

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Транспортные и технологические машины»

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности 7-06-0714-02 «Инновационные  
технологии в машиностроении» очной и заочной форм обучения*



Могилев 2025

УДК 658.012.011.56  
ББК 32.965  
А22

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Транспортные и технологические машины»  
« 29 » августа 2025 г., протокол № 1

Составитель ст. преподаватель Е. В. Заровчатская

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации разработаны на основании рабочей программы по дисциплине «Автоматизированные системы управления» для студентов специальности 7-06-0714-02 «Инновационные технологии в машиностроении» очной и заочной форм обучения и предназначены для использования при выполнении лабораторных работ.

Учебное издание

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | И. В. Лесковец   |
| Корректор               | И. В. Голубцова  |
| Компьютерная верстка    | Н. П. Полевничая |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2025

## Содержание

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                   | 4  |
| 1 Лабораторная работа № 1. Управление программируемым контроллером.....                                                                         | 5  |
| 2 Лабораторная работа № 2. Изучение элементной базы, основных свойств и возможностей ПП LOGO! SoftComfort.....                                  | 8  |
| 3 Лабораторная работа № 3. Программируемый контроллер. Тестирование основных функций.....                                                       | 9  |
| 4 Лабораторная работа № 4. Программируемый контроллер. Тестирование специальных функций.....                                                    | 12 |
| 5 Лабораторная работа № 5. Программируемый контроллер. Тестирование логических функций для управления объектом (часть 1).....                   | 13 |
| 6 Лабораторная работа № 6. Программируемый контроллер. Тестирование логических функций для управления объектом (часть 2).....                   | 15 |
| 7 Лабораторная работа № 7. Автоматизация управления столом плоскошлифовального станка.....                                                      | 18 |
| 8 Лабораторная работа № 8. Автоматизация управления светофором .....                                                                            | 20 |
| 9 Лабораторная работа № 9. Автоматизация управления ночным освещением дорог .....                                                               | 23 |
| 10 Лабораторная работа № 10. Система автоматического включения резервного питания .....                                                         | 25 |
| 11 Лабораторная работа № 11. Автоматическая система управления наружным освещением .....                                                        | 27 |
| 12 Лабораторная работа № 12. Автоматическая система управления звуковым оповещением .....                                                       | 29 |
| 13 Лабораторная работа № 13. Автоматическая система импульсного управления температурой в климатической камере.....                             | 31 |
| 14 Лабораторная работа № 14. Автоматическая система управления исполнительным электродвигателем .....                                           | 34 |
| 15 Лабораторная работа № 15. Автоматическая система непрерывного регулирования температуры в климатической камере с помощью ПИ-регулятора ..... | 36 |
| 16 Лабораторная работа № 16. Система автоматического динамического торможения двигателя постоянного тока в функции скорости.....                | 38 |
| 17 Лабораторная работа № 17. Регулирование скорости двигателя постоянного тока с помощью П- или ПИ-регулятора .....                             | 41 |
| Список литературы .....                                                                                                                         | 46 |

## Введение

Одной из задач курса «Автоматизированные системы управления» является изучение современных микропроцессорных систем управления, элементов и методик программирования, алгоритмов функционирования и их реализации на базе программируемого контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

Цель лабораторных работ – приобретение навыков в управлении и программировании контроллера, в разработке алгоритмов и программ электронных систем автомобиля и вспомогательных средств, обеспечивающих их эксплуатацию, тестировании этих программ и апробации их на контроллере.

В методических рекомендациях описаны базовые эксперименты, предложены задания по программированию, выполняемые с использованием комплекта типового лабораторного оборудования «Автоматика на основе программируемого контроллера». В состав комплекта входит аппаратура, представленная в таблице В.1.

Таблица В.1 – Перечень аппаратуры

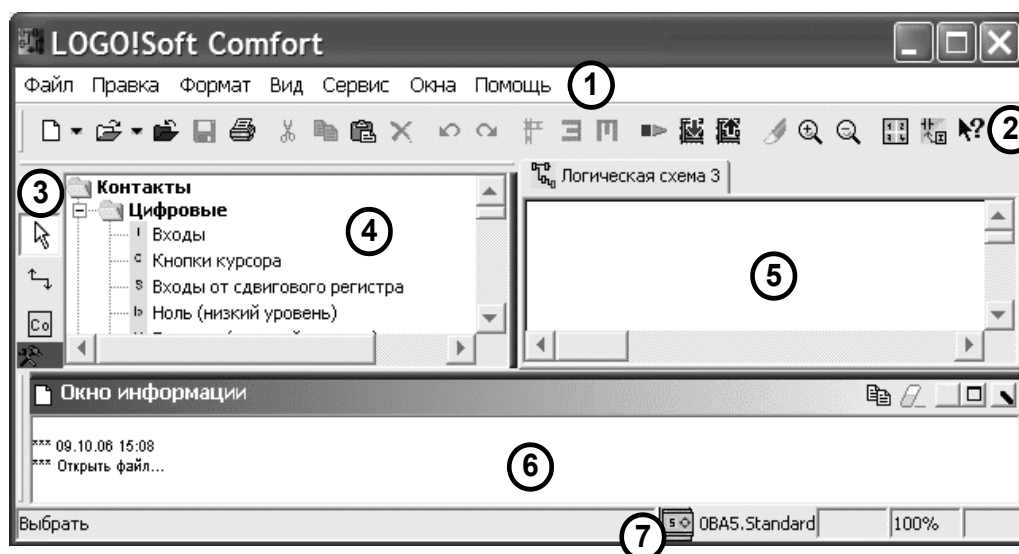
| Обозначение | Наименование                           | Тип   | Параметр                                                     |
|-------------|----------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------|
| G1          | Однофазный источник питания            | 218.1 | ~ 220 В / 16 А                                               |
| A1          | Блок программируемого контроллера      | 384   | 6 входов / 2 цифровых (аналоговых) входа / 4 релейных выхода |
| A2          | Пост управления                        | 376   | 3 кнопки без фиксации / 3 кнопки с фиксацией / потенциометр  |
| A3          | Блок световой сигнализации             | 355.2 | 4 светодиодных лампы 24 В                                    |
| A4          | Блок оптических выключателей           | 406   | 2 оптических выключателя                                     |
| A5          | Датчик освещенности                    | 407   | Выход 0...10 В                                               |
| A6          | Зуммер                                 | 377   | –24 В / 70 дБ                                                |
| A7          | Исполнительный электродвигатель        | 378   | –24 В                                                        |
| A8          | Модель отапливаемого помещения         | 379   | Лампа накаливания 24 В / датчик температуры 0,1 В/°С         |
| A9          | Преобразователь постоянного напряжения | 385   | Входное напряжение 0...10 В.<br>Выходное напряжение 1...24 В |
| A9          | Преобразователь постоянного напряжения | 385   | Входное напряжение 0...10 В.<br>Выходное напряжение 1...24 В |
| A10         | Электропривод постоянного тока         | 386   | Электродвигатель 24 В,<br>8000 об/мин / тахогенератор        |
| A11         | Компьютер                              | 550   | С программой LOGO!SoftComfort                                |

# 1 Лабораторная работа № 1. Управление программируемым контроллером

**Цель работы:** изучение современных микропроцессорных систем, логических элементов и методик программирования на базе контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

Контроллер – устройство логического управления, выполненное на базе микропроцессора. Автоматическое управление можно представить как определенную последовательность логических действий, которые приводят к достижению поставленной цели. Математическая логика позволяет формализовать логические действия и представить их в виде элементарных операций, подобных алгебраическим. Устройства, выполняющие элементарные логические операции или их сочетание, называются логическими элементами. Они формируют на выходе сигналы, однозначно связанные с определенными комбинациями входных сигналов. Логические элементы – это устройства дискретного действия, оперирующие двумя сигналами – «1» и «0» (истина и ложь).

Программирование контроллеров будем проводить в специализированном программном продукте LOGO!Soft Comfort, внешний вид которого представлен на рисунке 1.1.



1 – строка меню; 2 – панель кнопок управления; 3 – панель «Инструменты»; 4 – окно функций (блоков) коммутационной программы; 5 – окно логической схемы коммутационной программы; 6 – окно информации; 7 – выбор типа контроллера (не менять установку по умолчанию – 0BA5)

Рисунок 1.1 – Окно LOGO!Soft Comfort

## *Работа с программным продуктом LOGO!Soft Comfort*

При наведении курсора на кнопки панелей 2, 3 и элементы списка в окне 4 появляются подсказки, поясняющие их назначение. Подсказки функций в окне 4 имеют кнопку со знаком «?», вызывающую справку для данной функции.

### **Ввод функций (блоков) коммутационной программы.**

1 Наведите курсор и щелкните левой кнопкой мыши на названии блока в окне 4.

2 Переведите курсор в окно логической схемы 5 и введите необходимое число блоков выбранного типа, щелкая левой кнопкой мыши в местах их примерного положения на диаграмме коммутационной программы.

3 Выберите следующую функцию (блок) и продолжите ввод.

4 Завершив ввод, нажмите кнопку «Выбрать» () на панели 3 «Инструменты».

Вариант ввода функций:

1) на панели 3 «Инструменты» нажмите кнопку списка, содержащего необходимую функцию. Со – контакты, GF – основные функции, SF – специальные функции. В нижней части окна 5 появится панель с кнопками функций из выбранного списка;

2) левой кнопкой мыши нажмите кнопку необходимой функции и введите необходимое число блоков в окне 5;

3) завершите ввод, нажав кнопку «Выбрать» () на панели 3 «Инструменты».

### **Задание параметров функций (блока).**

1 Дважды щелкните левой кнопкой мыши на изображении блока. Откроется окно задания параметров блока.

2 В открывшемся окне введите параметры блока (время включения, порог срабатывания и другие параметры в зависимости от вида блока). Установленные параметры отобразятся на диаграмме внизу слева от изображения блока.

3 При необходимости можно задать имя блока, т. е. набор не более 8 знаков, отображающихся на диаграмме после номера блока.

4 На вкладке «Комментарии» этого окна можно ввести произвольный текст. Текст комментариев отображается на диаграмме коммутационной программы, его можно перемещать относительно изображения блока.

### **Удаление функции (блока).**

1 Наведите курсор на удаляемый блок и выделите его щелчком левой кнопки мыши.

2 Щелкните правой кнопкой мыши и в открывшемся меню выберите пункт «Удалить». Вместо меню можно нажать клавишу Delete на клавиатуре.

### **Перемещение блоков.**

Наведите курсор на значок блока в окне 5 (см. рисунок 1.1), нажмите левую кнопку мыши и, не отпуская её, передвиньте блок.

### **Соединение функций (блоков).**

1 Наведите кнопку «Связь» () на панели 3 «Инструменты» (см. рисунок 1.1).

2 Наведите курсор на вывод блока, нажмите левую кнопку мыши. Не отпуская её, переведите указатель курсора к выводу другого элемента и отпустите кнопку мыши. На экране появится линия связи выводов. Линию связи целесообразно проводить от выхода блока к входам и других элементов. При нарушении правил соединения появляется сообщение об ошибке и выводы не соеди-

няются. Неиспользуемые входы логических элементов можно не подключать. По умолчанию им присваиваются значения, не влияющие на работу элемента.

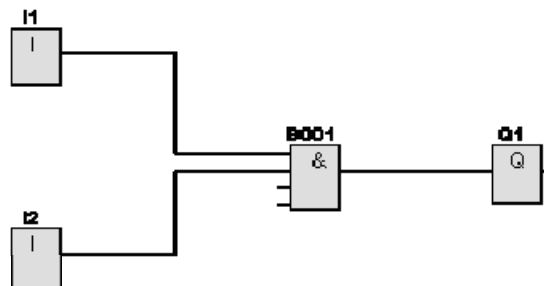
### **Сохранение коммутационной программы.**

Выберите пункты меню «Файл/Сохранить». При первом сохранении программы появляется стандартный диалог сохранения файлов. Задайте имя файла коммутационной программы в соответствии с правилами наименования файлов Windows.

Вместо меню можно использовать кнопку  панели 2 (см. рисунок 1.1).

### **Порядок выполнения работы**

На рисунке 1.2 приведен пример коммутационной программы для тестирования функции логическое И (блок B001 – &, AND).



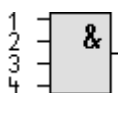
 Выход Q функции И принимает значение 1 только тогда, когда все входы равны 1, т. е. когда они замкнуты. Неиспользуемому входу блоку & назначается значение 1

Рисунок 1.2 – Коммутационная программа для тестирования функции логическое И

Коммутационная программа обеспечивает передачу сигналов с входов I1 и I2 контроллера на входы тестируемой функции (блок B001) коммутационной программы, а результат вычисления функции (выход блока) – на выход Q1 контроллера. Программу достаточно ввести один раз и в дальнейшем заменять функцию блока B001 (отображается значком &) на другие функции из группы GF (основные функции). Неподключенные входы блока B001 автоматически принимают значения, не влияющие на выполнение заданной функции блока. Подключать их или задавать им начальные значения нет необходимости.

Создайте коммутационную программу, представленную на рисунке 1.2, созданный файл сохраните под названием «Lab 1.1».

### **Содержание отчета**

- 1 Название и цель работы.
- 2 Коммутационная программа.

## 2 Лабораторная работа № 2. Изучение элементной базы, основных свойств и возможностей ПП LOGO! SoftComfort

**Цель работы:** изучение современных микропроцессорных систем, логических элементов и методик программирования на базе контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

LOGO! Soft Comfort – это специализированное программное обеспечение для программирования контроллеров Siemens LOGO!. Программа предоставляет интуитивно понятный графический интерфейс, позволяющий создавать, тестировать и документировать программы для LOGO!

Основные возможности LOGO! Soft Comfort

### **Программирование.**

Поддерживаются два языка программирования: FBD (Function Block Diagram) и LAD (Ladder Diagram). FBD использует логические блоки, а LAD – релейно-контактные схемы.

### **Симуляция.**

Встроенный симулятор позволяет тестировать программы без физического подключения к устройству, что экономит время при отладке.

### **Документирование.**

Автоматическое создание проектной документации, включая схемы подключения, списки использованных функциональных блоков и настроек.

### **Основные функциональные блоки.**

В LOGO! доступны следующие категории функциональных блоков представленные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные функциональные блоки

| Категория                   | Пример блока                                               | Применение                                   |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Базовые логические операции | AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR                               | Реализация логических условий                |
| Специальные функции         | RS-триггер, импульсное реле, детектор фронта               | Запоминание состояний, обработка сигналов    |
| Таймеры                     | Задержка включения, задержка выключения, импульсный таймер | Временные функции, задержки                  |
| Счетчики                    | Счетчик вверх/вниз, счетчик часов работы                   | Подсчет событий, отслеживание времени работы |
| Аналоговые функции          | Компаратор, усилитель, преобразователь значений            | Обработка аналоговых сигналов                |
| Календарь и часы            | Недельный и годовой таймер, астрономические часы           | Управление по расписанию                     |
| Текстовые сообщения         | Текстовый дисплей, SMS (только для LOGO! 8)                | Отображение информации оператору             |



### ***Порядок выполнения работы***

Программа LOGO!Soft Comfort позволяет протестировать коммутационную программу, не загружая ее в контроллер (режим эмуляции).

Откройте «Lab 1.1», созданную в лабораторной работе, и протестируйте ее работу в режиме эмуляции.

### ***Содержание отчета***

- 1 Название и цель работы.
- 2 Коммутационная программа.

## **3 Лабораторная работа № 3. Программируемый контроллер. Тестирование основных функций**

**Цель работы:** изучение основных функций базы контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

### ***Обозначение входов***

#### **Соединительные входы.**

Здесь описаны соединения, которые могут быть сделаны с другими блоками или с входами устройства LOGO!.

**S (set = установить):** вход S дает вам возможность установить выход в «1».

**R (reset = сбросить):** вход сброса R имеет приоритет над всем остальными входами и переключает выходы в «0».

**Trg (trigger = запустить):** этот вход используется для запуска функции на выполнение.

**Cnt (count = считать):** этот вход используется для регистрации счетных импульсов.

**Fre (frequency = частота):** к входу с этим описанием прикладываются частотные сигналы, подлежащие анализу.

**Dir (direction = направление):** этот вход используется для установки, например, направления, в котором должен считать счетчик.

**En (enable = разрешить):** этот вход разблокирует функцию, выполняемую блоком. Если на этом входе «0», то другие сигналы блоком игнорируются.

**Inv (invert = инвертировать):** выходной сигнал блока инвертируется, когда этот вход активизирован.

**Ral (reset all = сбросить все):** сбрасываются все внутренние значения.

#### **Соединительный элемент X на входах специальных функций.**

Если вы подключаете входы специальных функций к соединительному элементу x, то этим входам будет присвоено значение 0, т. е. к ним прикладывается сигнал низкого уровня.

### Параметрические входы.

Имеется несколько входов, к которым сигналы не прикладываются. Вместо этого вы параметризуете функциональный блок определенными значениями.

**Par (parameter = параметр):** этот вход не подключается. Здесь для блока устанавливаются параметры.

**T (time = время):** этот вход не подключается. Здесь для блока устанавливаются времена.

**No (number = число):** этот вход не подключается. Здесь устанавливается база времени.

**P (priority = приоритет):** этот вход не подключается. Здесь устанавливаются приоритеты, а также определяется, должно ли сообщение квитиговаться в режиме RUN.

### Задание времени

Параметр T. У некоторых специальных функций имеется возможность параметризовать значение времени T. При задании времени обратите внимание, что вводимые значения зависят от установленной базы времени (рисунок 3.1.)

| База времени       | _____:                    |
|--------------------|---------------------------|
| <i>s</i> (секунды) | Секунды : сотые доли сек. |
| <i>m</i> (минуты)  | Минуты : секунды          |
| <i>h</i> (часы)    | Часы : минуты             |

Рисунок 3.1 – База времени

Точность T. Все электронные компоненты имеют небольшой разброс. Результатом этого могут быть отклонения в установленном времени T. В LOGO! максимальное отклонение равно  $\pm 0,02\%$ . Если  $0,02\%$  времени T меньше 0,1 с, то максимальное отклонение равно 0,1 с.

Точность часового выключателя. Чтобы это отклонение не привело к неточной работе часов в С-вариантах, часовой выключатель регулярно сравнивается с базой времени высокой точности и соответствующим образом корректируется. В результате максимальная ошибка времени составляет  $\pm 5$  с в день.

### Буферизация часов.

Внутренние часы в модуле LOGO! продолжают работать даже при отказе питания, т. е. они имеют резерв хода. Длительность буферизации зависит от температуры окружающей среды. При внешней температуре 25 °C типичное время буферизации составляет 80 ч.

### Сохраняемость.

В специальных функциях могут сохраняться состояния коммутационных элементов и значения счетчиков. Чтобы сделать это, для соответствующих функций должно быть активизировано свойство сохраняемости. Исключением является принципиально сохраняемый счетчик рабочего времени.

### **Защита параметров.**

При настройке защиты параметров вы можете указать, могут ли параметры быть отображены и изменены в режиме параметризации на модуле LOGO!. Возможны две настройки:

- 1) +: установки параметров отображаются также в режиме параметризации и могут быть изменены;
- 2) -: установки параметров не отображаются в режиме параметризации и могут быть изменены только в режиме программирования.

### **Расчет усиления и смещения для аналоговых величин.**

Параметры Gain [Усиление] и Offset [Смещение] позволяют настроить внутреннее представление аналоговой величины в соответствии с фактическим измеренным значением (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Параметры аналоговых величин

| Параметр                 | Минимум | Максимум  |
|--------------------------|---------|-----------|
| Напряжение на клеммах, В | 0       | $\geq 10$ |
| Внутреннее значение      | 0       | 1000      |
| Усиление, %              | 0       | 1000      |
| Смещение                 | -999    | +999      |

Напряжение на клеммах (на входе AI) от 0 до 10 В внутренне отображается в значения от 0 до 1000. Напряжение на клеммах, превышающее 10 В, внутренне представляется значением 1000. С помощью параметра Gain [Усиление] вы можете получить, например, 10-кратное усиление, установив 1000 %.

Параметр Offset [Смещение] может использоваться для смещения нулевой точки измеренных значений.

### **Формула.**

Отображаемое значение  $A_x = (\text{внутреннее значение} + \text{смещение}) \times \text{усиление} / 100$ .

Отображаемая величина параметра Gain является усилением в процентах. Отсюда деление на 100 в формуле.

### **Содержание отчета**

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень основных функций и описание их работы.

## 4 Лабораторная работа № 4. Программируемый контроллер. Тестирование специальных функций

**Цель работы:** изучение современных микропроцессорных систем, логических элементов и методик программирования на базе контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 4.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

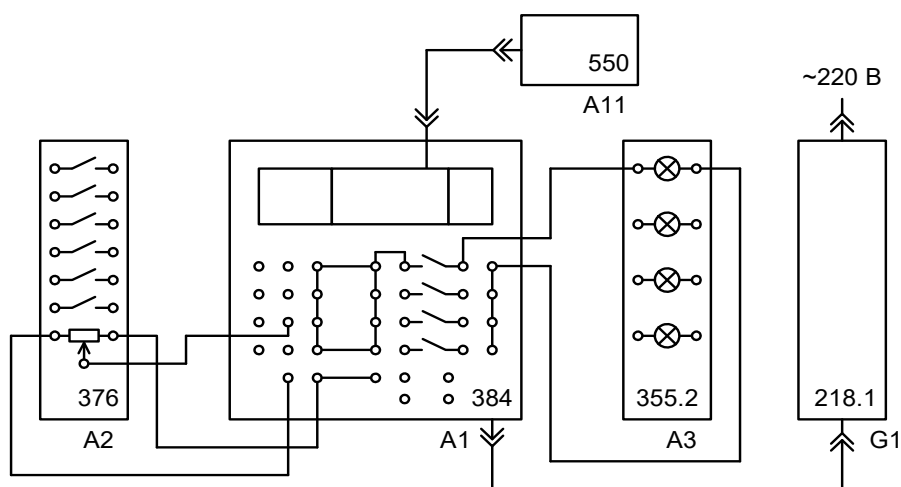


Рисунок 4.1 – Схема подключения аналогового сигнала (от 0 до +10 В) к входу (I7 = AI1) контроллера

Необходимо протестировать работу RS-триггера (реле с защелкой), выбрав его из списка «Специальные функции» (SF) (рисунок 4.2).

Переменный резистор в poste управления A2 используется как делитель напряжения для формирования регулируемого аналогового сигнала от 0 до +10 В.

### Порядок выполнения работы

- 1 Соберите установку согласно рисунку 4.1.
- 2 Запустите программу LOGO! Soft Comfort и загрузите программу «Lab.1.1», появится коммутационная программа (рисунок 4.2).
- 3 Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
- 4 Включите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1.
- 5 Переведите контроллер в режим отображения главного меню (состояние «Стоп»).
- 6 Запустите программу LOGO!Soft Comfort и вызовите программу «Lab 1.2».
- 7 Запустите программу на исполнение (пункт Start главного меню).



Рисунок 4.2 – Коммутационная программа для тестирования RS-триггера

Протестируйте работу схемы под управлением компьютера. При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов удобно следить на экране состояния входов (I – цифровые, AI – аналоговые) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

8 По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (ESC > Stop > Yes), отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений для тестирования функций.
- 4 Коммутационная программа для тестирования.

## **5 Лабораторная работа № 5. Программируемый контроллер. Тестирование логических функций для управления объектом (часть 1)**

**Цель работы:** изучение современных микропроцессорных систем, логических элементов и методик программирования на базе контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

### ***Оборудование***

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 5.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

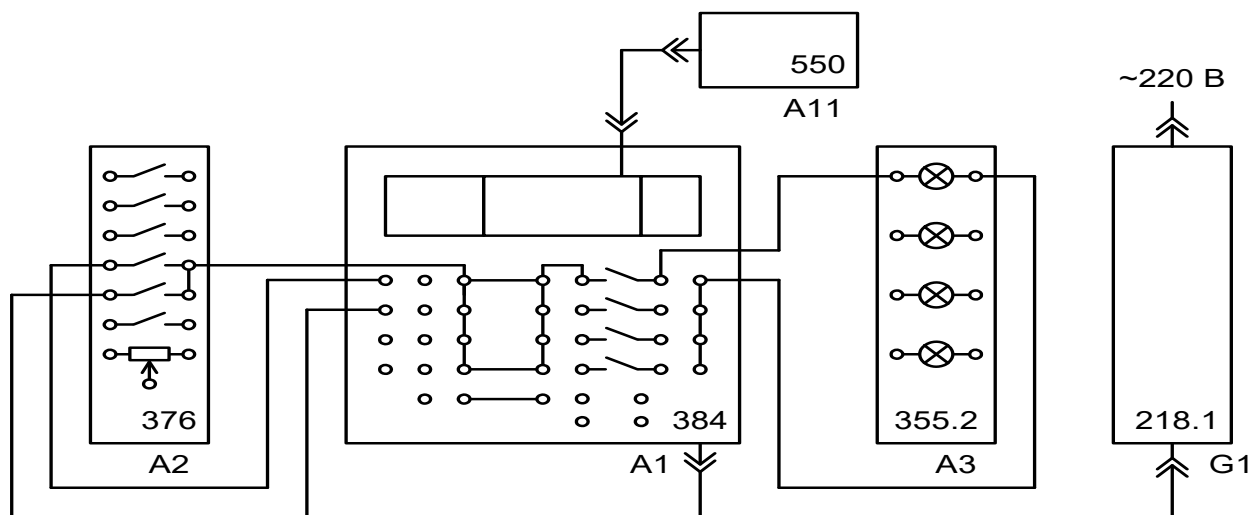
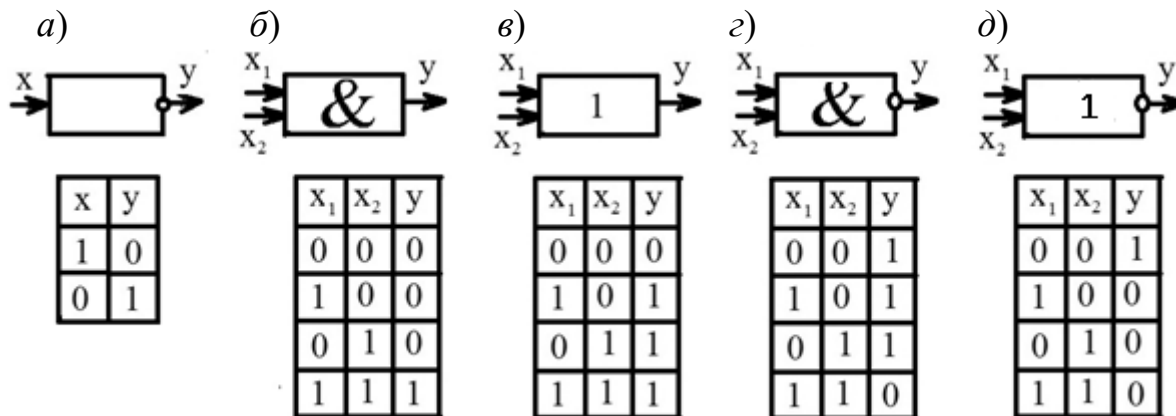


Рисунок 5.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Изучите базовые логические функции. Базовыми типами логических элементов являются элементы, реализующие логические действия отрицания НЕ (инверсия), умножения И (дизъюнкция) и сложения ИЛИ (конъюнкция). Имеются и комбинированные элементы, сочетающие действие умножения или сложения с отрицанием И-НЕ и ИЛИ-НЕ (рисунок 5.2). Эти операции называются логическими, или булевыми, операциями.



а – НЕ; б – И; в – ИЛИ; г – И-НЕ; д – ИЛИ-НЕ

Рисунок 5.2 – Обозначение и таблица истинности базовых логических элементов

2 Проводами соедините блоки комплекта лабораторного оборудования в соответствии с рисунком 5.1.

3 Оборудование и компьютер подключите в сеть и откройте файл ранее созданной программы «Lab 1.1».

4 Проведите тестирование базовых логических элементов на коммутационной программе в режиме эмуляции.

5 Загрузите коммутационную программу в контроллер. Для этого выбира-

ется пункт меню LOGO!Soft Comfort Сервис/Передать/ PC – > LOGO! или нажимается кнопка  на панели программы 2. Если перед загрузкой контроллер выполнял коммутационную программу (режим RUN), то LOGO!Soft Comfort откроет окно диалога с требованием подтвердить переход контроллера в режим «Стоп» (коммутационная программа остановлена). После перехода контроллера в режим «Стоп» в него будет загружена новая коммутационная программа.

При соединении контроллера и компьютера кабелем кнопка  на панели 2 запускает и останавливает коммутационную программу в контроллере. После нажатия кнопки программа требует подтвердить или отменить операцию.

6 Протестируйте работу схемы под управлением контроллера. За состоянием входов удобно следить на экране состояния входов (I) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

Проверьте таблицу истинности для каждого исследованного элемента. Составьте таблицу истинности одного из элементов при инвертировании одного или нескольких из его входов.

По завершении работы остановите коммутационную программу (ESC > Stop > Yes), отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Основные логические элементы и их таблицы истинности.
- 4 Схема электрических соединений для тестирования основных логических функций.
- 5 Коммутационная программа для тестирования.

## **6 Лабораторная работа № 6. Программируемый контроллер. Тестирование логических функций для управления объектом (часть 2)**

**Цель работы:** изучение современных микропроцессорных систем, логических элементов и методик программирования на базе контроллера LOGO и программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

### ***Оборудование***

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 6.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

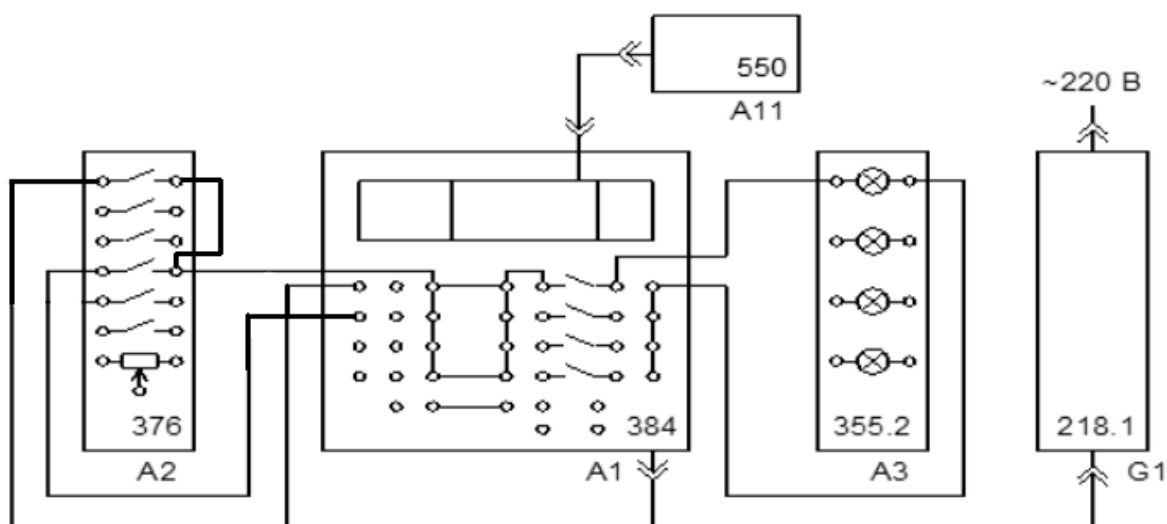


Рисунок 6.1 – Комплект лабораторного оборудования

### ***Порядок выполнения работы***

1 Соберите установку согласно рисунку 6.1.

2 Запустите программу LOGO! Soft Comfort и загрузите программу «Lab.1.1», исправьте коммутационную программу в соответствии с рисунком 6.2. Обратите внимание на необходимость задания параметров блоков B002 и B003 (B1, B3 на экране контроллера). Запустите программу на исполнение (пункт Start главного меню).

3 Протестируйте работу схемы под управлением контроллера. За состоянием входов удобно следить на экране состояния входов (I – цифровые, AI – аналоговые) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

4 По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (ESC > Stop > Yes), отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1. Обратите внимание, что перейти к главному меню можно только при отключенном выводе на экран времени задержки (I2 = 0, т. е. кнопка этого входа отключена).

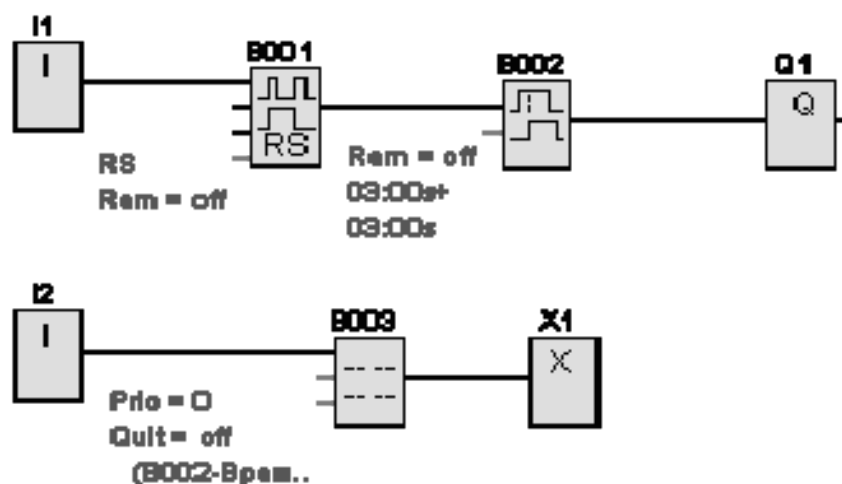
Первая цепочка элементов коммутационной программы управляет переключением лампы (I1 – B001 – B002 – Q1). Логический сигнал с входа I1 управляет состоянием импульсного реле B001 (список SF, прочие функции) (рисунок 6.2).

Выход импульсного реле изменяет свое состояние ( $0 \leftrightarrow 1$ ) при каждом переходе сигнала на входе I1 из 0 в 1 (т. е. при нажатии кнопки без фиксации). Переключение выхода импульсного реле B001 запускает «Задержку вкл./выкл.» B002 (список SF, таймеры). В качестве параметров импульсного реле B001 задано одинаковое время задержки включения и отключения – 3 с. После отработки заданной задержки изменяется состояние контактов выхода контроллера Q1 и, соответственно, включение или выключение лампы.

Вторая цепочка элементов коммутационной программы (I2 – B003 – X1) управляет выводом на экран программируемого контроллера времени, остав-



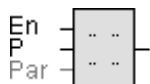
шегося до окончания задержки. При подаче сигнала от кнопки с фиксацией на вход I2 запускается функция «Текст сообщения» (список SF, прочие функции). В качестве параметра этой функции указан номер блока B002 («Задержка вкл./выкл.»). При этом оставшееся до окончания задержки время передается из блока B002 в B003 и отображается на экране контроллера. Поскольку выход любого блока программы не может остаться неподключенным, выход B003 подключен к X1 – виртуальному выходу (список Co). Данные с X1 никуда не передаются. Этот блок необходим только как начальный блок новой цепочки функций (блоков) при ручном вводе коммутационной программы.



Выход импульсного реле устанавливается и сбрасывается коротким однократным срабатыванием на входе. Выход Q переключают в состояние вкл. и выкл. сигналом на входе Trg (выключатель). Короткий импульс на входе S (установка) устанавливает на выходе логическую 1. Короткий импульс на входе R (сброс) устанавливает на выходе логический 0. Q включается сигналом на входе Trg и снова сбрасывается следующим импульсом Trg, если оба сигнала S и R равны 0



Блок функции задержки включения и выключения используется для установки выхода по истечении заданного времени задержки включения и его сброса по завершении второго запрограммированного значения времени. Запускают отсчет времени задержки включения по положительному фронту (переход из 0 в 1) входа Trg (выключатель). Запускают отсчет времени задержки выключения по отрицательному фронту (переход из 1 в 0). Par (ТН представляет собой время задержки включения выхода, переход выходного сигнала из 0 в 1, TL представляет собой время задержки выключения выхода, переход выходного сигнала из 1 в 0). Выход Q включается по истечении заданного времени ТН, если Trg по-прежнему установлен. Он снова выключается по истечении времени TL, если Trg не был снова установлен



Функция отображает тексты сообщений и параметры других блоков на дисплее, когда LOGO! работает в режиме RUN. Переход из 0 в 1 на входе En (разрешение) вызывает вывод текста сообщения. Вход P определяет приоритет текста сообщения. 0 – минимальный приоритет, 127 – самый высокий приоритет. Par (EnTime) отображает время перехода из 0 в 1 сигнала на входе En

Рисунок 6.2 – Коммутационная программа для тестирования логической функции управления объектом

## Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений для тестирования функций.
- 4 Коммутационная программа для тестирования.

## 7 Лабораторная работа № 7. Автоматизация управления столом плоскошлифовального станка

**Цель работы:** разработка программного управления столом плоскошлифовального станка контроллером LOGO с программным обеспечением LOGO!Soft Comfort.

Стол плоскошлифовального станка совершает возвратно-поступательные движения при шлифовании деталей различных размеров. В связи с этим ход стола должен быть регулируемым. При реверсировании движения в конце хода должен быть отключен двигатель привода, а стол заторможен. В зависимости от массы детали время торможения должно быть различным. Применяемые в настоящее время механические средства автоматизации – концевые выключатели – не позволяют обеспечить оптимальные режимы работы станка. Поэтому целью автоматизации стола плоскошлифовального станка является управление длительностью периодов включения, торможения и реверсирования привода стола с целью получения оптимальных характеристик работы.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 7.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

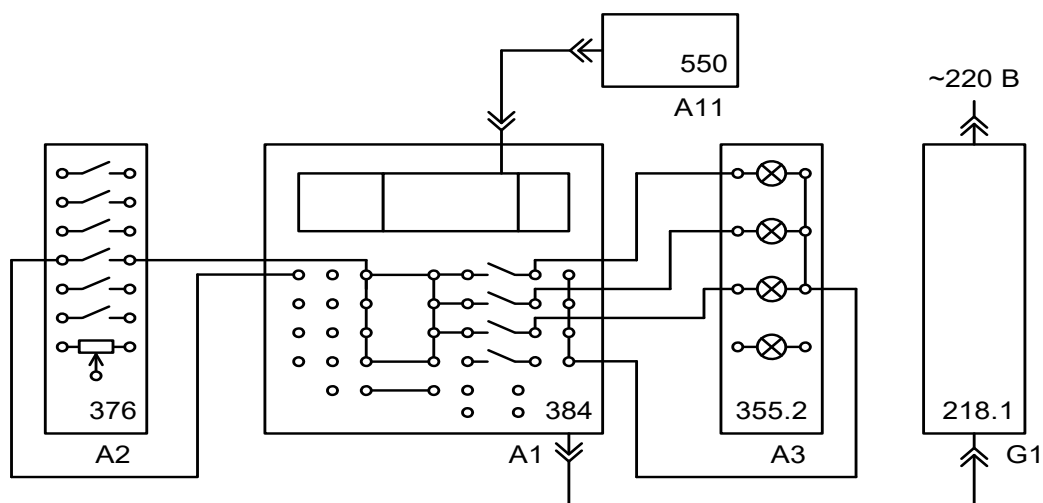


Рисунок 7.1 – Комплект лабораторного оборудования

## Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 7.1. Запустите программу LOGO! Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.1», появится коммутационная программа (рисунок 7.2).

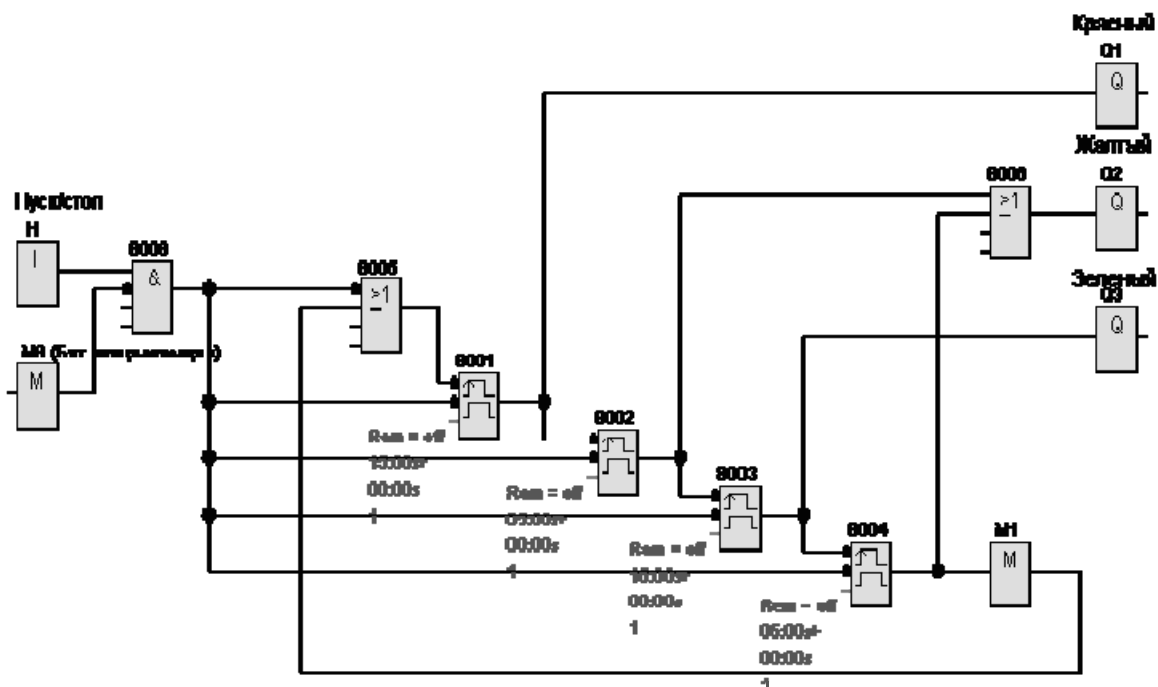


Рисунок 7.2 – Коммутационная программа системы управления

Алгоритм работы программы: при включении станка («1» на входе I1) запускается интервальное реле времени В001, контакты выхода Q1 включают двигатель на прямой ход и, соответственно, верхнюю красную лампу. По истечении 15 с на выходе В001 устанавливается «0», электродвигатель выключается и запускается интервальное реле В002, включающее тормоз на 5 с, и, соответственно, вторая (желтая) лампа. После отключения В002 запускается В003 (реверс, 15 с). Отключение В003 запускает В004 (снова тормоз на 5 с), а отключение В004 – В001. Далее циклы повторяются, пока на входе I1 сохраняется сигнал «1». Установка «0» на I1 отключает станок.

2 Протестируйте работу схемы в режиме «Эмуляция», а порядок ее работы разберите в режиме пошагового выполнения программы.

3 Загрузите в контроллер коммутационную программу. Запустите программу на исполнение. Убедитесь в правильной работе схемы и коммутационной программы. Лампы должны переключаться в заданном порядке через установленные промежутки времени.

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера А1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

## Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 8 Лабораторная работа № 8. Автоматизация управления светофором

**Цель работы:** разработка программного управления столом светофором контроллером LOGO с программным обеспечением LOGO!Soft Comfort.

Светофор обеспечивает безопасность проезда перекрестков дорог. Он должен регулировать потоки машин, учитывая приоритетность того или другого направления. Для этого длительность циклов включения разрешающих и запрещающих сигналов должна быть регулируемой. Для повышения пропускной способности перекрестка светофор может снабжаться дополнительными секциями, сенсорами загруженности сторон перекрестка, автоматического перехода в ночной режим и другими сервисами.

### Алгоритм работы системы управления

Перечень аппаратуры, из которой состоит система управления, представлен в таблице В.1, схема электрических соединений – на рисунке 8.1.

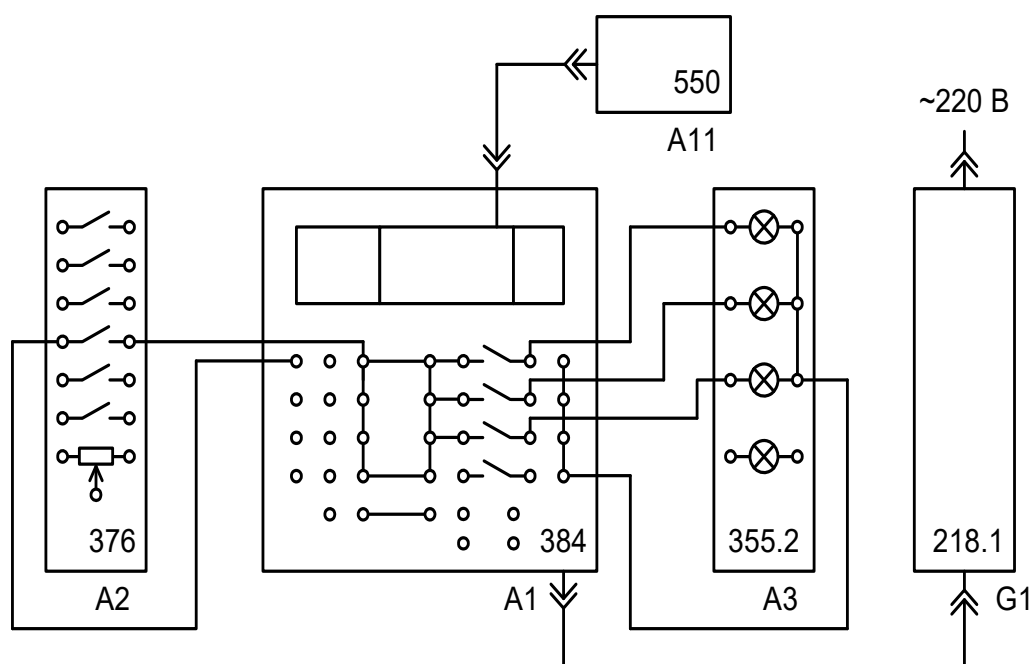


Рисунок 8.1 – Схема электрических соединений

Работа системы управления светофором в одном направлении осуществляется последовательным включением красного, желтого и зеленого сигналов светофора. Длительность включенного состояния красного и зеленого сигналов светофора составляет 15 с, желтого – 5 с.

Включенное состояние запрещающего и разрешающего сигналов отображается горящими лампочками блока световой сигнализации АЗ.

### *Коммутационная программа и ее описание*

Коммутационная программа изображена на рисунке 8.2. При этом точка около входа функции обозначает инверсию (логическая операция НЕ) данного сигнала. При первом цикле выполнения программы независимо от состояния входа I1 устанавливается в 1 флаг инициализации (M8) и сбрасывает все интервальные реле (B001–B004). Выходы интервальных реле и выходы Q1, Q2, Q3 устанавливаются в 0, лампы светофора погашены.

Если на входе I1 установлен 0 (светофор выключен), выходы интервальных реле и выходы Q1, Q2, Q3 сохраняются в состоянии 0.

При включении светофора (1 на входе I1) запускается интервальное реле времени B001, контакты выхода Q1 включают красную лампу светофора. По истечении 15 с на выходе B001 устанавливается 0, красная лампа выключается и запускается интервальное реле B002, включающее желтый сигнал светофора на 5 с и, соответственно, вторую (желтую) лампу. После отключения B002 запускается B003 (зеленая лампа на 15 с). Отключение B003 запускает B004 (снова желтую лампу на 5 с), а отключение B004 – B001. Далее циклы повторяются, пока на входе I1 сохраняется сигнал 1. Установка 0 на I1 отключает светофор.

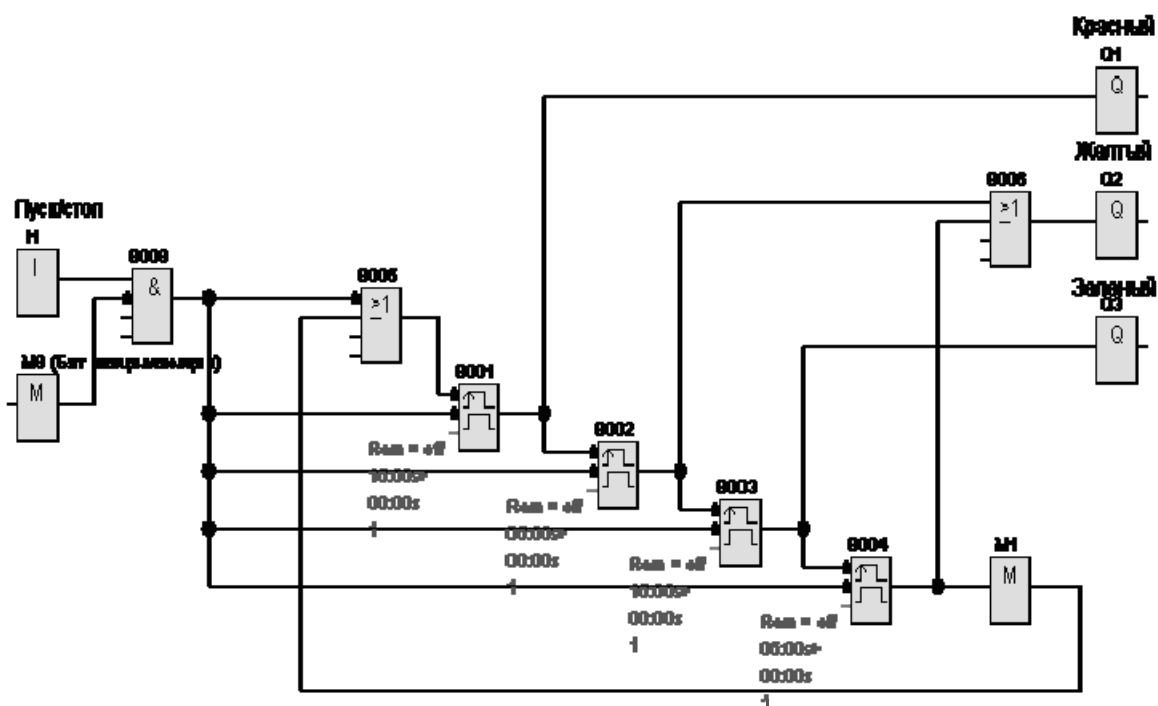


Рисунок 8.2 – Коммутационная программа системы управления

### ***Указания по проведению эксперимента***

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений. Включите компьютер.

Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

Включите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1.

Переведите контроллер в режим отображения главного меню (состояние «Стоп»).

Запустите программу LOGO! Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.1». Задайте параметры задержки интервальных реле времени B001 (15:00), B002 (05:00), B003 (15:00), B004 (05:00). Протестируйте работу схемы в режиме «Эмуляция», а порядок ее работы разберите в режиме пошагового выполнения программы.

Загрузите в контроллер коммутационную программу. Запустите программу на исполнение.

Проверьте состояние кнопки включения/отключения системы (кнопка с фиксацией поста управления A2). Установите её в состояние «замкнуто» – на вход I1 подан высокий уровень, система включена. Убедитесь в правильной работе схемы и коммутационной программы. Лампы должны переключаться в заданном порядке через установленные промежутки времени. При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q, переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

Дополните коммутационную программу синхронно работающей второй стороной светофора, дополнительной секцией, сенсорами и проверьте их работу в режиме эмуляции.

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 9 Лабораторная работа № 9. Автоматизация управления ночным освещением дорог

**Цель работы:** разработка программного управления ночным освещением дорог контроллером LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

Безопасность движения на дорогах в ночное время суток во многом зависит от их освещенности. В черте города эта задача в целом решается. Но освещение загородных трасс, где скорость движения гораздо выше, а количество машин меньше, – дело затратное, и не каждая страна может себе это позволить. Поэтому целесообразно создание такой системы, которая бы позволила освещать только те участки дороги, по которым движется автомобиль.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 9.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

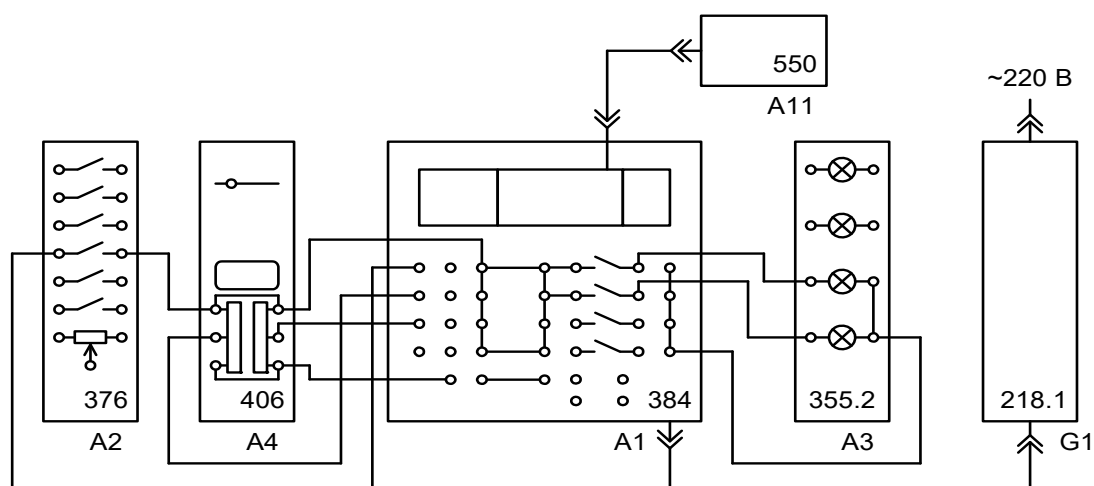


Рисунок 9.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 9.1. Запустите программу LOGO!Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.2», появится коммутационная программа (рисунок 9.2).

Алгоритм работы: при пересечении объектом луча оптического выключателя включается освещение зоны. После прохождения зоны действия луча освещение зоны прекращается не сразу, а с некоторой выдержкой времени. При пересечении объектом луча следующего оптического выключателя включается освещение следующей зоны, а предыдущая выключается, даже если время задержки еще не истекло.

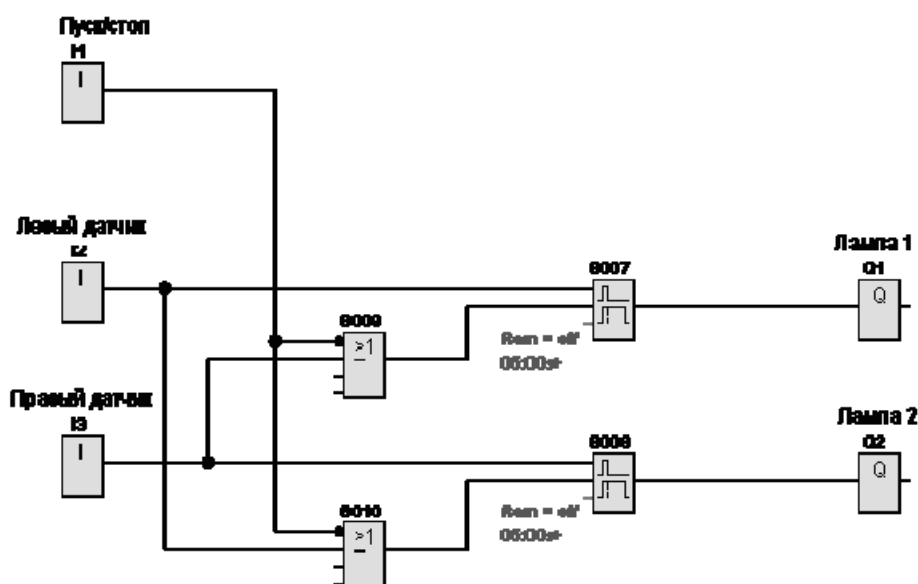


Рисунок 9.2 – Коммутационная программа системы управления

2 Протестируйте работу схемы в режиме «Эмуляция» и правильность ее исполнения. Измените настройки системы. Порядок ее работы разберите в режиме пошагового выполнения программы.

3 Переведите контроллер в режим отображения главного меню (состояние «Стоп»). Загрузите в контроллер коммутационную программу. Запустите программу на исполнение.

Установите кнопку включения/отключения в состояние «Замкнуто» – на вход I1 подан высокий уровень, система включена. Используя рукоятку в верхней части блока А4, перемещайте «объект» (отражатель) из зоны действия одного датчика в зону действия другого. О срабатывании датчика сигнализирует свечение светодиода на его корпусе (виден через окно на лицевой панели блока А4). За состоянием входов и выходов контроллера удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q. Переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►). Убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом.

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера А1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### *Содержание отчета*

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.



## 10 Лабораторная работа № 10. Система автоматического включения резервного питания

**Цель работы:** разработка автоматического включения резервного питания контроллером LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 10.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

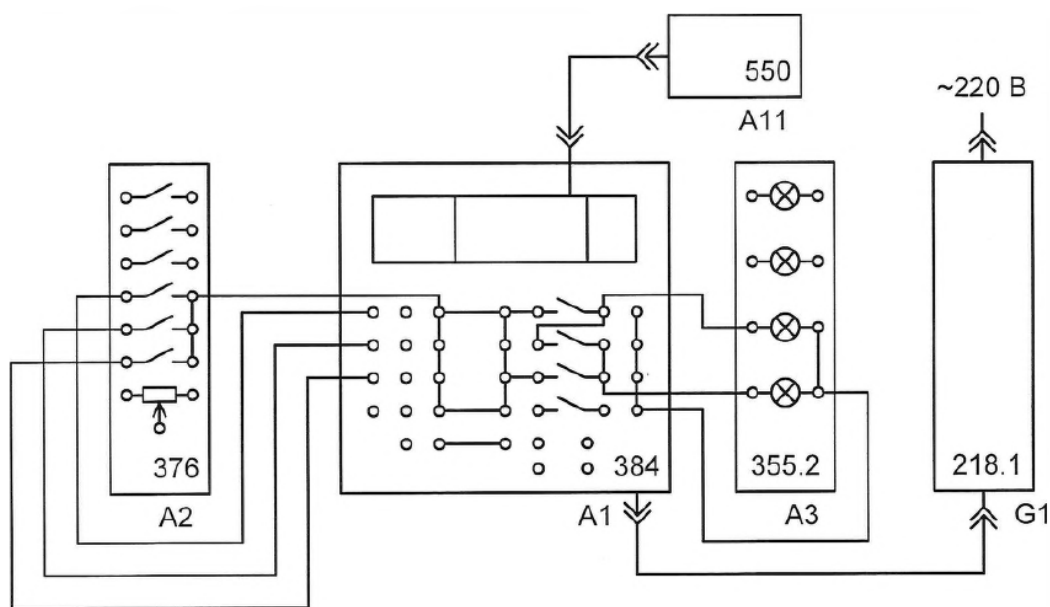


Рисунок 10.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 10.1. Запустите программу LOGO!Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.3», появится коммутационная программа (рисунок 10.2).

#### Алгоритм работы системы.

В эксперименте моделируется система автоматического резервирования питания двух электрических нагрузок:

- включение (отключение) системы осуществляется кнопкой с фиксацией;
- при включенной системе отключение питания одной из нагрузок автоматически (через 1 с) подключает её параллельно другой, получающей питание нагрузке;
- при отключенной системе управление питанием каждой из нагрузок осуществляется независимо друг от друга;
- система отключена (0 на входе I3). Сигнал 0 от I3 поступает на вход B005 и устанавливает выход B005 в 1. B005 устанавливает 1 на входе R триггера B004,

выход триггера в состоянии 0. Выходной сигнал триггера (0) поступает на вход В002 и блокирует выход Q2. Соединение входов нагрузок через контакт Q2 невозможно. Включение и отключение питания нагрузок производится сигналами входов I1, I2, непосредственно управляющими выходами Q1, Q3;

– система включена (1 на входе I3). Триггер В004 устанавливается в 1 сигналом с выхода В006, если сигналы I1, I2 и I3 равны 1. Теперь отключение одной из нагрузок (или  $I1 = 0$ , или  $I2 = 0$ ) ведет к появлению 1 последовательно на выходах В003, В002, В001 (с задержкой 1 с) и выходе Q2. Входы нагрузок объединяются контактом Q2, и питание отключенной нагрузки восстанавливается;

– если в системе с включенным резервированием ( $Q2 = 1$ ) подключить ранее отключенную нагрузку ( $I1$  или  $I2$  переходят из 0 в 1) или отключить систему ( $I3 = 0$ ), то через 1 с  $Q2 = 0$ . Резервирование отключено;

– по завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера А1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

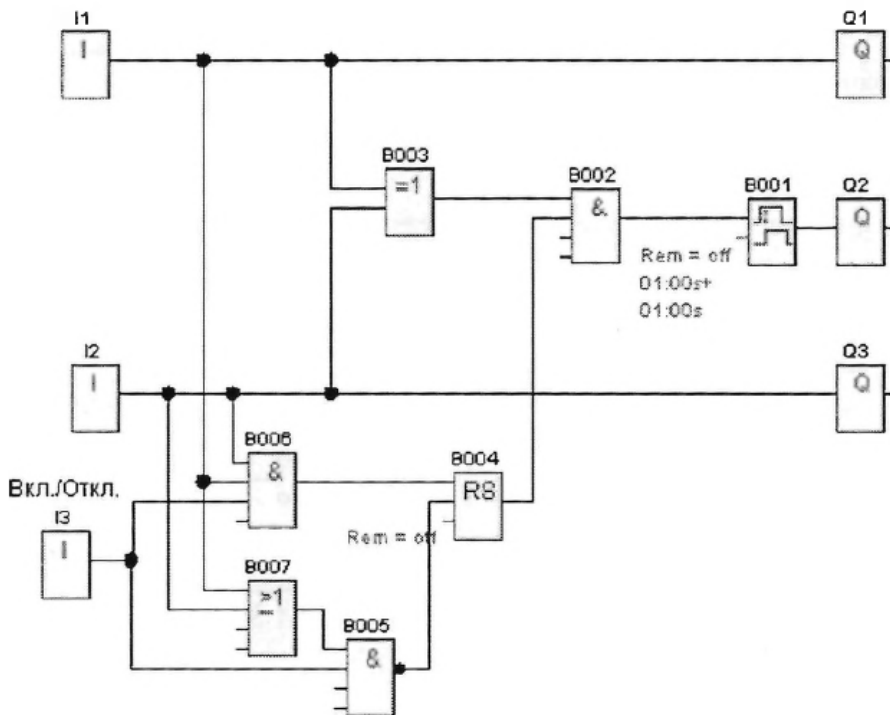


Рисунок 10.2 – Коммутационная программа системы управления

## Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 11 Лабораторная работа № 11. Автоматическая система управления наружным освещением

**Цель работы:** разработка программного управления наружным освещением контроллером LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

В настоящее время весьма актуальны системы автоматического включения освещения, если освещенность ниже заданного уровня. Они позволяют управлять освещением городских улиц, автоматически зажигая фонари при наступлении сумерек, освобождая обслуживающий персонал от этой необходимости. Такие системы могут использоваться в оранжереях и теплицах, позволяя рационально использовать естественное освещение и экономить на искусственном.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 11.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

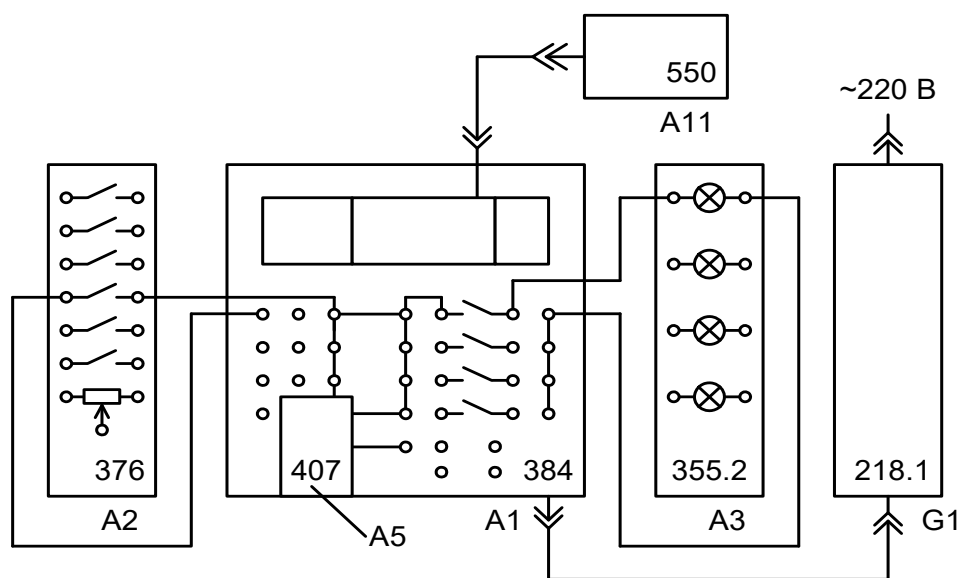


Рисунок 11.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 11.1. Запустите программу LOGO!Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.3», появится коммутационная программа (рисунок 11.2). В ней точка около входа функции обозначает инверсию (логическая операция НЕ) данного сигнала.

Алгоритм работы системы: при снижении освещенности ниже заданной (установленной фотодатчиком) происходит включение освещения. Кнопка с фиксацией поста управления A2 предназначена для включения (отключения) системы. Лампа в блоке A3 имитирует лампу наружного освещения. Датчик

освещенности A5 устанавливается вертикально (соответственно ориентации надписей на его этикетке) непосредственно в гнезда в левой нижней части панели блока A1.

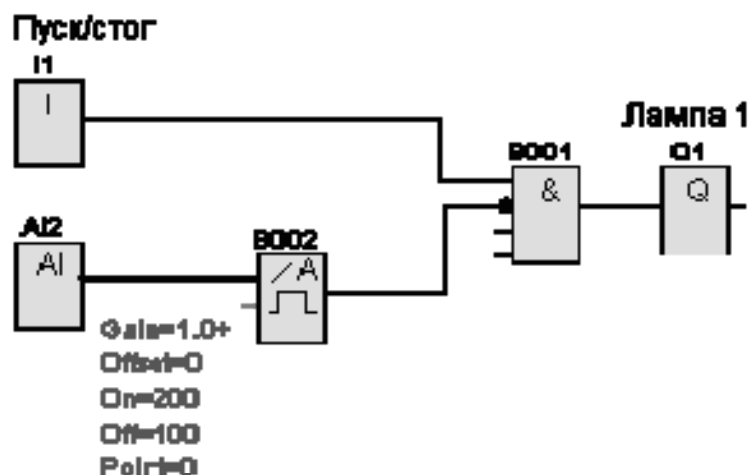


Рисунок 11.2 – Коммутационная программа системы управления

2 Задайте параметры аналогового порогового выключателя (блок B002): порог включения (On = 200) и выключения (Off = 100). Протестируйте работу схемы в режиме «Эмуляция», а порядок ее работы разберите в режиме пошагового выполнения программы.

3 Протестируйте работу схемы под управлением контроллера. Переведите контроллер в режим отображения главного меню (состояние «Стоп»). Установите кнопку включения/отключения системы в состояние «Замкнуто» – на вход I1 подан высокий уровень, система включена.

Затем датчик освещенности, проверьте работу системы. При необходимости скорректируйте схему, коммутационную программу и пороги срабатывания реле. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q; переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### *Содержание отчета*

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 12 Лабораторная работа № 12. Автоматическая система управления звуковым оповещением

**Цель работы:** разработка программного управления охранной сигнализацией контроллером LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

Автоматизация транспортного и технологического оборудования начинается с установки охранной звуковой сигнализации для защиты от несанкционированного вторжения на охраняемые территории или участки. Кроме того, такая система может быть использована для предупреждения об опасных участках, где производятся строительные-монтажные работы или асфальтобетонные работы, до затвердения покрытия, на которые заходить или заезжать нельзя, или для предупреждения об опасном приближении к работающему оборудованию, например к движущемуся ленточному конвейеру.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 12.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

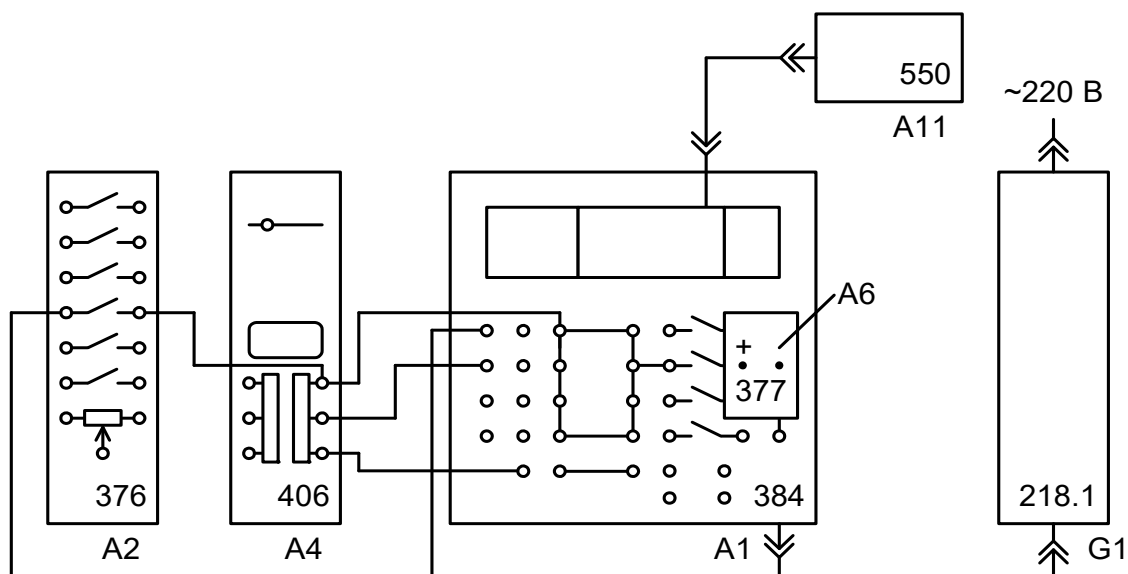


Рисунок 12.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 12.1. Запустите программу LOGO!Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.6», появится коммутационная программа (рисунок 12.2). В ней точка около входа функции обозначает инверсию (логическая операция НЕ) данного сигнала.

Алгоритм работы системы: по сигналу датчика система охранной сигнализации включает звуковой сигнал (зуммер). Для повышения помехоустойчиво-

сти системы длительность сигнала датчика должна быть не менее 1 с. После срабатывания система возвращается в исходное состояние после ее отключения и повторного включения.

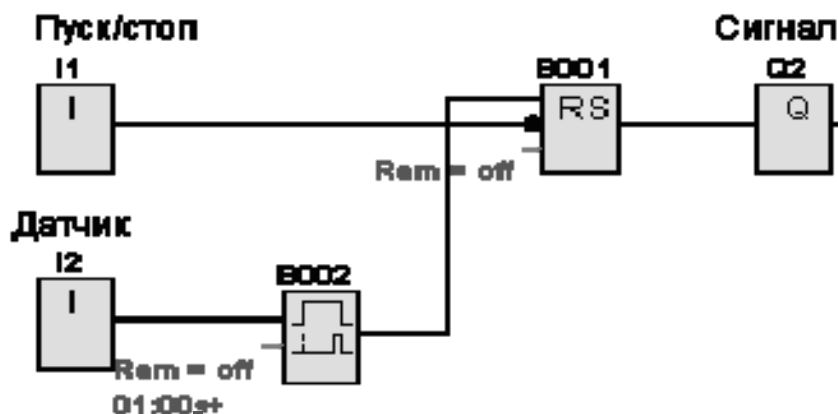


Рисунок 12.2 – Коммутационная программа

2 Задайте время задержки блока В002 равным 1 с (01:00). Протестируйте работу схемы в режиме «Эмуляция», а порядок ее работы разберите в режиме пошагового выполнения программы.

3 Загрузите в контроллер коммутационную программу. Переведите контроллер в режим отображения главного меню (состояние «Стоп»). Запустите программу на исполнение.

Протестируйте работу схемы под управлением контроллера. Проверьте состояние кнопки включения/отключения системы (кнопка с фиксацией поста управления А2). Установите её в состояние «Замкнуто» – на вход I1 подан высокий уровень, система включена.

Убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом. При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q).

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть».

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

### 13 Лабораторная работа № 13. Автоматическая система импульсного управления температурой в климатической камере

**Цель работы:** разработка программного управления температурой в климатической камере контроллером LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

Испытания автомобилей, предназначенных для эксплуатации в районах с жарким или, наоборот, холодным климатом, осуществляются в климатических камерах. Регулирование температуры в них представляет определенные трудности из-за большой инерционности процессов нагрева и охлаждения, сложности поддержания заданной точности температурного режима. Применение импульсного регулирования, позволяющего включать и выключать нагреватель при достижении заданных порогов регулирования, обеспечивает поддержание заданной температуры с заданной точностью.

#### *Алгоритм работы системы управления*

Система поддерживает заданную температуру воздуха в климатической камере в диапазоне 40 °С...60 °С путем включения /отключения нагревательного элемента. Система включается кнопкой с фиксацией. Схема электрических соединений контроллера для моделирования работы системы импульсного управления температурой в климатической камере представлена на рисунке 13.1.

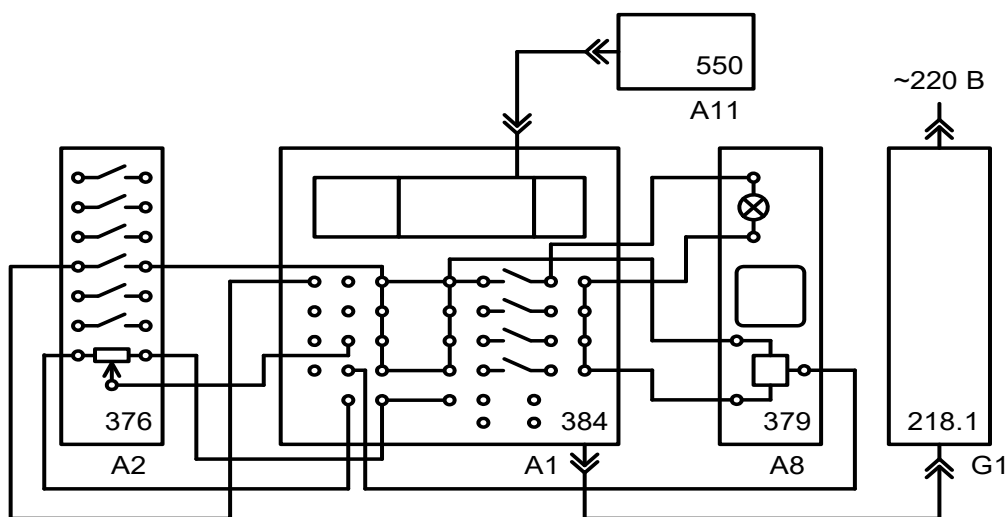


Рисунок 13.1 – Схема электрических соединений

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока программируемого контроллера A1.

Компьютер A11 подключен кабелем к разъему на лицевой панели контроллера и предназначен для загрузки и отладки коммутационной программы.

Кнопка с фиксацией поста управления A2 предназначена для включения (отключения) системы. Переменный резистор в poste управления A2 использу-

ется как делитель напряжения для формирования регулируемого аналогового сигнала  $0...+10$  В, пропорционального установке температуры воздуха в диапазоне  $40\text{ }^{\circ}\text{C}...60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Датчик температуры в модели климатической камеры А8 формирует сигнал, пропорциональный температуре воздуха в ней.

Лампа накаливания А8 играет роль нагревательного элемента.

### *Коммутационная программа и ее описание*

Коммутационная программа системы импульсного регулирования температуры в климатической камере представлена на рисунке 13.2.

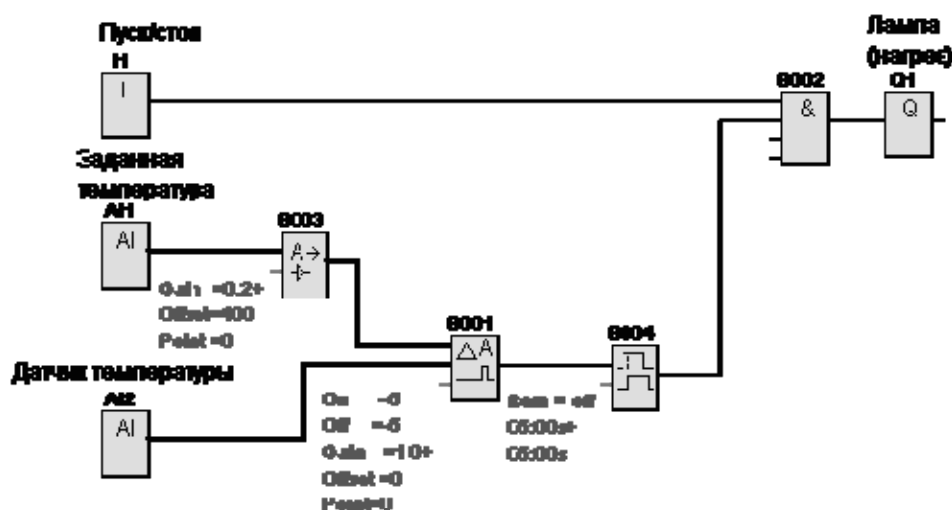


Рисунок 13.2 – Коммутационная программа

Работа программы:

- сигнал 0 на входе I1 блокирует работу программы – выход контроллера Q1 находится в состоянии 0 и нагреватель отключен;

- программа переходит в режим регулирования температуры при 1 на входе I1;

- в заданном диапазоне регулирования температуры ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}...60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) выходное напряжение датчика температуры изменяется от 4 до 6 В ( $((40\text{ }^{\circ}\text{C}...60\text{ }^{\circ}\text{C}) \times 0,1\text{ В}/^{\circ}\text{C})$ ). В коммутационной программе данному диапазону напряжений будут соответствовать числа от 400 до 600 на выходе AI2;

- сигнал задания температуры на входе контроллера AI1 меняется от 0 до 10 В, что соответствует диапазону изменения сигнала  $0...1000$  на выходе блока AI1 коммутационной программы. Аналоговый усилитель (B003) преобразует входной сигнал с диапазоном  $0...1000$  в сигнал диапазона  $400...600$ , согласованный с диапазоном изменения температуры. Для выполнения этого преобразования в качестве параметров блока аналогового усилителя B003 заданы коэффициент усиления  $\text{Gain} = 0,2$  и смещение  $\text{Offset} = 400$ . Выходной сигнал усилителя вычисляется по формуле  $\text{AI1} \times \text{Gain} + \text{Offset}$ , т. е.  $\text{AI1} \times 0,2 + 400$ ;

- аналоговый компаратор (B001) вычисляет разность заданного и измерен-



ного значений температуры. Если разность превышает порог включения (параметр  $On = 5$ ), то выход компаратора устанавливается в 1. С учетом масштаба аналоговых сигналов в коммутационной программе установленный порог соответствует 50 мВ или 0,5 °С. Спустя 5 с сигнал 1 появляется на выходе блока задержки включения /выключения B004, выходе B002 и Q1. Включается лампа нагрева. Временная задержка введена для исключения многократных включений и отключений лампы при медленном переходе температуры через заданный порог срабатывания;

– когда измеренная температура превышает заданную на величину порога выключения компаратора (параметр  $Off = -5$ ), выход компаратора переходит в состояние 0. Спустя время задержки блока B004 (5 с) значение 0 устанавливается на выходах B004, B002 и Q1. Лампа нагревателя отключается. При снижении температуры нагреватель вновь включается и т. д.

### ***Указания по проведению эксперимента***

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

Включите компьютер. Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1. Включите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1.

Переведите контроллер в режим отображения «Главного меню» (состояние «Стоп»).

Запустите программу LOGO! Soft Comfort и создайте коммутационную программу. Задайте параметры блоков B001 ( $On = 5$ ,  $Off = -5$ ), B003 ( $Gain = 0,2$ ,  $Offset = 400$ ), B004 ( $On = 05:00$ ,  $Off = 05:00$ ).

Загрузите в контроллер коммутационную программу. Запустите программу на исполнение.

Проверьте состояние кнопки включения/отключения системы (кнопка с фиксацией поста управления A2). Установите её в состояние «замкнуто» – на вход I1 подан высокий уровень, система включена.

Протестируйте работу схемы под управлением контроллера и убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом. При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу, отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

## Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 14 Лабораторная работа № 14. Автоматическая система управления исполнительным электродвигателем

**Цель работы:** разработка программного управления исполнительным электродвигателем посредством контроллера LOGO на основе программного обеспечения LOGO!Soft Comfort.

В настоящее время управление механизмами подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин осуществляют не рычагами, а кнопками. Это более эргономично, позволяет управлять большим числом механизмов, обеспечивать совмещение операций управления. При таком управлении кнопочный пульт или панель управления должен осуществлять коммутацию электрических цепей от однократного нажатия кнопок без их удержания. Для обеспечения безопасности работ необходима дополнительная сигнализация о состоянии механизма или о близости его нахождения к предельному состоянию. Такая система управления может быть использована для управления механизмом передвижения крана или механизмом изменения вылета стрелы стрелового крана.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 14.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

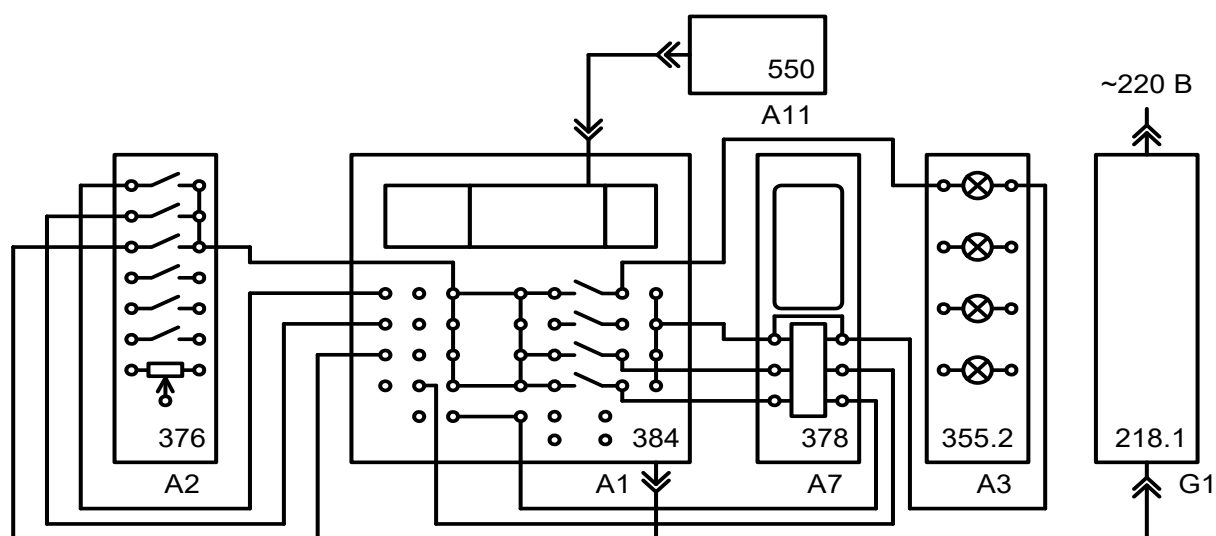


Рисунок 14.1 – Комплект лабораторного оборудования

## Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 14.1. Запустите программу LOGO! Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.7», появится коммутационная программа (рисунок 14.2).

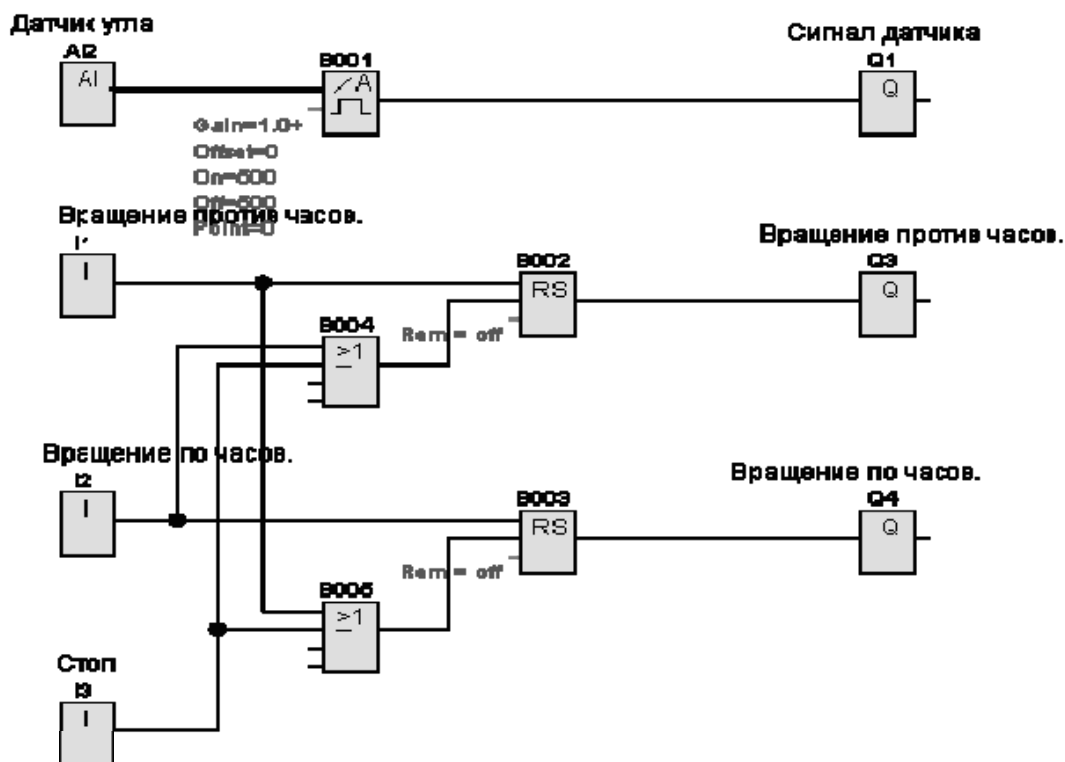


Рисунок 14.2 – Коммутационная программа

Алгоритм работы: вращение двигателя против часовой стрелки, по часовой стрелке и остановка двигателя происходят после нажатия на одну из трех кнопок без фиксации. Положение вала двигателя определяется визуально по положению стрелки на шкале (0...100 делений) и по сигналу потенциометрического датчика с выходным напряжением от 0 В (0 шкалы) до 10 В (100 делений шкалы). При нахождении стрелки указателя положения вала двигателя между 50 и 100 делениями шкалы горит красная лампа сигнализации.

2 Протестируйте работу схемы в режиме эмуляции и под управлением контроллера. Кнопки без фиксации поста A2 управляют двигателем A7: верхняя подает сигнал для начала вращения двигателя против часовой стрелки, вторая сверху – по часовой стрелке, третья сверху подает сигнал на останов двигателя.

## Содержание отчета

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

## 15 Лабораторная работа № 15. Автоматическая система непрерывного регулирования температуры в климатической камере с помощью ПИ-регулятора

**Цель работы:** разработка программного управления контроллером LOGO для непрерывного регулирования температуры с помощью ПИ-регулятора.

Испытания автомобилей, строительного-дорожной техники и оборудования, предназначенных для эксплуатации в районах с жарким или, наоборот, с холодным климатом, осуществляются в климатических камерах. Регулирование температуры в них представляет определенные трудности из-за большой инерционности процессов нагрева и охлаждения, сложностью поддержания заданной точности температурного режима. Применение импульсного регулирования, позволяющего включать и выключать нагреватель при достижении заданных порогов регулирования, не обеспечивает заданного качества процесса. Его можно достичь только с помощью ПИ-регулятора.

### Оборудование

Комплект лабораторного оборудования (рисунок 15.1), компьютер с программой LOGO!Soft Comfort.

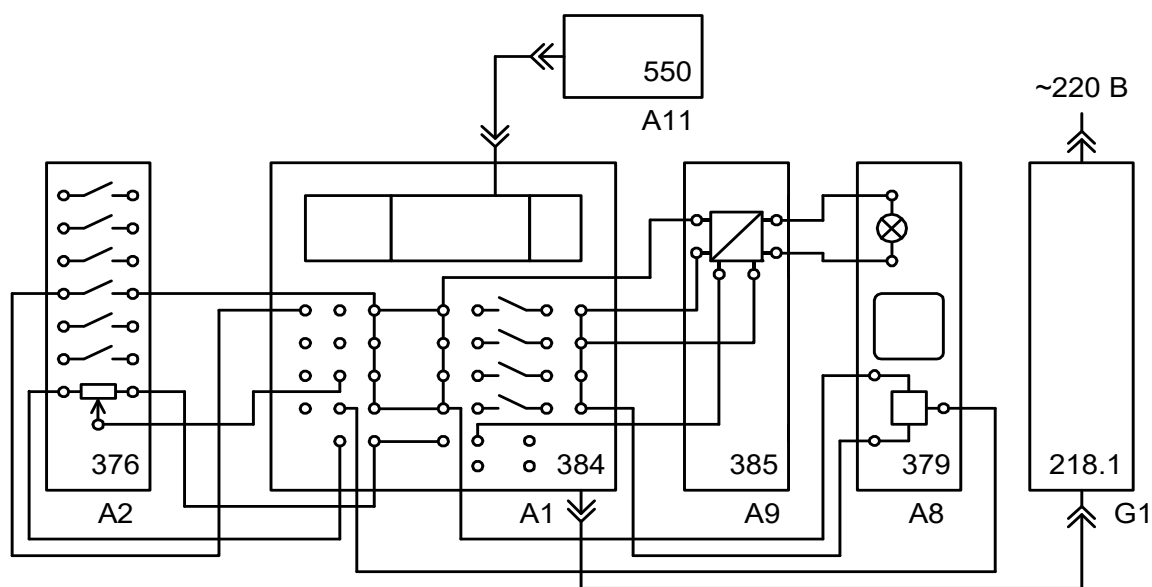


Рисунок 15.1 – Комплект лабораторного оборудования

### Порядок выполнения работы

1 Соберите установку согласно рисунку 15.1. Запустите программу LOGO!Soft Comfort и загрузите программу «Lab.2.9», появится коммутационная программа (рисунок 15.2).

Алгоритм работы: сравнивая заданную и измеренную температуру,

ПИ-регулятор формирует сигнал управления напряжением питания нагревательного элемента. Система обеспечивает поддержание температуры в диапазоне 40 °С...60 °С.

Переменный резистор в poste управления A2 используется как делитель напряжения для формирования регулируемого аналогового сигнала от 0 до + 10 В, задающего температуру в диапазоне 40 °С...60 °С.

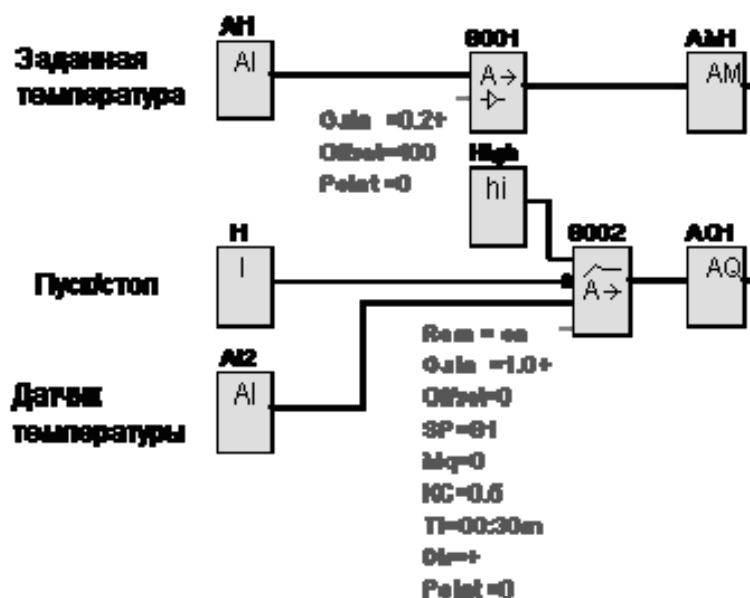


Рисунок 15.2 – Коммутационная программа

Датчик температуры в модели отапливаемого помещения A8 формирует сигнал, пропорциональный текущему значению температуры.

Лампа накаливания в модели отапливаемого помещения A8 играет роль нагревательного элемента.

При включении системы выходной сигнал ПИ-регулятора поступает на аналоговый выход AQ1 контроллера (клемма M1 блока A1) и через преобразователь постоянного напряжения A9 задает напряжение питания лампы (нагревателя) в блоке A8.

2 Откройте на компьютере файл «(929) Автоматика на основе программируемого контроллера», найдите лабораторную работу 2.9 и, используя инструкции, выполните указанную работу.

### *Содержание отчета*

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

### Алгоритм работы системы динамического торможения

При отключении двигателя контакт Q2 контроллера шунтирует цепь якоря

двигателя резистором 120 Ом. При снижении скорости двигателя до заданного уровня цепь шунтирующего резистора размыкается.

### *Коммутационная программа и ее описание*

Коммутационная программа автоматической системы динамического торможения двигателя постоянного тока в функции скорости представлена на рисунке 16.2.

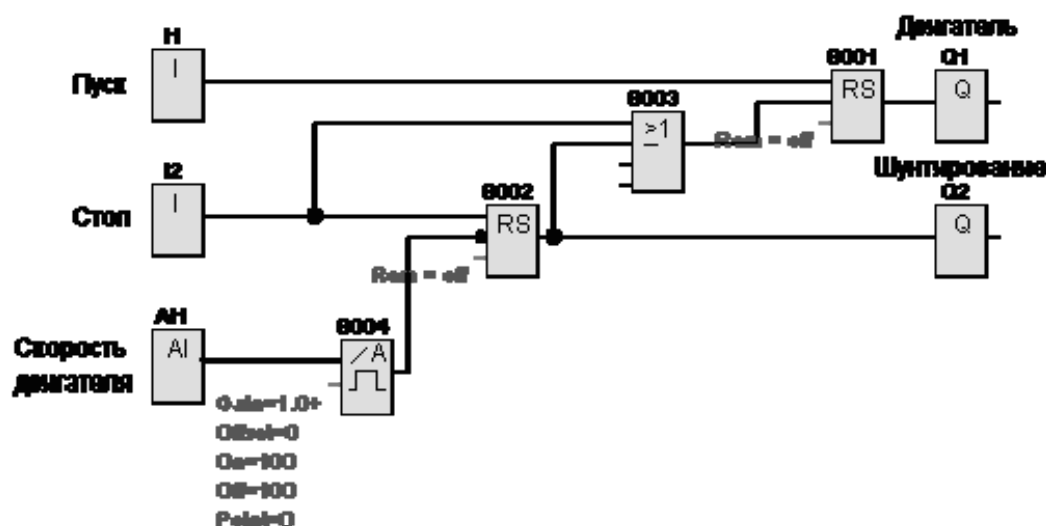


Рисунок 16.2 – Коммутационная программа системы динамического торможения

#### Работа программы:

- после запуска программы выход триггера B001 находится в состоянии 0, разомкнут контакт выхода контроллера Q1 и разорвана цепь питания двигателя. Двигатель остановлен, напряжение на выходе тахогенератора и сигнал на аналоговом входе AI1 равны 0. Сигнал AI1 ниже порога включения B004. Сигнал 0 с выхода B004 поступает на инвертированный вход R триггера B002 и выход триггера сохраняется в состоянии 0 независимо от сигнала S этого триггера. Сигнал 0 на выходе B002 размыкает контакт Q2 цепи шунтирования двигателя;
- кратковременное нажатие на кнопку «Пуск» приводит к появлению 1 на входе I1. Этот сигнал переключает триггер B001 в состояние 1, замыкаются контакты Q1 и двигатель подключается к источнику питания;
- пока напряжение на выходе тахогенератора ниже порога включения B004 ( $On = 100$ , т. е. 1 В), двигатель может быть немедленно отключен нажатием на кнопку «Стоп»: сигнал с входа I2 проходит через B003 и устанавливает 0 на выходе триггера B001 и выходе контроллера Q1;
- после разгона двигателя напряжение на выходе тахогенератора превысит порог включения B004 ( $On = 100$ ). Сигнал 1 на выходе B004 снимет блокировку с инвертированного входа R триггера B002;
- кратковременное нажатие на кнопку «Стоп» и появление 1 на входе I2 устанавливает выход триггера B002 в 1. Этот же сигнал через блок B003 поступает на вход R триггера B001 и устанавливает его выход в 0. Контакт выхода

контроллера Q1 разомкнут и питание двигателя отключено. Контакт Q2 замкнут: шунтирующий резистор подключен;

– когда напряжение тахогенератора на входе AI1 станет ниже порога выключения B004 (Off = 100, т. е. 1 В), сигнал 0 с выхода B004 поступит на инвертированный вход R триггера B002 и переключит его выход в состояние 0. Разомкнется контакт Q2 в цепи шунтирующего резистора. Цепь вернется в исходное состояние, соответствующее п. 1.

### ***Указания по проведению эксперимента***

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений. Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

Включите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1.

Переведите контроллер в режим отображения «Главного меню» (состояние «Стоп»).

Загрузите или введите в контроллер коммутационную программу «Lab 2.11». Для блока B004 (аналоговый пороговый выключатель) задайте пороги включения и выключения On = 100 и Off = –100. Запустите программу на исполнение (пункт Start «Главного меню»).

Протестируйте работу схемы под управлением контроллера и убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом. Верхняя кнопка поста управления A2 (376) соответствует кнопке «Пуск», а вторая сверху – «Стоп». Оцените работу схемы и программы при ошибочных действиях оператора: одновременном нажатии обеих кнопок в различных режимах работы схемы, многократных нажатиях одной из кнопок в различных режимах и т. п. При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (ESC>Stop>Yes), отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.



## 17 Лабораторная работа № 17. Регулирование скорости двигателя постоянного тока с помощью П- или ПИ-регулятора

**Цель работы:** разработка программного управления контроллером LOGO для регулирования скорости двигателя постоянного тока с помощью П- или ПИ-регулятора.

### *Алгоритм работы системы регулирования*

Система регулирования скорости тягового электродвигателя постоянного тока поддерживает заданную скорость вращения двигателя с помощью П- или ПИ-регулятора. Требуемая скорость задается переменным резистором поста управления. Кнопки с возвратом включают и отключают систему (схема электрических подключений приведена на рисунке 17.1).

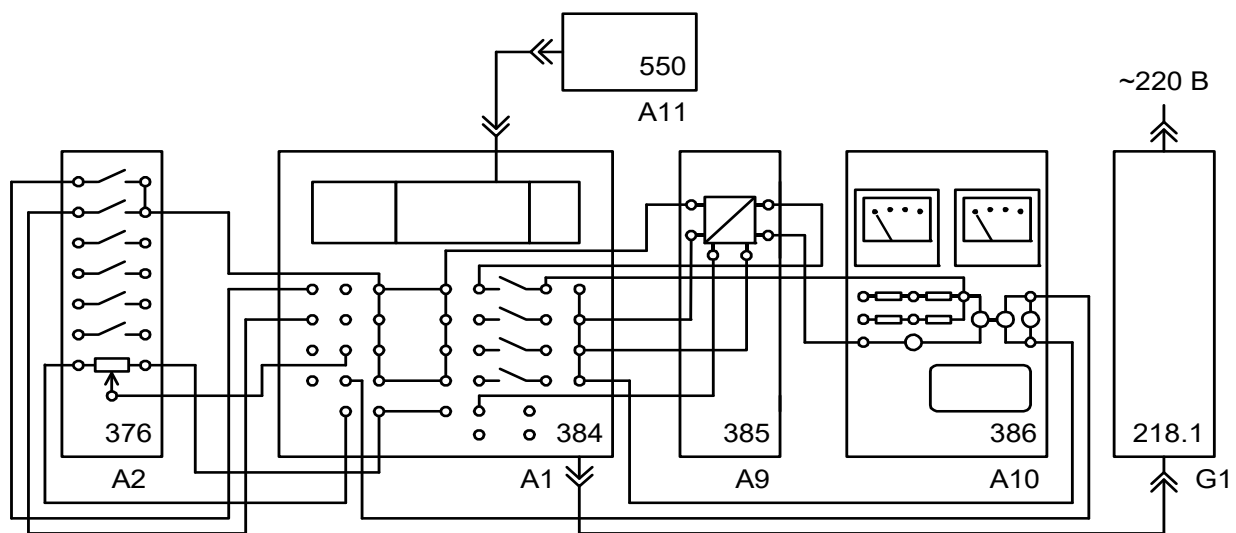


Рисунок 17.1 – Схема электрических подключений

Однофазный источник питания G1 предназначен для безопасного питания блока программируемого контроллера A1.

Кнопки поста управления A2 предназначены для включения/отключения системы и подключены соответственно к входам контроллера I1 и I2.

Переменный резистор в poste управления A2 используется для формирования аналогового сигнала 0...+10 В, подключенного к входу AI1 (I7) контроллера и задающего скорость вращения двигателя.

Сигнал обратной связи (выход тахогенератора) подключен к входу AI2 (I8) контроллера A1.

Сигнал ПИ(П)-регулятора с аналогового выхода контроллера AQ1 (M1) через преобразователь постоянного напряжения A9 поступает в цепь питания двигателя. Преобразователь A9 согласует диапазон выходных напряжений контроллера 0...+10 В с напряжением питания двигателя 0...+24 В. Двигатель подключен к выходу преобразователя A9 через контакты выхода Q1 контроллера A1. Контакты Q1 размыкаются при нулевом сигнале управления, что исклю-

чает вращение двигателя из-за остаточного напряжения на выходе преобразователя А9.

### *Коммутационная программа и ее описание*

Коммутационная программа системы регулирования скорости тяговых электродвигателей постоянного тока представлена на рисунке 17.2.

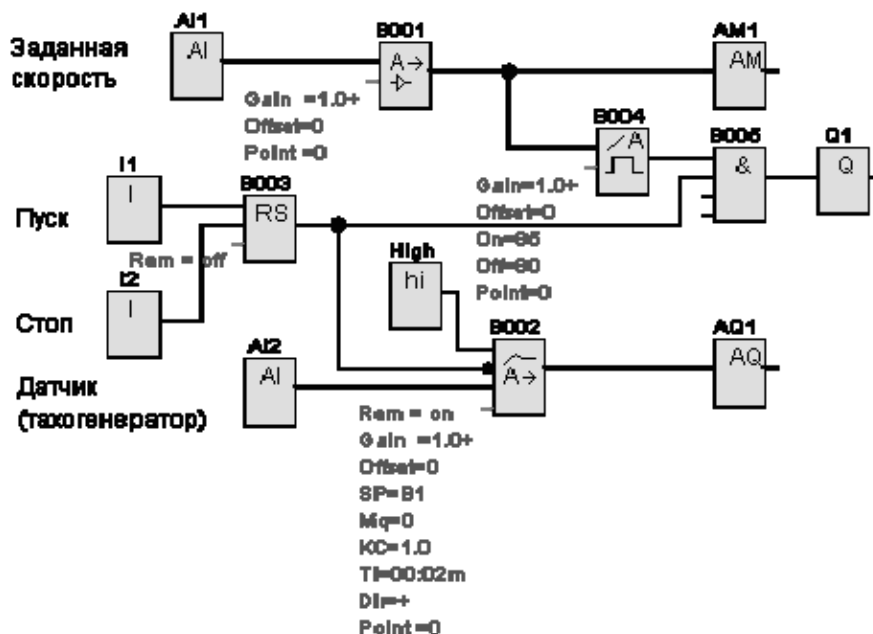


Рисунок 17.2 – Коммутационная программа системы регулирования скорости

#### Работа программы:

- при запуске программы на выходе триггера B003 устанавливается 0. Этот сигнал блокирует работу регулятора B002 – напряжение на аналоговом выходе контроллера AQ1 равно 0. Этот же сигнал устанавливает 0 на выходе B005, и контакты выхода Q1 программируемого контроллера размыкают цепь питания двигателя;

- кратковременное нажатие на кнопку «Пуск» приводит к появлению 1 на входе I1 и установке 1 на выходе триггера B003. Регулятор B002 разблокирован. Сигнал 1 (блок High) на входе А/М B002 задает режим автоматической работы регулятора;

- пока сигнал задания скорости на входе AI1 не превысит 0,85 В, выход аналогового порогового выключателя B004 остается в состоянии 0. Сигнал 0 сохраняется на выходе B005, контакты выхода Q1 разомкнуты и разорвана цепь питания двигателя. Это исключает вращение двигателя за счет постоянного остаточного напряжения на выходе преобразователя А9;

- когда сигнал задания скорости SP превысит порог срабатывания выключателя B004, равный 85 (т. е. 0,85 В), на обоих входах B005 будут установлены 1, замкнутся контакты Q1 и двигатель будет подключен к выходу преобразователя А9. Система перейдет в режим регулирования скорости;

– сигнал задания скорости на входе контроллера AI1 меняется от 0 до 10 В, что соответствует диапазону изменения сигнала  $SP = 0...1000$  на входе AI1 коммутационной программы. Аналоговый усилитель (B001) с параметрами  $Gain = 1$  и  $Offset = 0$  не изменяет значения сигнала, и необходим лишь для передачи значения SP блоку регулятора B002. Для завершения цепочки блоков AI1, B001 выход усилителя подключен к AM1 (аналоговый флаг);

– напряжение тахогенератора (датчика скорости) поступает на вход контроллера AI2 и передается на вход сигнала обратной связи PV регулятора B002. Напряжение тахогенератора  $0...10$  В преобразуется в контроллере в сигнал с диапазоном  $0...1000$ ;

– регулятор B002 определяет разность заданного SP и измеренного PV значений скорости и вычисляет выходной сигнал управления двигателем, поступающий на аналоговый выход контроллера AQ1. Заданное значение скорости SP передается в блок регулятора косвенно, как ссылка на номер блока усилителя B001, вычисляющего эту величину (для B002 параметр  $SP = B1$ );

– параметры регулятора (B002) настраиваются согласно рисунку 17.3.

Окно параметров блока открывается двойным щелчком левой кнопки мыши на значке блока в окне диаграммы LOGO!SoftComfort (см. рисунок 17.3).

Для установки «Заданное значение (SP)» необходимо нажать кнопку «Ссылка» в этой строке и выбрать из списка блок B001 (аналоговый усилитель). Для установки параметров регулятора в строке «Наборы параметров» выберите «Настройки пользователя». Рекомендуемые значения параметров для регуляторов различного типа приведены в таблице 17.1.

Таблица 17.1 – Рекомендуемые значения параметров для регуляторов различного типа

| Тип регулятора             | ПИ    | П           | И     |
|----------------------------|-------|-------------|-------|
| Усиление КС                | 1,00  | 1,00...2,00 | 0     |
| Время интегрирования TI, с | 00:02 | 99:59       | 00:02 |

Для остальных параметров сохраните значения, принятые по умолчанию. Установив параметры, нажмите кнопку «Да» внизу окна.

Параметры регулятора могут быть введены и с лицевой панели контроллера как в режиме редактирования программы, так и в режиме ее выполнения RUN. В этом случае для ввода параметров установите курсор на вход Par блока регулятора и нажмите ОК. Список параметров регулятора занимает четыре экрана контроллера. Номер экрана отображается в правом верхнем углу. Для перехода между экранами используются кнопки перемещения курсора влево и вправо (◀, ▶).

$SP = B1$  – требуемое значение скорости. Задано как ссылка на номер блока усилителя B1 (т. е. блок B001), вычисляющего это значение.

КС (Усиление). Коэффициент усиления пропорционального и интегрирующего звеньев одинаков и равен КС. Исключение составляет  $КС = 0$ . Это значение устанавливается только для пропорционального звена, а для интегрирующего звена –  $КС = 1$  (т. е. получаем И-регулятор).

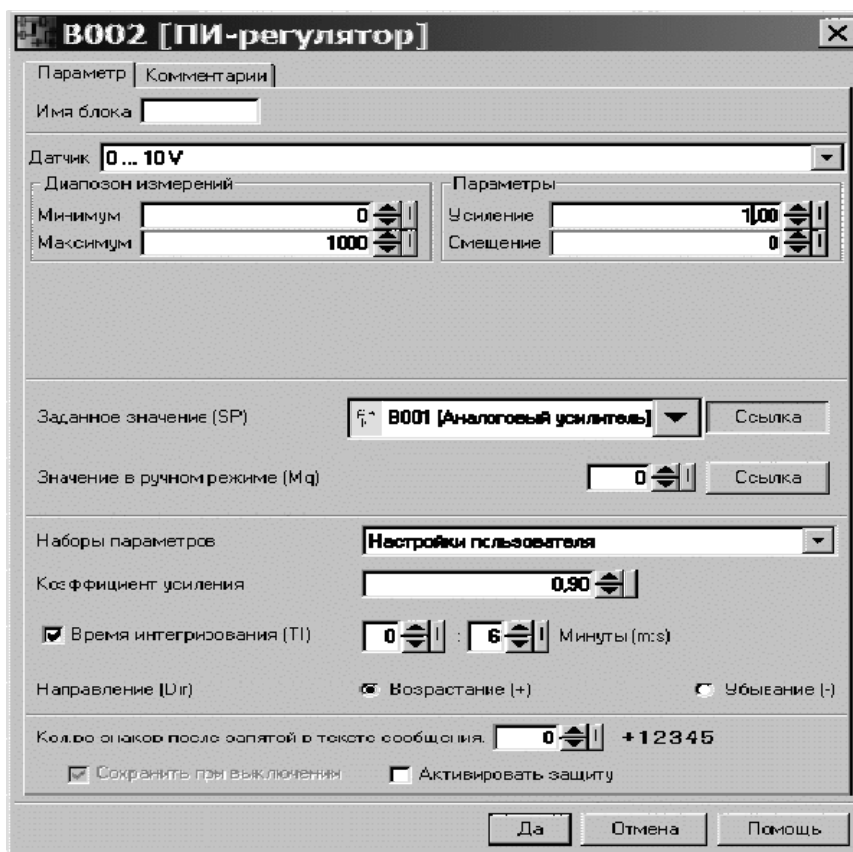


Рисунок 17.3 – Окно установки параметров ПИ-регулятора

TI – время интегрирования (мин: с) для И- или ПИ-регулятора. Для П-регулятора интегрирующее звено необходимо отключить. Для этого устанавливаем TI = 99:59. Это изменение можно сделать через «Меню параметризации» в режиме RUN (см. далее) или редактированием параметров блока в режиме ввода программы.

Рекомендуемые значения КС и TI приведены в таблице 17.1.

Dir = +. Направление действия регулятора (+– выходной сигнал регулятора увеличивается, если текущее значение скорости ниже заданной величины).

Mq = 0. Значение сигнала на выходе AQ при ручном режиме (A/M = 0). В рассматриваемой программе ручной режим регулятора не используется.

Min = 0. Минимальное значение для PV.

Max = 1000. Максимальное значение для PV.

A (Gain, усиление) = 1,0 +. Усиление PV, равное + 1.

B (Offset, смещение) = 0. Смещение нулевой точки PV.

p = 0 – количество знаков после запятой при отображении параметров блока на экране в режиме RUN. В рассматриваемой программе вывод параметров на экран контроллера не предусмотрен.

Параметры A (Gain, усиление) и B (Offset, смещение) используются для пересчета значения PV внутри блока ПИ-регулятора по формуле  $PV = Gain \times PV + Offset$ . Пересчитанная величина PV сравнивается с заданным значением SP.

Период обновления данных на выходе ПИ-регулятора фиксирован

и равен 500 мс;

– кратковременное нажатие на кнопку «Стоп» приводит к появлению 1 на входе I2 и установке 0 на выходе триггера B003 – регулятор B002 заблокирован, система отключена.

### ***Указания по проведению эксперимента***

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений. Включите устройство защитного отключения и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1. Включите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера A1.

Переведите контроллер в режим отображения «Главного меню» (состояние «Стоп»).

Загрузите или введите в контроллер коммутационную программу «Lab 2.12». Задайте параметры блоков B001 (Gain = 1, Offset = 0), B004 (Gain = 1, Offset = 0, On = 85, Off = 80) и B002 (см. выше описание программы). Запустите программу на исполнение (пункт Start «Главного меню»).

Протестируйте работу схемы под управлением контроллера и убедитесь, что система функционирует в соответствии с заданным алгоритмом. Кратковременно нажмите кнопку «Пуск» (верхняя кнопка с возвратом поста управления A2). Система включена.

Заданное и фактическое значения скорости отображаются на экране состояния аналоговых входов AI «Меню запуска» (рисунок 17.4). Для перехода к указанному экрану в режиме исполнения программы RUN нажмите кнопку управления курсором на корпусе контроллера (►) до появления экрана состояния входов AI1, AI2.

|              |          |          |          |          |          |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>A I :</b> |          |          |          |          |          |
| <b>1 :</b>   | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>6</b> | <b>0</b> | <b>0</b> |
| <b>2 :</b>   | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>5</b> | <b>0</b> | <b>4</b> |
| <b>3 :</b>   | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> |

Рисунок 17.4 – Экран состояния входов меню запуска

В строке 1: на экране отображается напряжение на входе задания скорости AI1 (0...+10 В), умноженное на 100, т. е. диапазон значений AI1 = 0...1000. В строке 2: отображается напряжение на входе AI2, т. е. напряжение на выходе тахогенератора, пропорциональное текущему значению скорости двигателя. Это значение также умножено на 100, т. е. 00504 на рисунке соответствует 5,04 В. Разность этих значений характеризует работу регулятора и всей системы в целом.

Задайте необходимые параметры и проверьте работу системы с ПИ- или П-регулятором. Рекомендуемые значения параметров для регуляторов различного

типа приведены в таблице 17.1.

Параметры регулятора могут быть изменены в режиме исполнения программы RUN. Предварительно уменьшите сигнал задания скорости до 0 (резистор поста управления А2 поверните против часовой стрелки до упора).

В «Меню запуска» нажмите Esc, перейдите к «Меню параметризации», выберите пункт Set Param и нажмите ОК.

Выберите номер блока стрелками движения курсора вверх/вниз. По достижении экрана требуемого блока нажмите кнопку ОК.

Перемещение от параметра к параметру в пределах экрана (экранов) производится стрелками движения курсора влево/вправо, изменение значения параметра – стрелками вверх/вниз.

Для выхода из режима изменения параметров с сохранением нового значения нажмите ОК. Выход без сохранения измененных значений – Esc.

По окончании редактирования параметров несколько раз нажмите Esc до появления «Меню запуска».

При необходимости скорректируйте схему и коммутационную программу. За состоянием входов и выходов удобно следить на экране их состояния (входы I – цифровые, AI – аналоговые, выходы – Q) (переход из «Меню запуска» нажатием кнопки ►).

По завершении эксперимента остановите коммутационную программу (ESC > Stop > Yes), отключите выключатель «Сеть» блока программируемого контроллера А1 и автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

### ***Содержание отчета***

- 1 Наименование и цель работы.
- 2 Перечень применяемой аппаратуры.
- 3 Схема электрических соединений.
- 4 Коммутационная программа.

### **Список литературы**

1 **Скрябин, В. А.** Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебник / В. А. Скрябин, А. Г. Схиртладзе, А. Е. Зверовщиков. – М. : КУРС ; ИНФРА-М, 2019. – 320 с.

2 **Максименко, А. Н.** Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин : учеб. пособие / А. Н. Максименко, Г. Л. Антипенко, Г. С. Лягушев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.