

УДК 681.5: 658.286

А.Н. Рыбалев, Р.Д. Редозубов

**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА  
«ЛИФТ»**

*В статье описывается лабораторный аппаратно-программный комплекс «Лифт», разработанный и смонтированный на кафедре автоматизации производственных процессов и электротехники. Рассматриваются конструкция механизма, структура системы управления и программное обеспечение.*

*The article describes the laboratory hardware-software complex «Elevator», developed and assembled at the chair of automation of production processes and electrical engineering. Deals with design of the mechanism, the structure of the control system and its software.*

**Введение. Физическая модель лифта**

Современный лифт – сложный электромеханический комплекс, обслуживаемый не менее сложной системой программно-логического управления. Для изучения структуры и принципов работы лифтовых механизмов, а также систем управления ими на кафедре автоматизации производственных процессов и электротехники в 2010 г. разработана и смонтирована физическая модель лифта (рис. 1). Все работы были выполнены под руководством старшего преподавателя Р.Д. Редозубова выпускниками А.С. Сергеевым и В.А. Чупровым в рамках дипломного проектирования.

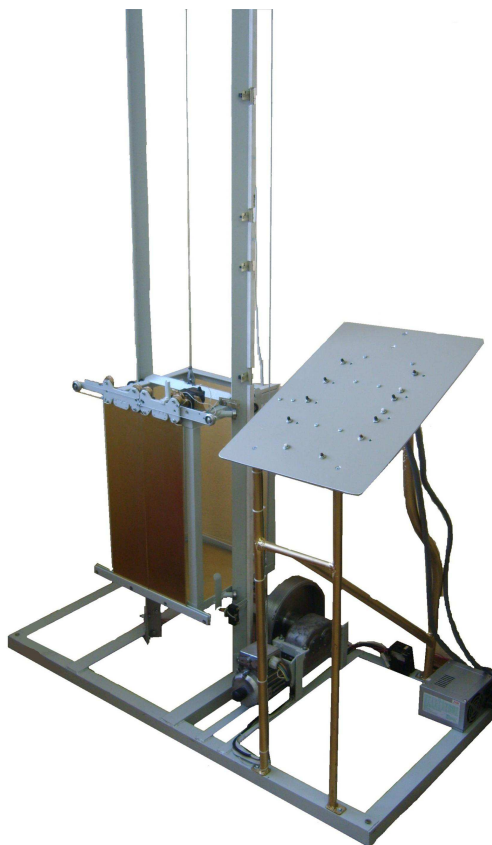


Рис. 1. Внешний вид установки.

Размеры установки были определены исходя из возможностей лаборатории. Высота шахты – 2,9 м (при высоте потолка 3,2 м). Шахта представляет собой две параллельные направляющие, выполненные из стального углового профиля. Шахта прикрепляется как к основанию, на котором размещены другие элементы установки, так и к потолку лаборатории.

Количество этажей принято равным четырем. Межэтажное расстояние составляет 0,65 м., высота кабины – 0,45 м. Кабина снабжена боковыми конструкциями, включающими подшипники качения, посредством которых она скользит по направляющим шахты.

Положение кабины контролируется оптическими датчиками. Передатчик всех датчиков установлен на крыше кабины, а приемники – на шахте лифта. Этажные приемники отвечают за точную остановку кабины на этаже, промежуточные – за снижение частоты вращения привода при подходе к требуемому этажу.

В конструкции установки предусмотрено также автоматическое отключение привода в тех случаях, когда по каким-либо причинам кабина лифта не остановится на заданном этаже. Аварийное отключение осуществляют конечные выключатели, расположенные в верхней и нижней частях одной из направляющих шахты.

Основной электропривод установки включает асинхронный двигатель 4AA50B4УЗ с частотой вращения 1500 об/мин и червячно-цилиндрический редуктор с передаточным отношением равным 160. На выходной вал редуктора насажен шкив, наматывающий трос, соединенный с кабиной лифта через блоки, находящиеся на верхних перекрытиях шахты.

Двери кабины имеют собственный привод на основе двигателя постоянного тока. Для определения состояния дверей предусмотрены три датчика – открыты, закрыты или находятся под внешним воздействием.

Установка снабжена пультом, на который вынесены:

кнопки вызовов кабины с этажей (для второго и третьего предусмотрены вызовы в направлении вверх и вниз с помощью двух кнопок);

кнопки приказов из кабины;

«аварийные» кнопки;

светодиоды оповещения принятия вызовов и приказов.

### Система управления

Структурная схема системы управления установкой показана на рис. 2.



Рис. 2. Структура системы управления.

Двигатель главного привода управляется частотным преобразователем ACS 300, который обеспечивает плавный разгон и плавное торможение, а также движение на пониженной скорости при подходе к нужному этажу. Управление преобразователем осуществляет программируемый логический контроллер Siemens S7-200, формируя сигналы управления: «пуск», «реверс», «переход на пониженную скорость». Ускорения разгона и торможения задаются настройкой преобразователя частоты. При этом используется S-образная («лифтовая») характеристика.

Контроллер также управляет приводом дверей непосредственно на установке и свечением светодиодов пульта, подтверждающих принятие вызовов и приказов.

Состояние установки контролируется с помощью:

сигналов оптических датчиков положения кабины (этажных и промежуточных «выключателей»);

сигналов датчиков состояния дверей (открыты, закрыты, находятся под внешним воздействием);

сигналов, формируемых кнопками пульта (приказы и вызовы).

Суммарная «мощность» системы управления оценивается 34 дискретными сигналами: 24 входными и 10 выходными.

Цепи управления преобразователем частоты питаются от внутреннего источника питания ACS 300 напряжением 24 В. Для питания других выходных цепей используется отдельный блок питания напряжением 12 В. Все входные цепи контроллера питаются от внутреннего источника питания Siemens S7-200 напряжением 24 В.

Контроллер размещен в отдельном шкафу и соединен с установкой и преобразователем частоты посредством сигнальных кабелей. Силовой кабель питания двигателя главного привода и все сигнальные кабели экранированы, экраны заземлены.

### Программное обеспечение

Основная сложность системы управления лифтовым механизмом заключена в программном обеспечении контроллера. Поскольку проект носит учебный характер, было принято решение не использовать «сторонние наработки», а разрабатывать программы управления «с нуля».

К программному обеспечению предъявлялись следующие требования.

1. Реализация как «обычного», так и «собирающего» принципов работы лифта. Первый предполагает, что в каждый момент времени выполняется только один вызов или приказ, а остальные игнорируются. Это наиболее простой принцип. Согласно «собирающему» принципу фиксируются все приказы и вызовы, затем идет их отбор и выполнение в соответствии с текущим направлением движения. «Собирающий» принцип обеспечивает оптимизацию режима работы лифта при его большой загруженности благодаря уменьшению количества «челночных» движений.

2. Универсальность. Так как число «этажей» физической модели невелико, программы управления в простейшем случае могут включать обработку каждого отдельного сигнала в зависимости от текущего состояния лифта. Особенно просто это сделать для «обычного» принципа работы. Однако при другом количестве этажей такие программы не будут способны управлять лифтом. Универсальные программы должны основываться на алгоритмах, не зависящих от этажности здания. Модификация программ при изменении этажности должна сводиться только к указанию номера самого верхнего этажа.

При проектировании алгоритмов управления был использован «автоматный» подход. Программа управления представляет собой конечный автомат, который может находиться в определенных состояниях и переходить из одного состояния в другое под действием входных сигналов. Выходные сигналы определяются входными в зависимости от состояния. В каждом состоянии имеется своя логика, связывающая выходы с входами.

На первом этапе (в 2010 г.) была разработана программа-имитатор для персонального компьютера. Программа написана в среде разработки Borland C++ Builder и снабжена простейшим пользовательским интерфейсом, использующим стандартные визуальные компоненты (рис. 3).

Программа работает под управлением системного таймера Windows, обеспечивающего взаимодействие объектов классов Driver и Controller. Класс Driver описывает все механизмы установки, а класс Controller – систему управления.

Разработка программы-имитатора позволила выделить необходимые состояния и логику переходов программы управления и в общих чертах – алгоритмы определения направления и цели. Однако создать программный аналог будущей системы, который можно было бы однозначно перенести на платформу контроллера, не удалось. Этому помешали существенные

различия в архитектуре микропроцессорных систем и системах команд микропроцессоров ПЛК и ПК, а также сложность организации вычислений с частотой цикла контроллера (примерно 1000 раз в секунду) в программе, работающей под управлением ОС Windows

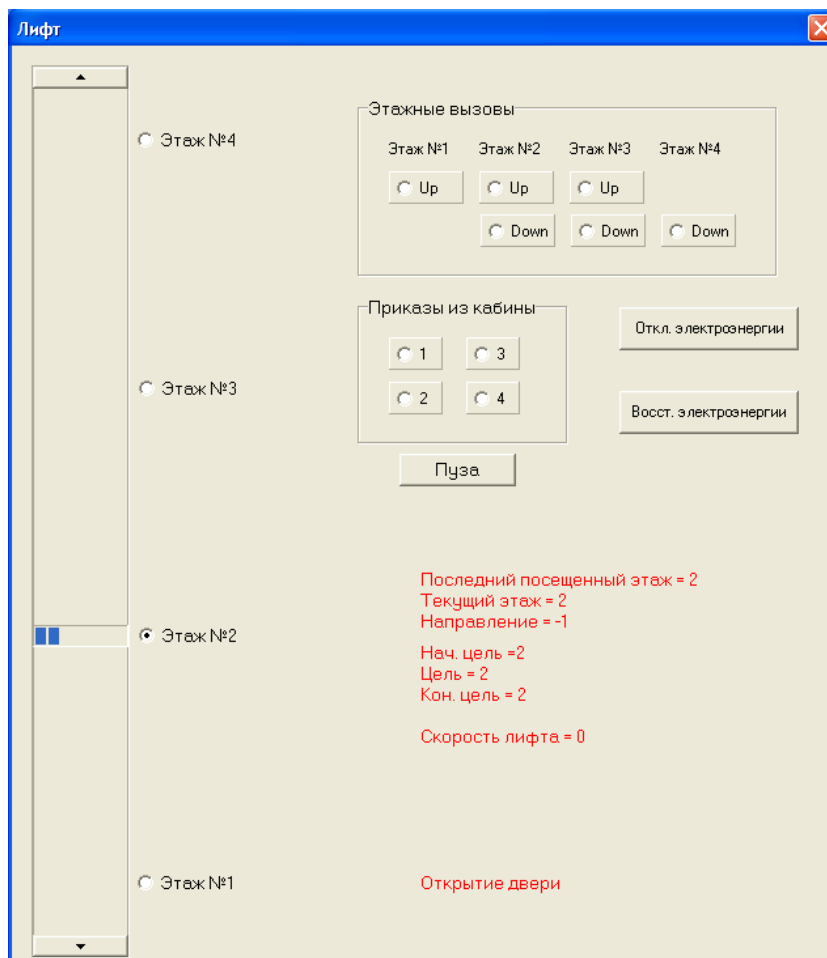


Рис. 3. Интерфейс программы-имитатора

В 2011 г. под руководством доцента А.Н. Рыбалева выпускниками А.Е. Комаровым и С.В. Ванзиным в рамках выполнения дипломных проектов разработаны программы управления установкой для контроллера Siemens S7-200. Программы написаны на языке STL (в системе программирования STEP 7 MicroWin – это язык релейно-контактных схем, аналог языка LAD по стандарту МЭК 61131) и обеспечивают управление лифтом по «обычному» и «собирательному» принципам.

Структура программы управления, одинаковая для двух принципов, приведена на рис. 4. Программа включает общую часть, выполняемую на каждом такте контроллера (программа MAIN), и подпрограммы, вызываемые в зависимости от состояния, в котором находится система.

В общей части осуществляется контроль положения кабины, контроль вызовов и приказов, а также управление работой светодиодов на пульте. В результате опросов этажных и промежуточных «выключателей» и кнопок пульта формируются соответствующие переменные.

В состоянии «Первый пуск» система переводится при первом запуске. Если кабина лифта находится между этажами, она опускается вниз до ближайшего этажа. Далее система переводится в состояние «Ожидание» установкой определенного значения специальной переменной.

В состоянии «Движение» программа управляет преобразователем частоты, формируя на основании сравнения соответствующих переменных сигналы пуска и перехода на пониженную скорость. При достижении нужного этажа система переводится в состояние «Остановка».

В состоянии «Остановка» система управляет работой привода дверей, обеспечивая открытие дверей и их закрытие после определенного времени. Далее производится переход в состояние «Ожидание». Следует отметить, что «Остановка» не является «классическим» состоянием теории конечных автоматов, поскольку включает «подсостояния», их запоминание и переходы между ними. Однако поскольку смена «подсостояний» производится всегда в одном и том же порядке, соответствующие действия объединены в одной подпрограмме.

В состоянии «Ожидание» производится выбор направления движения и цели (или целей при сборательном принципе работы). При наличии цели система переводится в режим «Движение».

### Заключение

Разработанный аппаратно-программный комплекс будет использоваться студентами при изучении дисциплин «Технические средства автоматизации», «Микропроцессорные системы управления», «Автоматизация технологических процессов и производств». При выполнении лабораторных работ предполагается написание, отладка и тестирование простых программ управления, реализующих упрощенное поведение механизма, – например, циклическое движение между двумя определенными этажами, обслуживание лифтом определенного числа этажей по обычному принципу и т.д. В курсовом и дипломном проектировании планируется дальнейшее совершенствование технического и программного обеспечения стенда, в частности, рассматривается возможность замены промежуточных «выключателей» счетчиком оборотов вала двигателя.

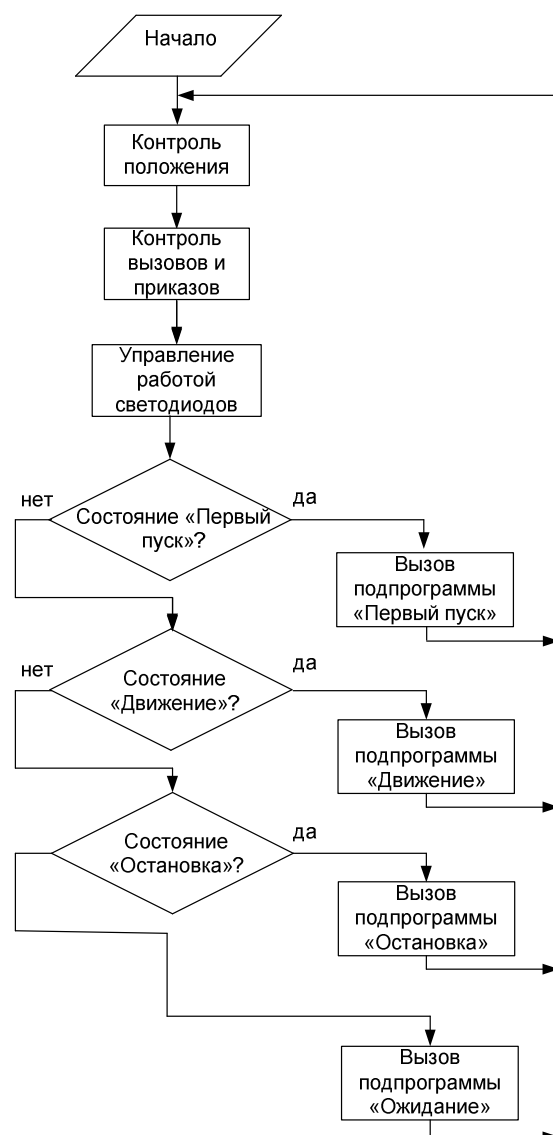


Рис. 4. Структура программы управления.