

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тепловые электрические станции»

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ПРАКТИКУМ)

по дисциплинам «Основы автоматического регулирования»,
«Автоматизированные системы управления на ТЭС»,
«Автоматизированные системы управления и контроля»
для студентов специальностей
1 - 43 01 04 «Тепловые электрические станции»,
1 - 53 01 04 «Автоматизация и управление
энергетическими процессами»
специализации 1 - 53 01 04 01 «Автоматизация и управление
теплоэнергетическими объектами на ТЭС»

В 2 частях

Часть 1

М и н с к 2 0 0 5

УДК 681:51(075.8)

ББК 32.965я7

Л 12

Часть 1 лабораторного практикума посвящена изучению временных и частотных характеристик типовых элементарных динамических звеньев теплоэнергетических объектов регулирования.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1 - 43 01 04 *«Тепловые электрические станции»*, 1 - 53 01 04 *«Автоматизация и управление энергетическими процессами»* специализации 1 - 53 01 04 01 *«Автоматизация и управление теплоэнергетическими объектами на ТЭС»*

Составители:

В.И. Назаров, А.Л. Буров

Рецензент А.А. Москаленко

ISBN 985-479-175-0 (Ч. 1)

ISBN 985-479-261-7

© Назаров В.И., Буров А.Л.,
составление, 2005,

© БНТУ, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. <i>Изучение динамических свойств объекта регулирования на гидравлической модели.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. <i>Определение динамических параметров объекта по импульсной характеристике.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. <i>Изучение на гидравлической модели динамических свойств интегрирующего звена.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. <i>Исследование частотных характеристик апериодического звена.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5. <i>Исследование частотных характеристик интегрирующего звена.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6. <i>Определение динамических характеристик колебательного звена.</i>	
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7. <i>Изучение динамических характеристик промышленного аналогового дифференциатора.</i>	

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Помещение лаборатории по степени опасности поражения электрическим током относится к категории повышенной опасности.

1. Источником опасности в лаборатории является напряжение электрического тока 220 В.

2. Перед началом работы необходимо тщательно ознакомиться с оборудованием, материалами, инструментом, правилами безопасной работы с ними, проверить наличие и исправность ограждения, предохранительных устройств, заземлений. Всё лабораторное электрооборудование должно быть надежно заземлено (занулено).

3. Включение цепи под напряжением допускается только после ее проверки преподавателем или лаборантом и с их разрешения. Любое изменение электрической схемы должно производиться при отключенном рубильнике.

4. Во время лабораторных занятий следует находиться непосредственно у лабораторной установки, на которой выполняется работа.

5. При обнаружении неисправностей, могущих вызвать поражение электрическим током или порчу приборов и оборудования, немедленно отключите рубильник, прекратите работу и поставьте об этом в известность преподавателя или лаборанта.

6. Если с вашим товарищем произошел несчастный случай, немедленно сообщите об этом руководителю работ для оказания первой помощи.

7. По окончании работы приведите в порядок рабочее место, сдайте приборы, материалы, инструкции лаборанту и только после этого можете покинуть лабораторию.

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Цель работы

1. Ознакомление с методикой снятия переходных характеристик (кривых разгона) объектов регулирования и с методикой определения динамических параметров по кривым разгона аperiodического звена.
2. Изучение динамических свойств (временных характеристик) аperiodического звена.

Общие сведения

Наиболее распространенным звеном в технике является аperiodическое звено. Примерами такого звена могут служить сосуд со свободным сливом жидкости (рис. 1.1, а) и электрическая цепь, состоящая из сопротивления и конденсатора (рис. 1.1, б). Во всех этих примерах общим является то, что выходная величина $\tilde{O}_{\hat{a}\hat{b}}$ в результате мгновенного изменения входной величины $\tilde{O}_{\hat{a}\hat{b}}$ начинает изменяться с некоторой максимальной скоростью, которая постепенно уменьшается до нуля.

Дифференциальное уравнение изображенных на рис. 1.1, а и рис. 1.1, б сосуда и электрической цепи записывается в следующем виде:

$$TX'_{вых}(t) + X_{вых}(t) = KX_{ex}(t), \quad (1.1)$$

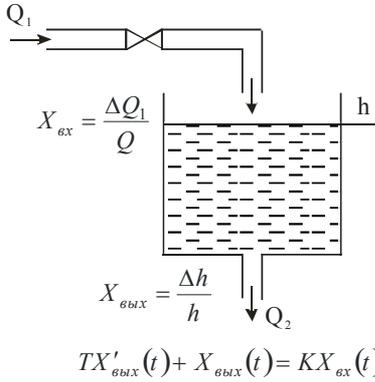
решение которого будет иметь следующий вид:

$$X_{вых} = X_{ex} K \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right). \quad (1.2)$$

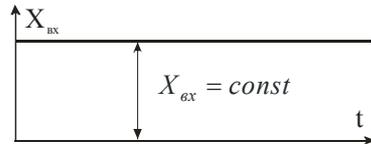
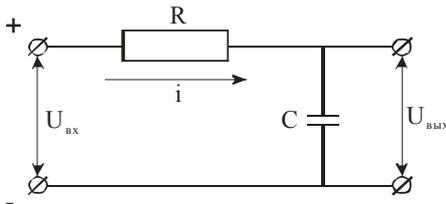
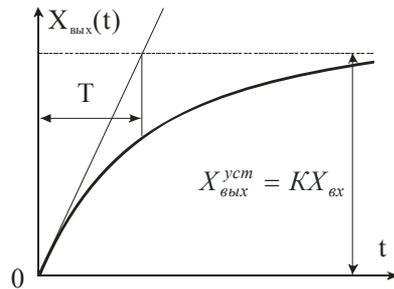
Эта кривая разгона аperiodического звена приведена на рис. 1.1, в. Из этого уравнения видно, что свойства аperiodического звена определяются двумя параметрами передаточной функции:

$$W(\delta) = \frac{\hat{E}}{Tp+1} = \frac{\tilde{O}_{\hat{a}i\hat{o}}(\delta)}{\tilde{O}_{\hat{a}\hat{o}}(\delta)}, \quad (1.3)$$

т.е. постоянной времени \hat{O} и коэффициентом передачи (коэффициентом усиления) K этого звена.



$$W(p) = \frac{K}{Tp+1}$$



$$\frac{dU}{dt} = \frac{i}{C}$$

$$iR + U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$$

$$RC \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} + U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}$$

$$TU'_{\text{вых}}(t) + U_{\text{вых}}(t) = KU_{\text{вх}}(t)$$

Рис. 1.1. Характеристики аperiodического звена

Очевидно, что для звеньев, изображенных на рис. 1.1, а и б, постоянная времени будет тем больше, чем больше емкость сосуда или электрическая емкость конденсатора (меньше диаметр трубопровода или больше активное сопротивление электрической цепи). Коэффициент передачи (усиления) учитывает соотношение между установившимися значениями выходной и входной величин после окончания переходного процесса (рис. 1.1, в).

Кривой разгона (переходным процессом) называют зависимость изменения выходной величины во времени в случае приложения ко входу звена однократного ступенчатого воздействия.

Апериодические звенья являются устойчивыми физическими системами и обладают свойствами самовыравнивания. Самовыравниванием называют способность объектов регулирования восстанавливать нарушенное равновесие за счет изменения своих параметров.

Во всех случаях принудительного регулирования самовыравнивание оказывает на процесс регулирования положительное влияние, так как наличие самовыравнивания способствует стабилизации регулируемого параметра при нарушении равновесия в объекте регулирования и, следовательно, облегчает работу регулятора. Отсутствие же самовыравнивания обычно затрудняет процесс регулирования.

На рис. 1.2 изображены кривые разгона, обладающие и не обладающие свойством самовыравнивания ($\rho = 0$).

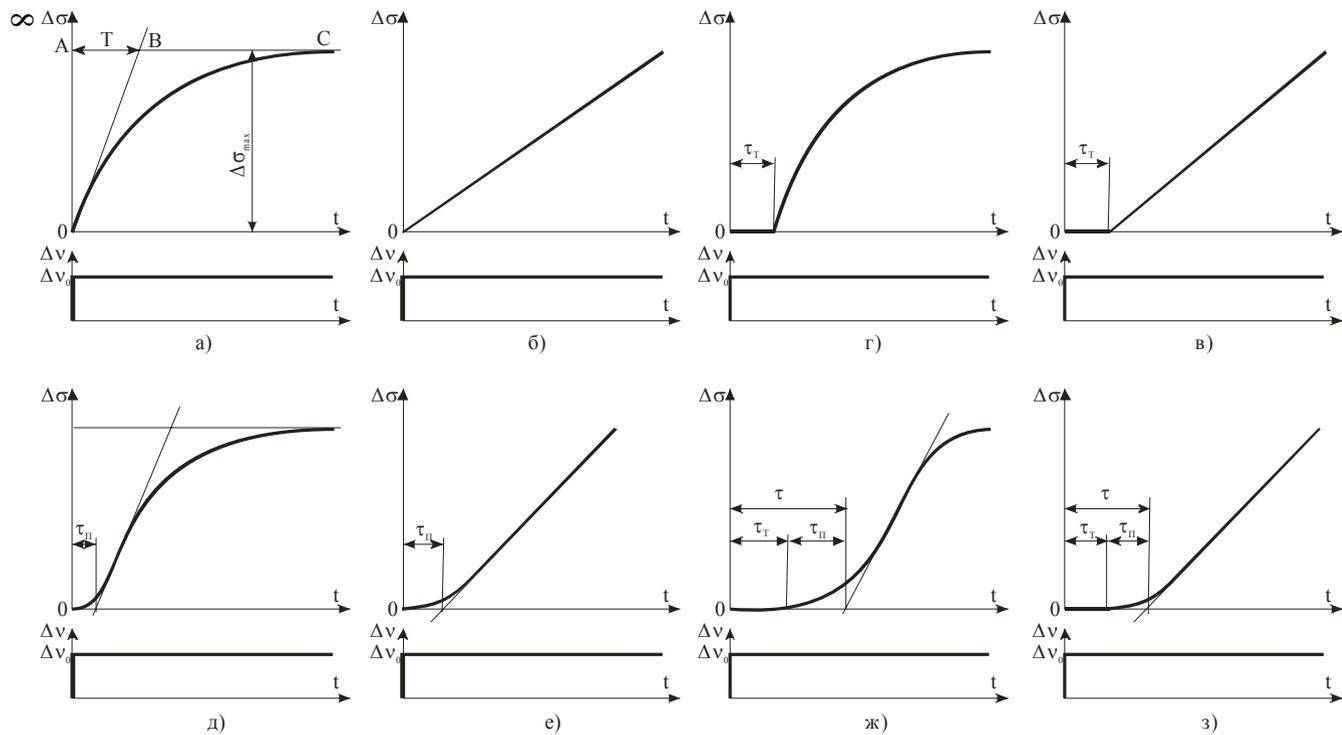


Рис. 1.2. Кривые разгона, обладающие свойством самовыравнивания (а, в, д, ж) и не обладающие этим свойством (б, г, е, з)

Рассмотрим пример составления дифференциального уравнения объекта, связывающего во времени выходную величину H (уровень воды в открытом сосуде 1 – рис. 1.3) со входной величиной ΔQ – изменением расхода ее сливным вентилем 6.

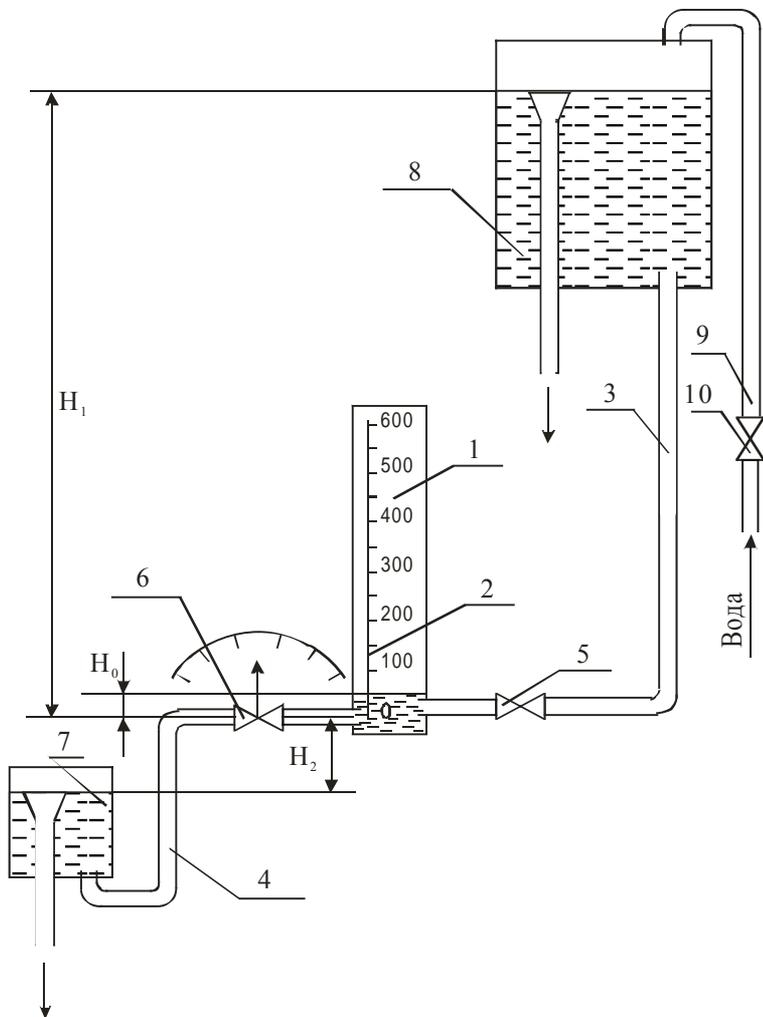


Рис. 1.3. Схема лабораторной установки по исследованию динамических характеристик объектов регулирования:
 1 – открытый сосуд; 2 – водомерное стекло; 3 – трубопровод;
 4 – трубопровод стока; 5, 6 – вентили; 7 – сливной бачок; 8 – напорный бак;
 9 – водопроводная сеть; 10 – вентиль водопроводной сети

Через вентиль 5 (см. рис. 1.3) в сосуд поступает вода в количестве Q_1 объемных единиц в секунду и расходуется в количестве Q_2 объемных единиц в секунду через вентиль 6; ΔH – отклонение уровня от заданного значения; F – площадь поперечного сечения сосуда.

Равновесие объекта наступит, если $\Delta H = 0$. В этом случае

$$Q_1 - Q_2 = 0. \quad (1.4)$$

При изменении количества поступающей и расходующейся воды ($\Delta Q = Q_1 - Q_2$) уровень ее в сосуде будет изменяться по закону:

$$\Delta Q_1 - \Delta Q_2 = \Delta Q = F \frac{d(\Delta H)}{dt}. \quad (1.5)$$

Однако расход воды через вентиль 6 зависит от высоты столба жидкости в сосуде 1:

$$Q_2 = f(H). \quad (1.6)$$

Если принять ΔH малым значением, то

$$\Delta Q_2 = a\Delta H, \quad (1.7)$$

где a – постоянная величина.

Для установившегося режима имеем: $\Delta Q_2 = \Delta Q_1$. Подставляя в уравнение (1.5) значение (1.7), получим дифференциальное уравнение объекта 1 (рис. 1.3):

$$\frac{F}{a} \frac{d(\Delta H)}{dt} + \Delta H = \frac{1}{a} \Delta Q_1. \quad (1.8)$$

Если $\frac{F}{a} = T$ – постоянная времени звена (с учетом размерностей) и $K = \frac{1}{a}$ – коэффициент передачи объекта регулирования, то дифференциальное уравнение (1.8) примет вид

$$T \frac{d(\Delta H)}{dt} + \Delta H = K \Delta Q_1. \quad (1.9)$$

Передаточная функция аperiodического звена (рис. 1.3) (для нашего случая – открытый сосуд 1) записывается формулой (рис. 1.1, в).

Примем:

1. $\Delta \sigma$ за относительную величину отклонения регулируемого параметра от номинального заданного значения,

$$\Delta \sigma = \frac{H - H_0}{H_0}, \quad (1.10)$$

где для сосуда 1 (см рис. 1.3) $H_0 = 50$ мм и H – текущее значение регулируемого параметра;

2. Δv_{ex0} за начальную величину возмущения,

$$\Delta v_{ex0} = \frac{\Delta Q_2}{Q_{max}}, \quad (1.11)$$

где Q_{max} – максимальное значение расхода до внесения возмущения, которое определяется по графику регулирующего органа, приведенного на стенде установки (см. рис. 1.3).

Тогда уравнение (1.9) запишется в виде

$$T \Delta \sigma' + \Delta \sigma = K \Delta v_{ex}. \quad (1.12)$$

Решив его относительно $\Delta \sigma$, получим переходный процесс объекта, обладающего свойством самовыравнивания:

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta v_{ex0}}{\rho} (1 - e^{-\varepsilon t}), \quad (1.13)$$

где ε – скорость разгона или чувствительность объекта к возмущениям;

$$\varepsilon = \frac{1}{T}, \text{ с}^{-1}. \quad (1.14)$$

Скорость разгона является важной динамической характеристикой объекта регулирования и определяет скорость изменения параметра $\frac{\Delta\sigma}{\Delta t}$ в начале кривой разгона. Определяется она как отношение скорости изменения параметра $\Delta\sigma'$ к величине Δv возмущающего воздействия:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta v}, \text{ с}^{-1}. \quad (1.15)$$

Коэффициентом или степенью самовыравнивания называется отношение величины возмущающего воздействия к максимальному изменению параметра $\Delta\sigma_{max}$:

$$\rho = \frac{\Delta v}{\Delta\sigma_{max}}. \quad (1.16)$$

Постоянная времени объекта определяется как обратная величина скорости разгона. Физический смысл T (постоянной времени) состоит в том, что ее величина равна времени, за которое регулируемый параметр достиг бы своего конечного значения, если бы изменялся со скоростью, равной скорости в момент возмущения.

Коэффициент передачи объекта K равен:

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{\Delta\sigma_{max}}{\Delta v} \text{ при } t \rightarrow \infty. \quad (1.17)$$

Коэффициент передачи представляет собой отношение выходной величины ко входной.

Порядок выполнения работы

Исследовать влияние на процесс разгона объекта, обладающего свойством самовыравнивания, следующих факторов:

- 1) величины начального возмущения Δv ;
- 2) степени самовыравнивания ρ ;
- 3) чувствительности объекта ε .

В связи с этим работа разделяется на три опыта.

Лабораторная работа выполняется на установке (см. рис. 1.3).

Регулируемым параметром является уровень воды H . Объект регулирования – открытый сосуд 1 с водомерным стеклом 2. Напор создает резервуар 8. Высота напора H_1 . Приток и сток воды регулируется вентилями 5 и 6. Вентиль стока 6 градуирован в единицах расхода жидкости (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Положение стрелки крана стока	Расход Q , см ³ /с
0	17
10	15
20	11,3
30	6,7
40	3

Исходное значение уровня воды в сосуде 1 $H_0 = 50$ мм.

Степень самовывравнивания ρ зависит от напора на стоке H_2 .

Поэтому в опытах I и II $H_2 = 250$ мм, в опыте III $H_2 = 350$ мм.

Данные пяти опытов занесите в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

Время, с	I опыт				II опыт				III опыт	
	Положение крана стока (деления шкалы)									
	20-30		20-40		20-30		20-30		20-30	
	H	$\Delta\sigma$	H	$\Delta\sigma$	H	$\Delta\sigma$	H	$\Delta\sigma$	H	$\Delta\sigma$
0										
5										
10										
15										
...										
и т.д.										

Опыт I. *Исследование величины начального возмущения Δv на характер разгона при постоянном значении степени самовыравнивания и неизменной скорости ε разгона.*

1. Установите сливной бачок 7 в положение $H_2 = 250$ мм.
2. Указатель стрелки крана стока установите на отметку «20» шкалы лимба.
3. С помощью вентиля 5 на притоке выставьте $H_0 = 50$ мм.
4. Резко переведите стрелку крана стока на отметку «30» шкалы лимба. В момент нанесения возмущения включите секундомер и фиксируйте повышение уровня по водомерному стеклу 2 через каждые 5 с до установившегося режима. Данные наблюдений занесите в табл. 1.2.
5. Верните кран стока в положение «20» шкалы лимба, выставьте $H_0 = 50$ мм и повторите опыт при возмущении стока «20-40». Данные занесите в табл. 1.2.

Опыт II. *Исследование влияния чувствительности (емкости) объекта регулирования на процесс самовыравнивания при постоянных значениях возмущения и степени самовыравнивания.*

1. Вставьте в сосуд 1 стеклянную вставку № 1, уменьшив тем самым количество среды (т.е. емкость сосуда 1), следовательно, увеличив чувствительность объекта к возмущениям.
2. Кран стока установите на отметку «20». Краном 5 выставьте $H_0 = 50$ мм в установившемся режиме.
3. Переведите кран стока на отметку «30» шкалы лимба. Одновременно включите секундомер и фиксируйте повышение через каждые 5 с до установившегося режима.
4. Заменяв вставку № 1 на вставку большего диаметра, повторите операции 1, 2, 3.
5. Данные по опыту II занесите в табл. 1.2.

Опыт III. *Исследование влияния степени самовыравнивания на характер процесса разгона при постоянных значениях нагрузки и чувствительности объекта.*

1. Опустите сливной бачок на уровень $H_2 = 350$ мм, указатель крана стока установите на отметке «20». Краном 5 притока отрегулируйте $H_0 = 50$ мм в равновесном режиме.

2. Резко поверните кран стока на деление «30». Включите секундомер и фиксируйте повышение уровня через каждые 5 с до установления нового равновесного режима.

3. Запишите данные наблюдений в табл. 1.2.

Методика обработки кривых разгона для определения динамических параметров

1. На одном листе бумаги (в клетку или миллиметровки) постройте пять кривых разгона. Присвойте им номера в порядке опытов для каждой из пяти кривых разгона, геометрическим построением найдите постоянную времени T , с, (рис. 1.1, в).

2. По формулам (1.14), (1.16), (1.17) вычислите ε, ρ, K соответственно.

3. Расчетные данные для пяти кривых разгона занесите в табл. 1.3.

4. Сделайте выводы, как изменяются K, ε, T, ρ в каждом из трех опытов.

Т а б л и ц а 1.3

Динамическая характеристика	Опыт I		Опыт II		Опыт III
	Кривая 1	Кривая 2	Кривая 3	Кривая 4	Кривая 5
T – постоянная времени					
ε – скорость разгона					
ρ – коэффициент самовыравнивания					
K – коэффициент усиления					

Содержание отчёта

1. Общие сведения об апериодическом звене 1-го порядка.
2. Схема установки.
3. Таблицы наблюдений и расчетов (табл. 1.2, 1.3).
4. Графики кривых разгона.

5. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Запишите вид дифференциального уравнения аperiodического звена.
2. Какая характеристика объекта называется разгонной?
3. Дайте определение коэффициента самовыравнивания.
4. За счет чего достигается стабилизация процесса в объекте, обладающем самовыравниванием?
5. Дайте объяснение физического смысла понятий:
 - а) скорость разгона;
 - б) постоянная времени;
 - в) коэффициент усиления.
6. Объясните, каким уравнением описывается процесс разгона в исследуемом объекте.
7. Запишите передаточную функцию аperiodического звена.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА ПО ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

Цель работы: экспериментальное снятие импульсной характеристики объекта регулирования и определение динамических параметров: ρ, ε, T, K .

Общие сведения

Необходимость определения динамических параметров объекта по импульсной характеристике возникает в том случае, когда ожидаемое установившееся значение $\Delta\sigma_{max}$ превышает ее максимально допустимые значения по условиям эксплуатации объекта регулирования, т.е. значительно превосходит номинальные значения и может вызвать аварийный режим, или для объектов без самовыравнивания.

Представление о динамических свойствах объекта может дать кривая изменения во времени регулируемой величины $\Delta\sigma$, полученная в результате кратковременного возмущения Δv в виде им-

пульса, и называемая импульсной характеристикой.

На рис. 2.1, а представлена кривая изменения регулируемой величины в результате импульсного возмущения для объекта, обладающего свойством самовыравнивания, на рис. 2.1, в и г – для объектов, лишенных самовыравнивания, а на рис. 2.1, б – для нейтрального объекта. Следовательно, импульсная характеристика отличается от разгонной только характером приложенного возмущения.

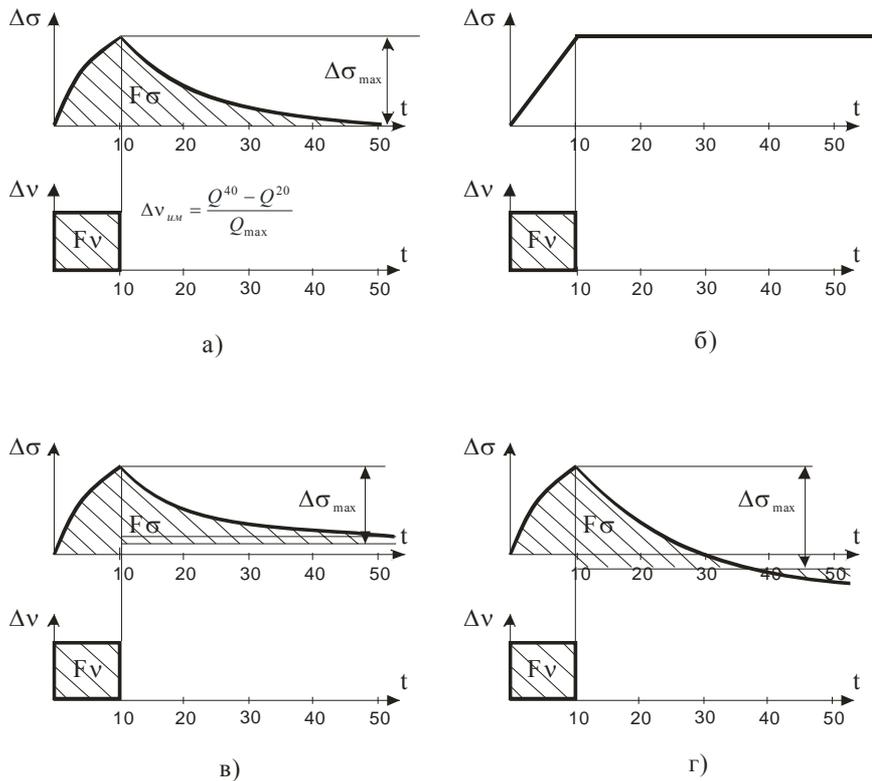


Рис. 2.1. Импульсные характеристики

По импульсной характеристике можно определить динамические параметры объекта: ρ, ε, T, K . Степень самовыравнивания данного объекта по импульсной характеристике определяется по формуле

$$\rho = \frac{F_v}{F_\sigma}, \quad (2.1)$$

где F_v – площадь, описываемая импульсным возмущением. Величина возмущения Δv берется в относительных единицах и в нашем случае равна:

$$\Delta v_{имп}^{20-40} = \frac{Q^{40} - Q^{20}}{Q^{20}}; \quad (2.2)$$

F_σ – площадь, описываемая кривой изменения регулируемой величины и определяемая по формуле

$$F_\sigma = \int_0^\infty \Delta \sigma dt. \quad (2.3)$$

Зная степень самовыравнивания, находим коэффициент усиления (передачи) объекта:

$$K = \frac{1}{\rho}. \quad (2.4)$$

Скорость разгона ε по импульсной характеристике определяется из выражения

$$\varepsilon = \frac{\Delta \sigma_{max}}{F_v}, \text{ 1/с}, \quad (2.5)$$

где $\Delta \sigma_{max}$ и F_v определяются из графика (см рис. 2.1, а). Постоянную времени объекта находят по формуле

$$T = \frac{1}{\varepsilon}. \quad (2.6)$$

Однако широкое распространение получил более простой, с точки зрения расчета и построения, метод построения кривой разгона по импульсной характеристике.

Построение кривой разгона по импульсной характеристике сводится к следующему.

Разобьем ось абсцисс (время) (рис. 2.2), начиная с момента нанесения возмущения, на одинаковые участки: $t_0 = 0$; $t_1 = t_0 + \Delta t$; $t_2 = t_0 + 2\Delta t$ и т.д., равные длительности импульса возмущения $\Delta t = t_{\text{дл}} \cdot \text{дл}$. На первом участке ($t_1 = t_0 + \Delta t$) импульсная характеристика совпадает с кривой разгона. С момента t_1 импульсную характеристику можно рассматривать как разность двух кривых разгона, одна из которых является следствием возмущения, нанесенного в момент t_0 , другая – следствием возмущения, произведенного спустя $t_{\text{дл}} \cdot \text{дл}$, т.е. в момент t_1 . Исходя из этого, для построения кривой разгона на участке $t_1 - t_2$ достаточно к ординатам импульсной характеристики, взятым при произвольных моментах t на этом участке, добавить ординаты характеристики разгона в моменты $t - t_{\text{дл}} \cdot \text{дл}$. Для получения последующих ординат пользуются участком $t_0 - t_1$ импульсной характеристики, совпадающей с кривой разгона. Так, например (см. рис. 2.2), в момент t ордината искомой характеристики разгона больше ординаты импульсной характеристики на величину a . Для построения кривой разгона на следующем участке ($t_2 - t_3$) надо к ординатам импульсной характеристики прибавить соответствующие ординаты полученной переходной характеристики на участке $t_1 - t_2$. Например, в момент t_3 ордината переходной характеристики больше ординаты импульсной характеристики на величину b_1 .

Аналогичными построениями можно получить всю кривую разгона.

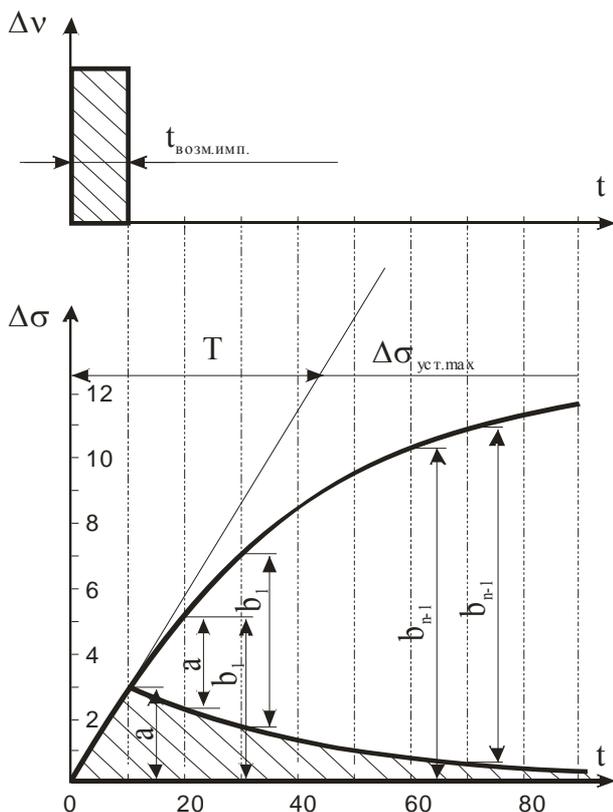


Рис. 2.2. Построение кривой разгона по импульсной характеристике

Порядок выполнения работы

На лабораторной установке (см рис.1.3):

1. Установите сливной бачок 7 в положение $H_2 = 250$ мм.
2. Установите кран стока на отметку «20» шкалы лимба.
3. С помощью вентиля 5 на притоке отрегулируйте установившийся режим $H_0 = 50$ мм.

4. Резко поверните кран стока на отметку «40» шкалы лимба. В момент нанесения возмущения включите секундомер и фиксируйте изменение уровня по водомерному стеклу через каждые 5 с.

5. Через 10 с верните кран стока на отметку «20» шкалы лимба и продолжайте фиксировать уровень жидкости в сосуде 1.

6. Показания записывайте в табл. 2.1 до тех пор, пока уровень жидкости в сосуде 1 не достигнет исходного значения $H_0 = 50$ мм.

Т а б л и ц а 2.1

Результаты наблюдения			Результаты обработки характеристики			
Время, с	Значения параметров		Наименование величины	Обозначение	Размерность	Значение
	H	$\Delta\sigma$				
0			Положение крана стока	Q^{20}	см ³ /с	
5			Положение крана стока	Q^{40}	см ³ /с	
10			Импульсное возмущение	Δv	-	
15			Скорость разгона	ε	1/с	
20			Степень самовыравнивания	ρ	-	
...			Постоянная времени	T	с	
и т.д.			Коэффициент усиления	K	-	

7. На листе бумаги в масштабе (см. рис. 2.2) постройте график переходного процесса для импульсного возмущающего воздействия. Кривая заштрихована. Постройте геометрическим путем кривую разгона по импульсной характеристике, согласно приведенной выше методике.

8. Из графика (см. рис. 2.2) найдите максимальное значение $\Delta\sigma_{уст. max}$.

9. Как в лабораторной работе № 1, зная положение крана стока «20» и «40», рассчитайте величину начального возмущения по формуле

$$\Delta v_{ex} = \frac{\Delta Q}{Q_{max}}. \quad (2.7)$$

10. Проведя касательную к кривой разгона, построенную по импульсной характеристике (см. рис. 2.2), найдите T – постоянную времени объекта регулирования и скорость разгона по формуле $\varepsilon = \frac{1}{T}$.

11. Рассчитайте коэффициент передачи объекта регулирования:

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{\Delta \sigma_{уст.max}}{\Delta v}. \quad (2.8)$$

12. Определите степень самовыравнивания объекта по формуле (2.8).

13. Данные значений K, T, ρ, ε занесите в табл. 2.1 и сравните их с данными лабораторной работы № 1: опыт 1, кривая 2. Сделайте выводы.

Содержание отчета

1. Рисунок установки, на которой выполнялась лабораторная работа.
2. Общие сведения об экспериментальных методах расчета K, T, ρ, ε по импульсным характеристикам.
3. Табл. 2.1, а также графические построения кривой разгона.
4. Рассчитанные данные K, T, ρ, ε .
5. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Какая характеристика объекта называется импульсной?
2. Как построить импульсную характеристику по кривой разгона?
3. Как построить кривую разгона по импульсной характеристике?
4. Чем вызвана необходимость в практических условиях прибегать к определению динамических параметров объектов регулирования K, T, ρ, ε по импульсным характеристикам?

Лабораторная работа № 3

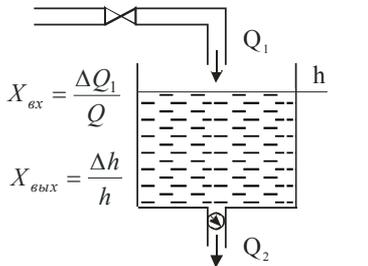
ИЗУЧЕНИЕ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕГРИРУЮЩЕГО ЗВЕНА

Цель работы: изучение динамических свойств (временных характеристик) интегрирующего звена.

Общие сведения

Примеры некоторых интегрирующих звеньев приведены на рис. 3.1.

В первом случае в сосуд поступает вода (рис. 3.1, а), приток которой постоянен либо изменяется во времени, если расход жидкости из сосуда $\Delta Q_2 = 0$, свойства модели будут интегрирующими. Входной величиной в данном случае является количество воды, поступающей в сосуд 1 (см. рис. 1.3), выходной величиной является изменение уровня сосуда (H – текущее значение).



$$W(p) = \frac{K}{Tp} = \frac{\varepsilon}{p}$$

$$TX'_{\text{вых}} = KX_{\text{вых}} \quad X'_{\text{вых}} = \varepsilon X_{\text{ex}}$$

$$X_{\text{вых}} = \frac{K}{T} \int_0^t X_{\text{ex}} \quad X_{\text{вых}} = \frac{Kt}{T} X_{\text{ex}}$$

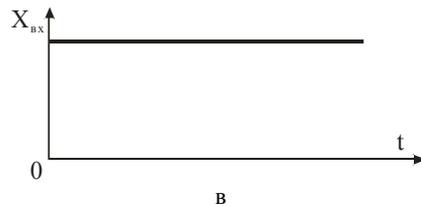
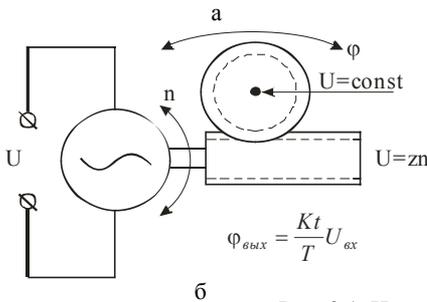
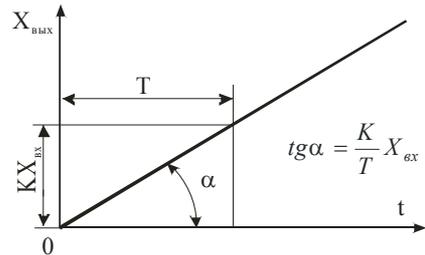


Рис. 3.1. Интегрирующее звено

Если F – площадь поперечного сечения сосуда 1 (см рис. 1.3), а ΔQ_1 – расход жидкости через приточный вентиль 5 и ΔQ_2 – расход жидкости через расходный вентиль 6, то при условии $\Delta Q_2 = 0$ уравнение количества жидкости в сосуде 1 запишется в виде

$$Q = FH = \Delta Q_1 t, \quad (3.1)$$

где t – время, с; ΔQ_1 – расход, см³/с; F – площадь, см². Откуда

$$H = \frac{\Delta Q_1}{F} t. \quad (3.2)$$

Если обозначить $\frac{1}{F}$ как ε , то уравнение (3.2) запишется в виде

$$H = \varepsilon t \Delta Q_1, \quad (3.3)$$

где ε – скорость разгона.

Для другого примера (см. рис. 3.1, б) – электромеханического сервомотора с редуктором – входной величиной является напряжение U , а выходной φ – угол поворота редуктора. Если пренебречь массой ротора и подвижных частей редуктора и учесть, что скорость вращения двигателя пропорциональна U – напряжению сети, то такой привод будет обладать свойствами интегрирующего звена и будет описываться уравнением вида

$$\varphi_{вых} = \frac{K}{T} t U_{вх} \quad (3.4)$$

или

$$\varphi_{вых} = \varepsilon t U_{вх}, \quad (3.5)$$

где K и T – коэффициент усиления (передачи) и постоянная времени, которые зависят от электромеханических характеристик дви-

гателя: n – числа оборотов в минуту и z – передаточного числа редуктора, т.е. дифференциальное уравнение интегрирующего звена может быть представлено в виде

$$TX'_{вых} = KX_{вх} \quad (3.6)$$

или

$$X'_{вых} = \varepsilon X_{вх}.$$

Передаточная функция и кривая разгона такого звена приведены на рис. 3.1, в. В этом случае, если возмущение $X_{вх}$ – ступенчатое, кривая разгона – прямая линия с углом наклона к оси времени в градусах, где тангенс угла наклона определяется по формуле

$$tg\alpha = \frac{K}{T} X_{вх}. \quad (3.7)$$

Порядок выполнения работы

Для объекта, обладающего свойствами интегрирующего звена, исследовать влияние величины начального возмущения ΔQ_1 (скачкообразного воздействия) $X_{вх}$ на процесс разгона (т.е. переходный процесс) выходной величины H – текущего уровня воды в сосуде 1. Исследования выполняются на лабораторной установке (см. рис. 1.3). Описание лабораторной установки приведено в лабораторной работе № 1. Расход ΔQ_1 через приточный вентиль выполняется с помощью вентилей 6 и 5 в установившемся режиме для уровня $H_0 = 50$ мм. Текущее значение H высоты уровня в сосуде 1 запишется уравнением

$$H = \frac{K}{T} t_T \Delta Q_{1вх} - H_0. \quad (3.8)$$

Исследования проводятся для двух случаев, когда начальные возмущения равны:

$$\Delta Q_{1вх} = \Delta Q_1^{30} - \Delta Q_1^{закр\text{ыто}};$$

$$\Delta Q_{\text{вх}} = \Delta Q_1^{40} - \Delta Q_1^{\text{закрыто}},$$

где t_T – текущее время в секундах, а значения ΔQ_1^{30} и ΔQ_1^{40} берутся из табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Положение стрелки крана стока	Расход Q , см ³ /с
0	17
10	15
20	11,3
30	6,7
40	3
Закрыто	0

1. Установите сливной бачок 7 (рис. 1.3) в верхнее положение ($H_2 = 250$ мм — положение уровня сливного бачка.)

2. Указатель крана стока установите на отметку «20» шкалы лимба.

3. С помощью вентиля 5 на притоке отрегулируйте установившийся режим при $H_0 = 50$ мм.

4. Резко поверните кран стока в сторону закрытия и одновременно включите секундомер. Фиксируйте повышение уровня в сосуде 1 через каждые 5 с, но не более чем 7-8 отсчетов. Данные показания запишите в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

Время t_T	Уровень воды		Обозначения	I	II
	Опыт I 30-закрыто H , мм	Опыт II 40-закрыто H , мм			
0			ε		
5			K		
10			T		
15					
...					
и т.д.					

5. Верните кран стока в положение «40» и повторите операции 2, 3, 4.
6. Для каждого опыта I и II определите скорость разгона по формуле

$$\varepsilon = \frac{K}{T} = \frac{H - H_0}{Q_{1ex} t_T}. \quad (3.9)$$

7. Если H_c и V_c – высота и объем жидкости всего сосуда, то коэффициент передачи вычислится из формулы

$$K = \frac{H_c}{T}. \quad (3.10)$$

8. Пользуясь графиками кривых разгона (см. рис. 3.1), где K – коэффициент передачи и X_{ex} – начальное возмущающее воздействие, вычислите постоянную времени звена T . Расчетные данные K, T, ε занесите в табл. 3.2 для каждого опыта.

9. Сделайте выводы, почему в опытах I и II K, T, ε остались неизменными.

Содержание отчета

1. Рисунок установки, на которой выполнялась лабораторная работа.
2. Расчетные данные, табл. 3.2, графики опытов I и II переходных процессов.
3. Запись передаточной функции интегрирующего звена.
4. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Почему звено называется интегрирующим? (Привести примеры).
2. Запишите передаточную функцию звена.
3. Чем определяется скорость ε разгона интегрирующего звена на рис. 3.1, а?
4. Запишите дифференциальное уравнение интегрирующего звена.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗВЕНА

Цель работы: изучить и определить экспериментальным путем частотные характеристики апериодического звена первого порядка.

Общие сведения

Частотные характеристики однозначно определяют динамические свойства любого объекта и применяются при исследовании систем автоматического регулирования в качестве исходных данных для дальнейших расчетов. Здесь выделяют три основные характеристики:

- амплитудно-фазовую;
- амплитудно-частотную;
- фазочастотную.

Амплитудно-фазовая характеристика (АФХ) апериодического звена получается подстановкой в выражение передаточной функции

$W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$ произведения $j\omega$ вместо p :

$$W(j\omega) = \frac{K}{Tj\omega + 1} = \frac{Ke^{-j\arctg\omega T}}{\sqrt{(\omega T)^2 + 1}}. \quad (4.1)$$

Модуль этой функции представляет собой амплитудно-частотную характеристику (АЧХ):

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{(\omega T)^2 + 1}}, \quad (4.2)$$

а аргумент – фазочастотную характеристику (ФЧХ):

$$\varphi(\omega) = -\arctg\omega T. \quad (4.3)$$

Данные характеристики приведены на рис. 4.1. АФХ апериодического звена представляет собой полуокружность, диаметр которой равен коэффициенту усиления звена K . Характеристика начина-

ется из точки на действительной оси $R(\omega)$ при $\omega = 0$ и стремится к началу координат при $\omega \rightarrow \infty$.

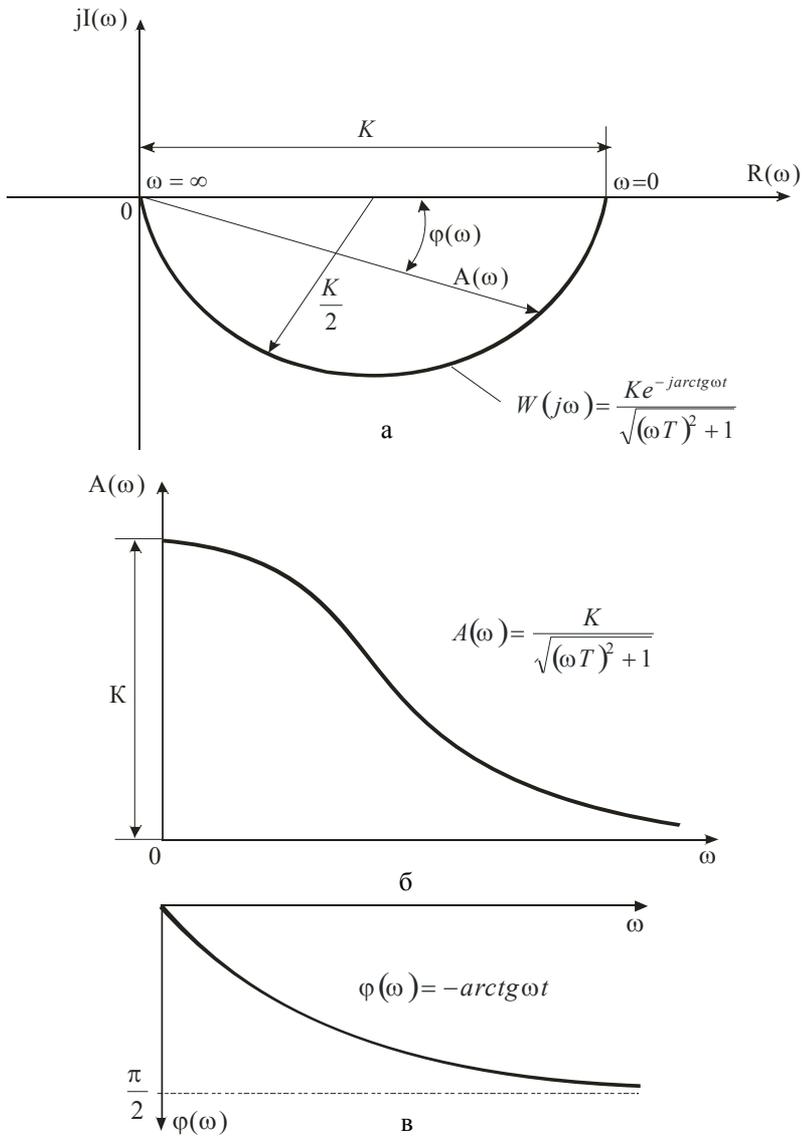


Рис. 4.1 Амплитудно-фазовая (а), амплитудно-частотная (б) и фазочастотная (в) характеристики аperiodического звена

Порядок выполнения работы

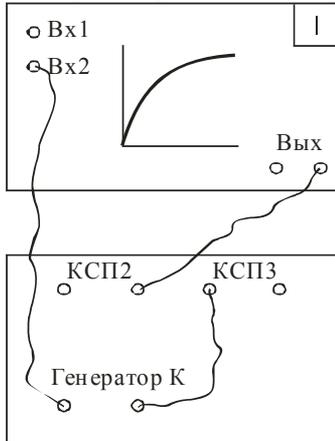
Лабораторная работа выполняется на стенде-тренажере в следующей очередности:

1. Ознакомиться с порядком работы на стенде-тренажере.
2. Под руководством преподавателя на стенде-тренажере собрать схему лабораторной работы согласно рис. 4.2.

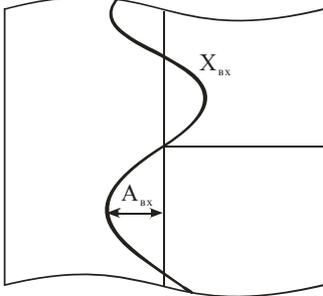
а)
$$X_{вх} = A_{вх} \sin \omega t \rightarrow \boxed{W(p) = \frac{K}{Tp + 1}} \rightarrow X_{вых} = A_{вых}(\omega) \sin [\omega t - \varphi(\omega)]$$

б)
$$W(j\omega) = \frac{A_{вых}(\omega)}{A_{вх}} e^{-j\varphi(\omega)}$$

Наборное поле стенда-тренажера. Модель аperiodического звена



в) Диграмма КСП 3



Диграмма КСП 2

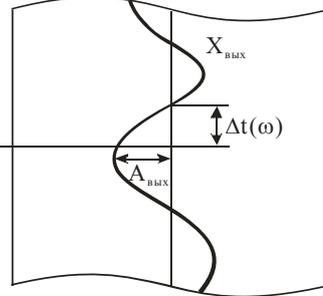


Рис. 4.2. Схема лабораторной работы

3. На панели управления функционального генератора периодических колебаний выбрать тип индикации и установить амплитуду незатухающих колебаний ($A_{вх} = 5 \text{ В}$).

4. Затем установить частоту входных колебаний $\omega = \omega_1$ и запустить стенд кнопками «Подготовка», «Пуск», предварительно включив самопишущий прибор КСП 2.

5. Выждав, когда на входе апериодического звена установятся периодические колебания $x_{вых}$ той же частоты и формы, осуществим измерения $\Delta t(\omega)$ и $A_{вых}(\omega)$ согласно рис. 4.2, б.

6. Далее устанавливаем частоту входных колебаний $\omega = \omega_2$ и повторяем замеры $\Delta t(\omega)$ и $A_{вых}(\omega)$. Аналогично проделываем опыты и для остальных частот. Результаты измерений и расчеты заносятся в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1

ω , рад/с	$A_{вых}(\omega)$, В	Δt , с	$\varphi(\omega) = \frac{\Delta t \omega 360}{2\pi}$, град.	$A(\omega) = \frac{A_{\text{вых}}(\omega)}{A_{\text{вх}}}$	K	T , с
ω_1						
ω_2						
ω_3						
...						
ω_k						

7. Диапазон изменения частоты входных колебаний ω выбираем в пределах $0 \dots \omega_k$ рад/с и конкретизируем под каждый объект исследований (для апериодического звена первого порядка $\omega_k = \frac{\pi}{6T}$).

8. Согласно данным табл. 4.1 постройте амплитудно-частотную $A(\omega)$, фазочастотную $\varphi(\omega)$ и амплитудно-фазовую $W(j\omega)$ характеристики. Рассчитайте коэффициент усиления K и постоянную T времени апериодического звена согласно рис. 4.1.

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки (рис. 4.2, а, б, в).
2. Табл. 4.1 и графики к ней $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$, $W(j\omega)$.
3. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Назовите виды частотных характеристик апериодического звена.
2. Объясните физический смысл вышеприведенных характеристик.
3. Покажите на АФХ амплитуду и фазу при выбранной частоте сигнала входа.
4. Как построить АФХ, если известен коэффициент передачи звена?
5. Запишите формулу АЧХ.
6. Запишите формулу ФЧХ.
7. Запишите выражение для АФХ.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕГРИРУЮЩЕГО ЗВЕНА

Цель работы: изучить и определить экспериментальным путем частотные характеристики интегрирующего звена.

Общие сведения

Используя выражения передаточной функции интегрирующего звена $W(p) = \frac{K}{Tp}$ и заменяя в знаменателе оператор дифференцирования p на $i\omega$, получаем уравнение для амплитудно-фазовой характеристики:

$$W(i\omega) = \frac{K}{i\omega T} = \frac{K}{\omega T} e^{-i\frac{\pi}{2}}, \quad (5.1)$$

откуда находим выражение для амплитудно-частотной характеристики:

$$A(\omega) = \frac{K}{\omega T} = \frac{\varepsilon}{\omega}. \quad (5.2)$$

Для фазочастотной характеристики запишем:

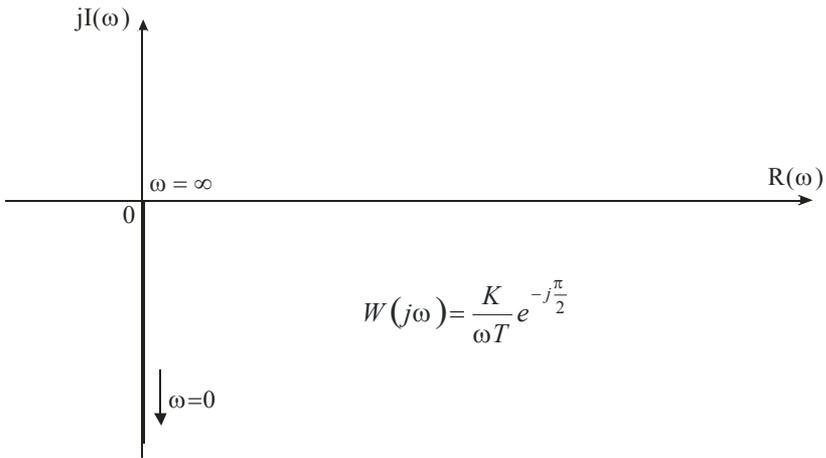
$$\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}. \quad (5.3)$$

Рассмотрение амплитудно-частотной характеристики показывает, что амплитуда на выходе звена изменяется от ω по гиперболическому закону, убывая с ее ростом до нуля. Фазочастотная характеристика не зависит от частоты ω и сохраняет неизменное значение $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$. Вектор (рис. 5.1) амплитудно-фазовой характеристики интегрирующего звена совпадает с отрицательной (мнимой) осью комплексной плоскости, изменяясь по величине от бесконечности при $\omega = 0$ до нуля при $\omega \rightarrow \infty$.

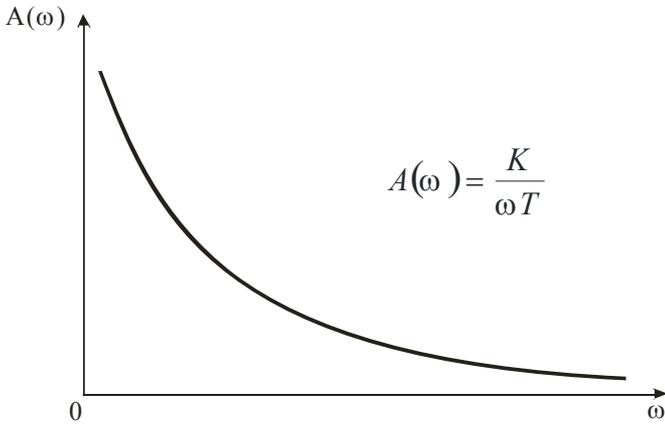
Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на стенде-тренажере в следующей очередности:

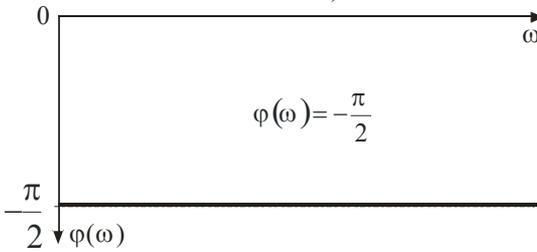
1. Ознакомиться с порядком работы на стенде-тренажере.
2. Под руководством преподавателя собрать на стенде-тренажере схему лабораторной работы согласно рис. 5.2.



а)

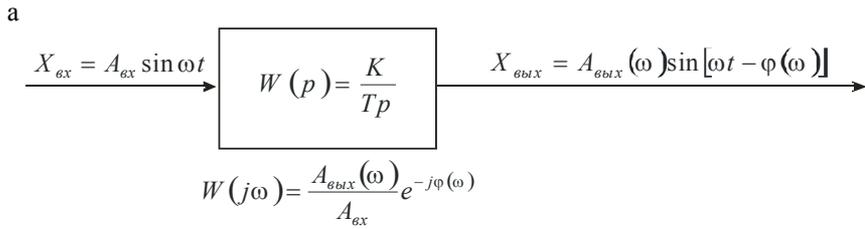


б)

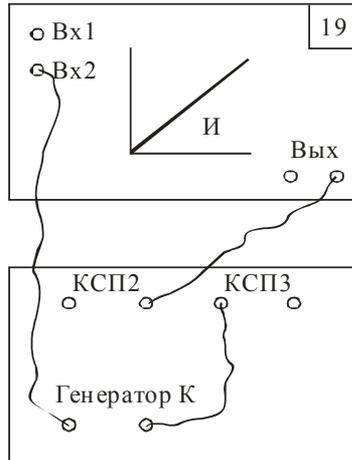


в)

Рис. 5.1. Амплитудно-фазовая (а), амплитудно-частотная (б), и фазочастотная (в) характеристики аperiodического звена



б
Наборное поле стенда-тренажера. Модель интегрирующего звена



в

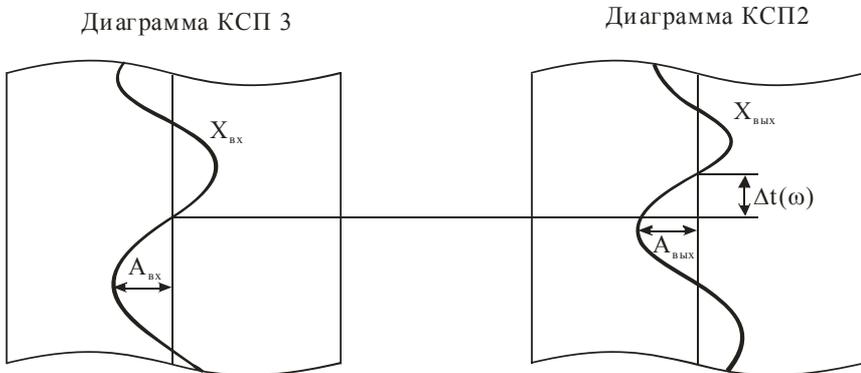


Рис. 5.2. Схема лабораторной установки

3. На панели управления функционального генератора периодических колебаний выбрать тип индикации и установить амплитуду незатухающих колебаний ($A_{вх} = 5 \text{ В}$).

4. Установить частоту входных колебаний $\omega = \omega_1$ и запустить стенд кнопками «Подготовка», «Пуск», предварительно включив самопишущий прибор КСП2.

5. Выждав, когда на входе аperiodического звена установятся периодические колебания $x_{\text{вых}}$ той же частоты и формы, осуществить измерения $\Delta t(\omega)$ и $A_{\text{вых}}(\omega)$.

6. Далее установить частоту входных колебаний $\omega = \omega_2$ и повторить замеры $\Delta t(\omega)$ и $A_{\text{вых}}(\omega)$. Аналогично проделать опыты и для остальных частот. Результаты измерений и расчеты занести в табл. 5.1.

Т а б л и ц а 5.1

ω , рад/с	$A_{\text{вых}}(\omega)$, В	Δt , с	$\varphi(\omega) = \frac{\Delta t \omega 360}{2\pi}$, град.	$A(\omega) = \frac{A_{\text{вых}}(\omega)}{A_{\text{вх}}}$	K	T , с
ω_1						
ω_2						
ω_3						
...						
ω_k						

7. Диапазон изменения частоты входящих колебаний ω выбирается в пределах $0 \dots \omega_k$ рад/с и конкретизируется под каждый объект исследований.

8. Согласно данным табл. 5.1 постройте амплитудно-частотную $A(\omega)$, фазочастотную $\varphi(\omega)$ и амплитудно-фазовую $W(j\omega)$ характеристики. Рассчитайте коэффициент усиления и постоянную времени интегрирующего звена.

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки.
2. Табл. 5.2. и графики к ней.
3. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Запишите уравнения амплитудно-фазовой характеристики интегрирующего звена.
2. Приведите формулу амплитудно-частотной характеристики.
3. Как изменяется фазочастотная характеристика звена с частотой?
4. Приведите графики всех частотных характеристик звена.
5. Приведите примеры подобных звеньев, которые выполняют условия интегрирования.

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ЗВЕНА

Цель работы: изучить и определить экспериментальным путем временные и частотные характеристики колебательного звена.

Общие характеристики

В колебательном звене связь между входной и выходной величинами определяется дифференциальным уравнением второго порядка:

$$T^2 x''_{\text{вых}}(t) + 2\xi T x'_{\text{вых}}(t) + 1 = K x_{\text{вх}}(t), \quad (6.1)$$

где T – постоянная времени колебательного звена;

K – коэффициент передачи (усиления);

ξ – коэффициент демпфирования.

Примеров колебательных звеньев очень много:

- центробежный маятник;
- система амортизации в автомобиле;

- электрические машины (электродвигатели);
- электрический колебательный контур.

Колебательное звено можно получить при соединении общим трубопроводом двух сосудов с жидкостью, которые способны запасать количество энергии двух видов и взаимно обмениваться ими (т. е. переход потенциальной энергии в кинетическую). Если в результате колебаний запас энергии, полученной в начале возмущения (вследствие сил трения) в звене, уменьшается, то колебания затухают и звено является устойчивым. Характер изменения во времени выходной величины колебательного звена (при ступенчатом входном воздействии $X_{ex} = X_{ex_0}$) показан на рис. 6.1.

Пользуясь выражением передаточной функции звена (рис. 6.1), запишем характеристическое уравнение звена:

$$T^2 p^2 + 2\xi Tp + 1 = 0. \quad (6.2)$$

Решение (6.2.) дает корни звена второго порядка:

$$p_{1,2} = \alpha \pm j\omega, \quad (6.3)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{\xi}{T}, \text{ а } \omega = \frac{1}{T} \sqrt{1 - \xi^2}. \quad (6.4)$$

Переходный процесс в колебательном звене изображен на рис. 6.1.

Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на стенде-тренажере в два этапа. На первом этапе исследуются временные характеристики колебательного звена, т. е. снимаются кривые разгона и определяются динамические параметры K, T, ξ . Работа в следующей очередности:

1. Ознакомиться с порядком работы на стенде-тренажере.

2. Под руководством преподавателя собрать на стенде-тренажере схему лабораторной работы согласно рис. 6.2,а.

3. Установить на выходе «Делитель напряжения» $X_{\text{вх}0} = 3 \text{ В}$ с контролем по комбинированному вольтметру.

4. Запустить стенд кнопками «Подготовка» - «Пуск», предварительно включив самопишущий прибор КСП 2.

5. Снять несколько кривых разгона колебательного звена при различных коэффициентах затухания ξ , повторив п.п. 3, 4.

Согласно рис. 6.3. осуществить оценку динамических параметров колебательного звена K, T, ξ следующим образом:

$$T = \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}} \quad (6.5)$$

где

$$\omega \approx \frac{2\pi}{T\omega} \quad \text{и} \quad \alpha = \frac{3}{t_p};$$

$$\xi = \alpha T; \quad (6.6)$$

$$K = \frac{X_{\text{выхуст}}}{X_{\text{вх}0}}.$$

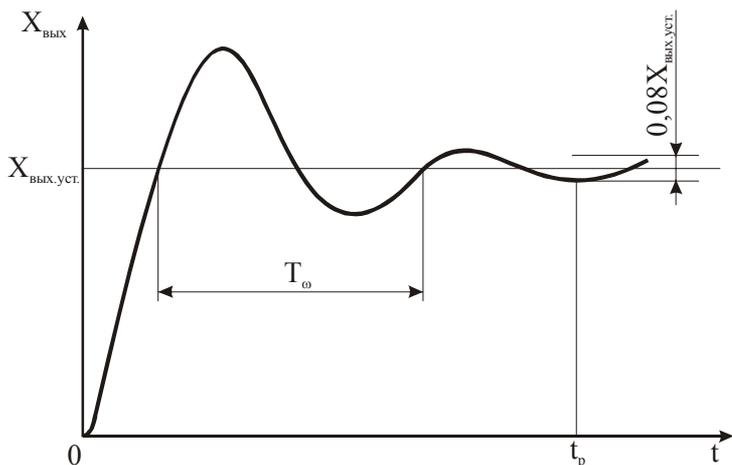


Рис. 6.3

Кривая разгона колебательного звена

На втором этапе исследуются частотные характеристики колебательного звена.

Под руководством преподавателя собрать на стенде-тренажере схему лабораторной работы согласно рис. 6.2,б. Остальная последовательность работы отражена в пп 2...7 лабораторной работы № 4.

Результаты измерений заносятся в табл. 6.1.

Т а б л и ц а 6.1.

ω , рад/с	$A_{вых}(\omega)$, В	Δt , с	$\varphi(\omega) = \frac{\Delta t \omega 360}{2\pi}$, град	$A(\omega) = \frac{A_{вых}(\omega)}{A_{вх}}$
ω_1				
ω_2				
...				
ω_K				

Согласно данным табл. 6.1. постройте амплитудно-частотную $A(\omega)$, фазочастотную $\varphi(\omega)$ и амплитудно-фазовую $W(j\omega)$ характеристики.

Содержание отчета

1. Схемы лабораторных установок.
2. Общие сведения о колебательном звене, о его динамических и частотных характеристиках.
3. Графики и расчеты динамических параметров колебательного звена.
4. Таблица 6.1 и графики к ней $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$, $W(j\omega)$.
5. Выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Приведите дифференциальное уравнение звена второго порядка.
2. Назовите, с какой целью снимают кривые переходных процессов звена и какие три параметра необходимо найти в результате исследований.
3. Расскажите, какие свойства звена второго порядка определяет каждый из динамических параметров K, T, ξ .
4. Запишите передаточную функцию звена.
5. Объясните, чем отличается колебательное звено от апериодического звена второго порядка.
6. Начертите амплитудно-частотные характеристики звена второго порядка для различных значений коэффициента затухания ξ .
7. Почему возникает резонанс при различных значениях ξ ?
8. Как определить T – постоянную времени звена по частотным характеристикам?
9. Что такое частота собственных колебаний контура?

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННОГО АНАЛОГОВОГО ДИФФЕРЕНЦИАТОРА

Цель работы

1. Изучение конструкции и принципа работы промышленного дифференциатора типа Д01 системы «Каскад».
2. Получение и исследование динамических характеристик промышленного дифференциатора.
3. Закрепление понятий о статических и динамических характеристиках звеньев.

Общие сведения

Д01 применяется в схемах автоматического регулирования для формирования статических (П) или динамических (Д) воздействий.

Блок выполняет операцию реального дифференцирования и действует в соответствии с зависимостью

$$X_{вых}(p) = \frac{K_{\partial}}{T_{\partial\phi}p + 1} \cdot \frac{T_{\partial}p}{T_{\partial}p + 1} X_{вх}(p), \quad (7.1)$$

где K_{∂} – коэффициент усиления;

T_{∂} – постоянная времени дифференцирования;

$T_{\partial\phi}$ – постоянная времени демпфирования.

В режиме «П» (усиления) блок функционирует с алгоритмом

$$X_{вых}(p) = \frac{K_{\partial}}{T_{\partial\phi}p + 1} X_{вх}(p). \quad (7.1)$$

На правой боковой панели выдвижного шасси блока располагаются органы настройки и контроля:

потенциометр K_d , предназначенный для установки коэффициента усиления (диапазона K_d от 0,05 до 10); при необходимости изменение масштаба устанавливаемого значения K_d пользуются переключателем диапазона K_d , расположенным рядом с потенциометром K_d ;

переключатель дискретных значений постоянной времени дифференцирования T_d (диапазон изменения T_d 0,5...530 с); при необходимости изменения масштаба устанавливаемого значения T_d пользуются переключателем диапазона T_d , расположенным рядом с дискретным переключателем T_d ; этим же переключателем можно перевести Д01 в режим работы усилительного звена (положение «П»);

переменный резистор «Демпфер», устанавливающий величину постоянной времени демпфирования;

гнездо А и Б («Вход») для контроля входного сигнала;

гнездо В и Г («Выход») для контроля выходного сигнала;

переменный резистор R16 («Корректор») для балансировки «нуля» блока.

Входной сигнал Д01 – унифицированный сигнал постоянного тока 0...5 мА.

На рис. 7.1. представлена структурная схема дифференциатора Д01.

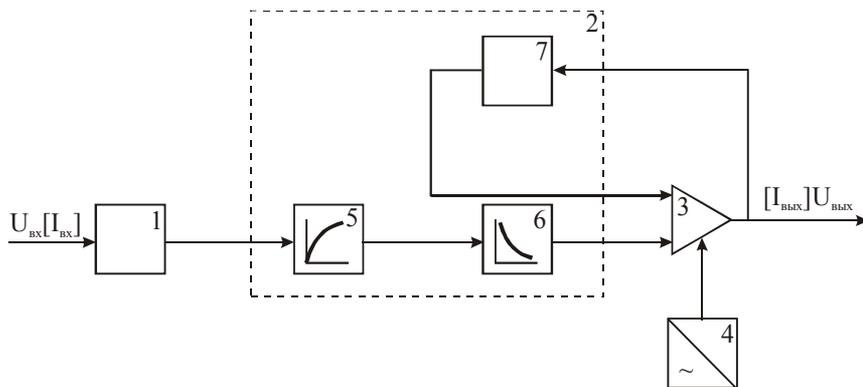


Рис. 7.1

Структурная схема дифференциатора Д01

Узел входных цепей 1 воспринимает входной сигнал постоянного тока $I_{вх}$, преобразуя его в сигнал напряжения.

Модуль динамики 2 содержит демпфирующее звено 5, подавляющее пульсации входного сигнала, дифференцирующее звено 6, формирующее сигнал, характеризующий скорость изменения входного сигнала.

Модуль 2 содержит цепь жесткой отрицательной обратной связи 7, которой схвачен усилитель 3.

Усилитель постоянного тока 3 воспринимает сигнал с выхода модуля 2 и преобразует его в выходной сигнал постоянного тока $I_{вых}$. Крутизна усилителя регулируется глубиной жесткой отрицательной обратной связи 7.

Схема питания – от источника питания 4.

Порядок выполнения работы

Лабораторная работа выполняется на стенде-тренажере в следующей очередности:

1. Ознакомиться с порядком работы на стенде-тренажере.
2. Под руководством преподавателя собрать на стенде-тренажере схему лабораторной работы согласно рис. 7.2.

Наборное поле станда-тренажера

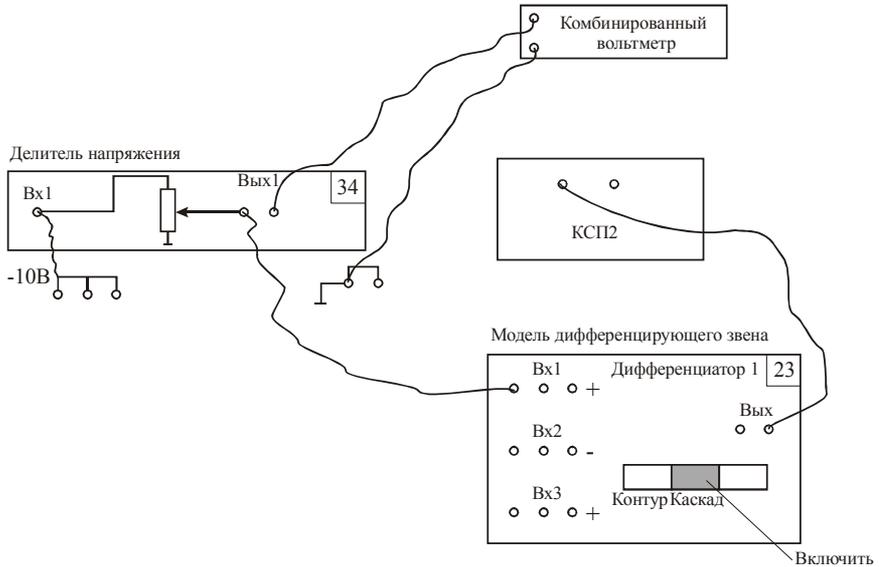


Рис. 7.2

3. На панели выдвигаемого шасси блока Д01 выставить следующие значения параметров настройки дифференциатора: $K_{\partial}=2$, $T_{\partial}=35$, а также установить на панели измерительного блока И04 следующие параметры: $K_{n1}=1$, $K_{n2}=0$, $K_{n3}=0$.

4. Установить на выходе «Делитель напряжения» $U_{вх}=3$ В с контролем по комбинированному вольтметру. Установить ЗУ-11 на панели станда 0%.

5. Запустить стенд кнопками «Подготовка» - «Пуск», предварительно включив самопишущий прибор КСП-2.

6. Снять разгонную кривую (рис. 7.3).

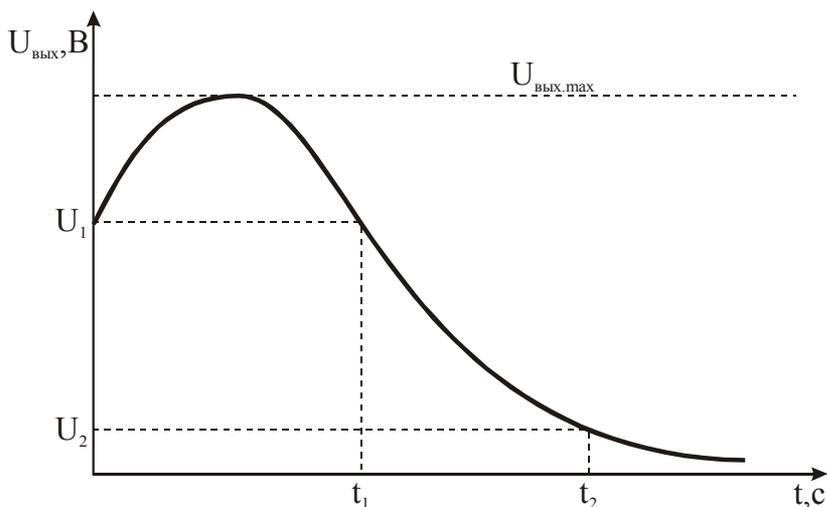


Рис. 7.3

7. Определить значения параметров настройки K_d и T_d дифференциатора по кривой разгона, предварительно обработав разгонную кривую, как показано на рис. 7.3:

$$K_d = \frac{U_{\text{вых.max}}}{U_{\text{вх}}}, \frac{B}{B} \quad (7.3)$$

$$T_d = \frac{t_1 - t_2}{\ln \frac{U_1}{U_2}}, \text{ с}; \quad (7.4)$$

где t_1, t_2 – произвольные значения реального времени в секундах; U_1, U_2 – соответствующие им значения входной величины, В.

Рекомендуемое отношение $\frac{U_1}{U_2}$ нужно брать равным 3, 4 или 5.

8. На панели выдвижного шасси блока Д01 переключатель T_d установить в положение «П» (режим пропорционального звена).

9. Выполнить пункты 3...5.
 10. Снять разгонную кривую пропорционального звена, зафиксировав значение $U_{вых.max}$ (рис. 7.4).

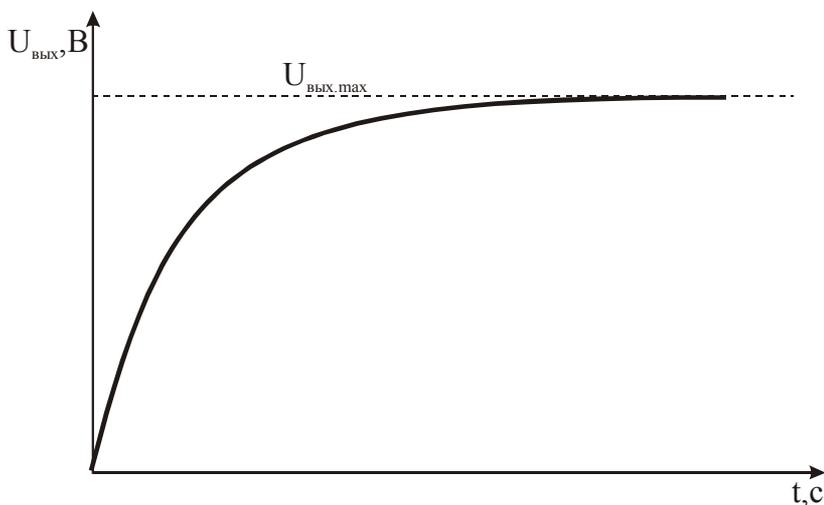


Рис. 7.4

Разгонная кривая

11. Определить коэффициент передачи пропорционального звена по кривой разгона

$$K = \frac{U_{вых.max}}{U_{вх}} \cdot \frac{B}{B}. \quad (7.5)$$

Содержание отчета

1. Схема лабораторной установки.
2. Описание структурной схемы Д01.
3. Кривые разгона.
4. Расчет значений K_d , T_d и K по кривым разгона.

Контрольные вопросы

1. Приведите передаточные функции идеального и реального дифференциатора.
2. Каково назначение дифференцирующих преобразователей?
3. Как по кривой разгона дифференциатора определить значения постоянной дифференцирования T_D ?

Учебное издание

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ПРАКТИКУМ)

по дисциплинам «Основы автоматического регулирования»,
«Автоматизированные системы управления на ТЭС»,
«Автоматизированные системы управления и контроля»

Составители: НАЗАРОВ Владимир Иванович
БУРОВ Андрей Леонидович

Компьютерная верстка Е.А. Занкевич

Подписано в печать .0.2005.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 300. Заказ 584.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0056957 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.