

## Комментарии и ответы на задачи

**К задаче 23.** Из описания дефекта можно сделать вывод, что выключатель  $S1$  включен непосредственно в цепь лампы  $H1$ , а выключатель  $S2$  подключен к лампе  $H2$  так, что напряжение на его вывод поступает не от полюса сети, а через контакт выключателя  $S1$ . В соответствии с этим можно нарисовать принципиальную схему, показанную на рисунке 86, а.

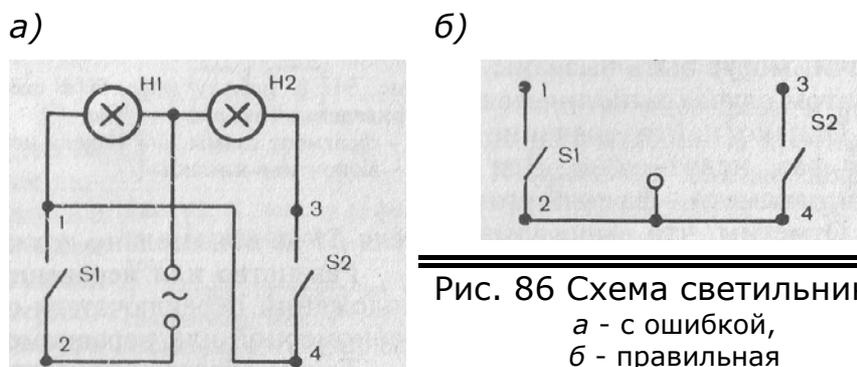


Рис. 86 Схема светильника:  
а - с ошибкой,  
б - правильная

Для того чтобы светильник работал правильно, необходимо снять перемычку между точками 1-4 и соединить между собой и с полюсом сети точки 2-4 (рис. 86, б).

**К задаче 24.** Для ответа на поставленный вопрос нарисуем фрагмент схемы, показывающий электрические и механические связи между перечисленными в условии задачи элементами (рис. 87, а).

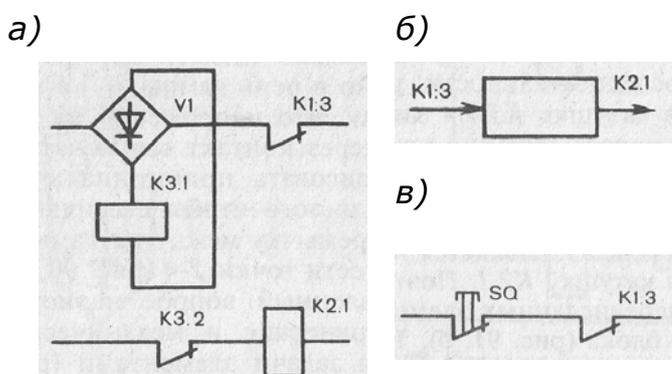


Рис. 87 К поиску дефекта в схеме на рис. 18  
а - фрагмент схемы, б - модель схемы,  
в - включение кнопки

На рис. 87, а показано, что эти элементы в исправной схеме должны взаимодействовать в такой последовательности:

- размыкание контакта  $K 1:3$  - отключение тока в катушке  $K3:1$  - замыкание контакта  $K3:2$  с выдержкой времени - подача питания на катушку  $K2.1$ .

Следовательно, размыкание контакта  $K1:3$  является необходимым условием для подачи питания на катушку  $K2.1$ . Поэтому при определении дефекта совокупность перечисленных элементов может быть заменена моделью из одного блока (рис. 87, б). Таким образом,

если в ходе эксперимента имитировать разрыв цепи контакта  $K1:3$ , то в случае исправности остальных элементов контактор  $K2$  должен срабатывать.

Исходя из этого, для эксперимента в схеме необходимо последовательно с контактом  $K1:3$  в разрыв точки 7 включить размыкающий контакт кнопки  $SQ$  (рис. 87, в).

После внесения указанного изменения, эксперимент выполняют следующим образом. Кнопкой  $S1$  (см. рис. 18) включают схему управления и наблюдают за работой контактора  $K2$ . Если он не срабатывает, то нажимают кнопку  $SQ$  (см. рис. 87, в). При исправных катушке  $K3. 1$ , контакте  $K3:2$  и катушке  $K2.1$  контактор  $K2$  должен сработать и замкнуть контакты  $K2:1 - K2:3$  (см. рис. 18).

Таким образом, исправность элементов, перечисленных в условии задачи 24 устанавливают всего за одну проверку.

**К задаче 25.** Если воспользоваться рис. 9 и 38, а также их описаниями, то определить очередность проверок и указать точки включения перемычки не представит затруднений.

Что же касается ответа на второй вопрос задачи, то предположив наличие в схеме только дефектов типа «обрыв», можно утверждать, что согласно приведенным в разделе I сведениям для нахождения дефекта потребуется четыре проверки.

**К задаче 26.** Использование схемы двух амперметров для измерения тока в трехфазной трехпроводной цепи основано на том, что геометрическая сумма (с учетом фазного угла) токов двух фаз равна току третьей фазы, взятому с обратным знаком.

В символической форме это записывается так  $I_B + I_C = -I_A$ . Из формулы не следует обязательное равенство токов фаз по модулю. Это значит, что показания амперметра в схеме на рисунке 76 во всех трех положениях переключателя  $SI$  не обязательно должны быть равны между собой.

Равенство или неравенство показаний амперметра в каждом из положений переключателя определяется характером нагрузки фаз – равномерной или неравномерной.

Таким образом, показания амперметра, приведенные в условии задачи, могут быть вызваны и неравномерностью нагрузки фаз. Но и в этом случае выполняется приведенное выше соотношение.

Однако найти значение тока третьей фазы, зная только токи двух фаз, невозможно. Для этого необходимо знать хотя бы еще один параметр – фазный угол между токами.

Отметим, что выше указанное соотношение справедливо только при исправности всех элементов измерительной схемы. Следовательно, второй причиной разных показаний амперметра может быть и неисправность схемы измерения.

**К задаче 27.** В данном случае в объекте предполагается наличие дефекта типа «короткое замыкание». Как видно из примера 68, проверка соединенных между собой блоков с помощью технологического перехода «проверка электрических цепей» неинформативна, так

как выполнив ее в любой контрольной точке, невозможно уточнить местонахождение дефекта и ограничить область его определения.

Поэтому в примере объект был представлен моделью из двух несоединенных между собой блоков  $A1$ ,  $A2$  (рис. 88, а).

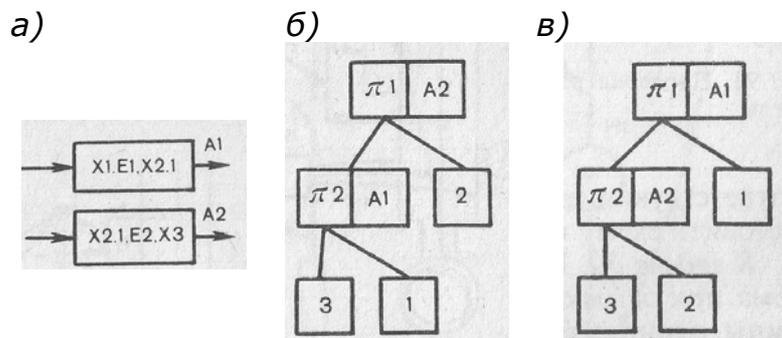


Рис. 88 К поиску дефекта в соединителе:

а - модель объекта из несвязанных между собой блоков,  
б, в - очередность и исходы проверки

В связи с тем, что отдать предпочтение ни одному из блоков нельзя, то проверку можно начать либо с блока  $A2$  (рис. 88, б), либо с блока  $A1$  (рис. 88, в). В любом случае, помимо двух исходов, соответствующих дефекту в блоке 1 или 2, на рис. 88, б, показан еще один исход 3, соответствующий дефекту, проявляющемуся после соединения блоков вместе.

**К задаче 28.** Направление вращения асинхронного электродвигателя изменяется при изменении порядка чередования фаз питающей сети. Схема (рис. 89, а) показывает, что этой цели используют контакты пускателя, переключаящими две фазы из трех.

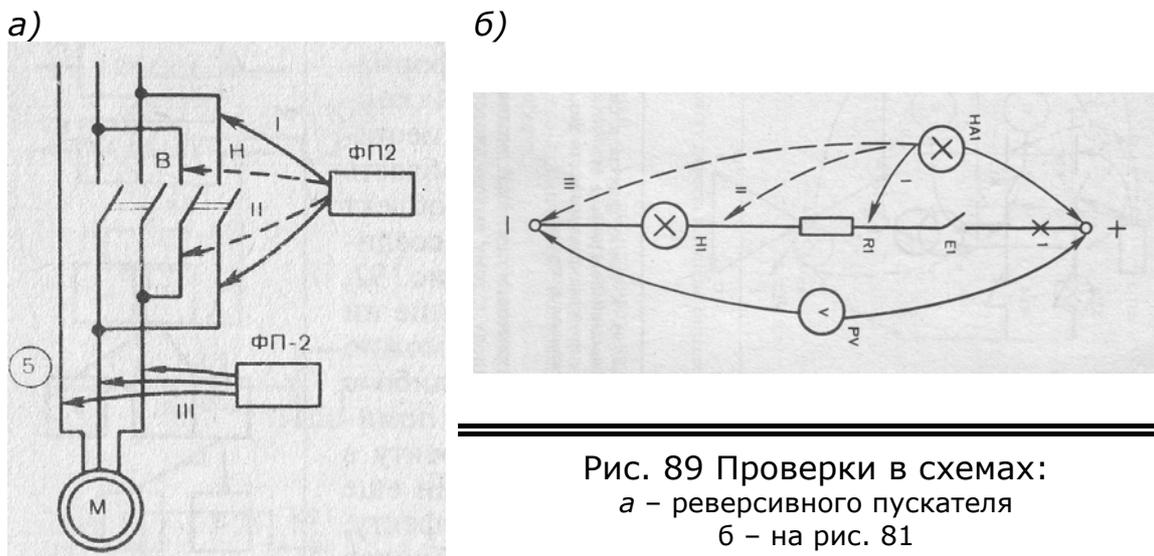


Рис. 89 Проверки в схемах:

а - реверсивного пускателя  
б - на рис. 81

Учитывая это, эксперимент проводят следующим образом.

Нажав на любую из двух пусковых кнопок («Вперед» или «Назад») запускают электродвигатель. Если необходимо исключить работу двигателя, то на выходных зажимах пускателя отключаются любые две жилы кабеля, соединяющие двигатель с пускателем.

Затем фазоуказателем-пробником  $\Phi П-2$  или любым индикатором напряжения (можно использовать и вольтметр) измеряют, напряжение на выводах контактов контактора другого направления вращения (см. рис. 89, поз *I* и *II*). Если схема собрана правильно, то к разомкнутому контакту должны подходить разноименные фазы и фазоуказатель-пробник  $\Phi П-2$  покажет наличие напряжения.

В противном случае напряжение будет равно нулю. Исправляют данный дефект, поменяв местами провода *1, 2* или *3, 4*. Определяется это удобством выполнения переключений и длиной проводов.

Эксперимент можно выполнить и по-другому, определив порядок чередования фаз в контрольной точке *5* (поз. *III*, рис. 93), запустив двигатель сначала вперед, а затем назад. В исправной схеме порядок чередования фаз должен изменяться.

**К задаче 29.** По описанию дефекта можно установить, что порядок чередования фаз обмотки рой скорости *L2* отличается от порядка чередования обмотки *L1*. Поэтому для исправления дефекта можно переключить любые два провода из трех, отмеченных на рис. 80 цифрами *1, 2, 3*, и испытать схему в работе.

Однако для предотвращения явлений, описанных в задаче, целесообразно после включения второй и третьей скорости определить совпадение порядка чередования в контрольных точках *4, 5, 6, 7* разобранных соединений в точках *8, 9*.

Затем поочередно подключают фазоуказатель-пробник  $\Phi П-2$  к выводам обмоток и фазам питающей сети в контрольных точках *4, 5* и *6, 7*.

Если порядок чередования фаз в соответствующих парах контрольных точек совпадает, можно становить схему и переходить на другие частоты вращения.

**К задаче 30.** В условии задачи прямо не сказано, как ведет схема при замыкании других контактов, но из фразы «работающие лампы периодически гаснут» можно заключить, что дефект характерен только для цепочки, включаемой контактом датчика

Кроме того, свечение остальных ламп свидетельствует об исправности источника питания, состоящего из трансформатора *T* и выпрямителя *V*.

Таким образом, область поиска дефекта может быть ограничена цепочкой:

- отрицательный полюс питания - лампа *H1* - резистор *R1* - контакт *E1* - положительный полюс питания (см. рис. 81).

Для уточнения причины погасания ламп подключим вольтметр *PV* к полюсам питания (рис. 89, *б*). При разомкнутом контакте *E1* напряжение между полюсами составляет 30 В, что и приводит к погасанию других ламп.

Убедившись, что лампы гаснут из-за уменьшения напряжения, разорвем указанную цепочку в точке *1* и понаблюдаем за работой схемы.

Оказывается, что проявление дефекта исчезло и лампы не гаснут. Обратим внимание на то, что сигнальные лампы получают питание от

автономного выпрямителя  $V$  и трансформатора имеющего ограниченную мощность и, соответственно, мягкую внешнюю (нагрузочную) характеристику.

Это значит, что при увеличении нагрузки напряженке на выходе источника питания уменьшается (сравните с нагрузочной характеристикой мегаомметра, приведенной на рис. 52).

Все изложенное позволяет предполагать, что причина дефекта в перегрузке или коротком замыкании цепи контакта  $E1$ .

Для проверки выдвинутой гипотезы используем технологический переход «проверка электрической цепи» и выполним его под напряжением помощью контрольной лампы  $HA1$ , подключая ее поочередно к резистору  $R1$  (поз.  $I$ ), лампе  $H1$  (поз.  $II$ ) и второму полюсу сети (поз.  $III$ ). При проверке цепь контакта  $E1$  по-прежнему разорвана в точке  $1$ . Яркость свечения контрольной лампы  $HA1$  (поз.  $I$ ) одинакова с яркостью свечения других ламп проверяемой схемы. В поз.  $II$  яркость свечения увеличилась, а в поз.  $III$  - такая же, как и в поз.  $II$ .

Результаты проверки позволяют сделать вывод о коротком замыкании в лампе  $H1$ .

Для проверки предположения пользуемся технологический переход «замена блока».

Заменяем лампу  $H1$  и восстановив цепь, разорванную в точке  $1$ , включим питание и проверим работу схемы.

Схема работает нормально, следовательно, дефект найден и устранен.

**К задаче 31.** Проанализировав условия задачи, можно ограничить область существования дефекта переключателем питания, а точнее - вторым источником питания, подключаемым выключателем  $QF2$ .

В чем же может быть при дефекта в этом случае?

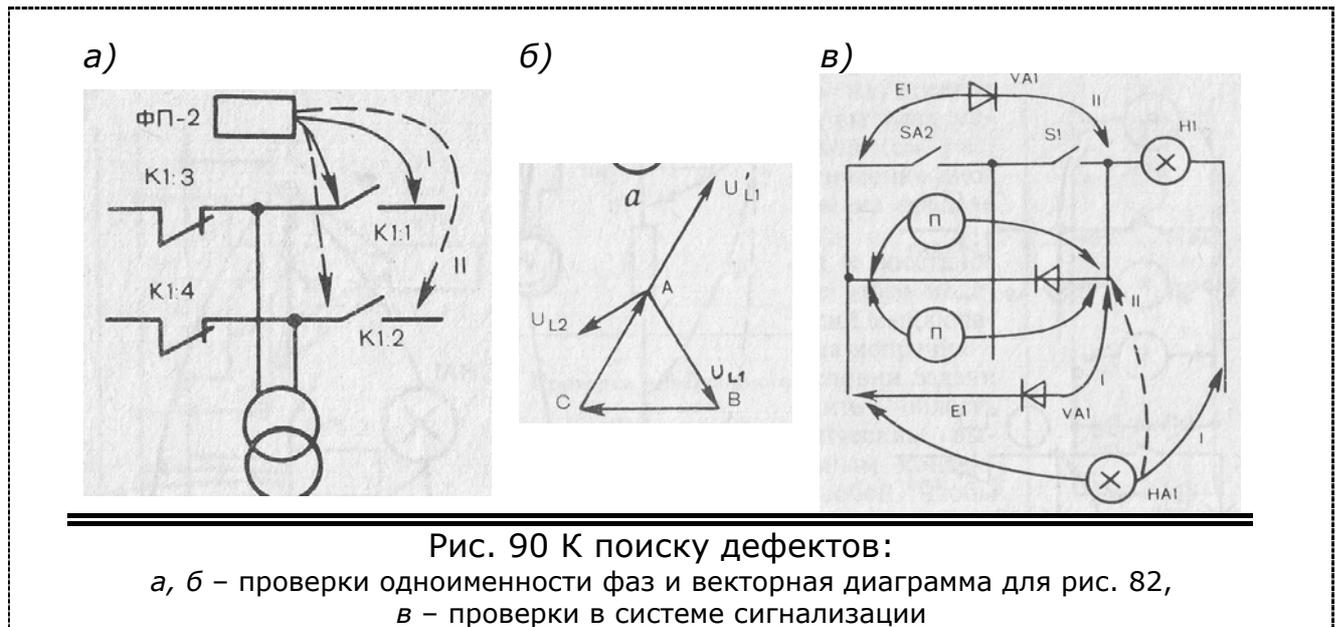
Если вспомнить, что направление вращения двухобмоточного асинхронного двигателя при неизменном напряжении на обмотке возбуждения зависит от фазы напряжения на обмотке управления, можно выдвинуть такую гипотезу о причине дефекта:

- изменение фазы напряжения на обмотке управления после переключения на другой источник питания.

Для проверки гипотезы определим одноименность фаз с указателем-пробником (поз.  $I$  и  $II$  на рис. 90, а).

При проверке в поз.  $I$  фазоуказатель-пробник показывает наличие напряжения. Следовательно, к контакту  $K1:1$  подходят разные фазы, что приводит к изменению фазы напряжения на обмотке управления (рис. 90, б) и изменению направления вращения.

Подключив к соответствующему полюсу выключателя другую фазу, устраняем дефект.



**К задаче 32.** Описание дефекта в условиях задачи позволяет сделать вывод, что область существования дефекта ограничена блоком контроля исправности ламп. Этот блок включает в себя, помимо кнопки SA2, диоды V1 - Vn, «размножающие» контрольный сигнал. Так как одновременный отказ всех диодов маловероятен, то предположим неисправность кнопки SA2.

Для проверки этой гипотезы воспользуемся лампой HA1, включив её, как показано на рис. 90, в (поз. I).

При нажатии на кнопку SA2 лампа HA1 горит, что свидетельствует об исправности контакта кнопки. Чтобы убедиться в правильности монтажа диодов, подключим лампу HA1 параллельно диоду к тому выводу, который соединяется с лампой H1 (поз. II на рис. 90, в). При нажатии на кнопку SA2 одновременно загораются лампы H1 и HA1, причем обе горят вполнакала.

Означает ли это, что вопреки сказанному ранее в данной схеме неисправны диоды?

Чтобы ответить на данный вопрос, проверим с помощью пробника П (поз. III и IV на рис. 90, в) один из диодов. Он оказался исправным.

Следовательно, причина дефекта заключается в другом. Учитывая, что схема получает питание от источника постоянного напряжения, можно предположить такую причину дефекта: «неправильное включение диодов».

Для проверки выдвинутой гипотезы используем перемычку E1, с включенным в нее диодом VAI. Перемычку подключим к кнопке и лампе HA1, аналогично тому, как ранее включали лампу HA1. Так как включение лампы HA1 не привело ни к каким негативным последствиям и показало отсутствие короткого замыкания в цепи, то и включение перемычки безопасно.

Подключив перемычку при разной полярности диода VAI (поз. I и II на рис. 90, в) видим, что в поз. I лампа H1 горит, а в поз. II - нет.

Следовательно, причина дефекта в несоблюдении соответствия между полярностью источника питания и полярностью диодов контроля ламп.

Поменяв местами провода от источника питания, устраняем дефект.

**К задаче 33.** Для уточнения причины дефекта проведем такой эксперимент:

- при работающем двигателе нажмем и отпустим кнопку  $S2$  «Стоп». Результат проверки показал, что после нажатия на кнопку двигатель  $M1$  останавливается, а после отпускания кнопки - вновь начинает вращаться.

Все изложенное позволяет ограничить область поиска дефекта цепью кнопки  $S1$  «Пуск». Анализ схемы и имеющейся в распоряжении информации о дефекте и его проявлениях позволяет выдвинуть такие гипотезы о причине дефекта:

- размыкающий вспомогательный контакт  $K1:1$ , запоминающий пусковой сигнал, шунтирован ложной цепью;
- второй полюс источника питания подключается в цепь катушки, помимо замыкающего контакта  $K1:1$ .

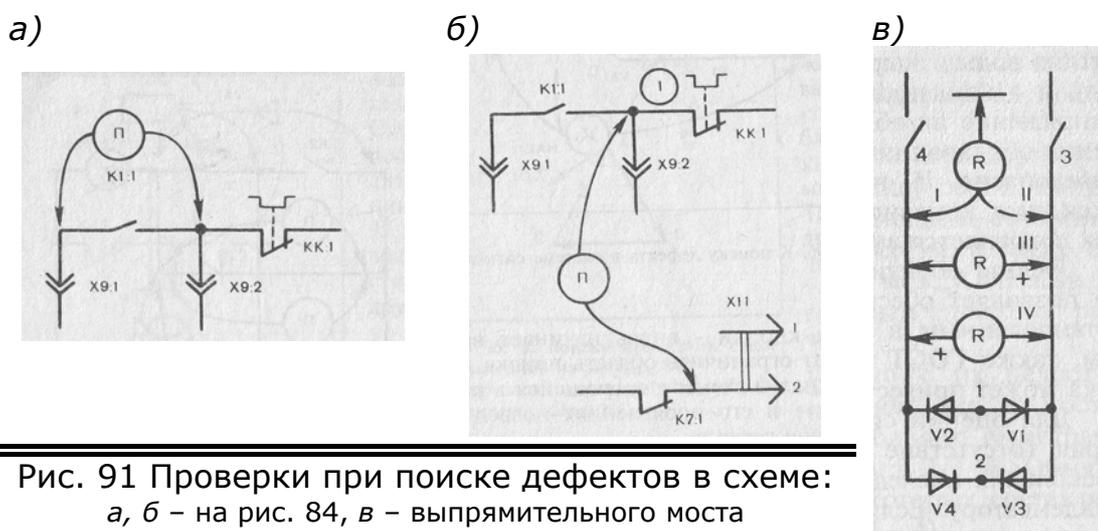


Рис. 91 Проверки при поиске дефектов в схеме:  
а, б - на рис. 84, в - выпрямительного моста

Для проверки первой гипотезы при отключенном напряжении подключим пробник  $\Pi$  параллельно контакту  $K1:1$  (рис. 91, а). Пробник показывает отсутствие цепи.

Следовательно, первая гипотеза несостоятельна.

Вторую гипотезу проверим с помощью этого же технологического перехода, подключив пробник одним щупом к точке 1, а другим - ко второму полюсу источника питания ( $XI 1:2$ , рис. 91, б). Проверка показала наличие замкнутой цепи.

Следовательно, дефект найден.

Для его устранения поменяем местами провода, подходящие к вспомогательному контакту  $K1:1$ .

**К задаче 34.** Чтобы исключить другие причины, измерим сопротивление изоляции цепей питания. Для этого подключим мегаомметр  $PR$  к точкам 3, 4 при отключенном выключателе  $QF$ . Результат измерения - сопротивление изоляции равно 1 МОм.

Приведенная в условии задачи информация и результат измерения сопротивления изоляции позволяют утверждать, что причина дефекта заключается в неисправности моста  $V1-V4$ , несмотря на то, что проверка пробником показала их исправность.

Действительно, что может быть причиной короткого замыкания в цепи, содержащей только выпрямительный мост?

Чтобы убедиться в неисправности выпрямительного моста, измерим с помощью мегаомметра его входное сопротивление.

Для этого переключатель пределов переведем в положение «кОм», а сам прибор будем поочередно подключать к выводам диодов (см. рис. 71).

В результате выполненных проверок установлено, что диод  $V4$  имеет обратное сопротивление 20 кОм (поз.  $IV$  на рис. 91,  $B$ ).

Сопротивление 20 кОм, включенное между полюсами источника питания, не должно приводить к короткому замыканию. Но поскольку выключатель отключается, короткое замыкание в цепи питания существует.

Оценим полученную в результате выполнения проверок информацию. Вывод об исправности диодов на основании проверки пробником не может быть иным:

- включение сопротивления 20 кОм между щупами пробника равносильно разрыву цепи, так как и в обоих случаях лампа не может светиться.

Сопоставление результатов измерения сопротивления мегаомметром и подачи напряжения на выпрямительный мост позволяет выдвинуть предположение о том, что обратное сопротивление диода  $V4$  зависит от напряжения, прикладываемого к нему.

Чтобы убедиться в правильности такого предположения, измерим его обратное сопротивление мегаомметром, но на пределе «МОм», так как напряжение на выводах мегаомметра на этом пределе больше (см. рис. 52).

Результат измерения - обратное сопротивление диода  $V4$ , измеренное мегаомметром на пределе «МОм», равно нулю.

Заменим неисправный диод и восстановим соединение в схеме. После этого подадим напряжение - автоматический выключатель не срабатывает, значит схема исправна и дефект устранён.

**К задаче 35.** Описанная в условии задачи проверка позволяет ограничить область определения дефекта автоматическим выключателем  $QF1$ , вспомогательным контактом  $QF2.1$  и связью их между собой.

Чтобы еще больше ограничить область поиска дефекта, отключим провода, подходящие к автомату  $QF1$ , и включим его.

Так как автомат не отключается, то можно сделать вывод о том, что дефект находится либо в контакте  $QF2.1$ , либо в его связи с автоматом  $QF1$ .

Для уточнения местонахождения дефекта осмотрим указанные элементы. Визуальный контроль показал, что провод, соединяющий контакт  $QF2:1$  с автоматом  $QF1$ , не имеет видимых дефектов, тогда как на блоке вспомогательных контактов автомата  $QF2$  заметны следы нагара.

Измерим сопротивление изоляции вывода контакта  $QF2:1$  относительно корпуса. Прибор показал, что сопротивление изоляции равно нулю.

Результаты проверок и измерений позволяют сделать вывод, что

при первом включении автомата сгорел вспомогательный контакт *QF2.1*.

После подачи напряжения на этот контакт по цепи, образованной нагаром, возникло короткое замыкание фазы на корпус, приводящее к отключению выключателя *QF1*.

Чтобы определить причину разрушения вспомогательного контакта, проверим выпрямительный мост. Результат проверки показывает, что один из диодов моста имеет дефект типа «короткое замыкание», который и явился причиной разрушения контакта.

Заменяв пакет вспомогательных контактов и диод в выпрямительном мосту, устраняем дефект, проявление которого описано в условии задачи.

**К задаче 36.** Из задачи 5 следует, что исправность конденсатора оценивается не только по наличию напряжения на его обкладках, но и по характеру изменения тока заряда. Кроме того, при замыкании обкладок конденсаторов, заряженных от источников энергии с напряжением, составляющим единицы и даже несколько десятков вольт, искра может и возникнуть. То же самое можно сказать и о конденсаторах небольшой емкости, в том числе и о тех, напряжение на обкладках которых достигает 100 В и более.

Замыкание обкладок конденсаторов, заряженных до такого напряжения, небезопасно. И, наконец, таким простейшим способом проверять оксидные конденсаторы нельзя, поскольку невозможно оценить, как они сохраняют заряд.

Нельзя обойти вниманием и то, что данный способ проверки не позволяет обеспечить ограничение разрядного тока значением, установленным в стандартах на конкретные типы конденсаторов (см. также ГОСТ 21315.2-75). Отсутствие ограничения разрядного тока может привести к тепловому повреждению конденсатора.

Для оценки способности конденсатора сохранять полученный заряд (отсутствие саморазряда) может быть использован способ нескольких последовательных подключений омметра (пробника) конденсатору. Если после первого подключения конденсатор зарядился и не разрядился от токов утечки, то при последующих подзаряд не будет происходить и стрелка прибора не отклонится.

Наличие подзаряда и его интенсивность (оцениваемая по отклонению стрелки) свидетельствует о наличии токов утечки (саморазряде конденсаторов).

И, наконец, «простейшая» проверка конденсатора может привести к несчастным случаям, особенно если она осуществляется в электрооборудовании. В этом можно убедиться, ознакомившись с приведенным ниже примером.

### **Пример 70. Замыкание выводов конденсатора.**

На заводе механических прессов электромонтер включил рубильник сварочного трансформатора, чтобы опробовать его в рабочем режиме, но при этом не закрыл крышку колодки вводных зажимов.

Находившийся рядом дежурный слесарь замкнул отверткой вводные зажимы преобразователя, рассчитывая в «шутку», когда конденсаторы при разрядке дадут щелчок, напугать стоящего рядом сварщика.