

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А.» в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А.  
в г. Петровске  
Е.А. Бесшапошникова  
2023 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине  
ОП.02 «Электротехника и основы электроники»  
специальности  
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены  
на заседании предметной (цикловой) комиссии  
общепрофессиональных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2023 года, протокол №12

Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2023

## Пояснительная записка

Методические указания по выполнению лабораторных работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины ОП.02 «Электротехника и основы электроники» разработанной на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 02. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 03. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 04. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 05. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 08. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 09. Ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать ее элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной/цифровой модели).

ПК 3.1. Диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

ПК 3.2. Организовывать и осуществлять техническое обслуживание и текущий ремонт механических элементов установок для аддитивного производства.

ПК 3.3. Заменять неисправные электронные, электронно-оптические, оптические и прочие функциональные элементы установок для аддитивного производства и проводить их регулировку.

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать**:

- физические процессы, протекающие в проводниках, полупроводниках и диэлектриках, свойства электротехнических материалов;
- основные законы электротехники и методы расчета электрических цепей;
- условно-графические обозначения электрического оборудования;
- принципы получения, передачи и использования электрической энергии;

- основы теории электрических машин;
- виды электроизмерительных приборов и приемы их использования;
- базовые электронные элементы и схемы;
- виды электронных приборов и устройств;
- релейно-контактные и микропроцессорные системы управления: состав и правила построения.

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать:**

- использовать основные законы и принципы теоретической электротехники и электроники в профессиональной деятельности;
- читать принципиальные электрические схемы устройств;
- измерять и рассчитывать параметры электрических цепей;
- анализировать электронные схемы;
- правильно эксплуатировать электрооборудование;
- использовать электронные приборы и устройства.

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объем лабораторных занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по его окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ дисциплины ОП.02 «Электротехника и основы электроники» содержит 4 лабораторных занятий.

**Перечень лабораторных работ  
по дисциплине ОП.02 «Электротехника и основы электроники»**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

Тема: Закон Ома для участка цепи.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

Тема: Измерение основных характеристик цепей переменного тока.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

Тема: Реверсивный пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

Тема: Изучение работы электронного осциллографа.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема:** Закон Ома для участка цепи.

**Цель:** проверка закона Ома для участка цепи.

**Оборудование:** амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник тока, реостат, 3 известных сопротивления, 3 неизвестных сопротивления, лампочка, соединительные провода.

### Справочный материал

1. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для спо / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152467>

2. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие для спо / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-6827-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153638>

### Порядок выполнения работы и содержание отчета

Электрический ток - упорядоченное движение свободных заряженных частиц под действием электрического поля

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока  $I$**

Сила тока - — скалярная физическая величина, равная отношению заряда  $q$ , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени  $t$ , к этому интервалу времени:

В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в амперах [А]. [ $1\text{А}=1\text{Кл}/1\text{с}$ ]

Прибор для измерения силы тока Амперметр. Включается в цепь последовательно  
Напряжение— это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равно работе электрического поля по перемещению заряда из точки с потенциалом  $\varphi_1$  в точку с потенциалом  $\varphi_2$  Единица напряжения – Вольт [В].

Прибор для измерения напряжения – Вольтметр. Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов.

Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется электрическим сопротивлением проводника. В СИ единицей электрического сопротивления проводников служит Ом

Электрическое сопротивление проводника зависит от размеров и формы проводника и от материала, из которого изготовлен проводник.

Графическая зависимость силы тока  $I$  от напряжения  $U$  - вольт-амперная характеристика

Закон Ома для однородного участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

Ход работы.

1. Собрать цепь, как показано на рисунке, используя сопротивление 50 Ом.
2. Поставить реостат в начальное положение.
3. Измерить силу тока и напряжение на сопротивлении. Занести данные в таблицу.
4. Вычислить величину сопротивления
5. Изменить положение реостата (среднее). Измерить силу тока и напряжение. Занести данные в таблицу, вычислить сопротивление.
6. Поставить реостат в конечное состояние. Измерить силу тока и напряжение. Занести данные в таблицу, вычислить сопротивление.  $U$ , В  $I$ , А  $R=U/I$ , Ом  $R_{зад}$ , Ом  $R_1$

### **Контрольные вопросы**

1. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
2. Сформулируйте закон Ома для замкнутой цепи.
3. От чего зависит сопротивление цепи?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**Тема:** Измерение основных характеристик цепей переменного тока

**Цель:** Приобретение навыков определения параметров элементов в цепях переменного тока, применения закона Ома в цепи переменного тока.

**Оборудование:** Лабораторный стенд, два дросселя, резисторы 22 и 47 Ом, конденсатор переключаемый, соединительные провода.

### Справочный материал

1. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для спо / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152467>

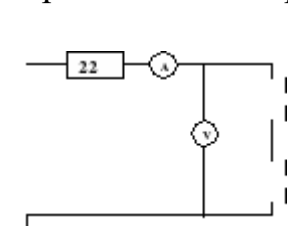
2. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие для спо / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-6827-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153638>

### Порядок выполнения работы и содержание отчета

Ход работы.

1) Установить на наборном поле два последовательно включённых дросселя. Установить на мультиметре режим измерения сопротивления и измерить активное сопротивление дросселей R. Результаты занести в таблицу 1.

2) Собрать цепь для определения индуктивности. В качестве V использовать мультиметр в режиме измерения переменного напряжения, в качестве A — стрелочный амперметр.



3) Включить источник переменного напряжения, снять L1 показания с амперметра I и вольтметра U. Рассчитать полное сопротивление дросселей Z, используя закон Ома, индуктивное сопротивление и индуктивность дросселей.

R, Ом

U, В

I, mA

$Z = U/I$ , Ом

$X_L$ , Ом

$L$ , Гн  $X_L = (Z^2 - R^2)^{1/2}$ ;  $L = X_L / (2 \cdot 3.14 \cdot 50)$

### Контрольные вопросы

1. Что такое «активное сопротивление»?

2. Что такое «реактивное индуктивное сопротивление» и как оно определяется?
3. Что такое «реактивное емкостное сопротивление» и как оно определяется?
4. Какая связь между полным, активным и реактивным сопротивлениями цепи переменного тока?
5. Как формулируется закон Ома для цепи переменного тока?
6. Может ли через конденсатор протекать постоянный ток?

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** Реверсивный пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

**Цель:** Сформировать умение собирать схему реверсирования асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

#### Справочный материал

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

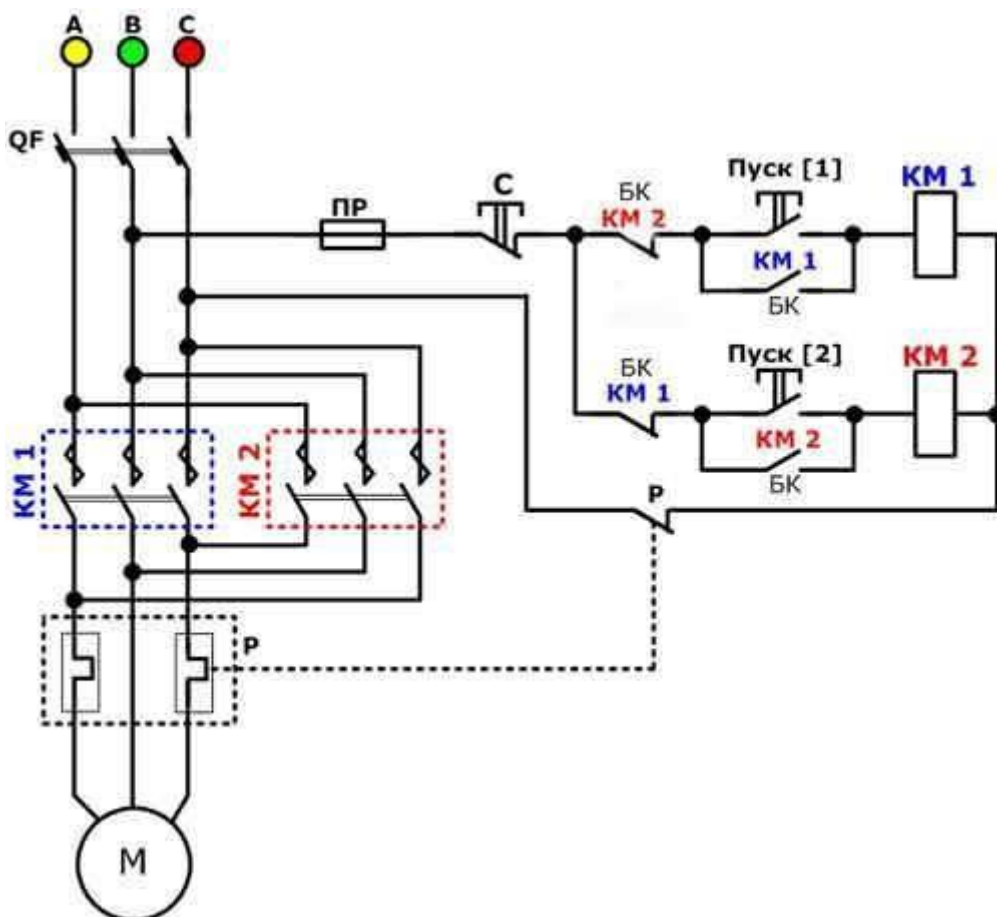


Рисунок 1 – Реверсивная схема пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Расшифровка кнопок:

- SB1 — «Вперед»;



- SB2 — «Назад»;
- SB3 — «Стоп».

Монтажная схема для лучшего понимания кнопочного поста приведена на рисунке 29.

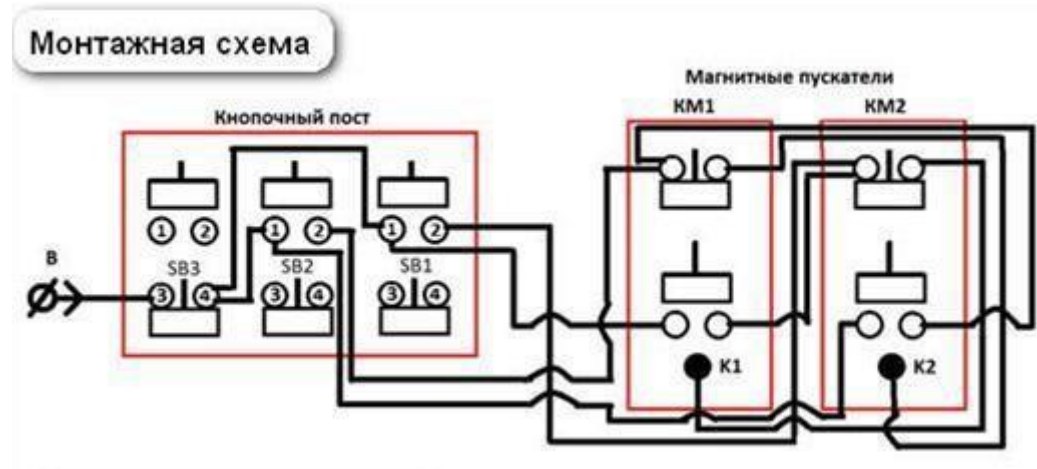


Рисунок 2 – Монтажная схема к рисунку 1

Необходимые машины и аппараты для реализации схемы приведены на рисунке 31.

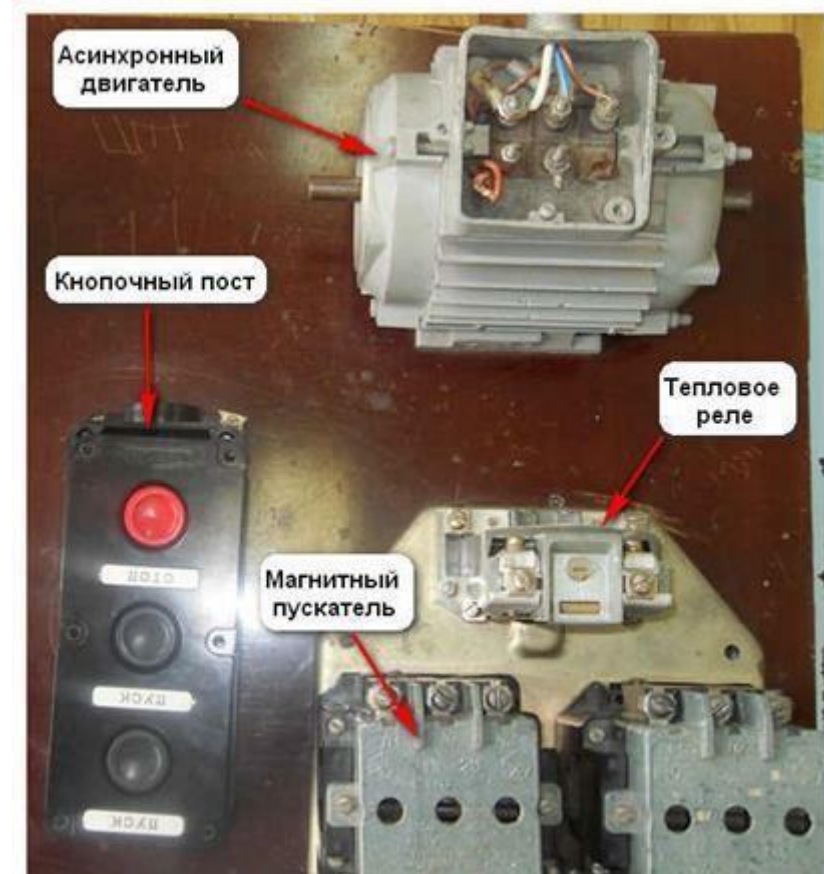


Рисунок 3 – Элементный состав схемы

Обозначения элементов схемы приведены на рисунке 4.

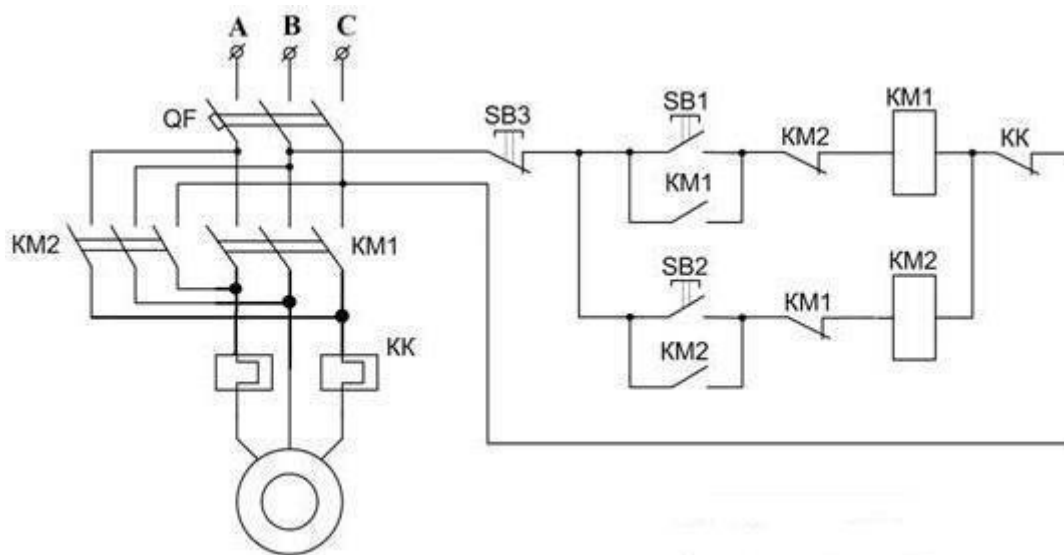


Рисунок 4 – Элементы схемы реверса асинхронного электродвигателя

Расшифровка кнопок (рисунок 33):

- SB1 – «Вперед»;
- SB2 – «Назад»;
- SB3 – «Стоп».

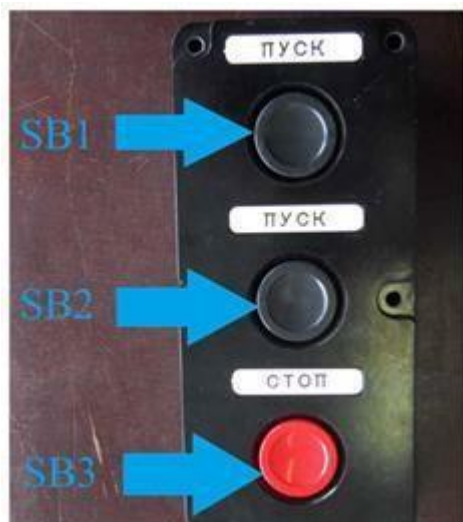


Рисунок 5 – Расшифровка кнопок кнопочного поста

Виды контактов приведены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Виды контактов

Например, контакты на магнитном пускателе ПМЕ-211 (рисунки 35, 36):



Рисунок 7 – Виды контактов магнитного пускателя

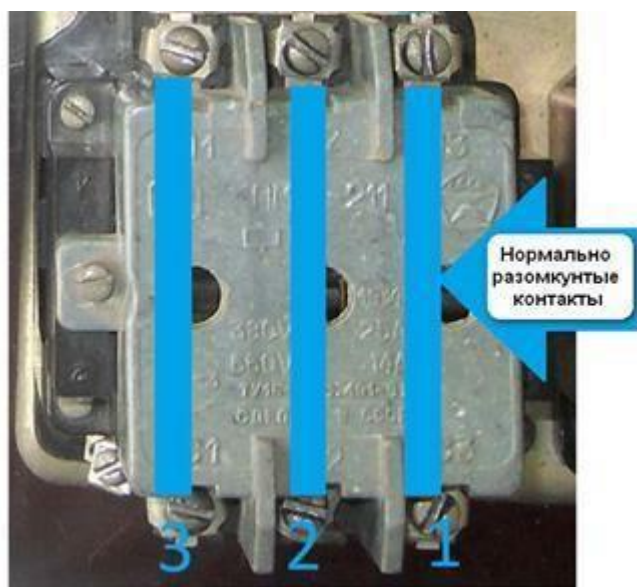


Рисунок 8 – Виды контактов магнитного пускателя

Такой же контакт стоит в кнопке «пуск» и «стоп» (рисунки 9, 10).



Рисунок 9 – Виды контактов кнопок



Рисунок 10 – Виды контактов кнопок

Технологический процесс сборки схемы реверса асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором.

Цепь управления:

1. Питающий кабель присоединяем с фазы «В» на нормально замкнутый контакт (3) кнопки SB3 (рисунки 11-14).



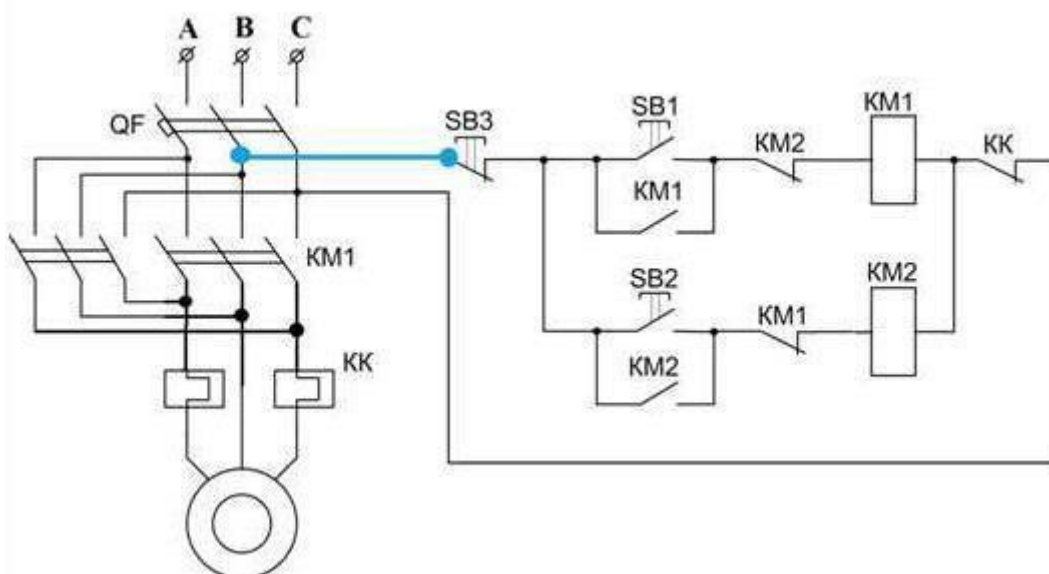


Рисунок 11 – Сборка питающего кабеля на принципиальной схеме

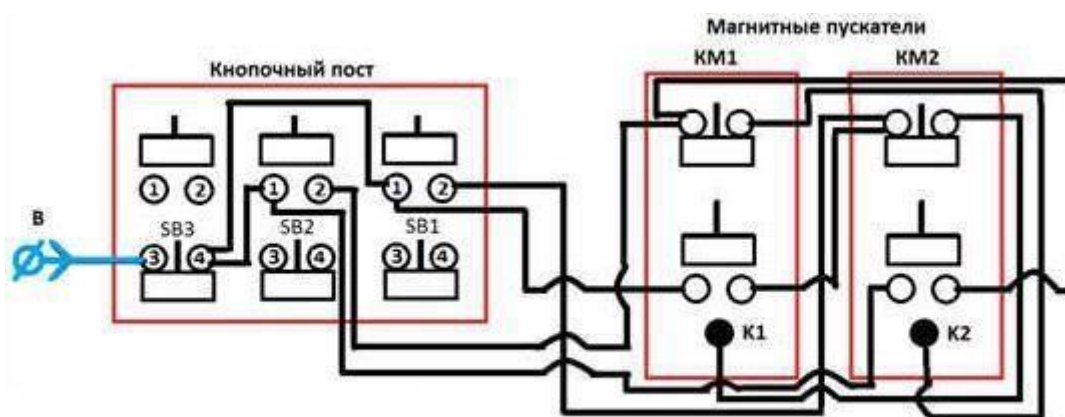


Рисунок 12 – Сборка питающего кабеля на монтажной схеме

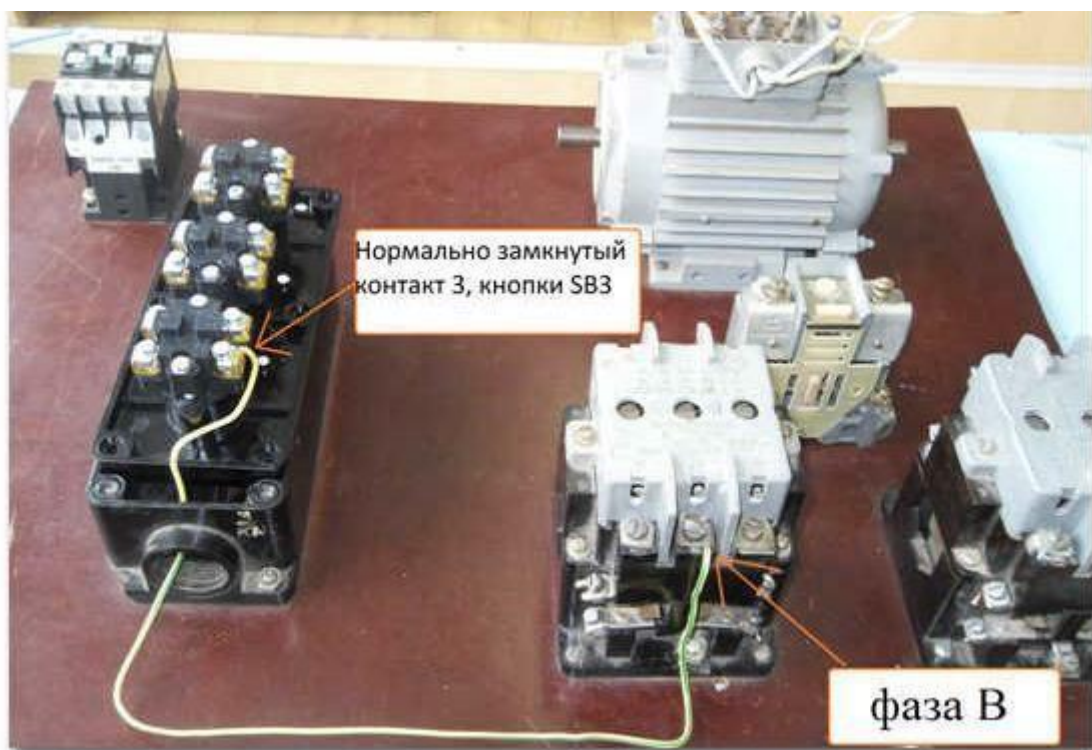


Рисунок 13 – Сборка питающего кабеля на стенде

2. С нормально замкнутого контакта (4) кнопки SB3 присоединить перемычку на нормально разомкнутый контакт (1) кнопки SB2 (рисунки 14-15).

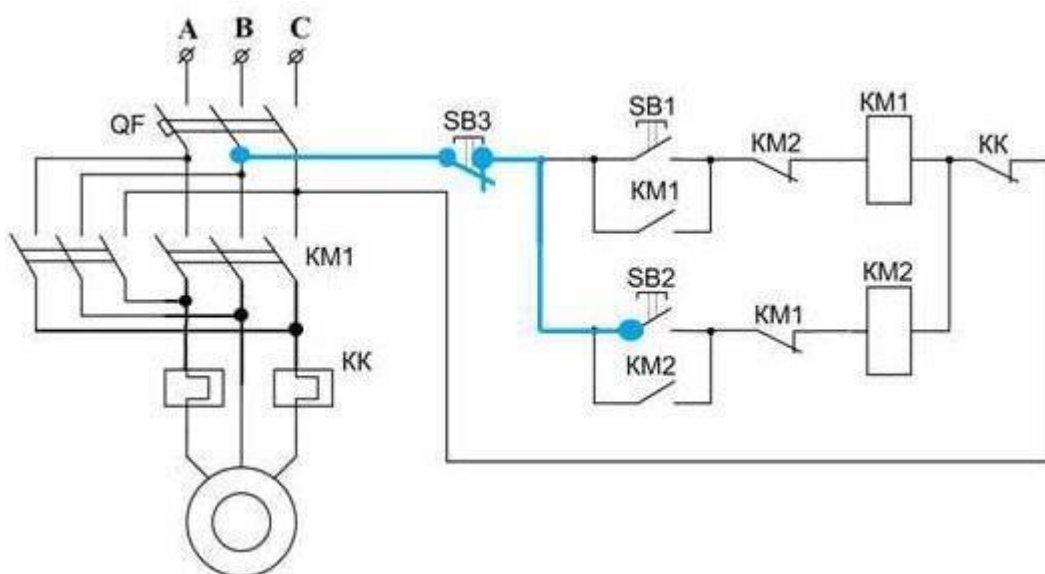


Рисунок 14 – Сборка перемычки между кнопками на принципиальной схеме

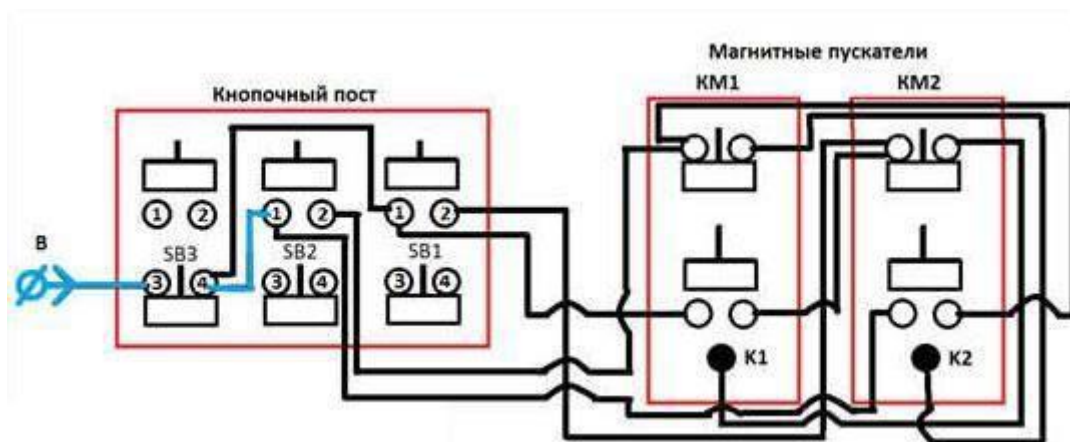


Рисунок 15 – Сборка перемычки между кнопками на монтажной схеме

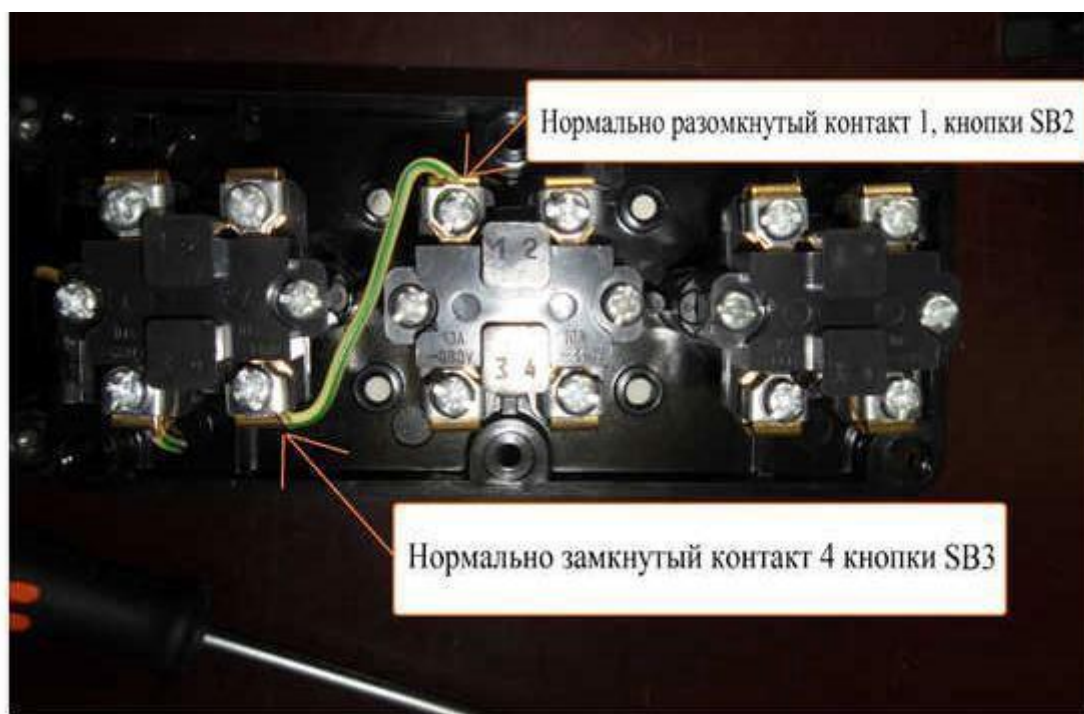


Рисунок 16 – Сборка перемычки между кнопками на стенде

3. С нормально замкнутого контакта (4) кнопки SB3 присоединить перемычку на нормально разомкнутый контакт (1) кнопки SB1 (рисунки 17-19).

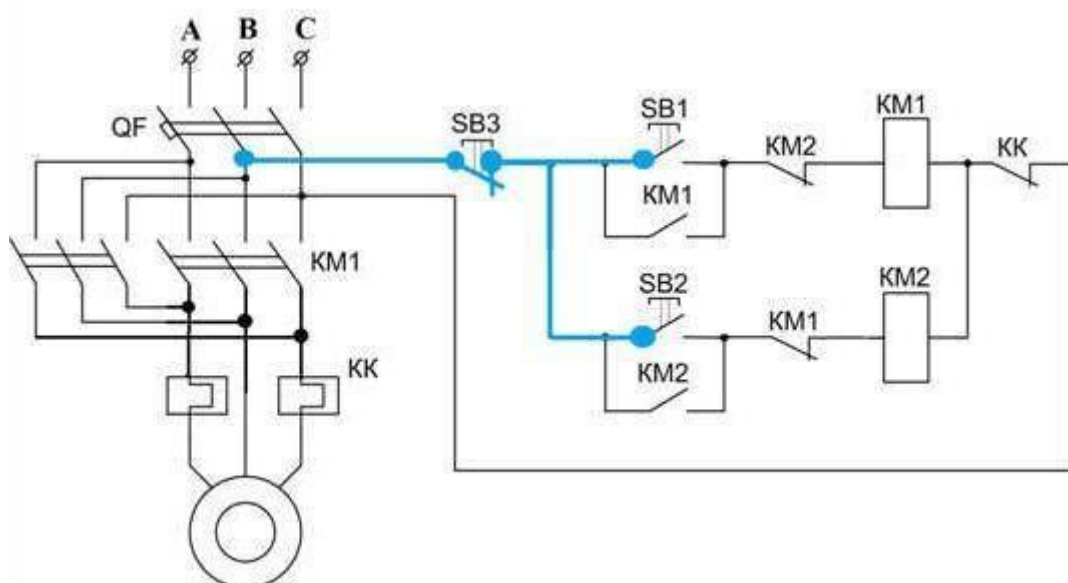


Рисунок 17 – Сборка перемычки между кнопками на принципиальной схеме

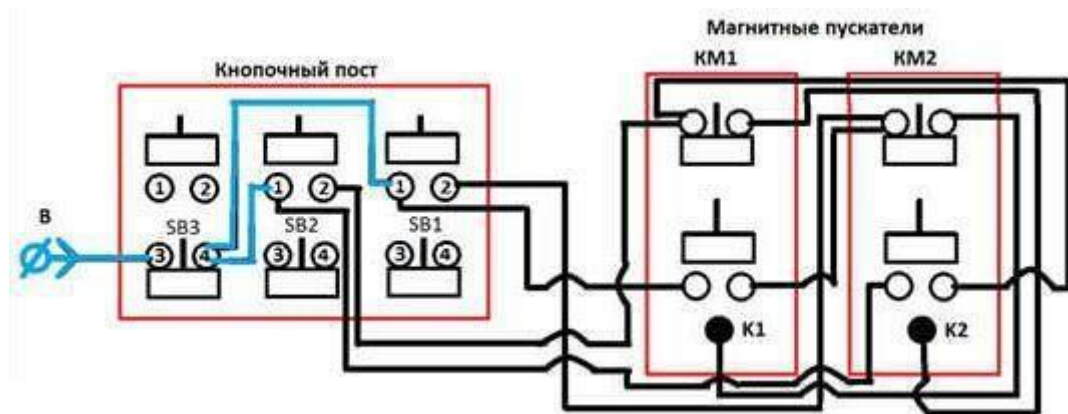


Рисунок 18 – Сборка перемычки между кнопками на монтажной схеме

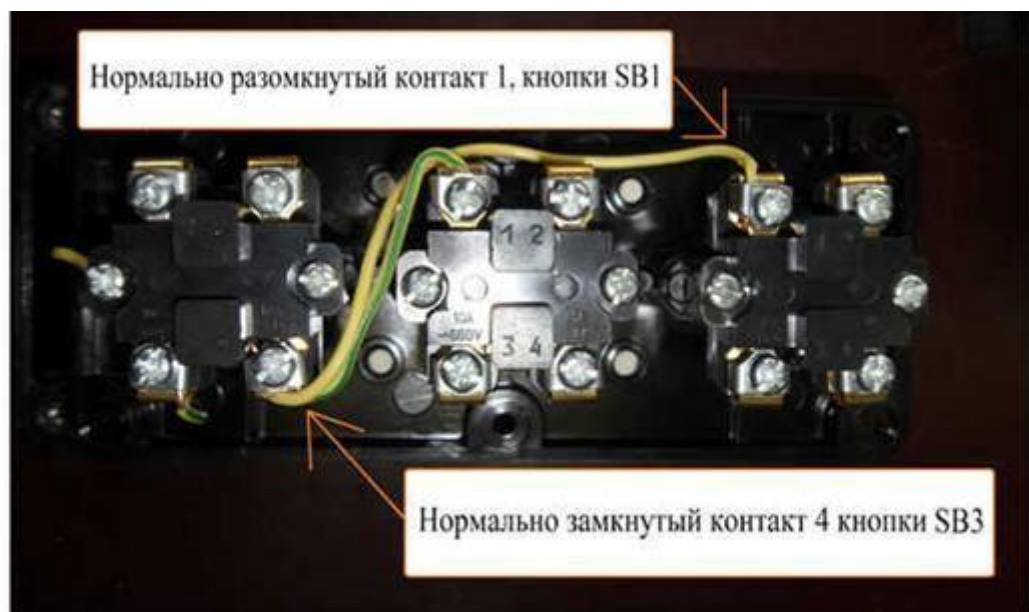


Рисунок 19 – Сборка перемычки между кнопками на стенде

4. С нормально разомкнутого контакта (2) кнопки SB1 присоединить провод на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM2 (рисунки 20-23).



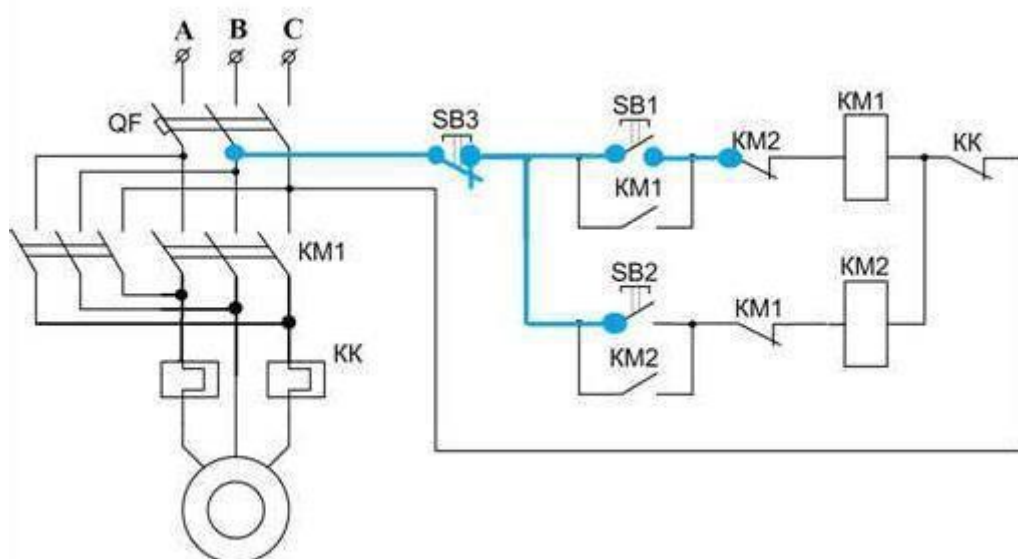


Рисунок 20 – Сборка соединения пусковой кнопки прямого вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на принципиальной схеме

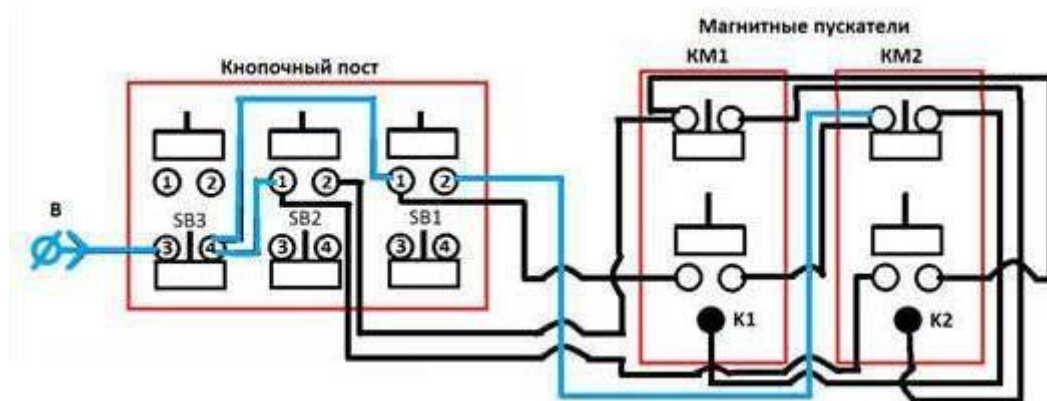


Рисунок 21– Сборка соединения пусковой кнопки прямого вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на монтажной схеме

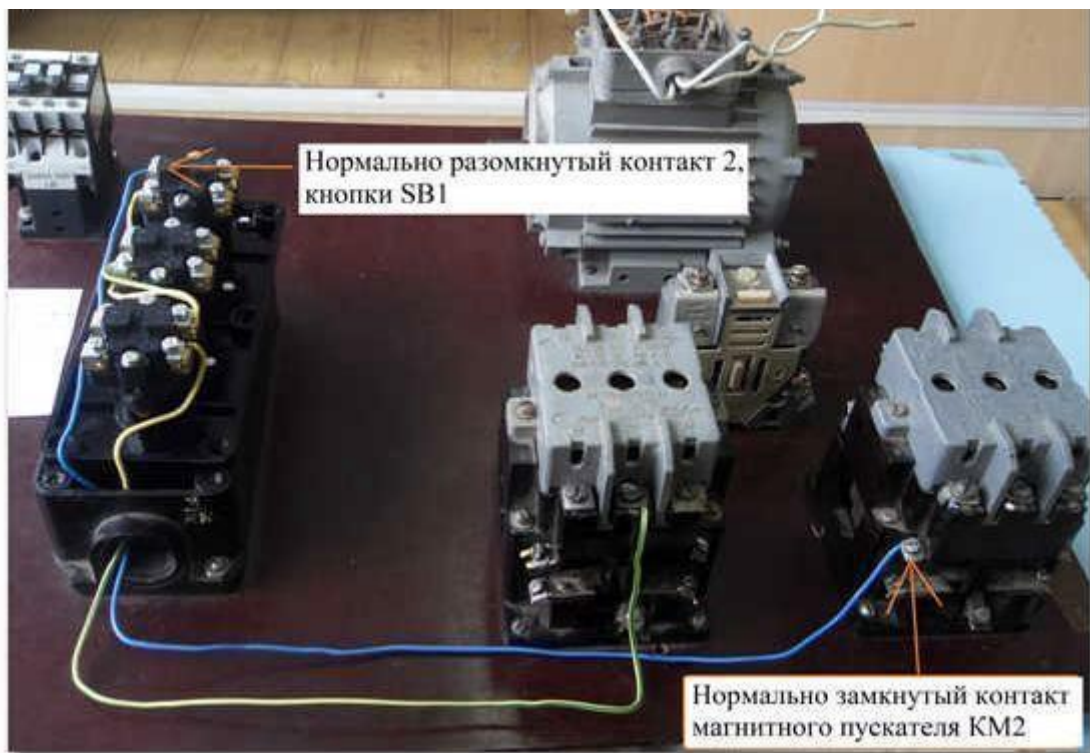


Рисунок 22 – Сборка соединения пусковой кнопки прямого вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на стенде



Рисунок 23 – Нормально разомкнутый контакт пусковой кнопки прямого вращения двигателя

5. С нормально замкнутого контакта магнитного пускателя KM2 присоединяем провод на катушку K1 магнитного пускателя KM1 (рисунки 24-26).

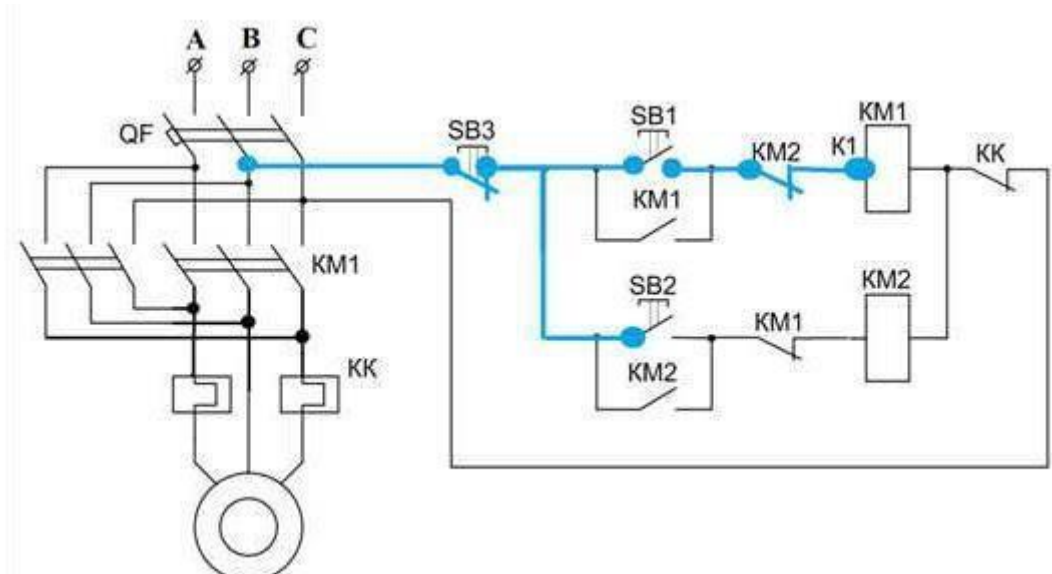


Рисунок 24– Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на принципиальной схеме

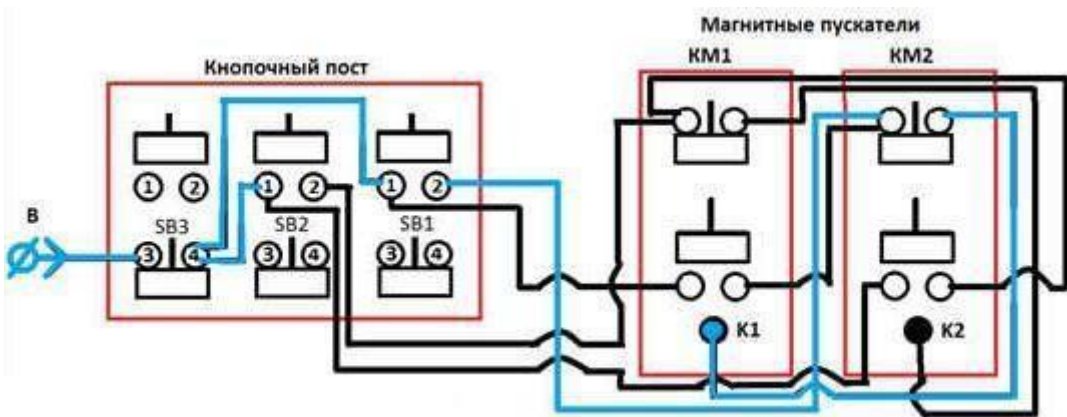


Рисунок 25 – Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на монтажной схеме



Рисунок 26 – Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на стенде

6. С нормально разомкнутого контакта (1) кнопки SB1 присоединяем провод на нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM1 (рисунки 27-30).

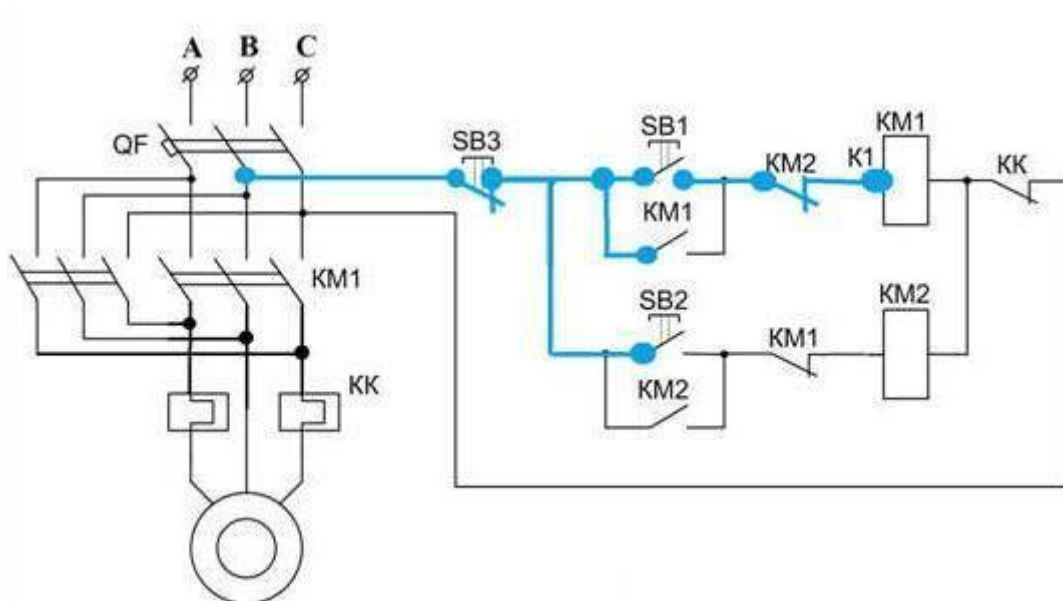


Рисунок 27 – Шунтирование пусковой кнопки прямого вращения двигателя блок-контактом магнитного пускателя на принципиальной схеме

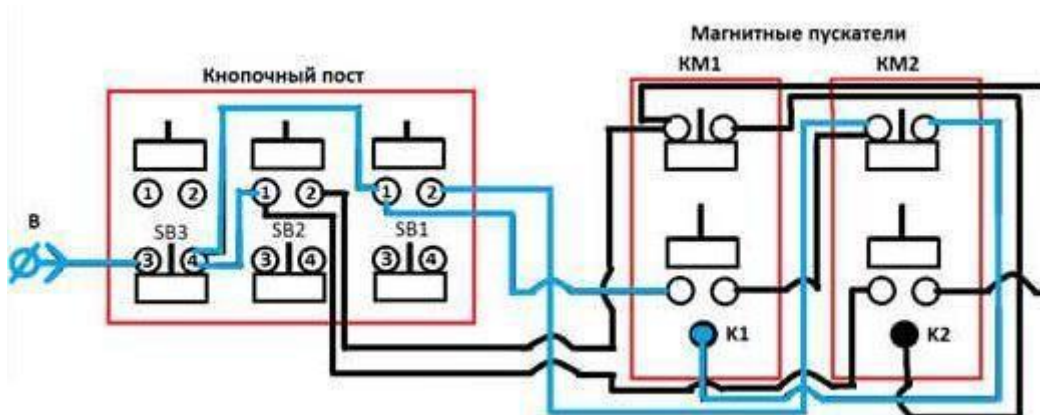


Рисунок 28 – Шунтирование пусковой кнопки прямого вращения двигателя блок-контактом магнитного пускателя на монтажной схеме



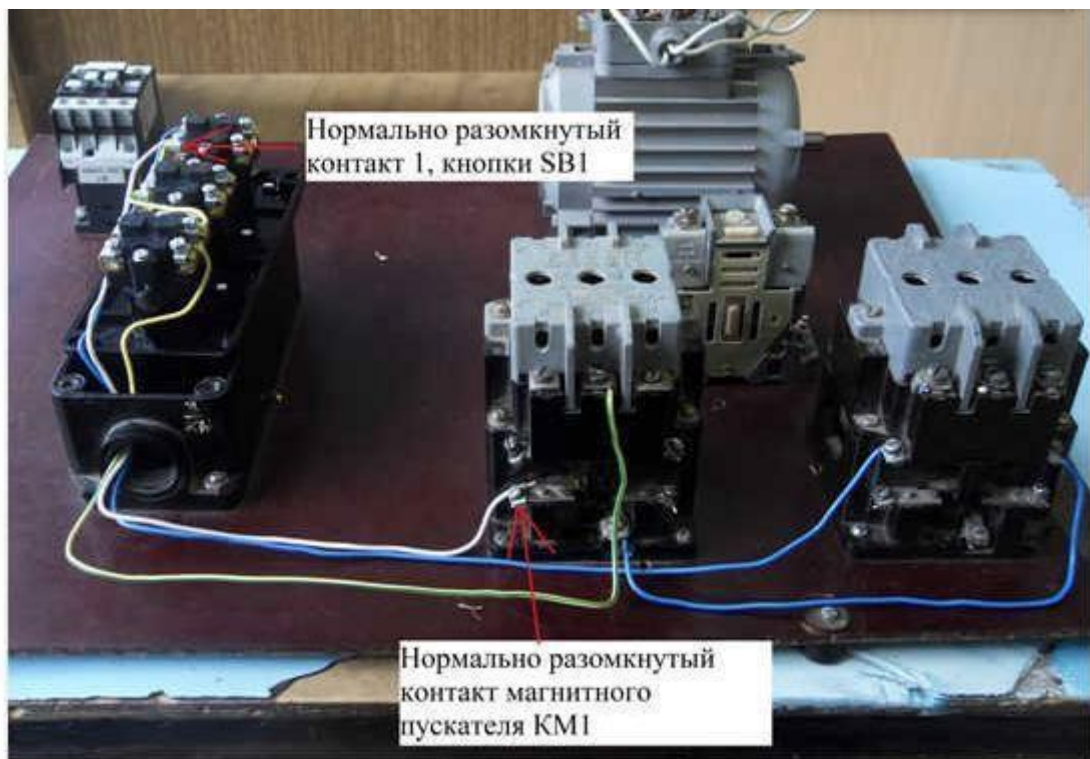


Рисунок 29 – Шунтирование пусковой кнопки прямого вращения двигателя блок-контактом магнитного пускателя на стенде



Рисунок 30 – Нормально разомкнутый контакт кнопки прямого вращения двигателя

7. С нормально разомкнутого контакта магнитного пускателя KM1, присоединяем перемычку на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM2 (рисунки 59-61).

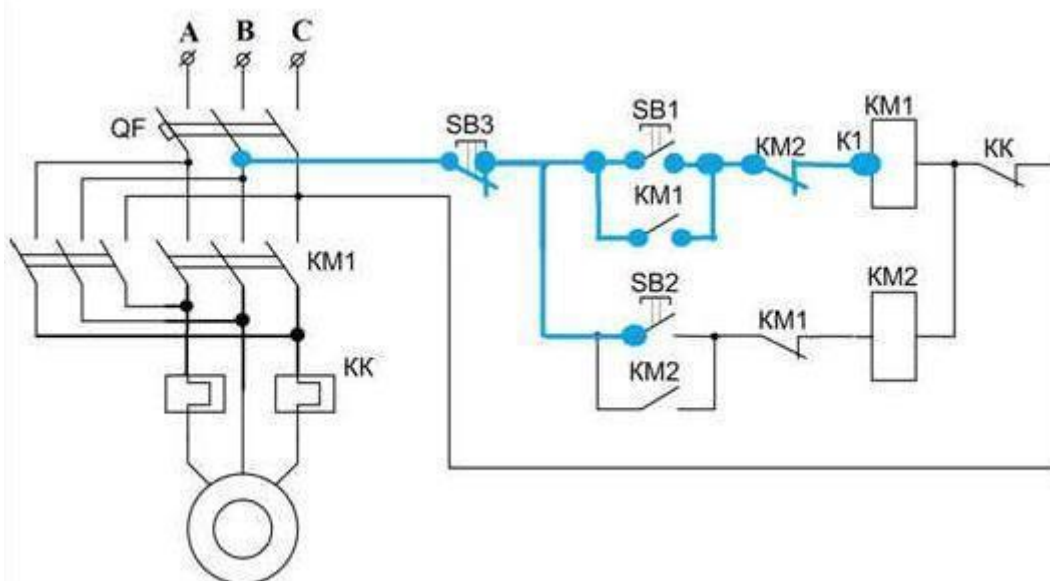


Рисунок 59 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме прямого вращения двигателя на принципиальной схеме

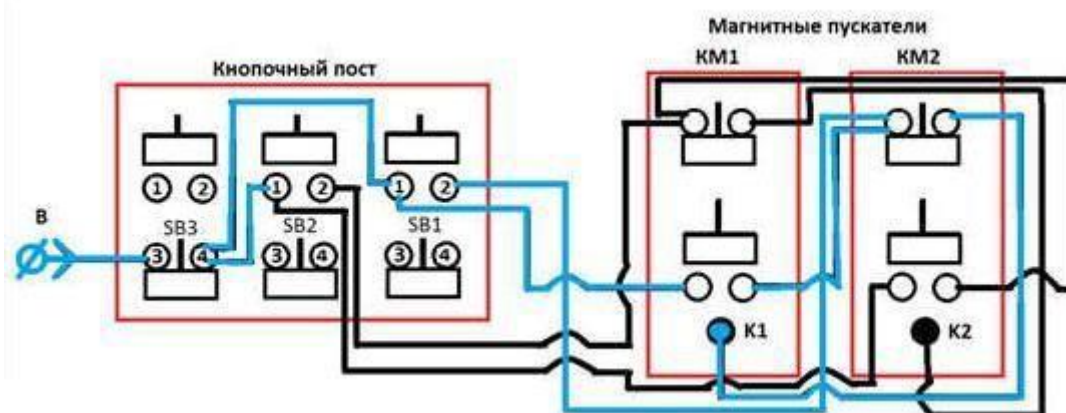


Рисунок 60 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме прямого вращения двигателя на монтажной схеме

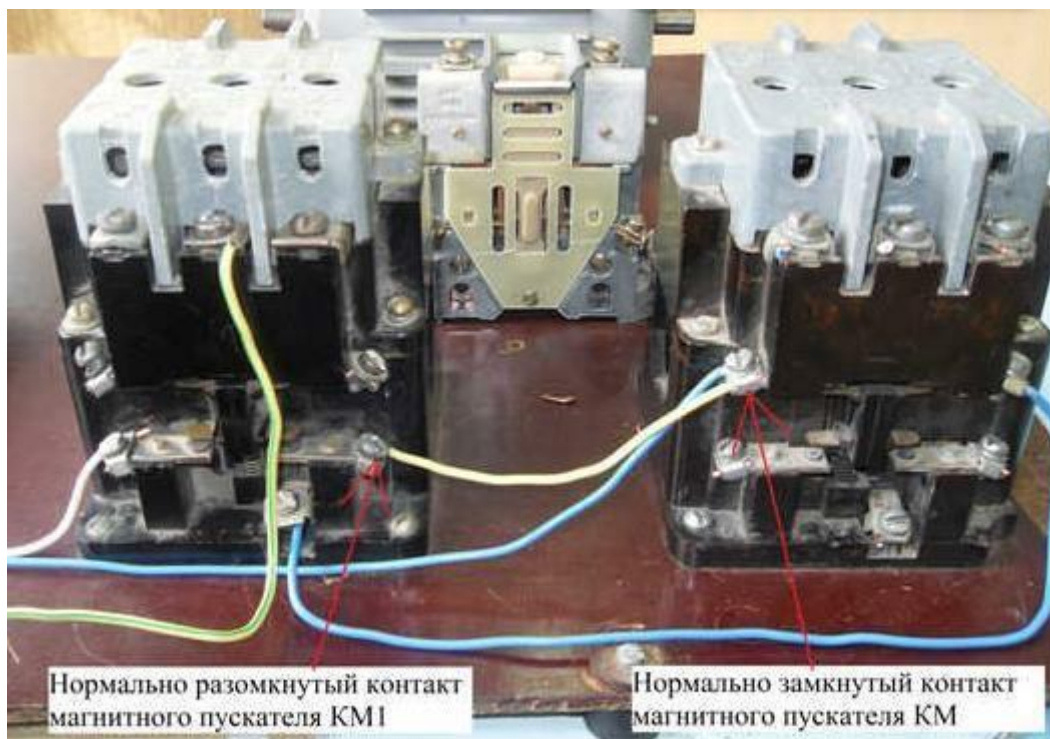


Рисунок 61 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме прямого вращения двигателя на стенде

8. С нормально разомкнутого контакта (2) кнопки SB2 присоединить провод на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM1 (рисунки 62-65).

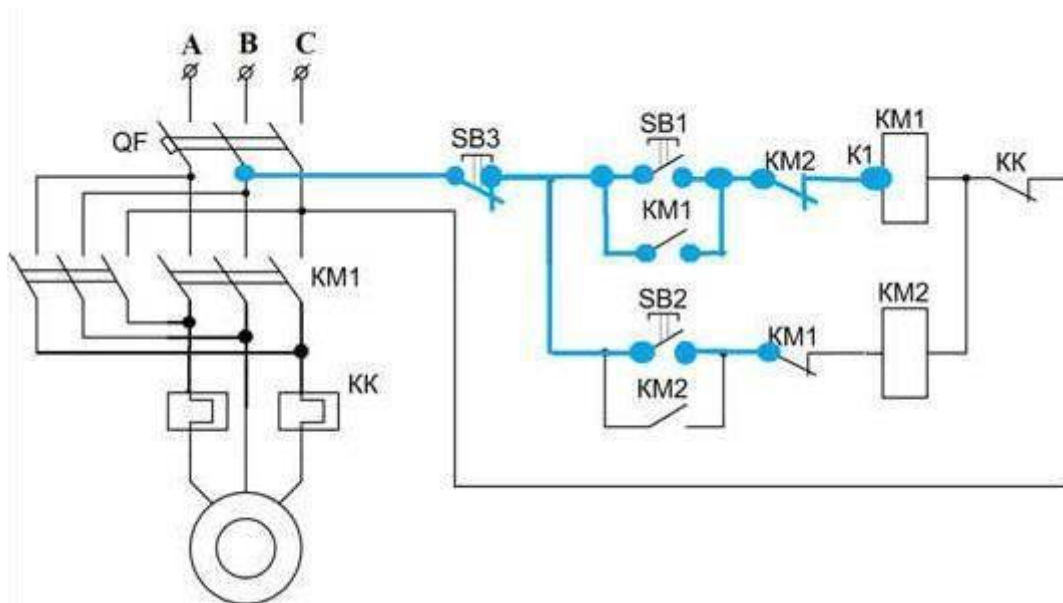


Рисунок 62 – Сборка соединения пусковой кнопки обратного вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на принципиальной схеме



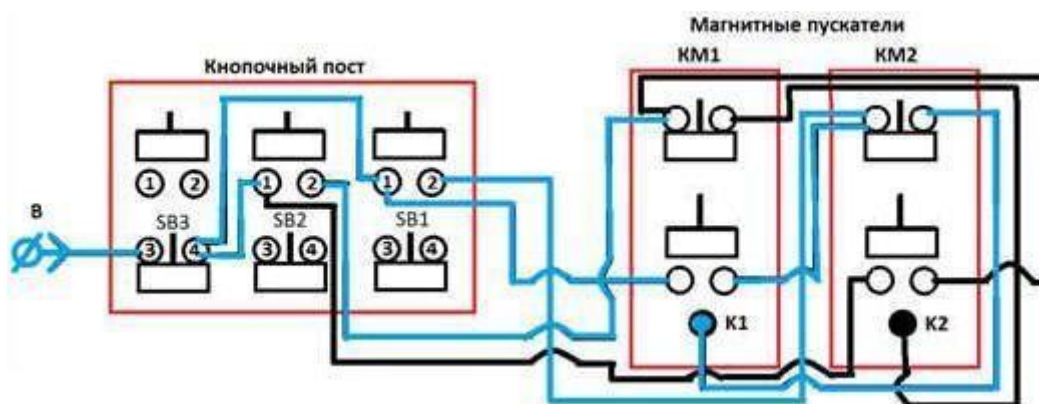


Рисунок 63 – Сборка соединения пусковой кнопки обратного вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на монтажной схеме

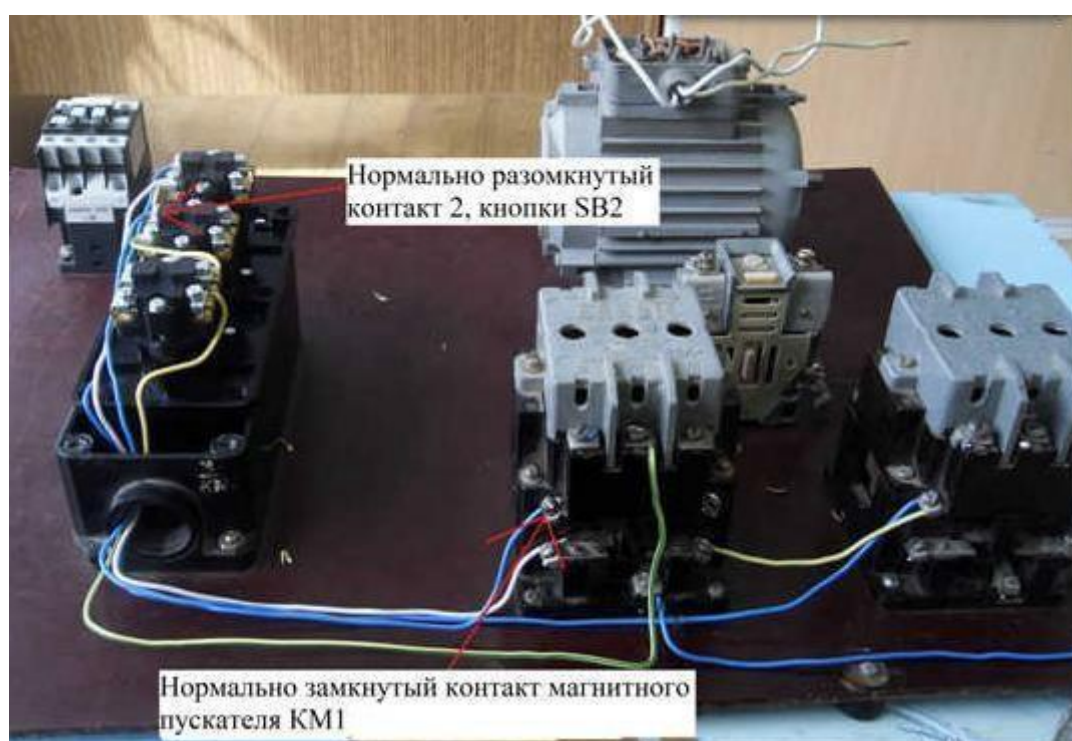


Рисунок 64 – Сборка соединения пусковой кнопки обратного вращения двигателя с блок-контактом магнитного пускателя на стенде





Рисунок 65 – Нормально разомкнутый контакт пусковой кнопки  
обратного вращения

9. С нормально замкнутого контакта магнитного пускателя KM1 присоединяем провод на катушку магнитного пускателя KM2 (рисунки 66-68).

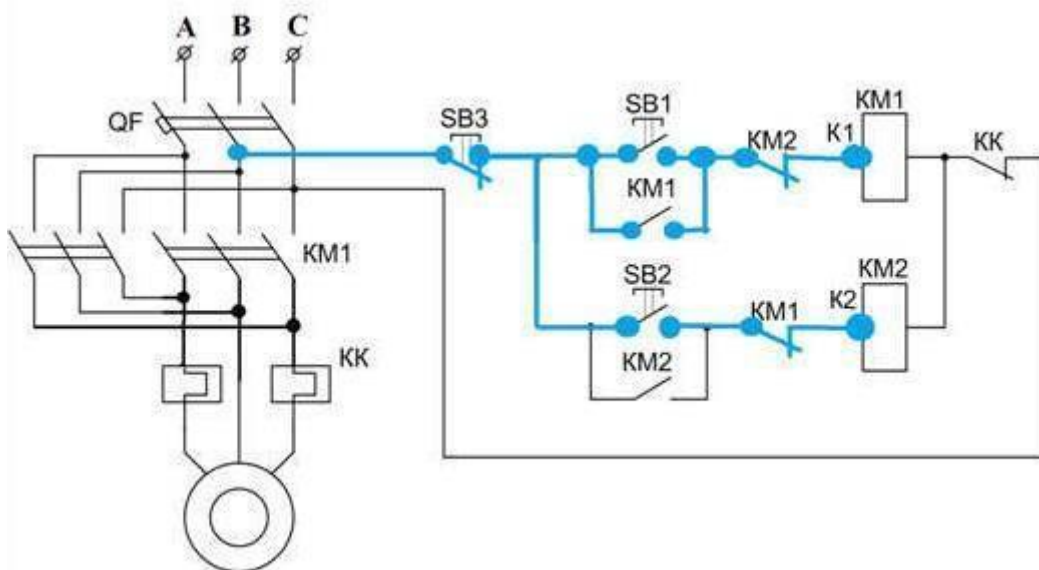


Рисунок 66 – Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на принципиальной схеме

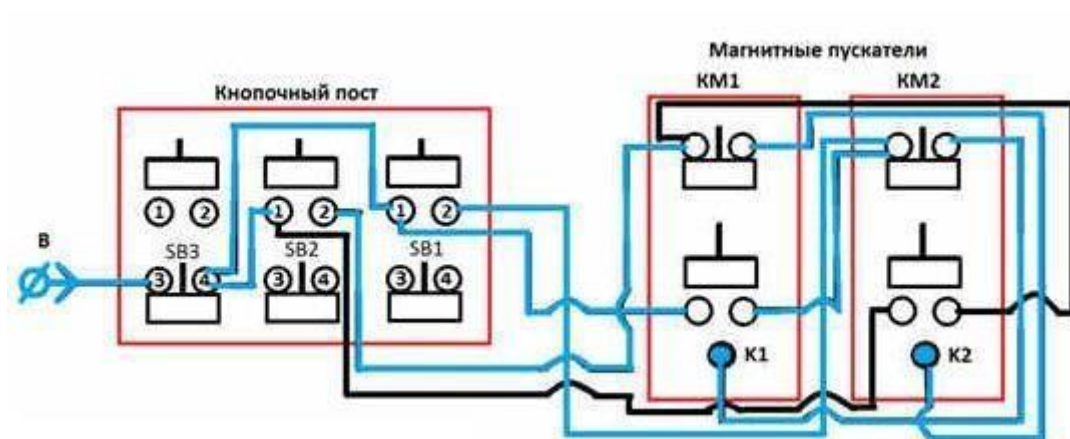


Рисунок 67 – Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на монтажной схеме



Рисунок 68 – Сборка соединения блок-контакта магнитного пускателя с катушкой магнитного пускателя на стенде

10. С нормально разомкнутого контакта (1) кнопки SB2 присоединить провод на нормально разомкнутый контакт магнитного пускателя KM2 (рисунок 69-72).

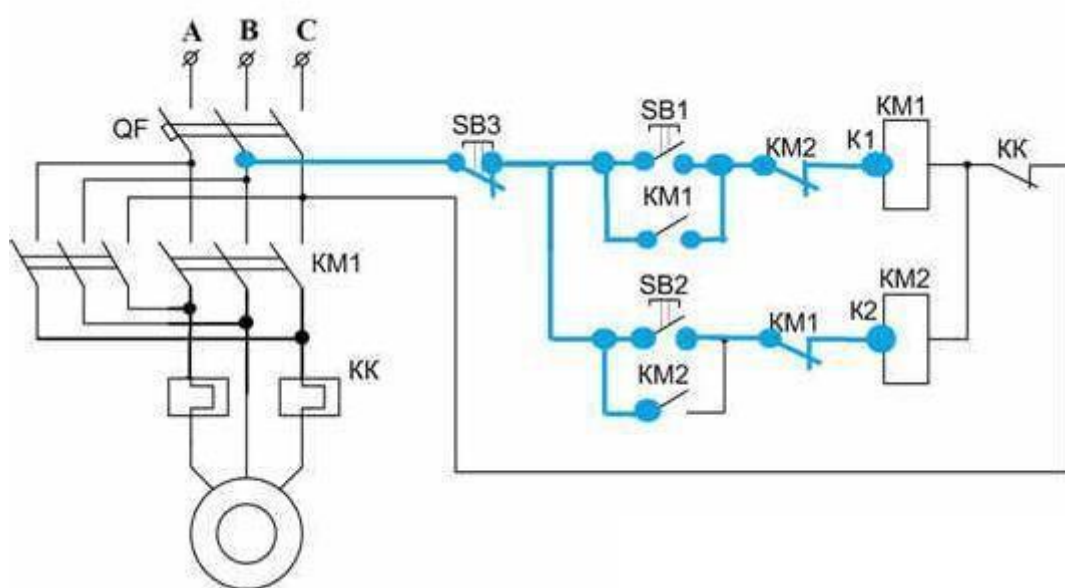


Рисунок 69 – Шунтирование пусковой кнопки обратного вращения блок-контактом магнитного пускателя на принципиальной схеме

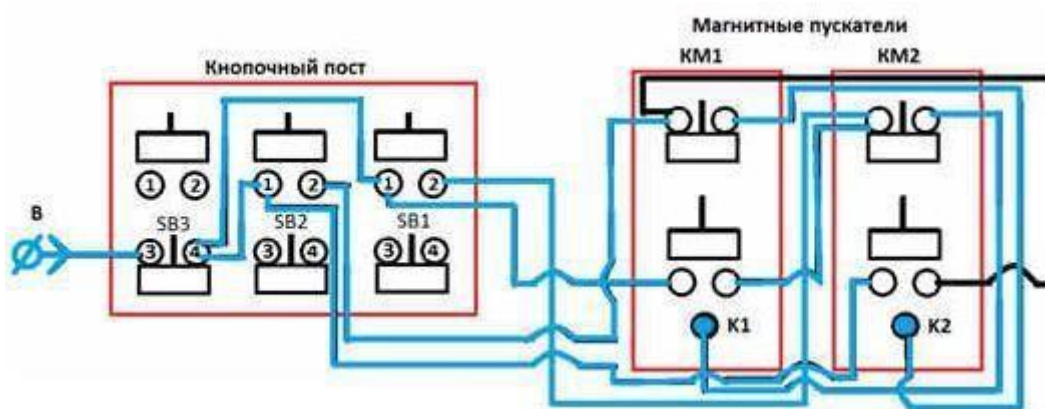


Рисунок 70 – Шунтирование пусковой кнопки обратного вращения блок-контактом магнитного пускателя на монтажной схеме

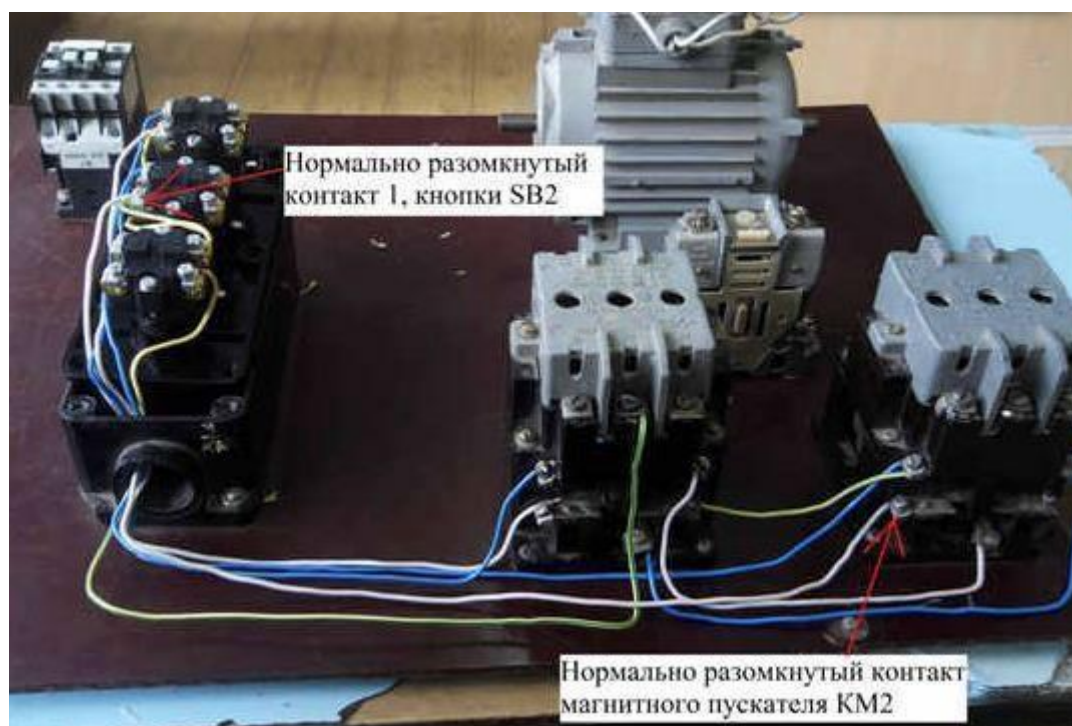


Рисунок 71 – Шунтирование пусковой кнопки обратного вращения блок-контактом магнитного пускателя на стенде





Рисунок 72 – Нормально разомкнутый контакт пусковой кнопки  
обратного вращения

11. С нормально разомкнутого контакта магнитного пускателя KM2 присоединяем перемычку на нормально замкнутый контакт магнитного пускателя KM1 (рисунки 73-75).

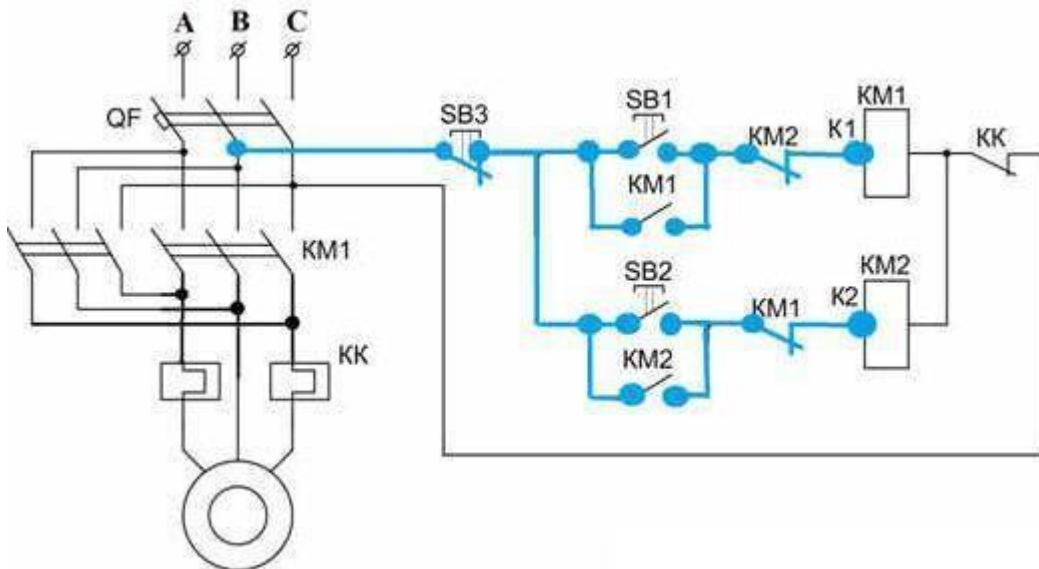


Рисунок 73 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме обратного вращения двигателя на принципиальной схеме

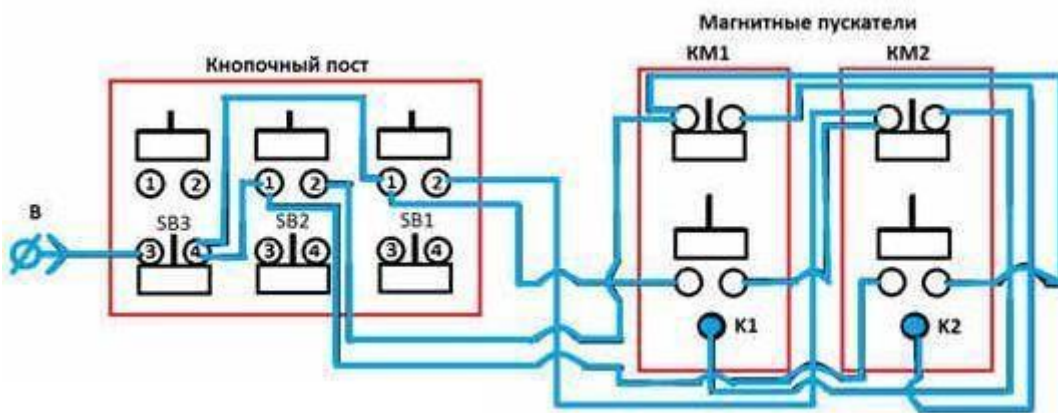


Рисунок 74 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме обратного вращения двигателя на монтажной схеме



Рисунок 75 – Сборка перемычки между блок-контактами магнитного пускателя схеме обратного вращения двигателя на стенде  
12. Закрывать крышку кнопочного поста (рисунок 76).

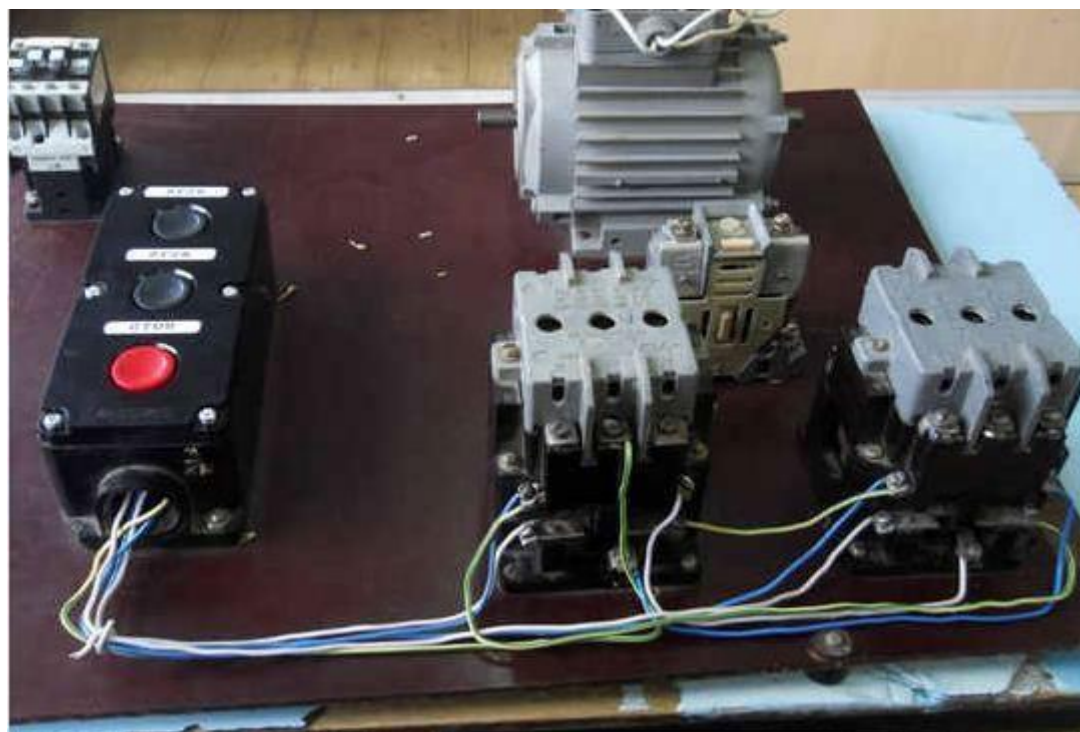


Рисунок 76 – Сборка кнопочного поста завершена  
13. Делаем перемычку между катушками K1 и K2 магнитных пускателей KM1и KM2 (рисунки 77, 78).

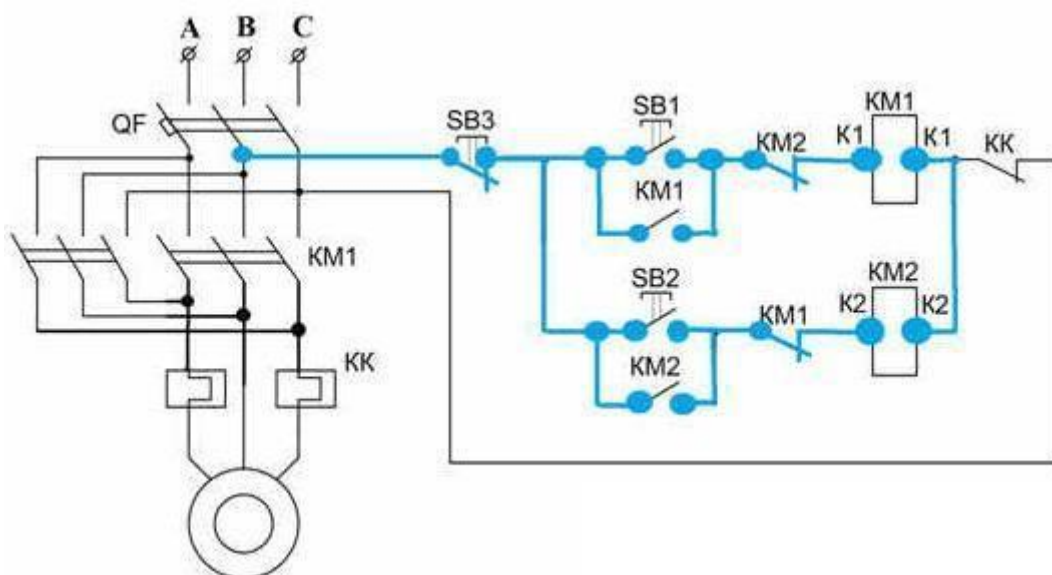


Рисунок 77 – Сборка перемычки между катушками магнитных пускателей на принципиальной схеме

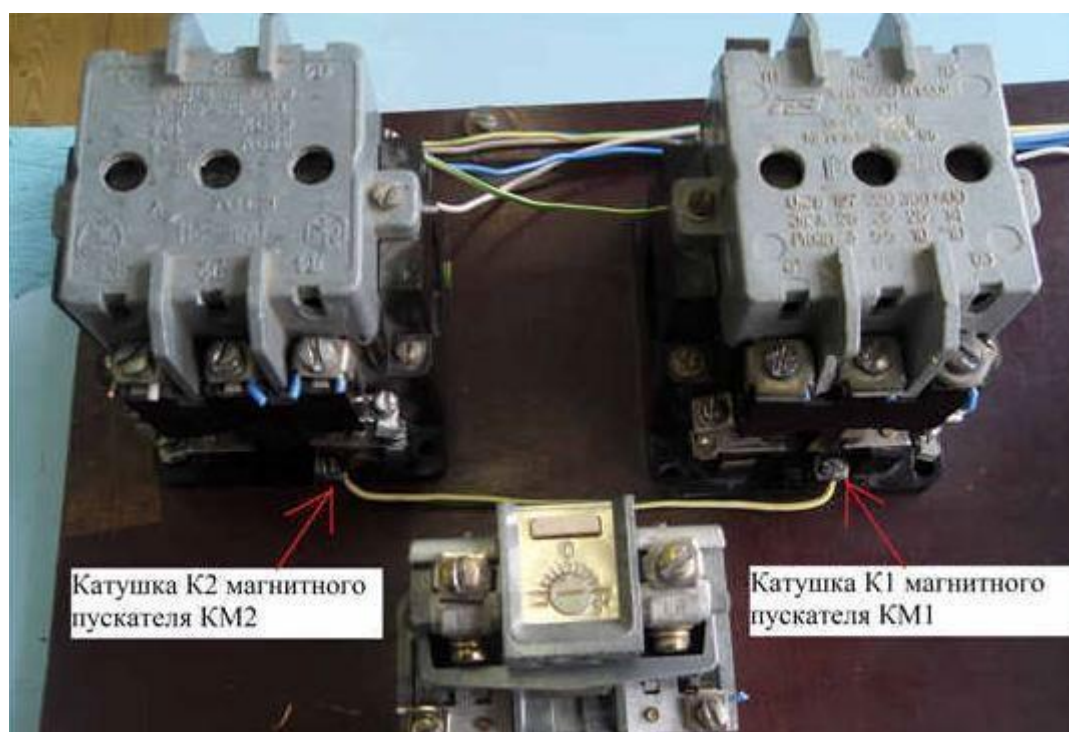


Рисунок 78 – Сборка перемычки между катушками магнитных пускателей на стенде

14. От катушки K1 магнитного пускателя KM1 присоединить провод к замкнутому контакту теплового реле KK (рисунки 79, 80).



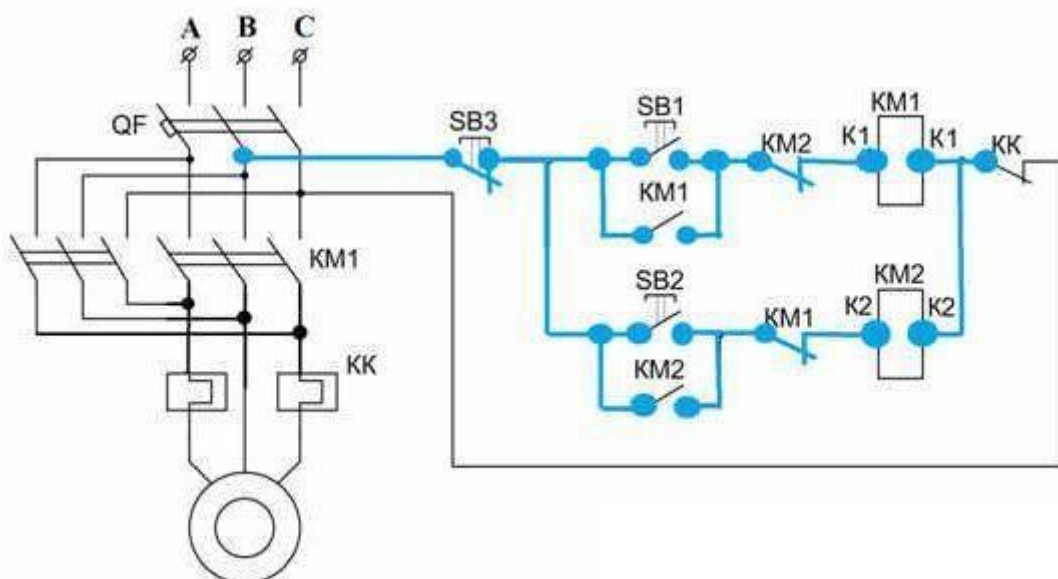


Рисунок 79 – Сборка соединения между магнитным пускателем и тепловым реле на принципиальной схеме

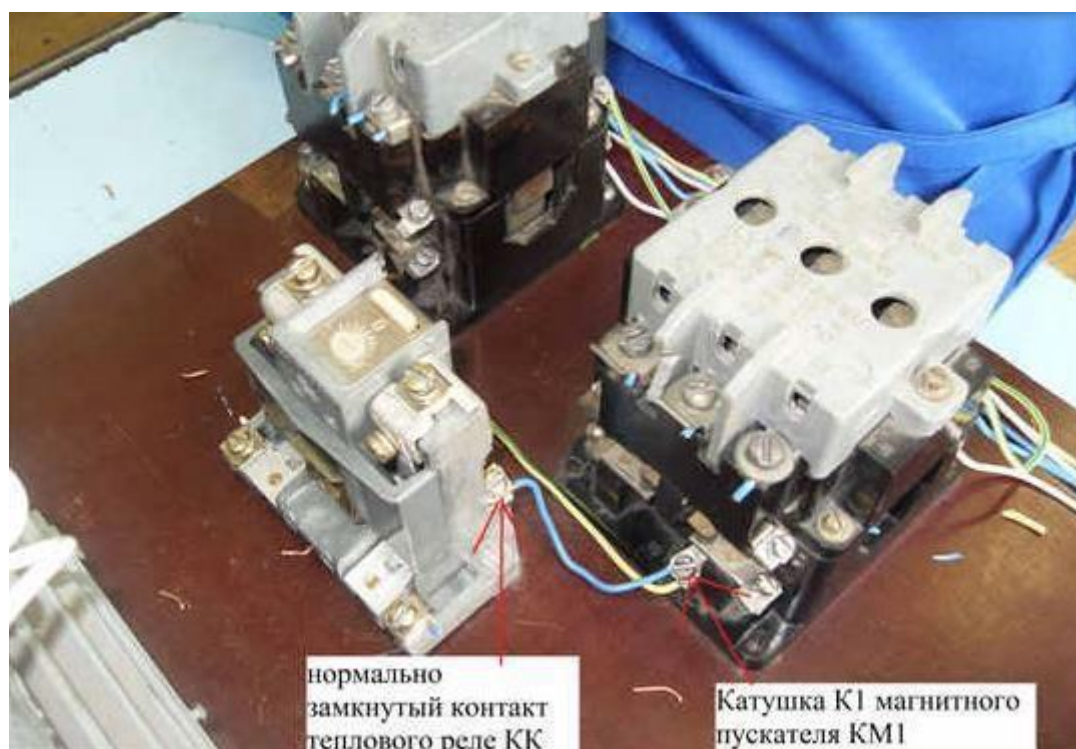


Рисунок 80 – Сборка соединения между магнитным пускателем и тепловым реле на стенде

15. С нормально замкнутого контакта теплового реле КК присоединяем провод на фазу «С» (рисунки 81, 82).

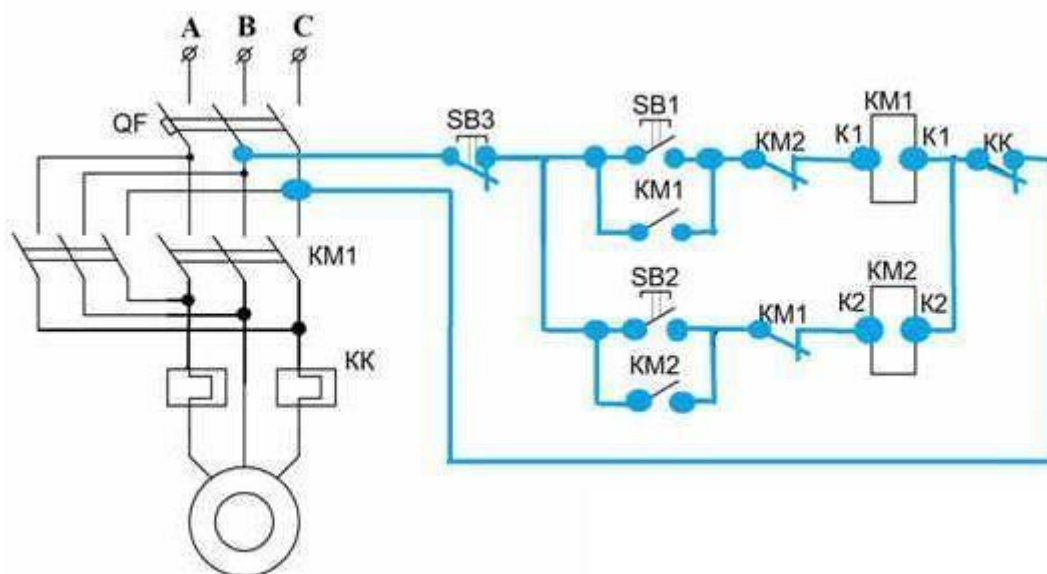


Рисунок 81 – Соединение теплового реле с фазой «С» на принципиальной схеме

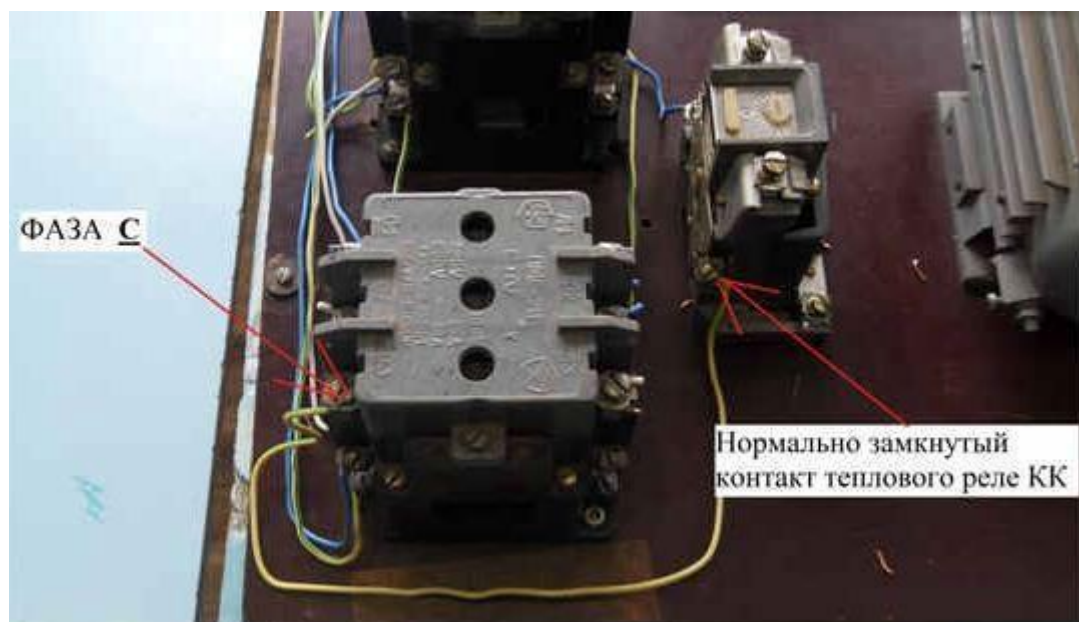


Рисунок 82 – Соединение теплового реле с фазой «С» на стенде

Силовая цепь:

16. На магнитных пускателях осуществить реверс путём переключения контактов по схеме (рисунки 83, 84).

Со стороны двигателя:

- 3-1;
- 2-2;
- 1-3.

Со стороны подключения кнопочного поста:

- 1-1;



- 2-2;
- 3-3.

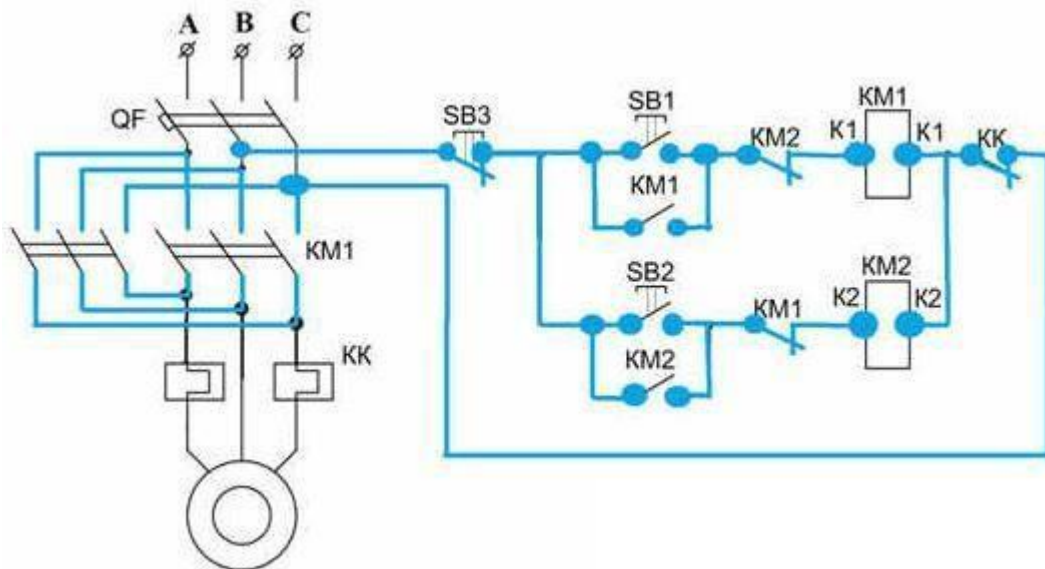


Рисунок 83 – Сборка цепей силовых контактов магнитных пускателей на монтажной схеме (подключение к фазам сети)

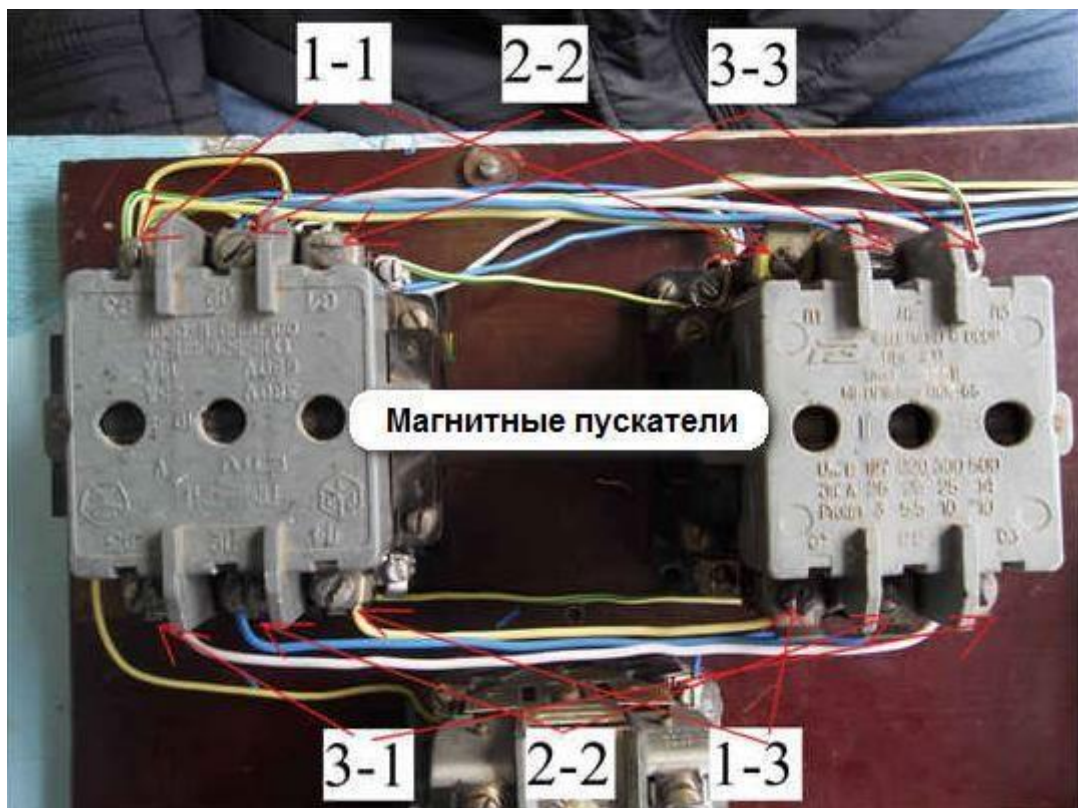


Рисунок 84 – Сборка цепей силовых контактов магнитных пускателей на стенде (подключение к фазам сети)

17. Подключение двигателя с КЗ-ротором фазой «В» к фазе «В» на магнитный пускатель. Фазу «А» и «С» подключаем к выходным контактам теплового реле КК (рисунок 85).

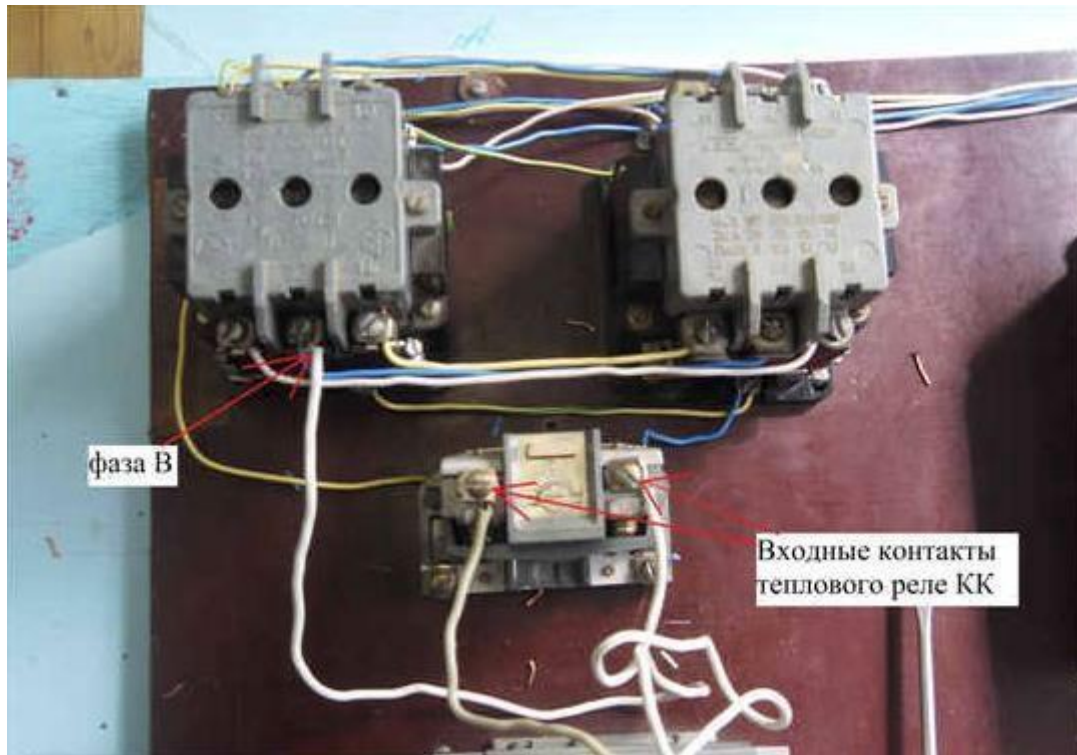


Рисунок 85 – Подключение двигателя к фазам на стенде

18. С выходных концов теплового реле КК присоединить провода к фазе «А» и к фазе «С» (рисунки 86, 87).

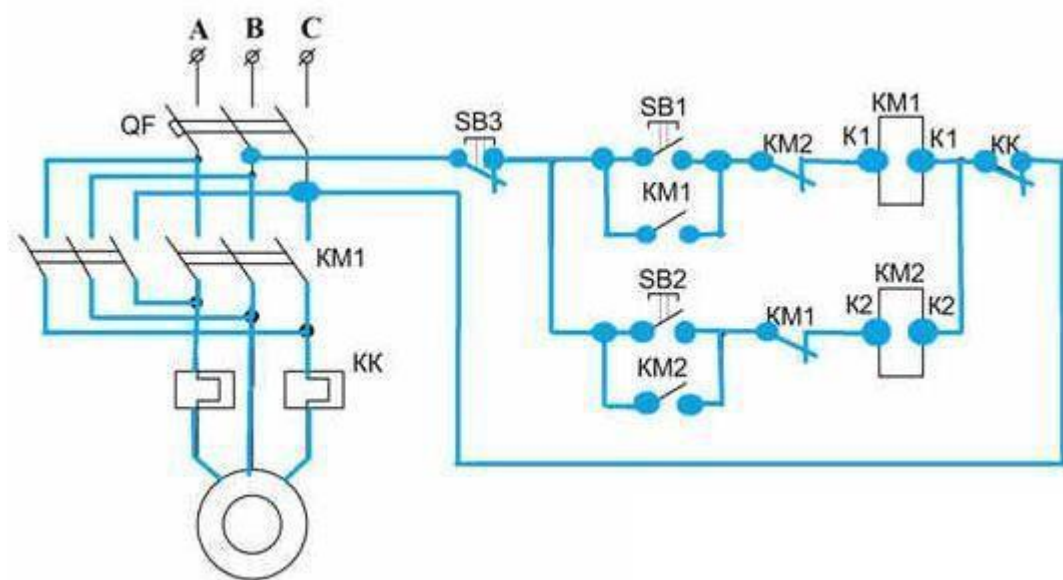


Рисунок 86 – Подключение тепловых реле к фазам «А» и «С» сети на монтажной схеме

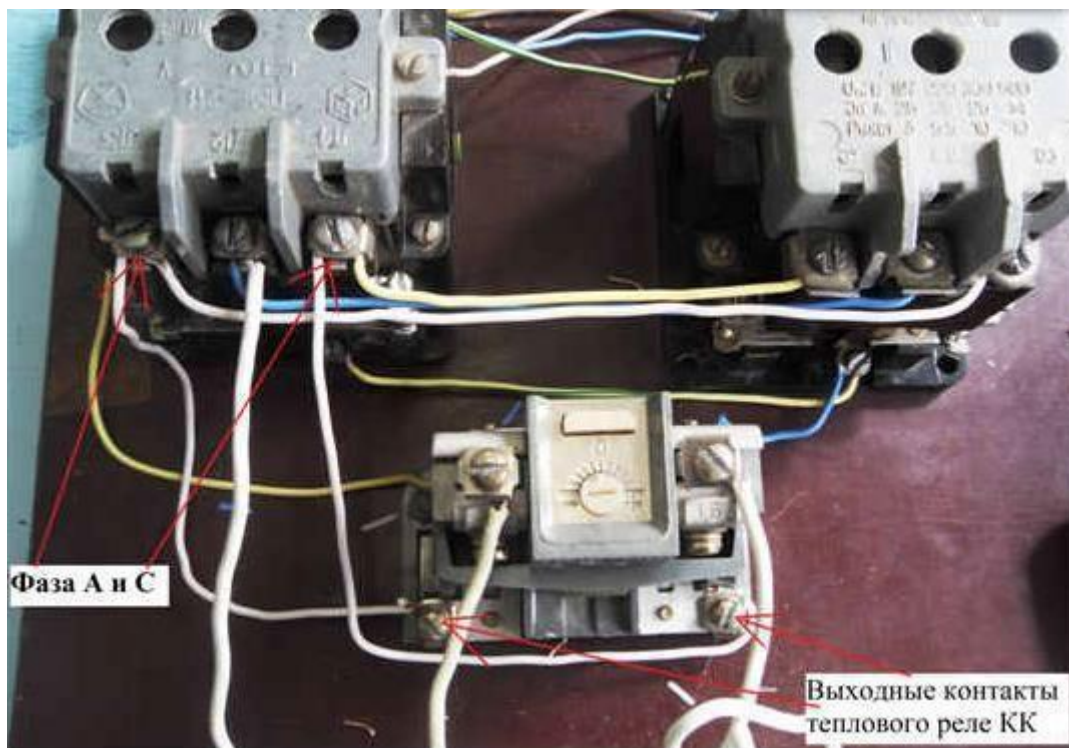


Рисунок 87 – Подключение тепловых реле к фазам «А» и «С» сети на стенде

19. Подключить трёхфазную вилку к магнитному пускателю на фазы «А», «В» и «С» (рисунки 88-90).

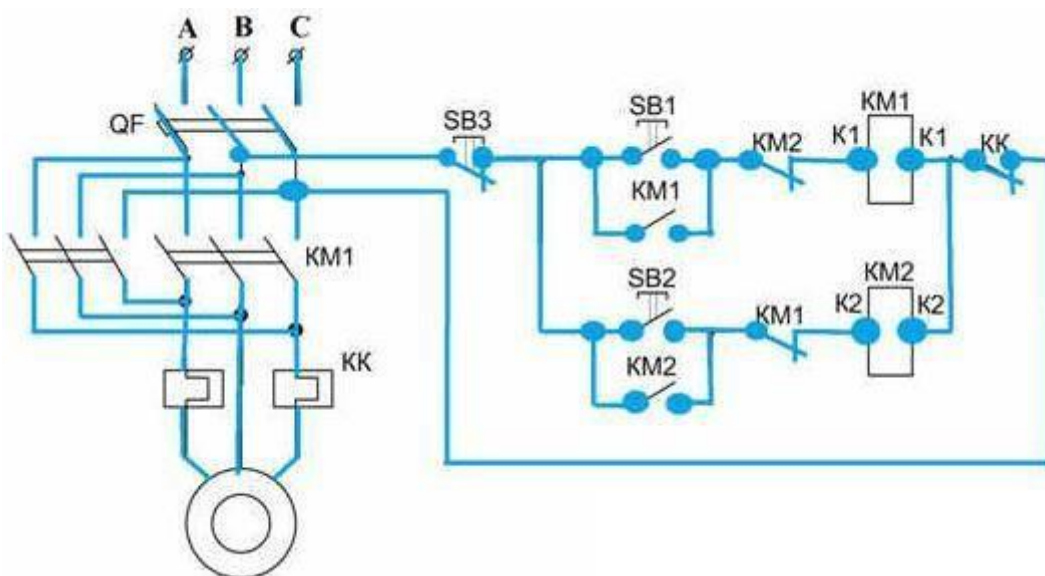


Рисунок 88 – Подключение трехфазной вилки к магнитному пускателю на фазы «А», «В», «С» сети на монтажной схеме





Рисунок 89 – Подключение трехфазной вилки к магнитному пускателью на фазы «А», «В», «С» сети на стенде



Рисунок 90 – Подключение трехфазной вилки к магнитному пускателью на фазы «А», «В», «С» сети на стенде

20. Проверить правильность сборки схемы реверса асинхронного двигателя и только после этого подать напряжение и запустить двигатель.

### Контрольные вопросы

1. Приведите примеры электроприводов электроприемников, в которых требуется реверсирование электродвигателя?
2. Как устроен реверсивный магнитный пускатель?
3. Как устроен кнопочный пост для реверсивной схемы?
4. Зачем в схеме используются тепловые реле?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**Тема:** Изучение работы электронного осциллографа

**Цель:** ознакомление с устройством электронного осциллографа

**Оборудование:** Осциллограф С1-1 (ЭО-7), генератор низкочастотных сигналов ГЗ-109

### Справочный материал

1. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для спо / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152467>

2. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие для спо / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-6827-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153638>

### Порядок выполнения работы и содержание отчета

Электронный осциллограф — прибор, предназначенный в основном для исследования быстропротекающих процессов в электрических цепях (или не электрических процессов с помощью соответствующих преобразователей представленных в виде электрических сигналов). В работе использован осциллограф С1-1 (ЭО-7).

При минимальном значении напряжения луч находится в крайнем левом положении на горизонтальной прямой экрана. По мере роста пилообразного напряжения луч перемещается слева направо с почти постоянной скоростью. Луч за время прямого хода  $t_{пр}$  переместится в крайнее правое положение экрана. Когда напряжение спадает, луч совершает обратный ход — луч быстро возвращается в исходное положение, чтобы в следующий период повторить цикл, состоящий из прямого и обратного хода. Чтобы линия развертки или изображение сигнала не мерцали при наблюдении, луч должен прочерчивать одну и ту же траекторию не менее 25-30 раз в секунду. При этом используется инерционная способность человеческого глаза сохранять зрительное впечатление примерно  $1/15$  с. Расчитанное для данного осциллографа время послесвечения —  $1/43$  с, т.е. для немерцающей траектории необходимо, чтобы луч вернулся в ранее пройденную точку не позже, чем через  $1/43$  секунды (частота 43 Гц). При небольшой расстройке частот на осциллографе можно наблюдать движение (бег) несинхронизированной осциллограммы влево или вправо. Это явление легко иллюстрируется построением траектории движения луча по экрану в цикле развертки. Если период развертки не равен периоду исследуемого сигнала, то график строится со сдвигом, причем если  $T_r < T_c$ , то сдвиг положительный. В противном случае, если  $T_r > T_c$ , сдвиг то отрицательный. Отрисовка периодического сигнала со сдвигом создает иллюзию «бега» осциллограммы соответственно влево для отрицательного сдвига и вправо для положительного.

### **Контрольные вопросы**

1. объяснить принцип работы осциллографа
2. Что можно наблюдать при небольшой расстройке частот?

# Информационное обеспечение

## обучения

### Печатные и электронные издания

#### Основные учебные издания

1. Иванов, И. И. Электротехника и основы электроники : учебник для спо / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. Я. Фролов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 736 с. — ISBN 978-5-8114-6756-3. — Текст : электронный // Лань: электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152467>
2. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие для спо / И. А. Тимофеев. — Санкт- Петербург : Лань, 2021. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-6827-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153638>

#### Дополнительные учебные издания

3. Меньшенин, С. Е. Теоретические основы электротехники и электроники : практикум / С. Е. Меньшенин. — Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 90 с. — ISBN 978-5-4497-0380-4. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92319>

#### Интернет ресурсы

<https://alexgyver.ru/electrotech/> (Электротехника)



### **Электронно-библиотечная система:**

1. ЭБС «IPRbooks», ООО «Ай Пи Ар Медиа»
2. ЭБС «Znanium»
3. ЭБС «PROФобразование»
4. ЭБС «Book.ru»