно , вследствие чего $U_{\text{ВЫХ}} = U_2 - U'_2$.

При симметричном расположении ярка $\delta_1 = \delta_2$, потоки равны $\Phi_1 = \Phi_2$, $U_2 = U'_2$ и $U_{\text{ВЫХ}} = 0$.

При смещении ярка в сторону магнитные сопротивления контуров неодинаковы и $\Phi_1 \neq \Phi_2$, следовательно , $U_2 \neq U'_2$. При этом величина выходного напряжения может быть определена по формуле

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U}{k} \left(\frac{\delta_2 - \delta_1}{\delta_1 + \delta_2} \right), \text{ где } k = \frac{W_1}{W_2}.$$

Статическая характеристика данного датчика линейна и имеет вид (рис . 5) .

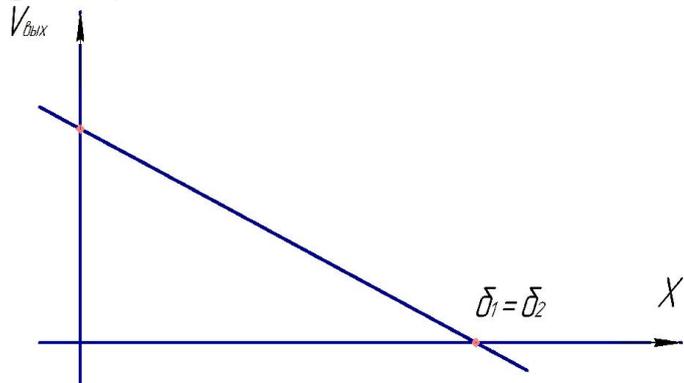


Рис . 5 – Статическая характеристика датчика

Дифференциальный трансформаторный датчик с линейным перемещением якоря

Принципиальная схема данного типа датчика приведена на рис . 6 .

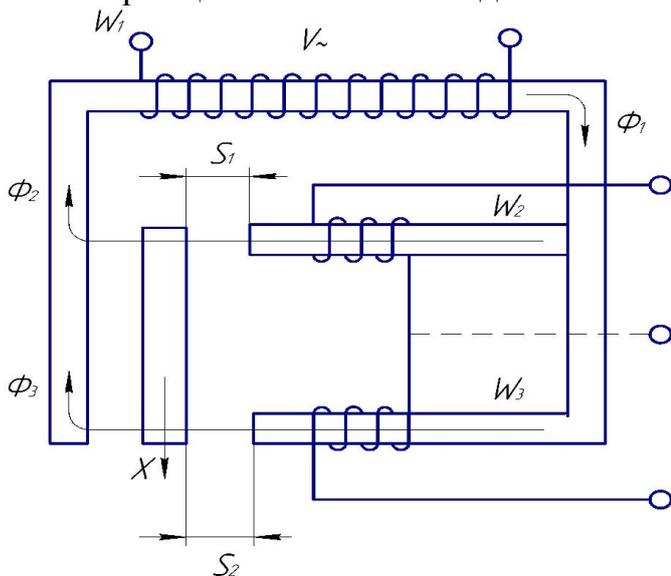


Рис . 6 – Дифференциальный датчик с линейным перемещением якоря
Вторичные обмотки включены последовательно – встречно , поэтому $U_{\text{ВЫХ}} = U_2 - U_3$.

Поток Φ_1 распределяется на Φ_2 и Φ_3 . Сопротивление магнитных контуров определяется площадями S_1 и S_2 , прикрываемыми подвижным якорем . Зависимость $U_{\text{ВЫХ}}$ от величины прикрываемых якорем площадей определяется выражением

$$U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U}{k} \left(\frac{S_2 - S_1}{S_2 + S_1} \right),$$

где где $k = \frac{W_1}{W_1 + W_2}$.

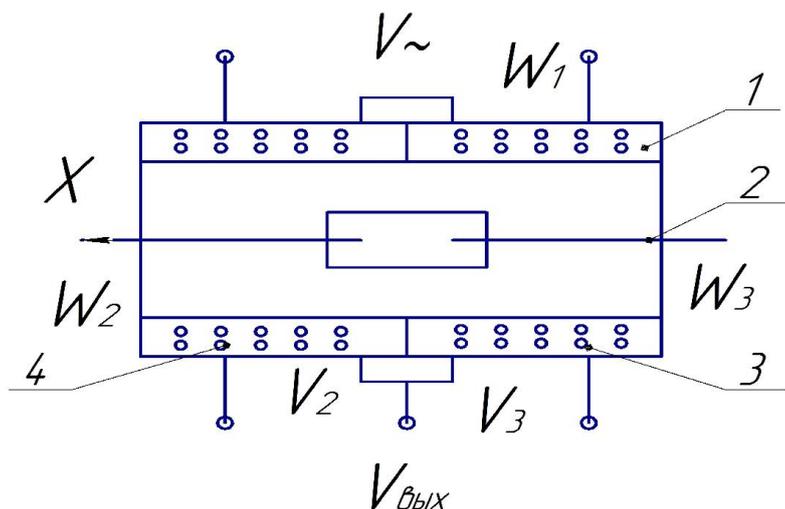


Рис . 9 – Датчик плунжерного типа : 1 – обмотка питания ; 2 – подвижный плунжер ; 3 – выходная обмотка с W_3 ; 4 – выходная обмотка с W_2 .

Обмотка питания включается последовательно и согласно . Вторичные обмотки с W_2 , W_3 включается по мостовой схеме . При симметричном расположении плунжера 2 относительно катушек W_2 и W_3 напряжение моста $U_p = 0$, т . е . $U_{\text{вых}} = 0$. При смещении плунжера вправо или влево $U_{\text{вых}} \neq 0$ т . к . , $U_{\text{вых}} = U_2 - U_3$.

Магнитоиндукционный датчик (тахогенератор постоянного тока)

По конструкции тахогенераторы аналогичны машине постоянного тока (рис . 10) .

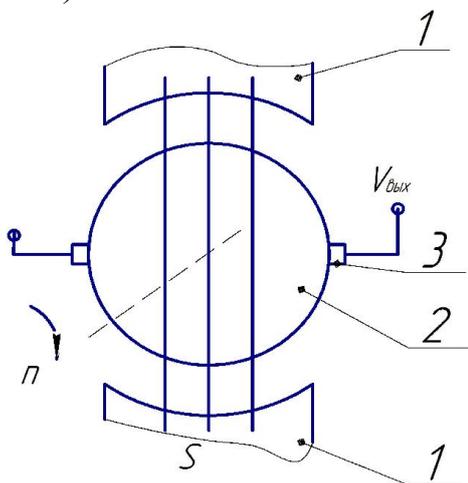


Рис . 10 – Тахогенератор постоянного тока

При вращении со скоростью n якоря 2 между полюсами 1 со щеток 3 снимается . ЭДС , величина которой определяется выражением

$$E = C_e \cdot \Phi \cdot n,$$

т . е . ЭДС , индуктируемая в обмотках , пропорциональна скорости его вращения , т . е . статическая характеристика тахогенератора имеет вид (рис . 11) .

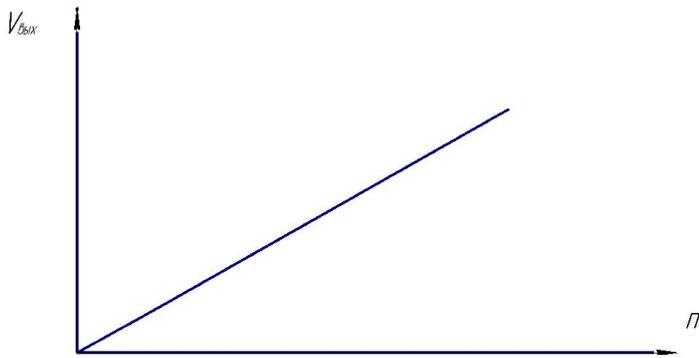


Рис . 11 – Статическая характеристика тахометра

2 . Индуктивные преобразователи (датчики)

Работа индуктивных датчиков основана на изменении индуктивного сопротивления катушки со стальным сердечником ($X = W\alpha$) в зависимости от величины зазора . Эти датчики относятся к классу параметрических датчиков . Благодаря надежности , отсутствию скользящих контактов , большой величине отдаваемой мощности и возможности работы на переменном токе частотой 50 Н z они получили самое широкое распространение (рис . 12 - 14) .

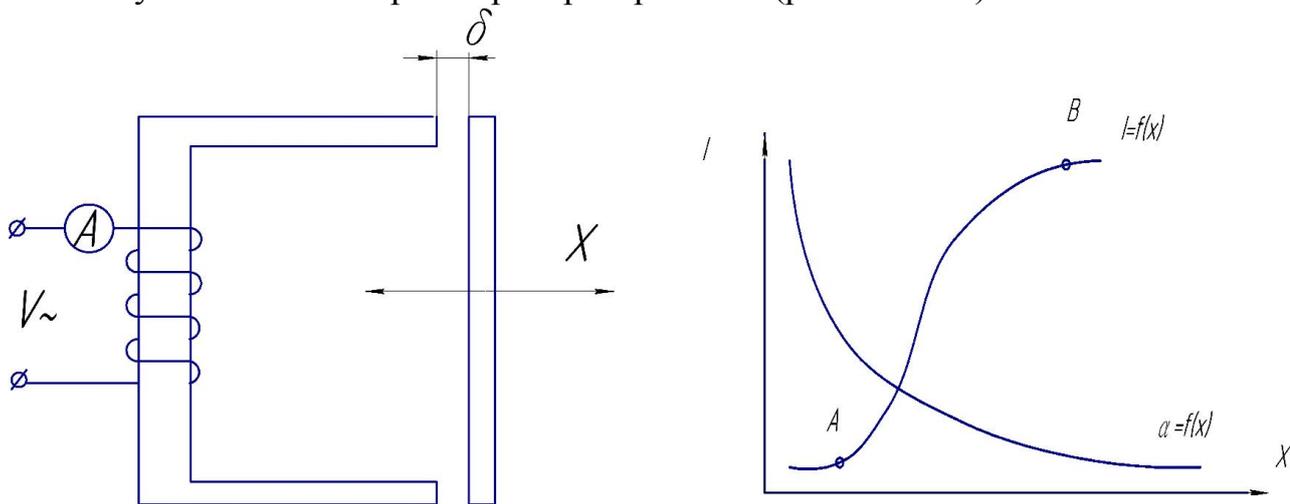


Рис . 12 – Индивидуальный датчик с переменным воздушным зазором и его статические характеристики

Простейшим датчиком этой группы является дроссель (рис . 12 , 13) с изменяющимся под действием измеряемой величины воздушным зазором δ или площадью S поперечного сечения магнитопровода .

Индуктивность датчиков определяется выражением

$$L = \frac{W^2 \cdot 10^{-8}}{R_{cm} + \frac{2\delta}{0,4\pi S_M}}$$

где R_{cm} – сопротивление магнитному потоку стального магнитопровода ;

δ – величина воздушного зазора ;

S_M – площадь сечения магнитопровода .

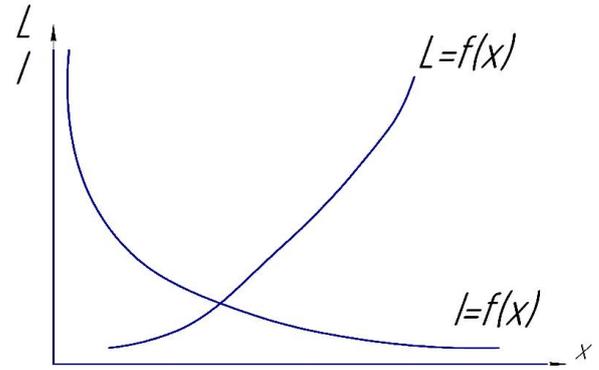
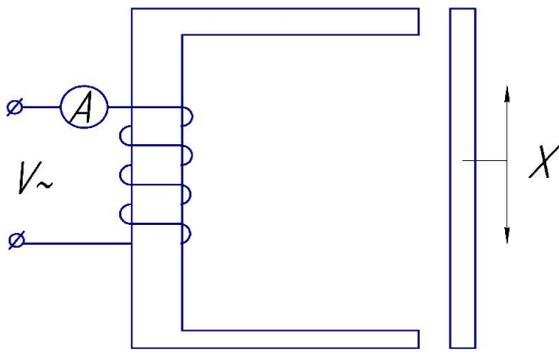


Рис . 13 – Индуктивный датчик с переменной площадью и его статические характеристики

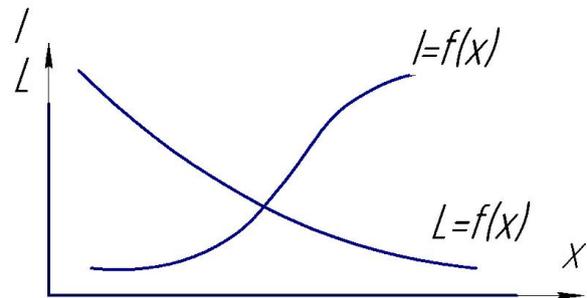
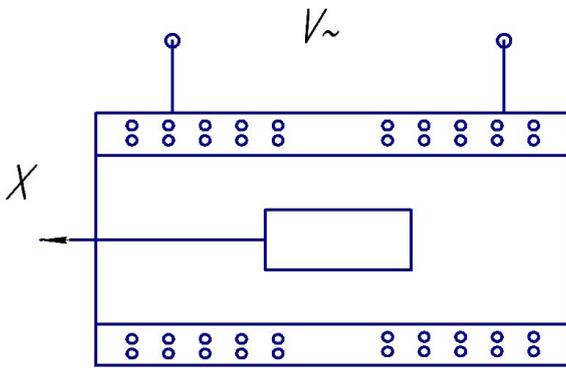


Рис . 14 – Индуктивный плунжерный датчик и его статические характеристики

Ток в катушке

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + W^2 \left(\frac{W^2 \cdot 10^{-8}}{R_{cm} + \frac{2\delta}{0,4\pi, M}} \right)}}$$

где r – активное сопротивление обмотки .

В индуктивных датчиках $R_{cm} \ll \frac{2\delta}{0,4\pi S_M}$ и $r \ll wL$.

Пренебрегая величиной R_{cm} и r , можно написать

$$I = \frac{U}{w \cdot L} = \frac{U \cdot 10^8}{0,2\pi \cdot w \cdot W^2 \cdot S_M} \cdot \delta = S \cdot \delta,$$

где $S = \frac{I}{\delta}$ - чувствительность датчика по току .

К недостаткам данного типа датчиков следует отнести наличие начального зазора δ_0 , необходимого для перемещения плунжера в обоих направлениях, и необходимого при этом начального тока намагничивания I_0 .

Дифференциальный индуктивный датчик

Данный тип датчика свободен от указанных недостатков и обладает вдвое большей чувствительностью, линейной характеристикой и меньшей погрешностью. Дифференциальный датчик имеет две катушки, которые обычно включаются в два соседних плеча моста, рис. 15. При $x = 0$ якорь относительно катушки расположен симметрично. При этом магнитные сопротивления для потоков, создаваемых обеими катушками, одинаковы и ток в нагрузке равен 0. Под действием измеряемой величины приращения магнитных сопротивлений одинаковы, но имеют разные знаки.

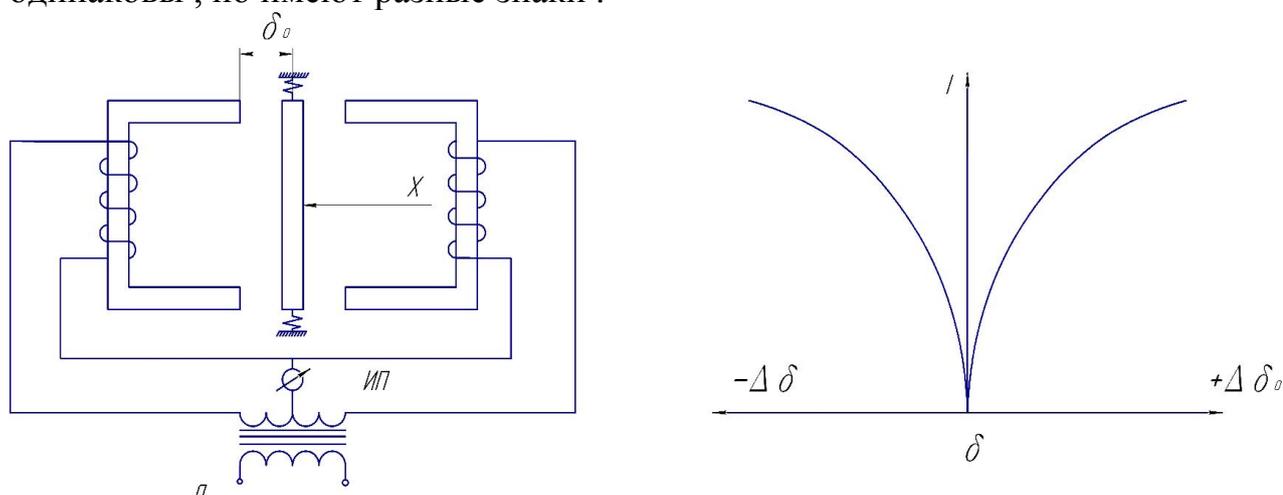


Рис. 15 – Дифференциальный индуктивный датчик :

а – принципиальная схема ;

б – статическая характеристика

Предел перемещения якоря до 15 мм. Для контроля больших перемещений применяется разновидность дифференциального индуктивного датчика – плунжерный датчик, рис. 16.

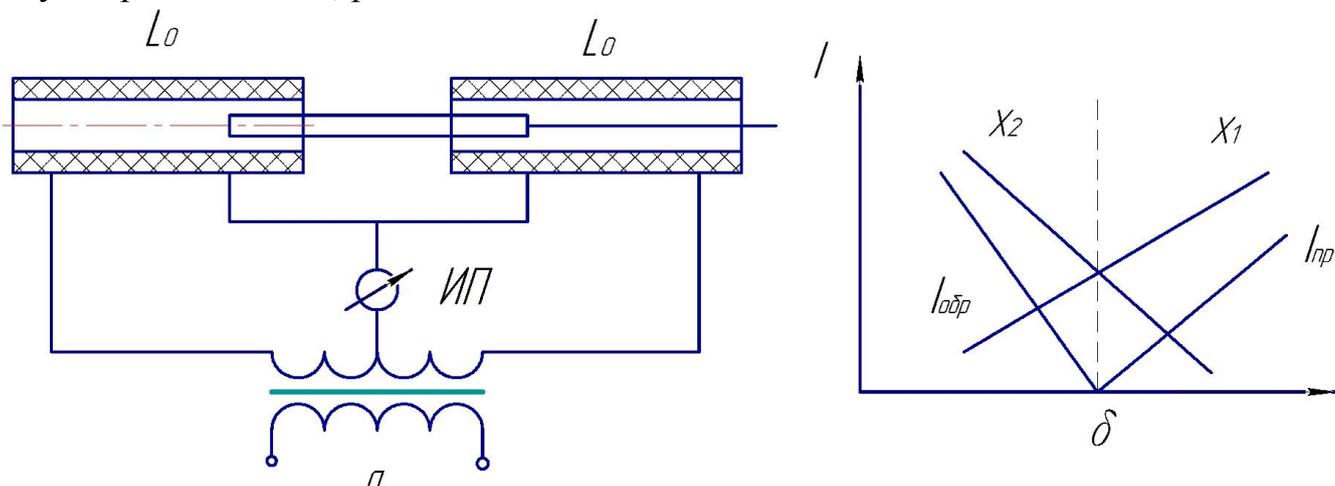


Рис . 16 – Дифференциальный плунжерный датчик :

а – принципиальная схема ;

б – статическая характеристика

Внутри одинаковых катушек , включенных по дифференциальной схеме , перемещается стальной якорь – плунжер , связанный с контролируемой величиной . При перемещении плунжера от среднего положения меняются реактивные сопротивления катушек

$$x_1 = w (L_0 + \Delta L + M);$$

$$x_2 = w (L_0 - \Delta L + M);$$

где M – взаимная индуктивность катушек ;

ΔL – приращение индуктивности катушек .

При включении катушек по дифференциальной схеме в измерительном приборе появляется ток , пропорциональный смещению плунжера .

Характеристика плунжерного датчика практически линейна .

В настоящей лабораторной работе исследуются электромагнитные преобразователи линейных , угловых перемещений , а также для измерения скорости .

Цель работы :

1 . Изучить существующие типы электромагнитных преобразователей , принцип их работы , функциональное назначение .

2 . Произвести тарировку плунжерного датчика дифференциального трансформаторного датчика для контроля угловых перемещений , магнитоиндукционного датчика для контроля скорости вращения .

3 . Снять статические характеристики датчиков , указанных выше , определить чувствительность и погрешность измерений .

4 . Научиться пользоваться электроизмерительной аппаратурой .

Исследование индуктивного плунжерного датчика для контроля линейных перемещений

По конструктивному исполнению плунжерные датчики могут быть самых различных типов . Схема экспериментальной установки приведена на рис . 17 .

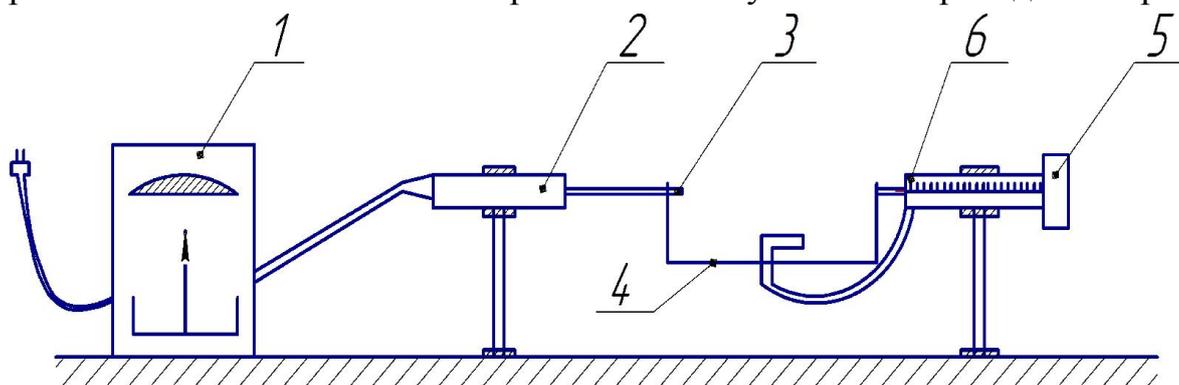


Рис . 17 – Схема установки для испытания дифференциального индуктивного датчика плунжерного типа

Условные обозначения :

- 1 – измерительный прибор ;
- 2 – датчик ;
- 3 – плунжер датчика ;
- 4 – соединительная скоба ;
- 5 – ручка установки микрометра ;
- 6 – шкала микрометра .

Порядок выполнения работы

1 . С помощью преподавателя произвести подготовку аппаратуры к эксперименту : включить в сеть измерительный прибор 1 и с помощью ручки 5 микрометра установить «0» измерительного прибора .

2 . Вращая ручку 5 микрометра через равные интервалы сначала вправо , а затем влево , фиксировать показания измерительного прибора . Число измерений $n = 7 - 10$.

3 . Результаты измерений заносятся в табл . 1 .

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Вправо	Δx , мм							
	U, В							
Влево	Δx , мм							
	U, В							

4 . По результатам измерений построить статическую характеристику $U = f(x)$ плунжерного датчика .

5 . Определить чувствительность датчика $\left(S = \operatorname{tg} \alpha, S = \frac{\Delta U}{\Delta x} \right)$ и сделать вывод о типе характеристики $U = f(x)$.

6 . Задать рядом значений Δx (не принадлежащих интервалам п . 2) , приняв $n \cong 8$, фиксировать перемещение плунжера с помощью микрометра (x_{ϕ}) и по показаниям измерительного прибора и характеристике $U = f(\Delta x)$ определить величину измеряемого перемещения (x_n) . Результаты измерений занести в табл . 2 .

Таблица 2

Результаты экспериментальных исследований

№ п/п	Измерено		Вычислено		
	x_{ϕ}	x_n	Δ	$\delta, \%$	$\gamma, \%$

--	--	--	--	--	--

7. Для каждого замера определить в % абсолютную Δ , относительную δ , приведенную γ погрешности, пользуясь выражениями

$$\Delta = x_{\text{ф}} - x_{\text{п}}; \quad \delta = \frac{\Delta}{x_{\text{ф}}} \cdot 100\%; \quad \gamma = \frac{\Delta}{x_{\text{пн}}} \cdot 100\%,$$

где $x_{\text{ф}}$ – измеренное по микрометру фактическое перемещение x , мм;
 $x_{\text{пн}}$ – верхний предел измерения перемещения по шкале измерительного прибора.

Исследование дифференциального трансформаторного датчика для контроля угловых перемещений

Схема установки для испытания данного типа датчика представлена на рис.

18.

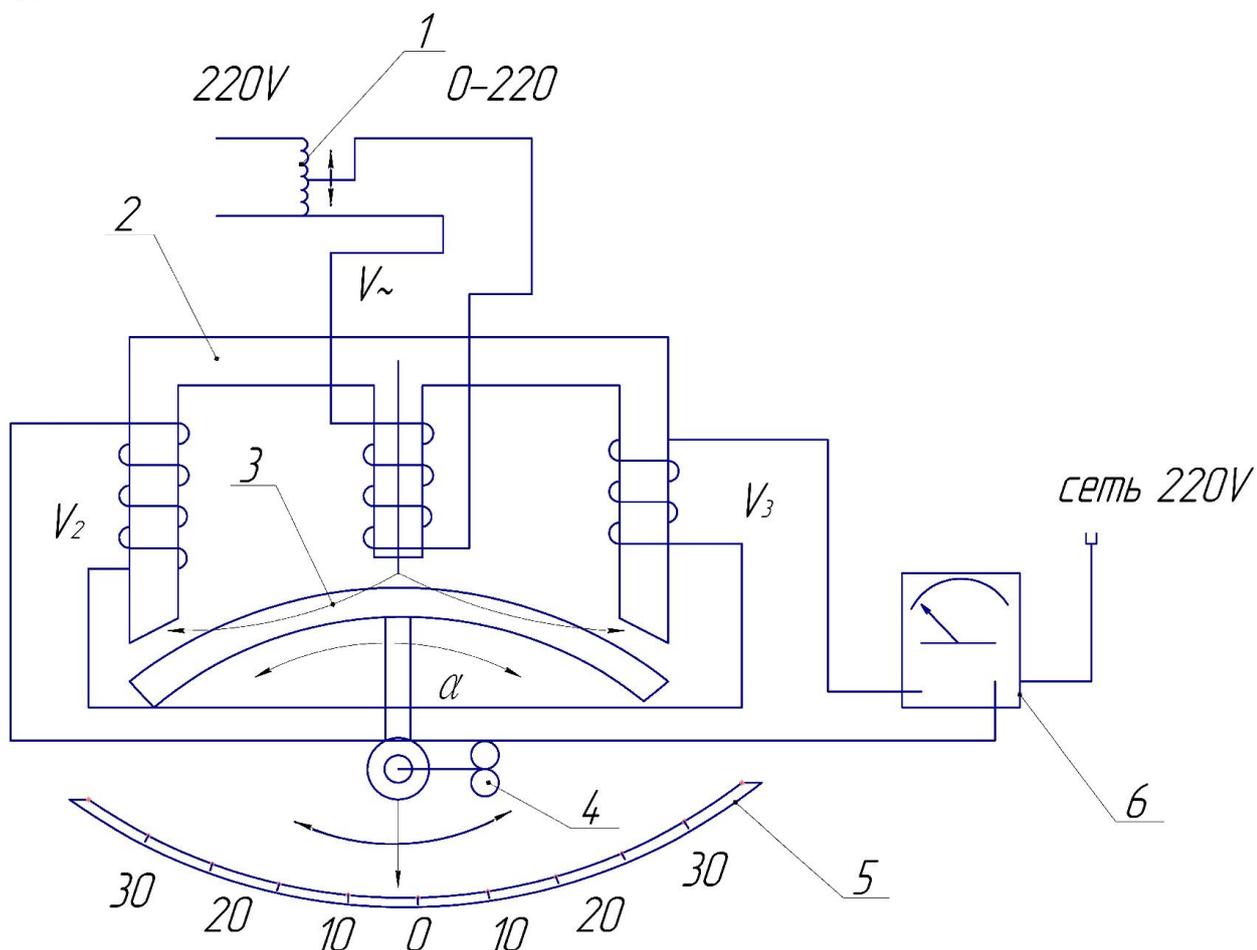


Рис. 18 – Схема испытания датчика :

1 – автотрансформатор ; 2 – магнитная система датчика ; 3 – подвижный якорь датчика ; 4 – ручка установки якоря датчика ; 5 – шкала датчика ; 6 – измерительный прибор

Порядок выполнения работы

1 . Под контролем преподавателя включить лабораторный трансформатор (поз . 1) и измерительный прибор 6 . Установить $U \cong 100 \text{ V}$.

2 . Поворотом ручки 4 добиться симметричного расположения якоря относительно неподвижной магнитной системы 2 таким образом , чтобы измерительный прибор показал «0» .

3 . Установить шкалу датчика в положение «0» . Установка готова к испытаниям .

4 . Задаться рядом значений $\Delta\alpha$ ($\Delta\alpha = 10^\circ$) и , вращая ручку 4 , установить соответствующие значения углов сначала вправо , а затем влево . При каждом значении $\Delta\alpha$ зафиксировать показания измерительного прибора . Принять $n = 5 - 7$.

5 . Результаты измерений занести в табл . 3

Таблица 3

Результаты экспериментальных исследований

Вправо	$+\Delta\alpha^\circ$							
	$U_1, \text{ В}$							
Влево	$+\Delta\alpha^\circ$							
	$U_1, \text{ В}$							

6 . Построить $U = f(\Delta\alpha)$, определить S датчика и сделать вывод о типе характеристики $U = f(\Delta\alpha)$.

Исследование магнитоиндукционного датчика (тахогенератора) для контроля скорости вращения

Схема установки для испытания данного типа датчика представлена на рис . 19 .

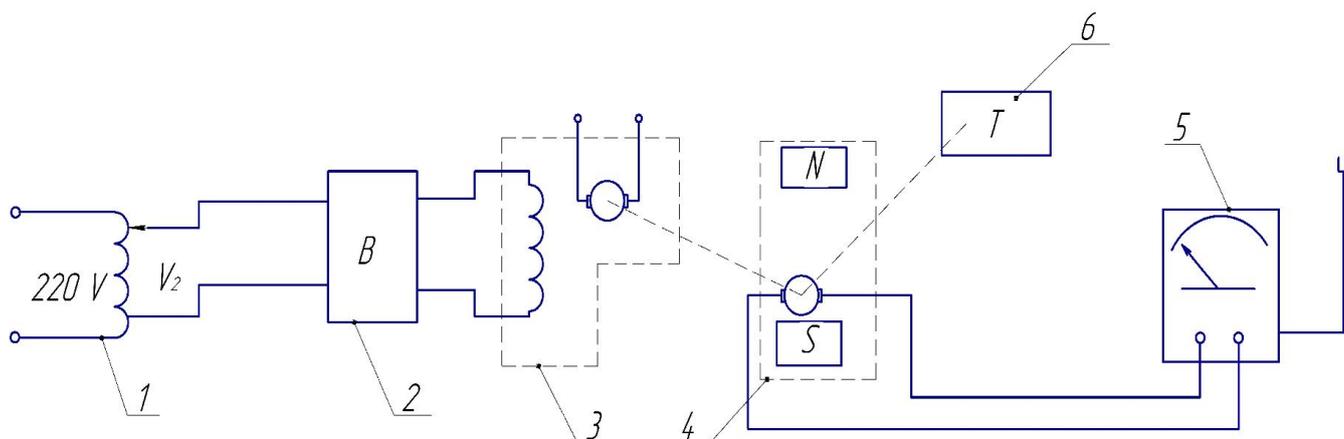


Рис . 19 – Схема испытания датчика :

1 – лабораторный автотрансформатор ; 2 – выпрямитель ; 3 – двигатель постоянного тока ; 4 – тахогенератор ; 5 – измерительный прибор ; 6 – тахометр

Порядок выполнения работы

1 . Под контролем преподавателя собрать схему (рис . 19) и включить измерительный прибор .

2 . Регулированием U_2 установить различные скорости вращения ДПТ , контролируя одновременно с помощью тахометра n скорость вращения якоря тахогенератора и показания измерительного прибора 5 .

3 . Результаты измерений занести в табл . 4 .

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований

n об\мин							
$U_{\text{вых}}$, В							

4 . Построить $U_{\text{вых}} = f(n)$ определить S датчика и сделать вывод о типе характеристики $U = f(n)$.

Содержание отчета :

1 . Основные теоретические положения по электромагнитным преобразователям :

- а) понятие о параметрических и генераторных датчиках ;
- б) типы индукционных и индуктивных преобразователей ;
- в) особенности дифференциальных датчиков ;
- г) принципиальные схемы основных типов датчиков ;

2 . Схемы испытательных стендов для исследования различных типов датчиков .

3 . Результаты исследований и выводы по статическим характеристикам датчиков .

4 . Ответы на контрольные вопросы .

Контрольные вопросы

1 . Что такое электрический преобразователь ?

2 . Какие факторы определили широкое распространение индуктивных и индукционных преобразователей ?

3 . Чем отличаются параметрические датчики от генераторных ?

4 . Для каких целей применяется ферродинамический датчик ?

5 . Каковы особенности дифференциальных трансформаторных датчиков ?

6 . Каковы особенности включения обмоток дифференциальных трансформаторных датчиков ?

7 . Каковы особенности трансформаторных датчиков плунжерного типа ?

8 . Каковы особенности дифференциального индуктивного датчика плунжерного типа ?

9 . Что такое чувствительность датчика , абсолютная , относительная , приведенная погрешности ?

Лабораторная работа 2

Тензометрические измерения основных параметров механических систем

В настоящее время широкое распространение получили разнообразные устройства для электрических измерений неэлектрических величин , служащие как для целей непосредственного измерения , так и являющихся неотъемлемой частью систем автоматизации производственных процессов .

Важное место в системе электрических измерений неэлектрических величин занимает электротензометрирование .

Электротензомерами называются электрические устройства , позволяющие измерять деформации твердых тел , возникающие под действием усилий .

Электротензометрическая установка состоит из воспринимающего устройства (датчик) , передающих устройств (усилитель , соединительные провода) , и индикатора (показывающие или регистрирующие приборы) .

Блок – схема электротензометрической установки приведена на рис . 1 .

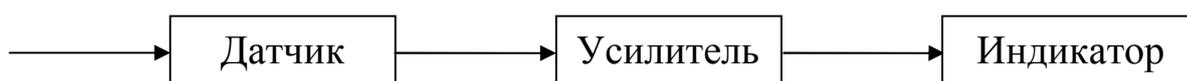


Рис . 1 Блок – схема электротензометрической установки

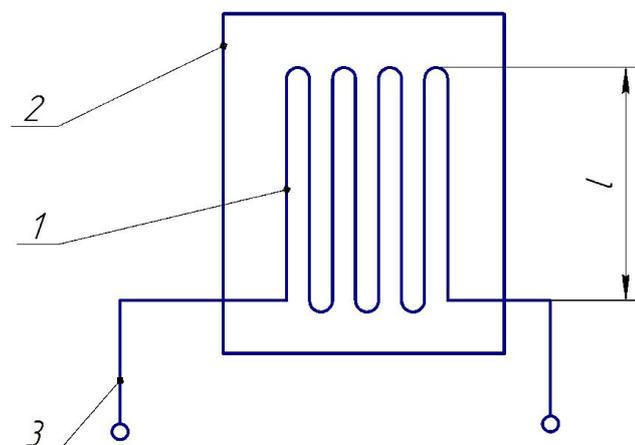
Основной частью воспринимающего устройства является чувствительный элемент – датчик , а в тензометрии соответственно – тензодатчик .

В основу работы тензодатчиков может быть положен генераторный или параметрический принцип . Генераторные тензодатчики в процессе измерения вырабатывают электродвижущую силу , а в параметрических датчиках в процессе измерения происходит изменение параметров электрической цепи , в которую включен тензодатчик . Под действием механического усилия изменяется либо параметр самого датчика , либо ЭДС, генерируемая им .

Наиболее широкое применение в практике измерений получили параметрические тензодатчики сопротивления .

Тензодатчики

Среди тензодатчиков сопротивления в тензоизмерительной технике получили широкое распространение проволочные , фольговые , полупроводниковые тензодатчики . (Общий вид проволочного тензодатчика показан на рис . 2) .



Проволочная решетка 1 , представляющая собой ряд петель , укреплена с помощью специального клея или лака к подложке 2 , к концам решетки припаяны (приварены) выводы 3 , с помощью которых датчик включается

15

в измерительную схему . Датчик приклеивается к объекту , благодаря чему деформация объекта воспринимается проволоочной

датчик решеткой , являющейся чувствительным элементом этого датчика . Деформация объекта вызывает деформацию проволоочной решетки тензодатчика , в результате чего изменяются ее геометрические размеры и физические свойства . Относительно изменение сопротивлений тензодатчика описывается соотношением

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta l}{l} \left(1 + 2\mu + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right), \quad (1)$$

где R – сопротивление тензодатчика , Ом ;

l – длина проволоки , см ;

ρ – удельное сопротивление материала проволоки , Ом мм² \ м ;

μ – коэффициент Пуассона для материала проволоки .

Основной характеристикой тензодатчика является коэффициент тензочувствительности K , определяемый отношением изменения сопротивления к изменению деформации

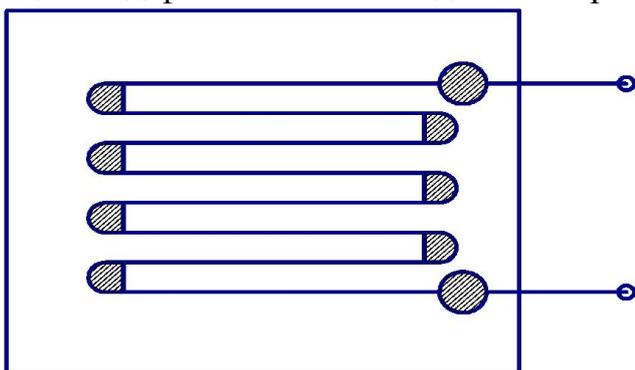
$$k = \frac{\Delta R}{r} / \frac{\Delta l}{l}. \quad (2)$$

Сопротивление проволоочного тензодатчика определяется выражением

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}. \quad (3)$$

Для изготовления проволоочных решеток используются материалы, имеющие высокое значение коэффициента тензочувствительности и малое значение температурного коэффициента сопротивления. Это констант, никром, элинвар, платиноиридиевый сплав, адванс.

Общий вид фольгового тензодатчика приведен на рис.3 .



Фольговый тензодатчик имеет решетку прямоугольного сечения . Благодаря большой площади соприкосновения полосок датчика с объектом измерения его теплоотдача выше , чем у проволоочного , что в свою очередь позволяет увеличить ток , проходящий через датчик , а следовательно , повысить чувствительность тензометрической

Рис . 3 – Фольговый тензодатчик условия . Это является одним из основных преимуществ фольговых тензодатчиков . Большинство фольговых тензодатчиков изготавливается из константановой фольги толщиной 5-10-12-15 мк и выше методом фотоправления .

Полупроводниковые тензодатчики применяются в тех случаях , когда при малых габаритах требуется высокая чувствительность .

Полупроводниковые тензодатчики получают методом испарения в вакууме . Полупроводниковые тензодатчики сложны в изготовлении , применяются в основном в биологических исследованиях .

Наряду с основным достоинством - высокой чувствительностью - полупроводниковые тензодатчики обладают рядом существенных недостатков : нелинейностью характеристик , большой термочувствительностью , малым коэффициентом температурного расширения.

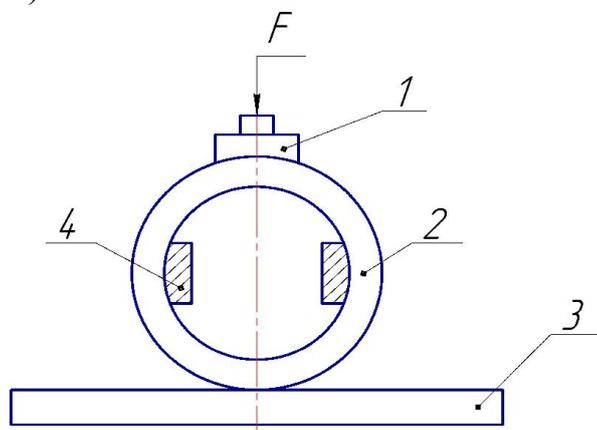
Применение тензодатчиков сопротивления

Тензодатчики сопротивления в настоящее время применяются для измерения линейных перемещений , ускорений , давлений , вибраций и других физических величин . В этих случаях тензодатчики сопротивлений выполняют лишь роль чувствительного элемента , а сами датчики физических или механических величин включают , как правило , упругие элементы.

В настоящей работе рассматриваются лишь некоторые типы тензодатчиков .

Динамометрические (силоизмерительные , весоизмерительные) тензодатчики широко используются в промышленности для измерения веса либо механического усилия . В отечественной литературе приводятся данные по динамометрическим тензодатчикам , позволяющим измерять усилия от 0 до 10 кг , от 1 т до 200 т . При этом погрешность измерения не превышает 2 % от верхнего значения показания шкалы . Отличаются эти датчики лишь конструкцией воспринимающего (упругого) элемента .

Рассмотрим конструкцию кольцевого датчика на нагрузку до 500 кг , (рис . 4) .



В качестве материалов для упругих элементов используются стали 40Х , 65Г, 30ХГСА . В пределах допустимых деформаций для заданной конструкции статическая характеристика датчика линейна .

Рис . 4 – Кольцевой тензодатчик : 1 – воспринимающий элемент ;
2 – упругий элемент (кольцо) ;
3 – основание ;
4 – тензочувствительный элемент

Тензодатчики для измерения перемещения

В тензодатчиках , измеряющих перемещения , тензочувствительные элементы располагаются на дополнительных упругих элементах , линейная де-

формация на поверхности которых пропорциональна исследуемому перемещению .

В настоящее время изготавливаются датчики перемещения в виде консольных балок , П-образных скоб , " косинусоидальных" скоб и т . д .

Здесь мы рассмотрим тензодатчики с консольной балочкой (рис .5) .



Рис 5 – Консольная балочка

Для измерения перемещений датчик крепится к условно неподвижной точке , а свободный конец балочки связывается с другой точкой , перемещение которой измеряется .

Тензодатчик сопротивления с

базой

располагают как можно

ближе к заделке , в районе максимальных деформаций .

Средняя деформация ϵ_g воспринимаемая тензодатчиком , определяется выражением

$$\epsilon_g = \frac{3(1-x_g)}{2l^3} \cdot \Delta ,$$

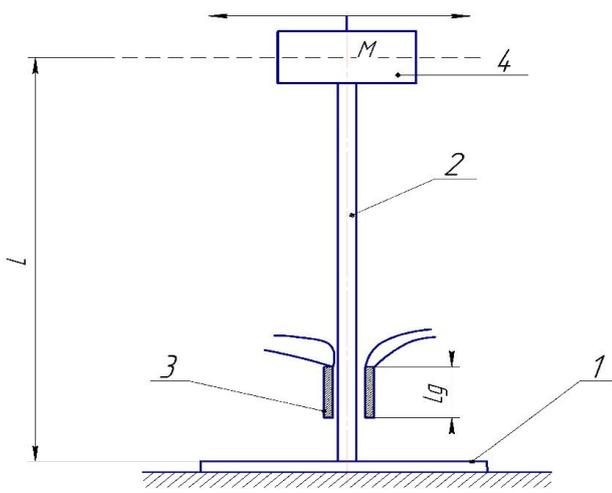
где l и h – длина и толщина балочки ;

Δ – прогиб конца балочки .

Подбор геометрических размеров консоли можно в широких пределах изменять чувствительность датчика и пределы измерений . В пределах допустимых деформаций датчик обеспечивает линейную статическую характеристику $k = f(\Delta)$.

Тензодатчик для измерения ускорений

Датчики для измерения ускорений – акселерометры , в которых используются тензодатчики сопротивления нашли широкое применение в экспериментальной технике благодаря простоте , дешевизне и малым габаритам . Наиболее простым по конструкции является акселерометр с консольной балочкой (рис .6) .



Акселерометр состоит из основания 1 , консольной балочки 2 , с тензодатчиком 3 , инертной массы 4 . Тензодатчики размещаются симметрично с двух сторон в месте заделки балочки . Средняя суммарная деформация , воспринимаемая

двумя тензодатчиками с базой l_g , определяется так :

$$\varepsilon_{\phi} = gl^2 \left(1 - \frac{l_g}{l} + \frac{l_g^2}{3l^2} \right),$$

где g – ускорение земного тяготения .

В пределах допустимых деформаций консольной балочки статическая характеристика датчика $k = f(\alpha)$ линейна .

Тензодатчики для измерения вибраций (вибрографы)

Вибрографы - колебательные упругие системы с низкой (до 2 Гц) собственной частотой - используются для измерения амплитуд вибраций деталей , узлов машин . Частотные ошибки измерений практически отсутствуют , если выполняется соотношение

$$\omega_0 < \frac{\omega}{5},$$

где ω_0 - собственная частота колебаний вибрографа , Гц ;

ω - частота колебаний исследуемого объекта , Гц .

Одна из конструкций вибрографа маятникового типа показана на

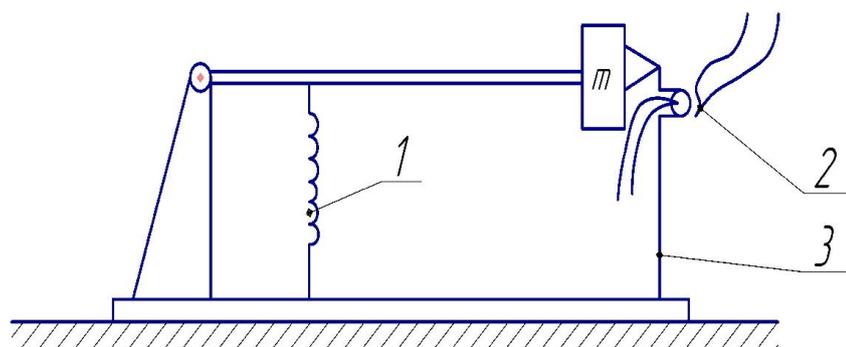


рис . 7 .

Основой такого вибрографа является маятник , инертной массой m .

Уравновешивание маятника осуществляется пружиной 1 .

Путем выбора конструктивных

и точки ее крепления к рычагу
Рис . 7 – Схема маятникового вибрографа
элементы 2 размещаются
на упругом элементе 3 , выполненном в виде изогнутой пластинки , что позволяет
получить более высокую чувствительность . В пределах допустимых деформаций
упругого элемента 3 статическая характеристика датчика линейна .

Схемы включения тензодатчика

В тензометрических измерениях наибольшее распространение получили мостовые измерительные схемы . В зависимости от назначения используют схемы балансного и небалансного моста (рис . 8 , 9) .

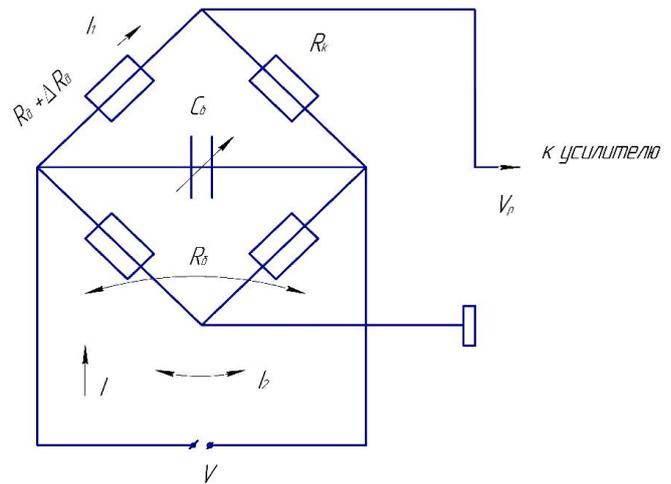
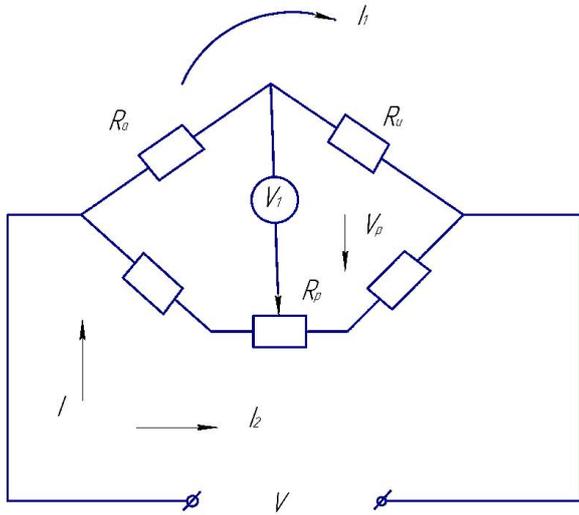


Рис . 8 – Схема балансного моста Рис . 9 – Схема небалансного моста

Мостовые измерительные схемы работают как на постоянном , так и на переменном токе . При использовании мостов (как балансных , так и небалансных) необходимо осуществить их балансировку .

Мосты постоянного тока балансируют по активному сопротивлению, например путем перемещения подвижного контакта реохорда R_p (рис . 8) или с помощью балансировочных сопротивлений R_δ (рис . 9) .

Мосты переменного тока необходимо также балансировать по реактивной составляющей , для чего в диагональ питания подключаются балансировочный конденсатор C_δ (рис . 9) .

Уравнение , характеризующее работу моста постоянного тока , в общем случае имеет вид

$$U_p = I_1 \Delta R_\delta \left(1 - \frac{1 + \frac{\Delta R_\delta}{R_\delta}}{1 + \frac{R_k}{R_\delta} + \frac{R_\delta}{R_\delta}} \right),$$

где U_p – напряжение разбаланса , В ;

R_δ - сопротивление тензодатчика , Ом ;

ΔR_δ - изменение сопротивления датчика при деформации , Ом ;

R_k – сопротивление компенсационного датчика (Ом) , который устанавливается для компенсации температурных погрешностей ;

I_1 – ток плеча измерительного моста .

Электрический сигнал , получаемый с датчика , как правило , не может быть непосредственно зарегистрирован индикатором , поэтому в большинстве случаев датчик включается в усилительную схему . Поэтому тензометрическая аппаратура представляет собой сочетание входного устройства (схемы включения датчика) , усилительной , преобразовательной схемы и индикатора . На рис . 10 представлена блок-схема тензометрической аппаратуры .

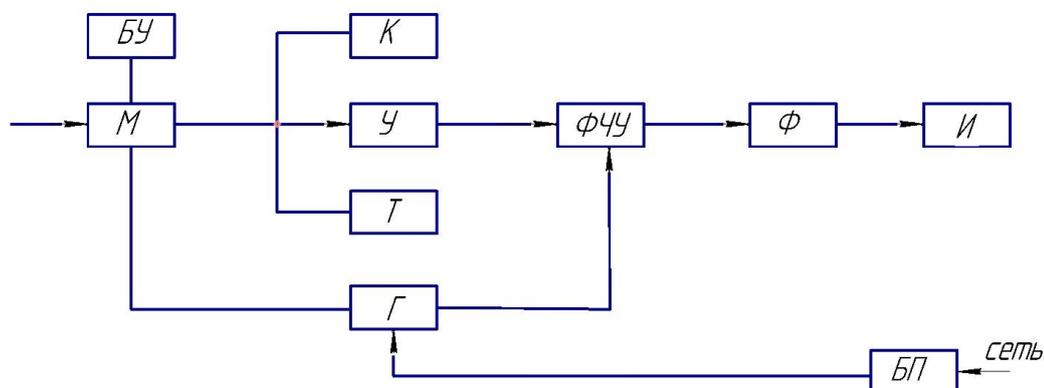
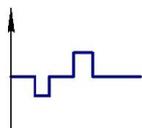


Рис . 10 – Блок-схема тензометрической аппаратуры

Датчик включается в мостовую схему преобразователя М , питаемого переменным синусоидальным напряжением от генератора Г . При изменении сопротивления датчика под действием деформаций на выходе мостовой схемы возникают амплитудно-модулированные колебания , где несущая частота (частота питания мостовой схемы) промодулирована частотой измеряемого процесса . Амплитудно-модулированные колебания через усилитель У поступают на фазочувствительное устройство ФЧУ , которое выделяет сигнал от тензодатчика и определяет знак измеряемой деформации . После фильтрации сигнала тензодатчика от высокочастотных помех (фильтр Ф) индикатором И осуществляется индикация сигнала тензодатчика . В качестве индикаторов в тензометрических установках применяются гальванометры , а также самописцы , осциллографы и магнитофоны (для специальных исследований) .

Балансное устройство (БУ) служит для балансировки входного моста М . Аппаратура тензометрии содержит также блоки калибровки (К) и таррировки (Т) измерительного канала . Принцип калибровки заключается в имитации посредством образцового сигнала известного значения деформации положительного или отрицательного знака по измерительному каналу с последующей фиксацией образцового сигнала индикатором . Тарировочные устройства , имитирующие известные значения физических величин (давление , перемещение) служат для тарировки датчиков и проверки измерительного канала .

В настоящей лабораторной работе исследуются описанные выше тензодатчики сопротивления для измерения усилия , перемещения , вибрации , ускорения .

Цель работы:

1. Научиться измерять основные физические величины (усилие , перемещение , вибрации , ускорения) , возникающие в механических системах .
2. Произвести тарировку кольцевого тензодатчика, тензодатчика для измерения перемещений , маятникового вибрографа , консольного акселерографа.
3. Снять статические характеристики датчиков усилия , перемещения вибрации , ускорения .
4. Научиться пользоваться тензоизмерительной аппаратурой .

Исследование кольцевого тензодатчика

Как отмечалось выше , кольцевой тензодатчик служит для измерения усилий , возникающих в механических системах . Схема испытуемого макета представлена на рис . 11 .

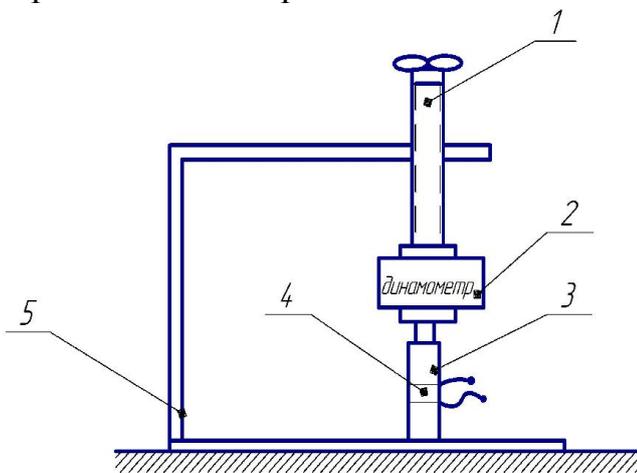


Рис . 11 – Схема установки для испытания кольцевого тензодатчика :
 1 – винт ; 2 – динамометр ;
 3 – кольцо ; 4 – тензодатчик ;
 5 – штатив

Порядок выполнения работы

- 1 . С помощью винта 1 на кольцевой тензодатчик 3 устанавливается динамометр .
- 2 . Выводы тензодатчика 4 подключаются к тензоизмерительной станции с регистрирующим прибором .
- 3 . С помощью преподавателя производится подготовка аппаратуры к измерениям .
- 4 . С помощью винта 1 через динамометр 2 с равным интервалом ($\Delta F = 20 - 30$ кг) создаются усилия и одновременно фиксируются показания стрелочного прибора . Число опытов принимается равным $n = 5 - 7$.
- 5 . Результаты измерений заносятся в табл . 1 .

Таблица 1

Таблица экспериментальных исследований

Величина усилия F					
-------------------	--	--	--	--	--

кг					
Показания индикатора U , В					

6 . По результатам измерений строится тарировочная характеристика $U = f(F)$ кольцевого тензодатчика .

7 . Для заданной точки (линейная часть характеристики) определить чувствительность $S = \operatorname{tg} \alpha$ ($S = \Delta U / \Delta F$) кольцевого тензодатчика .

8 . Сделать вывод о типе характеристики $U = f(F)$ кольцевого тензодатчика .

Исследование тензодатчика для измерения перемещения

Для измерения перемещений служит консольная балочка с наклеенными тензодатчиками . Схема испытуемого макета представлена на рис . 12 .

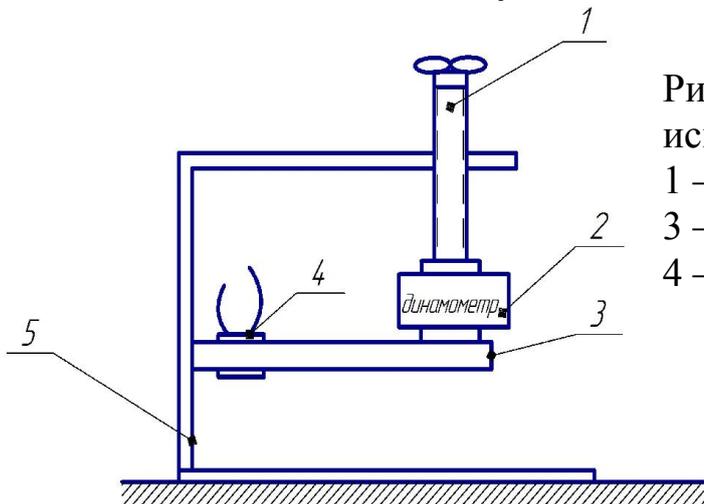


Рис . 12 – Схема установки для испытания кольцевого тензодатчика :

- 1 – винт ; 2 – динамометр ;
- 3 – консольная балочка ;
- 4 – тензодатчик ; 5 – штатив

Порядок выполнения работы

1 . Повторить позиции 1 – 3 , что и предыдущем этапе .

2 . С помощью винта 1 через динамометр 2 с равным интервалом $\Delta F \cong 20$ кг создаются усилия и одновременно фиксируются показания стрелочного прибора , пропорциональные перемещению консольной балочки . Число опытов принимается равным $n = 5 : 7$.

3 . Результаты измерений заносятся в табл . 2 .

Таблица 2

Таблица экспериментальных исследований

Величина усилия	F кг	
Величина перемещения	U , В	

3 . Повторить позиции 6 , 7 , 8 предыдущего этапа .

Исследование маятнкового вибрографа

Вибрации механических систем могут быть измерены с помощью вибрографа , конструкция которого выше и представлена на рис . 13 .

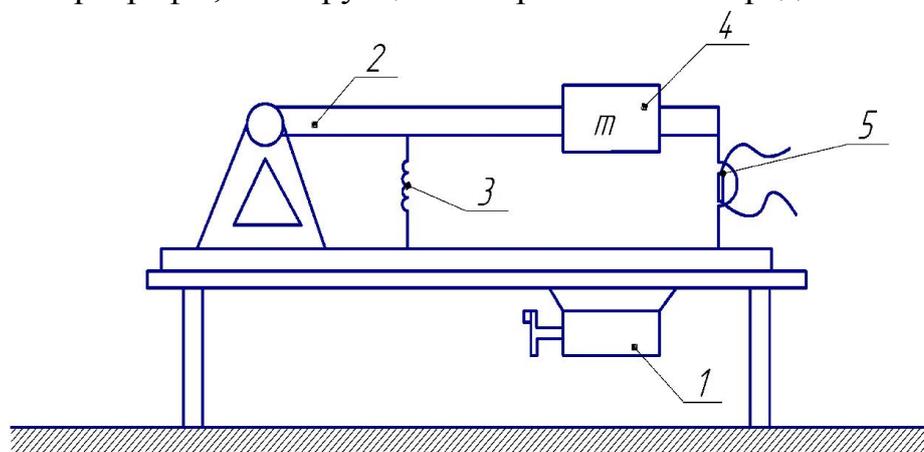


Рис . 13 – Схема установки для исследования маятнкового вибрографа :
 1 – возбудитель ; 2 – балка вибрографа ; 3 – пружина ;
 4 – масса вибрографа ; 5 – тензодатчик

Порядок выполнения работы

1 . Выводы тензодатчика 5 подключаются к тензоизмерительной станции .

2 . С помощью возбудителя вибраций (двигатель постоянного тока с диском на валу со смещенной массой) путем изменения напряжения через равные промежутки изменяется частота вибраций ($\Delta f = 10 - 20 \text{ Hz}$) и одновременно регистрируются показания регистрирующего прибора . Число опытов принимается равным $n = 5 : 7$.

3 . Результаты измерений заносятся в табл . 3 .

Таблица 3

Таблица экспериментальных исследований

Частота вибраций	f , Гц				
Показания индикатора	U , В				

4 . Повторить позиции 6 , 7 , 8 первого этапа .

Исследование консольного акселерографа

Ускорения, возникающие в линейных элементах механических систем, могут быть измерены с помощью консольного акселерографа, конструкция которого представлена на рис. 14.

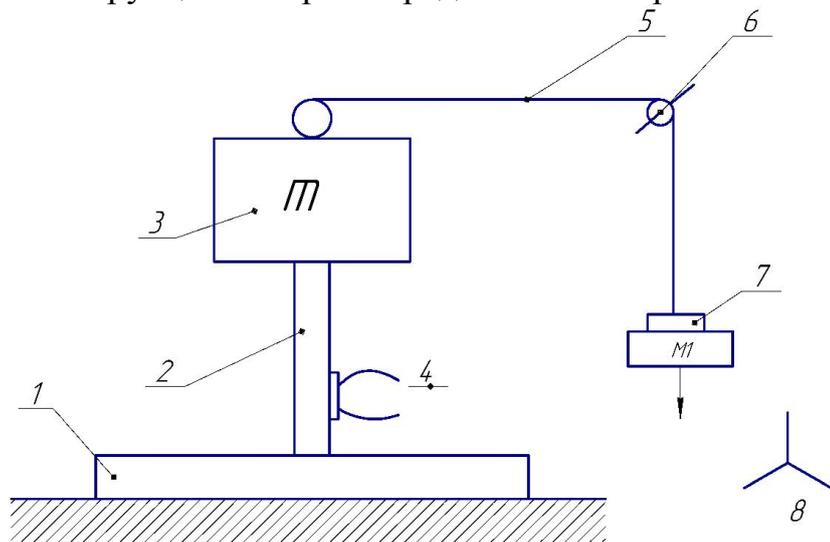


Рис. 14 – Схема установки для исследования акселерографа :

1 – основание акселерографа ; 2 – консольная балочка ; 3 – масса акселерографа ;
4 – тензодатчик ; 5 – резиновый жгут ; 6 – блок ;
7 – переменная масса ; 8 – фиксатор переменной массы

Порядок выполнения работы

- 1 . Выводы тензодатчика 4 подключают к тензоизмерительной станции .
- 2 . Изменяя переменную массу $\Delta M \cong 200 \text{ г}$ и отпуская всякий раз фиксатор 8, снимают показания регистрирующего прибора .
- 3 . Результаты измерений заносят в табл. 4

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований

Масса груза, г M / α ускорение						
Показания индикатора, U, В						

- 4 . Повторить позиции 6, 7, 8 первого этапа .

Содержание отчета

- 1 . Основные теоретические положения по тензометрии .

2 . Схемы установок для измерения усилий перемещений , вибраций .

3 . Результаты исследований и выводы по тарировочным характеристикам для различных тензоизмерителей .

4 . Ответы на контрольные вопросы .

Контрольные вопросы

1. Какая разница между параметрическим и генераторным датчиками?
2. На чем основана работа проволочного тензодатчика?
3. Что такое коэффициент тензочувствительности?
4. Какие материалы используются для изготовления тензодатчиков? Какими свойствами они обладают?
5. Для каких целей могут быть использованы тензодатчики?
6. Назовите схемы включения тензодатчиков.
7. Из каких основных блоков состоит тензометрическая измерительная аппаратура?
8. Каково назначение блоков калибровки и тарировки ?
9. Что такое чувствительность тензодатчика и как она определяется?
10. Что можно сказать о тарировочных характеристиках исследуемых тензодатчиков?

Лабораторная работа 3

Экспериментальное определение временной характеристики объекта регулирования

Объект регулирования - это технологический аппарат или машина , в котором осуществляется процесс регулирования . Регулируемой величиной , или регулируемым параметром , называется какая-либо величина (давление , температура , уровень и т . д .) , постоянное значение которой должно поддерживаться в объекте регулирования или изменяться по программе . Регулирующим воздействием называется воздействие на объект регулирования со стороны регулятора .

Все объекты регулирования (технологическая емкость , двигатель внутреннего сгорания , насос) характеризуются тем , что через них непрерывно протекает вещество или энергия . Количество вещества или энергии , протекающей через объект или отбираемой от объекта , называется нагрузкой . Изменение нагрузки приводит к изменению регулируемого параметра . Чтобы поддержать регулируемый параметр на заданном уровне , нужно изменить приток вещества или энергии в объект в соответствии с новым значением нагрузки объекта .

Емкостью объекта регулирования называется его способность накапливать энергию или вещество . Емкость объекта определяет количество содержащегося в нем в рассматриваемый момент времени вещества или энергии .

Для расчета объектов регулирования обычно используют безразмерные величины. Так, вместо размерных величин $Q_{\text{п}}$ (количество притока) и $Q_{\text{р}}$ (количество расхода) используют относительную величину притока $q_{\text{п}} = Q_{\text{п}}/Q_{\text{max}}$ и относительную величину расхода $q_{\text{р}} = Q_{\text{р}}/Q_{\text{max}}$, где Q_{max} максимальная нагрузка объекта регулирования.

Тогда возмущающее воздействие в безразмерном выражении

$$v = q_{\text{п}} - q_{\text{р}}$$

а текущее значение регулируемого параметра в безразмерном значении

$$x = H/H_0,$$

где H_0 - заданное значение параметра;

H - фактическое значение регулируемого параметра.

Относительное отклонение регулируемого параметра φ определяют как отклонение текущего значения параметра ΔH от заданного значения, отнесенное к H_0 , т.е.

$$\varphi = \frac{H_0 - H}{H_0} = \frac{\Delta H}{H_0}.$$

Наиболее неблагоприятные условия для регулирования имеют место при мгновенном (скачкообразном) нарушении баланса между притоком и расходом вещества или энергии в объекте регулирования. Кривая, которая показывает, как изменяется регулируемый параметр во времени при скачкообразном возмущении и отключенном регуляторе, называется временной характеристикой, или кривой разгона объекта.

В некоторых объектах при нарушении равенства притока и расхода вещества или энергии регулируемый параметр принимает новое, постоянное значение без вмешательства извне. Такие объекты обладают свойством самовыравнивания (рис. 1).

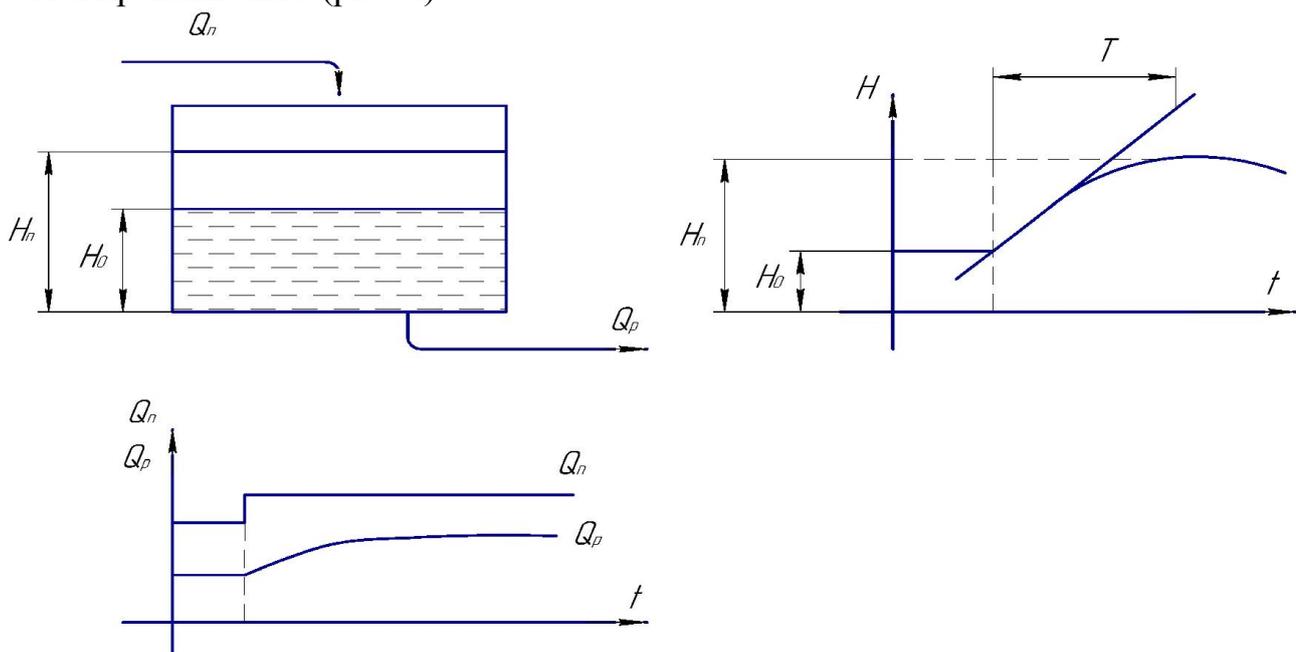


Рис. 1 – Объект и характеристики объекта с самовыравниванием

У объектов, не обладающих самовыравниванием, при наличии разности между притоком Q_p и расходом Q_r энергии (или вещества) регулируемая величина неограниченно возрастает или убывает до 0 (рис. 2).

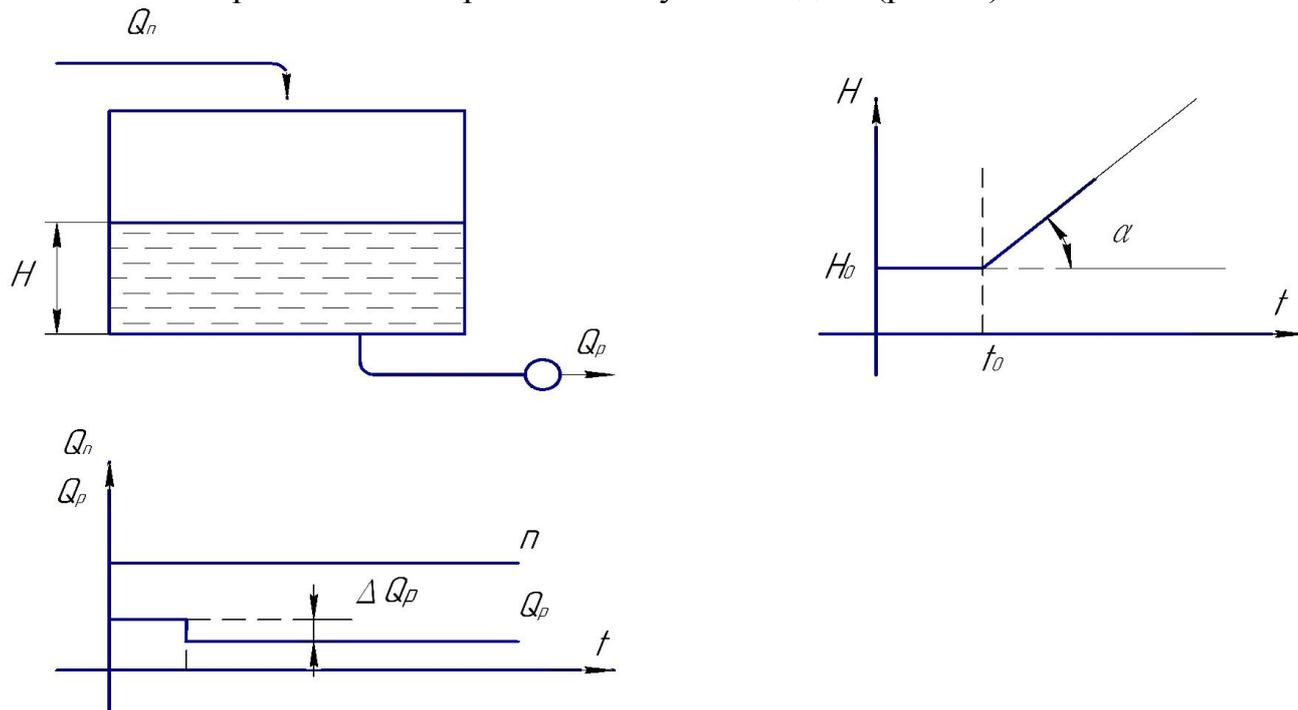


Рис. 2 – Объект и характеристики объекта без самовыравнивания : 1 – центробежный насос

При скачкообразном уменьшении на ΔQ_r производительности насоса вследствие превышения притока Q_p над расходом Q_r в объекте будет накапливаться вещество и его уровень будет неограниченно возрастать. Скорость изменения уровня H определяется по графику тангенсом угла α . В результате, чем больше возмущение φ , тем больше скорость изменения параметра

$$\frac{d\varphi}{dt} = \varepsilon \cdot v,$$

где $\frac{d\varphi}{dt}$ - скорость относительного изменения параметра ;

v - возмущающее воздействие ;

ε - скорость разгона объекта без самовыравнивания .

Физически скорость разгона ε представляет собой скорость изменения параметра при возмущении, равном единице .

Величина T , обратная скорости разгона, называется временем разгона .

$$T = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{v}{\frac{d\varphi}{dt}}$$

В объекте с самовыравниванием (рис. 1) при изменении Q_p произойдет

изменение Q_p и регулируемый параметр H начнет изменяться от H_0 до нового стабильного значения H_p . Кривая разгона в этом случае не будет линейной (сравните с рис. 2), т.к. объект регулирования обладает свойством самовыравнивания. Скорость изменения параметра H будет переменной. В первый момент после возмущения скорость изменения параметра достигнет наибольшей величины, а по мере уменьшения разницы между Q_p и Q_r будет уменьшаться, и через некоторое время T (постоянная времени объекта), когда $Q_p = Q_r$, наступит новое равновесное состояние при новом значении регулируемого параметра H .

Кривая разгона для одноемкостных объектов (обладающих одной емкостью и одной постоянной времени T объекта) представляет собой экспоненту (рис. 1). Экспонента обладает тем свойством, что касательная, проведенная к ней, отсекает на линии, соответствующей новому установившемуся значению H_p регулируемого параметра, отрезок T , называемый постоянной времени объекта регулирования.

Способность объекта самовыравниваться после нанесения возмущающего воздействия v называется степенью самовыравнивания ρ и определяется отношением

$$\rho = \frac{v}{\varphi},$$

где v - величина возмущения, т.е. величина небаланса между притоком и расходом вещества или энергии.

Другой важной величиной, характеризующей объект регулирования, является коэффициент усиления объекта K_y . Коэффициент усиления объекта показывает, во сколько раз изменение регулируемого параметра φ (выходной величины) будет больше изменения входной величины - регулирующего воздействия $\mu = v$ при переходе от одного установившегося значения регулируемого параметра к другому и определяется выражением

$$K_y = \frac{1}{\rho} = \frac{\varphi}{v}.$$

В системах автоматического регулирования изменение регулируемого параметра начинается не сразу, а через определенный промежуток времени после начала возмущающего воздействия (рис. 3).

Это явление называется запаздыванием, различают два вида запаздывания: чистое запаздывание τ_0 и переходное (емкостное) $\tau_{п}$. Обычно при снятии временных характеристик объектов регулирования определяют величину полного запаздывания τ , т.е. $\tau = \tau_0 + \tau_{п}$.

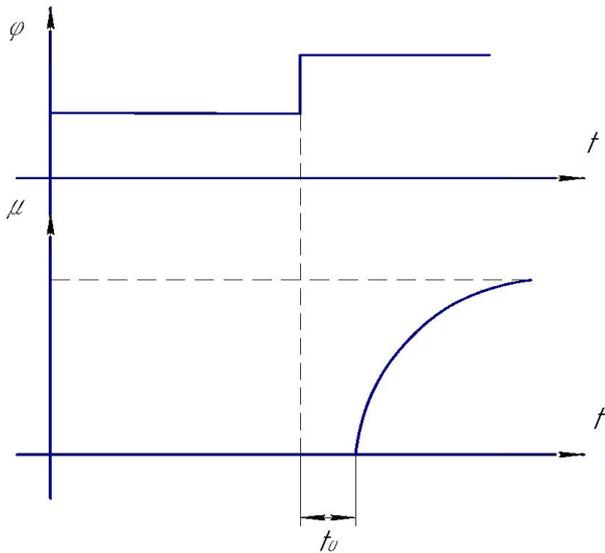


Рис . 3 – Запаздывание у объектов регулирования

Чистое запаздывание τ_0 (передаточное , транспортное , дистанционное) – это время , в течение которого регулируемый параметр после возмущения не изменяется .

Переходное (емкостное) запаздывание τ_n имеет место в много ёмкостных объектах , когда несколько емкостей соединены между собой последовательно через различные сопротивления (тепловые , гидравлические) , что вызывает замедление перехода энергии или вещества из одной емкости в другую . Запаздывание ухудшает процесс регулирования , поэтому следует стремиться к уменьшению запаздывания .

Цель работы :

1. Изучить основные теоретические положения о свойстве объектов регулирования .
2. Экспериментальным путем определить основные параметры объекта регулирования :
 - а) постоянную времени объекта T ;
 - б) относительное изменение регулируемого параметра φ ;
 - в) степень самовыравнивания объекта регулирования ρ ;
 - г) коэффициент усиления объекта K_u ;
 - д) скорость изменения $\frac{d\varphi}{dt}$ регулируемого параметра ;
 - е) скорость разгона ε объекта регулирования ;
 - ж) полное запаздывание τ .
3. Произвести аппроксимацию объекта регулирования аналитическим выражением и определить его передаточную функцию $W(P)$.

Описание экспериментальной установки

Наиболее просто определить свойства объекта регулирования можно по экспериментально полученной кривой разгона . Кривая разгона объекта регулирования является важной динамической характеристикой ,

позволяющей определить параметры настройки автоматического регулятора . Кривая разгона может быть определена по опыту путем записи изменения регулируемой величины от начала возмущающего воздействия до установившегося значения . Для записи кривой разгона используют самопишущие приборы . Чтобы избежать искажений за счет случайных возмущений при снятии кривой разгона , рекомендуется создавать большие возмущения в пределах , насколько позволяет технологический процесс .

Перед началом эксперимента объект регулирования приводится в установившееся состояние при выбранном режиме работы . Затем объекту наносится мгновенно скачкообразное возмущение (не менее 10% от нормального режима работы объекта) . В результате скачкообразного возмущения будет получен график изменения выходной величины - регулируемого параметра во времени . По полученной кривой разгона определяют основные параметры объекта регулирования (см. раздел "Обработка результатов эксперимента") .

Установка для исследования свойств объекта регулирования (рис.4) состоит из трубчатой электрической печи 1 (объект регулирования) , термопары 2 , помещенной внутри металлического цилиндра , электронного автоматического потенциометра 3 (с записью на ленточной диаграмме) , вольтметра 4 , амперметра 5 , автотрансформатора 6.

Через печь 1 воздух прогоняется вентилятором 7 , снабженным коллекторным двигателем 8 . Объектом регулирования служит печь , а регулируемым параметром – температура горячего воздуха , выходящего из печи . Регулирующим агентом является мощность Вт нагревателя печи 1 , которая определяется выражением

$$P = U \cdot I$$

где I – ток , А ; U – напряжение, В .

Порядок выполнения работы

1. Под контролем преподавателя включить потенциометр, вентилятор, лабораторный автотрансформатор , установив ток $I = 2 - 5$ А .
2. Наблюдая за ленточной диаграммой потенциометра , ожидать записи прямолинейного участка на ленте . Зафиксировать начальное значение температуры $\theta = \dots C^{\circ}$.

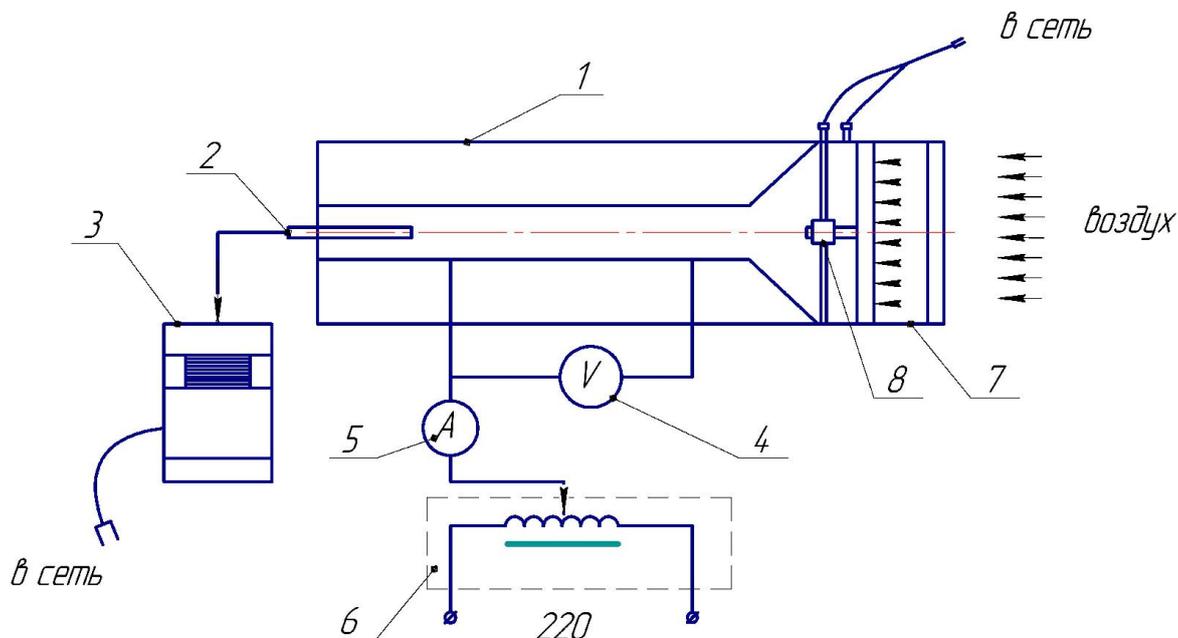


Рис . 4 – Схема установки для определения временной характеристики объекта регулирования

3. Нанести объекту возмущающее воздействие , изменив движением ползунка автотрансформатора ток I на $\Delta I = 0,5 - 1,5 \text{ A}$.
4. Включить секундомер и через $t = 10 - 20 \text{ c}$ фиксировать изменение температуры до нового установившегося значения .
5. Данные измерений занести в таблицу .
6. Включить установку и определить относительное изменение регулируемого параметра φ (графа 4) .

Результаты экспериментальных данных

№ п/п	Время $t, \text{ c}$	Температура $\theta^{\circ}, \text{ C}$	Относительное изменение параметра φ	Относительное текущее отклонение регулируемого параметра	Ток , I_a	
					до возмущения	после возмущения
1	2	3	4	5	6	7

За начальное значение $\theta_{\text{нач}}$ температуры в объекте принимать её начальное равновесие значение $\theta_{\text{нач}}$, зафиксировать в п . 2 .

7. Определить относительное текущее отклонение регулируемого параметра (графа 5) .

$$\varphi_t = \frac{\theta_t - \theta_{\text{нач}}}{\theta_{\text{нач}}} .$$

8. По данным граф 5 и 2 построить график $\varphi_t(t)$ и сопоставить его с кривой , записанной на диаграммной бумаге автоматического электронного потенциометра .

9. Обработку результатов эксперимента произвести в соответствии с приложением «Обработка результатов эксперимента» .

Содержание отчета

1. Основные теоретические положения по определению параметров объекта регулирования.
2. Описание экспериментальной установки.
3. Результаты и обработке экспериментальных исследований.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называется объектом регулирования ? Приведите примеры объектов регулирования по вашей специальности.
2. Что такое возмущающее воздействие объекта регулирования ?
3. Дайте определение кривой разгона объекта.
4. Как вы понимаете определение : кривая разгона - это реакция объекта на скачкообразное возмущающее воздействие ?
5. Чем отличается объект с самовыравниванием от объекта без самовыравнивания ?
6. Что такое постоянная времени объекта ?
7. Каков физический смысл показателя ν – степени самовыравнивания объекта ?
8. Что такое коэффициент усиления объекта и каков его физический смысл ?
9. Что такое запаздывание объекта и как оно влияет на процесс регулирования ?

Приложение

Обработка результатов эксперимента

При анализе систем автоматического регулирования необходимо получить дифференциальное уравнение объекта регулирования . Здесь рассматривается способ определения дифференциального уравнения объекта по экспериментальным данным . Исследуемый в настоящей работе объект относится к классу апериодических объектов . Это объект , в котором при подаче на вход ступенчатого воздействия выходная величина по экспоненциальному закону стремится к новому установившемуся закону . Такие объекты являются инерционными , особенно , если время запаздывания значительно и им нельзя пренебречь . Это относится часто к технологическим объектам : нагревательным печам , смесителям , технологическим емкостям .

Идентификация объекта регулирования дифференциальным уравнением первого порядка без запаздывания

Дифференциальное уравнение такого объекта имеет вид

$$T \frac{dy}{dt} + y = kx \quad (1)$$

и передаточную функцию $W(P) = \frac{k}{T_p + 1}$,

где P - оператор Лапласа .

В выражении (1) неизвестными являются постоянная времени T и коэффициент усиления K , которые можно определить по экспериментально снятой характеристике объекта .

Решением дифференциального уравнения (1) является функция

$$y(t) = kx (1 - e^{-\frac{t}{T}}) . \quad (2)$$

Для вычисления T и K достаточно взять пару любых точек из экспериментального графика , подставив их координаты , а затем из полученных двух уравнений (3) вычислить T и K .

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= ka (1 - e^{-\frac{t_1}{T}}); \\ y_2 &= ka (1 - e^{-\frac{t_2}{T}}); \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Уравнения (3) трансцендентные , и вычисление K и T затруднительно . Поэтому применяют следующий прием . При $t \rightarrow \infty$, $y(t) \rightarrow ka$,

следовательно , ордината асимптоты , к которой стремится y , дает

возможность определить K простым делением на a , т . е . $k = \frac{b}{a}$.

Для вычисления T продифференцируем уравнение (2)

$$\frac{dy(t)}{dt} = k \cdot a \frac{1}{T} e^{-\frac{t}{T}}$$

и стремим t к нулю

$$\lim_{t \rightarrow 0} \frac{dy}{dt} = k \cdot a \frac{1}{T} = \frac{b}{T} = \operatorname{tg} \alpha ,$$

где α – угол наклона касательной , проведенной к графику $y(t)$ при $t = 0$.

Поэтому $T = \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha}$.

Итак , T численно равно длине подкасательной в пределах от начала координат до точки пересечения её асимптотой $y = \operatorname{const}$. Это решение – самое

простое, но не очень точное, т.к. трудно точно провести касательную и точно указать ординату асимптоты b , и все промежуточные его точки из рассмотрения выпадают. Применительно к нашему исследуемому объекту при изменении тока от I_0 до I_{II} температура печи изменяется от θ_0 до θ_{II} (рис. 5).

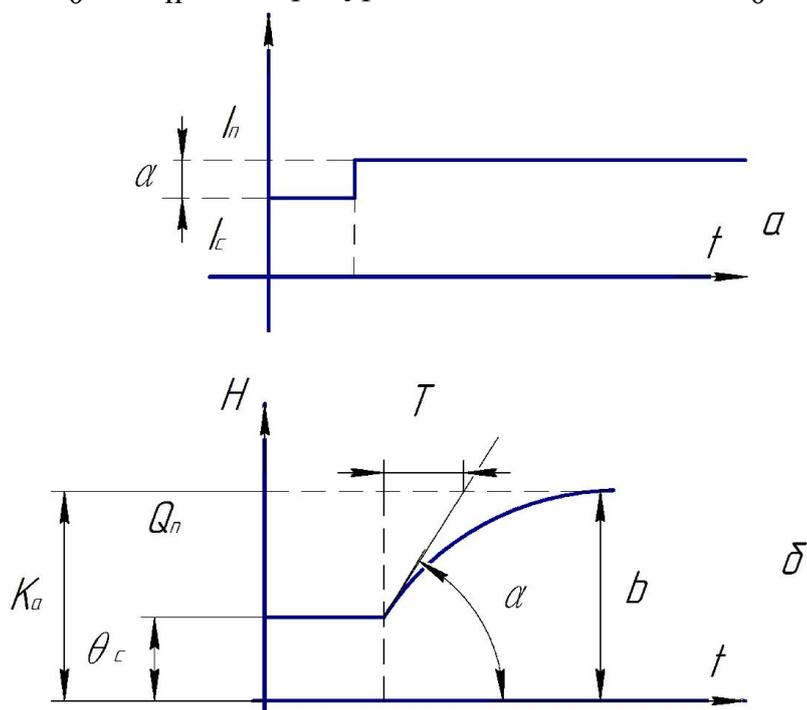


Рис. 5 – Кривые переходного процесса нагревательной печи без учета запаздывания: а – ступенчатое воздействие; б – переходная функция

Из рис. 5, а, б следует, что параметры объекта K и T могут быть определены по экспериментальным кривым.

Идентификация объекта регулирования дифференциальными уравнением первого порядка с запаздыванием

Такой объект описывается дифференциальным уравнением

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_0 x(t - \tau) \quad (4)$$

и имеет передаточную функцию $W(P) = \frac{ke^{-\tau p}}{T_p + 1}$.

Решением дифференциального уравнения (4) будет функция вида

$$y(t) = kx \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right) \quad (5)$$

где τ – время полного запаздывания, с.

Если по эксперименту получена переходная функция вида (рис. 6), то она

описывается уравнением (5). Параметры K , T , τ кривой $y(t)$ могут быть определены по экспериментально снятой переходной функции $\theta(t)$.

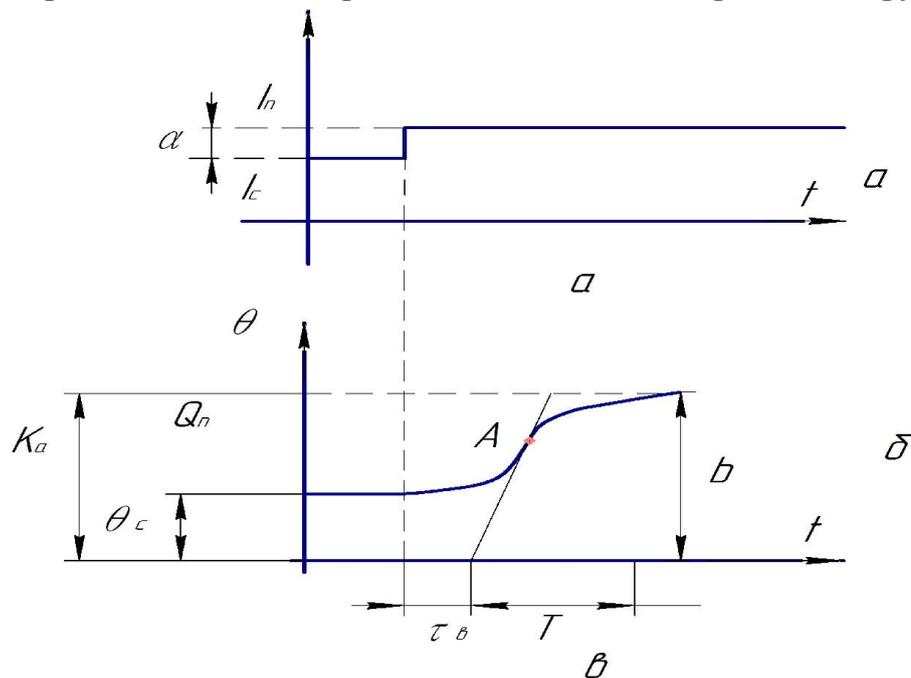


Рис . 6 – Кривые переходного процесса нагревательной печи с учетом запаздывания : а – ступенчатое воздействие ; б – переходная функция

В точке наибольшего наклона кривой разгона A проводят касательную до пересечения с осью времени и асимптотой, к которой стремится кривая разгона. Затем измеряют K , T , τ , как показано на рис . 6 .

Лабораторная работа 4

Экспериментальное определение частотных характеристик типовых динамических звеньев

Любая автоматическая система состоит из отдельных звеньев, каждое из которых выполняет определенную функцию. Для анализа свойств и поведения системы автоматического управления ее разделяют на типовые звенья не по конструктивным или функциональным признакам, а по их статическим и динамическим характеристикам. Математическое описание и моделирование автоматической системы существенно упрощается, если представить ее в виде совокупности типовых звеньев, соединенных последовательно – параллельно, характеристики которых заранее известны.

Представляя автоматическую систему в виде структурной схемы, состоящей из типовых звеньев, нетрудно получить дифференциальное уравнение системы и исследовать его. По виду передаточной функции $W(P)$ различают следующие типы звеньев:

1 . Апериодическое звено

$$W(P) = \frac{K}{T_p + 1}$$

2 . Колебательное звено

$$W(P) = \frac{K}{T_1 \cdot T_2 \cdot p^2 + T_2 \cdot p + 1}$$

3 . Интегрирующее звено

$$W(P) = \frac{K}{p}$$

4 . Дифференцирующее звено

$$W(P) = K \cdot p$$

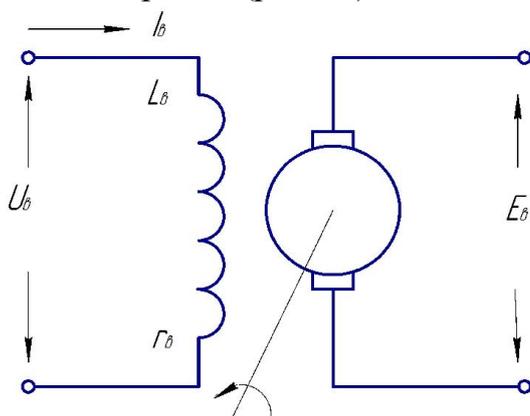
5 . Запаздывающее звено

$$W(P) = e^{-\tau p}$$

здесь K – статический коэффициент передачи звена ;
 T_1, T_2 – постоянные времени звена ;
 τ – время запаздывания ;
 p – комплексный параметр Лапласа .

Для анализа свойств типовых звеньев и САР пользуются следующими взаимно связанными характеристиками : амплитудно-фазовой частотной характеристикой , вещественной и мнимой частотными характеристиками звена , амплитудной и фазовой частотными характеристиками , логарифмическими характеристиками . Заметим , что все названные выше характеристики могут быть получены из передаточной функции $W(P)$ типового звена .

Для ознакомления с этими характеристиками получим их на примере изученного в курсе «Электротехника» генератора постоянного тока независимо возбуждения , представляющего собой апериодическое звено 1 – го порядка (рис . 1) .



Выведем уравнение изменения ЭДС якоря генератора при включении обмотки возбуждения на постоянное напряжение U_B .

Рис . 1 – Генератор постоянного тока независимо возбуждения

уравнение цепи обмотки возбуждения в переходном режиме имеет вид

$$L_B \frac{dI_B}{dt} + r_B \cdot I_B = U_B , \quad (1)$$

где L_B – индуктивность обмотки возбуждения , Гн ;
 r_B – активное сопротивление обмотки возбуждения , Ом ;
 I_B – ток в обмотке возбуждения , А .
 ЭДС якоря генератора определяется выражением

$$E_{я} = C_e \cdot I_B , \quad (2)$$

где C_e – постоянная генератора .

Из выражения (2) получим :

$$I_B = \frac{E_{я}}{C_e} ; \quad \frac{dI_B}{dt} = \frac{1}{C_e} \cdot \frac{dE_{я}}{dt} .$$

Подставляем значения I_B и его производной в уравнение (1) , получим

$$\frac{L_B}{C_e} \frac{dE_{я}}{dt} + \frac{r_B}{C_e} E_{я} = U_B . \quad (3)$$

Умножая обе части уравнения на $\frac{C_e}{r_B}$, получим

$$\frac{L_B}{r_B} \frac{dE_{я}}{dt} + E_{я} = \frac{C_e}{r_B} U_B \quad (4)$$

Обозначим

$\frac{L_B}{r_B} = T$ – постоянная времени обмотки возбуждения ;

$\frac{C_e}{r_B} = K$ – коэффициент усиления (передаточный коэффициент) ;

Подставляя эти значения в (4) , получим

$$T \frac{dE_{я}}{dt} + E_{я} = KU_B$$

или , заменяя для общности U_B на X , а $E_{я}$ на y , получим уравнение апериодического звена в общем виде

$$T \frac{dy}{dt} + y = KX . \quad (5)$$

Если заменить в выражении (5) операцию дифференцирования комплексным оператором Лапласа – P , то уравнение (5) в оперативной форме приобретает вид

$$(T_p + 1)y = KX . \quad (6)$$

Решением уравнения (5) при условии , что $X = \text{const}$, будет

$$y = KX (1 - e^{-\frac{t}{T}}) . \quad (7)$$

Если устремить $t \rightarrow \infty$, то кривая разгона апериодического звена будет

иметь вид рис . 2 .

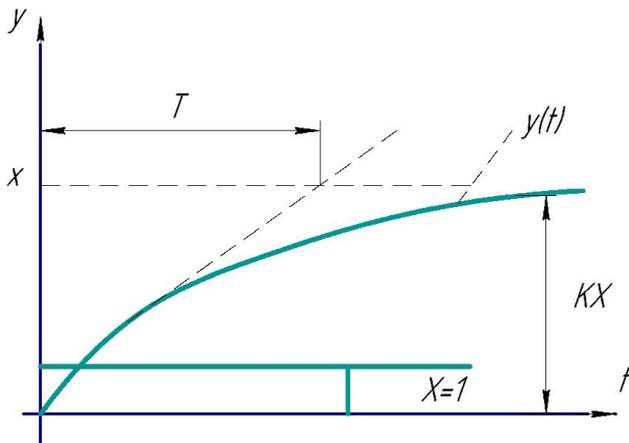


Рис . 2 – Кривая разгона аperiodического звена

Постоянная времени T представляет собой время , в течение которого выходная величина y достигла бы установившегося значения , если бы она возросла с той же скоростью , что и в начале переходного процесса . Установившееся значение выходной величины практически достигает за время , равное $4 T$.

Передаточная функция любого звена (в том числе и аperiodического) получается из уравнения (6)

$$W(p) = \frac{y}{x} = \frac{K}{T_p + 1} \quad (8)$$

уравнение амплитудно-фазовой характеристики (АФХ) аperiodического звена получим , заменив в передаточной функции p на $j\omega$,

$$W(j\omega) = \frac{K}{T_{j\omega} + 1} \quad (9)$$

Умножая числитель и знаменатель выражения (9) на сопряженное комплексное число , выделим вещественную и мнимую части

$$W(j\omega) = \frac{K(-T_{j\omega} + 1)}{(T_{j\omega} + 1)(-T_{j\omega} + 1)} = \frac{K}{T^2 \omega^2 + 1} - j \frac{K T \omega}{T^2 \omega^2 + 1} = P(\omega) - jQ(\omega) \quad (10)$$

Из формулы (10) следует , что амплитудно-фазовая характеристика аperiodического звена (в равной мере и других звеньев) представляет собой функцию мнимого аргумента $j\omega$, т . е . комплексной частоты . Следовательно , частотные свойства звена могут быть описаны вещественной $P(\omega)$ и мнимой $Q(\omega)$ частотными характеристиками либо амплитудной $A(\omega)$ или фазовой $\theta(\omega)$ частотными характеристиками .

Если изменить частоту ω от 0 до ∞ при заданных T и K , можно построить по выражению (10) амплитудно-фазовую характеристику в виде полуокружности , расположенной в 4-м квадрате , вещественную $P(\omega)$ и мнимую $Q(\omega)$ частотные характеристики (рис . 3) .

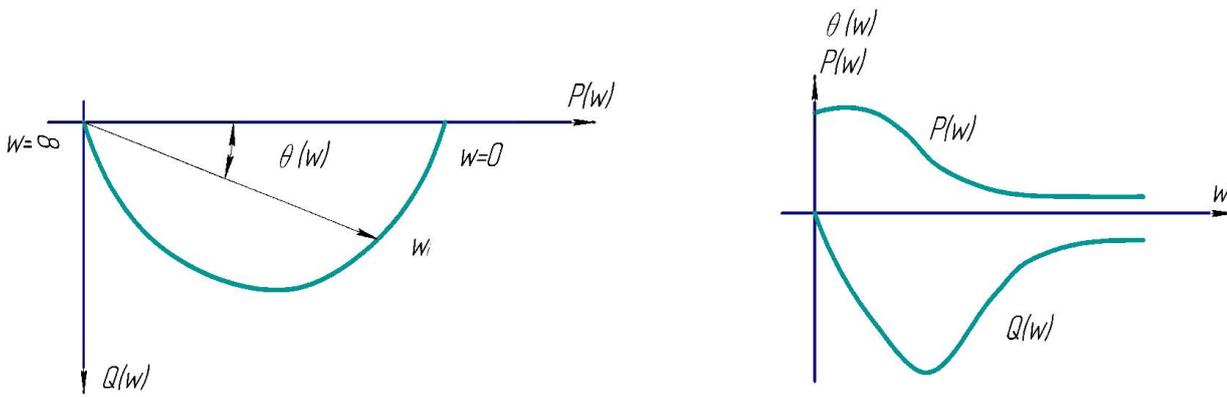


Рис . 3 – Частотные характеристики аperiodического звена :
а – фазовая ; б – мнимая вещественная

Для фиксированных частот ω функции $w(j\omega)$ обращается в комплексное число , которое может быть изображено в виде вектора на плоскости $P(\omega) - jQ(\omega)$. Разным значениям ω соответствуют различные точки плоскости . При непрерывном изменении частоты от 0 до ∞ образуется непрерывная совокупность точек , называемая амплитудно-фазовой характеристикой АФК .

Уравнения амплитудной и фазовой частотных характеристик будут иметь вид

$$A(\omega) = \sqrt{P^2(\omega) + Q^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{T^2\omega + 1}} = \frac{K}{T\sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}}} \quad (11)$$

$$Q(\omega) = \text{arctg} \frac{Q(\omega)}{P(\omega)} = -\text{arctg} T\omega \quad (12)$$

При графическом построении $A(\omega)$, $\theta(\omega)$ удобно использовать логарифмический масштаб , откладывая по оси абсцисс частоту в логарифмическом масштабе , а по оси ординат – значения (в децибелах) амплитудной частотной характеристики $L(\omega)$, рис . 4 .

$$L(\omega) = 20\lg K - 20\lg T \sqrt{\omega^2 + \frac{1}{T^2}} \quad (13)$$

При построении $\theta(\omega)$ значение угла ω откладывают в радианах или градусах .

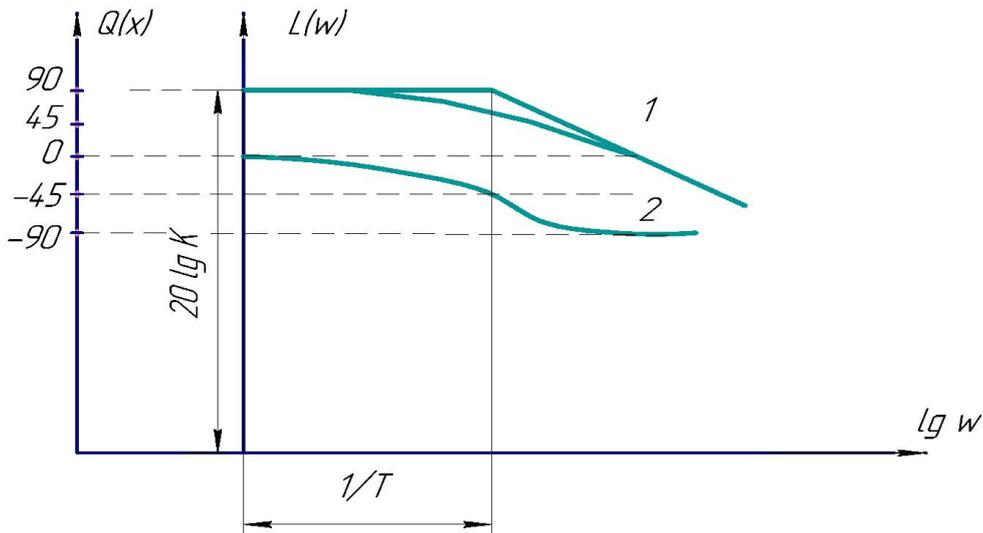


Рис . 4 – Логарифмические частотные характеристики апериодического звена :
 1 – амплитудная ; 2 – фазовая

Не останавливаясь здесь на методике построения частотных характеристик других типов звеньев , отметим лишь , что она совершенно аналогична приведенной выше . Рассматриваемые звенья (1-5) можно представить в виде блок-схемы (рис . 5) с известной АФХ $w(j\omega)$.

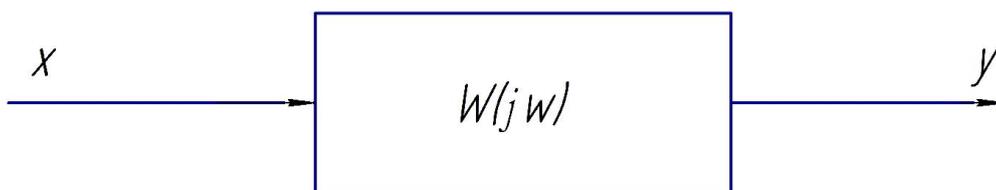


Рис . 5 – Блок-схема типового звена

Связь между входом X и выходом Y у любого типового звена определяется выражением

$$y = w(j\omega) \cdot X \quad (14)$$

Выражение (14) позволяет определить АФХ экспериментальным путем , исследуя реакции звена на гармонические воздействия . Пусть на вход поступает гармоническое воздействие

$$X(t) = X_m e^{j\omega t} = X_m (\cos \omega t + j \sin \omega t)$$



Выходной сигнал $y(t)$ определяется как произведение $w(j\omega)$ на входной сигнал , т . е .

$$y(t) = X_m |w(j\omega)| [\cos(\omega t + \theta) + j \sin(\omega t + \theta)] = y_m [\cos(\omega t + \theta) + j \sin(\omega t + \theta)] =$$

$$= y_m e^{j(\omega t + \theta)}$$

Входной сигнал подается с генератора гармонических колебаний . Блок-схема установки для получения частотных характеристик приведена на рис . 6 .

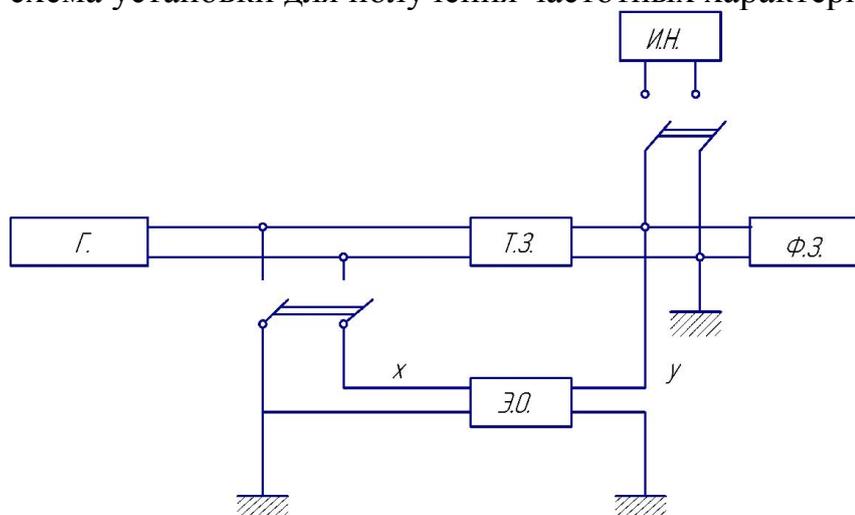


Рис . 6 – Блок схема снятия частотных характеристик типового звена :

Г . – генератор гармонических воздействий ; Т . З . – исследуемое типовое звено ;
 Э . О . – электронный осциллограф ; И . Н . – измеритель
 напряжения ; Ф . З . – фазометр

На вход типового звена Т . З . от генератора гармонических колебаний подается напряжение постоянной амплитуды при изменении частоты от 0 до ∞ (практически этот диапазон равен полосе существенных частот звена). Одновременно входной сигнал подается на вход X осциллографа Э . О . для измерения его величины . Выходной сигнал Т . З . подается на Э . О . (вход y) для измерения его величины и фазы .

Определение величины модуля $A(\omega)$ и фазы $\theta(\omega)$ частотной характеристики $w(j\omega)$ производится с помощью осциллографа по форме и размерам фигуры Лиссажу . Фигуру Лиссажу получают на экране осциллографа при подаче его клеммы горизонтальной и вертикальной развертки входного и выходного сигналов звена Т . З . (рис . 7) .

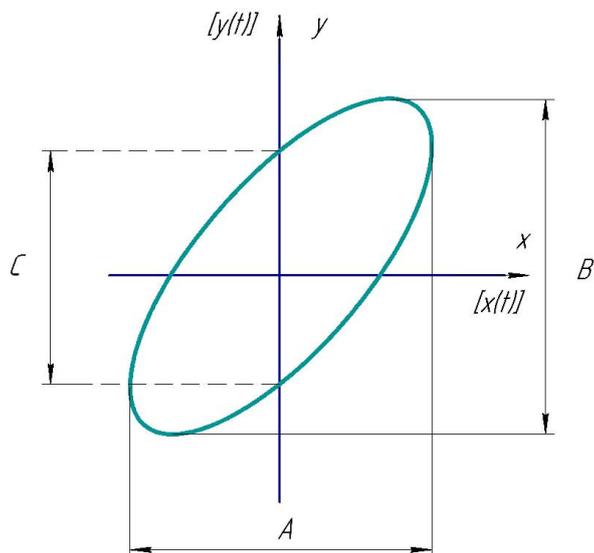


Рис . 7 – Фигура Лиссажу на экране осциллографа типового звена

Входной $x(t)$ и выходной $y(t)$ сигналы , поданные на вход осциллографа , имеют вид

$$\begin{aligned} x(t) &= X_m \sin \omega t \\ y(t) &= Y_m \sin (\omega t + \theta) \end{aligned} \quad (16)$$

На экране осциллографа амплитуды X_m и Y_m изображены соответственно половинкам отрезков a и b , т . е .

$$a = 2MX_m ; \quad b = 2MY_m , \quad (17)$$

где M – масштаб экрана .

Поэтому модуль частотной характеристики для фиксированной частоты может быть найден как отношение этих отрезков

$$A(\omega) = \frac{Y_m}{X_m} = \frac{b}{a} \quad (18)$$

Сдвиг по фазе находят из следующих соображений . После подстановки $t = 0$ соотношение $y(t) = Y_m \sin (\omega t + \theta)$ будет иметь вид $y(0) = Y_m \sin \theta$

$$(19)$$

Отсюда следует , что для фиксированной частоты ω сдвиг по фазе $\theta(\omega)$ может быть найден по формуле (20)

$$\theta(\omega) = \arcsin \frac{Y(0)}{Y_m} = \arcsin \frac{c}{b} \quad (20)$$

где $Y(0) = \frac{c}{2}$, $Y_m = \frac{b}{2}$.

Значения модуля $A(\omega)$ и фазы $\theta(\omega)$ могут быть определены и другим способом при непосредственном измерении амплитуды входного и выходного сигналов Г . 3 . с помощью измерителя напряжения И . Н . , а также измерения фазы на данной частоте с помощью стандартного фазометра Ф . 3 . (рис . 6) .

Цель работы:

- 1 . Изучить основные теоретические положения по типовым звеньям

САР.

2. Собрать схему (рис. 6) и , изменяя частоту звукового генератора , провести измерения отрезков а , в , с фигур Лиссажу .

3. По полученным данным , используя выражения (18) , (20) подсчитать $A(\omega)$ для различных частот ω , а также

$$P(\omega) = A(\omega) \cos \theta(\omega); Q(\omega) = A(\omega) \sin \theta(\omega).$$

4. По экспериментальным данным построить вещественную $P(\omega)$ мнимую $Q(\omega)$ амплитудно-фазовую характеристики , а также амплитудно-частотную , фазочастотную , логарифмическую , амплитудную , логарифмическую фазовую характеристики апериодического звена .

Описание экспериментальной установки

На рис . 8 приведен электрический аналог типового апериодического звена с постоянной времени $T = RC$, собранного в виде лабораторного макета . Заметим , что цепочка RC описывается тем же дифференциальным уравнением (6) , что и ГПТ независимого возбуждения . Поэтому цепочка RC будет иметь те же частотные характеристики (рис . 3 , 4) , что и ГПТ независимого возбуждения , получение которых и является целью настоящей работы .

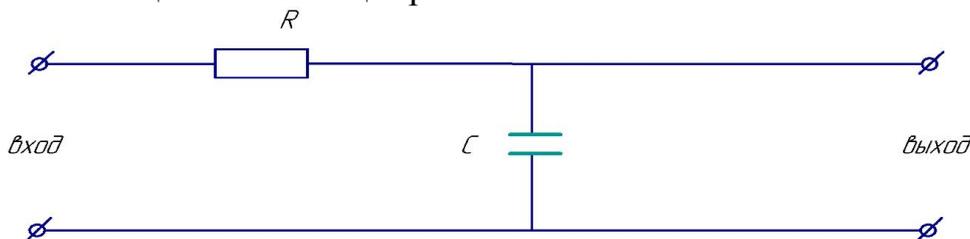


Рис . 8 – Аperiодическое звено ($R = 43 \text{ К}$, $C = 0,1 \text{ мкф}$)

Входным сигналом является напряжение , подаваемое на клеммы «вход» звена , выходным – напряжение , снимаемое с клемм «выход» .

Порядок выполнения работы

1 . Ознакомиться с апериодическим звеном , его основными характеристиками , зарисовать электрический аналог звена .

2 . Проверить наличие необходимого оборудования на рабочем месте , собрать схему (рис . 6) и после проверки ее преподавателем включить измерительные приборы .

Примечание . Перед началом работы необходимо "откалибровать" экран осциллографа , т . е . установить одинаковый масштаб по осям X и Y . Для этого можно использовать калибровочный сигнал осциллографа , подав его порознь на клеммы горизонтальной и вертикальной развертки и добившись соответствующими ручками усиления одинаковой величины отрезков по обеим осям . В дальнейшем ручки осциллографа трогать не рекомендуется .

3 . Задаваясь рядом значений f звукового генератора , получить на экране осциллографа фигуры Лиссажу и для каждой из них определить параметры а , в , с . Результаты измерений занести в табл . 1 .

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований

Номер замера	Апериодическое звено			
	f	a	B	c

Примечание . Число замеров n и интервал частот Δf задаются преподавателем .

4 . Используя выражения (18) , (20) , подсчитать $A(\omega)$, $\theta(\omega)$,

$$P(\omega) = A(\omega) \cos \theta(\omega); Q(\omega) = A(\omega) \sin \theta(\omega)$$

и занести в табл . 2 .

Таблица 2

Результаты обработки эксперимента

Номер замера	Апериодическое звено						
	$\omega = 2\pi f$	$\Omega = \lg \omega$	$A(\omega) = B/a$	$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$	$\Theta(\omega) = \arcsin c/B$	$P(\omega) = A(\omega) \cos \Theta(\omega)$	$Q(\omega) = A(\omega) \sin \Theta(\omega)$

5 . По данным табл . 2 построить в масштабе вещественную $P(\omega)$, мнимую $\theta(\omega)$, амплитудно-фазовую характеристику $w(j\omega)$, а также амплитудно-частотную , фазочастотную , логарифмическую , амплитудную , логарифмическую фазовую характеристики апериодического звена .

Содержание отчета

1 . Краткое описание свойств и характеристик апериодического звена и метода исследования (без выкладок) .

2 . Блок-схема установки , тип используемого оборудования , электрическая схема апериодического звена , данные его элементов R , C .

3 . Результаты эксперимента (табл . 1) и обработка результатов эксперимента (табл . 2) .

4 . Построенные в масштабе характеристики апериодического звена (см . п . 5 предыдущего раздела) .

5 . Основные выводы по работе .

Контрольные вопросы

1. Что такое частотная характеристика типового звена ?
2. Как определяется частотная характеристика по передаточной функции.?
3. Какие типы характеристик охватывает понятие частотной характеристики звена ?
4. Перечислите типовые звенья , описываемые линейными дифференциальными уравнениями , запишите их передаточные функции .
5. Объясните сущность метода определения частотных характеристик звена , принятого в лабораторной работе .
6. Объясните порядок проведения эксперимента .
7. Объясните свойства апериодического звена по экспериментальным частотным характеристикам .

Лабораторная работа 5

Автоматизация поточно-транспортных систем непрерывных технологических процессов

Задачи автоматизации поточно-транспортных систем

Поточно-транспортные системы (ПТС) состоят из конвейеров , питателей , бункеров и др . транспортных механизмов , объединяемых в маршруты . Работа ПТС в значительной мере определяет бесперебойность и нормальный , ход технологического процесса .

К задачам автоматизации ПТС относятся :

- контроль скорости движения конвейерной ленты ;
- контроль (и предупреждение) смещения ленты в сторону ;
- контроль порывов ленты ;
- контроль наличия продуктов на ленте и уровней в бункерах ;
- контроль забивки перегрузочных устройств-течек ;
- контроль и учет времени работы (или простоя) механизмов ;
- контроль работы и защита электродвигателей ;
- пуск и остановка определенных групп агрегатов ;
- загрузка и разгрузка бункеров .

Автоматизация ПТС позволяет резко сократить количество обслуживающего персонала , время пусковых операций , повысить технико-экономические показатели работы . Немаловажен и тот факт , что внедрение автоматизации приводит к снижению травматизма и созданию условий для его полной ликвидации .

Технические средства автоматического контроля ПТС

Здесь изложены принципы действия средств автоматического действия, средств автоматического контроля, получившие преимущественное применение на ленточных конвейерах ПТС. Контроль уровней в бункерах и забивки перегрузочных устройств, контроль длительности работы агрегатов осуществляется, исходя из местных условий и рассмотрен в специальной литературе [4].

Контроль скорости движения конвейерной ленты

Пробуксовка ленты, ее поперечный разрыв, самопроизвольное отключение привода, выход из строя муфты сцепления - эти и другие аварийные явления приводят к снижению скорости движения или полной остановке конвейерной ленты. Предупредить развитие аварии, не допустить завала конвейера, работающего в ненормальном режиме, позволяют специальные аппараты, получившие название датчики скорости.

При монтаже датчики скорости механически сочленяются с одним из поддерживающих роликов или с отклоняющим барабаном (но не приводным) чем обеспечивается непрерывный контроль за скоростью их вращения.

Так как скорость вращения этих элементов соответствует движению ленты, то тем самым создаются условия для непрерывного контроля за скоростью ее движения.

Известно несколько разновидностей конструкций датчиков: механические, гидравлические, пневматические и электрические. Наибольшее предпочтение отдается электрическим датчикам скорости. Поэтому ниже излагаются принципы действия электрических датчиков скорости, получивших наибольшее распространение, среди которых можно выделить тахогенераторные и магнитоиндуктивные.

Ротор тахогенераторного датчика приводится во вращение поддерживающим роликом конвейера или отклоняющим барабаном. В результате ЭДС генератора будет пропорциональна скорости движения ленты (рис. 1).

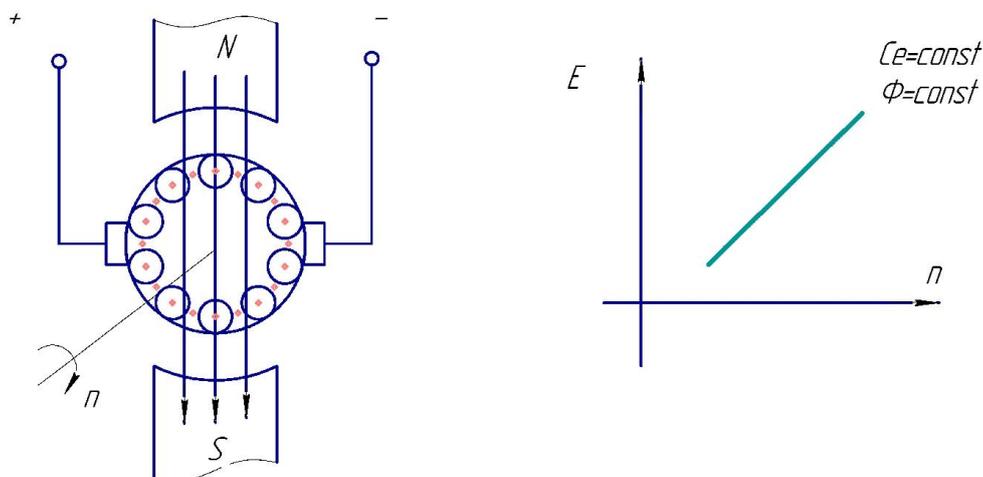


Рис. 1 – Схема простейшего тахогенераторного датчика с насыщенной магнитной системой: а – конструкция; б – статическая характеристика

Магнитоиндуктивный датчик ДМ состоит из катушки, насаженной на стальной сердечник постоянного магнита. С одного торца катушка закрыта стальной крышкой, с другой - крышкой из ферромагнитного материала. В результате образуется разомкнутый магнитопровод, МДС которого определяется постоянным магнитом. Если около ферромагнитной крышки вращается перфорированный диск, магнитное поле датчика изменяется и в катушке появляется ЭДС.

Величина этой ЭДС будет тем больше, чем больше скорость вращения перфорированного диска (рис. 2).

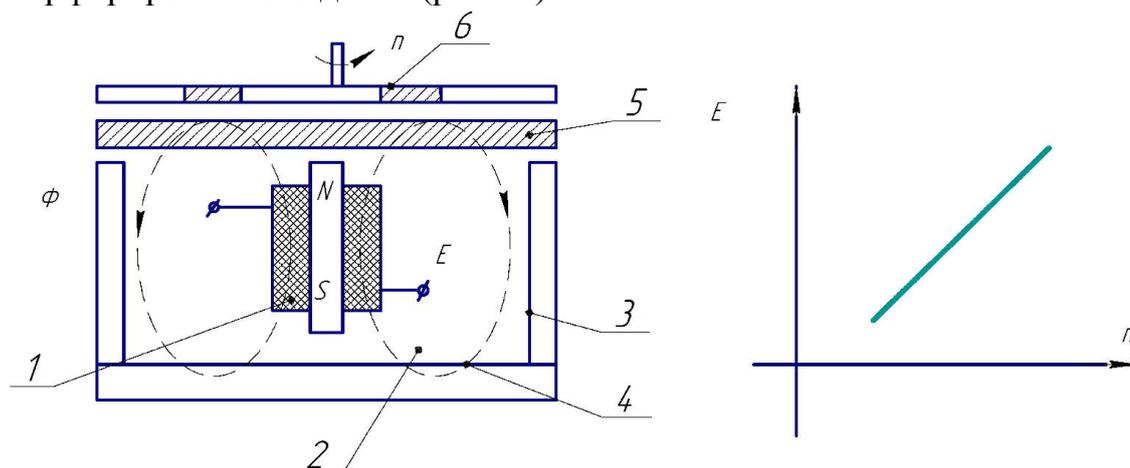


Рис. 2 – Магнитоиндуктивный датчик : а – схема конструкции (1 – постоянный магнит ; 2 – катушка ; 3 – кольцевой цилиндрический сердечник ; 4 – ярмо электромагнита ; 5 – крышка из ферромагнитного материала ; 6 – перфорированный металлический диск) ; б – статическая характеристика

При использовании датчика ДМ для автоматизации ленточных конвейеров к оси поддерживающего ролика 1 (или отклоняющего барабана) присоединяется стальной диск 2 с вырезами (рис. 3). Вращаясь около датчика, диск попеременно замыкает и размыкает магнитную цепь датчика.

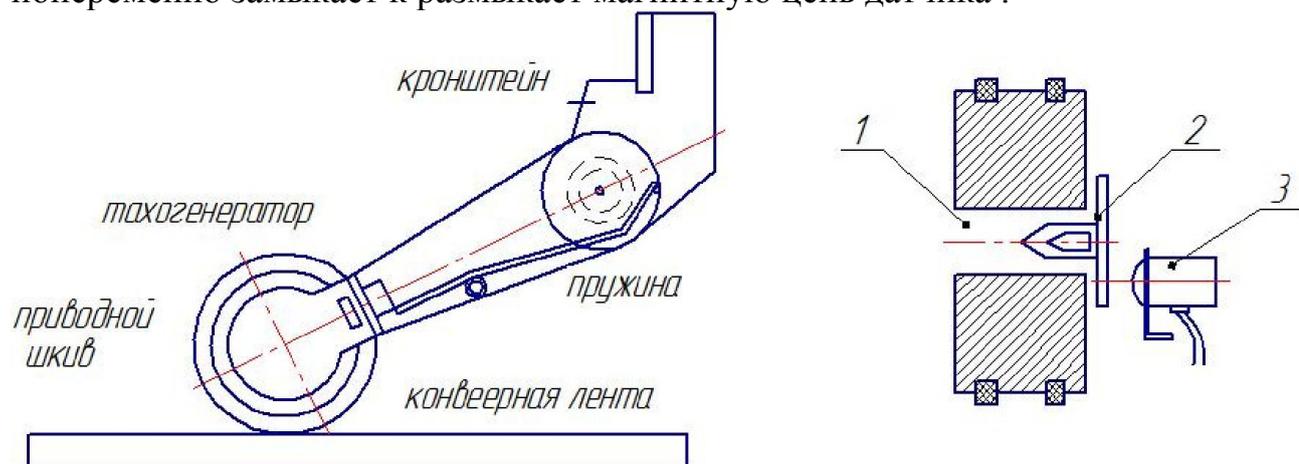


Рис. 3 – Монтаж магнитоиндуктивного датчика

В результате на выходе катушки поддерживается некоторая ЭДС переменного тока с частотой и амплитудой, зависящими от скорости вращения

диска , а следовательно , от скорости движения конвейерной ленты .

Независимо от того , используется тахогенераторный датчик или магнитоиндуктивный , его выходная ЭДС подается на релейный усилитель (рис . 4) . Сигнал датчика выпрямляется выпрямителем B_1 и поступает на поляризованное реле P_1 . При номинальной скорости движения ленты оно срабатывает и замыкает цепь исполнительного реле P_2 . Последнее переключает свои контакты , находящиеся в цепях управления , защиты и сигнализации . При снижении скорости контакты реле P_2 переключаются . Конденсатор C обеспечивает выдержку времени на срабатывание и отпускание реле P_1 , чем исключается выдача случайных , ложных сигналов. Диодный шунт защищает контакт реле P_1 от подгорания .

Контроль продольного порыва ленты .

Из перегрузочных устройств (течек) на ленту конвейера иногда вместе с материалом попадают острые предметы , прорывающие ленту . Так , металлический лом , пробив ленту и зацепившись за ролик , при дальнейшем передвижении ленты начинает рвать ее в продольном направлении до тех пор , пока по каким-либо причинам не выйдет за пределы перегрузочного устройства или обслуживающий персонал не заметит аварии и не остановит конвейер .

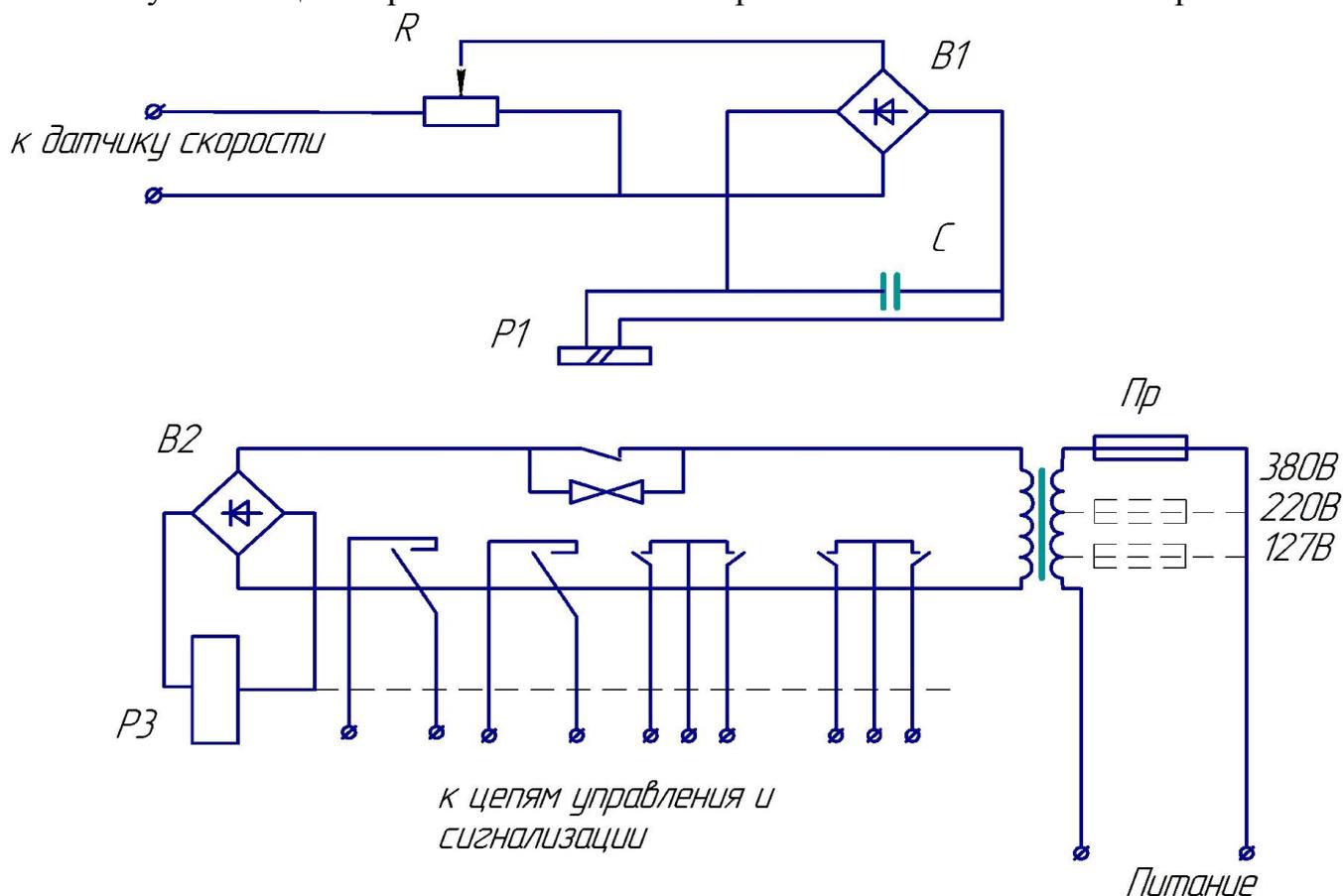


Рис . 4 – Схема релейного усилителя

Ниже описано механическое устройство , воздействующее на контактную систему при появлении источника продольного порыва

(рис . 5) . Как видно , лом 5 , проколовший ленту 1 , расклинившись между точкой 4 и роlikоопорой 3 подвижной тележки 2 , потянет последнюю по направлению движения . Переместившись , упор 6 , прикрепленный к тележке 2 , воздействует на конечный выключатель 7 и останавливает транспортер . Конструктивно описанное устройство может иметь различное исполнение .

Контроль и предупреждение смещения ленты в сторону

Причин смещения лоты в сторону бывает несколько : несоосная загрузка конвейера неравномерное вытягивание ленты , плохая центровка роlikоопор и барабанов , стыковка концов ленты . В результате смещения лента быстро изнашивается , транспортируемый продукт просыпается , создается опасность полного схода ленты в сторону .

В простейших схемах автоматического контроля решается только задача предупреждения обслуживающего персонала о возникших нарушениях . Для этого по бокам ленты устанавливают два ролика , монтируемые каждый на своем двуплечем рычаге . На противоположных от роликов концах рычагов устанавливают контргрузы . Опусканию контргрузов препятствует ограниченное лентой перемещение роликов . При смещении ленты в сторону ролик освобождается и контргрузы , опускаясь , переключают контактные группы конечных выключателей .

В более сложных схемах срабатыванию конечных выключателей предшествует автоматическое перемещение группы роlikоопор , в результате чего устраняется отклонение ленты . Только в том случае , когда возможности автоматического центрирования ленты будут исчерпаны , подается аварийный сигнал от конечных выключателей .

Устройство (рис . 6) состоит из двух вращающихся барабанов 5 , устанавливаемых по обе стороны ленты .

На конце вала каждого барабана укреплен звездочка 3 . Роlikоопоры 6 шарнирно соединены между собой тягами 1 , с цепью Галля-2 со звездочками . Роlikоопоры могут поворачиваться в подшипнике 4 и перераспределять величину боковых усилий , влияющих на положение ленты .

Отклонившаяся в сторону конвейерная лента входит в соприкосновение с правым или левым вертикальным барабаном 5 и заставляет его вращаться . Звездочка барабана через цепь Галля поворачивает подвижные роlikоопоры до тех пор , пока не восстановится нормальное положение ленты . В крайне допустимых положениях подвижные роlikоопоры воздействует на конечные выключатели .

Способы управления электроприводами ПТС

Управление электроприводами ПТС сводится главным образом к операциям пуска и остановки . При управлении индивидуальными агрегатами их пуск и остановка несложны . Более ответственным является пуск и остановка группы транспортных механизмов , объединенных в маршрут . Как правило , маршруты состоят из ленточных конвейеров , и для пуска и остановки применяют следующие способы управления ; местное , местное заблокированное , диспетчерское централизованное , автоматическое и диспетчерское автоматизированное (ДАУ) .

Местное управление осуществляется оператором , находящимся в непосредственной близости от привода транспортного механизма . Этот способ управления имеет самостоятельное значение только для отдельных агрегатов , не входящих в состав маршрутов . В противном случае он используется как вспомогательный на период ремонтных и монтажно-наладочных работ .

Местное заблокированное управление применяется для пуска и остановки совокупности конвейеров , составляющих маршрут . Схемы управления строятся так , чтобы исключалась возможность запуска какого-либо из конвейеров , если не работает тот конвейер , на который запускаемый должен передавать транспортируемый продукт . Будем называть запускаемый агрегат последующим , а тот , на который передается груз , - впереди стоящим . Зависимость запуска последующих агрегатов от состояния впереди стоящих называется блокировкой . Блокировка не только ограничивает запуск последующих агрегатов , но и вызывает их автоматическую остановку в случае отклонения во времени работы привода впереди стоящего агрегата . Маршруты при местном заблокированном управлении запускаются и останавливаются оператором с места установки пусковой аппаратуры , располагаемой в той или иной точке маршрутной линии . Очередность пуска определяется заблокированными зависимостями в соответствии с требованиями технологического процесса.

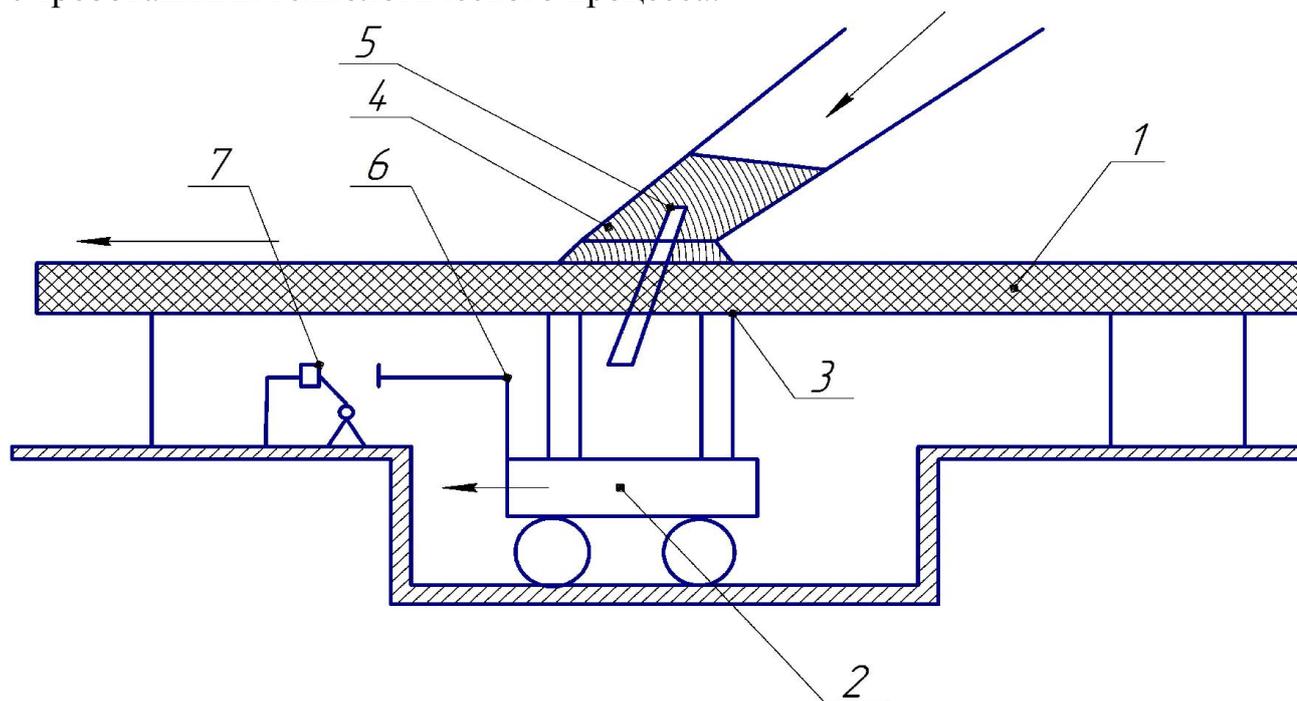


Рис . 5 – Схема контроля продольного порыва ленты

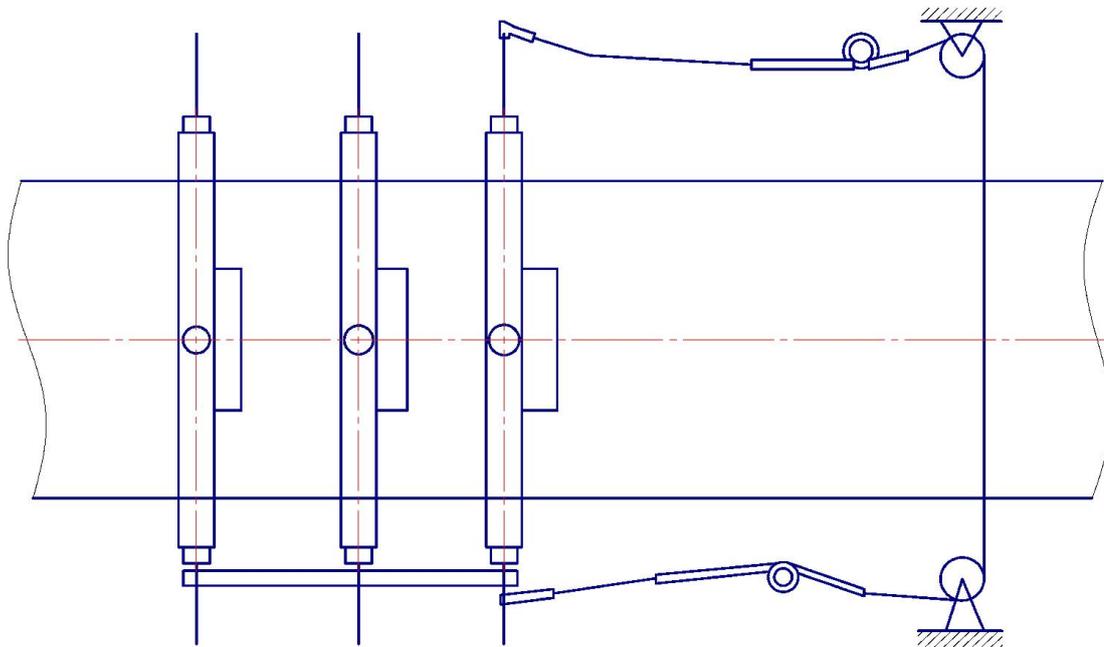


Рис . 6 – Схема контроля смещения ленты в сторону

Диспетчерское централизованное управление , называемое также дистанционным , осуществляется оператором с диспетчерского пункта , на котором устанавливается пульт или щит со вспомогательной аппаратурой управления и сигнализации . Управляющие импульсы (команды) со вспомогательной аппаратурой диспетчерского пункта выдаются основной пусковой аппаратуре исполнительного пункта с сохранением всех блокировочных зависимостей .

Автоматическое управление осуществляется без участия оператора . Примером может служить маршрут загрузки бункера , запускаемый при достижении уровнем продукта в приемном бункере минимально допустимой отметки и отключаемый при достижении отметки максимально допустимой. Блокировочные зависимости в этом случае тоже сохраняются .

Диспетчерское автоматизированное управление сочетает в себе элементы диспетчерского централизованного управления и автоматического управления . Оператор не принимает участия в пуске отдельных агрегатов . В его задачу входит только подача командного импульса маршруту или группе маршрутов . Блокировочные зависимости сохраняются .

ДАУ является основным способом управления ПТС непрерывных технологических процессов .

Требования к схемам управления ПТС и принципы их построения

К схемам автоматического управления электроприводами ПТС предъявляется целый ряд требований , удовлетворение которых позволяет обеспечить :

- подачу предупредительного сигнала о запуске маршрута;
- последовательность запуска в направлении против грузопотока материала;
- невозможность запрета централизованного пуска с отдельных точек маршрутной линии ;

- блокировку агрегатов , диктуемую технологическими условиями ;
- дистанционное и автоматическое отключение любых механизмов при нарушении нормальных режимов работы ;
- возможность перевода с ДАУ на местное управление и наоборот ;
- возможность аварийного отключения как со стороны диспетчера , так и отдельных операторов ;
- возможность неполного запуска маршрута и последующего дозапуска без предварительной остановки уже работающих конвейеров .

Список рекомендуемой литературы

- 1 Справочная книга по технике автоматического регулирования / Под ред . Т . М . Райцына и А . В . Фатеева . – М . : Энергия , 1962 . – 780 с .
- 2 Ключев А . С . Автоматическое регулирование . – М . : Энергия , 1967 . – 342 с .
- 3 Иванов А . А . Теория автоматического управления и регулирования , –
- 4 М . : Недра , 1970 . – 350 с .
- 5 Цикерман Л . Я . Автоматизация производственных процессов в дорожном строительстве . – М . : Транспорт , 1972 . – 315 с .
- 6 Маничев Б . Е . Основы автоматизации и технического обслуживания и ремонта автомобилей . – М . : Транспорт , 1978 . – 239 с .