

## Лабораторная работа №3

### УПРАВЛЕНИЕ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

**Цель работы:** изучение схем пуска асинхронного двигателя с помощью блока управления и защиты и получение навыков работы с монитором тока двигателя.

#### 1. Блок управления и защиты

Значительная часть аварий электродвигателей напрямую или косвенно связаны с авариями сетевого напряжения. Для защиты электродвигателей наиболее целесообразно применение т. н. *мониторов напряжения (тока)*, контролирующих несколько видов сетевых аварий.

Микропроцессорные мониторы напряжения (тока) способны в одном малогабаритном устройстве совместить большинство функций, работают по действующему значению напряжения (тока), различают виды аварий и имеют множество регулируемых и настраиваемых параметров. Мониторы тока имеют регулировку в широких пределах (для управления оборудованием с длительными переходными процессами), а также возможность контроля контактов магнитного пускателя. Последняя функция наиболее актуальна для мощных двигателей или для двигателей компрессоров.

На сегодняшний день существует три направления развития систем защиты: механические, электромеханические, электронные.

К первой группе относятся различные механические устройства, обеспечивающие разрыв вала двигателя с нагрузкой при перегрузках двигателя (фрикционные муфты). Электромеханические системы осуществляют контроль величины тока нагрузки и отключают питающую сеть при перегрузках и коротких замыканиях (автоматический выключатель с тепловым и электромагнитным расцепителями).

Для повышения эффективности и снижения стоимости конечного продукта реализуются проекты, направленные на модернизацию электроприводов машин и механизмов. Наиболее рационально эти цели могут быть достигнуты применением электронных систем защиты. В настоящее время разработаны различные методы определения режима работы двигателя. Наибольшее распространение получили две методики: угло-фазовый метод, реализованный в большинстве импортных дорогостоящих устройств, и контроль параметров двигателя по величине действующего тока в каждой из питающих фаз. Второй метод положен в основу работы монитора тока двигателя (МТД), рис.3.1. С одной стороны, он может предотвратить поломки оборудования и травмы персонала, подавая сигналы управления при ненормальной нагрузке двигателя. С другой стороны, при своей сравнительно небольшой стоимости, монитор с успехом заменяет более дорогое и трудоемкое в обслуживании оборудование.



Рис.3.1. Монитор тока двигателя

Монитор тока двигателя (МТД) или блок управления и защиты представляет собой микропроцессорное устройство и предназначен для измерения токов, защитного отключения электродвигателей и других электроустановок общепромышленного назначения, а также для индикации режимов работы двигателей в системах переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220/380В с номинальными токами нагрузки от 1 до 250 А.

Монитор имеет набор различных выходных сигналов (реле, стандартный токовый и др.), а также органов управления (кнопки, переключатели, различные интерфейсы), и может быть легко встроен в различные системы управления и автоматизации промышленного оборудования. МТД обладает рядом преимуществ. Наличие функции автоматической настройки позволяет простым и доступным способом получить высокоэффективную защиту от недогрузки или перегрузки вследствие заклинивания, обрыва ремня или цепи, сухой работы или повреждения подшипников.

**Возможности МТД** включают в себя:

- задержку при реверсе двигателя от 1 до 99 секунд;
- задержку отключения двигателя при перегрузке (недогрузке) от 1 до 99 секунд;
- отображение текущего тока любой фазы на дисплее.

Действующее значение тока нагрузки в каждой фазе измеряется при помощи трех гальванически изолированных датчиков тока – тороидальными до 200А или накладными до 1000А.

Простое и удобное меню позволяет запрограммировать параметры срабатывания МТД:

- перегрузка относительно номинального тока;
- недогрузка относительно номинального тока;
- время задержки перед включением двигателя в противоположном направлении (реверс) ;
- время задержки отключения при 4-х кратной перегрузке;
- время задержки отключения при перегрузке;
- время задержки отключения при недогрузке.



Рис. 3.2. Торoidalные датчики тока



Рис. 3.3. Накладной датчик тока

При активации режима автоматической настройки, обычно при первом запуске, МТД по истечении 15 секунд записывает номинальный ток двигателя и устанавливает параметры защиты. Наличие возможности установки величины перегрузки и недогрузки, а также длительности задержки срабатывания защиты при возникновении аварии позволяет реализовать в одном приборе функции монитора недогрузки и монитора перегрузки. МТД защищает электрооборудование от следующих аварийных ситуаций:

- превышение номинального тока в 4 раза;
- перегрузка;
- недогрузка;
- обрыв любой из фаз.

**Конструктивные особенности** блока управления и защиты состоят в следующем:

- содержит два выходных реле для работы с реверсом или для работы и предупредительной сигнализации;
- защищает оборудование от следующих аварийных ситуаций: перегрузка пускового тока; перегрузка недопустимой продолжительности; недогрузка по току; обрыв фазы по току;
- сохраняет информацию о настройках и аварийной ситуации при отключении питания;
- настройка на ток срабатывания защиты производится по месту установки МТД 4 кнопками по простому меню;
- номинальная мощность защищаемых электродвигателей – 1-110 кВт;
- число контролируемых фаз нагрузки – 3;
- длина линии, соединяющей МТД с датчиками тока – до 30 м;

Исполнение монитора тока с приемо/передачей данных (МТД – RS, рис.3.4) позволяет контролировать работоспособность и экономичность электрооборудования, собирая временные графики по величинам тока, напряжения, полной потребленной мощности.

Применение монитора с интерфейсным выходом (МТД-RS) позволяет организовать диспетчеризацию (сбор данных по току, напряжению, частоте, состоянию нагрузки и вывод их на ПК) и управление нагрузкой. Передача данных на ПК о параметрах сети, состоянию нагрузки и дистанционное управление работой прибора осуществляется по встроенному интерфейсу RS-

485. Монитор МТД-RS поставляется в комплекте с программным обеспечением.



Рис.3.4 Монитор тока двигателя МТД – RS

Для местного визуального контроля применен двухстрочный 16 – миллиметровый жидкокристаллический индикатор с постоянной подсветкой. Прибор МТД – RS может быть использован в системах контроля, управления и защиты при выполнении технологических процессов в разных отраслях промышленности, сельского хозяйства и жилищно-коммунальной сферы. Может применяться для:

- защитного отключения нагрузки при возникновении аварийных ситуаций в питающей сети и в нагрузке;
- защиты трехфазных двигателей: насосов, систем вентиляции, компрессоров, конвейеров, мельниц;
- защиты нагревательного оборудования (ТЭНы);
- защиты осветительного оборудования.

**Выполняемые функции:**

- активация функций и изменение заводских уставок потребителем;
- защитное отключение электроустановок в системах переменного тока;
- контроль и индикация тока, напряжения, мощности и частоты каждой фазы;
- передача информации через последовательный порт RS-485 на ЭВМ верхнего уровня по специальному протоколу, обеспечивающему защиту информации от искажения и потерь;
- дистанционная установка настроек самого прибора и настроек на нагрузку: допустимых пределов тока, напряжения, частоты питающей сети, времени длительной перегрузки, времени срабатывания защиты превышения допустимых параметров, времени срабатывания защиты обрыва фазы, защитного времени переключения реверса питающих фаз;
- дистанционная диагностика функций прибора.

**Основные технические характеристики:**

- электропитание МТД – RS осуществляется от одной фазы трехфазной электрической сети напряжением 220 В +10-15%, частотой 50 Гц 1 Гц;
- номинальная мощность нагрузки должна находиться в пределах 1-110 кВт;
- МТД – RS содержит два встроенных реле переменного тока 4А;
- длина линии, соединяющей МТД – RS с датчиками тока – не более 30 м.

Пример использования монитора тока двигателя приведен на рис.3.5.

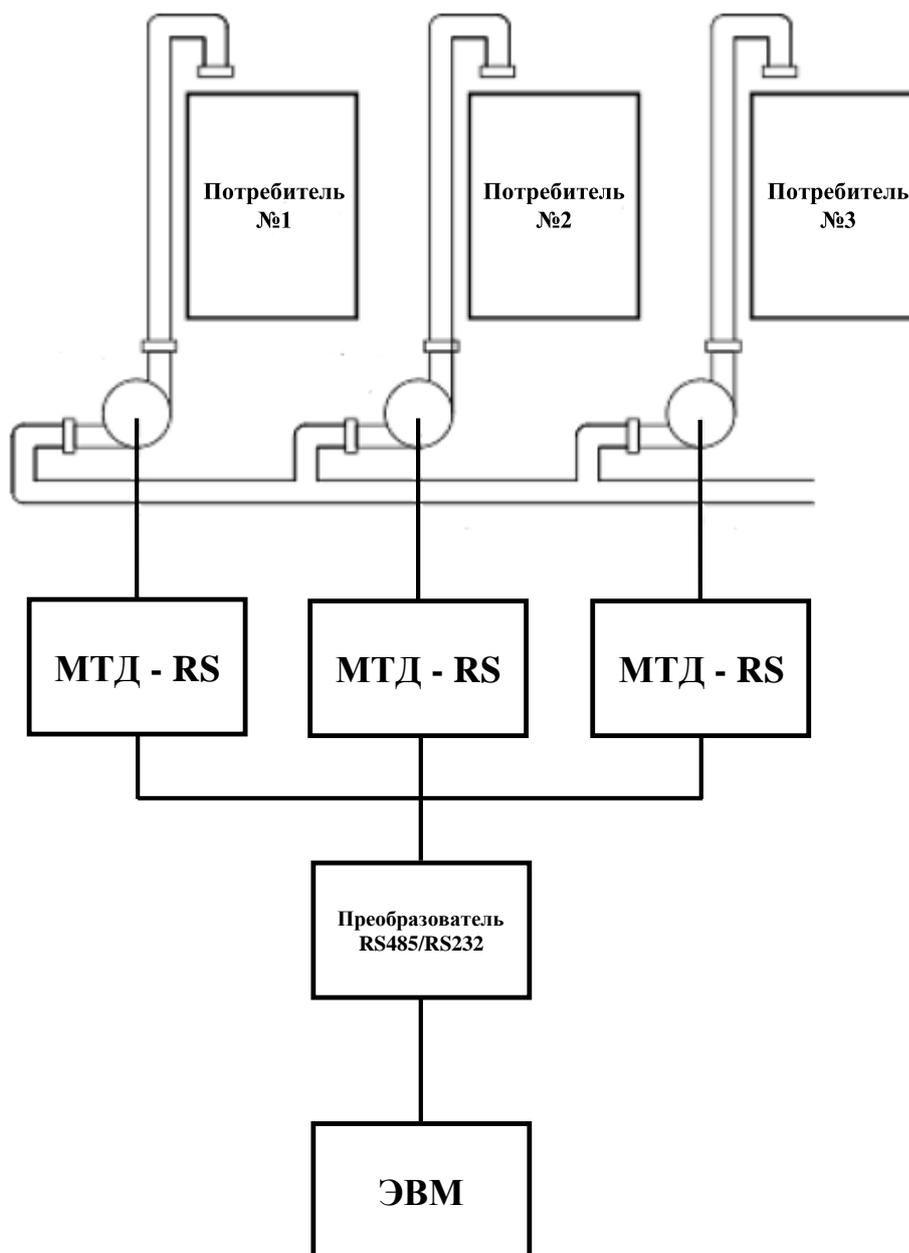


Рис.3.5. Пример использования нескольких мониторов тока двигателя МТД – RS в составе с компьютером

Использование МТД – RS позволяет производить:

- защиту двигателей насосов станции от аварийных режимов работы (перегрузка по току, обрыв фазы, перекос фаз, чередование фаз);
- ограничение пикового потребления электроэнергии путем блокирования одновременного включения насосов;
- ведение статистики работы насосов;
- включение/отключение насосов по графику заданному пользователем.

Количество реализованных функций, простота и удобство в работе, а также невысокая цена для оборудования такого класса делают МТД лидером среди защитных приборов и оборудования. Опыт применения мониторов в промышленности показывает, что установка МТД на двигатели мощностью 7,5 кВт и более, экономически оправдана даже по стоимости перемотки вышедшего из строя двигателя.

## 2. Программирование блока управления и защиты асинхронного двигателя

1. Подайте на гнезда 11,12 монитора тока двигателя (далее – монитора) сетевое напряжение ~220В, 50Гц. На индикаторе монитора должно высветиться **основное меню** – отобразится надпись «**A.000**», показывающая, что в фазе «А» двигателя увеличенное в 100 раз текущее значение тока равно нулю.

2. Проверьте заданные (по умолчанию) номинальные фазные токи двигателя. Для этого нажмите и удерживайте более 2 секунд кнопку . На мониторе должна появиться надпись «**A.042**», означающая, что для фазы «А» двигателя задан номинальный ток  $I_1 = 0,42\text{A}$ . Нажмите и отпустите кнопку . На мониторе должна появиться надпись «**B.042**», означающая, что для фазы «В» двигателя задан номинальный ток  $I_1 = 0,42\text{A}$ . Еще раз нажмите и отпустите кнопку . На мониторе должна появиться надпись «**C.042**», означающая, что для фазы «С» двигателя задан номинальный ток  $I_1 = 0,42\text{A}$ .

3. При изменении номинального тока конкретной фазы, необходимо кнопкой  выбирать эту фазу. Затем кнопкой  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  установите в этом разряде требуемую цифру (от 0 до 9). Устанавливаемое трехразрядное число (от 1 до 250) должно быть равно увеличенному в 100 раз значению номинального тока фазы. Например, для установки номинального тока  $I_1 = 0,25\text{A}$  следует установить число 125. После установки числа запишите его в память монитора. Для этого нажмите и отпустите кнопку .

4. Вернитесь в **основное меню**. Для этого нажмите кнопку . На мониторе должна отобразиться надпись «**A.000**».

5. Введите параметры защиты двигателя.

5.1. Нажмите и удерживайте более 2 секунд кнопку . На мониторе отобразится надпись «**I250**», означающая, что задан ток перегрузки  $I_2 = 50\%$ . При превышении тока двигателя номинального тока  $I_1$  на 50 % должно происходить аварийное отключение двигателя с появлением на мониторе

сообщения «**OL2**». Например, при заданном номинальном токе  $I_1 = 0,42$  аварийное отключение двигателя должно происходить при превышении током двигателя уровня  $I_{OL2} = 0,42 + 0,42 \cdot 0,5 = 0,63$  А. При необходимости изменения тока  $I_2$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора.

5.2. Перейдите к заданию следующего параметра. Для этого нажмите кнопку  $\text{Ⓟ}$ . На мониторе отобразится надпись «**I370**», означающая, что задан ток недогрузки  $I_3 = 70\%$ . При уменьшении тока, например, в фазе «А» двигателя в результате ее обрыва, до уровня 70% от заданного номинального тока  $I_3$  должно происходить его аварийное отключение с появлением на мониторе сообщения «**A.OL3**». Например, при заданном номинальном токе  $I_1 = 0,42$  А и обрыве фазы «А» двигателя его аварийное отключение должно происходить при уменьшении тока двигателя ниже уровня  $I_{OL3} = 0,42 \cdot 0,7 = 0,29$  А. При необходимости изменения тока  $I_3$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора, нажав кнопку  $\text{Ⓟ}$ .

5.3. На мониторе отобразится надпись «**t010**», означающая, что задано время  $t_0 = 10$  с, необходимое для останова (выбега) двигателя после подачи команды на его реверсирование. При подаче команды на реверс двигателя она должна начать выполняться спустя заданное время  $t_0$ . При необходимости изменения времени  $t_0$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора и перейдите к заданию следующего параметра. Для этого нажмите кнопку  $\text{Ⓟ}$ .

5.4. На мониторе отобразится надпись «**t103**», означающая, что задано время  $t_1 = 3$  с. При превышении тока двигателя его четырехкратного заданного номинального тока  $I_1$  продолжительностью более 3 секунд должно происходить аварийное отключение двигателя с появлением на мониторе сообщения «**OL1**». Например, при заданном номинальном токе двигателя  $I_1 = 0,42$  А и реальном токе двигателя превышающем значение  $I_{OL1} = 4 \cdot 0,42 = 1,64$  А через 3 секунды должно происходить аварийное отключение двигателя. При необходимости изменения времени  $t_1$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора, нажав кнопку  $\text{Ⓟ}$ .

5.5. Автоматически произойдет переход к корректировке следующего параметра. На мониторе отобразится надпись «**t205**», означающая, что задано время  $t_2 = 5$  с. При перегрузке двигателя типа «**OL2**» его аварийное отключение должно происходить спустя время  $t_2 = 5$  с. При необходимости

изменения времени  $t_2$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора и перейдите к заданию следующего параметра. Для этого нажмите кнопку  $\text{Ⓟ}$ .

5.6. На мониторе отобразится надпись «**t305**», означающая, что задано время  $t_3 = 5\text{с}$ . При недогрузке (обрыве фазы) двигателя типа «**OL3**» его аварийное отключение должно происходить спустя время  $t_3 = 5\text{с}$ . При необходимости изменения времени  $t_3$  кнопкой  $\text{Ⓢ}$  вызовите мигание нужного разряда на мониторе и кнопкой  $\text{Ⓣ}$  установите требуемую цифру (от 0 до 9). Установленное число (от 0 до 99) запишите в память монитора и перейдите к заданию следующего параметра. Для этого нажмите кнопку  $\text{Ⓟ}$ .

6. Вернитесь в **основное меню**. Для этого нажмите кнопку  $\text{Ⓜ}$ . На мониторе блока должна отобразиться надпись «**A.000**».

### 3. Программа работы

#### 3.1. Исследование схем управления асинхронным двигателем с помощью кнопочного поста и блока управления и защиты без обеспечения реверса (рис. 3.6) и с обеспечением реверса (рис. 3.7)

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

2. Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания.

3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, указанную преподавателем.

4. Включите трехфазный источник питания. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

5. Включите выключатель QF1.

6. Включите выключатель SF1. На мониторе блока управления высветится надпись «**A.000**», означающая увеличенное в 100 раз текущее (равно нулю) значение тока в фазе «А» двигателя М1, а также загорится светодиод около надписи «**СТОП**».

7. Убедитесь, что в блоке управления заданы следующие значения параметров управления асинхронного двигателя: токи  $I_1 = 0,42\text{А}$ ,  $I_2 = 50\%$ ,  $I_3 = 70\%$  и времена  $t_0 = 10\text{с}$ ,  $t_1 = 3\text{с}$ ,  $t_2 = 5\text{с}$ ,  $t_3 = 5\text{с}$ . Если это не так, то восстановите их или задайте свои желаемые значения этих параметров. (Порядок задания параметров приведен в разделе «Программирование блока токовой защиты асинхронного двигателя настоящего руководства».)

8. Нажмите и отпустите кнопку « $\text{Ⓢ}$ » на мониторе тока двигателя. Загорится светодиод около надписи «**ВПЕРЕД**».

9. Нажмите и отпустите кнопку « $\text{Ⓟ}$ » на мониторе блока управления и защиты. Произойдет прямой пуск двигателя М1. Стрелки вольтметра и

амперметра укажут напряжение и ток двигателя М1. На мониторе блока высветится увеличенное в 100 раз текущее значение тока двигателя М1 в выбранной фазе. Для наблюдения значения тока в другой фазе нажмите и отпустите кнопку «».

10. Установите сопротивление реостата, например, 60 Ом.

11. Имитируйте перегрузку двигателя М1 нажатием и удержанием более 10с кнопки SB1 поста управления. В результате двигатель М2 будет тормозить двигатель М1, перегружая последний, и через заданное в блоке время  $t_2 = 5$ с произойдет аварийное отключение двигателя М1 от электрической сети. Об этом будет сигнализировать надпись «**OL2**», которая должна появиться на мониторе тока двигателя.

12. Нажмите и отпустите кнопку  блока. Вновь осуществите прямой пуск двигателя М1.

13. Сымитируйте, например, обрыв фазы А двигателя М1 выниманием проводника из соответствующего гнезда на его терминальной панели. В результате возрастет ток в двух других фазах двигателя М1 и через заданное в блоке время  $t_3 = 5$ с произойдет аварийное отключение двигателя М1 от электрической сети. Об этом будет сигнализировать надпись «**OL3**», которая должна появиться на блоке управления и защиты.

14. Нажмите на кнопку  блока.

15. Вновь осуществите прямой пуск двигателя М1.

16. Для схемы рис. 4, добейтесь загорания светодиода около надписи «**НАЗАД**», нажимая кнопку «» на мониторе тока двигателя.

17. Нажмите и отпустите кнопку «» на блоке управления и защиты. Двигатель М1 должен отключиться от сети и через время  $t_0 = 10$ с должен произойти его прямой пуск обратном направлении.

18. Нажимая кнопку «» добейтесь загорания светодиода около надписи «**СТОП**».

19. Осуществите останов двигателя М1 нажатием на кнопку «» блока.

20. По завершении эксперимента отключите трехфазный источник питания нажатием на кнопку «красный гриб».

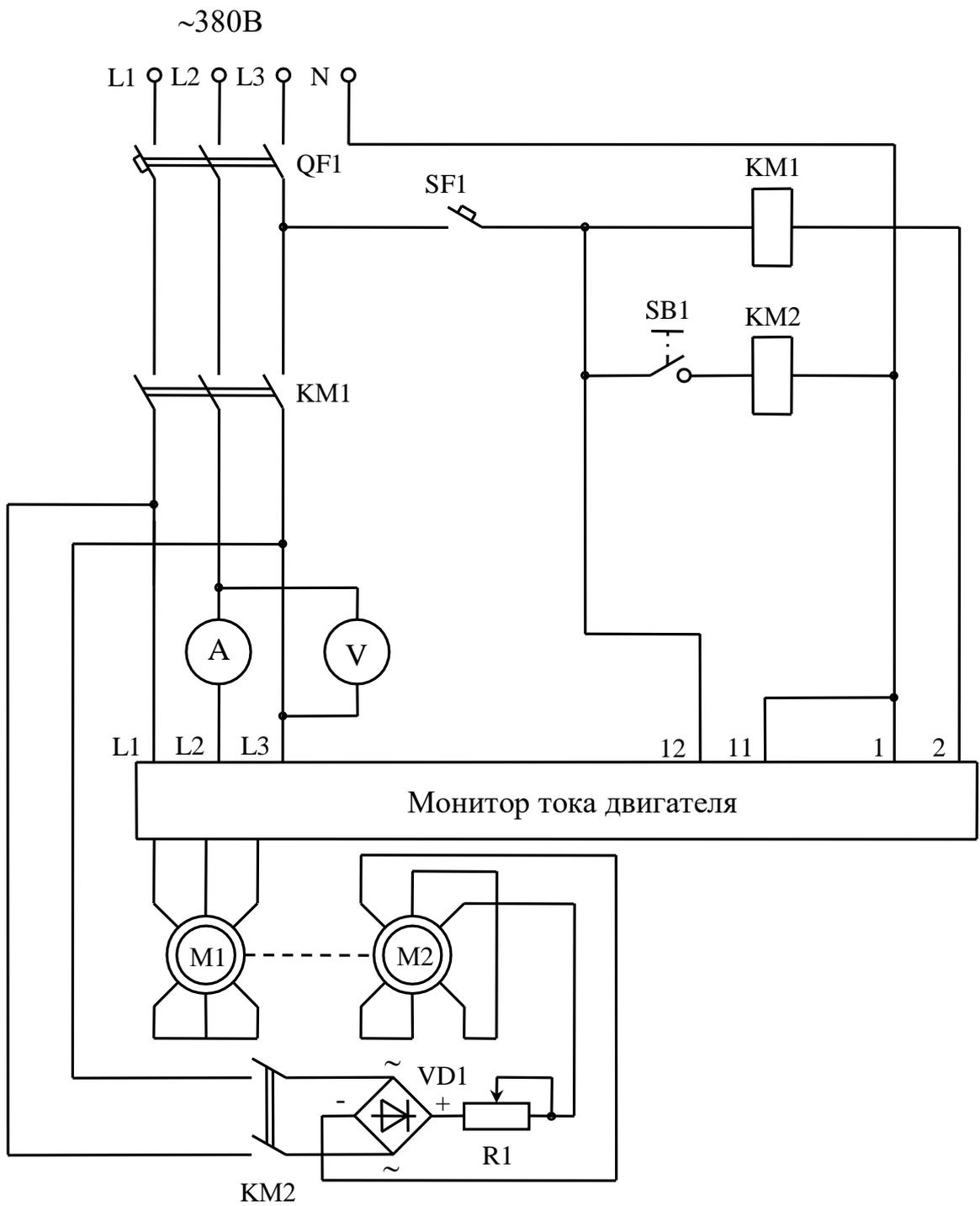


Рис.3.6. Схема управления асинхронным двигателем с помощью блока управления и защиты без обеспечения реверса.

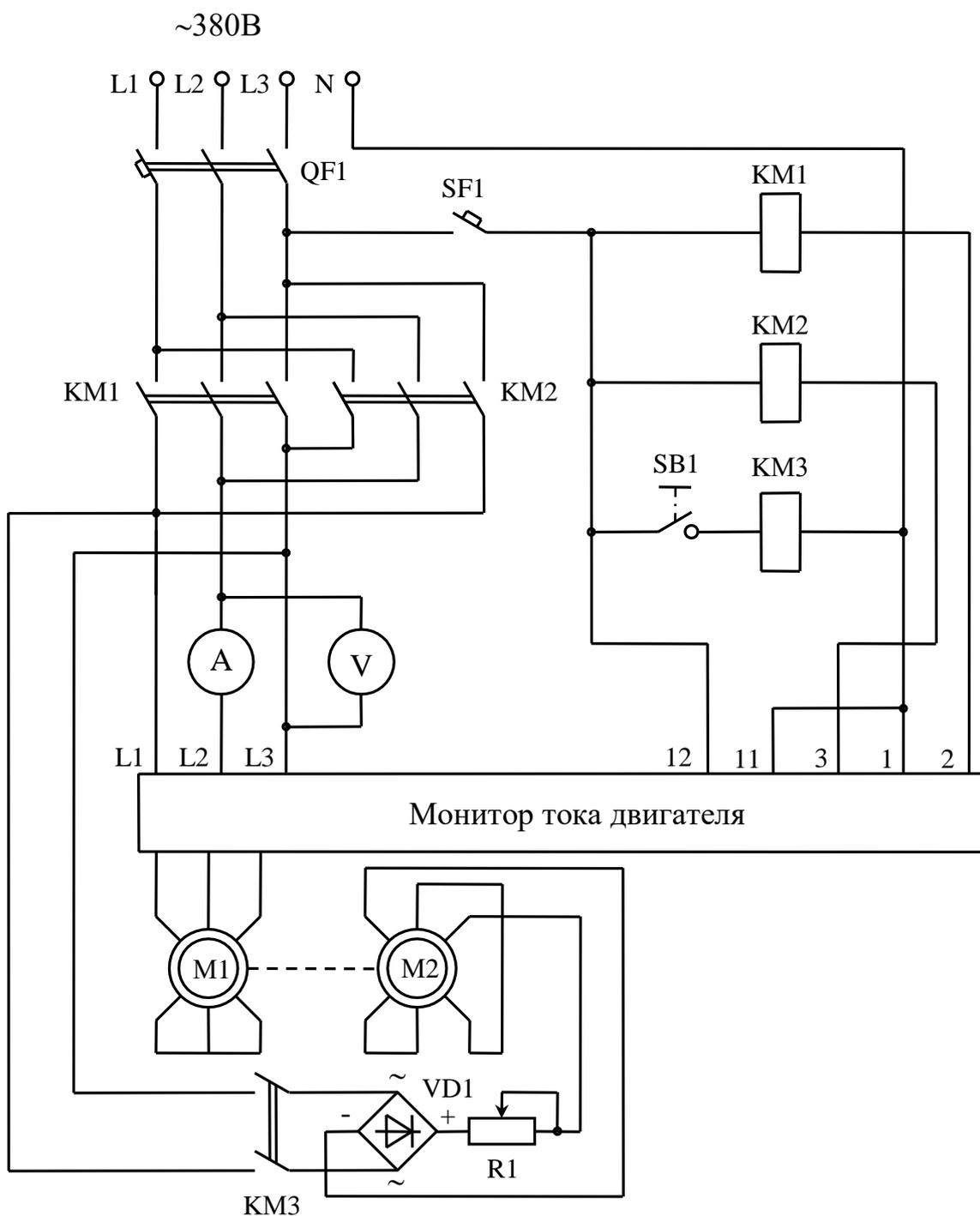


Рис.3.7 Схема управления асинхронным двигателем с помощью блока управления и защиты с обеспечения реверса.

### 3.2. Исследование схем управления асинхронным двигателем с помощью кнопочного поста и блока управления и защиты без обеспечения реверса (рис. 3.8) и с обеспечением реверса (рис. 3.9)

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» трехфазного источника питания.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, указанную преподавателем.
4. Включите трехфазный источник питания. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
5. Включите выключатель QF1.
6. Включите выключатель SF1. В результате загорится зеленая лампа, а на мониторе блока управления высветится надпись «**A.000**», означающая увеличенное в 100 раз текущее (равно нулю) значение тока в фазе «А» двигателя М1.
7. Убедитесь, что в блоке управления заданы следующие значения параметров управления асинхронного двигателя: токи  $I_1 = 0,42\text{А}$ ,  $I_2 = 50\%$ ,  $I_3 = 70\%$  и времена  $t_0 = 10\text{с}$ ,  $t_1 = 3\text{с}$ ,  $t_2 = 5\text{с}$ ,  $t_3 = 5\text{с}$ . Если это не так, то восстановите их или задайте свои желаемые значения этих параметров. (Порядок задания параметров приведен в разделе «Программирование блока токовой защиты асинхронного двигателя настоящего руководства).
8. Нажмите и удерживайте не менее 2с кнопку SB1.1. В результате произойдет прямой пуск двигателя М1, о чем будет сигнализировать загоревшаяся красная лампа. Стрелки вольтметра V и амперметра А укажут напряжение и ток двигателя М1. Зеленая лампа погаснет. На мониторе блока высветится увеличенное в 100 раз текущее значение тока двигателя М1 в выбранной фазе. Для наблюдения значения тока в другой фазе нажмите и отпустите кнопку .
9. Установите сопротивление реостата R1, например, 60 Ом.
10. Имитируйте перегрузку двигателя М1 нажатием и удержанием более 10 с кнопки SB3. В результате двигатель М2 будет тормозить двигатель М1, перегружая последний, и через заданное в блоке защиты и управления время  $t_2 = 5\text{с}$  произойдет аварийное отключение двигателя М1 от электрической сети. Об этом будет сигнализировать надпись «**OL2**», которая должна появиться на мониторе блока защиты.
11. Нажмите и отпустите кнопку  монитора тока двигателя.
12. Вновь осуществите прямой пуск двигателя М1 нажатием на кнопку SB1.1.
13. Сымитируйте, например, обрыв фазы С двигателя М1 выниманием проводника из соответствующего гнезда на его терминальной панели. В результате возрастет ток в двух других фазах двигателя М1 и через заданное в блоке защиты время  $t_3 = 5\text{с}$  произойдет аварийное отключение двигателя М1

от электрической сети. Об этом будет сигнализировать надпись «**OL3**», которая должна появиться на мониторе тока двигателя.

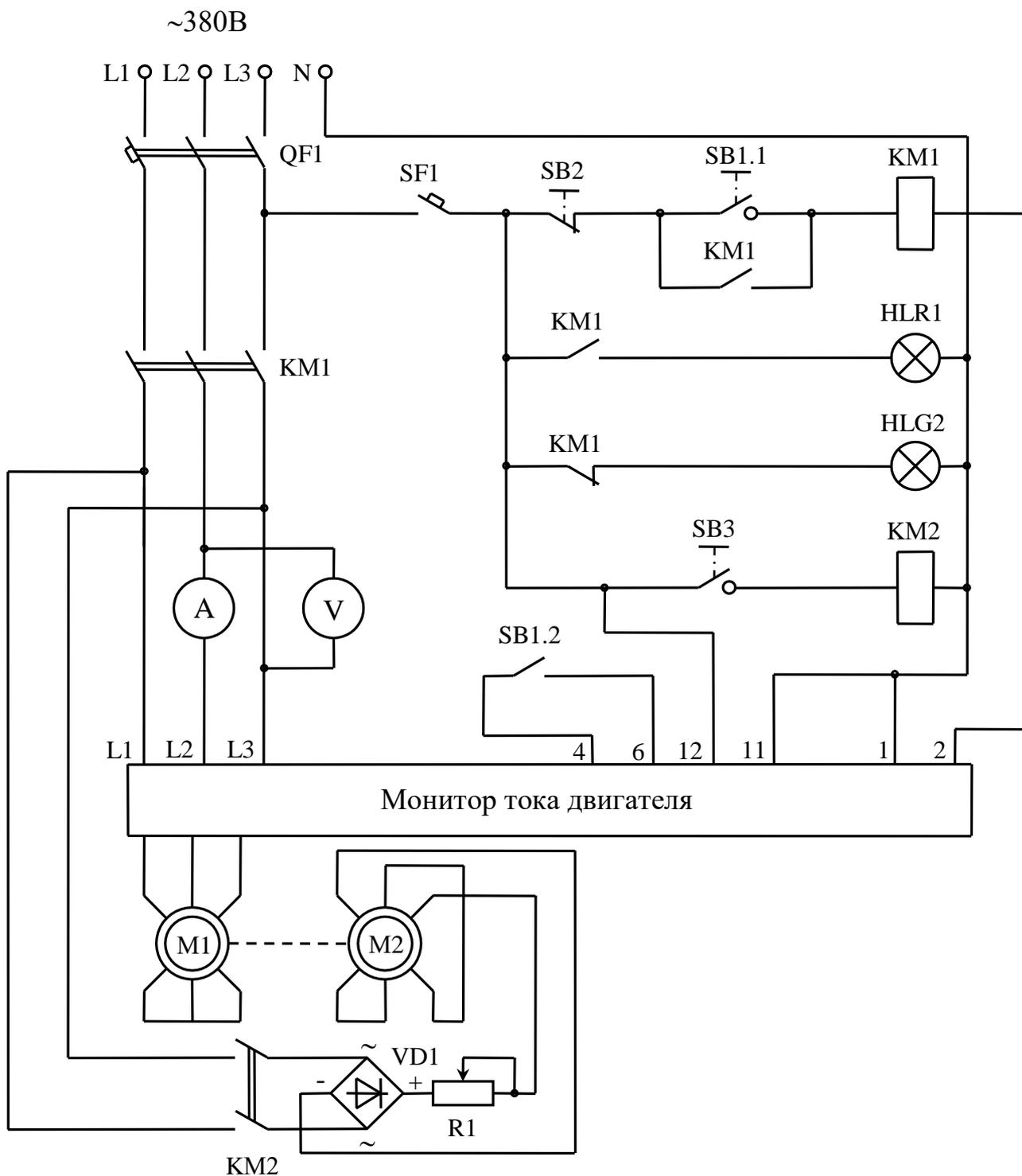


Рис.3.8. Схема управления асинхронным двигателем с помощью кнопочного поста и блока управления и защиты без обеспечения реверса.

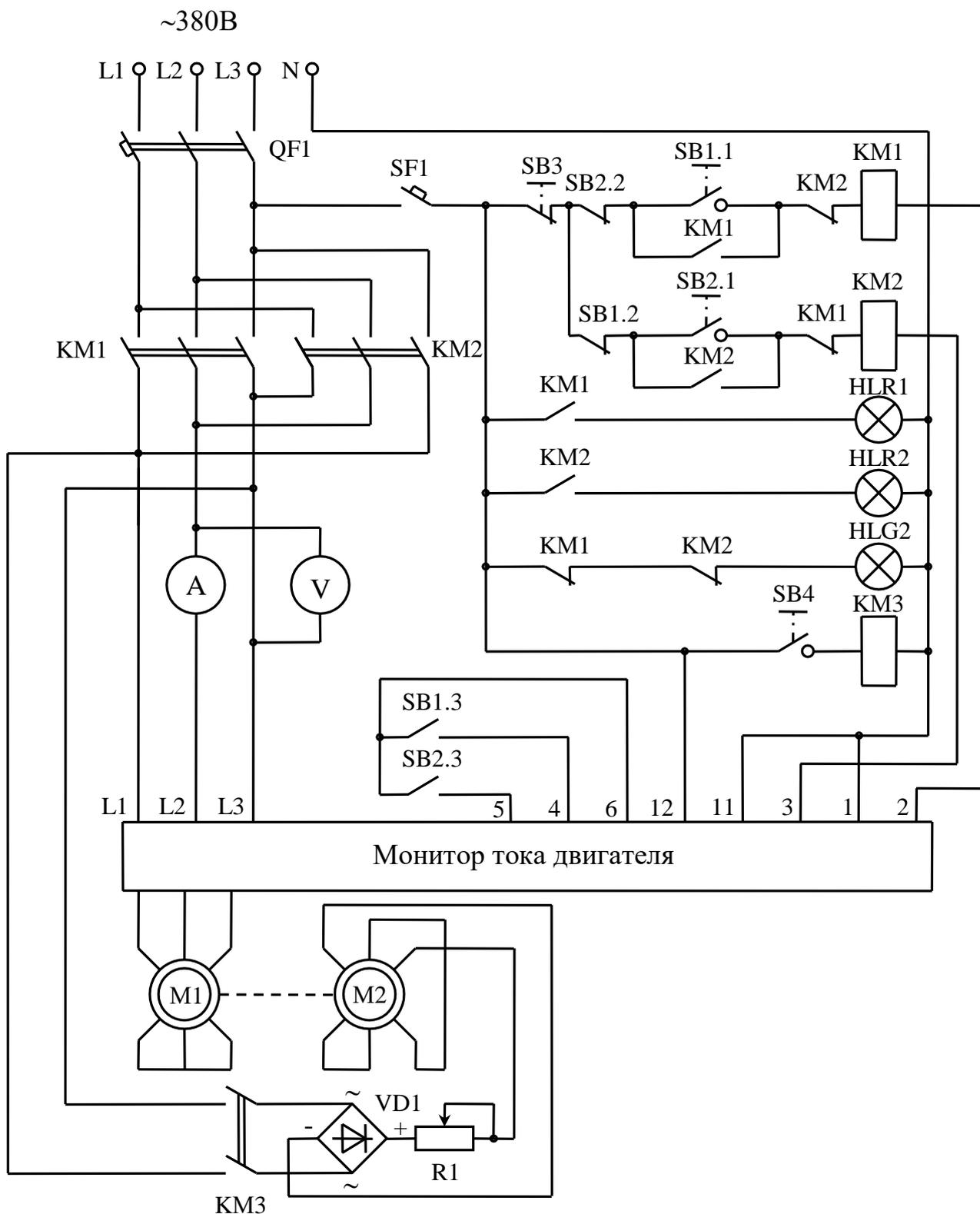


Рис.3.9. Схема управления асинхронным двигателем с помощью кнопочного поста и блока управления и защиты с обеспечения реверса.

14. Нажмите на кнопку  монитора тока двигателя.

15. Вновь осуществите прямой пуск двигателя М1. В схеме рис.2.7 дважды с интервалом времени не менее  $t_0 = 10\text{с}$  нажмите на кнопку SB2.1. Двигатель М1 должен отключиться от сети, а затем запуститься с противоположным направлением вращения. О произошедшем реверсе будет сигнализировать загоревшаяся нижняя красная лампа.

16. Осуществите останов двигателя М1 нажатием на кнопку SB2.

17. По завершении эксперимента отключите трехфазный источник питания нажатием на кнопку «красный гриб».

## **5. Содержание отчета**

5.1. Цель работы.

5.2. Краткие теоретические сведения.

5.3. Схемы управления асинхронным двигателем.

5.4. Описания принципа работы электрических схем.

## **6. Контрольные вопросы**

6.1. Назначение блока управления и защиты.

6.2. Состав монитора тока двигателя.

6.3. Функции которые выполняет монитор тока двигателя.

6.4. Программирование блока управления и защиты.

6.5. Работа электрической схемы управления АД с помощью блока управления и защиты (по указанию преподавателя).

## **7. Список литературы**

7.1. Каргапольцев В.П., Симахин И.Я. Автоматизированная система защиты и диагностики парка электродвигателей промышленного предприятия.

7.2. Каргапольцев В.П., Симахин И.Я. Энергосбережение с применением защитного мониторинга электродвигателей.

7.3. <http://www.energis.ru/>