



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К а ф е д р а «Информационно-измерительная техника»

Е.Е. ЯРОСЛАВКИНА

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ**

Методические указания к практическим занятиям

Самара
Самарский государственный технический университет
2016

Электронное пособие СамГТУ

УДК 612.317

Теоретические основы информационно-измерительной техники: метод. указ. к практ. занятиям / Сост. Е.Е. Ярославкина., – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2016 - с

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению 12.03.01 «Приборостроение». Могут быть полезны при изучении курсов, связанных с теорией вероятности и математической статистикой, теоретическими основами информационно-измерительной техники, методами обработки экспериментальных данных.

УДК 621.317

Рецензент

©Е.Е. Ярославкина, 2016

©Самарский государственный
Технический университет, 2016

Статические характеристики средств измерений

1) Функция преобразования измерительного преобразователя имеет вид $y = \ln x$. При $x = 0,5$ порог чувствительности, приведенный к выходу, составляет $\Delta y_n = 0,04$. Определите порог чувствительности, приведенный ко входу.

2) Функция преобразования измерительного преобразователя имеет вид $y = \sin x$. Входная величина изменяется в диапазоне $x = 30^\circ - 90^\circ$. Определите среднюю чувствительность в этом диапазоне.

3) Функция преобразования измерительного преобразователя имеет вид $y = 6x - x^2$. Определите, при каком значении выходной величины чувствительность этого преобразователя будет равна нулю.

4) Измерительное устройство состоит из двух последовательно соединенных преобразователей с функциями преобразования $y_1 = 2 + 3x^2$, $y_2 = 1 + 2y_1$. Определите чувствительность измерительного устройства двумя способами при $x = 3$.

5) Измерительное устройство состоит из двух параллельно соединенных преобразователей с функциями преобразования $y_1 = 2 + 3x^2$, $y_2 = 1 + 2x$. Определите чувствительность измерительного устройства двумя способами при $x = 3$.

6) Измерительное устройство состоит из двух последовательно включенных преобразователей с функциями преобразования $y_1 = 0$, $y_2 = 2y_1$. Определите аналитически и графически результирующую функцию преобразования измерительного устройства. Определите чувствительность измерительного устройства.

7) Преобразователь имеет характеристику $y_1 = 1 + 0,2x^2$. Графически и аналитически определите функцию преобразования последовательно включенного дополнительного преобразователя,

при котором результирующая характеристика имела бы вид $y_p = x$.

8) Измерительный преобразователь имеет статическую характеристику $x = y^2$ и диапазон преобразования $x = 0-10$. Аналитически определите относительную степень нелинейности характеристик в этом диапазоне.

9) Измерительный преобразователь имеет функцию преобразования $y = 2 + 3x^2$. Определите аналитически и графически степень нелинейности преобразования в диапазоне измерения входной величины $x = 0 - 15$.

10) Измерительный преобразователь имеет характеристику $y = x^2$. Определите абсолютную и относительную степень нелинейности преобразователя в диапазоне измерения входной величины $x = 0 - 10$. Как измениться абсолютная и относительная степени нелинейности характеристик при уменьшении диапазона входной величины в 2 раза?

11) Предложите схему измерения полного сопротивления обмотки.

12) Вольтметром *M1106* с классом точности *0,2* получено значение измеряемой величины $U_{из}=3,2В$. Необходимо определить абсолютную погрешность измерения и представить результат измерения с указанием погрешности.

13) Ваттметром ЭДВ с классом точности *0,2* на диапазоне с пределом измерения $P_k=1500Вт$ получено значение измеряемой мощности переменного тока $P=652 Вт$. Необходимо определить абсолютное значение погрешности измерения и представить результат измерения с указанием погрешности.

14) Электронным цифровым вольтметром *B2-23* на пределе измерения $U_k=10В$ получен результат измерения $U_{из}=9,37В$. Необходимо определить абсолютную погрешность измерения и представить результат измерения с указанием погрешности.

15) Электронным цифровым частотомером ЧЗ-34 измерена частота периодического сигнала при времени счета в $1с$ и получен результат измерения $f_{из}=12,436кГц$. Необходимо определить абсолютное значение погрешности измерения и представить результат с указанием погрешности.

16) Сопротивление резистора R_x измеряется косвенным методом посредством включения в электрическую цепь образцового резистора $R_0=100Ом$ с классом точности $0,01$ и измерения падения напряжения на образцовом резисторе и искомом резисторе потенциометром постоянного тока ПП-63.

17) Мощность, выделяемая в нагрузке, измерена косвенным методом посредством прямых измерений тока и сопротивления нагрузки.

Результаты прямых измерений: $I=1,26\pm 0,02А$;
 $R_H=6,350\pm 0,012Ом$.

Необходимо определить значение мощности, выделяемой в нагрузке, а так же относительное и абсолютное значение погрешности измерения.

18) Сопротивление резистора R_x измеряется косвенным методом посредством включения в электрическую цепь образцового резистора $R_0=100Ом$ с классом точности $0,01$ и измерения падения напряжения на образцовом резисторе и искомом резисторе потенциометром постоянного тока ПП-63.

19) Мощность, выделяемая в нагрузке, измерена косвенным методом посредством прямых измерений тока и сопротивления нагрузки.

Результаты прямых измерений: $I=2,53\pm 0,05А$;
 $R_H=15,720\pm 0,05Ом$.

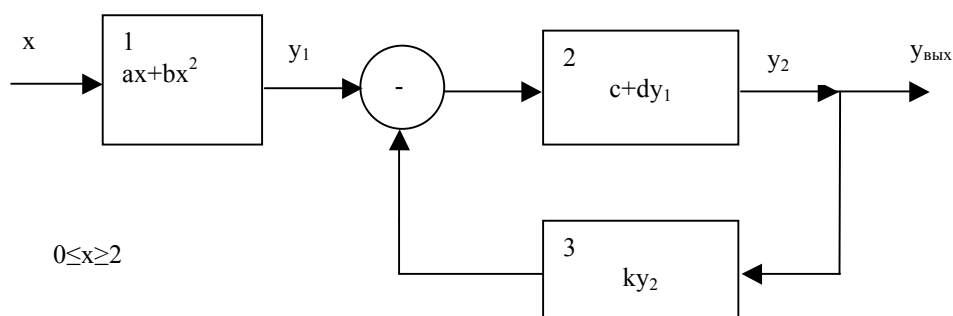
Необходимо определить значение мощности, выделяемой в нагрузке, а так же относительное и абсолютное значение погрешности измерения.

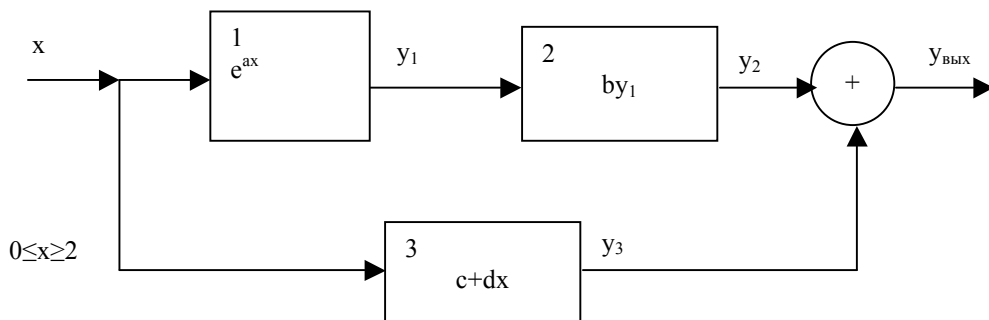
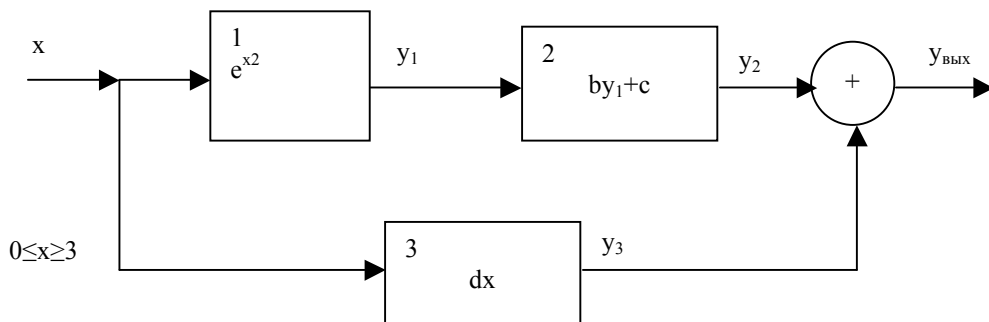
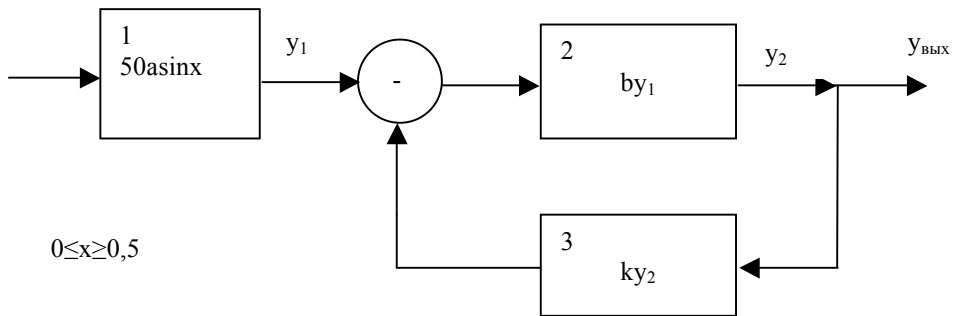
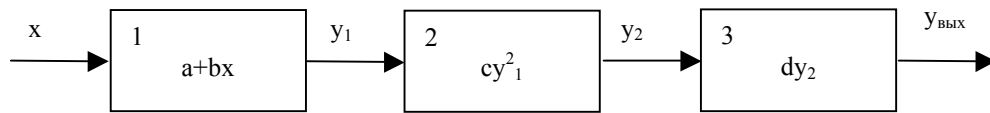
20) Даны структурные схемы погрешности средств измерений, состоящих из отдельных измерительных преобразователей, указаны диапазоны входной величины. В табл. 1 приведены параметры функций преобразования отдельных преобразователей, а также значения предельно допускаемых относительных мультипликативных погрешностей и предельно допустимые значения абсолютных аддитивных погрешностей измерительных преобразователей, приведенных ко входам соответствующих преобразователей.

Необходимо выполнить следующие задания:

- 1 вывести аналитические выражения общей функции преобразования средства измерения;
- 2 вывести аналитическое выражение чувствительности;
- 3 определить диапазон значений выходной величины;
- 4 определить предельно допускаемые аддитивную и мультипликативную погрешности средства измерения;
- 5 определить погрешность средства измерения, вызванную изменением параметра «а» первого измерительного преобразователя на 5%.

Номера измерительных преобразователей указаны в структурных схемах средств измерений.





Подварианты	Параметры преобразователей										
	Параметры функций преобразования					Допускаемые значения аддитивных погрешностей измерительных преобразователей			Допускаемые значения мультипликативных погрешностей измерительных преобразователей, %		
	a	b	c	d	k	Δ_1	Δ_2	Δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
А	1,2	2,0	1,0	1,5	0,75	$\pm 0,01$	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
Б	1,4	1,0	2,0	3,0	0,8	$\pm 0,02$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,2$
В	1,5	1,4	1,5	2,0	0,85	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,5$	$\pm 1,5$	$\pm 0,5$
Г	1,8	1,0	1,0	0,5	0,90	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$	$\pm 0,02$	$\pm 2,0$	$\pm 1,0$	$\pm 0,2$
Д	2,0	1,2	0,2	1,4	0,70	$\pm 0,02$	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 1,0$

Динамические характеристики средств измерений

- 1) Составьте дифференциальное уравнение и передаточную характеристику LR — цепи, у которой выходной сигнал снимается с R . Сравните эту цепь с идеальным интегрирующим устройством.
- 2) Составьте дифференциальное уравнение и передаточную характеристику RL — цепи, у которой выходной сигнал снимается с L . Сравните эту цепь с идеальным дифференцирующим устройством.
- 3) Для RC интегрирующего преобразователя найдите все виды полных динамических характеристик.
- 4) Интегрирующий преобразователь состоит из последовательно включенных R_1 , R_2 и C . Выходной сигнал снимается с цепочки R_2 и C . Определите передаточную характеристику этого интегрирующего преобразователя.
- 5) Интегрирующий преобразователь состоит из цепочки RC . Выходной сигнал снимается с C . Параллельно C подключается

нагрузка RH Определите передаточную характеристику этого преобразователя до подключения нагрузки и с нагрузкой.

6) Дифференцирующий преобразователь состоит из CR - цепочки. Выходной сигнал снимается с R . Параллельно C подключен резистор R . Определите передаточную характеристику этого преобразователя.

7) Виброметр имеет подвижную массу, равную $m = 10$ г, подвешенную на пружине с жесткостью $W = 1,58$ Н/м. Определите собственную частоту колебаний подвижной части виброметра.

8) Для измерения амплитуды вибраций используется индукционный преобразователь, выходной сигнал которого пропорционален частоте вибраций. Для того, чтобы сигнал был пропорционален амплитуде вибраций, к индукционному преобразователю подключена интегрирующая RC — цепочка с $R = 0,4$ мОм и $C = 0,1$ мкФ, нагруженная на усилитель с входным сопротивлением $D_{\text{вт}} = 0,6$ мОм. Определите минимальную частоту вибраций, при которой методическая погрешность измерения амплитуды вибраций не превысит 1%.

9) Даны передаточные функции определить устойчивость системы по известной передаточной функции разомкнутой системы

$$9.1 \quad W(p) = \frac{5}{p^3 + 2p^2 + 4p + 15}$$

$$9.2 \quad W(p) := \frac{2}{p \cdot (1 + p)^2}$$

$$9.3 \quad W(p) := \frac{10}{(1 + p) \cdot (1 + 0.1 \cdot p + 0.01 \cdot p^2)}$$

$$9.4 \quad W(p) := \frac{(2 \cdot p)}{(1 + p) \cdot (1 + 2 \cdot p + 3 \cdot p^2)}$$

$$9.5 \quad W(p) := \frac{2}{(1+p) \cdot (1+2p+4p^2)}$$

$$9.6 \quad W(p) := \frac{2}{(1+p)^4}$$

$$9.7 \quad W(p) := \frac{10}{p \cdot (1+p) \cdot (1+0.1p+0.01p^2)}$$

$$9.8 \quad W(p) := \frac{2 \cdot (1+0.1p)}{p \cdot (1+p) \cdot (1+2p+3p^2)}$$

$$9.9 \quad W(p) := \frac{10}{p \cdot (1+2p) \cdot (1+4p)}$$

$$9.10 \quad W(p) := \frac{4}{p \cdot (1+p) \cdot (1+2p) \cdot (1+3p)}$$

10) По следующим переходным функциям построить амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики:

$$1 \quad W(p) := \frac{10}{p \cdot (1+p) \cdot (1+0.1p+0.01p^2)}$$

$$2 \quad W(p) := \frac{100p}{(1+2p) \cdot (1+0.2p+0.02p^2)}$$

$$3 \quad W(p) := \frac{4}{p \cdot (1+p) \cdot (1+2p) \cdot (1+3p)}$$

$$4 \quad W(p) := \frac{10p}{(1+2p) \cdot (1+10p) \cdot (1+0.2p+0.04p^2)}$$

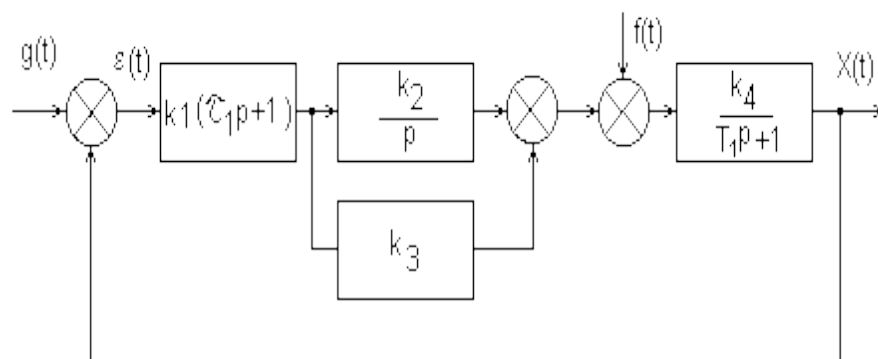
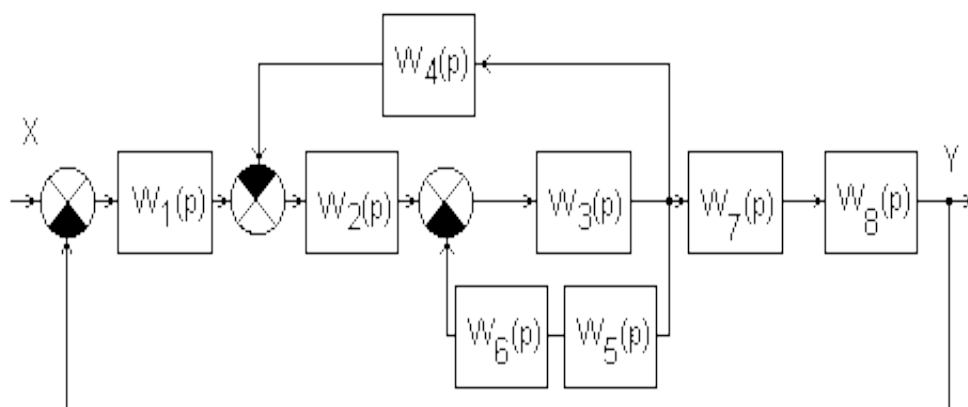
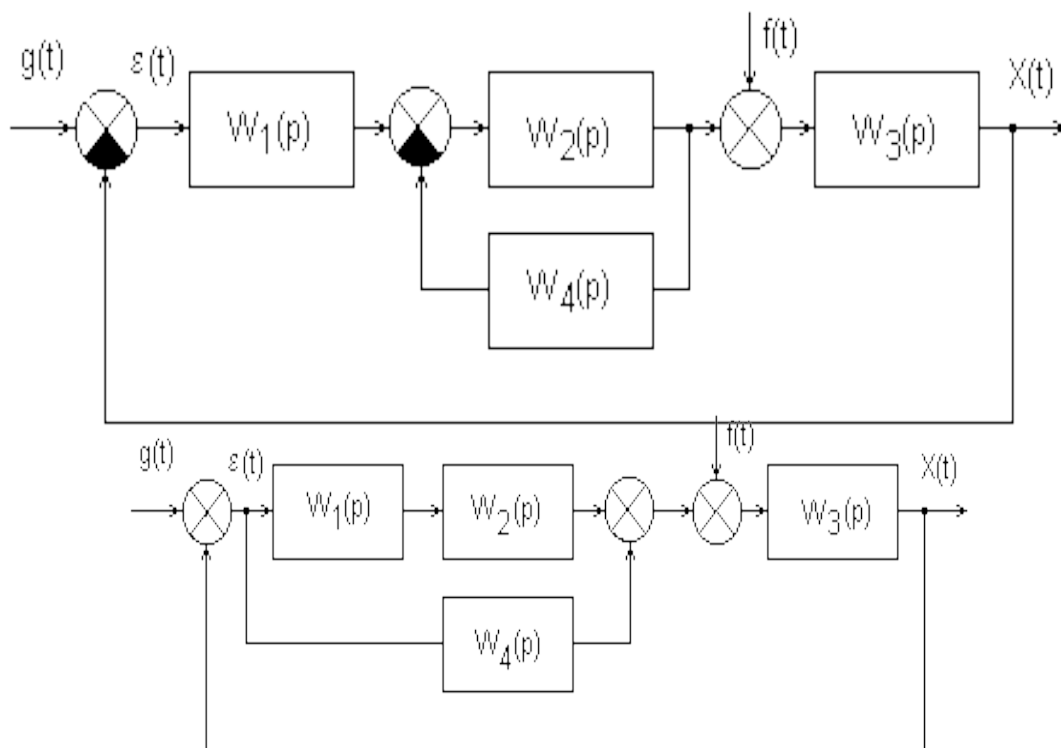
$$5 \quad W(p) := \frac{2 \cdot (4+p)}{p \cdot (10+p) \cdot (1+2p+5p^2)}$$

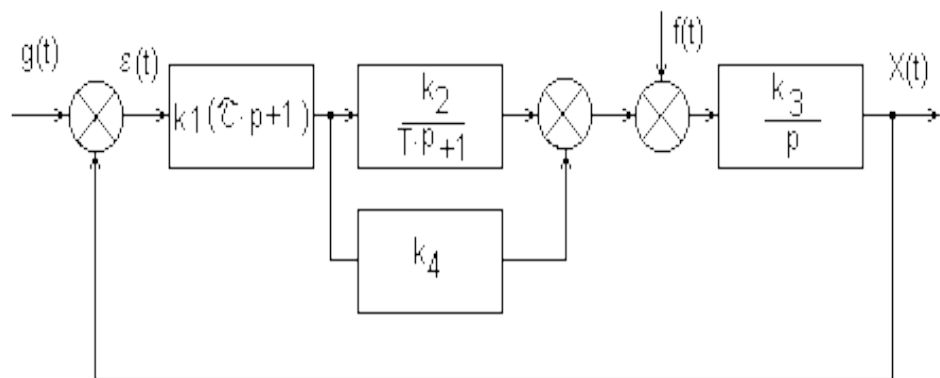
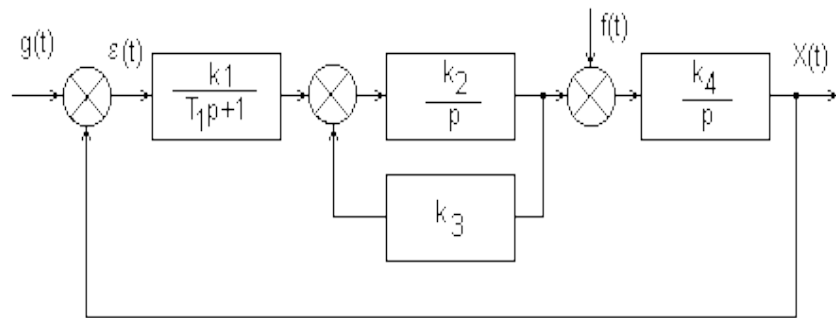
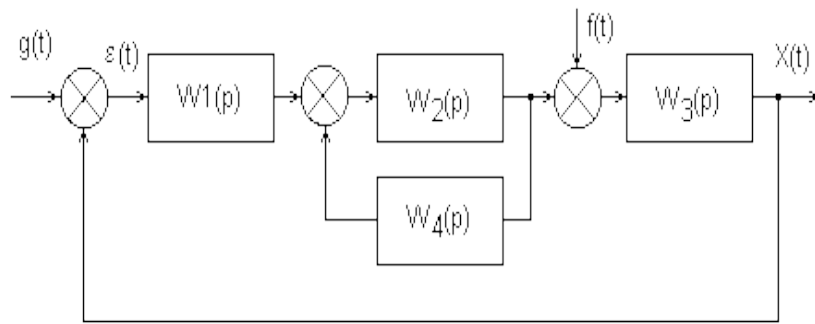
$$6 \quad W(p) := \frac{p \cdot (10+p)}{(2+p) \cdot (1+0.1p+0.04p^2)}$$

$$7 \quad W(p) := \frac{100}{p \cdot (1+p) \cdot (1+0.2p+0.02p^2)} \quad 10$$

$$8 \quad W(p) := \frac{2}{p \cdot (1+p) \cdot (1+2p)}$$

11. Упростить структурную схему путем ее преобразования:

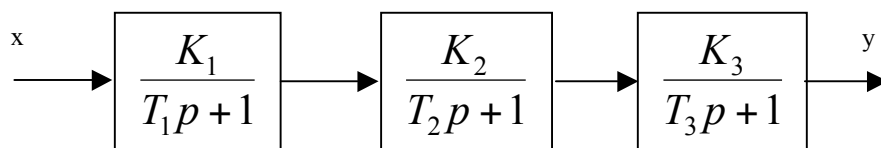
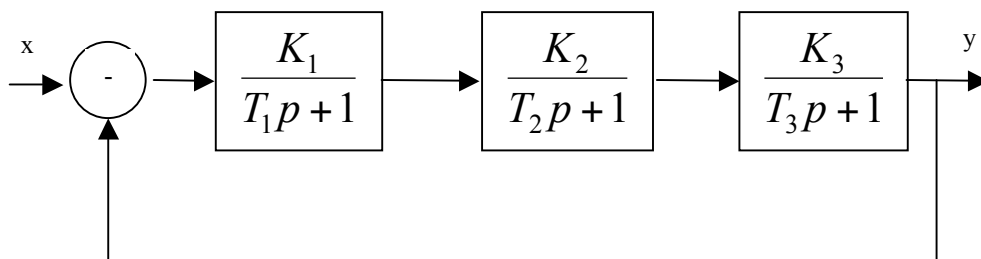
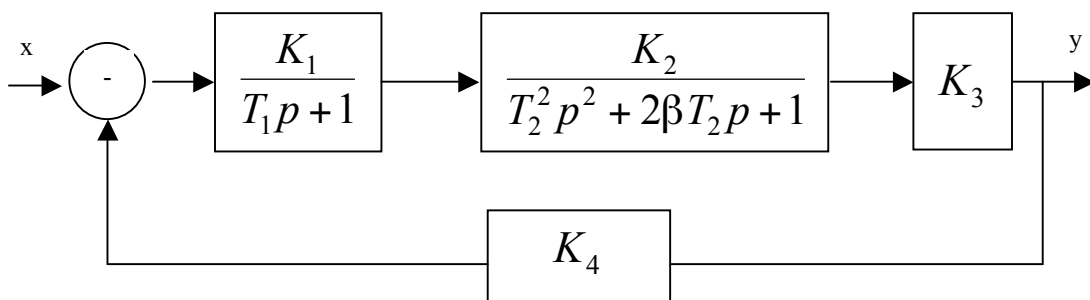


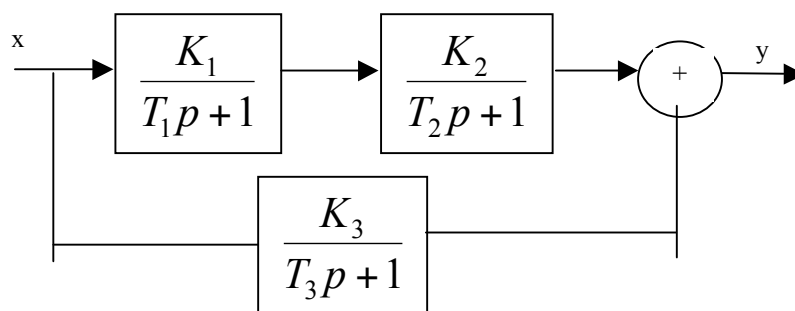
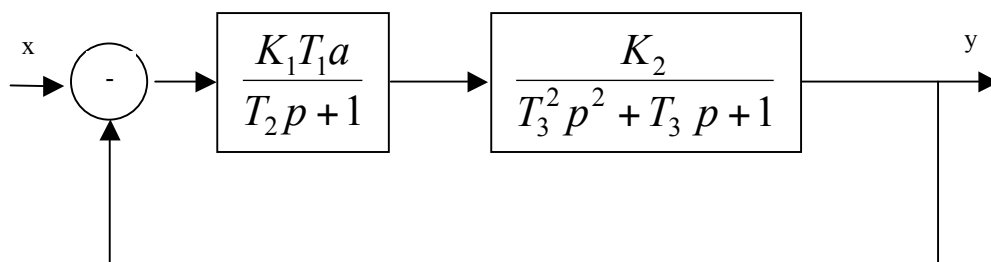


10) Даны структурные схемы средств измерений и передаточные функции отдельных измерительных преобразователей, а также параметры звеньев (таб. 2)

Необходимо выполнить следующие задания:

- 1) вывести передаточную функцию средства измерений;
- 2) рассчитать и построить фазочастотную характеристику средства измерения;
- 3) рассчитать и построить амплитудно-частотную характеристику средства измерений;
- 4) определить погрешность передачи амплитуды при заданной в таб. 1 частоте.





Параметры звеньев для расчета динамических характеристик

Таблица

Подварианты	Параметры звеньев								
	K_1	K_2	K_3	K_4	$T_1, \text{с}$	$T_2, \text{с}$	$T_3, \text{с}$	β	Частота, Гц
А	1,0	10,0	5,0	0,8	0,1	4,0	0,1	1,0	1,0
Б	2,0	2,0	3,0	0,7	0,2	1,0	0,2	5,0	2,0
В	2,0	3,0	2,0	0,9	0,5	0,5	0,1	3,0	5,0
Г	5,0	2,0	1,0	0,85	1,0	0,2	0,2	0,9	4,0
Д	10,0	1,0	4,0	1,0	4,0	0,1	0,1	2,0	2,0

12) Определить допустимые вариации параметров, если известно:

1.
$$W(p) := \frac{K}{[p \cdot (1 + p + p^2)]}$$

2.
$$W(p) := \frac{2}{(1 + T \cdot p + p^2)}$$

3.
$$D(p) := p^4 + 2 \cdot p^3 + C \cdot p^2 + 4 \cdot p + 5$$

4.
$$W(p) := \frac{K}{[(1 + p) \cdot (1 + T \cdot p + p^2)]}$$

5.
$$W(p) := \frac{2}{(1 + T \cdot p) \cdot (1 + 2 \cdot p + p^2)}$$

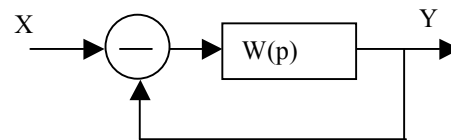
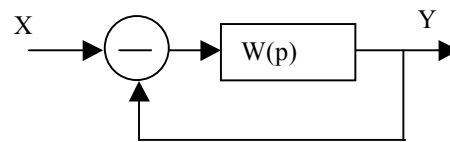
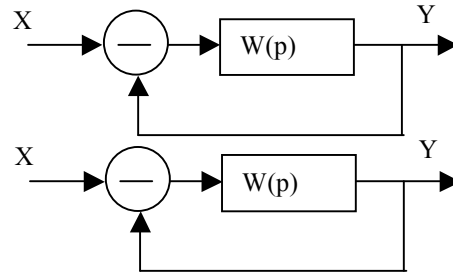
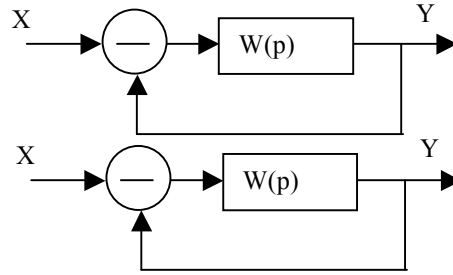
6.
$$D(p) := p^4 + 2 \cdot p^3 + 3 \cdot p^2 + C \cdot p + 1$$

7.
$$W(p) := \frac{2}{(1 + T \cdot p) \cdot (1 + 2 \cdot p + p^2)}$$

8.
$$D(p) := p^4 + C \cdot p^3 + 6 \cdot p^2 + p + 1$$

9.
$$D(p) := C \cdot p^4 + 10 \cdot p^3 + 5 \cdot p^2 + p + 1$$

10.
$$W(p) := \frac{4}{(1 + p) \cdot (1 + T \cdot p) \cdot (1 + 2 \cdot p)}$$



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теоретические основы информационно-измерительной техники: Метод. указ. к практ. занятиям/Самар. гос. техн. ун-т.; Сост. В.Я. Купер, Самара, 2001, 15 с.
2. Шишкин М.Ф. Теоретическая метрология. Ч1. Общая теория измерений: учеб.-метод. комплекс (учеб. пособие), 3-е издание, перераб. И доп./ И.Ф. Шишкин. - СПб-М.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 189 с.
3. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешности результатов измерений.-Л.: Энергоиздат, 1991
4. Сборник задач по теории автоматического управления: учебно-методическое пособие для студентов технических специальностей / сост. В.А. Бороденко.-Павлодар: Кереку, 2009.-112 с.
5. Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Ч.1: Учеб.пособие.-СПб: СЗТУ, 2005. 74 с.

