

УДК 519.95

UDC 519.95

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПОСТРОЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ
ДЛЯ ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЛИФТА****BUILDING A LOGICAL FUNCTION FOR DE-
SCRIPTION OF A LIFT MOTION**

Галиев Карим Сулейманович
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код=8093-5110
E-mail: shachri42.galiev@yandex.ru

Galiyev Karim Suleymanovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
RSCI SPIN code =8093-5110
E-mail: shachri42.galiev@yandex.ru

Печурина Елена Каримовна
старший преподаватель
РИНЦ SPIN-код: 1952-4286
E-mail: geskov@mail.ru
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия*

Pechurina Elena Karimovna
senior lecturer
RSCI SPIN code: 1952-4286
E-mail: geskov@mail.ru
*Kuban state agrarian University named after I. T.
Trubilin, Krasnodar, Russia*

В автоматических устройствах широко применя-
ются релейно-контактные схемы. Разработка и
описание таких схем является достаточно сложной
задачей. Известно, что здесь с успехом может быть
использован аппарат алгебры логики. В статье рас-
сматривается описание схемы движения лифта
сначала обычным способом (как принято описы-
вать в инструкциях), затем формулами матема-
тической логики. Получено математическое описание
перемещения кабины пассажирского лифта в виде
логической функции

In automatic devices, relay-contact circuits are widely
used. The development and description of such
schemes is quite a challenge. It is known that the appa-
ratus of algebra of logic can be used with success here.
In the article the description of the elevator movement
scheme is considered first in the usual way (as it is
customary to describe in the instructions), then by the
formulas of mathematical logic. A mathematical de-
scription of the movement of the cabin of a passenger
elevator in the form of a logical function has been ob-
tained

Ключевые слова: ЛИФТ, РЕЛЕ, АЛГЕБРА ЛОГИ-
КИ, ЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕМЕННАЯ, ЛОГИЧЕ-
СКАЯ ФУНКЦИЯ

Keywords: ELEVATOR, RELAY, ALGEBRA LOG-
IC, LOGICAL VARIABLE, LOGIC FUNCTION

Doi: 10.21515/1990-4665-129-053

Часть 1

Опишем схему движения пассажирского лифта в пятиэтажном доме.

Сделаем два допущения:

- двери кабины и шахты лифта открываются после прибытия на этаж
и закрываются через некоторое время;
- если кабина при вызове находится на этом же этаже, то дверь сразу
открывается.

Кабина лифта находится либо в движении, либо в покое. Состояние
покоя назовем нормальным состоянием. В нормальном состоянии не пода-
ется ток на мотор лифта, а переключатели находятся в определенном по-
ложении (либо замкнуты, либо разомкнуты).

При работе лифта используются переключатели 4-х типов:

- 1) выключатели - кнопки кабины (КК), кнопки вызова на этажах (КЭ), выключатель под полом кабины (ВП);
- 2) реле (РЭ);
- 3) контакторы - контактор «вверх» (КВ), контактор «вниз» (КН);
- 4) этажные переключатели «с нулём» (ПЭ).

Реле разрывает электрическую цепь в одном месте. Контактор разрывает цепь в нескольких местах. Их подвижная часть (якорь) может быть прямоходовой или поворотной. Втягивающая катушка контактора и реле на схемах обозначена прямоугольником. Принцип работы реле и контактора показан на рисунках 1 и 2. Схема из двух контакторов показана на рисунке 3.

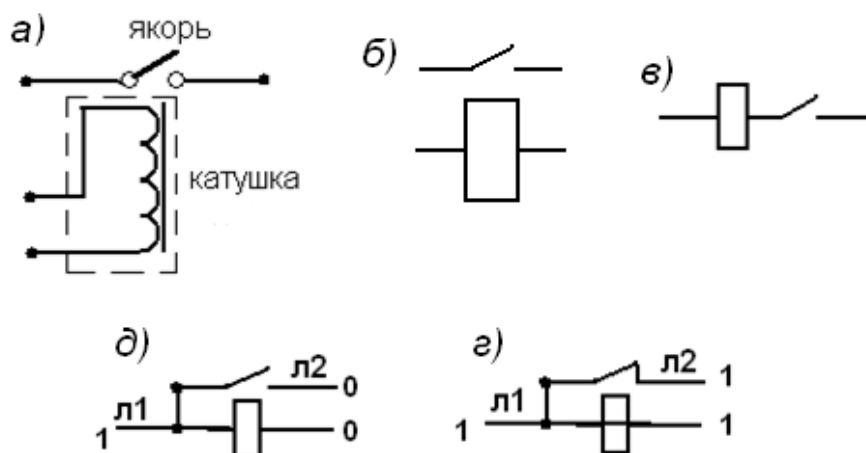


Рисунок 1. Схема реле;

- а) принцип работы реле; б) схема реле; в) условное обозначение реле; д) катушка обесточена, контакт разомкнут; е) катушка намагничена, контакт замкнут.

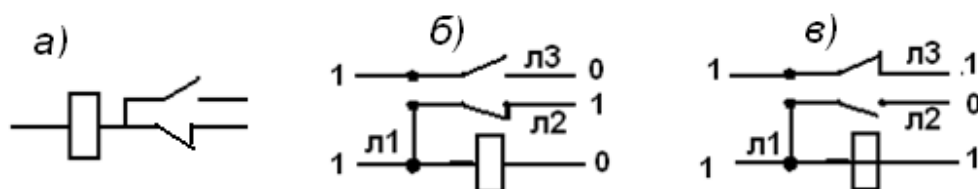


Рисунок 2. Схема контактора;

- а) условное обозначение контактора; б) катушка обесточена; в) катушка намагничена.

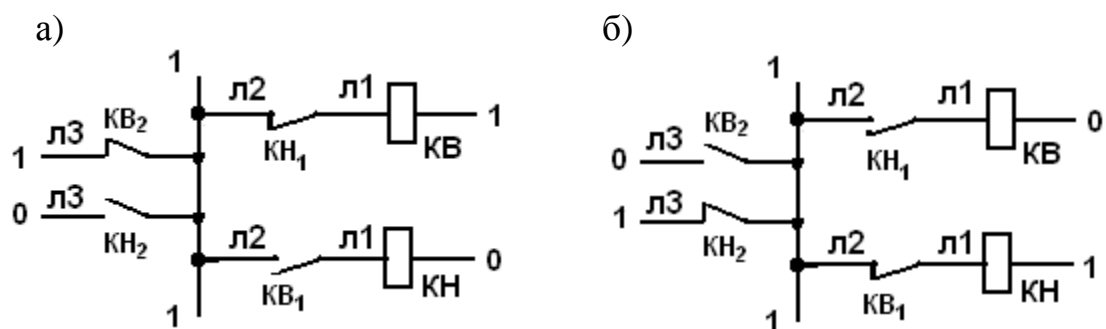


Рисунок 3. Схема из двух контакторов;
 а) контактор КВ намагничен, КН – обесточен;
 б) контактор КН намагничен, КВ – обесточен.

Выше, на рисунках через «л1, л2, л3» обозначены токопроводящие линии; «1» - наличие тока в проводнике, «0» - обесточенный проводник.

Этажный переключатель с «нулём» может находиться в трёх разных состояниях в зависимости от положения кабины лифта. Кабина, перемещаясь мимо этажного переключателя, изменяет положение рычажка переключателя следующим образом (рисунок 4).

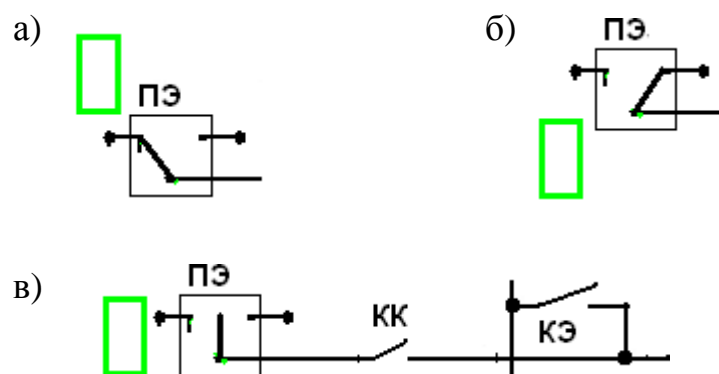


Рисунок 4. Состояния этажного переключателя.
 а) кабина вверху, рычажок слева; б) кабина внизу, рычажок справа;
 в) кабина на этаже, рычажок посередине, кнопки кабины КК и вызова КЭ размыкаются;

Рассмотрим переключатели в нормальном и рабочем состояниях (через X обозначены контакты: X =1 – замкнут, X =0 – разомкнут):

Название и обозначение	Нормальное состояние	Рабочее состояние
Кнопка в кабине, КК Кнопка на этаже, КЭ	X=0	X=1
Выключатель пола от тяжести пассажира, ВП	X=1	X=0
Реле, РЭ	X=0	X=1
Контактор «вверх», КВ Контактор «вниз», КН	X ₁ =1, X ₂ =0	X ₁ =0, X ₂ =1
Переключатель с нулём, ПЭ	X=0, \bar{X} =1	X=1, \bar{X} =0

Рассмотрим электрическую схему лифта и положение переключателей в нормальном состоянии (рисунок 5). Отметим назначение элементов электрической схемы лифта:

- ВП – выключатель под полом кабины, включается от тяжести пассажира, выключается при пустой кабине;
- КК – кнопки кабины, включаются пассажиром, отключаются переключателем;
- КЭ – кнопки вызова кабины, расположены на каждом этаже; включаются пассажиром, отключаются переключателем;

- РЭ – реле (по числу этажей) срабатывает от сигнала кнопки кабины или кнопки вызова; реле управляют контакторами через рычажки переключателя; реле отключается переключателем;
- КВ – контактор «вверх», включает мотор М на подъём кабины; контактор включается и отключается переключателем;

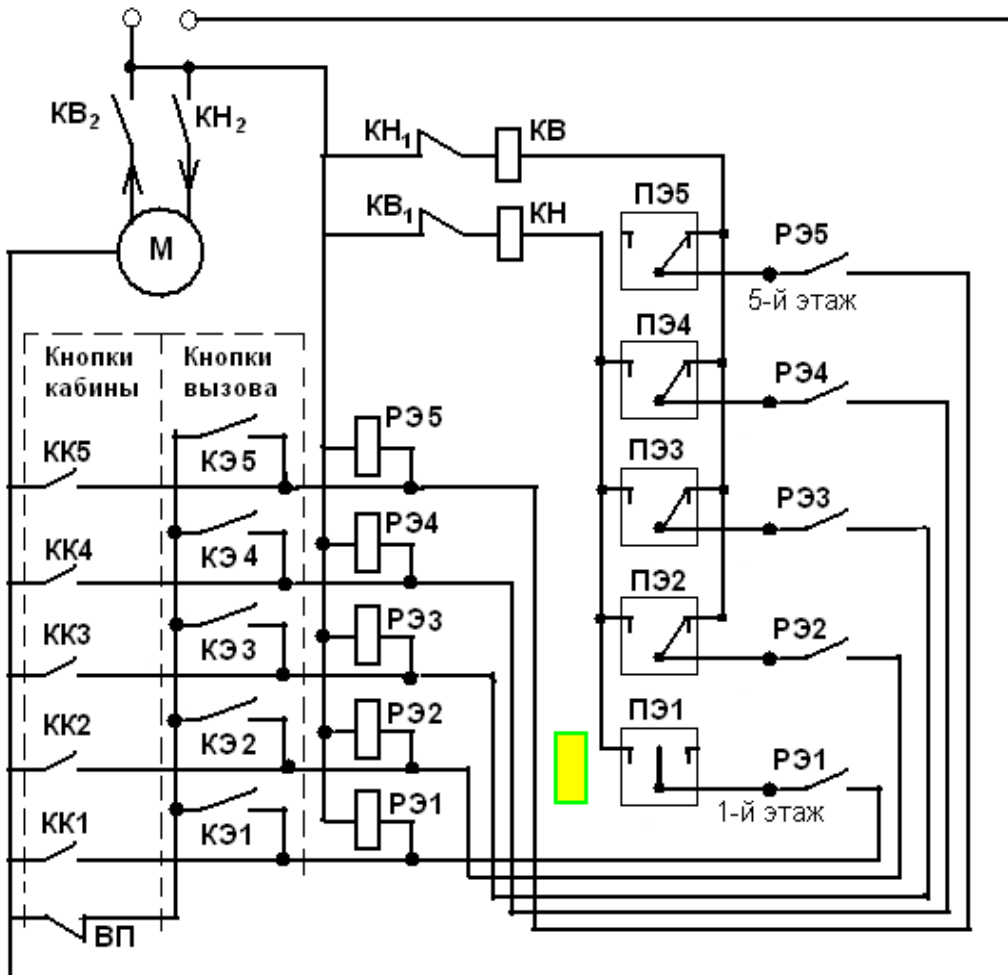


Рисунок 5. Электрическая схема лифта в нормальном состоянии (кабина на 1 этаже; контакт пола ВП замкнут – кабина пустая; электрическая цепь – разомкнута).

- КН – контактор «вниз», включает мотор М на спуск кабины; контактор включается и отключается переключателем;
- ПЭ – переключатели (находятся в шахте лифта на уровне каждого этажа) срабатывают от упора движущейся кабины; переключатель вклю-

чает или отключает контакторы, в результате чего включается или отключается мотор М.

- М – мотор лифта, перемещает кабину вверх или вниз; мотор включается и отключается контактором.

Рассмотрим несколько возможных рабочих ситуаций лифта.

1.1. Подъём в лифте

Предположим, что пассажиру необходимо подняться с первого этажа на четвертый. Пассажир входит в кабину. Контакт пола ВП под тяжестью пассажира размыкается и разрывается цепь вызывных кнопок КЭ1, ..., КЭ5, чем исключается наружное управление.

Далее управление лифтом осуществляется из кабины. Пассажир нажимает кнопку КК4 (4 этаж). Включается реле РЭ4 по цепи: л1-КК4-РЭ4-л2. Реле РЭ4 замыкает свой контакт и через переключатель ПЭ4 включает контактор КВ (вверх). Контактор КВ меняет положение контактов (КВ₂ становится замкнут, КВ₁ - разомкнут) и включает в сеть мотор М (рисунок 6).

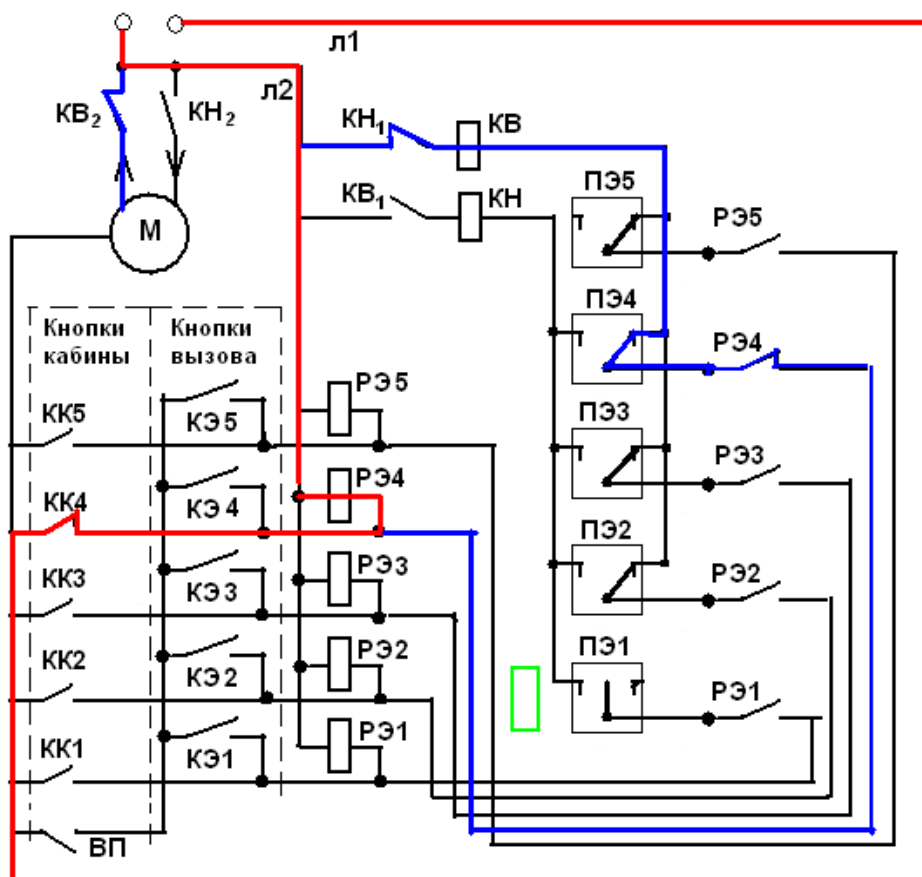


Рисунок 6. Подъем в лифте с 1 на 4 этаж;
(последовательность выполнения до включения мотора:
ВП=0, КК4=1, РЭ4=1, КВ₁=0, КВ₂=1).

Двигатель начинает подъем кабины вверх. Кабина, пройдя первый, второй и третий этажи, повернет рычаги переключателей ПЭ1, ПЭ2 и ПЭ3 в левое положение. Эти переключения подготавливают схему к последующей работе. По достижении кабиной четвертого этажа ее упор поворачивает рычаг переключателя ПЭ4 в среднее положение и обесточивается контактор КВ (контакт КВ₂ становится разомкнутым, КВ₁ - замкнутым); отключается двигатель, кабина останавливается; размыкается кнопка КК4, вследствие чего обесточивается линия (л1), реле РЭ4 (рисунок 7). После выхода пассажира аппараты управления приводятся в исходное положение, кроме этажных переключателей.

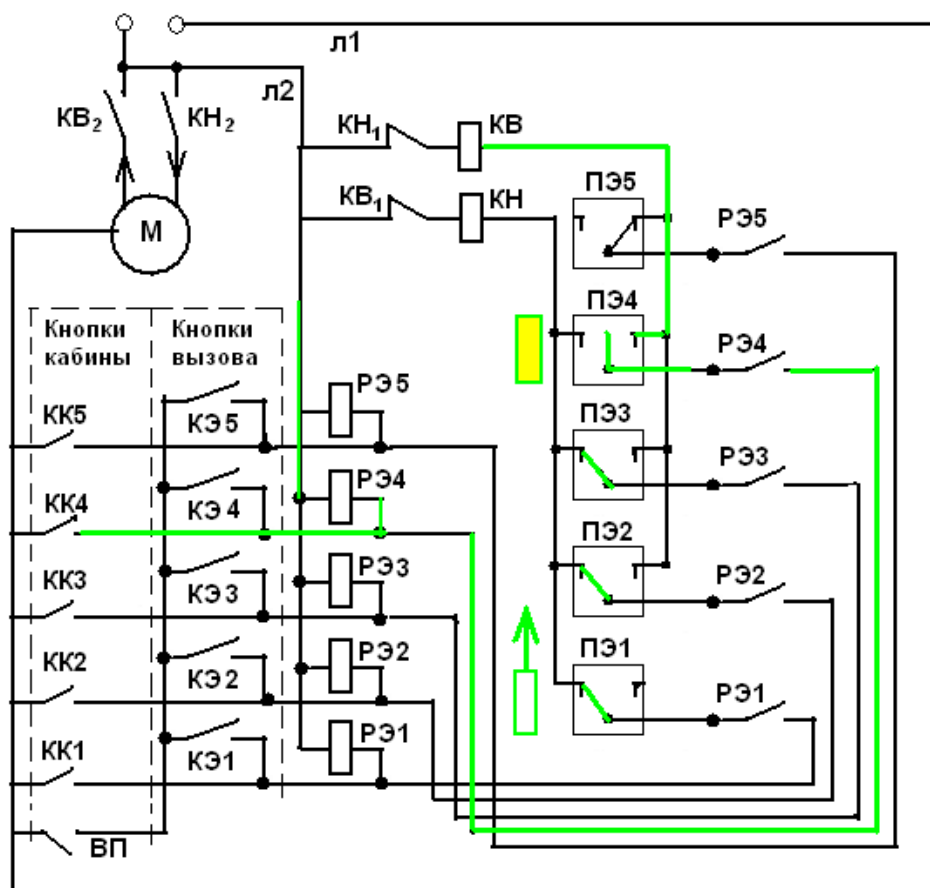


Рисунок 7. Подъем в лифте с 1 на 4 этаж;
 (последовательность выполнения после включения мотора :
 ПЭ1...ПЭ3 – влево, ПЭ4 – посередине, КВ₁=1, КВ₂=0, остановка мо-
 тора, кабина на 4 этаже, КК4=0, РЭ4=0).

1.2. Вызов кабины лифта вниз

Нужно вернуть пустую кабину с четвертого этажа на первый. Нажимается вызывная кнопка КЭ1 наружного управления, расположенная на первом этаже. Включается реле РЭ1 по цепи л1-ВП-РЭ1-л2, которое своим контактом включает контактор КН (вниз). Контакт КН₁ размыкается, КН₂ становится замкнут. Происходит пуск двигателя в обратном направлении (рисунок 8).

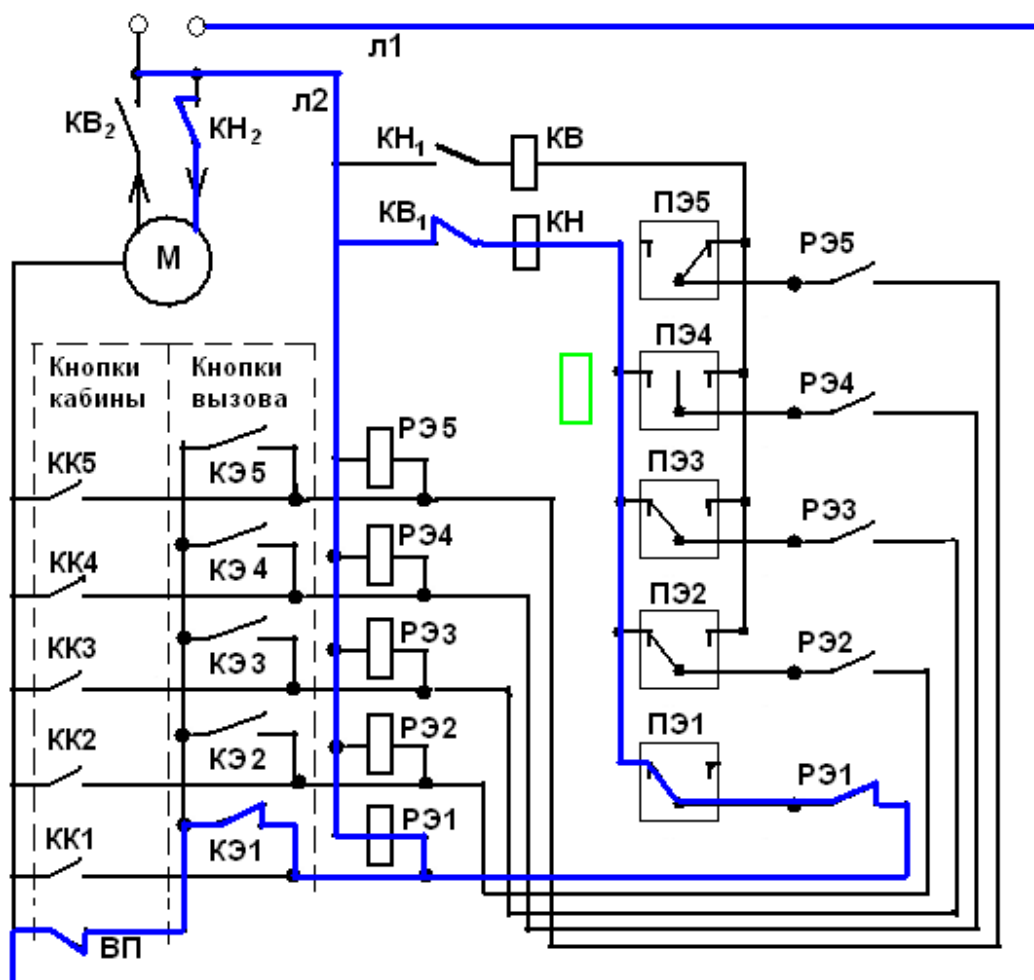


Рисунок 8. Вызов кабины вниз с 4 на 1 этаж;
 (последовательность выполнения до включения мотора:
 ВП=1, КЭ1=1, РЭ1=1, КН₁=0, КН₂=1, спуск кабины).

Кабина лифта опускается и по пути переставляет все этажные переключатели ПЭ4...ПЭ2 в правое положение, ПЭ1 в среднее положение. Каптушка контактора КН обесточивается (КН₂ становится разомкнутым, КН₁ - замкнутым), мотор отключается, кабина останавливается. Размыкается контакт КЭ1, обесточивается линия (л1) и реле РЭ1 (рисунок 9).

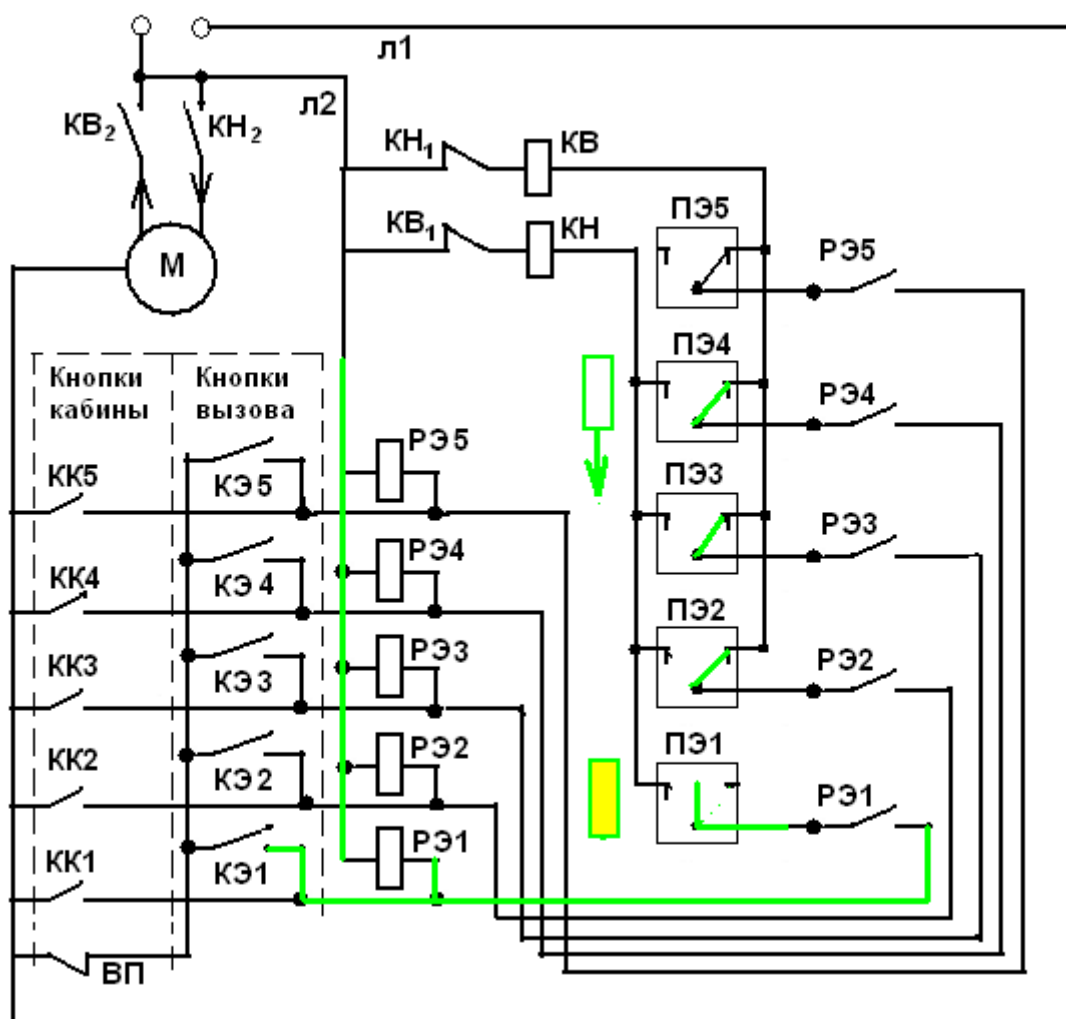


Рисунок 9. Вызов кабины вниз с 4 на 1 этаж;
 (последовательность выполнения после включения мотора:
 ПЭ4...ПЭ2 – вправо, ПЭ1 – посередине, КН₁=1, КН₂=0,
 останов мотора, кабина на 1 этаже, КЭ1=0, РЭ1=0).

1.3. Вызов кабины лифта вверх

Нужно вызвать пустую кабину с 3-го на 5-й этаж. Нажимается вызывная кнопка КЭ5 наружного управления, расположенная на пятом этаже. В результате по цепи л1-ВП-КЭ5-РЭ5-л2 включается реле РЭ5 и контактор КВ через правый контакт переключателя ПЭ5. Контактор КВ замыкает контакт КВ₂, двигатель начинает подъем кабины вверх (рисунок 10).

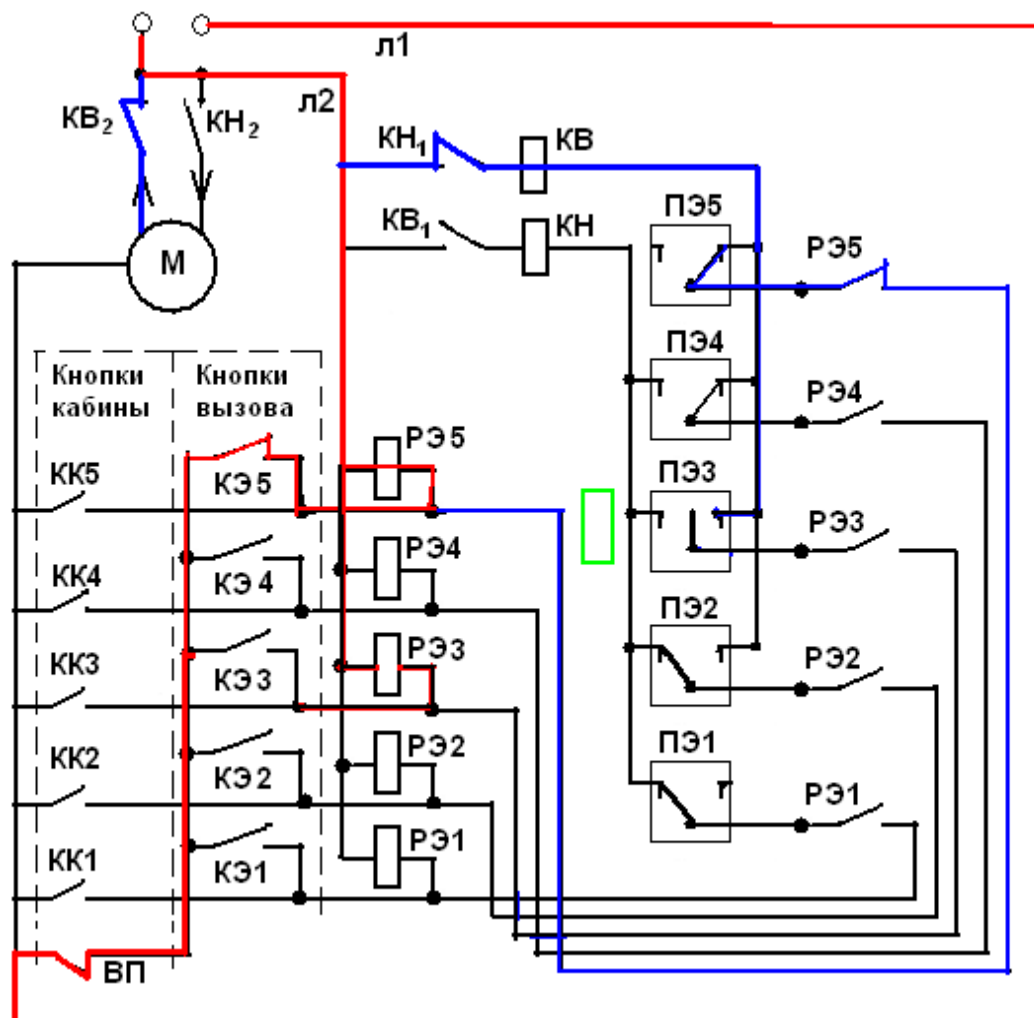


Рисунок 10. Вызов на 5 этаж (кабина внизу на 3 этаже);
 (последовательность выполнения до включения мотора:
 ВП=1, КЭ5=1, РЭ5=1, КВ₁=0, КВ₂=1, подъём кабины).

Кабина, поднимаясь, повернет рычаги переключателей ПЭ3 и ПЭ4 в левое положение. По достижении кабиной 5-го этажа ее упор поворачивает рычаг переключателя ПЭ5 в среднее положение, вследствие чего контактор КВ обесточивается, контакт КВ₂ становится разомкнутым, КВ₁ – замкнутым. Отключается двигатель, кабина останавливается. Контакт КЭ5 размыкается, обесточивается линия и реле РЭ5. Аппарат управления при-

водит лифт в исходное положение, кроме этажных переключателей (рисунок 11).

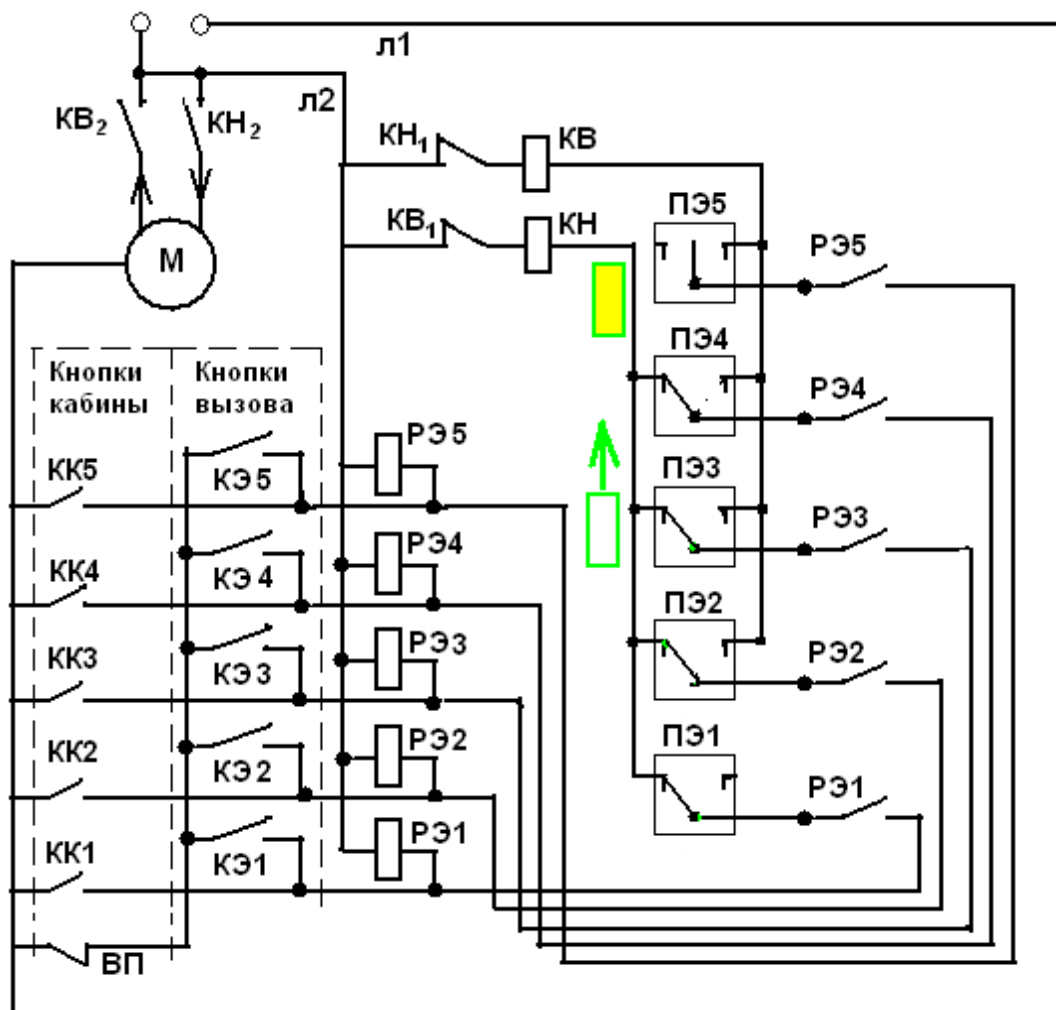


Рисунок 11. Вызов на 5 этаж (кабина внизу на 3 этаже);
 последовательность выполнения после включения мотора:
 ПЭ3, ПЭ4-влево, ПЭ5-посередине, $KB_1=1$, $KB_2=0$,
 останов мотора, кабина на 5 этаже, $KЭ5=0$, $РЭ5=0$).

1.4. Спуск в лифте

Нужно с 3-го этажа спуститься на 1-й этаж. Нажимается вызывная кнопка КЭ3. Если кабина находится на этаже, то дверь открывается сразу, иначе после выполнения действий по вызову кабины (пункт 2 или 3).

Пассажир входит в кабину. Переключатель пола ВП под тяжестью пассажира размыкается, в результате чего разрывается цепь вызывных

кнопок КЭ1,...,КЭ5, чем исключается наружное управление. Нажимается кнопка КК1 (1-й этаж). Включается реле РЭ1 по цепи: л1-КК1-РЭ1-л2. Реле РЭ1 замыкает свой контакт и через переключатель ПЭ1, у которого контакт слева, включает контактор КН (вниз). Контактор КН меняет положение контактов (КН₂ становится замкнут, КН₁ - разомкнут) и включает в сеть мотор М. Двигатель начинает спуск кабины вниз (рисунок 12).

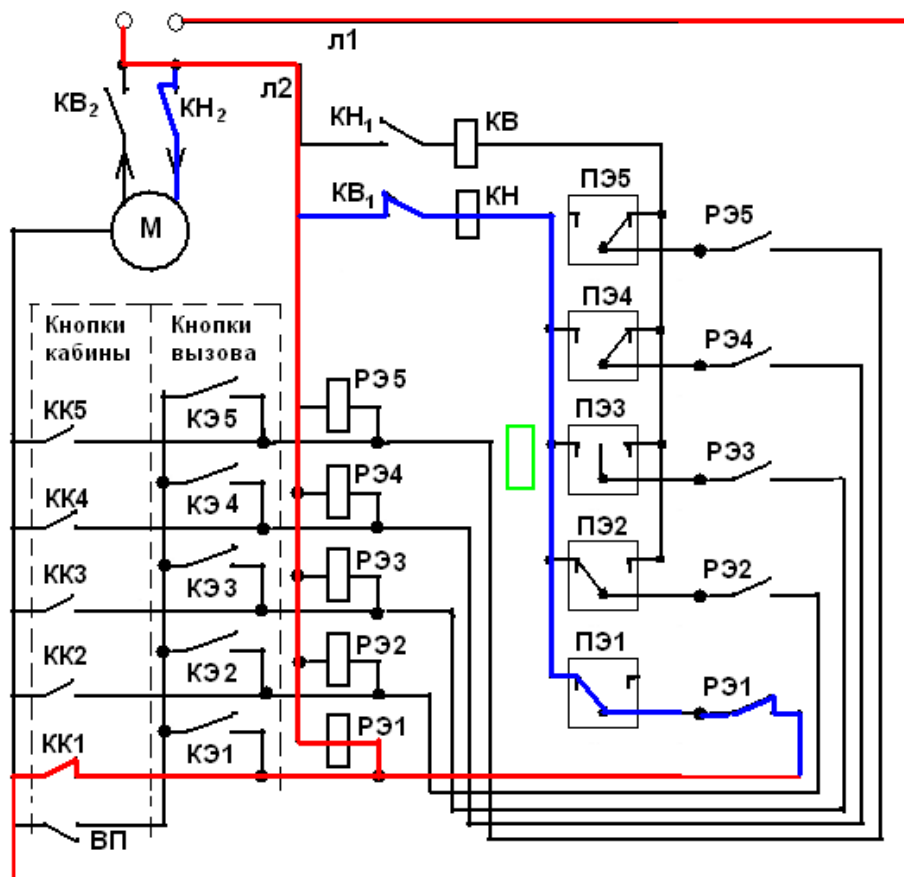


Рисунок 12. Спуск в лифте с 3 на 1 этаж;
 (последовательность выполнения до включения мотора:
 ВП=0, КК1=1, РЭ1=1, КН₁=0, КН₂=1, спуск кабины).

Кабина лифта опускается и по пути переставляет этажные переключатели ПЭ3, ПЭ2 в правое положение, ПЭ1 в среднее положение. Катушка контактора КН обесточивается, контакт КН₂ становится разомкнутым, КН₁ – замкнутым. Мотор отключается, кабина останавливается. Контакт КК1 размыкается, обесточивается линия и реле РЭ1 (рисунок 13).

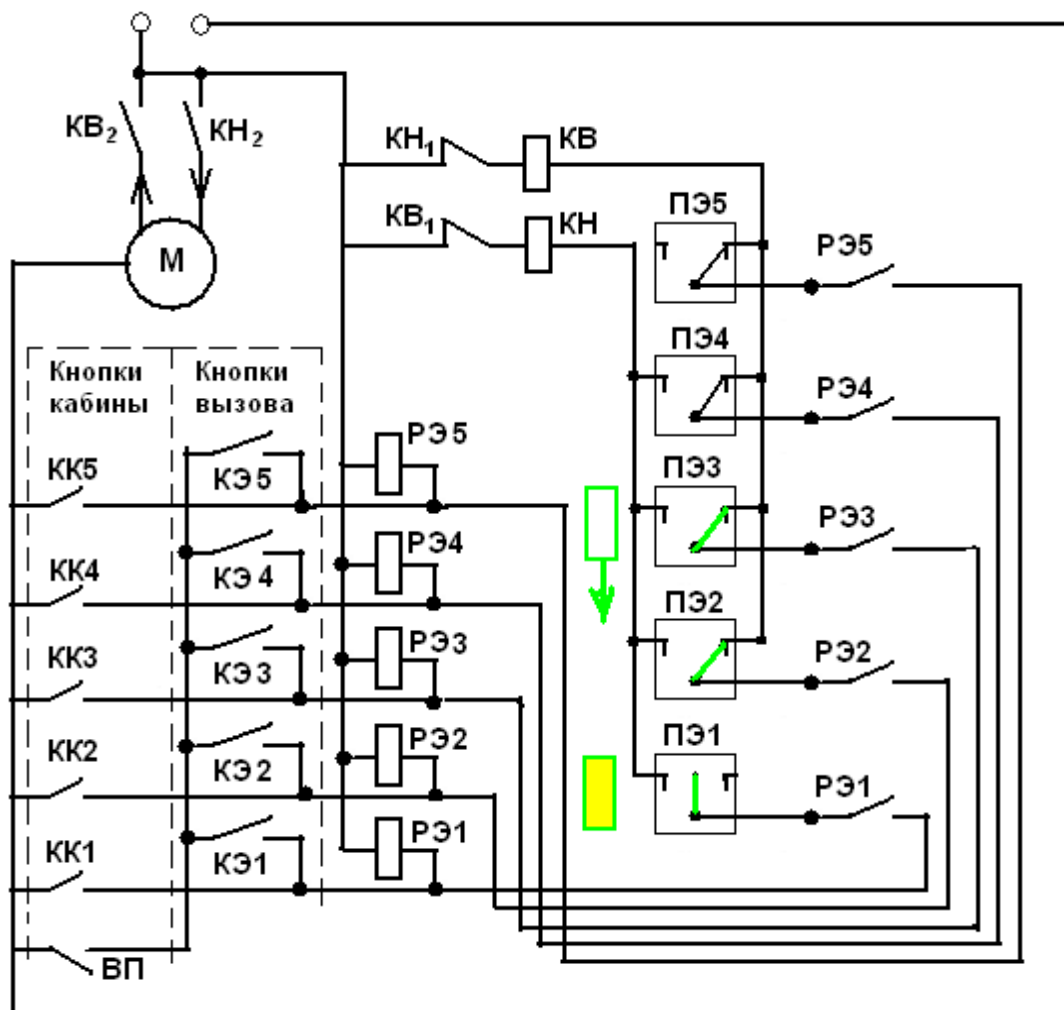


Рисунок 13. Спуск в лифте с 3 на 1 этаж;
 (последовательность выполнения после включения мотора:
 ПЭ3, ПЭ2-вправо, ПЭ1-посередине, КН₁=1, КН₂=0,
 останов мотора, кабина на 1 этаже, КК1=0, РЭ1=0).

Часть 2

Опишем работу лифта в терминах логики высказываний, используя переключательные схемы. Отметим, что первые описания переключательных схем с использованием аппарата алгебры логики появились в 40-х годах [1-3].

Сделаем замечание: логические схемы подразделяются на 2 класса: комбинационные и последовательностные. В последовательностной схеме выходные сигналы зависят не только от значения входных сигналов, но и от их последовательности воздействия. Работу последовательностной схемы рассматривают в дискретные моменты времени, состоящем из отдельных интервалов – тактов. Длительность отдельных тактов не существенна. Последовательностные схемы описывают при помощи логических функций, составленных с учетом номера такта.

Анализируя работу лифта (4 возможных состояния: подъём, спуск, вызов вверх и вызов вниз), видим, что в каждом из таких состояний присутствуют два такта: первый - до включения мотора и второй – после включения мотора. Опишем рассмотренные выше состояния лифта.

Поставим в соответствие контактам переключателей таблицы 1 следующие логические переменные: KK_1, \dots, KK_5 , $KЭ_1, \dots, KЭ_5$, $ВП$, $РЭ_1, \dots, РЭ_5$, $ПЭ_1, \dots, ПЭ_5$, $\neg ПЭ_1, \dots, \neg ПЭ_5$, $П0_1, \dots, П0_5$, KB , $\neg KB$, $КН$, $\neg КН$. Здесь символ \neg означает логическое отрицание, то есть, если контакт $KB=1$ (замкнут), то другой взаимосвязанный контакт $\neg KB=0$ (разомкнут); и наоборот, если $KB=0$, то $\neg KB=1$. Выше в электрической схеме (рисунок 5) контакт KB обозначен как KB_1 , а контакт $\neg KB$ обозначен как KB_2 .

Положение рычажка переключателя с «нулём»:

- рычажок слева: $ПЭ=1, \neg ПЭ=0, П0=0$;
- рычажок справа: $ПЭ=0, \neg ПЭ=1, П0=0$;
- рычажок посередине: $П0=1$;

Совокупность базовых логических переменных обозначим вектор-строкой:

$$V = (KK_1, \dots, KK_5, KЭ_1, \dots, KЭ_5, РЭ_1, \dots, РЭ_5, ПЭ_1, \dots, ПЭ_5, П0_1, \dots, П0_5, KB, КН, ВП);$$

Логические операции обозначим:

& - конъюнкция (логическое И),

U – дизъюнкция (логическое ИЛИ).

Напомним также, что логическая переменная и логическая функция принимают только одно значение: 0 или 1.

2.1. Подъём в лифте

Цепь управления подъемом лифта с 1 на 4 этаж должна включаться (проводить ток) лишь в том случае (рисунок 6,7), если:

- 1) $ВП=0$ и $КК_4=1$ и $РЭ_4=1$ и $КВ_1=0$ - последовательность выполнения до включения мотора;
- 2) $ПЭ_1=0$ и $ПЭ_2=0$ и $ПЭ_3=0$ и $П_0_4=1$ и $КВ_1=1$ и $КК_4=0$ и $РЭ_4=0$ - последовательность выполнения после включения мотора.

Согласно принятым обозначениям логических переменных, искомая логическая функция управления подъемом лифта равна $\Phi_{П} = \Phi_{П1} \& \Phi_{П2}$, где

$$\Phi_{П1} = ВП \& КК_4 \& РЭ_4 \& КВ; \quad \Phi_{П2} = ПЭ_{1,3} \& П_0_4 \& КВ \& КК_4 \& РЭ_4;$$

$ПЭ_{1,3} = ПЭ_1 \& ПЭ_2 \& ПЭ_3$ - логическая переменная, значение которой вычисляется в соответствии с принятым обозначением, т.е. $ПЭ_{1,3} = 0$.

$\Phi_{П1} = 1$ при (0,1,1,0); $\Phi_{П2} = 1$ при (0,1,1,0,0); Здесь в круглых скобках указаны значения логических переменных, входящих в функцию. При других значениях логических переменных функции $\Phi_{П1}$ и $\Phi_{П2}$ обращаются в ноль.

Логическая функция, описывающая подъем пассажира в лифте с 1-го на 4-й этаж имеет вид:

$$\Phi_{П} = ВП \& КК_4 \& РЭ_4 \& КВ \& ПЭ_{1,3} \& П_0_4 \& КВ \& КК_4 \& РЭ_4;$$

Логическая функция, описывающая подъем пассажира в лифте с 2-го на 4-й этаж будет имеет вид:

$$\Phi_{П} = ВП \& КК_4 \& РЭ_4 \& КВ \& ПЭ_{2,3} \& П_0_4 \& КВ \& КК_4 \& РЭ_4;$$

где $ПЭ_{2,3} = ПЭ_2 \& ПЭ_3 = 0$. Обратим внимание на то, что при начальном нахождении кабины на 2-м этаже, переключатель на первом этаже расположен слева (смотри рисунок 4а), т.е. $ПЭ_1 = 0$. Тогда можно записать $ПЭ_1 \& ПЭ_{2,3} = ПЭ_{1,3} = 0$. Таким образом, $ПЭ_{2,3} = ПЭ_{1,3} = 0$, т.е. при подъёме вверх исходное нахождение кабины на каком этаже не влияет на значение логической переменной с двумя индексами. Будем считать, что подъём вверх начинается с 1-го этажа.

Логическая функция, описывающая подъем в лифте на j -й этаж будет иметь вид:

$$\Phi_{II}(j) = ВП \& КК_j \& РЭ_j \& КВ \& ПЭ_{1,j-1} \& П0_j \& КВ \& КК_j \& РЭ_j$$

Введя обозначение вектор-строки

$$V_{II}(j) = (ВП, КК_j, РЭ_j, КВ, ПЭ_{1,j-1}, П0_j, КВ, КК_j, РЭ_j),$$

можно записать $\Phi_{II}(j) = 1$ при $V_{II}(j) = (0,1,1,0,0,1,1,0,0)$.

Напомним, значение логической функции $\Phi_{II} = 1$ означает подъём в лифте, $\Phi_{II} = 0$ - нет подъёма.

2.2. Вызов кабины лифта вниз

Цепь управления вызова кабины лифта вниз с 4 на 1 этаж должна включаться (проводить ток) лишь в том случае (рисунок 8,9), если:

- 1) $ВП=1$ и $КЭ1=1$ и $РЭ1=1$ и $КН1=0$ - последовательность выполнения до включения мотора;
- 2) $ПЭ4=1$ и $ПЭ3=1$ и $ПЭ2=0$ и $П01=1$ и $КН1=1$ и $КЭ1=0$ и $РЭ1=0$ - последовательность выполнения после включения мотора;

Согласно принятым обозначениям логических переменных, искомая логическая функция управления вызова кабины лифта вниз с 4 на 1 этаж равна $\Phi_H = \Phi_{H1} \& \Phi_{H2}$, где

$$\Phi_{H1} = ВП \& КЭ_1 \& РЭ_1 \& КН; \quad \Phi_{H2} = ПЭ_{4,2} \& П0_1 \& КН \& КЭ_1 \& РЭ_1;$$

$ПЭ_{4,2} = ПЭ_4 \& ПЭ_3 \& ПЭ_2$ логическая переменная, значение которой вычисляется в соответствии с принятым обозначением, т.е. $ПЭ_{4,2} = 1$.

$\Phi_{H1} = 1$ при (1,1,1,0); $\Phi_{H2} = 1$ при (1,1,1,0,0); Здесь в круглых скобках указаны значения логических переменных, входящих в функцию. При других значениях логических переменных функции Φ_{H1} и Φ_{H2} обращаются в ноль.

Логическая функция, описывающая вызов кабины лифта вниз с 4 на 1 этаж имеет вид:

$$\Phi_H = ВП \& КЭ_1 \& РЭ_1 \& КН \& ПЭ_{4,2} \& П0_1 \& КН \& КЭ_1 \& РЭ_1 .$$

Аналогично можно показать $ПЭ_{4,2} = ПЭ_{5,2}$ (смотри пункт 1.1).

Логическая функция, описывающая вызов кабины лифта вниз на j -й этаж будет имеет вид:

$$\Phi_H(j) = ВП \& КЭ_j \& РЭ_j \& КН \& ПЭ_{5,j+1} \& П0_j \& КН \& КЭ_j \& РЭ_j .$$

Введя обозначение вектор-строки

$$V_H(j) = (ВП, КЭ_j, РЭ_j, КН, ПЭ_{5,j+1}, П0_j, КН, КЭ_j, РЭ_j),$$

можно записать $\Phi_H(j) = 1$ при $V_H(j) = (1,1,1,0,1,1,1,0,0)$.

Напомним, значение логической функции $\Phi_H = 1$ означает вызов кабины лифта вниз, $\Phi_H = 0$ - вызов не выполняется.

2.3. Вызов кабины лифта вверх

Цепь управления вызова кабины лифта вверх с 3 на 5 этаж должна включаться (проводить ток) лишь в том случае (рисунок 10,11), если:

- 1) $ВП=1$ и $КЭ_5=1$ и $РЭ_5=1$ и $КВ_1=0$ - последовательность выполнения до включения мотора;
- 2) $ПЭ_3=1$ и $ПЭ_4=1$ и $П0_5=1$ и $КВ_1=1$ и $КЭ_5=0$ и $РЭ_5=0$ - последовательность выполнения после включения мотора;

Согласно принятым обозначениям логических переменных, искомая логическая функция управления вызова кабины лифта вверх с 3-го на 5-й этаж равна $\Phi_B = \Phi_{B1} \& \Phi_{B2}$, где

$$\Phi_{B1} = ВП \& КЭ_5 \& РЭ_5 \& КВ; \Phi_{B2} = ПЭ_{3,4} \& П0_5 \& КВ \& КЭ_5 \& РЭ_5,$$

где $ПЭ_{3,4} = ПЭ_3 \& ПЭ_4$ логическая переменная, значение которой вычисляется в соответствии с принятым обозначением.

$\Phi_{B1} = 1$ при (1,1,1,0); $\Phi_{B2} = 1$ при (1,1,1,0,0); Здесь в круглых скобках указаны значения логических переменных, входящих в функцию. При других значениях логических переменных функции Φ_{B1} и Φ_{B2} обращаются в ноль.

Логическая функция, описывающая вызов кабины лифта вверх с 3-го на 5-й этаж имеет вид:

$$\Phi_B = ВП \& КЭ_5 \& РЭ_5 \& КВ \& ПЭ_{3,4} \& П0_5 \& КВ \& КЭ_5 \& РЭ_5 .$$

Аналогично можно показать $ПЭ_{3,4} = ПЭ_{1,4}$.

Логическая функция, описывающая вызов кабины лифта вверх на j -й этаж будет имеет вид:

$$\Phi_B(j) = ВП \& КЭ_j \& РЭ_j \& КВ \& ПЭ_{1,j-1} \& П0_j \& КВ \& КЭ_j \& РЭ_j .$$

Введя обозначение вектор-строки

$$V_B(j) = (ВП, КЭ_j, РЭ_j, КВ, ПЭ_{1,j-1}, П0_j, КВ, КЭ_j, РЭ_j),$$

можно записать $\Phi_B(j) = 1$ при $V_B(j) = (1,1,1,0,1,1,1,0,0)$.

Напомним, значение логической функции $\Phi_B = 1$ означает вызов кабины лифта вверх, $\Phi_B = 0$ - вызов не выполняется.

2.4 Спуск в лифте

Цепь управления спуском лифта с 3 на 1 этаж должна включаться (проводить ток) лишь в том случае (рисунок 12,13), если:

- 1) $ВП=0$ и $КК1=1$ и $РЭ1=1$ и $КН1=0$ - последовательность выполнения до включения мотора;
- 2) $ПЭ3=0$ и $ПЭ2=0$ и $П01=1$ и $КН1=1$ и $КК1=0$ и $РЭ1=0$ - последовательность выполнения после включения мотора;

Согласно принятым обозначениям логических переменных, искомая логическая функция управления спуском лифта с 3 на 1 этаж равна $\Phi_C = \Phi_{C1} \& \Phi_{C2}$, где

$\Phi_{C1} = ВП \& КК_1 \& РЭ_1 \& КН$; $\Phi_{C2} = ПЭ_{3,2} \& П0_1 \& КН \& КК_1 \& РЭ_1$,
 где $ПЭ_{3,2} = ПЭ_3 \& ПЭ_2$ логическая переменная, значение которой вычисляется в соответствии с принятым обозначением.

$\Phi_{C1} = 1$ при (0,1,1,0); $\Phi_{C2} = 1$ при (0,1,1,0,0). Здесь в круглых скобках указаны значения логических переменных, входящих в функцию. При других значениях логических переменных функции Φ_{C1} и Φ_{C2} обращаются в ноль.

Логическая функция, описывающая спуск пассажира в лифте с 3-го на 1-й этаж имеет вид:

$$\Phi_C = ВП \& КК_1 \& РЭ_1 \& КН \& ПЭ_{3,2} \& П0_1 \& КН \& КК_1 \& РЭ_1 ;$$

Аналогично можно показать $ПЭ_{3,2} = ПЭ_{5,2}$.

Логическая функция, описывающая спуск в лифте на j -й этаж будет иметь вид:

$$\Phi_C(j) = ВП \& КК_j \& РЭ_j \& КН \& ПЭ_{5,j+1} \& П0_j \& КН \& КК_j \& РЭ_j .$$

Введя обозначение вектор-строки

$$V_C(j) = (ВП, КК_j, РЭ_j, КН, ПЭ_{5,j+1}, П0_j, КН, КК_j, РЭ_j),$$

можно записать $\Phi_C(j) = 1$ при $V_C(j) = (0,1,1,0,0,1,1,0,0)$.

Напомним, значение логической функции $\Phi_C = 1$ означает спуск в лифте, $\Phi_C = 0$ - нет спуска лифта.

Заключение. Стандартными действиями пассажира при пользовании лифтом являются вызов кабины на этаж и подъем или спуск в лифте. Введя обозначения:

i – этаж вызова кабины,

j – этаж, на который поднимается или спускается пассажир,

n – количество этажей в доме,

получим математическое описание работы лифта следующей логической функцией:

$$\Phi(i, j) = (\Phi_B(i) \cup \Phi_H(i)) \& (\Phi_{П}(j) \cup \Phi_C(j)),$$

где

$$\Phi_B(i) = ВП \& КЭ_i \& РЭ_i \& КВ \& ПЭ_{l,i-1} \& П0_i \& КВ \& КЭ_i \& РЭ_i$$

вызов кабины вверх на i -й этаж;

$$\Phi_B(i) = 1 \text{ при } V_B(i) = (1,1,1,0,1,1,1,0,0).$$

$$V_B(i) = (ВП, КЭ_i, РЭ_i, КВ, ПЭ_{l,i-1}, П0_i, КВ, КЭ_i, РЭ_i),$$

$$\Phi_H(i) = ВП \& КЭ_i \& РЭ_i \& КН \& ПЭ_{n,i+1} \& П0_i \& КН \& КЭ_i \& РЭ_i$$

вызов кабины вниз на i -й этаж;

$$\Phi_H(i) = 1 \text{ при } V_H(i) = (1,1,1,0,1,1,1,0,0).$$

$$V_H(i) = (ВП, КЭ_i, РЭ_i, КН, ПЭ_{n,i+1}, П0_i, КН, КЭ_i, РЭ_i),$$

$$\Phi_{II}(j) = ВП \& КК_j \& РЭ_j \& КВ \& ПЭ_{l,j-1} \& П0_j \& КВ \& КК_j \& РЭ_j,$$

подъём в лифте на j -й этаж;

$$\Phi_{II}(j) = 1 \text{ при } V_{II}(j) = (0,1,1,0,0,1,1,0,0).$$

$$V_{II}(j) = (ВП, КК_j, РЭ_j, КВ, ПЭ_{l,j-1}, П0_j, КВ, КК_j, РЭ_j),$$

$$\Phi_C(j) = ВП \& КК_j \& РЭ_j \& КН \& ПЭ_{n,j+1} \& П0_j \& КН \& КК_j \& РЭ_j.$$

Спуск в лифте на j -й этаж:

$$\Phi_C(j) = 1 \text{ при } V_C(j) = (0,1,1,0,0,1,1,0,0).$$

$$V_C(j) = (ВП, КК_j, РЭ_j, КН, ПЭ_{n,j+1}, П0_j, КН, КК_j, РЭ_j).$$

Таким образом, используя аппарат логики высказываний, получили математическое описание перемещения кабины пассажирского лифта.

Литература

1. Шеннон К., Работы по теории информации и кибернетике, пер. с англ., М., 1963, с. 9-45. – Режим доступа: <http://www.novsu.ru/file/1086154>.
2. Гаврилов М. А., Теория релейно-контактных схем, 2 изд., Минск, 1950. – Режим доступа: <http://modernproblems.org.ru/science/214-cybernet.html?start=17>.
3. Шестаков В. И., "Уч. зап. МГУ. Математика", 1944, в. 73, кн. 5, с. 45-48.

References

1. Sh e n n o n K., Raboty po teorii informacii i kibernetike, per. s angl., M., 1963, s. 9-45. – Rezhim dostupa: <http://www.novsu.ru/file/1086154>.
2. G a v r i l o v M. A., Teorija relejno-kontaktnyh shem, 2 izd., Minsk, 1950. – Rezhim dostupa: <http://modernproblems.org.ru/science/214-cybernet.html?start=17>.
3. Sh e s t a k o v V. I., "Uch. zap. MGU. Matematika", 1944, v. 73, kn. 5, s. 45-48.