

- 4.2.3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
- 4.2.4. Продумать методику выполнения лабораторной работы.

4.3. Описание лабораторного оборудования

Исследование динамических характеристик типовых звеньев САУ производится на персональной ЭВМ с применением пакета программ Multisim в интерактивном режиме.

4.4. Порядок выполнения работы

- 4.4.1. Ознакомиться с рабочим местом и включить ЭВМ.
- 4.4.2. Загрузить программу Multisim.
- 4.4.3. Ознакомиться с особенностями программы, её интерфейсом (рис. 7) и исходными данными из табл. 3 и 4 в соответствии с назначенным преподавателем вариантом работы.
- 4.4.4. Создать на отдельных страницах в соответствии с рис. 16 модели схем инерционных звеньев 1-го и 2-го порядка. Для этого на инструментальной панели компонентов в группе Source семействе POWER_SOURCE выбрать и перенести на рабочее поле землю GROUND, а в семействе CONTROL_FUNCTION_BLOCK выбрать и перенести на рабочее поле элемент TRANSFER_FUNCTION_BLOCK.
- 4.4.5. На панели инструментов выбрать и перенести на рабочее поле:
 - осциллограф (Oscilloscope);
 - плоттер Боде (Bode Plotter).
- 4.4.6. В семействе SIGNAL_VOLTAGE_SOURC выбрать генератор прямоугольных импульсов напряжения (PULSE_VOLTAGE) и настроить его в соответствии с рис. 11 сначала на режим ступенчатой функции $I(t)$ (для получения переходной функции), затем на режим дельта-функции $\delta(t)$ (для получения импульсной переходной функции).
- 4.4.7. Внести в полиномиальные звенья исходные данные из табл. 3, соответствующие заданному преподавателем варианту.

Примечание. Обозначение коэффициентов в заголовке табл. 3 соответствует:

- строчные буквы – обозначениям, принятым в литературе;
- прописные буквы – обозначениям, принятым в Multisim.

Таблица 3

Варианты заданий к лабораторной работе № 1 (часть 1)

№ варианта	Инерционное 1-го порядка			Инерционное 2-го порядка				Инерционное интегрирующее		
	a ₀ B ₁	a ₁ B ₀	b ₀ A ₀	a ₀ B ₂	a ₁ B ₁	a ₂ B ₀	b ₀ A ₀	a ₀ B ₁	a ₁ B ₀	b ₀ A ₀
1	1	500,0	5 500	1	9,0	900	8 100	1	6,1	921
2	1	312,5	3 000	1	30,0	2 500	17 500	1	6,7	1 500
3	1	250,0	2 000	1	63,0	4 900	24 500	1	7,7	1 846
4	1	200,0	1 200	1	57,6	8 100	24 300	1	10,0	2 600
5	1	142,9	1 100	1	22,0	1,21e+4	24 200	1	11,0	2 844
6	1	125,0	500	1	84,0	1,96e+4	1,57e+5	1	12,5	3 000
7	1	111,0	900	1	90,0	3,24e+4	1,94e+5	1	14,3	3 600
8	1	80,0	1 440	1	79,2	4,84e+4	2,4e+5	1	20,0	4 000
9	1	71,4	600	1	60,0	6,25e+4	1,88e+5	1	50,0	12 000
10	1	62,5	250	1	168,0	7,8e+4	7,06e+5	1	55,6	15 000
11	1	55,6	500	1	240,0	9e+04	7,2e+5	1	62,5	12 500
12	1	50,0	200	1	140,0	1,225e+5	7,35e+5	1	71,4	12 000
13	1	20,0	40	1	224,0	1,6e+5	8,0e+05	1	80,0	14 400
14	1	14,3	90	1	150,0	2,5e+5	7,5e+05	1	1110	18 000
15	1	12,5	100	1	352,0	6,4e+5	4,5e+06	1	125,0	15 000
16	1	11,0	71	1	240,0	1,0e+6	9,0e+06	1	142,8	44 000
17	1	10,0	130	1	800,0	4,0e+6	3,2e+07	1	200,0	60 000
18	1	7,7	23	1	3 000,0	2,5e+7	1,8e+08	1	250,0	30 000
19	1	6,7	30	1	7 000,0	1,0e+8	6,0e+08	1	312,5	75 000
20	1	6,1	46	1	1,0e+4	4,0e+8	2,0e+09	1	500,0	75 000
21	2	800	3 200	1	24	1 600	3 200	1	9,1	2 455
22	2	350	3 500	1	80	1,0e+4	5,0e+4	1	28,6	12 000
23	3	270	3 660	1	192	5,7e+4	4,0e+5	1	90,9	50 909
24	3,5	105	840	1	132	1,09e+5	1,15e+5	1	166,7	60 000
Передаточная функция	$K(p) = p \cdot \frac{b_0}{a_0 p + a_1}$ $K(p) = \frac{pk_0}{Tp + 1}$ $y(3T) = 0,95 \cdot y_{уст}$			$K(p) = \frac{b_0}{a_0 p^2 + a_1 p + a_2}$ $K(p) = \frac{k_0 \omega_n^2}{p^2 + 2\zeta \omega_n p + \omega_n^2}$ $\omega = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$ $d = \ln \left(\frac{y_1}{y_2} \right) = \zeta \omega_n$ $0,95 \cdot y_{уст} \leq y(3T) \leq 1,05 \cdot y_{уст}$				$K(p) = \frac{b_0}{p(a_0 p + a_1)}$ $K(p) = \frac{k_0}{p(Tp + 1)}$		

Варианты заданий к лабораторной работе № 1 (часть 2)

№ варианта	Издормное (ПИ)			Инерционное дифференцирующее			Форсирующее (ПД)		
	a_0 B_1	b_0 A_1	b_1 A_0	a_0 B_1	a_1 B_0	b_0 A_0	a_0 B_0	b_0 A_1	b_1 A_0
1	1	5,5E+04	110	1	500,0	55 000	1	25,1	152
2	1	5,6E+04	180	1	312,5	56 250	1	33,8	225
3	1	8,0E+04	320	1	250,0	80 000	1	31,2	240
4	1	2,4E+04	120	1	200,0	24 000	1	26,0	260
5	1	4,4E+04	308	1	142,9	44 000	1	23,0	256
6	1	1,5E+04	120	1	125,0	15 000	1	19,2	240
7	1	3,6E+04	324	1	111,1	36 000	1	17,6	252
8	1	6,4E+04	800	1	80,0	64 000	1	10,0	200
9	1	3,6E+04	504	1	71,4	36 000	1	4,8	240
10	1	7,5E+03	120	1	62,5	7 500	1	4,9	270
11	1	2,5E+04	450	1	55,6	25 000	1	3,2	200
12	1	4,0E+03	80	1	50,0	4 000	1	2,4	168
13	1	4,0E+02	20	1	20,0	400	1	2,3	180
14	1	1,8E+03	126	1	14,3	1 800	1	1,5	162
15	1	3,0E+03	240	1	12,5	3 000	1	1,0	120
16	1	2,8E+03	256	1	11,1	2 844	1	2,2	308
17	1	6,5E+03	650	1	10,0	6 500	1	1,5	300
18	1	1,4E+03	180	1	7,7	1 385	1	0,5	120
19	1	2,4E+03	360	1	6,7	2 400	1	0,8	240
20	1	4,6E+03	760	1	6,1	4 606	1	0,3	150
21	1	7,5E+04	90	1	833,3	2,2e+5	1	29,7	270
22	1	7,0E+04	420	1	166,7	70 000	1	14,7	420
23	1	5,1E+03	560	1	9,1	5 091	1	6,2	560
24	1	2,6E+04	900	1	28,6	25 714	1	2,2	360
Передаточная функция	$K(p) = \frac{b_0}{a_0} + \frac{b_1}{a_0} \cdot \frac{1}{p}$			$K(p) = p \cdot \frac{b_0}{a_0 p + a_1}$			$K(p) = \frac{b_0}{a_0} \cdot p + \frac{b_1}{a_0}$		
	$K(p) = \frac{k_0(Tp+1)}{p}$			$K(p) = \frac{pk_0}{Tp+1}$			$K(p) = k_0(Tp+1)$		

4.4.8. Путём симуляции работы смоделированных схем при различных видах входного воздействия получить и задокументировать следующие временные и частотные характеристики:

- переходную функцию;
- импульсную переходную функцию;
- амплитудочастотную и фазочастотную характеристики;
- логарифмические амплитудочастотную и фазочастотную характеристики.

4.4.9. По полученным переходным характеристикам определить постоянную времени звена T и статический коэффициент усиления k . Сравнить полученные результаты с заданными.

4.4.10. Составить модели изучаемых звеньев (инерционного звена 1-го и 2-го порядка), используя соответствующие эквивалентные схемы из табл. 1. Рассчитать необходимые параметры этих схем, используя исходные данные заданного варианта.

4.4.11. Заменить в схеме рис. 16 звено с заданной передаточной функцией $A1$ на рассчитанную модель четырехполюсника и симулировать работу схемы.

4.4.12. Измерить временные и частотные характеристики составленной схемы аналогично п. 4.4.8.

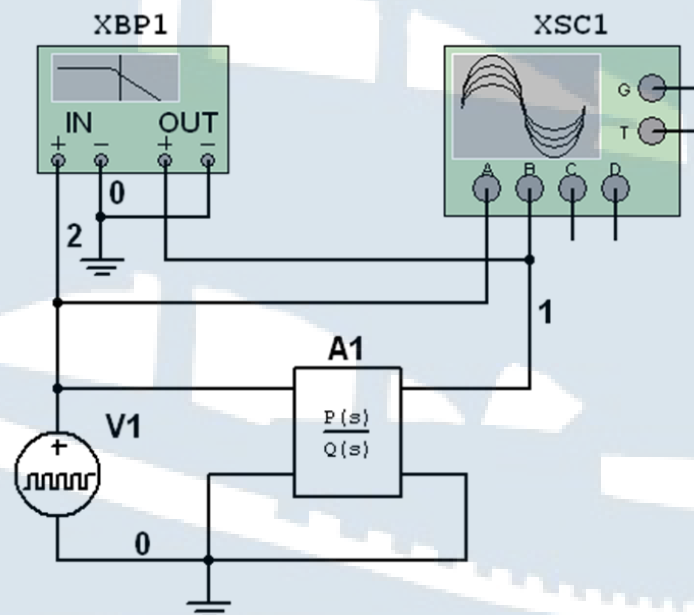


Рис. 16. Модель схемы на основе звена с полиномиальной передаточной функцией:

$XFG1$ – функциональный генератор; $XBP1$ – плоттер Боде;
 $XSC1$ – 4-х канальный осциллограф; $A1$ – полиномиальное звено с заданной передаточной функцией

4.4.13. Для составления схемы инерционного интегрирующего звена выбрать из группы Source семействе CONTROL_FUNCTION_BLOCKS идеальный интегратор (VOLTAGE_INTEGRATOR) и включить его в схему, как показано на рис. 17.

4.4.14. Измерить временные и частотные характеристики составленной схемы аналогично п. 4.4.8.

4.4.15. Для составления схемы инерционного дифференцирующего звена необходимо в схеме рис. 17 заменить идеальный интегратор (VOLTAGE_INTEGRATOR) на идеальное дифференцирующее звено (VOLTAGE_DIFFERENTIATOR). Для этого щелкнуть правой кнопкой мыши по иконке интегратора и из появившегося списка выбрать команду «Заменить компонент». В появившемся окне библиотеки компонентов выбрать необходимую опцию, убедиться, что в окне выбора компонента появился элемент VOLTAGE_DIFFERENTIATOR, нажать кнопку ОК.

4.4.16. Измерить временные и частотные характеристики составленной схемы аналогично п. 4.4.8.

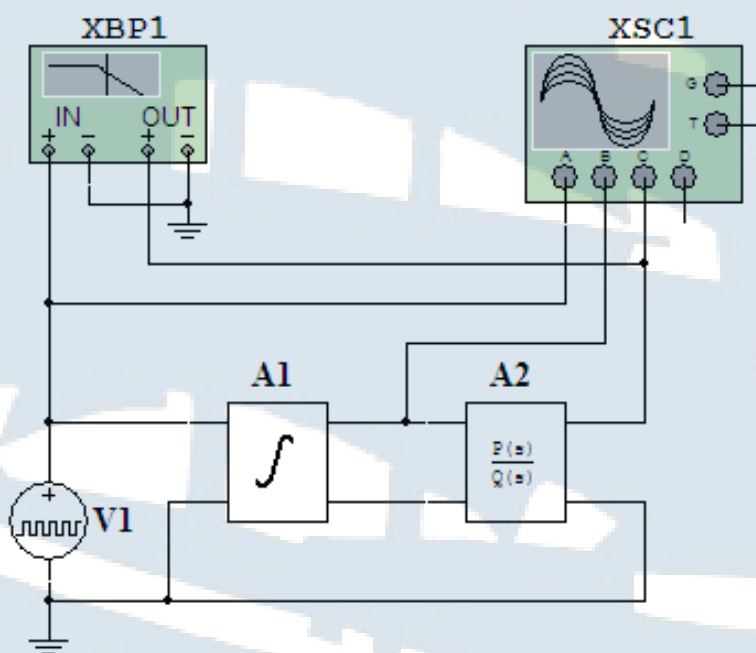


Рис. 17. Модель схемы инерционного интегрирующего звена

4.4.17. Составить схему пропорционально интегрирующего (изоморфного) звена в соответствии с рис. 18.

4.4.18. Измерить временные и частотные характеристики составленной схемы аналогично п. 4.4.8.

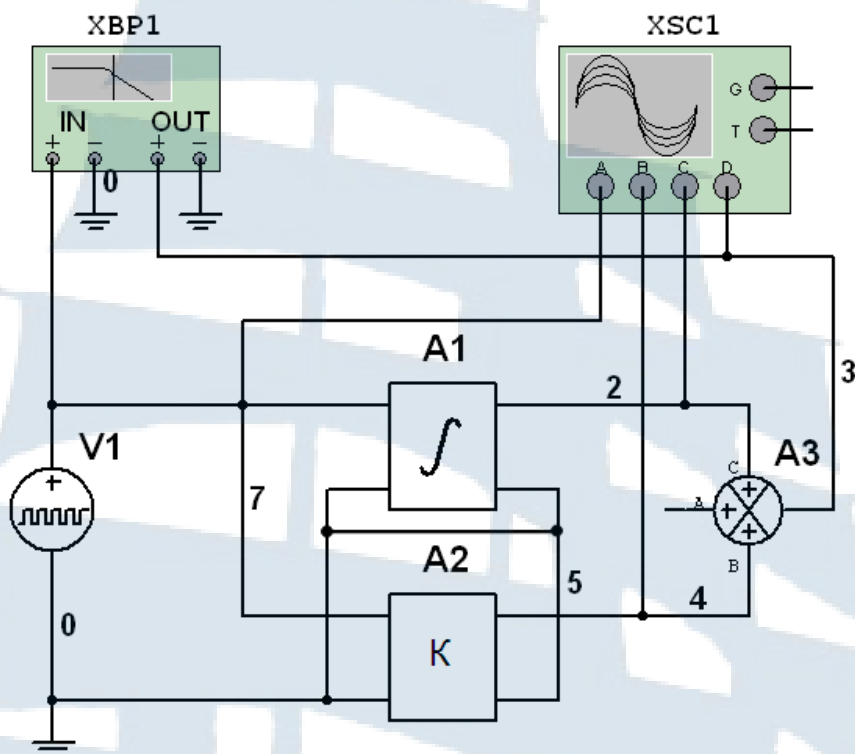


Рис. 18. Модель схемы пропорционально интегрирующего (изодромного) звена:

XFG1 – функциональный генератор; *XBP1* – плоттер Боде;
XSC1 – 4-х канальный осциллограф; *A1* – идеальный интегратор;
A2 – безинерционное усилительное звено; *A3* – сумматор

4.4.19. Для построения схемы пропорционально дифференцирующего (форсирующего) звена необходимо в схеме рис. 18 заменить идеальный интегратор (VOLTAGE_INTEGRATOR) на идеальное дифференцирующее звено (VOLTAGE_DIFFERENTIATOR).

4.4.20. Измерить временные и частотные характеристики составленной схемы аналогично п. 4.4.8.

4.4.21. Сделать выводы по результатам эксперимента.

4.4.22. Выключить персональную ЭВМ.

4.4.23. Приступить к оформлению отчета.

4.5. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- название и цель лабораторной работы;
- исходные данные;
- необходимые расчётные формулы и результаты расчётов;

- задокументированный графический материал;
- описание характера изменения переходных процессов и частотных характеристик;
- краткие выводы по работе.

4.6. Вопросы для самопроверки

1. Каким уравнением описываются процессы в линейных непрерывных системах радиоавтоматики?
2. Каковы основные характеристики систем РА?
3. Как по дифференциальному уравнению системы РА можно найти её операторный коэффициент передачи, передаточную функцию и комплексный коэффициент передачи?
4. Какие частотные характеристики используются для исследования свойств систем РА?
5. Перечислите основные типовые звенья систем РА.
6. Какими ресурсами программного обеспечения Multisim необходимо пользоваться при выполнении настоящей лабораторной работы?

5. Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАМКНУТЫХ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ САУ

5.1. Цель работы

Лабораторная работа предназначена для получения курсантами навыков в оценке устойчивости линейных систем радиоавтоматики по алгебраическим критериям устойчивости Гурвица и частотным критериям устойчивости Найквиста. Работа рассчитана на два занятия (четыре академических часа).

5.2. Задание на самоподготовку

5.2.1. Руководствуясь методическими указаниями (МУ) и рекомендованной литературой, изучить необходимые теоретические сведения по теме данной лабораторной работы.

5.2.2. Изучить возможности пакета программ Multisim применительно к задачам, поставленным в настоящей лабораторной работе, изучить интерфейс, порядок составления и симуляции работы схем.

5.2.3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

5.2.4. Продумать методику выполнения лабораторной работы.

5.3. Описание лабораторного оборудования

Исследование динамических характеристик типовых звеньев САУ производится на персональной ЭВМ с применением пакета программ Multisim в интерактивном режиме.

5.4. Порядок выполнения работы

5.4.1. Ознакомиться с рабочим местом и включить ЭВМ.

5.4.2. Загрузить программу Multisim.

5.4.3. Ознакомиться с особенностями программы, её интерфейсом (рис. 7) и исходными данными из табл. 5 в соответствии с назначенным преподавателем вариантом работы.

Таблица 5

Исследование устойчивости САУ

№ варианта	Значение коэффициентов передаточной функции						
	a_0 (B_3)	a_1 (B_2)	a_2 (B_1)	a_3 (B_0)	b_0 (A_1)	b_1 (A_0)	k_0
1	1	84	4,144e+4	9,6e+5	0	7,6e+5	3,00
2	1	202	1,467e+5	1,733e+6	0	7,22e+5	25,00
3	1	378	3,277e+5	1,317e+7	0	4,077e+6	30,00
4	1	243	5,523e+05	1,150e+07	0	7,119e+06	12,00
5	1	354	8,68e+5	6,602e+7	0	6,263e+7	4,50
6	1	597	1,279e+6	1,9e+08	0	4,80e+07	1,50
7	1	103	1,89e+6	6,44e+08	0	7,16e+08	3,00
8	1	1 660	2,819e+6	1,67e+09	0	1,20e+09	2,62
9	1	2 220	3,838e+6	3,77e+09	0	3,00e+09	1,80
10	1	1 164	3,604e+6	2,65e+09	0	1,26e+09	1,30
11	1	100	2,40e+05	4,80e+06	4,00e+04	0	5,00
12	1	114	5,76e+02	5,18e+03	1,44e+02	0	3,00

№ варианта	Значение коэффициентов передаточной функции						
	a_0 (B_3)	a_1 (B_2)	a_2 (B_1)	a_3 (B_0)	b_0 (A_1)	b_1 (A_0)	k_0
13	1	224	5,29e+03	1,48e+05	1,76e+03	0	2,00
14	1	370	2,21e+03	3,70e+04	4,41e+02	0	4,00
15	1	644	4,26e+04	2,85e+06	6,08e+03	0	6,00
16	1	660	2,22e+05	3,10e+07	2,46e+04	0	8,00
17	1	384	1,24e+06	4,25e+08	1,54e+05	0	7,00
18	1	5 840	6,16e+06	4,35e+09	6,16e+05	0	9,00
19	1	1 148	1,18e+07	1,37e+10	1,96e+06	0	5,00
20	1	546	2,56e+06	1,54e+09	6,40e+05	0	3,00
21	1	1 164	3,60e+06	2,65e+09	0	1,26e+09	3,00
22	1	494	2,35e+05	3,53e+07	0	1,94e+07	4,00
23	1	851	5,98e+05	2,11e+08	0	3,59e+07	5,00
24	1	778	2,91e+06	8,67e+07	8,67e+07	0	6,00

5.4.4. Создать на отдельной странице модель замкнутой системы в соответствии с рис. 19. Для этого:

- на инструментальной панели компонентов в группе Source (источники) семейства POWER_SOURCE (источник питания) выбрать и перенести на рабочее поле землю (GROUND);

- в семействе SIGNAL_VOLTAGE_SOURC выбрать генератор прямоугольных импульсов напряжения (PULSE_VOLTAGE) и настроить его в соответствии с рис. 11 на режим единичной ступенчатой функции $I(t)$;

- в семействе CONTROL_FUNCTION_BLOCKS выбрать сумматор напряжений (VOLTAGE_SUMME) и настроить его в соответствии с рис. 15, изменив знак коэффициента усиления по каналу C на минус (поскольку обратная связь должна быть отрицательной).

5.4.5. На панели инструментов выбрать и перенести на рабочее поле:

- осциллограф (Oscilloscope);
- плоттер Боде (Bode Plotter).

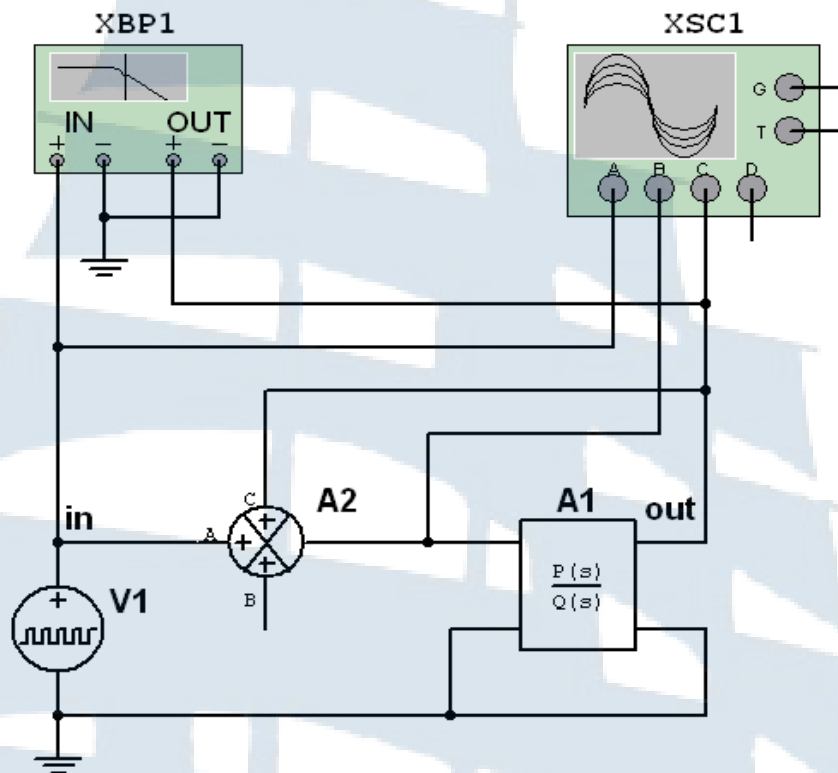


Рис. 19. Модель замкнутой автоматической системы с полиномиальным звеном

5.4.6. Внести в соответствии с рис. 10 в полиномиальное звено TRANSFER_FUNCTION_BLOCK коэффициенты из табл. 5.

5.4.7. Включить симуляцию работы схемы. По виду переходной характеристики сделать вывод об устойчивости системы.

5.4.8. Вычислить, пользуясь критерием Гурвица, критическое значение $k_{кр}$ статического коэффициента усиления k_0 . Для этого решить неравенство (16) как равенство относительно статического коэффициента $k_0 = k_{кр}$. Убедиться в правильности вычислений, изменив значение k_0 на: а) $k_0 = k_{кр}$; б) $k_0 = 0,8 \cdot k_{кр}$; в) $k_0 = 1,2 \cdot k_{кр}$. Сделать выводы о влиянии статического коэффициента усиления на устойчивость замкнутых систем.

5.4.9. Определить устойчивость системы при заданных условиях, основываясь на критерии Найквиста. Использовать для этого логарифмические амплитудочастотную и фазочастотную характеристики, полученные с помощью плоттера Боде.

5.4.10. Определить запасы устойчивости системы при заданном преподавателем значении статического коэффициента усиления k_0 .

5.4.11 По полученным результатам сделать выводы.

5.4.12. Приступить к оформлению отчёта.

5.5. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- название и цель лабораторной работы;
- исходные данные;
- необходимые расчётные формулы и результаты расчётов;
- задокументированный графический материал;
- краткие комментарии и выводы по каждому критерию по работе в целом.

5.6. Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте понятие устойчивости линейной непрерывной РА.
2. Что является необходимым и достаточным условием устойчивости линейных непрерывных систем радиоавтоматики?
3. Сформулируйте критерий устойчивости Гурвица.
4. Сформулируйте условие устойчивости системы РА третьего порядка.
5. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста.
6. Что такое годограф частотной характеристики РА?
7. Что такое частота среза и критическая частота?

6. Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗАМКНУТЫХ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ САУ

6.1. Цель работы

Лабораторная работа предназначена для получения курсантами навыков в определении основных показателей качества замкнутых линейных непрерывных САУ по их переходным и частотным характеристикам.

Работа рассчитана на два занятия (четыре академических часа).

6.2. Задание на самоподготовку

6.2.1. Руководствуясь методическими указаниями (МУ) и рекомендованной литературой, изучить необходимые теоретические сведения по теме данной лабораторной работы.

6.2.2. Изучить возможности пакета программ Multisim применительно к задачам, поставленным в данной лабораторной работе, изучить интерфейс, порядок составления и симуляции работы схем.

6.2.3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

6.2.4. Продумать методику выполнения лабораторной работы.

6.3. Описание лабораторного оборудования

Определение показателей качества САУ производится на персональной ЭВМ с применением пакета программ Multisim в интерактивном режиме.

6.4. Порядок выполнения работы

6.4.1. Ознакомиться с рабочим местом и включить ЭВМ.

6.4.2. Загрузить программу Multisim.

6.4.3. Ознакомиться с особенностями программы, её интерфейсом (рис. 1) и исходными данными из табл. 6 в соответствии с назначенным преподавателем вариантом работы.

Таблица 6

Варианты заданий к лабораторной работе № 3

№ варианта	Значение коэффициентов передаточных функций			
	a_0 B_2	a_1 B_1	a_2 B_0	b_1 A_0
1	1	9,0	900	8 100
2	1	48,0	1 600	4 800
3	1	30,0	2 500	17 500
4	1	63,0	4 900	2,45e+4
5	1	57,6	8 100	2,43e+4
6	1	22,0	1,21e+4	2,42e+4
7	1	130,0	1,69e+4	5,95e+4
8	1	84,0	1,96e+4	1,57e+5
9	1	90,0	3,24e+4	1,94e+5
10	1	79,2	4,84e+4	2,4e+5
11	1	60,0	6,25e+4	1,88e+5

№ варианта	Значение коэффициентов передаточных функций			
	a_0 B_2	a_1 B_1	a_2 B_0	b_1 A_0
12	1	243,0	7,3e+4	2,9e+5
13	1	168,0	7,8e+4	7,06e+5
14	1	240,0	9e+4	7,2e+5
15	1	140,0	1,225e+5	7,35e+5
16	1	224,0	1,6e+5	8,0e+5
17	1	150,0	2,5e+5	7,5e+5
18	1	352,0	6,4e+5	4,5e+6
19	1	450,0	8,1e+5	4,5e+6
20	1	240,0	1,0e+6	9,0e+6
21	1	800,0	4,0e+6	3,2e+7
22	1	3 000,0	2,5e+7	1,8e+8
23	1	3 500,0	4,9e+7	3,4e+8
24	1	7 000,0	1,0e+8	6,0e+8

6.4.4. Создать на отдельной странице модель схемы в соответствии с рис. 19. Для этого:

- на инструментальной панели компонентов в группе Source семейства POWER_SOURCE выбрать и перенести на рабочее поле землю GROUND;

- в семействе CONTROL_FUNCTION_BLOCKS выбрать и перенести на рабочее поле элементы TRANSFER_FUNCTION_BLOCK и VOLTAGE_SUMMER.

6.4.5. На панели инструментов выбрать и перенести на рабочее поле:

- осциллограф (Oscilloscope);
- плоттер Бодэ (Bode Plotter).

6.4.6. В качестве источника входного сигнала в семействе SIGNAL_VOLTAGE_SOURC выбрать генератор прямоугольных импульсов напряжения (PULSE_VOLTAGE) и настроить его в соответствии с рис. 11 на режим единичной ступенчатой функции $I(t)$.

6.4.7. Настроить режим работы сумматора согласно рис. 12.

6.4.8. Внести в соответствии с рис. 10 в TRANSFER_FUNCTION_BLOCK коэффициенты из табл. 6.

6.4.9. Включить симуляцию работы схемы. Получить переходную характеристику системы и определить прямые показатели качества, руководствуясь теоретическим материалом, изложенным в разделе «Краткие теоретические сведения, в главе 1 п. 1.4».

6.4.10. Получить амплитудочастотную характеристику системы и определить по ней частотные критерии качества.

6.4.11. Разомкнуть обратную связь. Включить симуляцию работы разомкнутой системы. Включить плоттер Боде и по полученным ЛАЧХ и ЛФЧХ определить запасы устойчивости системы.

6.4.12. По полученным результатам сделать выводы о качестве работы системы.

6.4.13. Приступить к оформлению отчёта.

6.5. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- название и цель лабораторной работы;
- исходные данные;
- необходимые расчётные формулы и результаты расчётов;
- задокументированный графический материал;
- краткие выводы по работе.

6.6. Вопросы для самопроверки

1. Что такое прямые показатели качества работы САУ?
2. Какие критерии качества вы можете назвать?
3. Что такое перерегулирование и какие качества системы оно характеризует?
4. Что такое декремент затухания и как он характеризует переходный процесс?
5. Дайте определение запасов устойчивости по модулю и по фазе.
6. Что характеризуют запасы устойчивости?

7. Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНУТЫХ АСТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

7.1. Цель работы

Целью настоящей работы является изучение свойств замкнутых астатических систем и определение зависимости этих свойств от порядка астатизма. Работа рассчитана на два занятия (четыре академических часа).

7.2. Задание на самоподготовку

7.2.1. Руководствуясь методическими указаниями (МУ) и рекомендованной литературой, изучить необходимые теоретические сведения по теме данной лабораторной работы.

7.2.2. Изучить возможности пакета программ Multisim применительно к задачам, поставленным в данной лабораторной работе, изучить интерфейс, порядок составления и симуляции работы схем.

7.2.3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

7.2.4. Продумать методику выполнения лабораторной работы.

7.3. Описание лабораторного оборудования

Изучение точности работы САУ производится на персональной ЭВМ с применением программы Multisim в интерактивном режиме.

7.4. Порядок выполнения работы

7.4.1. Ознакомиться с рабочим местом и включить ЭВМ.

7.4.2. Загрузить программу Multisim.

7.4.3. Ознакомиться с особенностями программы, её интерфейсом (рис. 7) и исходными данными из табл. 7 в соответствии с назначенным преподавателем вариантом работы.

Примечание. Обозначение коэффициентов передаточных функций звеньев в заголовке табл. 7 соответствуют обозначениям, принятым в Multisim.

7.4.4. Создать на отдельной странице модель схемы в соответствии с рис. 20. Для этого:

а) на инструментальной панели компонентов в группе Source семейства POWER_SOURCE выбрать и перенести на рабочее поле землю (GROUND);

б) на панели инструментов выбрать и перенести на рабочее поле функциональный генератор (Function Generator), 4-х канальный осциллограф (Oscilloscope) и плоттер Боде (Bode Plotter);

в) в семействе CONTROL_FUNCTION_BLOCKS выбрать и перенести на рабочее поле следующие элементы схемы:

- звено с передаточной функцией (TRANSFER_FUNCTION_BLOCK);

- сумматор напряжений (VOLTAGE_SUMMER);

- формирователь полиномиального напряжения (POLYNOMIAL_VOLTAGE);

- идеальный интегратор напряжения (VOLTAGE_INTEGRATOR);

- идеальное дифференцирующее звено (VOLTAGE_DIFFERENTIATOR);

- безинерционное усилительное звено (VOLTAGE_GAIN_BLOCK).

7.4.5. Двойным щелчком по иконке TRANSFER_FUNCTION_BLOCK вызвать диалоговое окно и внести из табл. 7 коэффициенты для инерционного звена в соответствии с рис. 10.

7.4.6. Двойным щелчком по иконке функционального генератора (Function Generator) вызвать диалоговое окно и выполнить настройку в соответствии с рис. 21.

Варианты заданий к лабораторной работе № 4

№ варианта	Значение коэффициентов передаточной функции звена						Вид входного воздействия, $a_n \cdot t^n \cdot 1(t)$			
	Инерционное звено (А3)			Форсирующее звено (А6-А7)			n = 0	n = 1	n = 2	n = 3
	B_1	B_0	A_0	B_0	A_1	A_0	a_0	a_1	a_2	a_3
1	1	6,1	46	1	30	100	7	3	4	5
2	1	6,7	30	1	120	150	8	2	6	4
3	1	7,7	23	1	80	220	7,4	3	7	3
4	1	10	130	1	2	6	6	4	8	2
5	1	11	71	1	15	50	5	5,4	7	3
6	1	12,5	300	1	15	120	4	6,8	6	4
7	1	14,3	90	1	83	125	3	7	5	6,3
8	1	20	40	1	1,5	6	2	8	4	6
9	1	50	200	1	2,5	11	3	7,3	3	7
10	1	55,6	500	1	20	80	4	6	2	5
11	1	62,5	250	1	75	350	5,7	5	3	7
12	1	71,4	600	1	3,2	200	6	4,8	4	2
13	1	80	1 440	1	8	168	7	3	5	5,5

№ варианта	Значение коэффициентов передаточной функции звена						Вид входного воздействия, $a_n \cdot t^n \cdot 1(t)$			
	Инерционное звено (А3)			Форсирующее звено (А6-А7)			n = 0	n = 1	n = 2	n = 3
	B_1	B_0	A_0	B_0	A_1	A_0	a_0	a_1	a_2	a_3
14	1	105	840	1	2,3	180	3	7	5	2
15	1	92	900	1	9	162	8	2	6	4
16	1	125	500	1	19,2	240	7,7	3	7	3,5
17	1	142,9	1 100	1	17,6	2 220	6	4	8	2
18	1	160	1 420	1	10	810	2	8	4	3
19	1	200	1 200	1	4,8	240	5	5,5	7	3
20	1	270	3 660	1	49	2 700	4	6	2	8
21	1	250	2 000	1	25,1	152	4	6	8	5
22	1	312,5	3 000	1	77	1 380	3	7	5	2
23	1	350	4 500	1	0,7	24	6,2	5	3	7
24	1	500	5 500	1	26	260	2	8	4	6

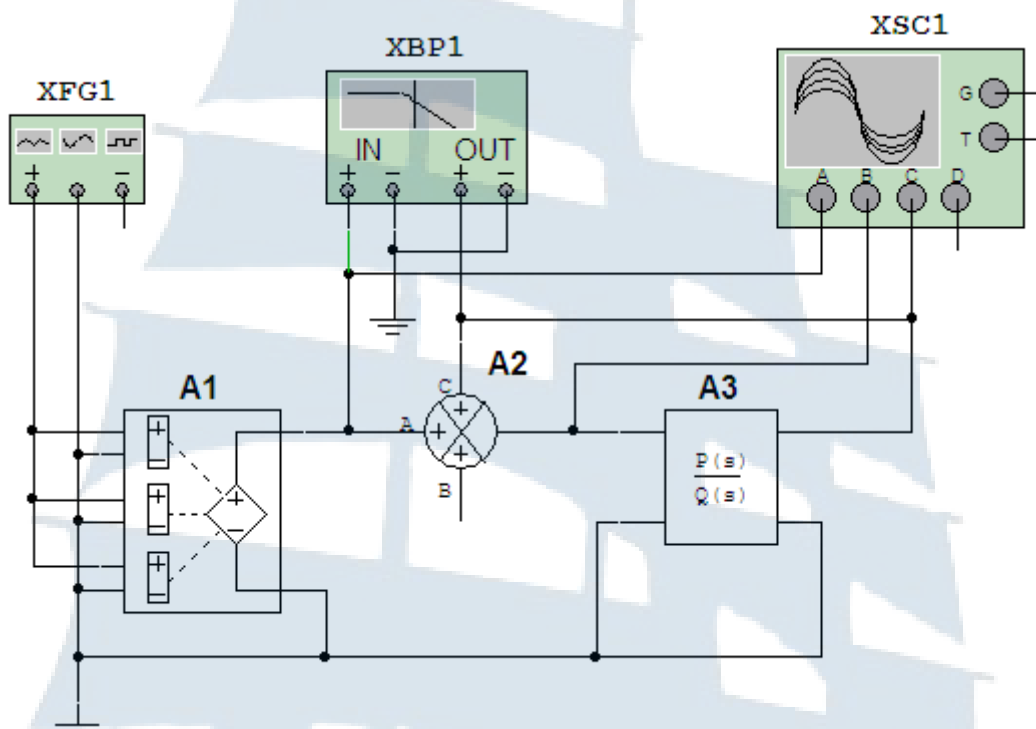


Рис. 20. Модель замкнутой автоматической системы с полиномиальным звеном

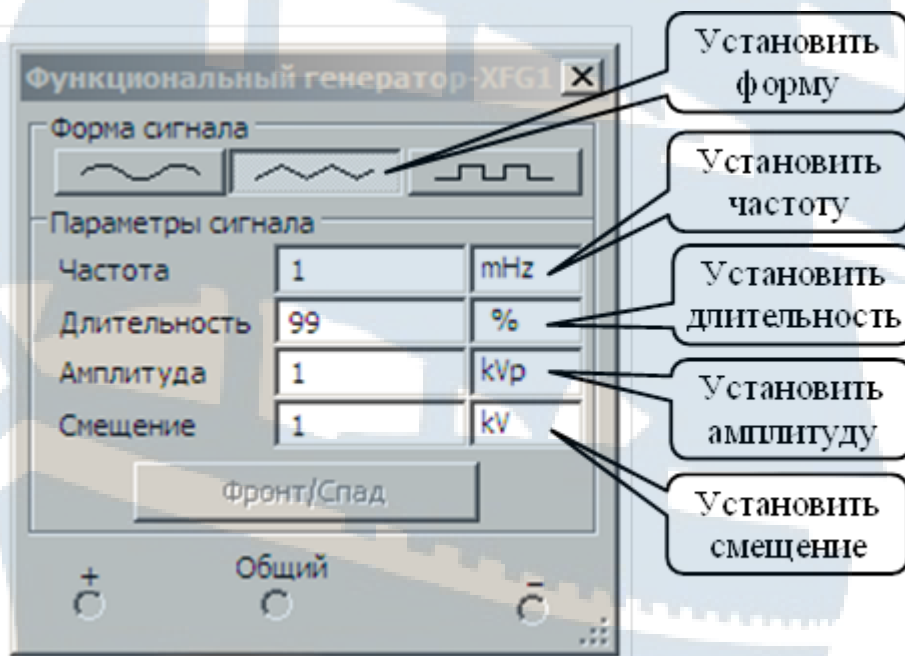


Рис. 21. Настройка функционального генератора напряжения Function Generator

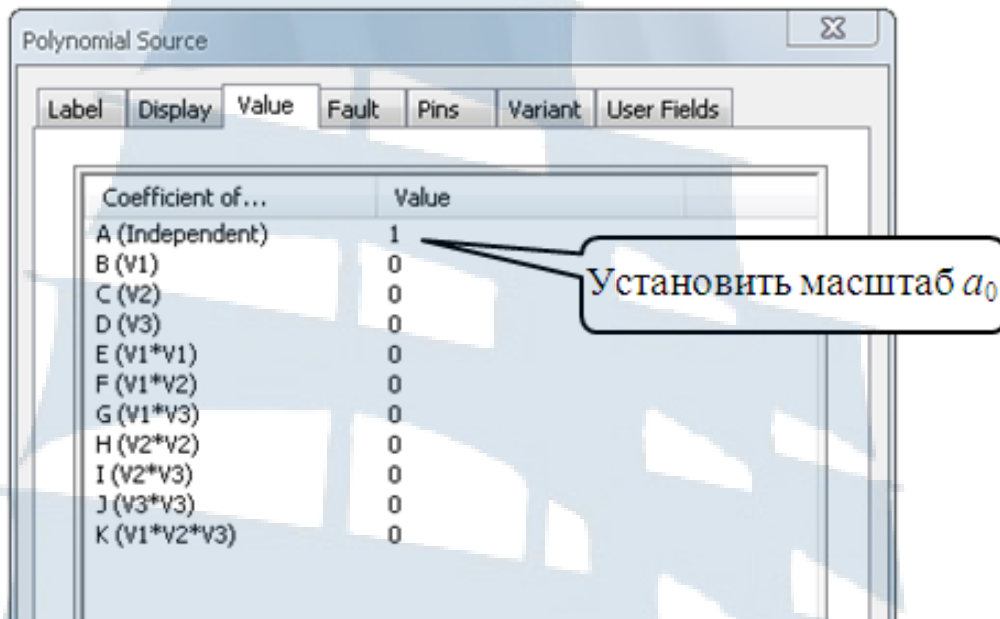


Рис. 22. Настройка режима работы формирователя полиномиального напряжения на выходное ступенчатое напряжение масштаба a_0

7.4.7. Настроить режим работы формирователя полиномиального напряжения (POLYNOMIAL_VOLTAGE). Для этого двойным щелчком по иконке открыть диалоговое окно настройки и внести в него исходные данные в соответствии с рис. 22 – подключить на выход секцию A (Independent), т. е. ступенчатое напряжение масштаба a_0 .

7.4.8. Включить симуляцию работы схемы. Получить и сохранить переходную характеристику системы $h(t)$ и временную зависимость ошибки слежения $e(t)$. Сохранить полученные результаты.

7.4.9. Разомкнуть систему. Включить симуляцию работы схемы, получить с помощью плоттера Боде ЛАЧХ и ЛФЧХ. Сохранить полученные результаты.

7.4.10. Замкнуть систему и подать на её вход линейно изменяющееся со скоростью a_1 напряжение. Для этого настроить режим работы формирователя полиномиального напряжения (POLYNOMIAL_VOLTAGE) в соответствии с рис. 23. Провести работы, указанные в пп. 7.4.8-7.4.9, при этом измерить скорость изменения переходной характеристики $h(t)$ и ошибки слежения $e(t)$.

7.4.11. Провести работы, указанные в пп. 7.4.8-7.4.9, поочередно подключая на вход системы квадратичное $a_2 \cdot t^2 \cdot 1(t)$ и кубическое $a_3 \cdot t^3 \cdot 1(t)$ напряжения в соответствии с табл. 6.

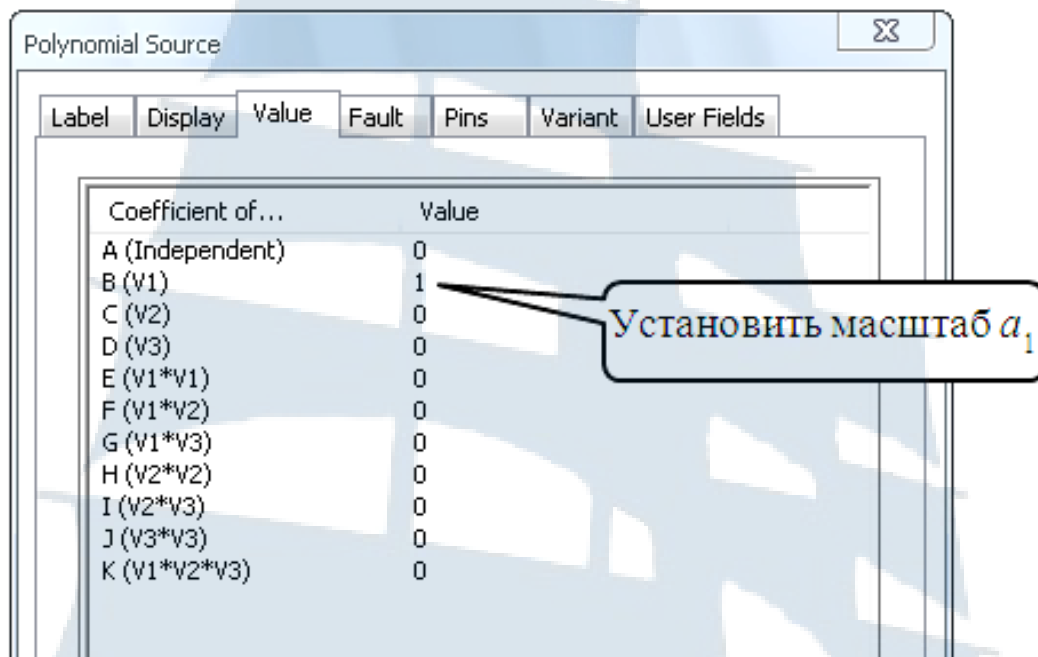


Рис. 23. Настройка функционального генератора на режим линейно изменяющегося выходного напряжения

7.4.12. Внести в схему изменения в соответствии с рис. 24. Настроить звенья цепи в соответствии с исходными данными, представленными в табл. 6 для каждого варианта.

7.4.13. Провести работы, указанные в пп. 7.4.8-7.4.9. При этом установить закон изменения выходной величины и ошибки слежения во времени.

7.4.14. Внести в схему изменения в соответствии с рис. 25. Настроить дополнительные звенья в соответствии с исходными данными, представленными в табл. 6 для каждого варианта.

7.4.15. Провести работы, указанные в пп. 7.4.8-7.4.9. При этом установить закон изменения выходной величины и ошибки слежения во времени.

7.4.16. По полученным результатам сделать выводы о точности работы системы во всех исследованных режимах и о факторах, влияющих на повышение точности.

7.4.17. Приступить к оформлению отчёта.

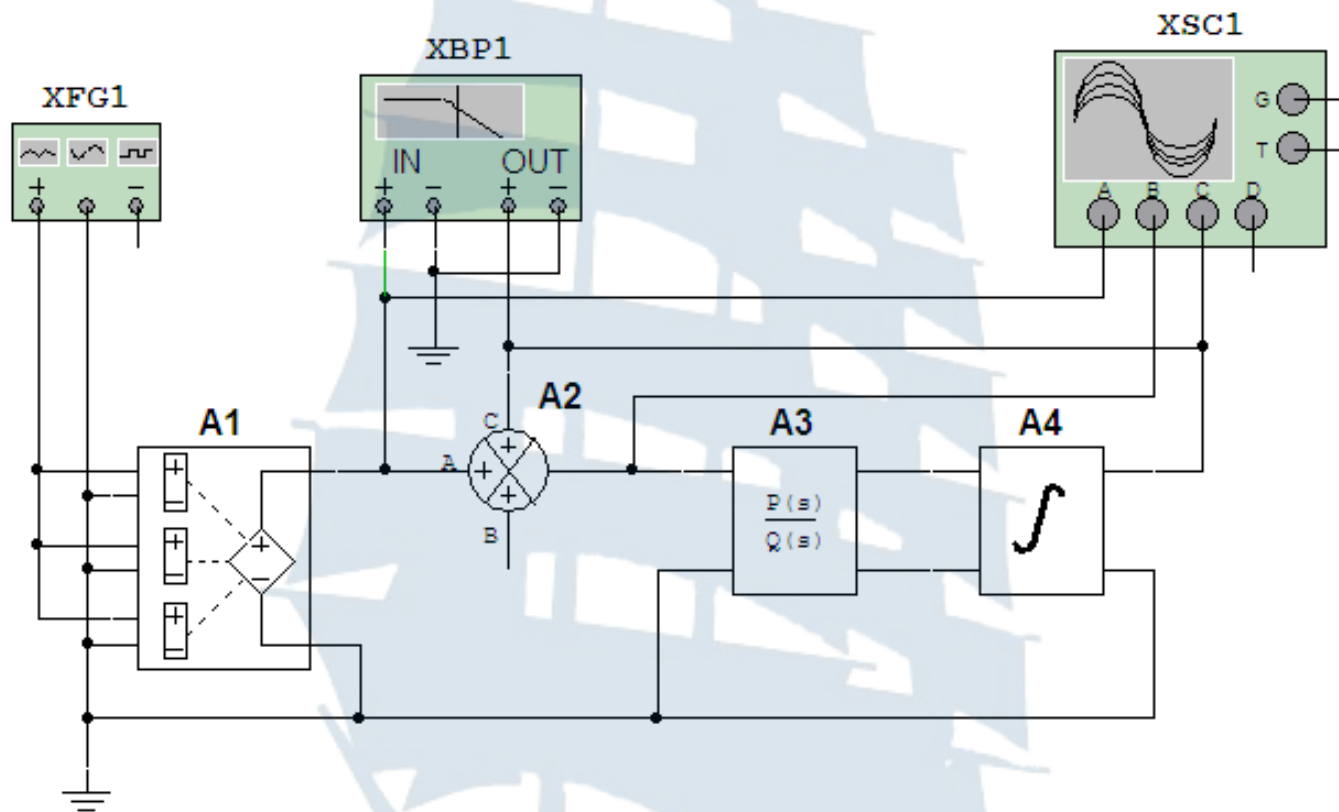


Рис. 24. Модель замкнутой автоматической системы с астатизмом 1-го порядка

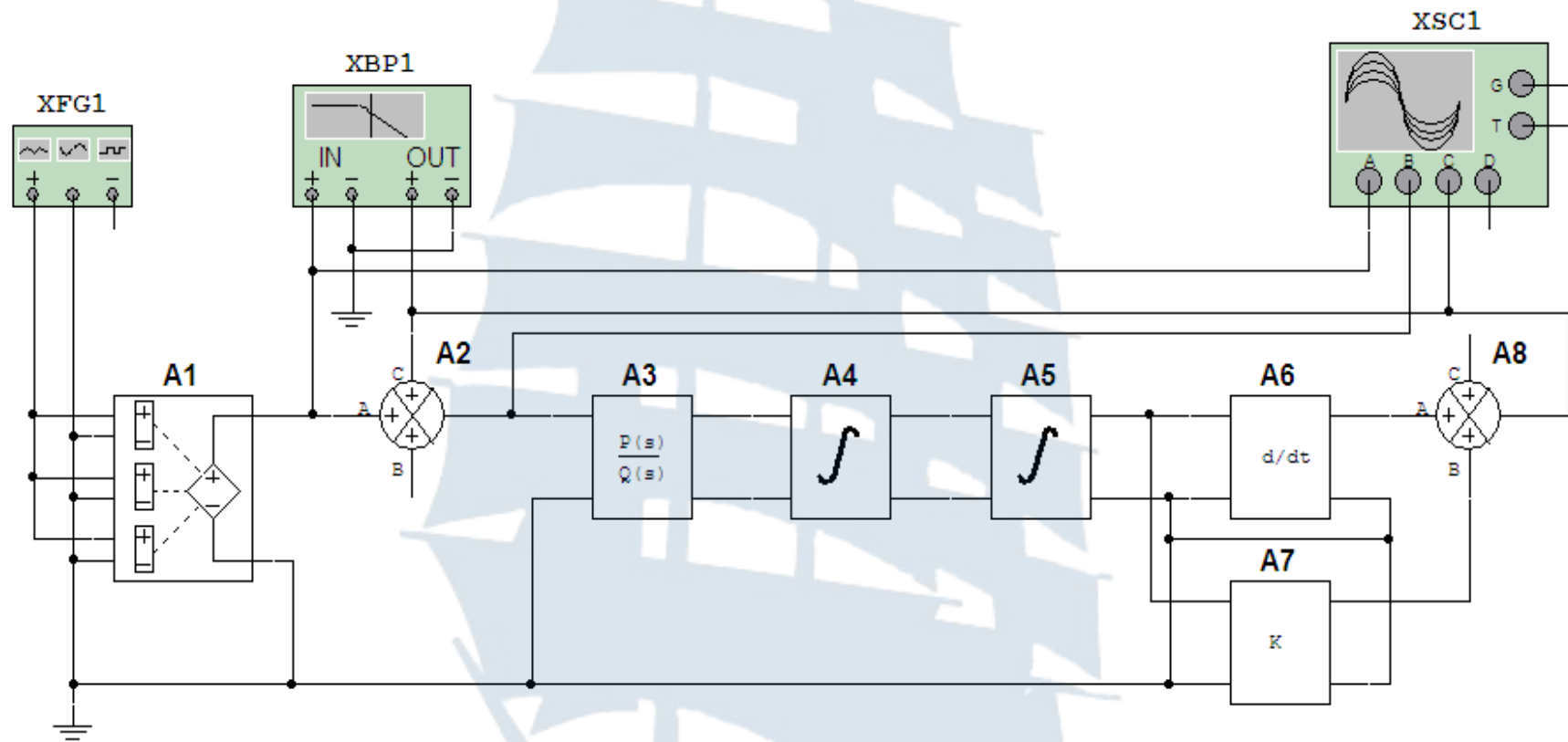


Рис. 25. Модель замкнутой автоматической системы с астатизмом 2-го порядка

7.5. Содержание отчёта

Отчёт должен содержать:

- название и цель лабораторной работы;
- исходные данные;
- необходимые расчётные формулы и результаты расчётов;
- задокументированный графический материал;
- краткие выводы по работе.

7.6. Вопросы для самопроверки

1. Чем характеризуется точность работы САУ?
2. От чего зависит точность работы САУ?
3. Какие параметры системы влияют на точность её работы?
4. Поясните понятие «астатизма системы».
5. Чем определяется порядок астатизма САУ?
6. Какие пути повышения точности САУ вы можете предложить и почему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветров И.А., Крюков И.Н. Линейные системы автоматического управления: учеб. пособие. – Калининград: БГАРФ, 2006. – 172 с.
2. Марченко А.Л., Освальд С.В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim: учеб. пособие для вузов. – М.: ДМК-пресс, 2010. – 448 с.
3. Первачев С.В. Радиоавтоматика: учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1982. – 296 с.
4. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1989. – 300 с.
5. Радиавтоматика: учеб. пособие для вузов / под ред. В.А. Бессекерского. – М.: Высшая школа, 1985. – 271 с.
6. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001 – 616 с.
7. Хернитер Марк Е. Multisim*7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / пер. с англ. Осипов А.И. – М.: Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488 с.



978980002157

Леонид Леонидович Кузьмин

АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Лабораторный практикум
для курсантов и студентов
радиотехнических факультетов морских вузов
всех форм обучения

*(издание второе, переработанное
и дополненное)*

Ведущий редактор: Н.В. Желтухина

Младший редактор: Г.В. Деркач

Компьютерное редактирование:

О.В. Савина

Подписано в печать 13.09.2019.

Усл. печ. л. 3,9. Уч.-изд. л. 4,2.

Лицензия № 021350 от 28.06.99.

Печать офсетная.

Формат 60 x 90 1/16.

Тираж 45 экз. Заказ № 1492.

*Доступ к архиву публикации и условия доступа к нему:
<http://bgarf.ru/academy/biblioteka/elektronnyj-katalog/>*

БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»

Издательство БГАРФ,

**член Издательско-полиграфической ассоциации университетов России
236029, Калининград, ул. Молодежная, 6.**

БГАРФ