

Часть II. ПРАКТИКУМ ПО АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ

2.1. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ

Порядок выполнения практикума:

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Схема работы представлена на рис. 5.

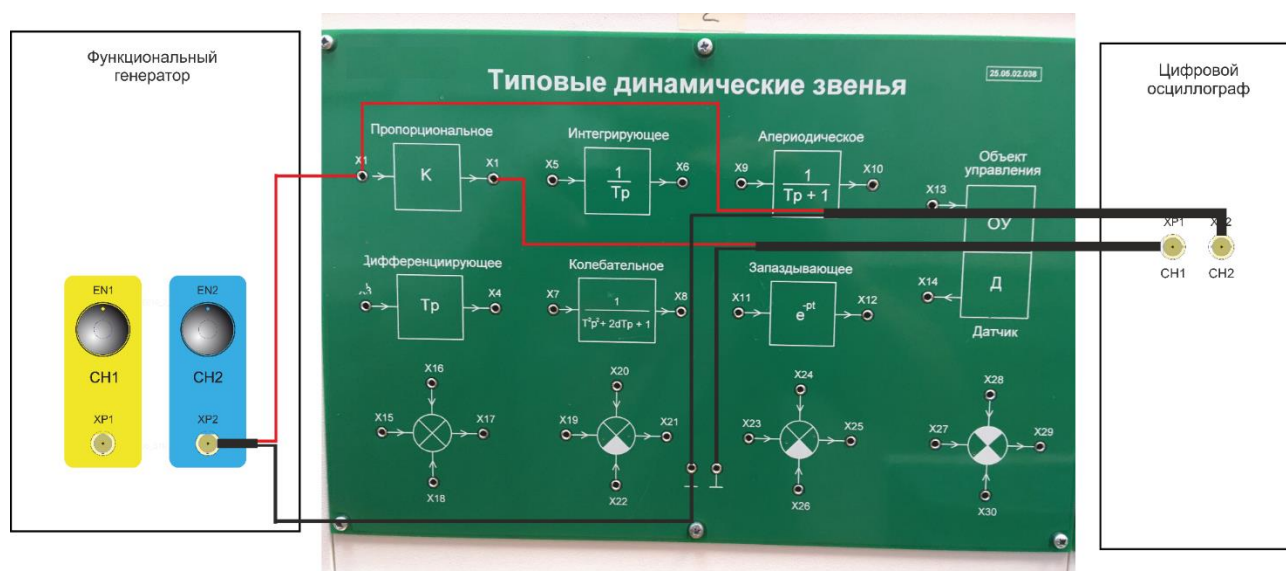


Рисунок 5. Схема проверки параметров пропорционального звена

5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.
10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2000 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».
11. Энкодером в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».
12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».

13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.

14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Пропорционального звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение амплитуды выходного сигнала.

15. Строим по осциллограмме переходную характеристику исследуемого «Пропорционального звена» (рис. 6).

16. Важными параметрами переходной характеристики являются:

статическое отклонение (статическая ошибка) $\varepsilon = h(t) - h_{уст}$. Она характеризует разность между входным и выходным сигналами в установившемся режиме. Системы, у которых статическое отклонение не равно нулю ($\varepsilon \neq 0$) называются статическими. Системы, у которых $\varepsilon = 0$, называются астатическими.

Динамическое отклонение, т.е. разность между максимальным отклонением и установившемся значением $h_{max} - h_{уст}$.

Время регулирования (управления) T_y – это время переходного процесса. Это время, после которого разность между текущим значением выходного сигнала и установившимся значением будет иметь малую величину Δ . Как правило, Δ принимают равным 5% от $h_{уст}$.

$$\Delta = \left| \frac{h(T_y) - h_{уст}}{h_{уст}} \right| * 100\%$$

Время регулирования характеризует быстродействие системы автоматического управления. Чем меньше T_y , тем выше быстродействие.

Перерегулирование σ , %. Определяется выражением:

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

(В реальных системах перерегулирование обычно составляет 10 – 30%).

Частота колебаний процесса $\omega = 2\pi/T_0$, где T_0 – период колебаний.

Время нарастания (установления) T_n – время, за которое система достигает установившегося значения.

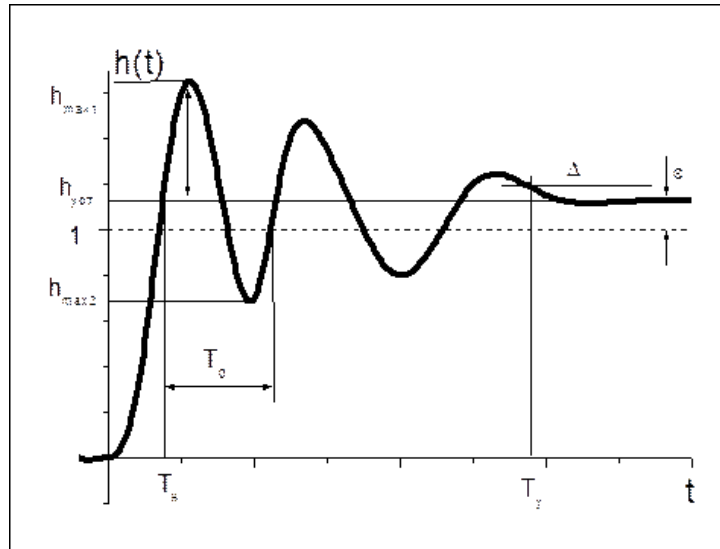


Рисунок 6. Переходная характеристика колебательного звена

17. При исследовании «Интегрирующего звена» в программном комплексе ELAB изменяем на виртуальном модуле «Типовые звенья» коэффициент усиления и наблюдаем на осциллографе изменение выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход «Интегрирующего звена» сигнал с частотой 100 Гц; амплитудой 2000 мВ; форма сигнала «Меандр». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу.

18. Строим по осциллограмме переходную характеристику и описываем ее основные параметры.

19. При исследовании «Дифференцирующего звена» в программном комплексе ELAB изменяем на виртуальном модуле «Типовые звенья» постоянную времени и наблюдаем на осциллографе изменение выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход «Дифференцирующего звена» сигнал с частотой 100 Гц; амплитудой 2000 мВ; форма сигнала «Меандр». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу.

20. Строим по осциллограмме переходную характеристику и описываем ее основные параметры.

21. При исследовании «Колебательного звена» в программном комплексе ELAB на виртуальном модуле «Типовые звенья» не изменяя коэффициент усиления, регулируем постоянную времени и коэффициент затухания. Наблюдаем на осциллографе изменение выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход «Колебательного звена» сигнал с частотой 100 Гц; амплитудой 2000 мВ; форма сигнала «Меандр». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу.

22. Строим по осциллограмме переходную характеристику и описываем ее основные параметры.

23. При исследовании «Апериодического звена» в программном комплексе ELAB на виртуальном модуле «Типовые звенья» не изменяя коэффициент усиления, регулируем постоянную времени. Наблюдаем на осциллографе изменение выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход «Апериодического звена» сигнал с частотой 100 Гц; амплитудой 2000 мВ; форма сигнала «Меандр». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу.

24. Строим по осциллограмме переходную характеристику и описываем ее основные параметры.

25. При исследовании «Запаздывающего звена» в программном комплексе ELAB на виртуальном модуле «Типовые звенья» регулируем постоянную времени в больших пределах (например, 100). Наблюдаем на осциллографе временной сдвиг выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход «Запаздывающего звена» сигнал с частотой 100 Гц; амплитудой 2000 мВ; форма сигнала «Меандр». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу.

26. Строим по осциллограмме переходную характеристику и описываем ее основные параметры.

27. При исследовании звена «Объект управления - Датчик» (разновидность апериодического звена) в программном комплексе ELAB на виртуальном модуле «Типовые звенья» регулируем постоянную времени в больших пределах (например, 10000) и коэффициент усиления 1. Наблюдаем на осциллографе изменение выходного сигнала. С функционального генератора подаем на вход сигнал; амплитудой 2500 мВ; форма сигнала «Пост +» или «Пост –». Один канал осциллографа подключаем ко входу исследуемого звена, другой канал к выходу. Осциллограф переводим в режим DC. Настраиваем на осциллографе уровни сигналов по напряжению. Схема подключения и проверки приведена на рис. 7.



Рисунок 7. Схема проверки работы и параметров звена «Объект управления – Датчик»

28. После установки параметров в программе необходимо перевести режим «Пост +» в «Пост –» (или наоборот). После переключения анализируйте процесс изменения сигнала. Опишите этот процесс.

29. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

30. Проведите анализ результатов.

2.2. СИНТЕЗ СИСТЕМ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЗВЕНЬЕВ

Схема электрических соединений представлена на рис. 8.



Рисунок 8. Последовательное соединение динамических звеньев

Порядок выполнения практикума:

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему, представленную на рис. 8.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.
10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2000 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».
11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».
12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».
13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.

14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени и коэффициент затухания «Колебательного звена» (рис. 9). Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

15. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Пропорционального звена» (рис. 10). Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

16. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем время запаздывания (в больших пределах, например, 200-400) «Запаздывающего звена» (рис. 11). Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

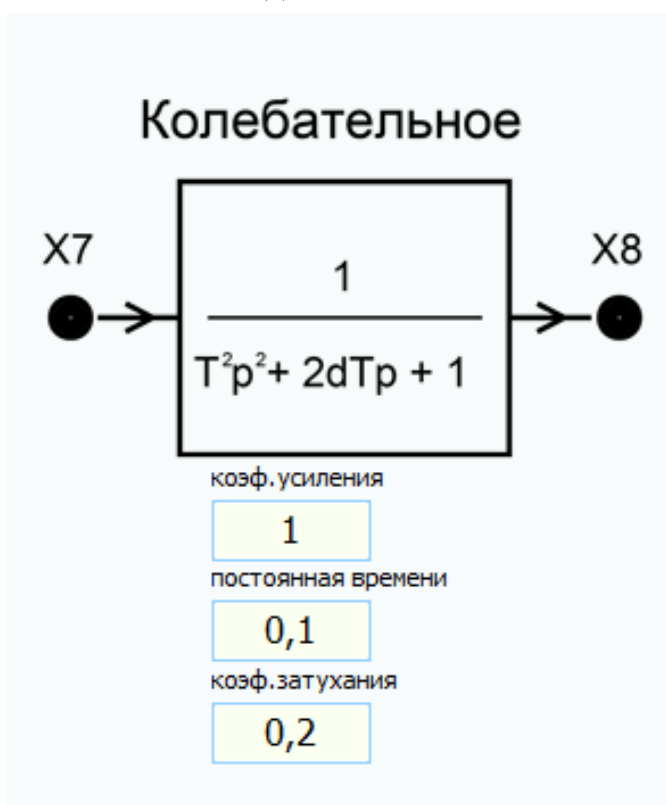


Рисунок 9. Параметры колебательного звена

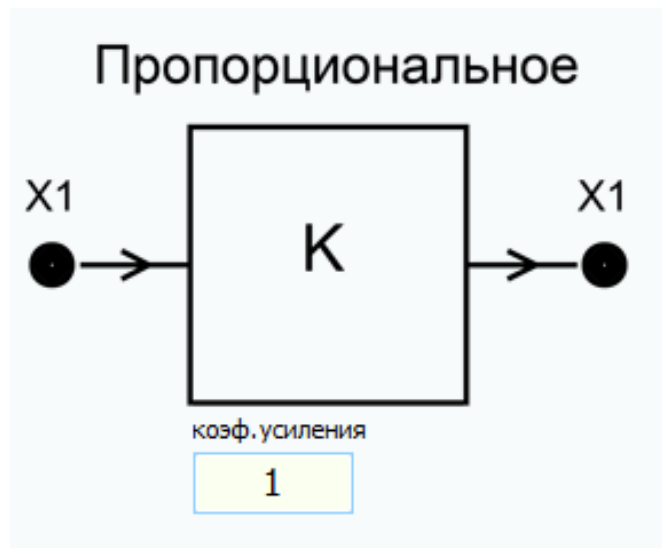


Рисунок 10. Параметр пропорционального звена

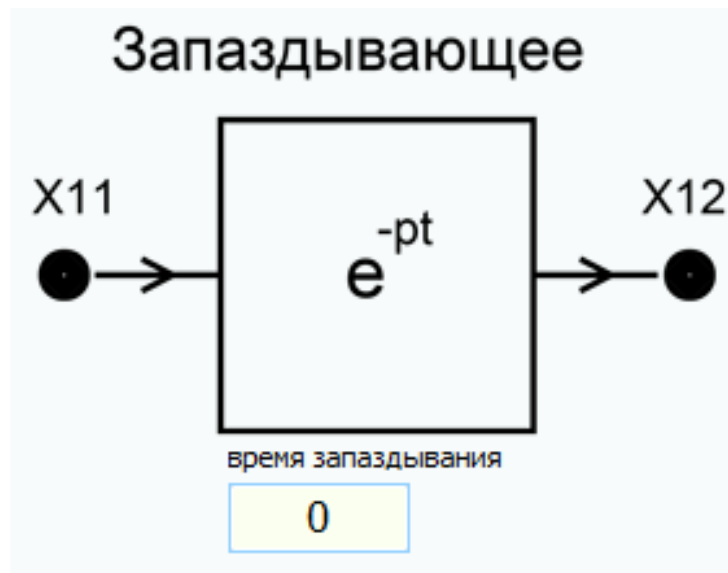


Рисунок 11. Параметр запаздывающего звена

18. Меняя в меню программы параметры «Колебательного звена» на выходе «Запаздывающего звена» получаем соответствующую переходную характеристику (рис. 12).

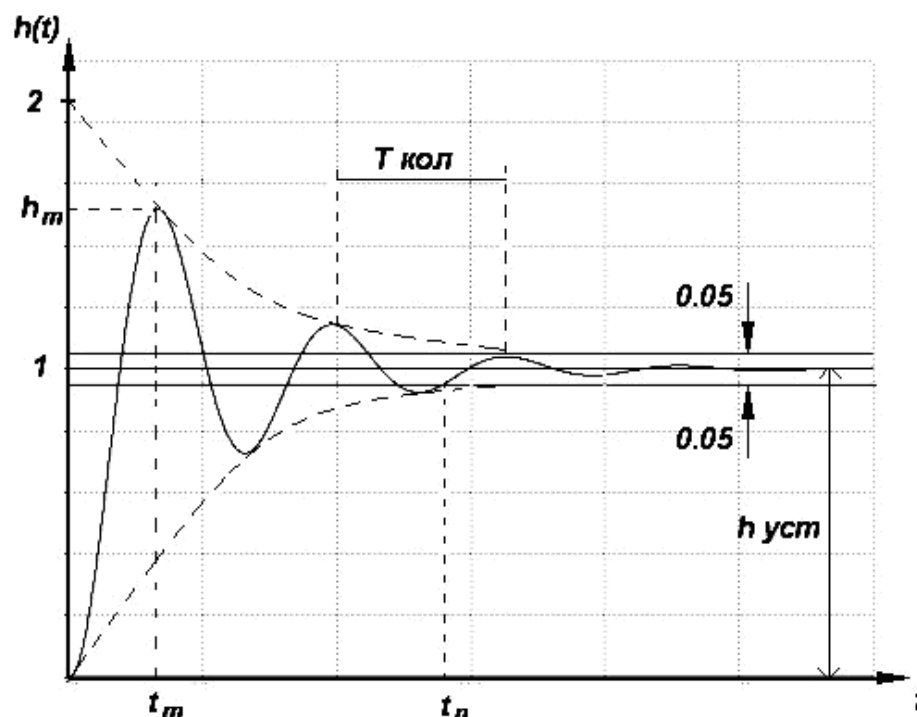


Рисунок 12. Пример переходной характеристики колебательного звена

Качество переходного процесса и позволяет определить прямые показатели качества системы. Основными показателями являются:

- Время переходного процесса t_n (или время регулирования). Это важнейший показатель, характеризующий быстродействие системы. Время, за которое переходная характеристика динамического переходного процесса входит в пятипроцентный коридор стабильности.

Для его определения на графике характеристики проводят две прямые, параллельные оси $0t$, отстоящие от установившегося значения $h_{уст}$ на величину $0,05h_{уст}$ в ту и другую сторону (трубка 5%). t_n – это момент времени, когда переходная характеристика входит в трубку 5% и больше из нее не выходит.

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta, \quad \Delta = 0,05h_{уст}$$

Определяют время переходного процесса визуально из полученной кривой.

Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

Переходный процесс имеет аperiодический или колебательный характер. Для систем радиоавтоматики он в большей степени имеет колебательный характер.

Перерегулирование – характеризует колебательность переходного процесса в системе при ступенчатом воздействии. Для инерционных систем уровень колебательности ограничивают, для электронных систем радиоавтоматики колебательность допускается, но ее приходится ограничивать, так как она является косвенной характеристикой запаса устойчивости системы. По переходной характеристике колебательность определяется по величине перерегулирования σ (см. формулу). Обычно выражается в процентах.

Для переходного процесса по возмущению перерегулирование вычисляется как отношение амплитуды A_2 второго полупериода отклонения регулируемой величины к амплитуде A_1 первого полупериода. $\delta = A_2/A_1 \cdot 100\%$.

Перерегулирование σ характеризует степень удаления системы от колебательной границы устойчивости (в случае нахождения системы на колебательной границе устойчивости в системе наблюдаются незатухающие колебания и $\sigma = 100\%$). Запас устойчивости считается достаточным, если $\sigma = 10\% \div 30\%$. Иногда допускается перерегулирование до 70%, а в ряде случаев не допускается вообще (для инерционных систем).

Время перерегулирования определяют по данным переходной характеристики.

Установившаяся ошибка характеризует отклонение установившегося значения регулируемой величины от заданного значения в конце переходного процесса. В общем случае установившаяся ошибка складывается из статической ошибки системы и ошибки, обусловленной наличием зоны нечувствительности регулятора.

Статическая ошибка регулирования $u_{ст}$ равна разности между установившимся значением регулируемого параметра и его заданным значением u_0 .

$$u_{ст} = u_{уст} - u_0.$$

19. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

20. Проведите анализ результатов.

21. Рассмотрим другое последовательное подключение динамических звеньев.

22. Изучите схему проверки, изображенную на рис. 13.

23. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».

24. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».

25. Включить осциллограф.

26. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2000 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».

27. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».

28. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».

29. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.

30. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени и коэффициент затухания «Колебательного звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

31. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Интегрирующего звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

32. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем постоянную времени (в пределах, например, 50-100) «Апериодического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

33. Качество переходного процесса определим из переходной характеристики.

34. Постройте переходную характеристику и определите ее основные параметры.

35. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

36. Проведите анализ результатов.

Схема электрических соединений приведена на рис. 13.



Рисунок 13. Схема проверки последовательно подключенных звеньев

2.3. СИНТЕЗ СИСТЕМ С СОГЛАСНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЗВЕНЬЕВ

Порядок выполнения практикума:

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему эксперимента, представленную на рис. 14.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.
10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2500 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».
11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».
12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».
13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.
14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Пропорционального звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.
15. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Интегрирующего звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.



Рисунок 14. Схема для проверки согласно – параллельных звеньев

16. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления и постоянную времени «Аперидического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

17. На входы исследуемых звеньев поступает с функционального генератора одинаковый сигнал.

18. Выходы звеньев поступают на входы сумматора.

19. Каналы осциллографа подключены: один ко входу звеньев, второй к выходу сумматора.

20. Меняя параметры звеньев в меню программы ELAB на выходе сумматора наблюдаем изменение формы сигнала.

21. Фиксируем осциллограмму. Строим переходную функцию (рис. 15).

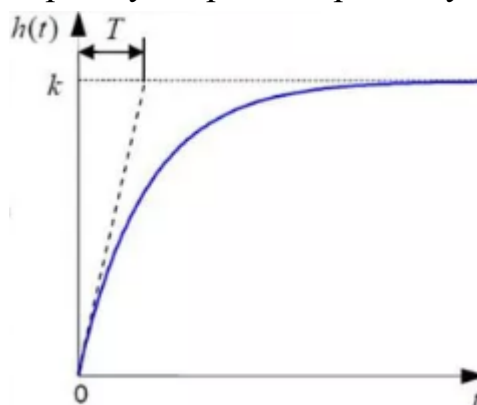


Рисунок 15. Переходная функция аперидического звена

Основными показателями являются:

Время переходного процесса t_n (или время регулирования). Это важнейший показатель, характеризующий быстродействие системы. Время, за которое переходная характеристика динамического переходного процесса входит в пятипроцентный коридор стабильности.

Для его определения на графике характеристики проводят две прямые, параллельные оси $0t$, отстоящие от установившегося значения $h_{уст}$ на величину $0,05h_{уст}$ в ту и другую сторону (трубка 5%). t_n – это момент времени, когда переходная характеристика входит в трубку 5% и больше из нее не выходит.

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta, \quad \Delta = 0,05h_{уст}$$

Определяют время переходного процесса визуально из полученной кривой.

Перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

Переходный процесс имеет апериодический или колебательный характер. Для систем радиоавтоматики он в большей степени имеет колебательный характер.

Перерегулирование – характеризует колебательность переходного процесса в системе при ступенчатом воздействии. Для инерционных систем уровень колебательности ограничивают, для электронных систем радиоавтоматики колебательность допускается, но ее приходится ограничивать, так как она является косвенной характеристикой запаса устойчивости системы. По переходной характеристике колебательность определяется по величине перерегулирования σ (см. формулу). Обычно выражается в процентах.

Для переходного процесса по возмущению перерегулирование вычисляется как отношение амплитуды A_2 второго полупериода отклонения регулируемой величины к амплитуде A_1 первого полупериода. $\delta = A_2/A_1 * 100\%$.

Перерегулирование σ характеризует степень удаления системы от колебательной границы устойчивости (в случае нахождения системы на колебательной границе устойчивости в системе наблюдаются незатухающие колебания и $\sigma = 100\%$). Запас устойчивости считается достаточным, если $\sigma = 10\% \div 30\%$. Иногда допускается перерегулирование до 70%, а в ряде случаев не допускается вообще (для инерционных систем).

Время перерегулирования определяют по данным переходной характеристики.

Установившаяся ошибка характеризует отклонение установившегося значения регулируемой величины от заданного значения в конце переходного процесса. В общем случае установившаяся ошибка складывается из статической

ошибки системы и ошибки, обусловленной наличием зоны нечувствительности регулятора.

Статическая ошибка регулирования $u_{ст}$ равна разности между установившимся значением регулируемого параметра и его заданным значением u_0 .

$$u_{ст} = u_{уст} - u_0.$$

22. Попробуйте использовать для работы другие варианты согласно – параллельного включения звеньев.

23. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

24. Проведите анализ результатов.

2.4. СИНТЕЗ СИСТЕМ С ВСТРЕЧНО-ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЗВЕНЬЕВ

Порядок выполнения практикума:

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему эксперимента, представленную на рис. 16, рис. 17.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.
10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2500 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».
11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».
12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».
13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.
14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Интегрирующего звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.
15. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем постоянную времени и коэффициент усиления «Апериодического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.



Рисунок 16. Встречно – параллельное соединение звеньев

16. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Пропорционального звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

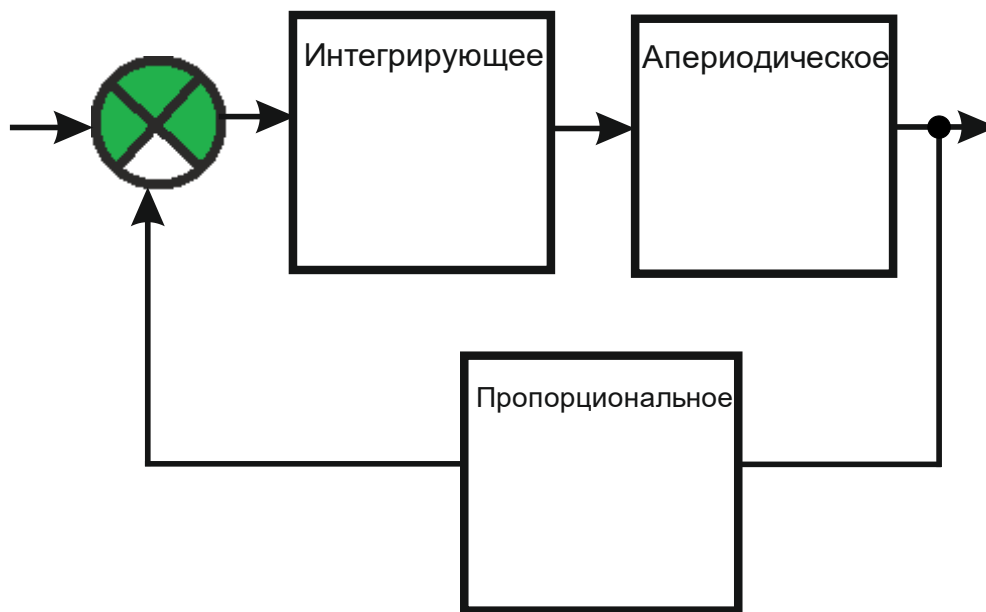


Рисунок 17. Встречно – параллельное соединение звеньев (структурная схема)

17. Фиксируем осциллограмму выходного сигнала. Строим переходную функцию.

Основными показателями являются:

Время переходного процесса t_n (или время регулирования). Это важнейший показатель, характеризующий быстродействие системы. Время, за которое переходная характеристика динамического переходного процесса входит в пятипроцентный коридор стабильности.

Для его определения на графике характеристики проводят две прямые, параллельные оси $0t$, отстоящие от установившегося значения $h_{уст}$ на величину

0,05 $h_{уст}$ в ту и другую сторону (трубка 5%). t_n – это момент времени, когда переходная характеристика входит в трубку 5% и больше из нее не выходит.

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta, \quad \Delta = 0,05h_{уст}$$

Определяют время переходного процесса визуально из полученной кривой.

Перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

Переходный процесс имеет аperiodический или колебательный характер. Для систем радиоавтоматики он в большей степени имеет колебательный характер.

Перерегулирование – характеризует колебательность переходного процесса в системе при ступенчатом воздействии. Для инерционных систем уровень колебательности ограничивают, для электронных систем радиоавтоматики колебательность допускается, но ее приходится ограничивать, так как она является косвенной характеристикой запаса устойчивости системы. По переходной характеристике колебательность определяется по величине перерегулирования σ (см. формулу). Обычно выражается в процентах.

Для переходного процесса (рис. 18) по возмущению перерегулирование вычисляется как отношение амплитуды A_2 второго полупериода отклонения регулируемой величины к амплитуде A_1 первого полупериода. $\delta = A_2/A_1 * 100\%$.

Перерегулирование σ характеризует степень удаления системы от колебательной границы устойчивости (в случае нахождения системы на колебательной границе устойчивости в системе наблюдаются незатухающие колебания и $\sigma = 100\%$). Запас устойчивости считается достаточным, если $\sigma = 10\% \div 30\%$. Иногда допускается перерегулирование до 70%, а в ряде случаев не допускается вообще (для инерционных систем).

Время перерегулирования определяют по данным переходной характеристики.

Установившаяся ошибка характеризует отклонение установившегося значения регулируемой величины от заданного значения в конце переходного процесса. В общем случае установившаяся ошибка складывается из статической ошибки системы и ошибки, обусловленной наличием зоны нечувствительности регулятора.

Статическая ошибка регулирования $уст$ равна разности между установившимся значением регулируемого параметра и его заданным значением y_0 .

$$y_{уст} = y_{уст} - y_0.$$

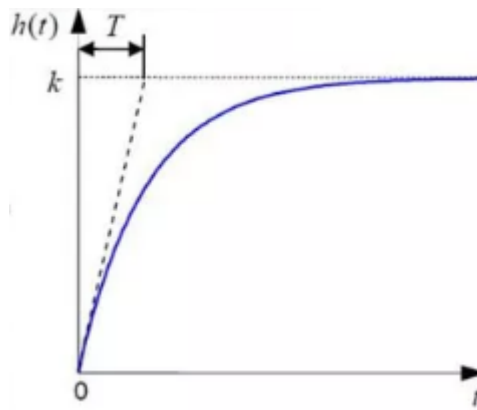


Рисунок 18. Переходная функция апериодического звена

18. Попробуйте использовать для работы другие варианты встречно – параллельного включения звеньев.
19. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.
20. Проведите анализ результатов.

2.5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

При последовательной коррекции задача синтеза сводится к выбору параметров соответствующих корректирующих устройств, обеспечивающих достижение заданного качества переходного процесса в замкнутой системе.

Для того чтобы система удовлетворяла требуемым показателям качества необходимо, как правило, введение в систему дополнительных связей или дополнительных корректирующих устройств.

Задача синтеза сводится к определению передаточной функции корректирующего устройства в системе и места включения КУ.

При последовательной коррекции корректирующее устройство включается в прямую цепь так, как показано на рис. 19.

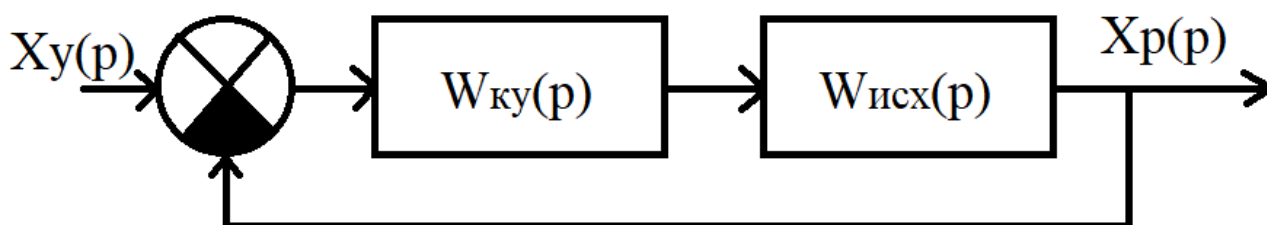


Рисунок 19. Структурная схема последовательной коррекции звеньев

Спроектируем упрощенный вариант последовательной коррекции системы.

Схема соединений звеньев представлена на рис. 20. Корректирующим будет «Колебательное звено».

Порядок выполнения практикума.

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему эксперимента, представленную на рис. 20, рис. 21.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.

10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2500 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».

11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».

12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».

13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.

14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени, коэффициент затухания «Колебательного звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления и постоянную времени «Апериодического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

15. Наблюдаем выходной сигнал на осциллографе. Система приняла более устойчивое состояние после коррекции сигнала в «Колебательном звене».



Рисунок 20. Схема последовательной коррекции звеньев

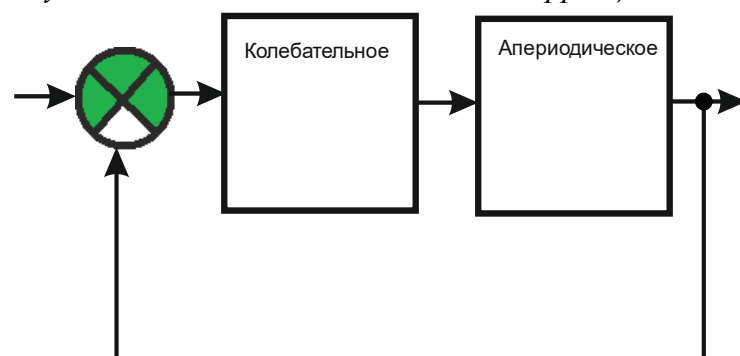


Рисунок 21. Структурная схема последовательной коррекции звеньев

16. Фиксируем осциллограмму выходного сигнала. Строим переходную функцию корректирующего звена.

Основными показателями являются:

Время переходного процесса t_n (или время регулирования). Это важнейший показатель, характеризующий быстродействие системы. Время, за которое переходная характеристика динамического переходного процесса входит в пятипроцентный коридор стабильности.

Для его определения на графике характеристики проводят две прямые, параллельные оси $0t$, отстоящие от установившегося значения $h_{уст}$ на величину $0,05h_{уст}$ в ту и другую сторону (трубка 5%). t_n – это момент времени, когда переходная характеристика входит в трубку 5% и больше из нее не выходит.

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta, \quad \Delta = 0,05h_{уст}$$

Определяют время переходного процесса визуально из полученной кривой.

Перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

Переходный процесс имеет аperiodический или колебательный характер (рис. 22, рис. 23). Для систем радиоавтоматики он в большей степени имеет колебательный характер.

Перерегулирование – характеризует колебательность переходного процесса в системе при ступенчатом воздействии. Для инерционных систем уровень колебательности ограничивают, для электронных систем радиоавтоматики колебательность допускается, но ее приходится ограничивать, так как она является косвенной характеристикой запаса устойчивости системы. По переходной характеристике колебательность определяется по величине перерегулирования σ (см. формулу). Обычно выражается в процентах.

Для переходного процесса по возмущению перерегулирование вычисляется как отношение амплитуды A_2 второго полупериода отклонения регулируемой величины к амплитуде A_1 первого полупериода. $\delta = A_2/A_1 * 100\%$.

Перерегулирование σ характеризует степень удаления системы от колебательной границы устойчивости (в случае нахождения системы на колебательной границе устойчивости в системе наблюдаются незатухающие колебания и $\sigma = 100\%$). Запас устойчивости считается достаточным, если $\sigma = 10\% \div 30\%$. Иногда допускается перерегулирование до 70%, а в ряде случаев не допускается вообще (для инерционных систем).

Время перерегулирования определяют по данным переходной характеристики.

Установившаяся ошибка характеризует отклонение установившегося значения регулируемой величины от заданного значения в конце переходного процесса. В общем случае установившаяся ошибка складывается из статической ошибки системы и ошибки, обусловленной наличием зоны нечувствительности регулятора.

Статическая ошибка регулирования уст равна разности между установившимся значением регулируемого параметра и его заданным значением y_0 .

$$y_{ст} = y_{уст} - y_0.$$

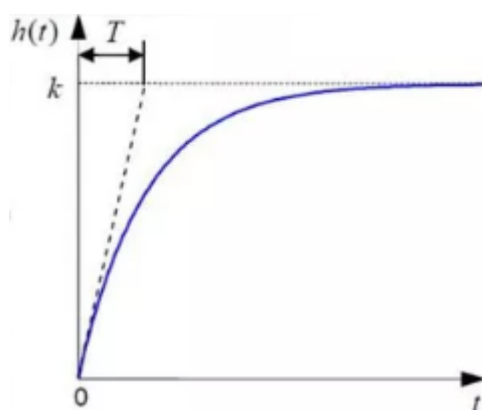


Рисунок 22. Переходная характеристика апериодического звена

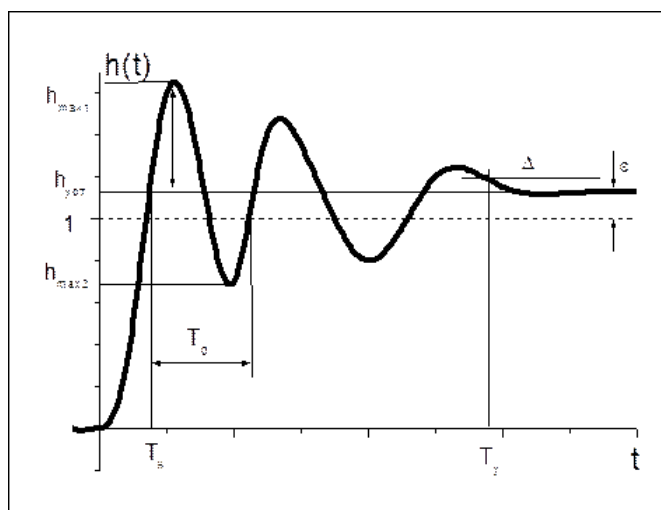


Рисунок 23. Переходная характеристика колебательного звена

17. Попробуйте смоделировать для работы другие варианты последовательной коррекции системы звеньев.

18. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

19. Проведите анализ результатов.

2.6. ВСТРЕЧНО - ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

При встречно - параллельной коррекции задача синтеза сводится к выбору параметров соответствующих корректирующих устройств, обеспечивающих достижение заданного качества переходного процесса в замкнутой системе.

Для того чтобы система удовлетворяла требуемым показателям качества необходимо, как правило, введение в систему дополнительных связей или дополнительных корректирующих устройств (рис. 24).

Задача синтеза сводится к определению передаточной функции корректирующего устройства в системе и места включения КУ.

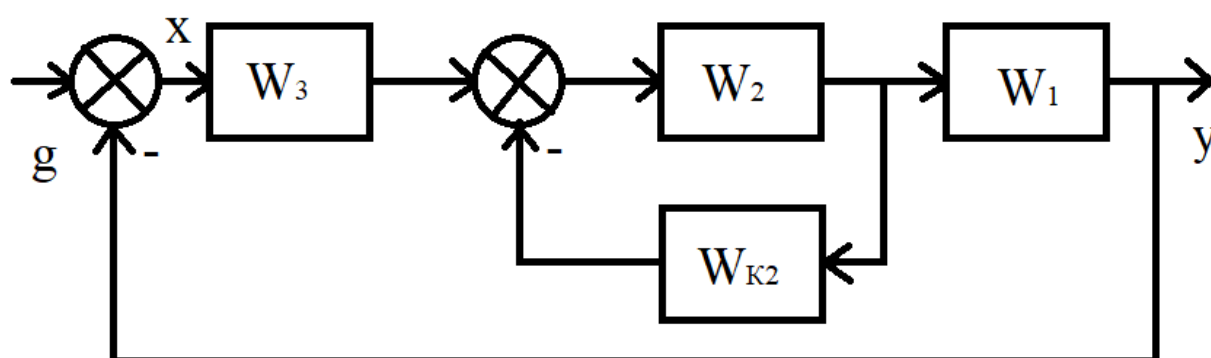


Рисунок 24. Структурная схема встречно – параллельной коррекции звеньев

Спроектируем упрощенный вариант встречно – параллельной коррекции системы.

Схема соединений звеньев приведена на рис. 25. Корректирующее звено – «Пропорциональное звено».



1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему эксперимента, представленную на рис. 25, рис.26.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.
10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2500 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».
11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».
12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».
13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.
14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления; постоянную времени; коэффициент затухания «Колебательного звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.
15. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления и постоянную времени «Апериодического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.
16. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Пропорционального звена» (рис. 27). Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

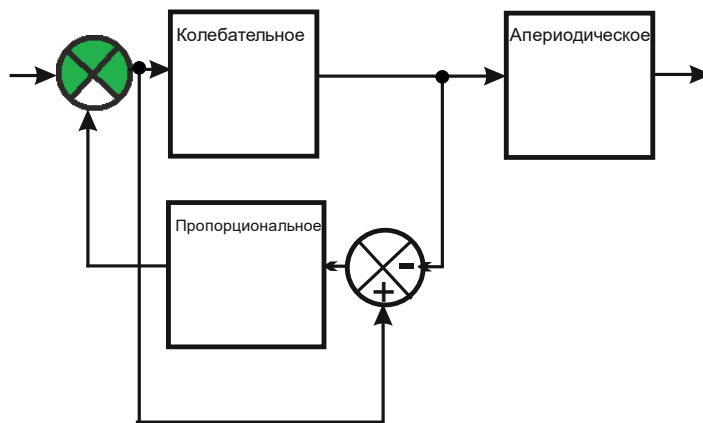


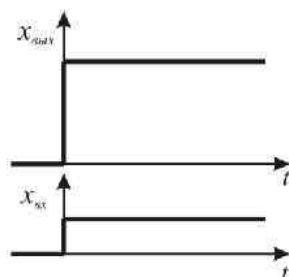
Рисунок 26. Структурная схема встречно – параллельного соединения звеньев (как один из вариантов)

Пропорциональное звено -

(Усилительное) – звено в котором сигнал на выходе прямо пропорционален сигналу на входе, т.е. свойства звена описываются уравнением нулевого порядка:

$$x_{\text{вых}} = k_{\text{пр}} \cdot x_{\text{вх}}$$

$k_{\text{пр}}$ - коэффициент усиления (ослабления) системы



$$W(p) = k_{\text{пр}}$$

В реальных звеньях всегда есть инерционность. Пропорциональным называется звено инерционностью которого можно пренебречь

Рисунок 27. Переходная характеристика пропорционального звена

17. Наблюдаем выходной сигнал на осциллографе.

18. Построим переходную характеристику «Пропорционального звена» и опишем основные параметры.

Попробуйте использовать для работы другие варианты встречно – параллельной коррекции системы звеньев.

19. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

20. Проведите анализ результатов.

2.7. СОГЛАСНО - ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ КОРРЕКЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

При согласно - параллельной коррекции задача синтеза сводится к выбору параметров соответствующих корректирующих устройств, обеспечивающих достижение заданного качества переходного процесса в замкнутой системе и к определению передаточной функции корректирующего устройства в системе и места включения КУ.

Для того чтобы система удовлетворяла требуемым показателям качества необходимо, как правило, введение в систему дополнительных связей или дополнительных корректирующих устройств.

Спроектируем упрощенный вариант согласно - параллельной коррекции системы. Схема соединений звеньев на рис. 28. Корректирующее звено – «Интегрирующее звено».

Порядок выполнения практикума:

1. Внимательно изучите теоретические сведения, а также описание оборудования.
2. Убедитесь, что стенд подключен к сети электрического питания сетевым шнуром.
3. Убедитесь, что стенд подключен к защитному заземлению.
4. Изучите схему эксперимента, представленную на рис. 28, рис. 29.
5. Загрузите ПО в компьютер. Подключите USB шнур к разъему модуля связи стенда и к компьютеру.
6. Откройте окно программы ELAB. Загрузите конфигурацию.
7. Включить тумблер QF1 и кнопку SB2 на однофазном источнике питания».
8. Установить тумблер SA1 на модуле связи в положение «Вкл.».
9. Включить осциллограф.

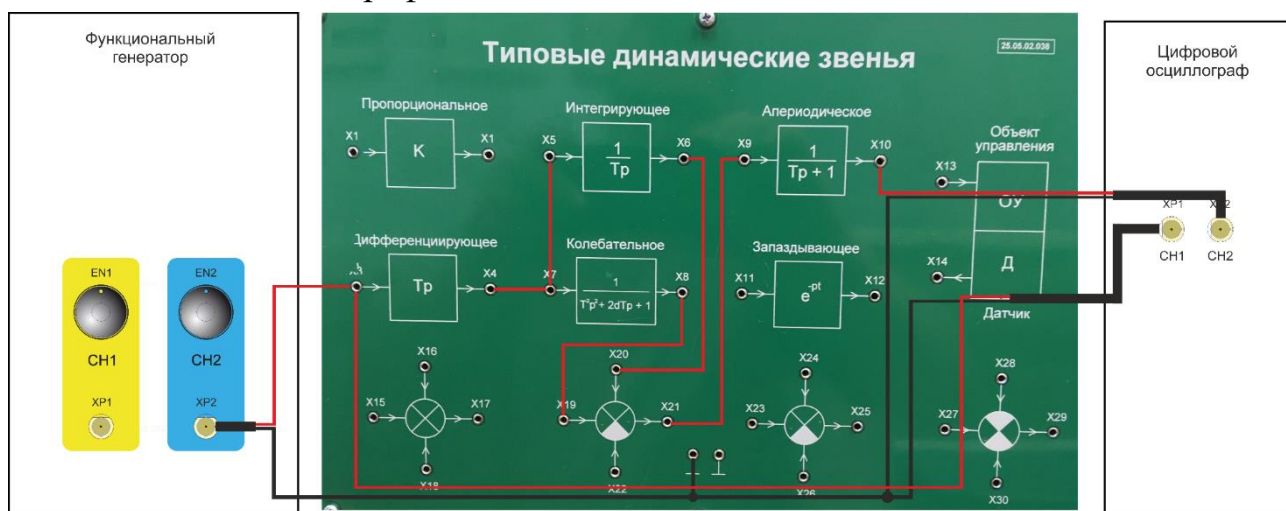


Рисунок 28. Схема согласно – параллельной коррекции системы соединения звеньев

10. На функциональном генераторе энкодером выбранного канала, установить: форма сигнала «Меандр»; амплитуда сигнала 2500 мВ; частота 100 Гц. Для удобной установки частоты использовать меню «Шаг».

11. Энкодером, в меню «Состояние» перевести функциональный генератор в положение «Вкл.».

12. В меню программы ELAB - «Электронные модули» выбираем канал функционального генератора и номер модуля «Типовые звенья».

13. На экране осциллографа наблюдаем входной и выходной сигналы. Производим анализ характеристик.

14. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени; «Дифференцирующего звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

15. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени, коэффициент затухания «Колебательного звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

16. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления «Интегрирующего звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение амплитуды выходного сигнала.

17. В меню программы ELAB на модуле «Типовые звенья» меняем коэффициент усиления, постоянную времени «Апериодического звена». Нажимаем виртуальную клавишу «Установить». Наблюдаем на экране осциллографа изменение выходного сигнала.

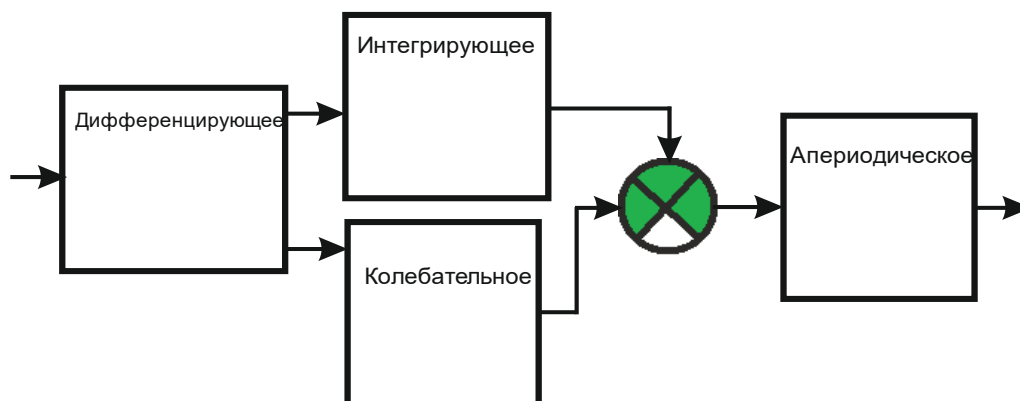


Рисунок 29. Структурная схема одного из вариантов согласно – параллельного соединения звеньев

18. Наблюдаем выходной сигнал на осциллографе.

19. Построим переходную характеристику «Интегрирующего звена» и опишем основные параметры (рис. 30).

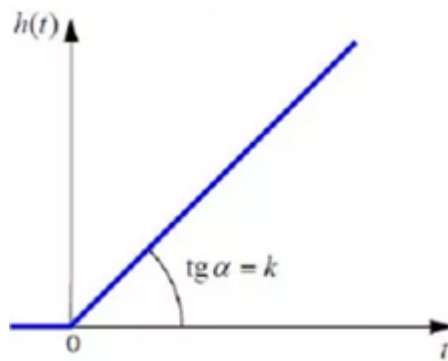


Рисунок 30. Переходная характеристика интегрирующего звена

Попробуйте смоделировать для работы другие варианты встречно – параллельной коррекции системы звеньев.

20. После завершения производимых работ отключите питание на модуле связи и на однофазном источнике питания.

21. Проведите анализ результатов.

2.8. РЕГИСТРАЦИЯ ПЕРЕХОДНОЙ ФУНКЦИИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Для регистрации переходной функции необходимо подать на вход объекта управления ступенчатое воздействие – включить напряжение на входе нагревателя и зарегистрировать выходной сигнал – температуру.

Необходимо произвести настройку измерителя регулятора на ПИД- регуляторе. В меню измерителя-регулятора выбираем команду `init`. Параметр `r391` (для элемента ТСП 50П). Запускаем процесс измерения через программу «Конфигуратор» на компьютере. После нескольких циклов измерений завершаем процесс в меню программы «Конфигуратор». В программе Excel строится переходная характеристика.

Зафиксируем полученную переходную характеристику. Произведем анализ и дадим характеристику переходной функции (рис. 31).

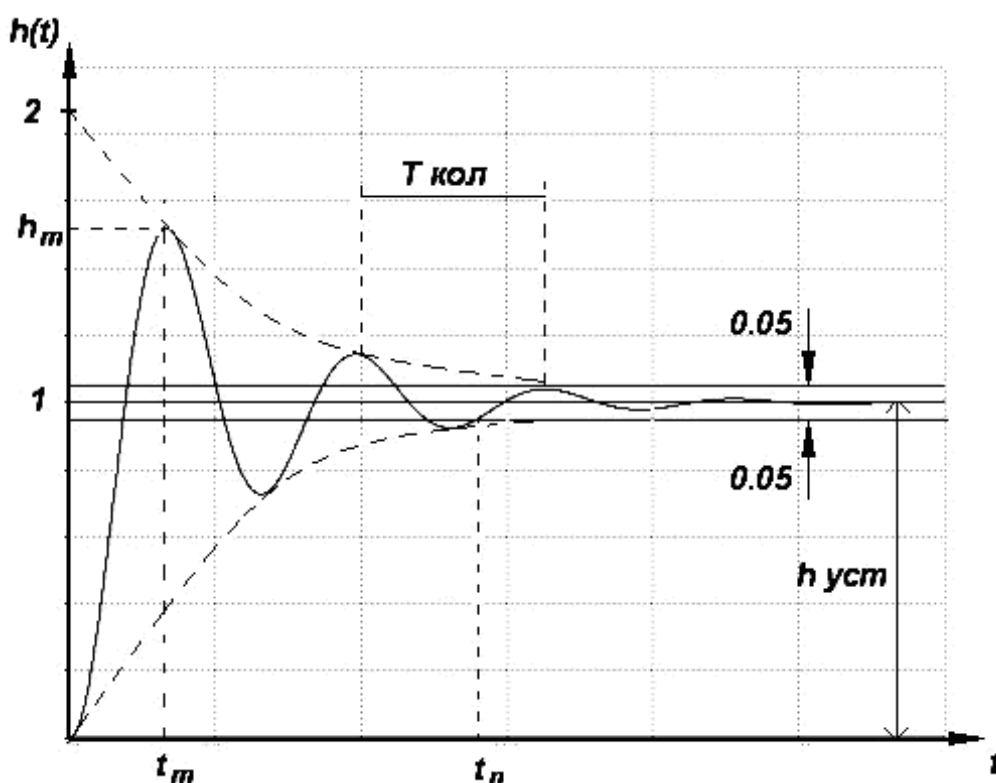


Рисунок 31. Кривая переходного процесса

2.9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЯМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

Получив переходную характеристику, можно легко определить и показатели качества по полученному изображению (рис. 32).

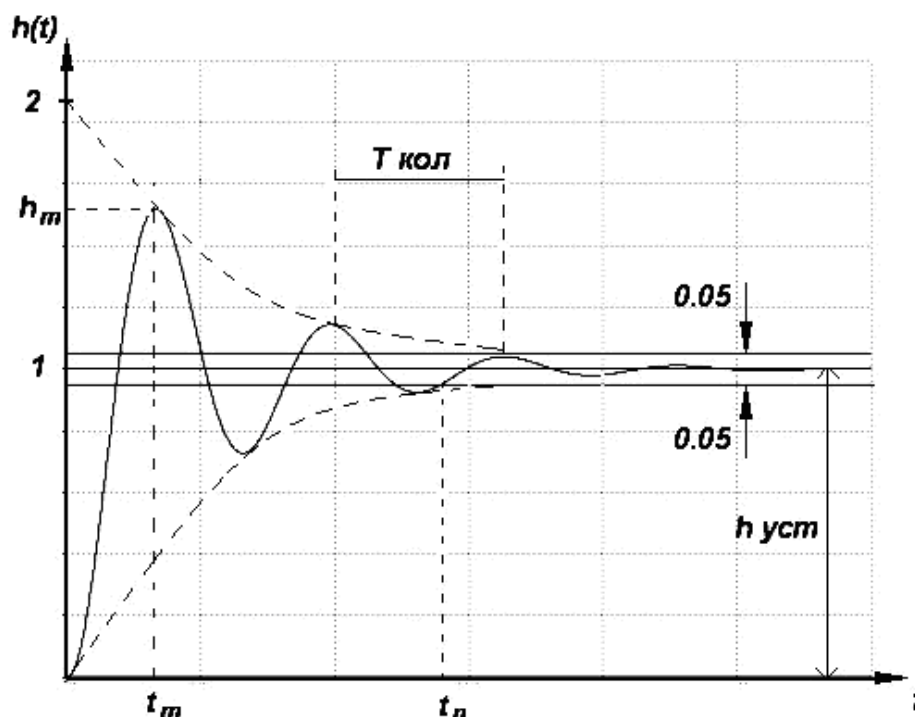


Рис. 32. Переходная характеристика

Качество переходного процесса и позволяет определить прямые показатели качества системы. Основными показателями являются:

1. Время переходного процесса t_n (или время регулирования). Это важнейший показатель, характеризующий быстродействие системы. Время, за которое переходная характеристика динамического переходного процесса входит в пятипроцентный коридор стабильности.

Для его определения на графике характеристики проводят две прямые, параллельные оси $0t$, отстоящие от установившегося значения $h_{уст}$ на величину $0,05h_{уст}$ в ту и другую сторону (трубка 5%). t_n — это момент времени, когда переходная характеристика входит в трубку 5% и больше из нее не выходит.

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta, \quad \Delta = 0,05h_{уст}$$

Определяют время переходного процесса визуально из полученной кривой.

2. Перерегулирование

$$\sigma = \frac{h_{max1} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

Переходный процесс имеет аperiodический или колебательный характер. Для систем радиоавтоматики он в большей степени имеет колебательный характер.

Перерегулирование – характеризует колебательность переходного процесса в системе при ступенчатом воздействии. Для инерционных систем уровень колебательности ограничивают, для электронных систем радиоавтоматики колебательность допускается, но ее приходится ограничивать, так как она является косвенной характеристикой запаса устойчивости системы. По переходной характеристике колебательность определяется по величине перерегулирования σ (см. формулу). Обычно выражается в процентах.

Для переходного процесса по возмущению перерегулирование вычисляется как отношение амплитуды A_2 второго полупериода отклонения регулируемой величины к амплитуде A_1 первого полупериода. $\delta = A_2/A_1 \cdot 100\%$.

Перерегулирование σ характеризует степень удаления системы от колебательной границы устойчивости (в случае нахождения системы на колебательной границе устойчивости в системе наблюдаются незатухающие колебания и $\sigma = 100\%$). Запас устойчивости считается достаточным, если $\sigma = 10\% \div 30\%$. Иногда допускается перерегулирование до 70%, а в ряде случаев не допускается вообще (для инерционных систем).

Время перерегулирования определяют по данным переходной характеристики.

Установившаяся ошибка характеризует отклонение установившегося значения регулируемой величины от заданного значения в конце переходного процесса. В общем случае установившаяся ошибка складывается из статической ошибки системы и ошибки, обусловленной наличием зоны нечувствительности регулятора.

Статическая ошибка регулирования $y_{уст}$ равна разности между установившимся значением регулируемого параметра и его заданным значением y_0 .

$$y_{ст} = y_{уст} - y_0.$$

2.10. НАСТРОЙКА ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПО ЧАСТОТНОМУ МЕТОДУ (МЕТОДЫ ЦИГЛЕРА-НИКОЛЬСА (ZIEGLER-NICHOLS) И TYREUS-LUYBEN (TLC))

Частотный метод основан на использовании запасов устойчивости. В этом варианте процедура настройки начинается с экспериментального исследования системы, состоящей из ПИД-регулятора и заданного объекта регулирования.

Пропорциональный коэффициент передачи ПИД-регулятора увеличивается до тех пор, пока на выходе системы не установятся колебания с постоянной амплитудой колебаний, то есть система не окажется на границе устойчивости. Фиксируется и обозначается через k_p^* значение коэффициента передачи регулятора, при котором система находится на границе устойчивости. Коэффициент передачи регулятора k_p определяется по графику переходной функции (рис. 33), когда система вошла в устойчивое состояние (рис. 34).

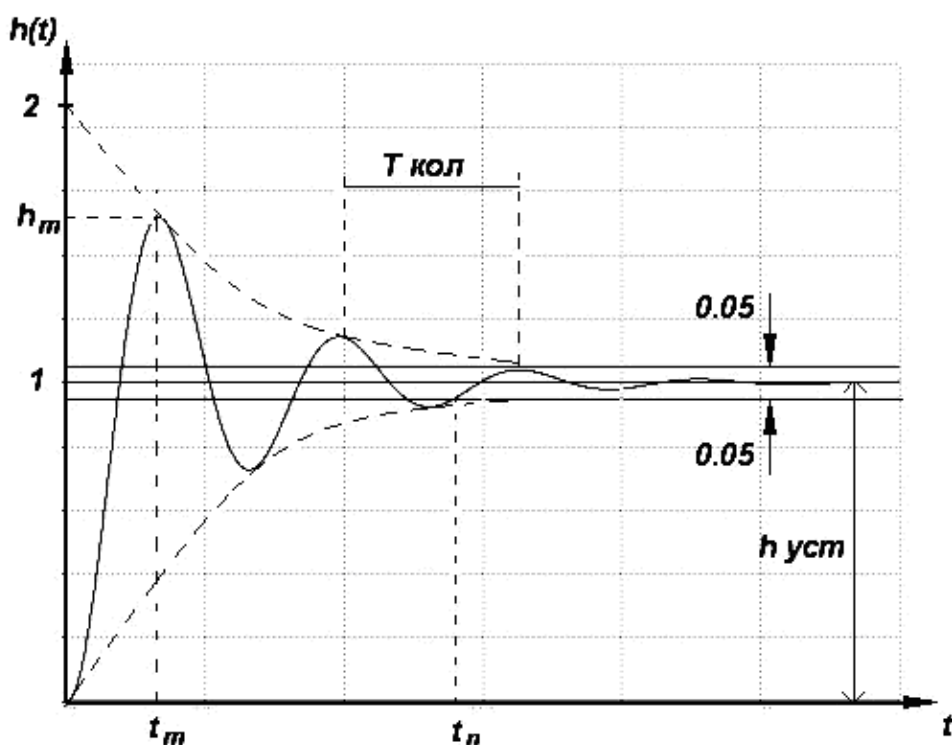


Рисунок 33. Общий вид переходной характеристики

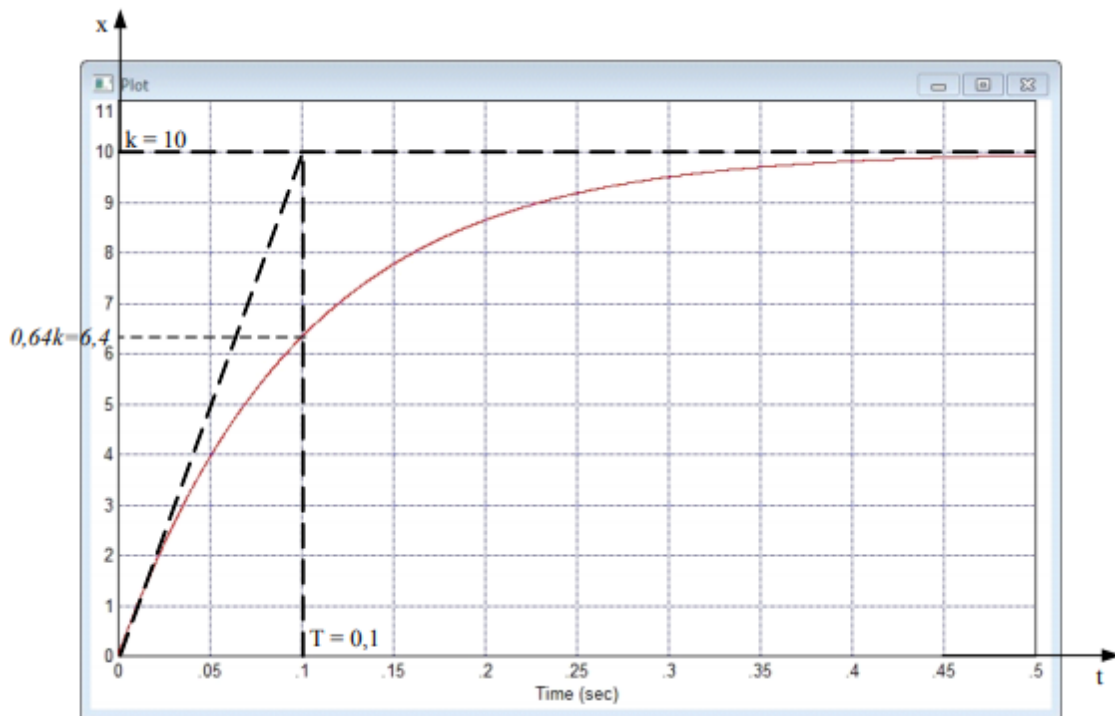


Рисунок 34. Участок переходной функции

В теории автоматического управления используются логарифмические частотные характеристики. Удобство работы с ними объясняется тем, что операции умножения и деления заменяются на операции сложения и вычитания.

Построенная в логарифмическом масштабе АЧХ, называется логарифмической амплитудной частотной характеристикой (ЛАЧХ)

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$$

Эта величина выражается в децибелах (дБ). При изображении ЛАЧХ удобнее по оси абсцисс откладывать частоту в логарифмическом масштабе, то есть $\lg \omega$, выраженную в декадах (дек) (рис. 35).

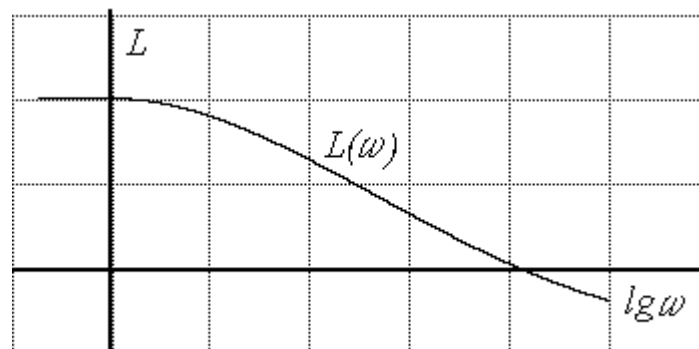


Рисунок 35. Пример логарифмической амплитудной частотной характеристики

В логарифмическом масштабе может быть изображена также и ФЧХ (рис. 36):

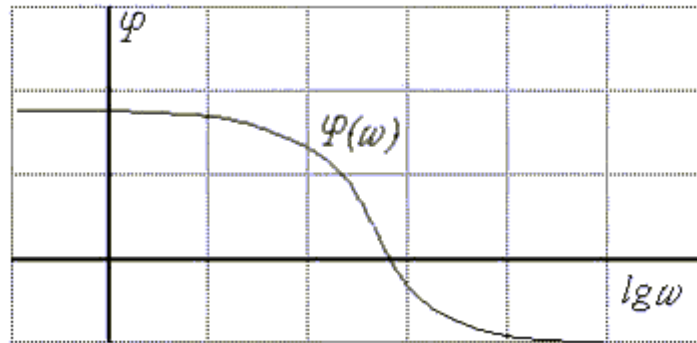


Рисунок 36. Пример логарифмической фазовой частотной характеристики

Пример:

ЛФХ, реальная и асимптотическая ЛАЧХ системы, передаточная функция которой имеет вид:

$$W(p) = \frac{3(0.25p + 1)}{(4p^2 + 0.2p + 1)(0.1p + 1)}$$

ЛАЧХ строится на основании данных, полученных в ходе эксперимента (рис. 37).

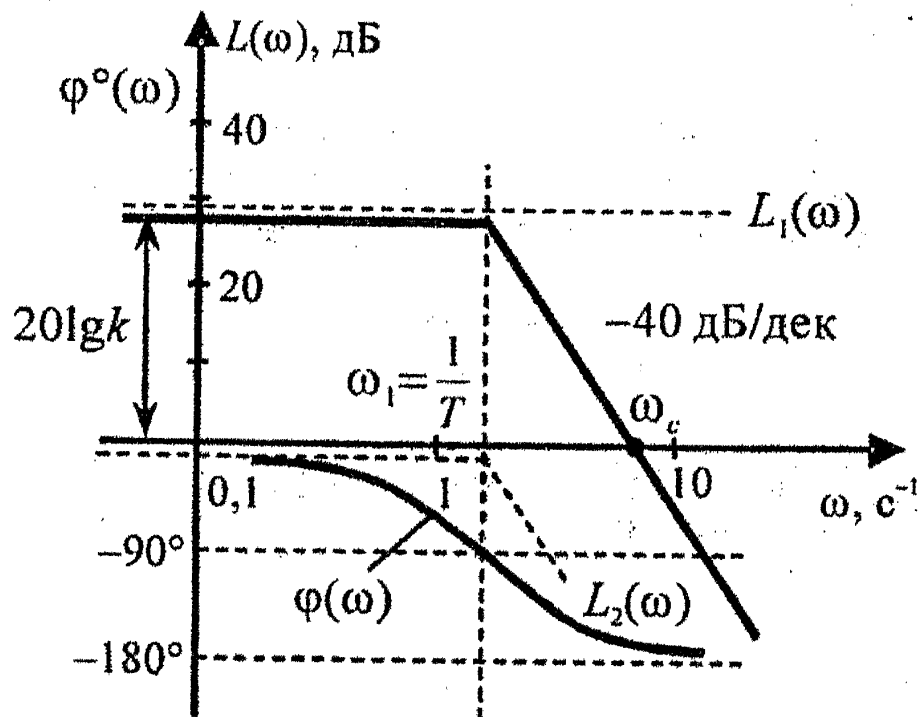


Рисунок 37. ЛАЧХ переходной функции

Изменение коэффициента k_p приводит к изменению времени интегрирования. Если при настройке регулятора установить очень малые значения k_p , получим И-регулятор.

Измеряется период T^* установившихся в системе колебаний (график функции). Значения параметров регулятора выбранного типа рассчитываются по формулам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1. Расчёт параметров регулятора

	Кп	Ки	Кд
Циглера-Николса	$0,6 \cdot k_p^*$	$0,6 \cdot k_p^* / T^*$	$0,75 \cdot k_p^* \cdot T^*$
Tureus Luyben	$k_p^* / 2,2$	$2,2 \cdot T^*$	$T^* / 6,3$

Недостатком этого варианта метода Циглера–Никольса является необходимость выводить систему на границу устойчивости, что для многих объектов управления делать не рекомендуется.

Далее обнуляем все коэффициенты и начинаем увеличивать пропорциональный. Но теперь не ждем появления колебаний, а просто фиксируем поведение системы для каждого значения коэффициента (отличным вариантом будет построение графика величины, которую необходимо стабилизировать, для каждого значения коэффициента).

Если видим, что, например, система очень медленно выходит на нужное значение, увеличиваем пропорциональный коэффициент. Если система начинает сильно колебаться относительно нужной величины, значит, коэффициент слишком велик, уменьшаем и переходим к настройке других составляющих.

Понимая, как работает ПИД-регулятор в целом, и представляя, как должна работать настраиваемая система, можно довольно-таки быстро и точно настроить коэффициенты регулятора. Особенно, если есть возможность построить графические зависимости и визуально следить за поведением системы.

Вот некоторые правила, которые могут помочь при настройке ПИД-регулятора:

- Увеличение пропорционального коэффициента приводит к увеличению быстродействия, но снижение устойчивости системы.
- Увеличение дифференциальной составляющей также приводит к значительному увеличению быстродействия.
- Дифференциальная составляющая призвана устранить затухающие колебания, возникающие при использовании только пропорциональной составляющей.
- Интегральная составляющая должна устранять остаточное рассогласование системы при настроенных пропорциональной и дифференциальной составляющих.

Стоит добавить, что не всегда необходимо использовать все три составляющие ПИД-регулятора, порой хватает пропорциональной и дифференциальной,

например, (ПД-регулятор). В общем, все сводится к тому, что для каждой системы необходим свой собственный подход при настройке и использовании ПИД-регулятора.

Контролировать процесс измерения параметров системы для получения переходной функции и оценки устойчивости системы (рис. 38).

Реакция управляющего воздействия ПИД-регулятора на изменение входного воздействия

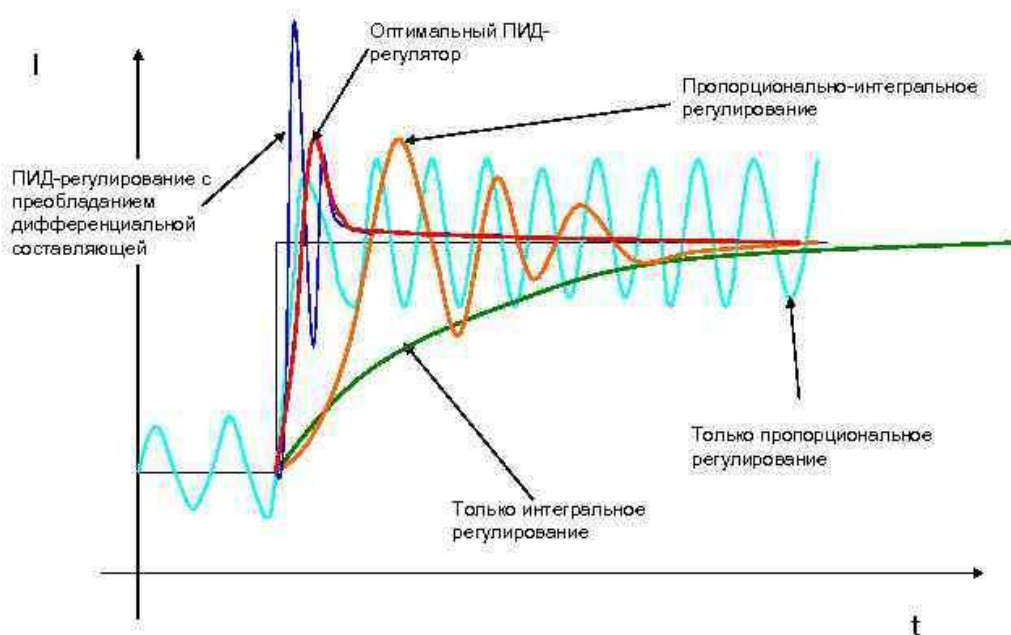


Рисунок 38. График составляющих характеристик ПИД – регулятора

2.11. НАСТРОЙКА ПИД-РЕГУЛЯТОРА ПО МЕТОДУ ОТКЛИКА НА ЕДИНИЧНОЕ СТУПЕНЧАТОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Метод Циглера–Никольса используется реакция объекта на ступенчатое изменение управляющего воздействия. Эту характеристику объекта обычно называют кривой разгона. Объекты управления, имеющие апериодическую кривую разгона, как на рис. 39, представляются в виде последовательного соединения, апериодического и запаздывающего звеньев. Переходная характеристика объекта управления представлена на рис. 40.

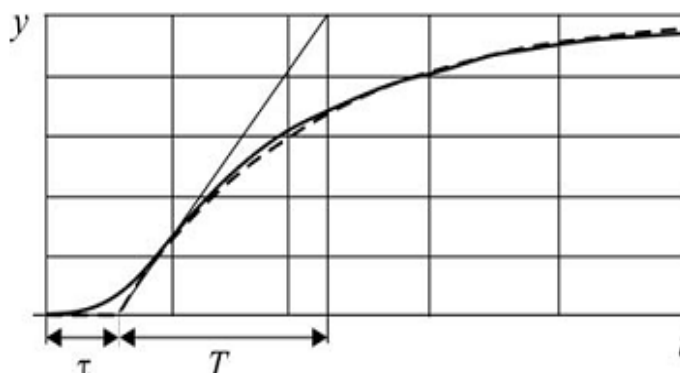


Рисунок 39. Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие

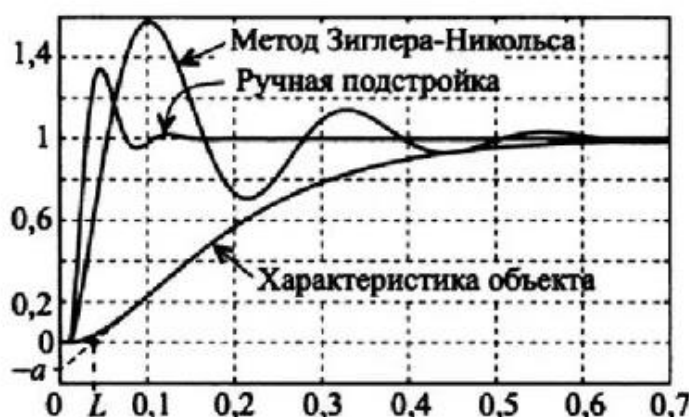


Рисунок 40. Переходная характеристика объекта

В этом случае передаточная функция объекта имеет вид

$$W_o(s) = \frac{k}{T_s + 1} e^{-\tau s}$$

где k – коэффициент передачи, T – постоянная времени, T_s – время запаздывания. Значения параметров регулятора рассчитываются непосредственно по значениям параметров k , T_s . Формулы для расчёта параметров регулятора приведены в таблице 2. Метод дает удовлетворительные результаты, если $0,15 T_s < 0,6$.

После расчетов необходимо ввести коэффициенты в настройках измерителя-регулятора.

Таблица 2. Расчёт параметров регулятора

	Кп	Ки	Кд
Циглера-Николса	$1,2 \cdot T / (k \cdot \tau)$	$0,6 \cdot T / (k \cdot \tau \cdot \tau)$	$1,2 \cdot T / k$
CHR	$0,95 / a$	$2,4 \cdot L / Kп$	$0,42 \cdot L / Kп$
Козна-Куна	$2 / a$	$0,66 \cdot T$	$0,17 \cdot T$

Далее необходимо запустить процесс измерения параметров системы для контроля переходной функции и устойчивости системы. Проанализировать кривую. Завершить процесс. Сделать выводы.

2.12. РУЧНАЯ ПОДСТРОЙКА ПИД-РЕГУЛЯТОРА

Ручная настройка подразумевает ручной подбор коэффициентов регулятора. Поступательно изменяя коэффициенты наблюдать переходной процесс до его стабилизации.

В режиме ручного регулирования измерителя-регулятора необходимо внести значения коэффициентов согласно руководству по эксплуатации и наблюдать процесс, происходящий в системе. Меняя значения коэффициентов, можно влиять на состояние системы и улучшать показатели.

Меняем один (или сразу несколько коэффициентов) регулятора, включаем регулятор и смотрим за работой системы. В зависимости от того, как ведет себя система с выбранными коэффициентами (недо/пере регулирование) опять меняем коэффициенты и повторяем эксперимент. Есть более «оптимизированный» метод подбора коэффициентов – метод Зиглера–Никольса. Метод работает не для любой системы, результаты получаются не самыми оптимальными.

Но, зато, метод очень простой и годится для базовой настройки регулятора в большинстве систем.

Суть метода состоит в следующем:

1. Выставляем все коэффициенты (K_p , K_i , K_d) в 0.
2. Начинаем постепенно увеличивать значение K_p и следим за реакцией системы. Нам нужно добиться, чтобы в системе начались устойчивые колебания (вызванные перерегулированием). Увеличиваем K_p , пока колебания системы не стабилизируются (перестанут затухать).
3. Запоминаем текущее значение K_p (обозначим его K_u) и замеряем период колебаний системы (T_u).

Теперь используем полученные значения K_u и T_u для расчета всех параметров ПИД регулятора по формулам:

$$K_p = 0.6 * K_u$$

$$K_i = 2 * K_p / T_u$$

$$K_d = K_p * T_u / 8.$$

Фиксируем изменения, происходящие в переходной функции. Производим анализ и оценку системы.

Завершаем процесс. Сохраняем данные.

Часть III. Практикум по микроконтроллерам

3.1. ПОРТЫ ВВОДА – ВЫВОДА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Контроллер STM32F407VG содержит пять 16-разрядных портов ввода/вывода общего назначения, которые обозначены как GPIOx, где x может иметь значения A, B, C, D, E. Каждый порт GPIO имеет четыре 32-битных регистра конфигурации (GPIOx_MODER, GPIOx_TYPER, GPIOx_SPEEDR, GPIOx_ORD), два 32-битных регистра данных (GPIOx_ODR, GPIOx_IDR) и два 32-битных регистра выбора дополнительных функций (GPIOx_AFRH и GPIOx_AFRL).

Важной особенностью архитектуры Cortex-M является необходимость отдельно включать тактирование периферии, в том числе и портов ввода-вывода.

Стандартные библиотеки (в данном случае SPL – Standart Periferal Library) предназначены для облегчения написания программ к микроконтроллеру.

Порядок выполнения практикума:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с портами ввода – вывода (TEST_LAB_GPIO).
2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.
3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB. Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, стартует сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.
4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.
5. Изучите схему, представленную на рис. 41.

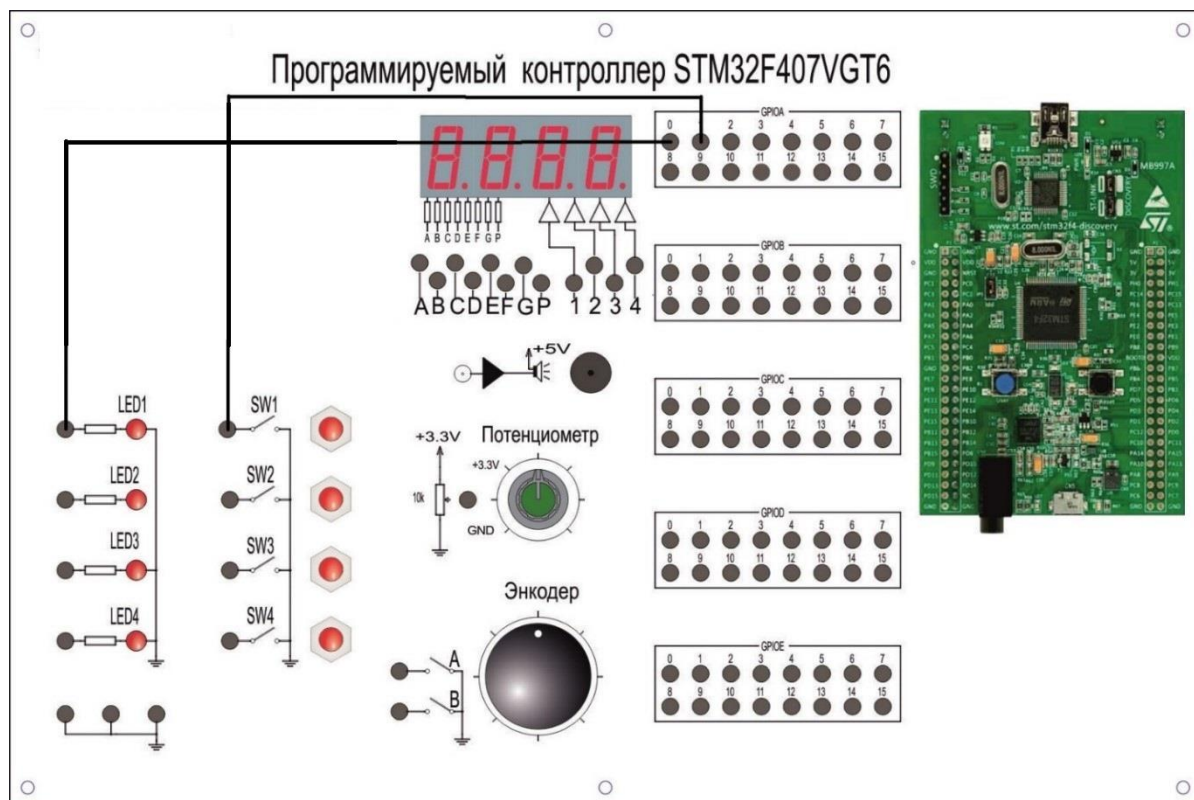


Рисунок 41. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер и проверьте работоспособность программы. При включении переключателя SW1 должен загораться светодиод LED1.

7. Отключите микроконтроллер от компьютера.

8. В соответствии с индивидуальным заданием реализуйте необходимый функционал.

9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в ее работоспособности.

10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания:

1. Реализуйте зажигание диода по логическому И, используя для кнопок входы PA8 и PC3.

2. Реализуйте зажигание диода по логическому ИЛИ, используя для кнопок входы PA4 и PB3.

3. Реализуйте зажигание диода с выхода PB2 с кнопки, привязанной к PA4 и диода с выхода PC2 с кнопки, привязанной к PA11.

4. Усложненное. Выведите любую информацию на семисегментный индикатор по нажатию кнопки.

3.2. ТАЙМЕРЫ – СЧЕТЧИКИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА. ПРЕРЫВАНИЯ

Прерывания – механизм, который позволяет аппаратному обеспечению сообщать о наступлении важных событий в своей работе. В момент, когда происходит прерывание, процессор переключается с выполнения основной программы на выполнение соответствующего обработчика прерываний. Как только выполнение обработчика завершено, продолжается выполнение основной программы с места, в котором она была прервана.

Для использования прерываний необходимо вначале настроить регистр, который называется Nested Vector Interrupt Controller (NVIC), встроенный контроллер вектора прерываний. Данный регистр является стандартной частью архитектуры ARM и встречается на всех процессорах, независимо от производителя. NVIC разработан таким образом, что задержка прерывания минимальна. NVIC поддерживает встроенные прерывания с 16-ю уровнями приоритета.

Микроконтроллер STM32F407VG содержит 14 таймеров. Таймеры подразделяются на три типа:

- 1) с расширенными возможностями;
- 2) общего назначения;
- 3) базовые.

Каждый таймер может иметь до 4 линий захвата/сравнения (именно они используются в режиме генерации ШИМ).

Порядок выполнения задания:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с прерываниями и таймером (TEST_LAB_TIM_Inrerrupt).
2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.
3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, стартует сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 42.

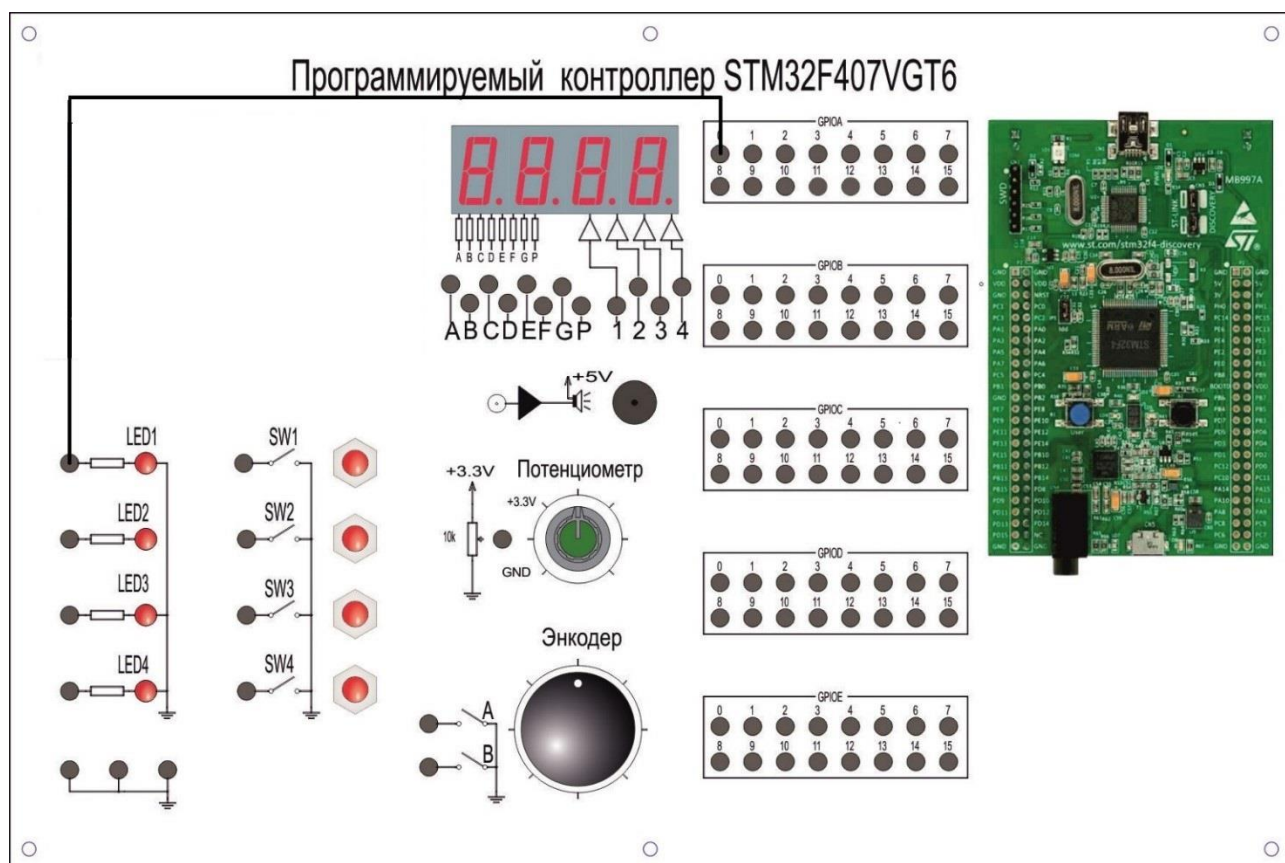


Рисунок 42. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер и проверьте работоспособность программы. Светодиод LED1 должен мигать с определенной частотой.
7. Отключите микроконтроллер от компьютера.
8. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.
9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.
10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.
11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания

1. Реализуйте двоичный счетчик времени, используя таймер TIM6 и светодиоды.
2. Реализуйте систему обратного отсчета, используя таймер TIM7, кнопку и светодиод.
3. Усложненное. Реализуйте запуск таймеров по цепочке с индикацией пройденных этапов.

3.3. ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ FREERTOS. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ЖК ДИСПЛЕЯ. СПОСОБЫ ОТСЧЕТА ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Существует несколько основных способов отсчета временных интервалов. Самый простейший и наименее точный – заставить контроллер выполнять математическую операцию определенное количество раз. Более правильный – запустить встроенный таймер и дождаться достижения нужного интервала. При использовании операционной системы можно воспользоваться встроенным API.

Операционная система предназначена для облегчения реализации параллельных задач.

Существует множество типов графических дисплеев, отличающихся не только типом матрицы, но и интерфейсом взаимодействия. В данном случае дисплей использует параллельную шину и для контроллера выглядит как внешняя память.

Порядок выполнения практикума:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с прерываниями и таймером (TEST_LAB_FREERtos_Delay_SCREEN).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, стартует сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 43.

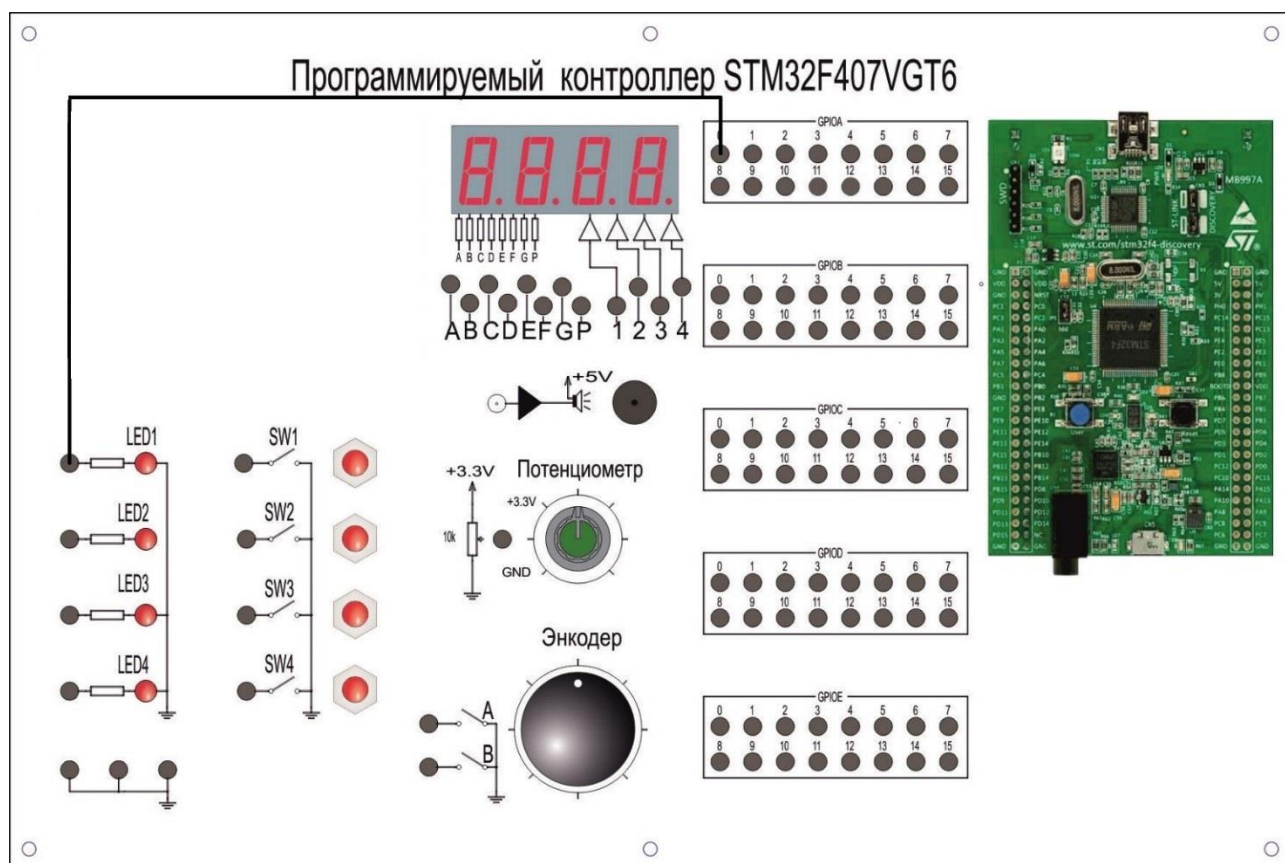


Рисунок 43. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер и проверьте работоспособность программы. Во время работы программы мигает светодиод LED1 с определенной частотой и экран.

7. Отключите микроконтроллер от компьютера.

8. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания

1. Используя API библиотеки дисплея нарисуйте шахматную доску.

2. Не меняя код в main.c сделайте так, чтобы состояние диода и дисплея менялось через равные промежутки времени.

3. В задаче светодиода реализуйте задержку в 1с не используя таймеры и API FreeRTOS.

4. Усложненное. Добавьте новый графический примитив в библиотеку TFT.

3.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЦП И ЦАП МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Модуль АЦП предназначен для представления аналогового сигнала в цифровом виде. Модуль ЦАП предназначен для обратного преобразования.

Порядок выполнения практикума:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с прерываниями и таймером (TEST_LAB_ADC_DAC).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 44.

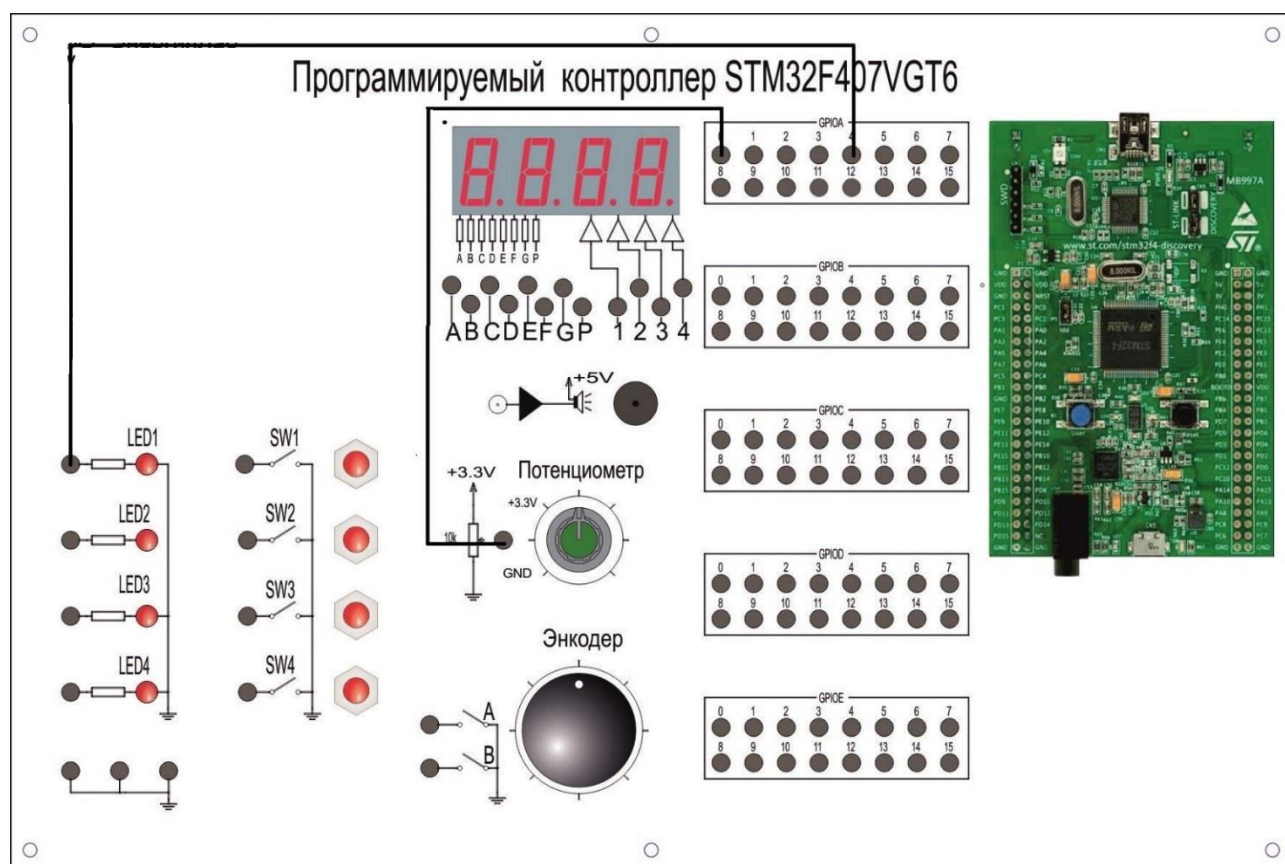


Рисунок 44. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер и проверьте работоспособность программы. При работе программы считывается напряжение с ЦАП (АЦП) и напряжение фиксируем его. Потенциометром меняется накал светодиода (наличие переданного напряжения).

7. Отключите микроконтроллер от компьютера.
 8. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.
 9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.
 10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.
 11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.
- Дополнительные задания
1. Переназначьте вход на PA3, ADC3.
 2. Добавьте второй выход ЦАП так, чтобы значения на выходах менялись в противоположном направлении.
 3. Усложненное. Сгенерируйте синус с частотой 1кГц.

3.5. ПРЯМОЙ ДОСТУП К ПАМЯТИ. ПРИНЦИПЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В микроконтроллерах семейства STM32F4 существует множество модулей, предназначенных для связи. Также там присутствует контроллер ПДП, предназначенный для выполнения операции копирования данных без задействования ядра.

Порядок выполнения практикума:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с прерываниями и таймером (TEST_LAB_UART_DMA_1-Wire).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, стартует сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 45.

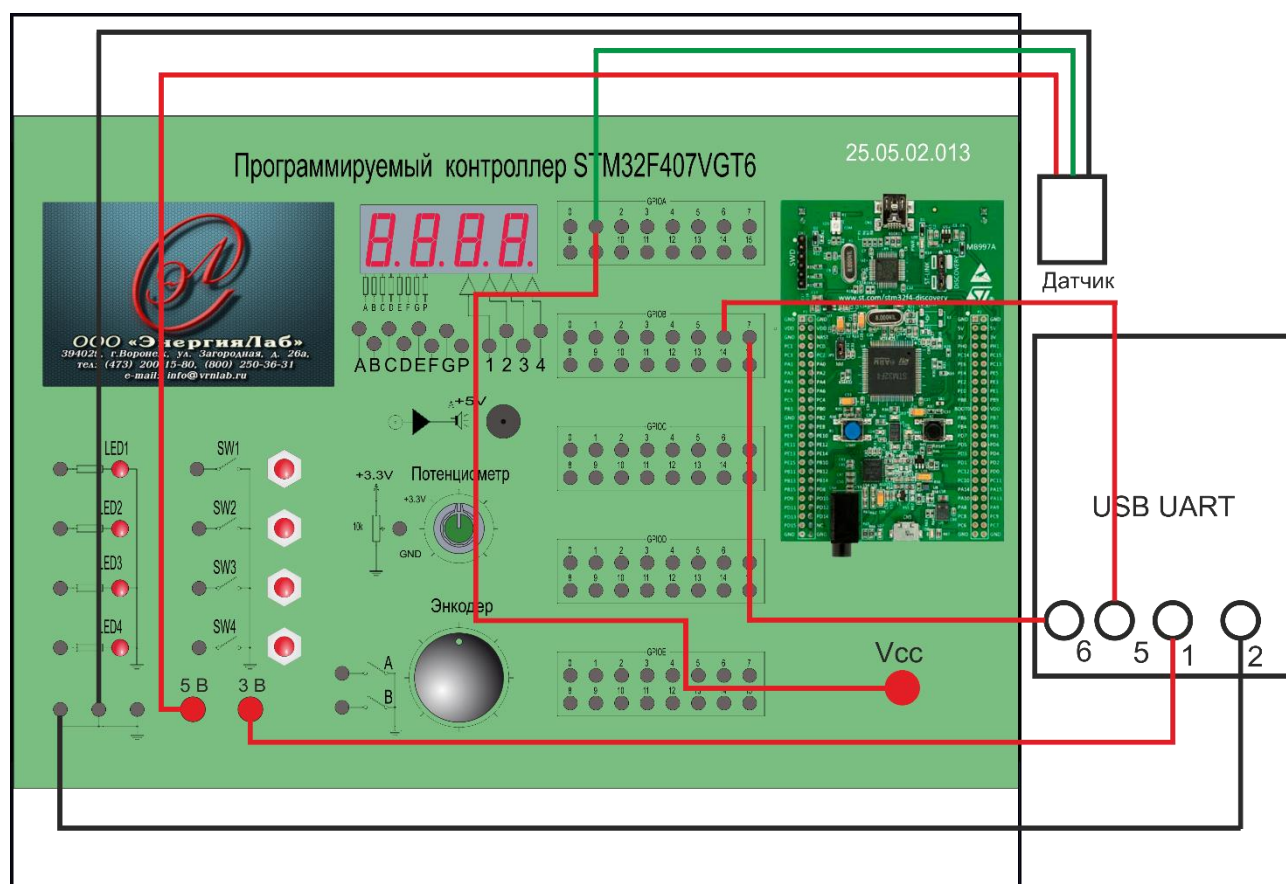


Рисунок 45. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер и проверьте работоспособность программы (для связи с контроллером используйте программу terminal). В программе Terminal выбрать порт (Baud rate – 9600) и нажать Connect. Затем фиксировать отображение температуры, измеренной датчиком. Показания 241 говорит о температуре 24 градуса по Цельсию и 1 (десятая часть дроби).

7. Отключите микроконтроллер от компьютера.

8. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания

1. Переделайте библиотеку COM1_F4 так, чтобы использовать для связи с компьютером USART3.

2. Усложненное. Используя протокол SPI организуйте обмен контроллера с самим собой. Нужные библиотеки находятся в папке LIBS.

3. Усложненное. Используя протокол I2S организуйте обмен контроллера с самим собой. Нужные библиотеки находятся в папке LIBS.

4. Сделайте так, чтобы контроллер производил измерение температуры и отправку ее по UART только по команде “K1!”.

3.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНА С КОМПЬЮТЕРОМ ПО ИНТЕРФЕЙСУ USB (HID И CDC УСТРОЙСТВА)

В микроконтроллерах семейства STM32F4 присутствует аппаратный модуль USB. Так как протокол USB довольно сложен, лучше всего воспользоваться готовыми решениями.

Порядок выполнения практикума

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с прерываниями и таймером (TEST_LAB_USB_CDC).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB. Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Подключите микроконтроллер к компьютеру с помощью кабелей mini-USB и micro-USB.

6. Откройте программу terminal и подключитесь к контроллеру. Убедитесь в работоспособности примера.

В программе Terminal в поле необходимо выбрать порт и нажать Connect. В нижнем поле ввести любые надписи и нажать Send. Надпись должна полностью повториться.

7. Отключите микроконтроллер от компьютера. Повторить проверку работы для (TEST_LAB_USB_HID).

8. Добавьте индикацию состояния USB (подключен, отключен, обмен). Придумайте и опишите в программе свой текстовый протокол (например, чтение положения потенциометра, кнопок и включение/выключение светодиодов), внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

11. Сделайте выводы о проделанной работе.

3.7. РАБОТА С ПАМЯТЬЮ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПО I2C

В микроконтроллере STM32F407 отсутствует EEPROM. Этот недостаток можно устранить, используя внешнюю память.

Порядок выполнения задания

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу с памятью (TEST_LAB_MEM_EXAMPLE).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 46.

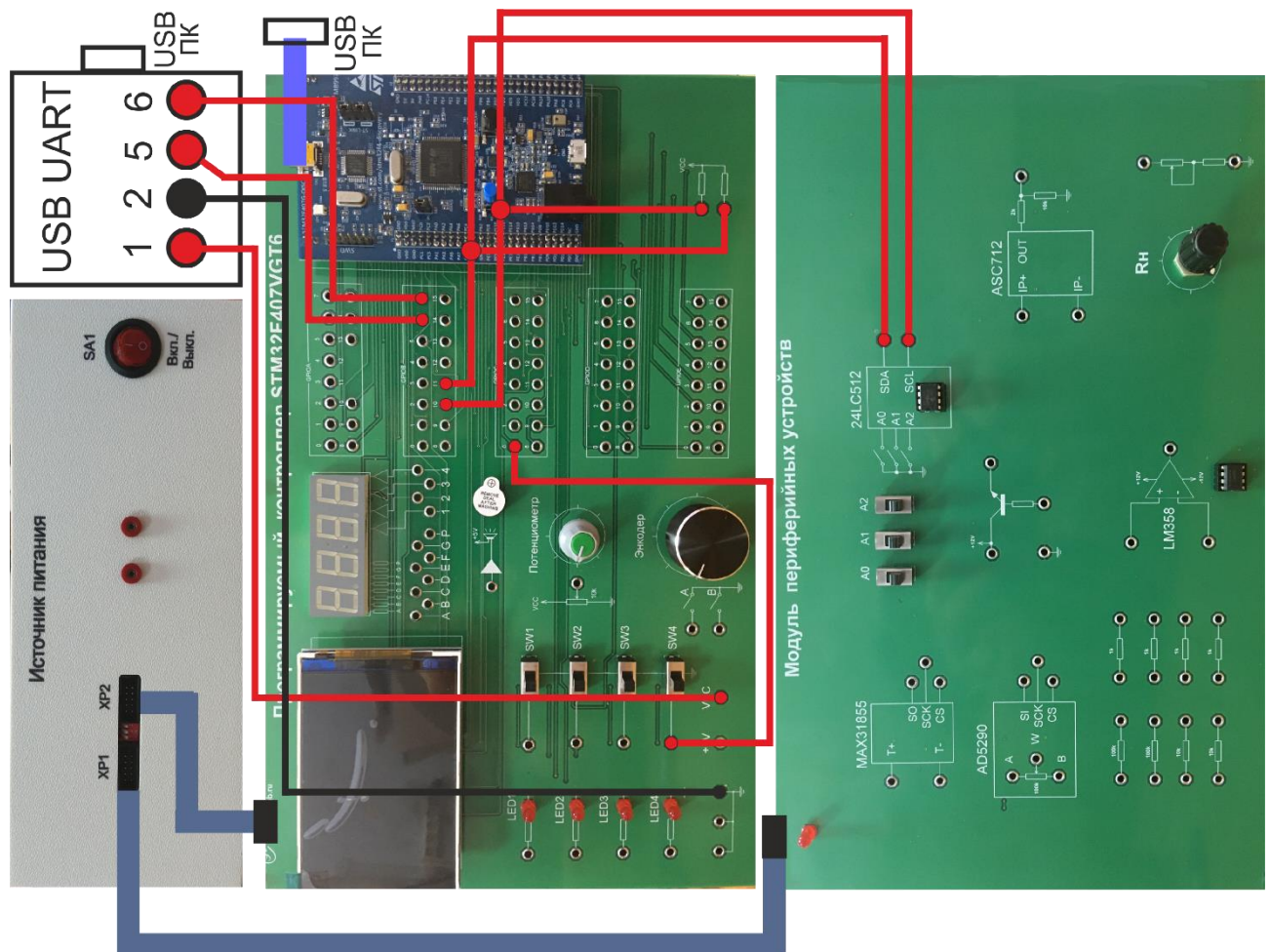


Рисунок 46. Схема соединений

6. Подайте питание на контроллер (USB шнур) и проверьте работоспособность программы (для связи с контроллером используйте программу terminal). В программе Terminal выбрать порт COM, например, 4; (Baud rate – 9600) и нажать Connect. Запрос состоит из 1-4 символов, где первый определяет команду (W –

запись, R – чтение, любой другой — проверка связи), второй и третий — не важны, а четвертый — записываемый символ.

Ответ представляет собой число, являющееся кодом записанного символа по таблице ASCII в десятичном виде (сама таблица есть в программе Terminal, кнопка «ASCII table»).

Внимание! Краткие моргания светодиода и ответы в виде отрицательных чисел говорят об отсутствии связи с микросхемой памяти. Убедитесь в том, что все переключатели (A0, A1, A2) находятся в верхнем положении.

7. Отключите микроконтроллер от компьютера.

8. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

9. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

10. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

11. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания:

1. Доработать библиотеку для связи с микросхемой памяти (добавить запись и чтение массивов).

2. Доработать протокол связи (запись и чтение с произвольного адреса массивов и одиночных значений)

3.8. ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПАРЫ ТИПА К

Порядок выполнения практикума

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу (TEST_LAB_TEMP_EXAMPLE).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 47. Подсоедините кабель mini-USB к контроллеру.

6. Включите тумблер SA1 на передней панели источника питания.

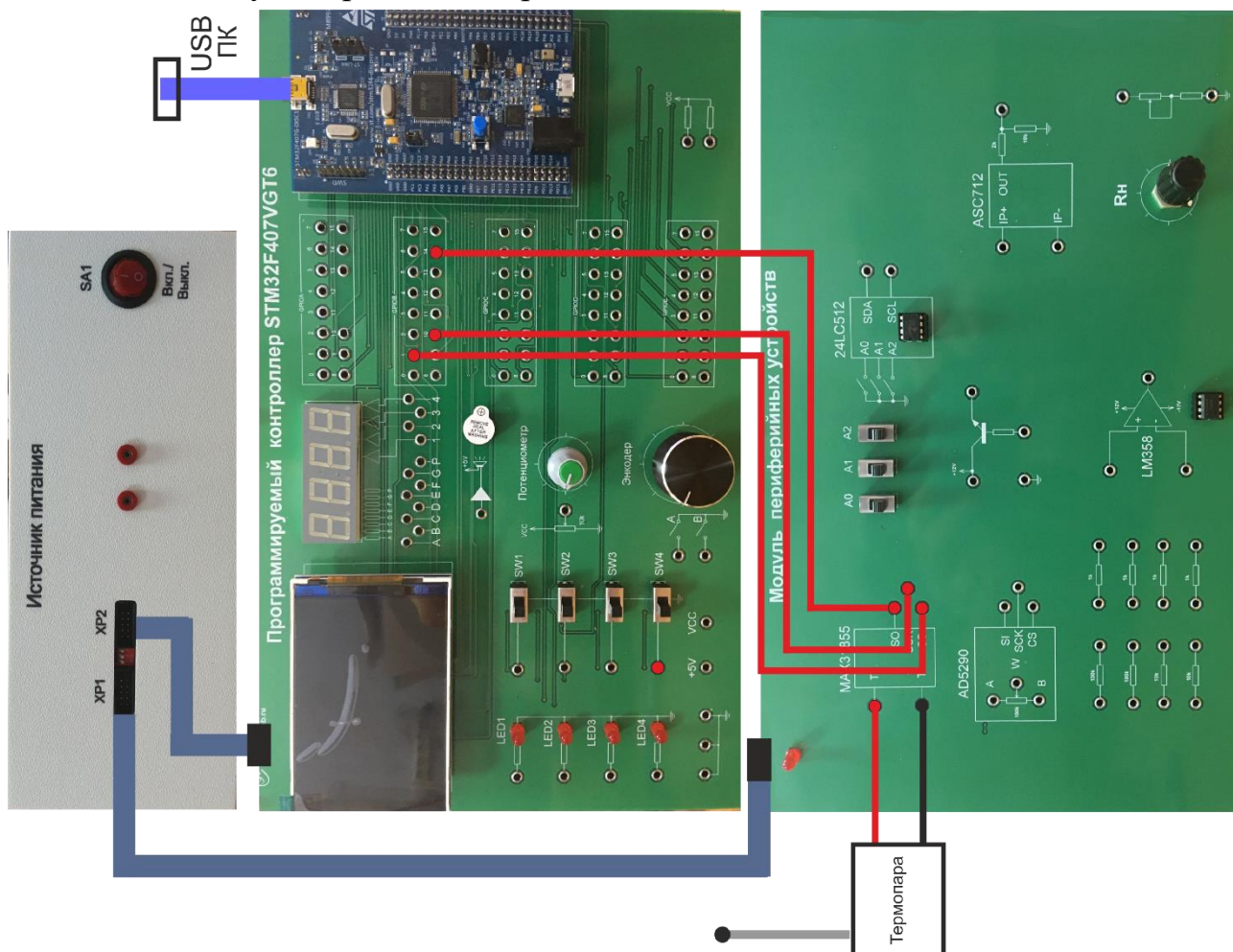


Рисунок 47. Схема соединений

7. Подайте питание на контроллер (шнур mini-USB) и проверьте работоспособность программы. На дисплее модуля «Программируемого контроллера» должна отображаться температура окружающей среды.

8. По завершению работы отключите микроконтроллер от компьютера.
9. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.
10. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.
11. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.
12. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания:

1. Добавьте возможность калибровки температуры (с помощью линейной или кусочно — линейной аппроксимации).

3.9. ПОСТРОЕНИЕ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ. ПОСТРОЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА. ПОСТРОЕНИЕ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

Порядок выполнения работы

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу (TEST_LAB_ADC_DC_EXAMPLE).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 48. Подсоедините кабель mini-USB к контроллеру.

6. Включите тумблер SA1 на передней панели источника питания.

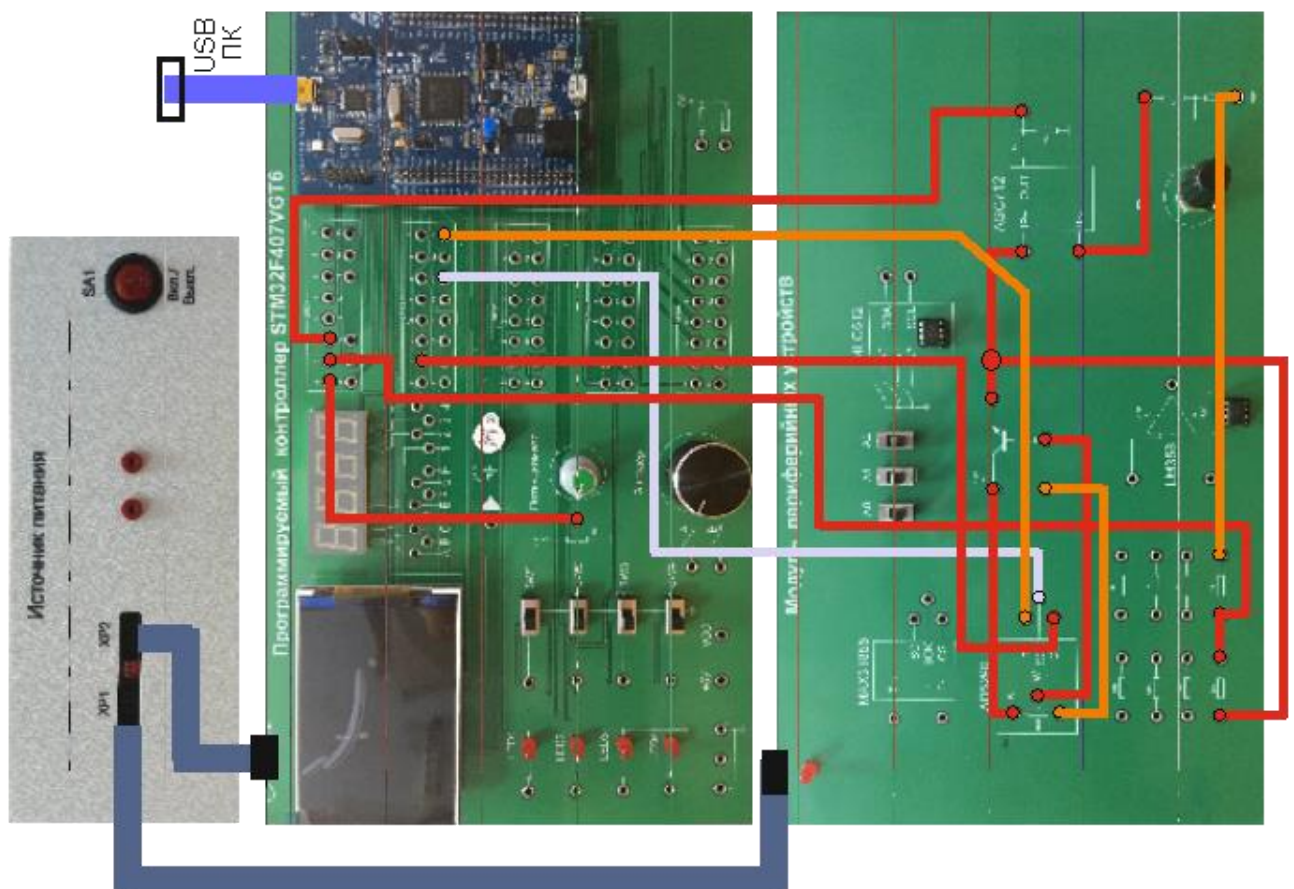


Рисунок 48. Схема соединений

7. Подайте питание на контроллер (шнур mini-USB) и проверьте работоспособность программы. На дисплее модуля «Программируемого контроллера» должны отображаться три цифры («сырые» значения с 12 bit АЦП микроконтроллера: напряжение на потенциометре, напряжение на выходе усилителя (через делитель 1:10) и ток на выходе датчика тока ACS712 (через делитель 1:5)). Усилитель управляется с помощью потенциометра. Опорное напряжение АЦП составляет 3В.

Построение измерительных систем выполнено на базе микроконтроллера. Измерение постоянного тока реализовано на датчике тока. Программно-управляемый источник питания и программно-управляемый усилитель выполнены на базе транзистора и программно-управляемого делителя AD5290.

8. По завершению работы отключите микроконтроллер от компьютера.

9. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

10. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

11. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

12. Сделайте выводы о проделанной работе.

Дополнительные задания:

1. Сделать управление усилителем с терминала (программное управление).

2. Перевести «сырые» данные в соответствующие единицы измерений. Добавить вывод значения мощности.

3. Предусмотреть возможность калибровки.

4. Изменить схему для более полного охвата диапазона АЦП (подобрать делитель).

3.10. ПОСТРОЕНИЕ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОГО ГЕНЕРАТОРА

Порядок выполнения практикума:

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу (TEST_LAB_GEN_EXAMPLE).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 49. Подсоедините кабель mini-USB к контроллеру.

6. Включите тумблер SA1 на передней панели источника питания.

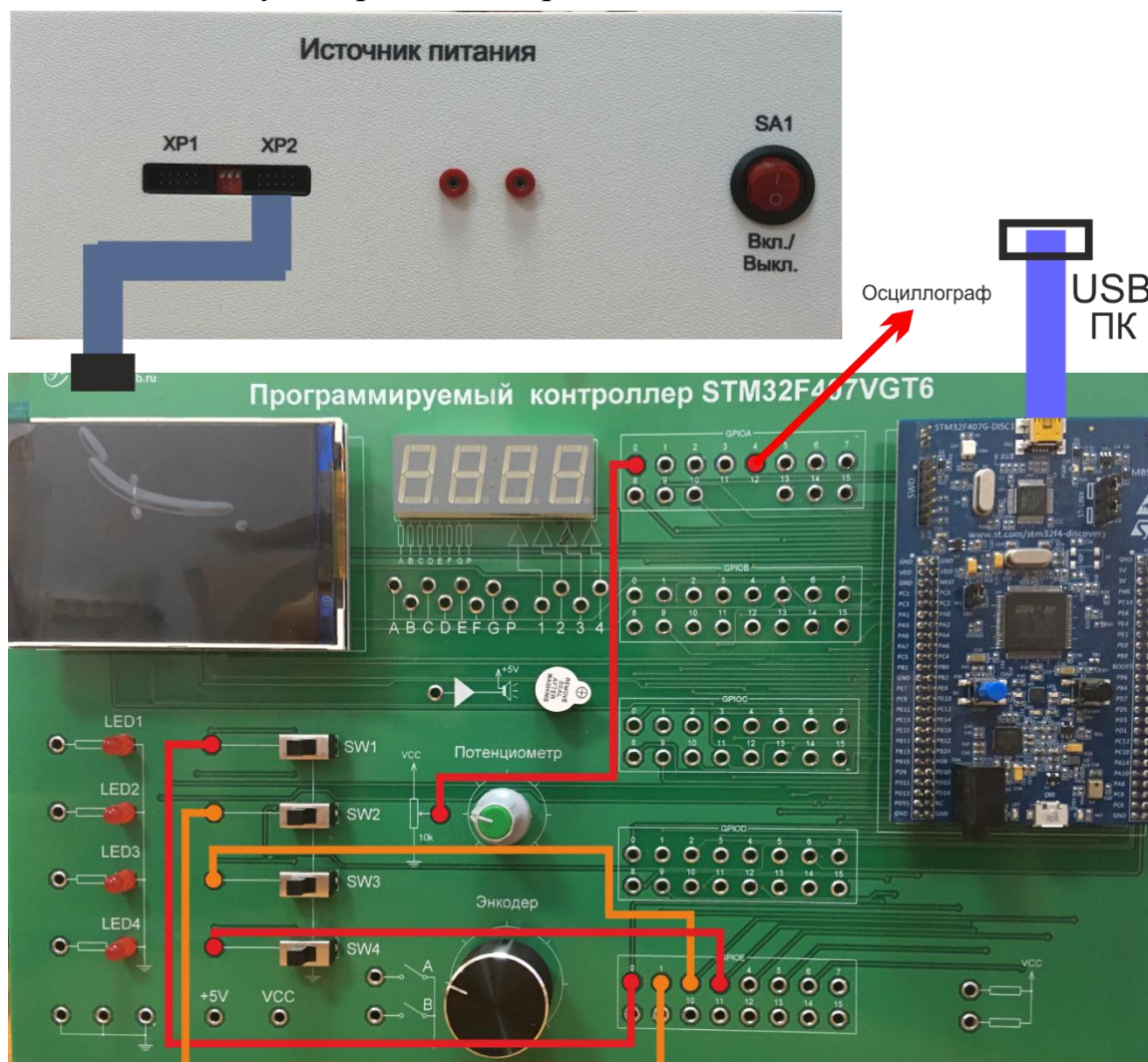


Рисунок 49. Схема соединений

7. Подайте питание на контроллер (шнур mini-USB) и проверьте работоспособность программы. На дисплее модуля «Программируемый контроллер» должны отображаться цифры (верхняя-амплитуда сигнала в числах (0 ... 4095), нижняя-номер сигнала).

Числу 4095 соответствует размаху сигнала - 3 В. Номер сигнала изменяется при включении переключателей SW1-SW4. Число 0 это синус. Остальные числа, это сигнал в форме меандра с различной скважностью. Генерируемые сигналы можно фиксировать осциллографом в контактной точке А4, обозначенной на схеме соединений.

8. По завершению работы отключите микроконтроллер от компьютера.

9. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

10. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

11. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

12. Сделайте выводы о проделанной работе.

Дополнительные задания:

1. Добавить сигналы разных форм (треугольник, пила, синус).
2. Добавить возможность изменения частоты сигнала.
3. Добавить возможность изменения смещения.
4. Сделать генерацию по принципу DDS.

3.11. ВХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА АЦП. ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

Порядок выполнения практикума

1. Откройте пример программы, который демонстрирует работу (TEST_LAB_ADC_AC_EXAMPLE).

2. Изучите алгоритм работы предоставленного примера.

3. Подсоедините контроллер к компьютеру с помощью кабеля mini-USB.

Важно: так как программа, находящаяся в памяти контроллера, запускается сразу же при подаче питания, убедитесь в отсутствии соединений.

4. Загрузите программу в память контроллера нажатием кнопки Download Code To Flash.

5. Изучите схему, представленную на рис. 50. Подсоедините кабель mini-USB к контроллеру.

6. Включите тумблер SA1 на передней панели источника питания.

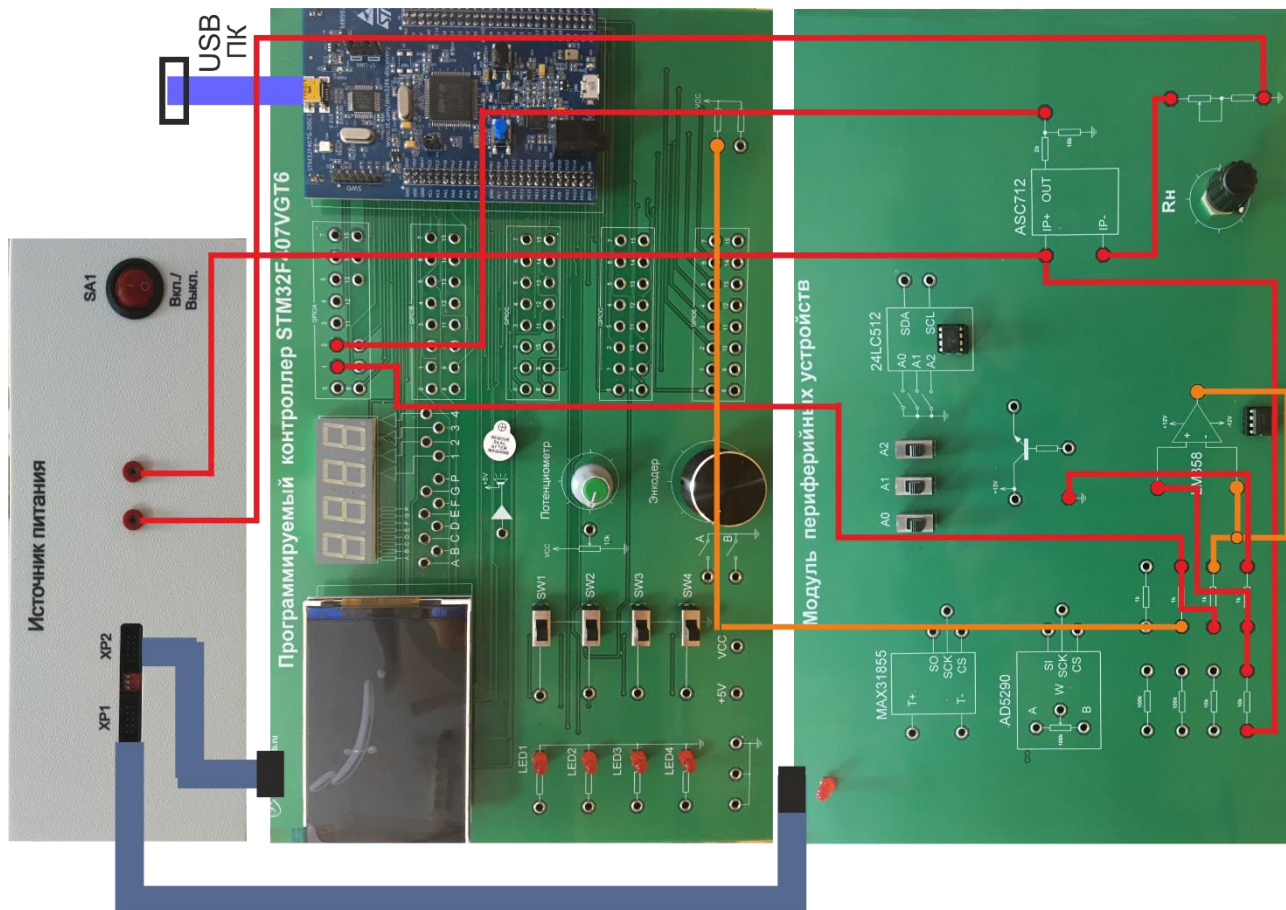


Рисунок 50. Схема соединений

7. Подайте питание на контроллер (шнур mini-USB) и проверьте работоспособность программы. На дисплее модуля «Программируемого контроллера» должны отображаться две цифры («сырые» значения с 12 bit АЦП микроконтроллера: действующее напряжение на выходе повторителя (через делитель 1:10, со

смещением) и действующий ток на выходе датчика тока ACS712 (через делитель 1:5)). Опорное напряжение АЦП составляет 3В.

В схеме реализовано входное устройство для АЦП микроконтроллера (резистивные делители, ОУ выполнен как повторитель).

8. По завершению работы отключите микроконтроллер от компьютера.

9. В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя внесите изменения в пример и предоставьте получившуюся программу на проверку.

10. Скомпилируйте программу нажатием клавиши F7, загрузите ее в контроллер и убедитесь в работоспособности.

11. Отключите питание контроллера (отсоединить USB кабель от платы контроллера) и закройте среду разработки.

12. Сделайте выводы о проделанной работе и составьте отчет.

Дополнительные задания:

1. Перевести «сырые» данные в соответствующие единицы измерений. Добавить вывод значения мощности.

2. Переделать программу для отображения амплитудных значений.

3. Предусмотреть возможность калибровки.

3. Изменить схему для более полного охвата диапазона АЦП (подобрать делитель).

3.12. ИЗУЧЕНИЕ РЕГУЛИРОВКИ МОЩНОСТИ НА ОСНОВЕ ШИМ

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) – способ управления средним значением напряжения на нагрузке путем изменения скважности импульсов, управляемых ключом. В основном, микроконтроллеры позволяют генерировать цифровой ШИМ различной частоты.

Широтно-импульсная модуляция в цифровой интерпретации является одной из многочисленных функций микроконтроллера (МК). Оперируя исключительно цифровыми данными, МК может формировать на своих выходах либо высокий (100%), либо низкий (0%) уровень напряжения. Однако в большинстве случаев для эффективного управления нагрузкой напряжение на выходе МК необходимо изменять. Например, регулировка скорости вращения двигателя, изменение яркости светодиода. Что делать, чтобы получить на выходе микроконтроллера любое значение напряжения в диапазоне от 0 до 100%?

Вопрос решается применением метода широтно-импульсной модуляции и, используя явление передискретизации, когда заданная частота переключения в несколько раз превышает реакцию управляемого устройства. Изменяя скважность импульсов, меняется среднее значение выходного напряжения. Как правило, весь процесс происходит на частоте в десятки-сотни кГц, что позволяет добиться плавной регулировки. Технически это реализуется с помощью ШИМ-контроллера – специализированной микросхемы, которая является «сердцем» любой цифровой системы управления. Активное использование контроллеров на основе ШИМ обусловлено их неоспоримыми преимуществами: высокой эффективности преобразования сигнала; стабильность работы; экономии энергии, потребляемой нагрузкой; низкой стоимости; высокой надёжности всего устройства.

Получить на выводах микроконтроллера ШИМ сигнал можно двумя способами: аппаратно и программно. В каждом МК имеется встроенный таймер, который способен генерировать ШИМ импульсы на определённых выводах. Так достигается аппаратная реализация. Получение ШИМ сигнала с помощью программных команд имеет больше возможностей в плане разрешающей способности и позволяет задействовать большее количество выводов. Однако программный способ ведёт к высокой загрузке МК и занимает много памяти. Примечательно, что в цифровой ШИМ количество импульсов за период может быть различным, а сами импульсы могут быть расположены в любой части периода. Уровень выходного сигнала определяется суммарной длительностью всех импульсов за период. При этом следует понимать, что каждый дополнительный импульс

– это переход силового транзистора из открытого состояния в закрытое, что ведёт к росту потерь во время переключений. Порядок выполнения практикума

1. Внимательно изучите необходимый раздел теоретических сведений, а также описание стенда. Предварительно необходимо изучить среду разработки CoCoX CoIDE 1.7.

2. Изучите схему, представленную на рис. 51.

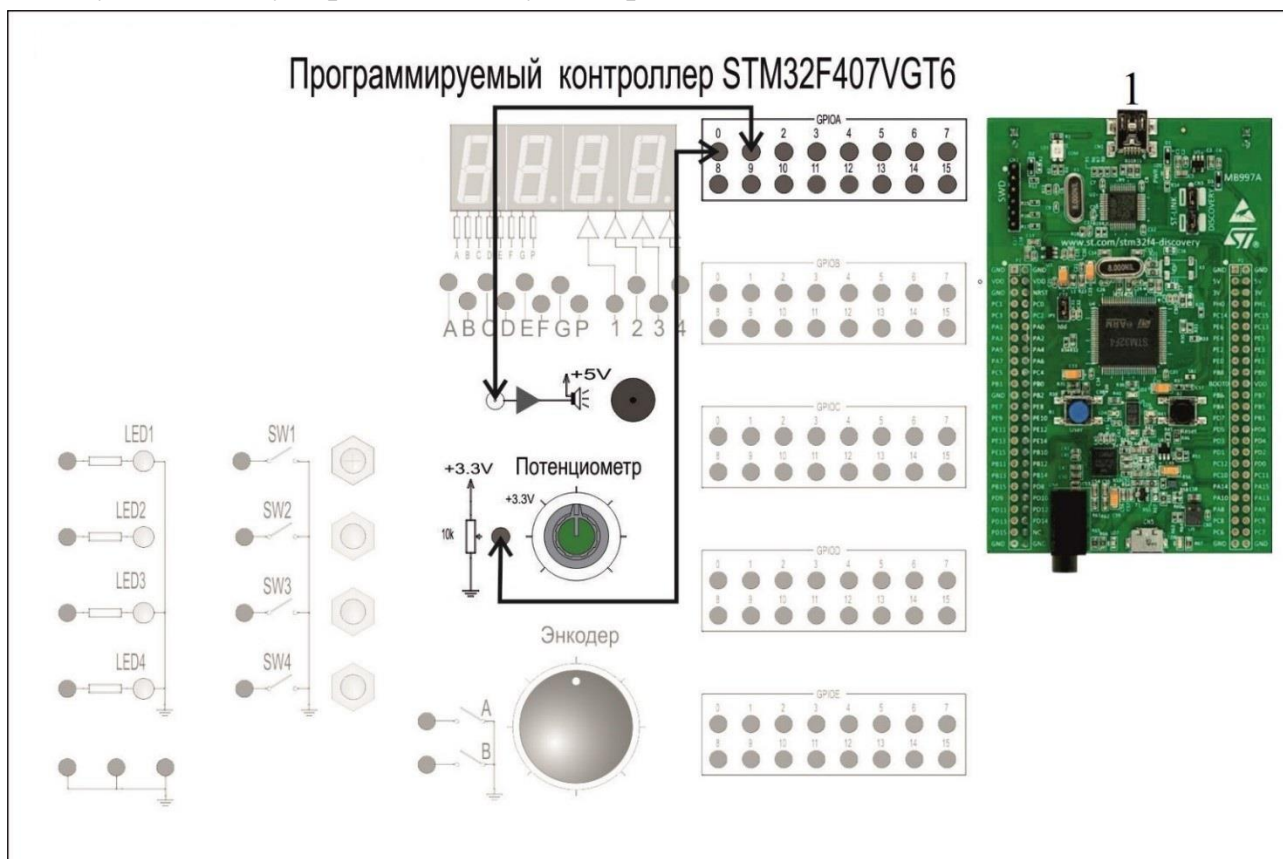


Рисунок 51. Схема электрических соединений

3. Включите компьютер.
4. Установите регулятор Потенциометр в крайнее левое положение.
5. Подключите микроконтроллер к компьютеру. Подключение осуществляется при помощи разъема 1.
6. Запустите на компьютере среду разработки CoCoX CoIDE 1.7.
7. Откройте пример программы (перейдите в меню Project выберите пункт Open Project. Далее проследуйте по пути Мой компьютер/Windows (C:) Program files (x86)/Labs_STM/LAB9 ШИМ/, в открывшейся папке выберите файл Project).
8. Изучите представленный пример.
9. Загрузите программу во флэш память контроллера.
10. Дождитесь окончания загрузки.

11. Проверьте работоспособность. Для этого плавно поворачивая регулятор потенциометр проследите как изменяется сигнала, исходящего из динамика.

12. На основе кода примера приложения создайте свой проект в среде разработки и проверьте его работоспособность. Убедительная просьба перед внесением изменений в код программы скопируйте папку с данной работой в папку со своей фамилией или в папку вашей группы. И дальнейшие изменения вносите в скопированную программу.

13. Отключите микроконтроллер от компьютера.

14. Закройте проект. (Перейдите в меню Project выберете пункт Close Project).

15. Закройте среду разработки Coocox CoIDE 1.7.

16. Отключите компьютер.

17. Сделайте выводы о проделанной работе.

3.13. СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА

Порядок выполнения практикума

1. Внимательно изучите описание стенда. Предварительно необходимо изучить среду разработки Coocox CoIDE 1.7.

2. Изучите схему, представленную на рис. 52.

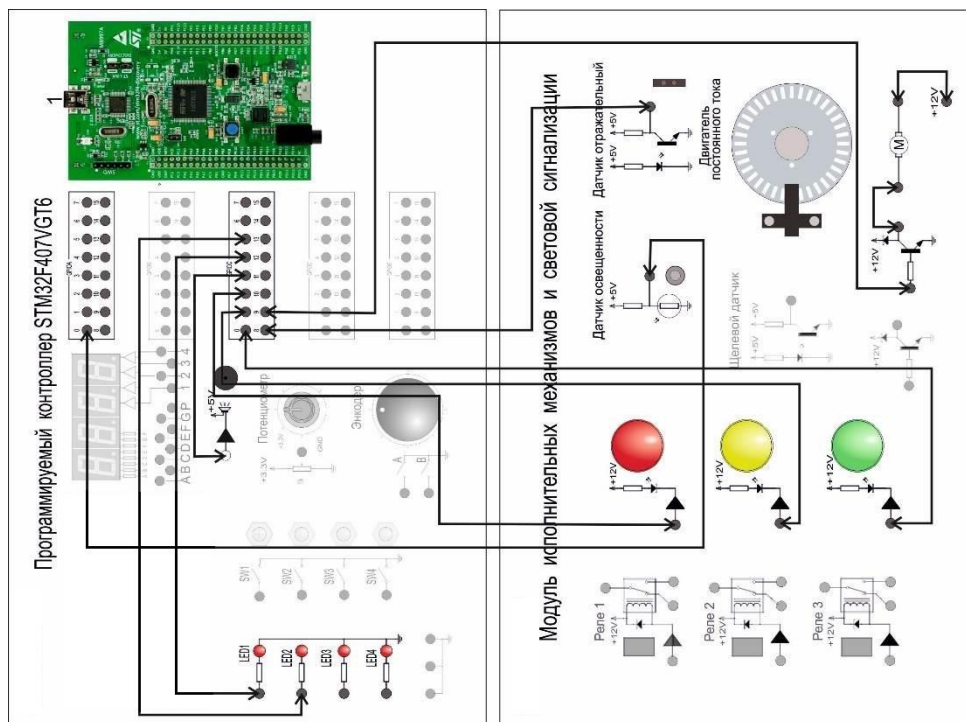


Рисунок 52. Схема электрических соединений

3. Включите компьютер.

4. Подключите микроконтроллер к компьютеру. Подключение осуществляется при помощи разъема 1.

5. Запустите на компьютере среду разработки Coocox CoIDE 1.7.

6. Откройте пример программы. (перейдите в меню Project выберите пункт Open Project. Далее проследуйте по пути Мой компьютер/Windows (C:)/Program files(x86) /Labs_STM/LAB14, в открывшейся папке выберите файл Project).

7. Изучите представленный пример.

8. Загрузите программу во флэш память контроллера.

9. Дождитесь окончания загрузки.

10. Проверьте работоспособность.

Примечание: для проверки работы датчика отражателя необходимо поднести к нему плоский металлический предмет.

11. На основе кода примера приложения создайте свой проект в среде разработки и проверьте его работоспособность. Например, попробуйте изменить

время горения того или иного цвета светофора. Убедительная просьба перед внесением изменений в код программы скопируйте папку с данной работой в папку со своей фамилией или в папку вашей группы. И дальнейшие изменения вносите в скопированную программу.

12. Отключите микроконтроллер от компьютера.

13. Закройте проект. (Перейдите в меню Project выберите пункт Close Project).

14. Закройте среду разработки CoCoSox CoIDE 1.7.

15. Отключите компьютер.

16. Сделайте выводы о проделанной работе