

## **Пример 22. Недопустимость использования самодельных нагревательных установок.**

Теплообменник, рассмотренный в примере 21, представляет собой разновидность самодельных электропечей, к сожалению, широко распространенных в проходных предприятиях, бытовых и складских, а также в других производственных помещениях. Пользование такими электропечами практически неизбежно приводит к электротравмам, причем 67,2 % травм на электропечах получают не электрики. - - - - -

Совместное применение технологических переходов «Визуальный контроль» и «Сравнение» эффективно не только при отыскании дефектов в реальных объектах, но и при изучении документации для оценки реальности принятого схемного решения, нахождения ошибок в схемах, анализе схем перед поиском дефекта, когда изучаемую схему сопоставляют со словесным описанием ее работы, данным в документации или известным из опыта.

**Задача 7.** Дефект в системе непосредственного пуска асинхронного двигателя (рис. 20) проявляется в том, что при нажатии на кнопку S1 двигатель запускается, но при отпускании кнопки электродвигатель останавливается.

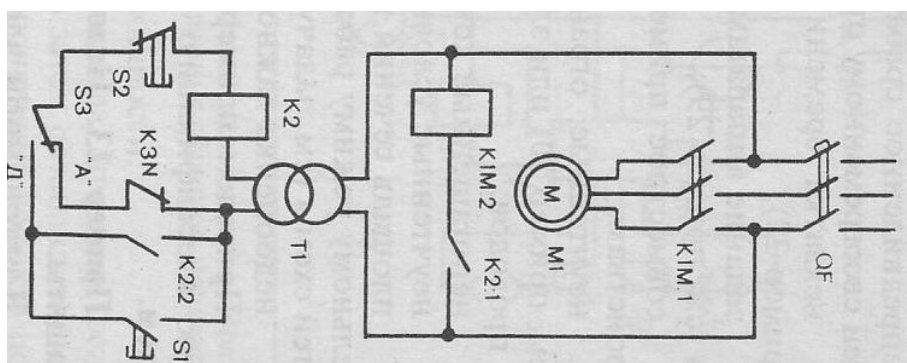


Рис. 20 Система управления асинхронным электродвигателем

Сравнить описание работы неисправной схемы с Вашим представлением о правильной работе схемы и указать возможные причины дефекта.

До сих пор анализировались схемы, которые до возникновения в них дефекта работали правильно. Однако дефект определяют и в таких объектах, которые еще не работали или не находились в исправном работоспособном состоянии. Такая ситуация характерна для периода настройки релейно-контакторных схем. Если при отыскании дефекта в ранее работавших схемах было необходимо выявить причину или установить местонахождение дефекта, то для настраиваемых схем при их анализе нужно учитывать возможность нереального схемного решения, в результате которого и появился дефект.

Для оценки реальности того или иного схемного решения необходимо знать, что основными причинами появления неработоспособных схем являются [11]:

- недостаток энергии для срабатывания аппарата (см. пример 23);
- «проникновение» в схему избыточной энергии, вызывающей непредвиденное срабатывание (см. пример 24) или препятствующей своевременному отпусканию аппарата (см. задачу 8 и пример 26);
- нехватка времени для совершения заданных действий (см. пример 28);
- задание аппаратам уставки, которая не может быть достигнута (см. пример 29);
- совместное применение аппаратов, резко отличающихся по свойствам;
- неучтенные ограничения по коммутационной способности (см. пример 30) или электрической прочности изоляции аппаратов и проводов;
- непогашенные коммутационные перенапряжения;
- неучтенные условия эксплуатации;
- выбор площади сечения кабелей и проводов только по длительному режиму работы (см. пример 31) или без учета особенностей схемы (см. задачу 9);
- недооценка важности системы питания (см. пример 29 и 32).

Приведем примеры схемных ошибок, иллюстрирующих данную классификацию и задачи на анализ релейно-контакторных схем.

### **Пример 23. Недостаток энергии для срабатывания аппарата защиты.**

В автономной электростанции для защиты генераторного агрегата (ГА) от работы в режиме «обратной» мощности, когда он, работая в режиме двигателя, потребляет энергию от параллельно работающего с ним генератора, установлено реле обратной мощности  $K1M$  типа ИМ-149 (рис. 21), включенное через измерительный трансформатор тока  $T1$  с коэффициентом трансформации:

$$k_T = 6000/5 = 1,2 \cdot 10^3$$

Эта защита по своему принципу действия не может предотвратить переход генератора в режим «обратной» мощности, а только ограничивает продолжительность работы в этом режиме временем, определяемым уставкой реле по времени.

Конструкция реле допускает ступенчатое изменение уставки срабатывания по мощности путем установки вилки-перемычки  $E1$  в одно из разрезных гнезд, соответствующих уставкам 6,4; 10 или 12 % номинальной мощности генератора.

Уставка реле по времени срабатывания не регулируется.

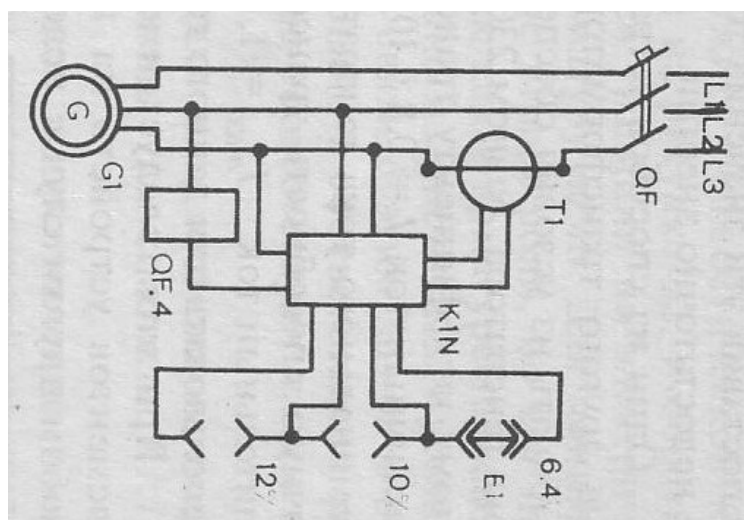


Рис. 21. Схема защиты генератора от работы в режиме обратной мощности

Хотя формально схемное решение не имеет ошибок, реле обратной мощности после перехода ГА в двигательный режим не срабатывает даже в том случае, когда переключатель *E1* установлена в гнездо 6,4 %.

Для получения дополнительной информации о дефекте применим технологический переход «Визуальный контроль» и осмотрим реле, обратив особое внимание на работу его подвижной части (диска, на оси которого закреплен подвижный контакт), после перехода ГА в двигательный режим.

Для того чтобы обеспечить переход ГА в двигательный режим, необходимо, воздействуя на рукоятку управления серводвигателем изменения частоты вращения, уменьшать подачу энергоносителя в первичный двигатель (данная методика проверки реле обратной мощности установлена в стандарте РД5.6053-91) и одновременно наблюдать за подвижной частью реле обратной мощности.

Выполненная таким образом проверка показала, что диск реле сначала поворачивается на некоторый угол, но затем останавливается и контакт реле остается разомкнутым. Такое проявление дефекта показывает, что ко входу реле подводится энергия, недостаточная для его срабатывания.

Чтобы убедиться в правильности выдвинутого предположения, произведем некоторые вычисления.

Для срабатывания реле при  $U_{ГА} = U_{НОМ}$  необходимо, чтобы через его токовую обмотку протекал ток:

$$I_{срб} = k \cdot i_{уст} \cdot I_{ном},$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий возможность регулировки уставки срабатывания на каждой ступени ( $k_{min}=0,9$ ;  $k_{max}=1,1$ );

$i_{уст}$  – значение тока срабатывания (уставка) реле, задаваемое положением переключки  $E1$  в гнездах переключателя уставки;  
 $I_{ном}$  – номинальный ток обмотки реле.

В данном примере  $k=0,9$ ,  $i_{уст}=0,064$ ,  $I_{ном}=5$  А, поэтому ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет равен:

$$I_G = 0,9 \cdot 0,064 \cdot 5 = 0,288 \text{ А}$$

Так как реле  $K1$  включено через трансформатор тока  $T1$  с коэффициентом трансформации  $k_I=1,2 \cdot 10^3$ , то в статорной обмотке генератора должен протекать ток:

$$I_G = 1,2 \cdot 10^3 \cdot 0,288 = 346 \text{ А}$$

Измерение тока статора в этом режиме показало, что он равен 230 А. Сопоставив эти два значения тока, заключаем, что для срабатывания реле недостаточно энергии. - - - - -

Один из способов устранения этой схемной ошибки - применение другого трансформатора тока, коэффициент которого следует выбирать из условия обеспечения надежного срабатывания реле при токе генератора, равном 230 А, то есть:

$$k_I = I_G / I_{сраб} = 230 / 0,288 = 0,8 \cdot 10^3$$

Этому коэффициенту трансформации при  $I_{ном}=5$  А соответствует первичный ток  $I = 0,8 \cdot 10^3 \cdot 5 = 4000$  А.

Это значение меньше номинального тока генератора  $I_{номГ}$ , равного 4200 А.

В связи с тем, что через первичную обмотку трансформатора тока допускается длительное протекание тока

$$I_{max} = 1,1 \cdot I_{ном Г} = 1,1 \cdot 4000 = 4400 \text{ А},$$

такой трансформатор можно использовать в схеме защиты данного генератора.

При этом следует иметь в виду, что **самостоятельная замена** элементов устройств на непредусмотренные схемой в этом и в любом другом случае **недопустима**. Для замены элемента необходимо получить разрешение проектанта схемы или, как в рассмотренном примере, завода-изготовителя трансформатора на использование его в таком режиме.

#### **Пример 24. Непредвиденное срабатывание аппарата из-за «проникновения избыточной энергии».**

Пускатель  $K1$  соединен со щитом питания  $Z1$  пятижильным кабелем  $E1$  (рис. 22). Две жилы этого кабеля использованы для передачи информации о работе пускателя на щит, а остальные три подают питание в главную цепь пускателя  $K1$  на зажимы  $L1$ ,  $L2$ ,  $L3$ .

При разработке схемы предполагалось, что после включения пускателя  $K1$  кнопкой, расположенной в кнопочном посту  $S$ , на щите  $Z1$  должна загореться лампа  $H1$ . Проверка схемы в работе показала, что

своего назначения она не может выполнить, так как лампа *H1* загорается сразу, после подачи питания на щит *Z1*, даже при неработающем пускателе *KI*.

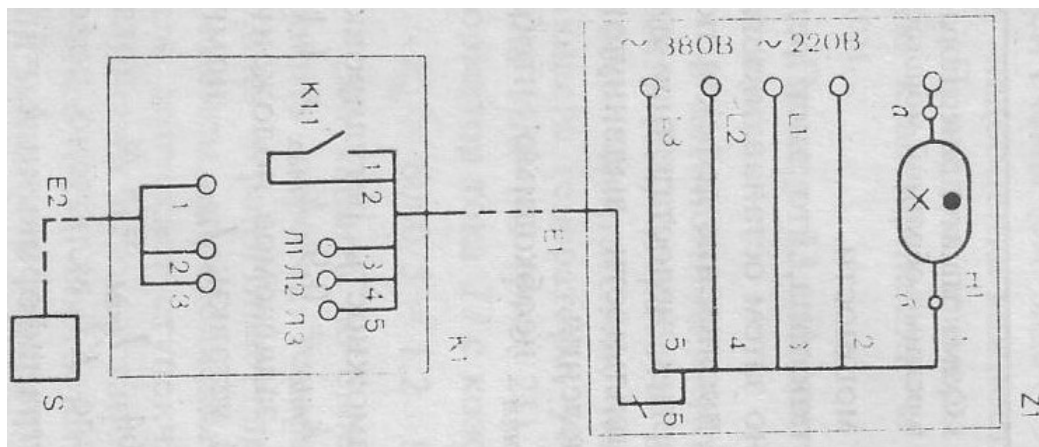


Рис. 22 Фрагмент схемы соединения пускателя со щитом

Прежде чем выдвигать гипотезы о причине дефекта, нарисуем эквивалентную схему, которая будет служить диагностической моделью для исходной схемы, показанной на рис. 22, и обратим внимание на то, что по установившейся традиции на электрических схемах не рисуют патроны или арматуру ламп.

Для понимания принципа работы эта условность не играет роли, но вот при поиске дефекта о ней надо помнить, так как в арматуре газосветных ламп (а именно такая лампа показана на рис. 22) устанавливают дополнительные резисторы. В связи с этим лампа в эквивалентной схеме должна быть нарисована в соответствии с рис. 23, а.

Точки *a* и *б* на этой схеме соответствуют таким же точкам на схеме рис. 22.

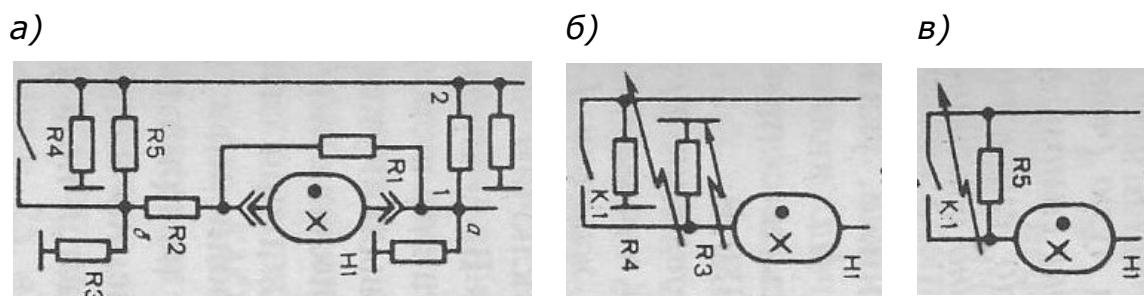


Рис. 23 Эквивалентные схемы:

*а* – лампы с патроном, *б* – цепей сигнализации,  
*в, г* – образования ложных цепей

Эквивалентную схему составим не для всех элементов, показанных на рис. 22, а только для лампы *H1*, контакта *K1:1* и жил 1,2 кабеля *E1*. В эквивалентной схеме учтем сопротивление и емкость изоляции между жилами кабеля и между каждой из жил и

корпусом (землей). Сопротивлением и емкостью изоляции между жилами со стороны сети можно пренебречь, так как внутреннее сопротивление источников, шунтирующее их, много меньше. В результате реализации сказанного получим эквивалентную схему, показанную на рисунке 23. б. На основании этой схемы можно выдвинуть следующую гипотезу о причине дефекта:

- снижение сопротивления изоляции жил 1,2 кабеля *E1*, подключенных к контакту *K:1*, что приводит к его шунтированию сопротивлением (см. рис. 23, б):

$$R = R3 + R4$$

Однако вероятность возникновения одновременного повреждения изоляции двух жил невелика и поэтому, если искать причину дефекта непосредственно в цепи питания лампы постоянным напряжением, то логичнее предположить существование одного дефекта, причина которого - уменьшение сопротивления изоляции *R5* между жилами 1,2, соединяющими контакт *K1* с лампой *H1* и источником (см. рис. 23, в).

Хотя обе гипотезы не лишены оснований, но в данном примере они не представляют интереса в силу их тривиальности. Тем не менее проверим их, для чего сначала отключим постоянное напряжение 220 В, оставив включенным  $\sim 380$  В. а затем отключим  $\sim 380$  В, а постоянное напряжение 220 В оставим включенным. Что следует ожидать от такой проверки?

Если выдвинутая гипотеза о шунтировании контакта *K1* верна, то при отключении постоянного напряжения 220 В лампа должна погаснуть, а при отключении напряжения  $\sim 380$  В - продолжать гореть.

Выполненные указанным образом проверки показали, что лампа гаснет не при отключении постоянного напряжения 220 В, но и при отключении напряжения  $\sim 380$  В.

Следовательно, причина дефекта заключается не в шунтировании контакта *K.1*.

Так как поиск этого дефекта будет рассмотрен ниже, укажем здесь только то, что причиной свечения лампы *H1* является «проникновение избыточной энергии» через емкость и сопротивление изоляции между жилами кабеля *E1* из сети  $\sim 380$  В. В настоящее время для предотвращения свечения ламп в таких случаях применяют устройство защиты от наводок УЗН-50 (рис. 4).

а)



б)



Рис. 24 Схема подключения (а) и внешний вид (б) устройства защиты от наводок<sup>1</sup>

<sup>1</sup> См. <http://www.kaskad-electro.ru>

**Задача 8** [10]. На рис. 25 приведена схема управления тремя реле  $K1-K3$  с помощью кнопок  $S1-S3$ . Расстояние между реле и кнопками велико - сотни метров.

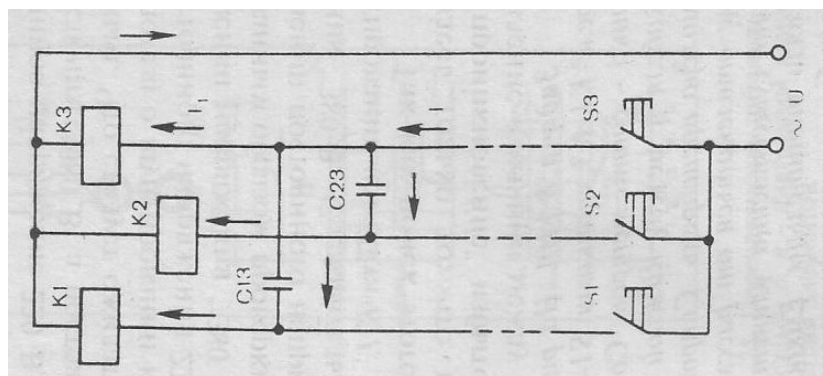


Рис. 25 Схема дистанционного управления реле

Сопротивление изоляции между жилами 1-4 кабеля и между каждой жилой и землей настолько велико, что им можно пренебречь. Сопротивление жил примем близким нулю (чтобы не отвлекаться от рассматриваемого вопроса), хотя на самом деле оно может существенно влиять на результаты расчетов. Но емкостные связи между жилами кабелей значительны.

На рис. 25 ёмкость между жилами 1 и 3 условно обозначена как  $C_{13}$  а между жилами 2, 3 как  $C_{23}$ . В рассматриваемом случае контакт кнопки  $S3$  замкнут и ток  $I_1$  протекает только через обмотку реле  $K3$ , как и задумано проектировщиком. Контакты кнопок  $S1$  и  $S2$  разомкнуты.

Требуется ответить на вопросы:

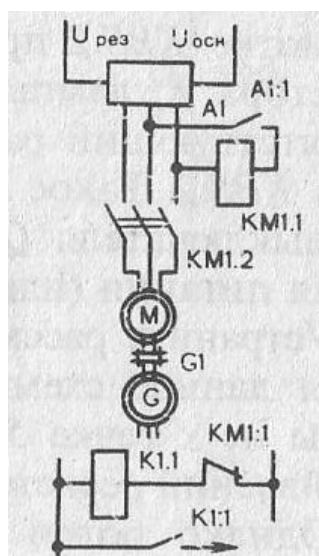
1. При каком условии реле  $K1$  ( $K2$ ) может сработать при разомкнутых контактах кнопок  $S1$  или  $S2$  («ложное» срабатывание)?
2. Может ли якорь сработавшего реле остаться из-за наличия емкостных токов притянутым после размыкания контакта соответствующей кнопки (как принято говорить - «залипнуть»)?

### **Пример 26. Несвоевременное отпускание аппарата.**

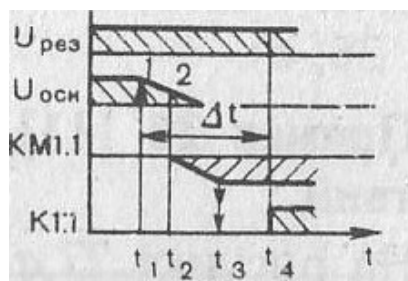
Вращающийся преобразователь  $G1$  мощностью 20 кВт подключен к сети через автоматический переключатель питания  $A1$  (рис. 26).

Сигнал на переключение питания формируется вспомогательным реле времени  $K1$ , включаемым размыкающим контактом  $KM1:1$  контактора  $KM1$ , через некоторый промежуток времени  $\Delta t = t_4 - t_1$  после исчезновения напряжения (рис. 26, б). В связи с тем, что двигатель вращающегося преобразователя, отключенный от сети, начинает работать в генераторном режиме, то напряжение на катушке контакта реле  $KM1$  сохраняется еще в течение времени  $t_{зад}$  и переключение на резервное питание происходит не через время  $\Delta t$ , а через время  $\Delta t = (t_4 - t_1) + t_{зад}$  (см. рис. 25, в).

а)



б)



в)

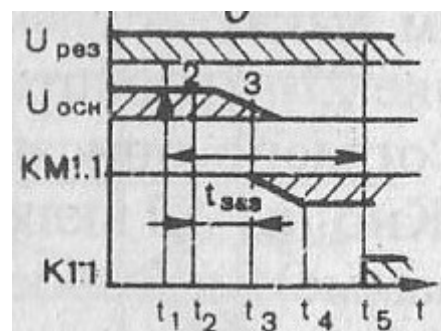


Рис. 26 Переключатель питания:

а – схема, б, в – диаграммы взаимодействия элементов

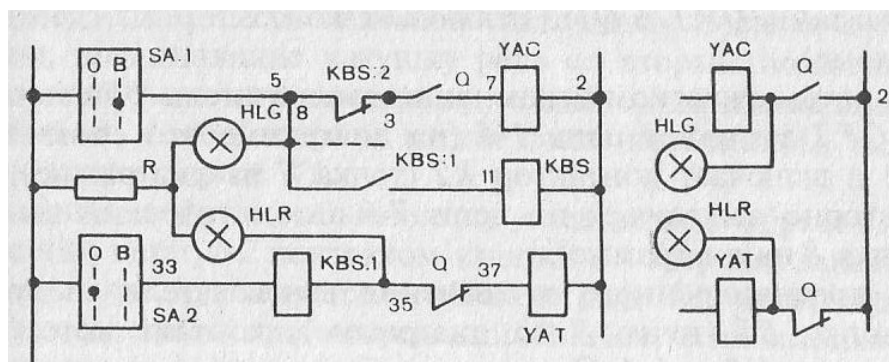
Так как продолжительность вращения отключенного от сети преобразователя зависит от нагрузки, подключенной к его генератору, то промежуток времени  $t_{зад}$  может быть разный. Наибольшее его значение соответствует холостому ходу.

«Лишняя» энергия может проникать и в результате образования «ложных» цепей, не предусмотренных или неучтенных при проектировании релейно-контакторной схемы.

### **Пример 27<sup>2</sup>. Образование ложной цепи.**

На рис. 26, а показан фрагмент схемы управления автоматическим выключателем, касающийся включающего YAC и отключающего YAT

а)



б)

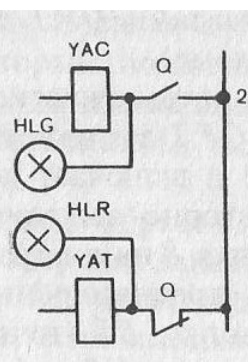


Рис. 27. Фрагмент схемы управления выключателем:

а – исходный, б – с исправлениями

<sup>2</sup> Мусаэлян Э.С. Наладка и испытания электрооборудования электростанций и подстанций. М: Энергоатомиздат, 1986.



электромагнитов.

Схема работает следующим образом. При отключении выключателя  $Q$  (цепь между точками 35, 37 замкнута) после поворачивания рукоятки ключа  $SA$  в положении «Отключить» срабатывает реле  $KBS$  от тока, протекающего в рабочей обмотке  $KBS.1$  и замыкает контакт  $KBS.1$  в цепи удерживающей катушки  $KBS.2$ .

Одновременно размыкается контакт  $KBS.2$ , предотвращающий подачу питания на включающую катушку  $YAC$ . Вследствие замыкания цепи 1,33 контактом ключа  $SA$  питание поступает и на отключающую катушку  $YAT$ .

О состоянии выключателя «Отключено» - «Включено» сигнализируют лампы  $HLG$ ,  $HLR$ .

После отключения выключателя  $Q$  и возвращении ключа  $SA$  в исходное положение питание с обмотки  $KBS.1$  снимается, однако в обмотке  $KBS.2$  при определенном соотношении сопротивлений резистора  $R$ , лампы  $HLG$  и катушки  $KBS.2$  может протекать ток, препятствующий размыканию контакта  $KBS.1$  и замыканию контакта  $KBS.2$ .

Такое состояние схемы делает невозможным включение выключателя  $Q$  и может быть изменено отключением напряжения питания (или по-другому - *оперативного тока*).

Устранить рассмотренную ложную цепь, принципиально не изменяя данное схемное решение, можно подключив второй вывод лампы не к точке 5, а к точке 3, или же изменив соотношение сопротивлений резистора  $R$ , лампы  $HLG$  и катушки  $KBS.2$  (рис. 27, а).

Однако более целесообразный способ исправления данной схемной ошибки - изменение цепей включения сигнальных ламп (рис. 27, б).

### **Пример 28 [11]. Нехватка времени для совершения заданных действий.**

На рисунке 28,а показан фрагмент схемы управления автоматическим выключателем  $QF$  с удерживающим электромагнитом  $Y$ , а на рисунке 27, б - диаграмма взаимодействия элементов этой схемы.

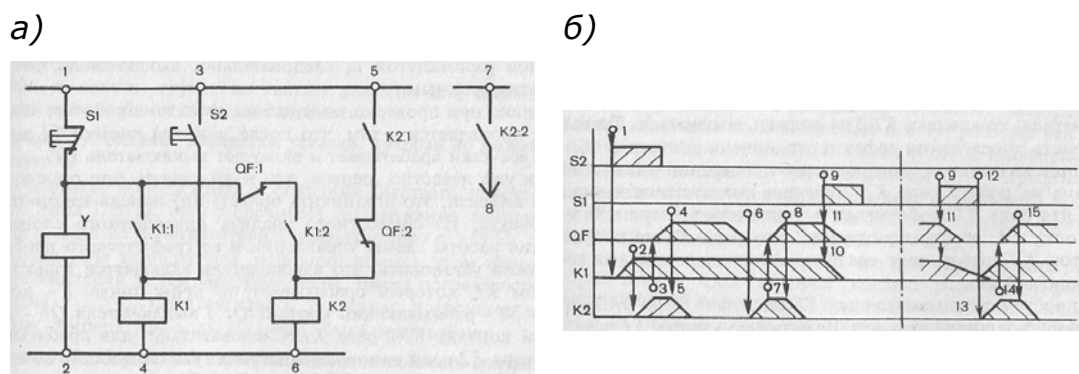


Рис. 28 Автоматический выключатель:

а- фрагмент схемы управления, б – диаграмма взаимодействия элементов

Согласно описанию, схема должна работать следующим образом. Кнопка *S2* включает реле *K1* (цепь 3-4 на схеме, точки 1-2 на диаграмме), которое включает контактор *K2* (цепь 1-6 на схеме, точка 3 на диаграмме) и, кроме этого, шунтирует кнопку *S2* (цепь 1-4 на схеме).

Контактор *K2* включает выключатель *QF* (цепь 7-8 на схеме, точка 4 на диаграмме), который своими вспомогательными контактами *QF.1* и *QF.2* отключает контактор *K2* (цепи 1-6 и 5-6 на схеме).

При автоматическом отключении выключатель *QF* своим контактом *QF.1* замыкает цепь 1-6 (на диаграмме это соответствует точке 6) и включает контактор *K2* (точка 7 на диаграмме), который повторно выключает по цепи 7-9 автоматический выключатель (точка 8 на диаграмме).

Для преднамеренного отключения выключателя следует нажать на кнопку *S1* (точка 9 на диаграмме), контакт которой разомкнет цепи 1-2 и 1-4. После этого быстродействующее реле *K1* отпустит и разомкнет свой контакт в цепи 1-6 (точка 10 на диаграмме), а затем (точка 11 на диаграмме) замкнется вспомогательный контакт *QF.2* выключателя *QF*, цепь катушки контактора *K2* останется разомкнутой и, следовательно, выключатель *QF* останется отключенным.

Однако при проверке выяснилось, что схема работает иначе, а дефект проявляется в том, что после нажатия кнопки *S1* контактор *K1* все-таки срабатывает и включает выключатель *QF*.

Как уже известно, первое, что надо сделать при определении любого дефекта, это ограничить область его поиска какой-то частью объекта. Из совместного анализа приведенного словесного описания работы схемы управления и ее графического изображения можно установить, что выключатель включается только контактором *K2*, который срабатывает по цепи:

«точка 1 - контакт кнопки *S1* - размыкающий контакт *QF.1* выключателя *QF* - замыкающий контакт *K1.2* реле *K1*».

Следовательно, для срабатывания контактора *K2* надо одновременно замкнуть следующие контакты:

- кнопки *S1*;
- выключателя *QF.1*;
- реле *K1.2*.

Если первые два условия являются нормальными для схемы при отключенном состоянии выключателя, то контакт *K1.2* не должен замыкаться. Таким образом область определения дефекта ограничена контактом *K1.2*.

Поэтому при визуальном контроле работы данной схемы обратим внимание на работу реле *K1*. Включив выключатель кнопкой *S2*, видим, что реле *K1* срабатывает и притягивает якорь. Затем, нажав на кнопку *S7*, обратим внимание, что реле *K1* не отпускает, а контактор *K2* срабатывает сразу после отключения выключателя *QF* и включает его.

Попробуем нажимать кнопку *S1* длительно. При этом увидим, что через 1,5-2 с непрерывного нажатия на кнопку *S1* реле *K1* отпускает. Если теперь отпустить кнопку *S1*, контактор *K2* не срабатывает.

Выполнение проверки позволяет выдвинуть предположение: что

- даже при нажатой кнопке  $S1$  катушка реле  $K1$  некоторое время получает питание от какого-то источника.

В связи с тем, что **все** цепи, соединяющие катушку реле со вторым полюсом питания разомкнуты и она соединена только с удерживающим электромагнитом, то он один и может быть источником, подпитывающим катушку реле  $K1$ .

Причина дефекта объясняется следующим образом. После размыкания цепи 1-2 контактом кнопки  $S1$  энергия, запасенная в электромагните, расходуется в обмотке реле  $K1$ , превращая его в реле с замедлением при отпускании. Значит, если кнопка  $S1$  нажата недолго (то есть если промежуток времени 9-12 меньше отрезка времени 9-13, в течение которого реле может отпустить), то реле не отпустит, а контактор  $K2$  сработает после отпускания кнопки  $S1$  (точка 14 на диаграмме) и ложно включит выключатель  $QF$  (точка 15 на диаграмме).

Итак, в данном случае не хватает времени для выполнения заданных действий - отключения автомата.

### **Пример 29. Задание аппаратам уставки, которая не может быть достигнута.**

По данным, приведенным в описании бытового подогревателя воды типа ПЭ-12, он обеспечивает поддержание температуры воды на выходе из подогревателя с погрешностью  $\pm 1,5^\circ \text{C}$ .

Однако реле температуры, использованное в этом подогревателе для контроля за температурой воды, имеет погрешность срабатывания  $\pm 2,5^\circ \text{C}$ .

Следовательно, указанная в описании погрешность поддержания температуры воды не может быть реализована.

### **Пример 30. Неучтенная коммутационная способность контактов.**

В электроприводе, работающем по системе генератор-двигатель, электродвигатели  $M1$  и  $M2$  включены последовательно и могут работать как одновременно, так и по одному (На рис. 29 цепи возбуждения генератора и двигателей не показаны).

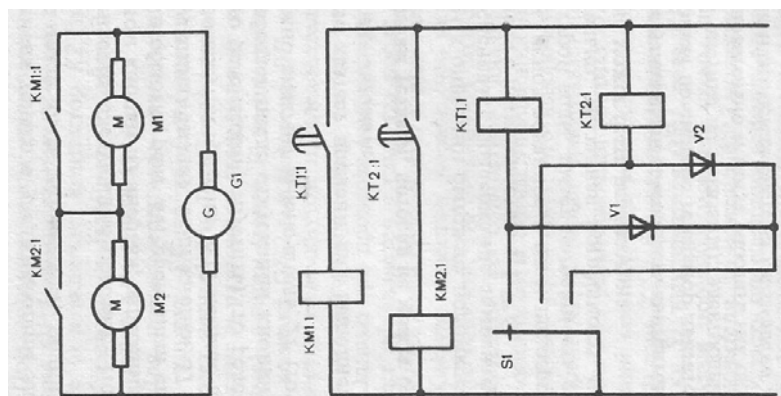


Рис. 29 Фрагмент схемы электропривода по системе «генератор – двигатель»

Такую схему соединения электрических машин называют системой **неизменного тока**.

Режим работы выбирается переключателем *S1*. Неработающий электродвигатель шунтируется контактом, рассчитанным на протекание номинального тока генератора.

Катушки контакторов *KM1* и *KM2* включаются контактами реле времени *KT1* и *KT2*.

Дефект в схеме проявился в том, что при опробовании работы контакторов *KM1* и *KM2* «выгорел» контакт реле *KT1*. Проверка электрических цепей подтвердила правильность сборки схемы, составленной на первый взгляд без ошибок.

Однако более подробный анализ параметров схемы показал, что поврежденный контакт реле *KT1* был рассчитан на коммутацию тока не более 1,5 А, а ток удержания катушки *KM1* равен 0,4 А. Таким образом, можно предположить, что контакт отказал еще до срабатывания контактора *KM1*.

Зная, что ток срабатывания контактора в начальный момент может значительно отличаться от установившегося значения (см. Пример 5), обратимся к документации контакторов *KM1* и *KM2*.

В документации написано, что катушка контактора секционирована (см. рис. 2), а ток срабатывания контактора равен 15 А, что значительно (более чем в 25 раз) превышает ток удержания (0,4 А).

Таким образом, причина дефекта - неправильный выбор реле *KT1* и *KT2*, без учета тока срабатывания контакторов *KM1* и *KM2*.

Практическим выводом из данного примера является необходимость проверки в схемах, содержащих секционированные катушки контакторов, перед включением их в работу, коммутационной способности контактов, включающих эти катушки.

### **Пример 31. Площадь сечения жил кабеля выбрана только по длительному режиму работы.**

На рис. 30, а показан фрагмент схемы системы управления электроподогревом масла.

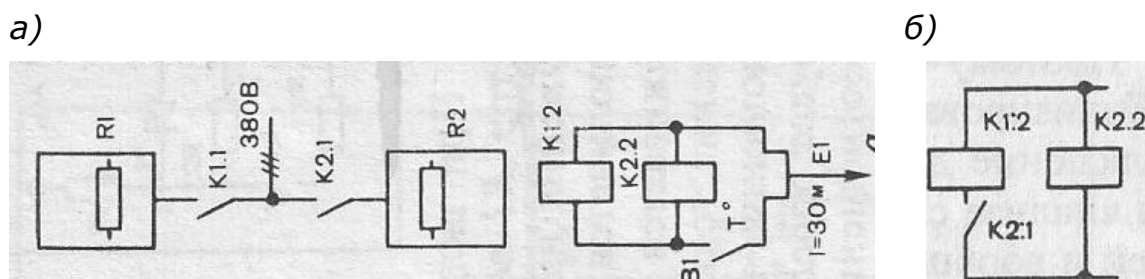


Рис. 30 Электроподогреватель масла:

а- фрагмент схемы, б- схема включения контакта в цепь катушки

Хотя формально электрическая схема составлена правильно, но при испытаниях система оказалась неработоспособной:

- при включении питания подвижные системы обоих контакторов

«застряли» и не замкнули контакты главной цепи.

Особенностью схемы является то, что кабель  $E1$ , соединяющий цепи катушек  $K1.2$  и  $K1.1$  с источником питания, имеет значительную длину ( $L > 30$  м), а по сигналу реле температуры  $B1$  одновременно включаются оба контактора.

В то же время катушка  $K1.2$  (аналогично и катушка  $K2.2$ ) примененного в схеме контактора серии КМ-2000 с цепью управления на постоянном токе, имеет секционированную обмотку (см. рис. 2), часть которой шунтируется собственными размыкающим контактором.

В зависимости от габарита контактора ток удержания, протекающий через две последовательно соединенные секции при разомкнутом контакте  $K1.3$ , равен 0,2-0,8 А, а ток включения, протекающий только через катушку  $K1.2-1$ , составляет от 8 до 15 А.

Т.к. ток срабатывания протекает всего-навсего в течение долей секунды, площадь сечения жил кабеля  $E1$  была выбрана по току удержания, соответствующему длительному режиму работы и по механической прочности жил (равна 1,0 мм<sup>2</sup>).

Однако попытка включить одновременно оба контактора, имеющих указанные выше токи включения, приводит к значительному падению напряжения на кабеле, площадь сечения жил которого рассчитана только по току удержания. А это в свою очередь уменьшает напряжение, подводимое к катушке, и препятствует включению контактора.

Если нет возможности проложить новый кабель, то исправить данный дефект можно, введя в цепь одной из катушек замыкающий контакт другого контактора. Такая мера исключит одновременное включение двух катушек, позволит уменьшить падение напряжения на кабеле, обеспечит работу схемы (рис. 30, б).

### **Пример 32 [9]. Недооценка важности системы питания.**

На рис. 31 представлена схема стабилизатора, к выходу которого подключена нагрузка, изображенная в виде резисторов  $R2$  и  $R3$ .

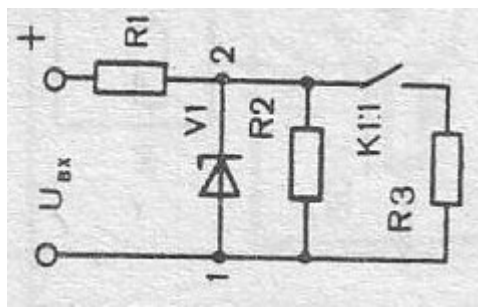


Рис. 31 Стабилизатор напряжения

Изменяемая часть нагрузки резистор  $R3$  подключен к стабилизатору контактом  $K1.1$ , а резистор  $R2$ , изображающий неизменную нагрузку, подключен постоянно.

При замкнутом контакте  $KL1$  напряжение  $U_{12}$  между точками 1,2 определяется напряжением стабилизации  $U_{ст}$  стабилитрона  $V1$ , но при условии, что сопротивление резистора  $R2$  не меньше некоторого значения.

В этом случае напряжение на резисторе  $R1$  будет равно разности между напряжением источника, питающего стабилизатор, и напряжением стабилизации, то есть:

$$U_{R1} = U_{BX} - U_{CT}.$$

При включении нагрузки  $R3$  контактом  $K1.1$  ток через резистор  $R1$  возрастает, соответственно возрастает и падение напряжения на нем, например до значения  $U^1_{R1}$ . Если при этом выполняется соотношение

$$U_{CT} = U_{ex} - U^1_{R1},$$

то на нагрузке поддерживается практически неизменное напряжение.

Если же увеличение тока нагрузки приводит к нарушению приведенного соотношения, то напряжение на нагрузке станет меньше требуемого и будет определяться не напряжением  $U_{CT}$  стабилизации диода  $V1$ , а соотношением сопротивлений:

- балластного резистора  $R1$ ;
- нагрузки  $R3$ .

Поэтому при анализе работы схем с переменной нагрузкой на стабилизированные источники необходимо обращать внимание на соблюдение допустимых значений нагрузки. Это же нужно делать и при анализе схем, питающихся от аккумуляторов, гальванических батарей и вообще любых источников ограниченной мощности.

**Задача 9.** Для защиты двигателей и генераторов в электроприводах по схеме «генератор-двигатель» предусматривают реле максимального тока, отключающее возбуждение генератора при заданном значении тока в главной цепи.

Вариант включения реле максимального тока параллельно обмотке дополнительных полюсов (ДП) и компенсационной обмотке (КО) двигателя показан на рисунке 32, а.

Эквивалентная схема, где указанные обмотки нарисованы в виде шунта  $RN$ , приведена на рисунке 32, б.

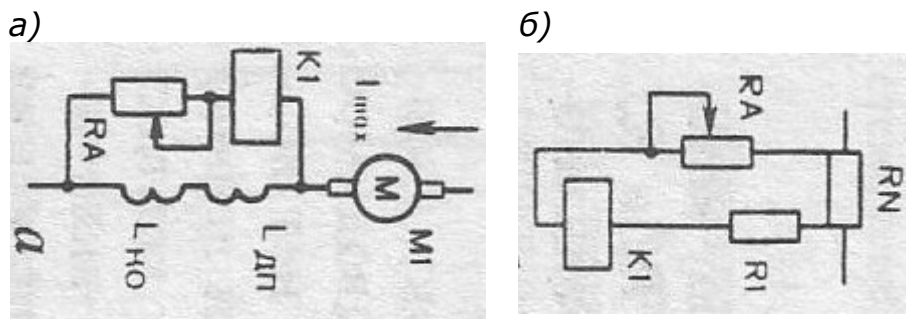


Рис. 32 Схемы реле максимального тока:  
а – принципиальная, б – эквивалентная

Для изменения уставки срабатывания реле  $K1$  в схеме предусмотрен специальный регулировочный элемент - переменный резистор  $RA$ .

Уставка срабатывания реле по напряжению равна:

$$U_{сраб} = I_{max}R,$$

где  $I_{max}$  - значение тока в главной цепи, при котором должно срабатывать реле K1;

$R$  - сопротивление шунта  $R_N$ , то есть обмоток ДП и КО.

Площадь сечения проводов, соединяющих обмотки ДП и КО с реле К1 и резистором  $R_A$ , выбрана из такого соотношения:

$$S = I_k / \delta_{a_i}$$

где  $I_k$  - ток срабатывания реле, А;

$\delta_d$  - допустимая плотность тока в проводах, А/мм<sup>2</sup>.

Сопротивление этих проводов на эквивалентной схеме показано в виде резистора  $R1$ .

Однако настроить схему из выбранных таким образом элементов не удастся. Требуется найти причину дефекта.

**Задача 10.** На рис. 33 показан фрагмент схемы устройства проверки аккумуляторных светильников, один из которых подключен к устройству и обозначен как НА.

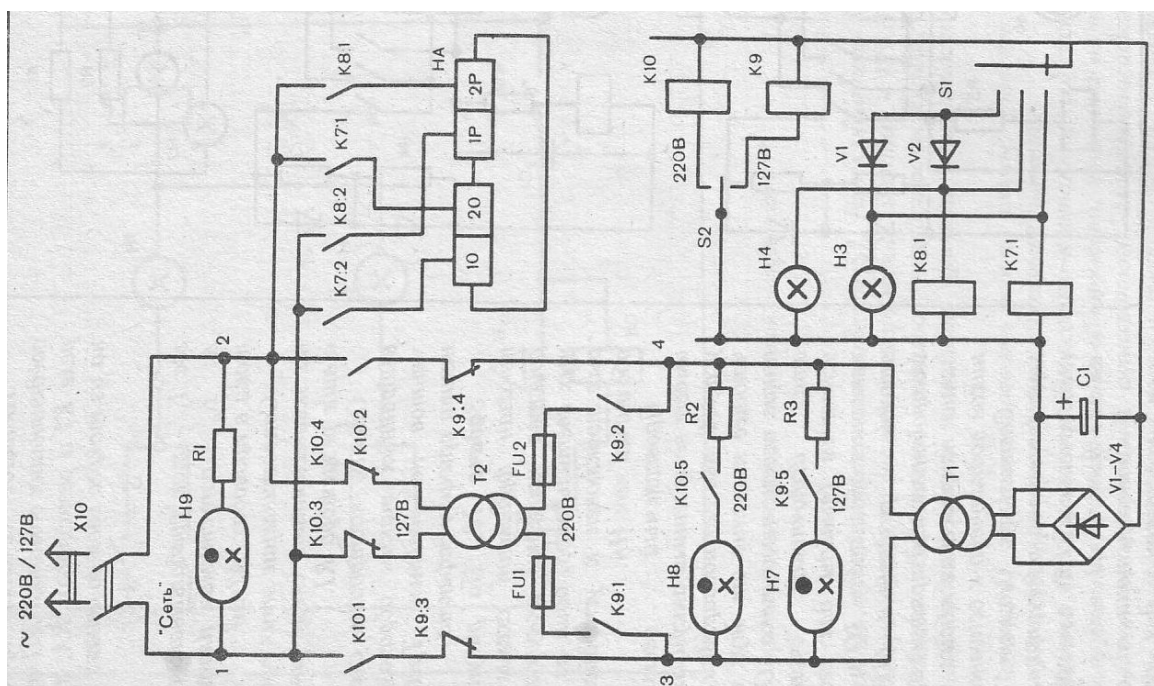


Рис. 33 Фрагмент схемы устройства для проверки аккумуляторных светильников

Проверяемый светильник имеет встроенный аккумулятор и устройство его подзарядки, получающее питание от двух источников переменного тока.

Один из этих источников считается основным (выводы для его подключения обозначены 10 и 20), а второй - резервным (1Р, 2Р).

При наличии напряжения обоих источников устройство подзарядки подключено к основному источнику.

Светильник может иметь модификацию, рассчитанную на подключение в сеть с напряжением 127 В.

В соответствии со сказанным, устройство для проверки обеспечивает как одновременную подачу основного и резервного напряжения питания, так и одного из них. Делается это переключателем  $S1$ . Переключатель  $S2$  служит для выбора одного из значений напряжения питания - 127 В или 220 В.

Однако устройство оказалось неработоспособным. Требуется проанализировать схему и указать причины нереальности схемного решения.

**Задача 11.** Проанализировать работу схемы, приведенной на рис. 27, а при кратковременном перерыве питания.

**Задача 12.** При настройке релейно-контакторных систем управления грузовыми лифтами было обнаружено, что одна из них не осуществляет реверсирования асинхронного электродвигателя.

Схемы главных цепей, полученные после натурной съемки, приведены на рис. 34.

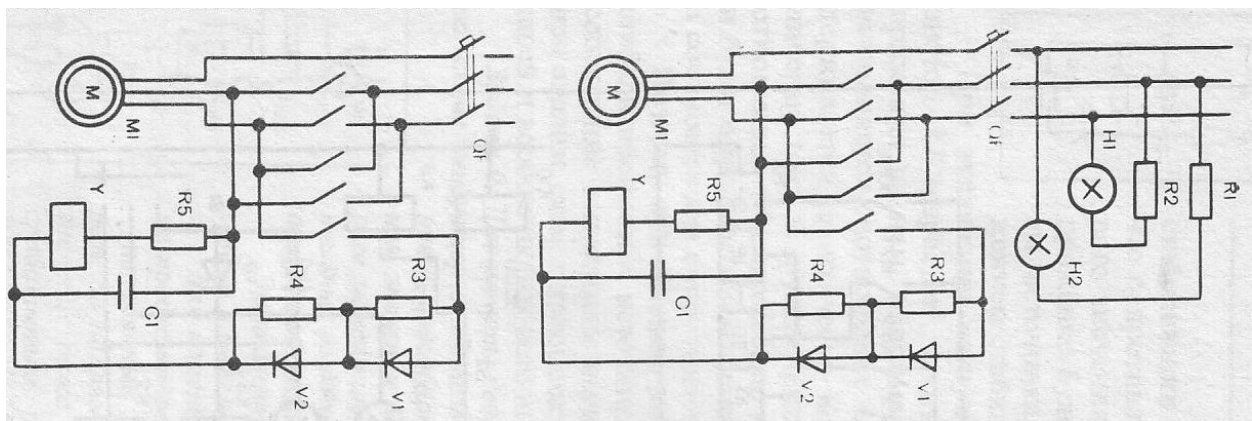


Рис. 34 Схемы главных цепей электропривода пассажирского лифта с односкоростным асинхронным электродвигателем

Указать схему, в которой не осуществлялось реверсирование и назвать причину.

**Задача 13.** На рис. 35 приведена схема аварийной сигнализации о работе вращающихся преобразователей типа ПСЧ.

Работа схемы в инструкции по эксплуатации описывается так.

При повышении температуры воздуха выше  $70^{\circ}\text{C}$  реле  $S1$  замыкает свой контакт, зажигается лампа  $H1$ , срабатывает контактор  $K1$  и включается сирена  $Hn$ . Сирена отключается кнопкой  $Sn$ , которая фиксируется в нажатом положении катушкой  $K2$ .

При ошибочном отключении вентилятора одного из преобразователей сработал контакт  $Sn-1$ , загорелась сигнальная лампа  $Hn-1$  и включилась сирена  $Hn$ . Аварийный сигнал отключили кнопкой  $Sn$ .

Через некоторое время был случайно обнаружен перегрев другого преобразователя и возможная авария предотвращена.



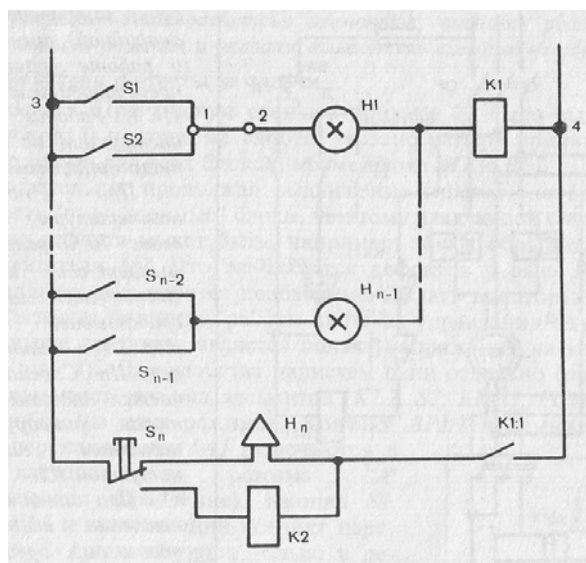


Рис. 35 Схема системы аварийной сигнализации

Проверкой установлено, что контакт  $S1$ , сигнализирующий о повышении температуры, был замкнут.

Установить причину, по которой срабатывание датчика не могло быть замечено.

**Задача 14.** На рис. 36 приведена принципиальная схема системы управления асинхронным электродвигателем, вращающего сварочный генератор.

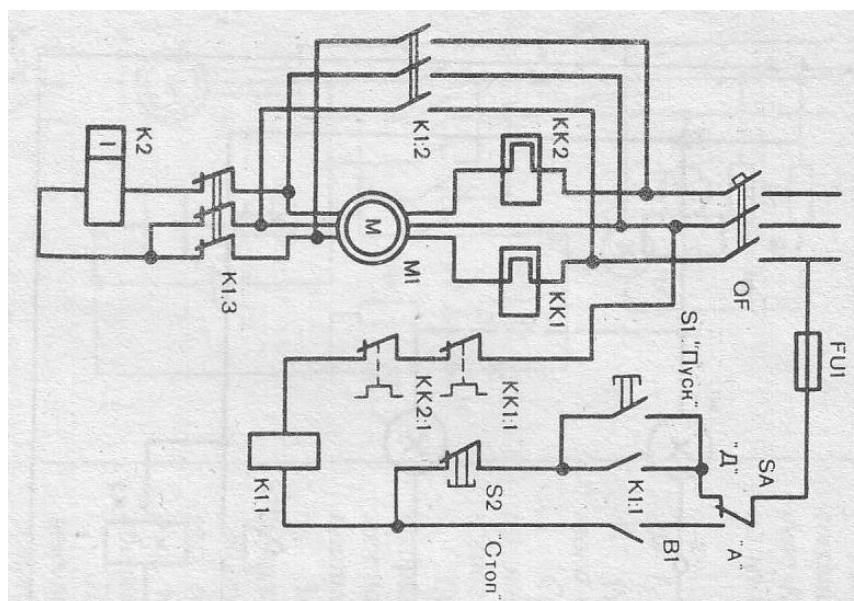


Рис. 36 Схема системы управления пуском асинхронным электродвигателем переключением обмоток со «звезды» на «треугольник»

*По описанию схемы электродвигатель запускается переключением обмоток со «звезды» на «треугольник».*

*Такую схему используют для электродвигателей большой мощности, что позволяет снизить пусковые токи.*

*Проанализировать приведенную схему, составить при необходимости диаграмму взаимодействия элементов, оценить реальность данного схемного решения и указать выявленные схемные ошибки.*