

VII. Проверка подвижных частей реле и контакторов

При анализе релейно-контакторных схем необходимо учитывать возможность возникновения в них дефектов из-за неисправностей подвижных частей реле и контакторов.

Пример 74. Поиск дефекта в контроллере регулятора возбуждения.

Дефект в схеме регулирования возбуждения электродвигателя электропривода по системе генератор-двигатель (рис. 102) проявляется в том, что частота вращения двигателя при изменении сопротивления в цепи его обмотки возбуждения изменяется по-разному, в зависимости от направления вращения.

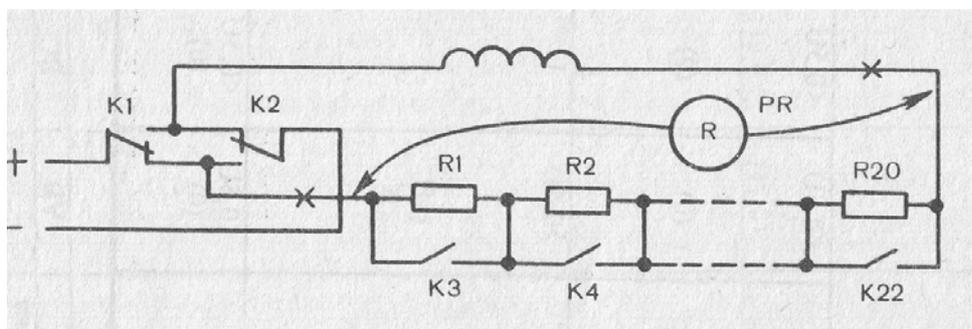


Рис. 102 Фрагмент схемы цепей возбуждения

Встретившись с таким дефектом, прежде всего, следует проверить, не зависит ли характер изменения нагрузки от направления вращения, и только потом выдвигать другие гипотезы о причине дефекта.

В данном случае предположим, что нагрузка изменяется одинаково, при любом направлении вращения.

Как видно из схем, направление вращения двигателя изменяется путем изменения направления потока возбуждения с помощью контактов $K1$ и $K2$ контроллера. В дальнейшем же ток регулируется контактами $K3$ - $K22$, шунтирующими резисторы $R1$ - $R20$.

Для того, чтобы выдвинуть гипотезу о причине дефекта, необходимо прежде всего убедиться в том, что при переключении контактов $K1$ и $K2$ изменяется направление потока возбуждения.

Это проще всего сделать путем визуального осмотра вала двигателя при переключении контактов $K1$ и $K2$. Пусть проверки показали, что двигатель реверсируется.

Тогда можно утверждать, что причина дефекта заключается в цепях изменения сопротивления резисторов, так как характер изменения потока возбуждения, а следовательно, и частота вращения полностью задаются характером изменения тока в цепи обмотки возбуждения.

Для проверки данной гипотезы разорвем цепи в точках, обозначенных на рис. 102 знаком *, и подключим омметр PR для измерения сопротивления резисторов $R1$ - $R20$.

Вращая рукоятку контроллера сначала влево, а затем вправо и наблюдая за показаниями омметра, убеждаемся, что сопротивление резисторов изменяется по-разному.

Дальнейший поиск дефекта осуществим с помощью технологического перехода «визуальный контроль», следя за работой контактов контроллера. Контроль показал, что очередность замыкания контактов нарушается из-за неисправности приводов контактов КЗ-КБ.

Помимо требуемой очередности включения контактов, качество их работы оценивают такими параметрами, как зазор и провал контактов, а также контактное нажатие.

Зазором контакта называют кратчайшее расстояние между подвижной и неподвижной контакт-деталью в их разомкнутом положении, а **провалом** контакта – расстояние, на которое переместится одна контакт-деталь, если после их соприкосновения удалить вторую, препятствующую перемещению первой.

Провал контакта может быть также определен как разность значений полного хода контактодержателя и зазора контакта.

В зависимости от конструкций и типа контакта для определения зазора и провала измеряют различные расстояния, а для их регулировки используют регулировочные элементы, имеющие различное конструктивное оформление. Но в целом принципы регулировки и измерения этих параметров остаются одинаковыми.

Допустимые значения зазора контакта установлены в конструкторской документации на конкретный электрический аппарат, исходя прежде всего из обеспечения надежного гашения дуги. Провал выбирают таким, чтобы и при максимально допустимом износе накладок на контактах было обеспечено надежное замыкание цепи.

Проверка зазора и провала контакта контактора серии КТ6000 показана на рис. 103, а.

Так как практически измерить значение провала невозможно, то проверяют зазор, контролирующий провал и образующийся при полностью замкнутом положении главных контактов, – зазор 2 между контактодержателем и регулировочными винтами рычага, несущего подвижной контакт.

Провал главных контактов контролируют в замкнутом положении магнитной системы контактора. По мере износа контактных поверхностей провал уменьшается, что может из-за уменьшения контактного нажатия привести к перегреву контакта.

Зазор, контролирующий провал, измеряют набором щупов, вводимых в него. Значение зазора принимают равным суммарной толщине пластин, вошедших в него. Для контроля результаты сначала уменьшают набор на одну пластину наименьшей толщины. Если измерение выполнено правильно, то такой набор щупов должен входить в зазор свободно.

Затем к первоначальному набору прибавляют еще одну пластину наименьшей толщины. Этот набор пластин не должен входить в контролируемый зазор.

Зазор контакта контролируют обычно специальными калибрами.

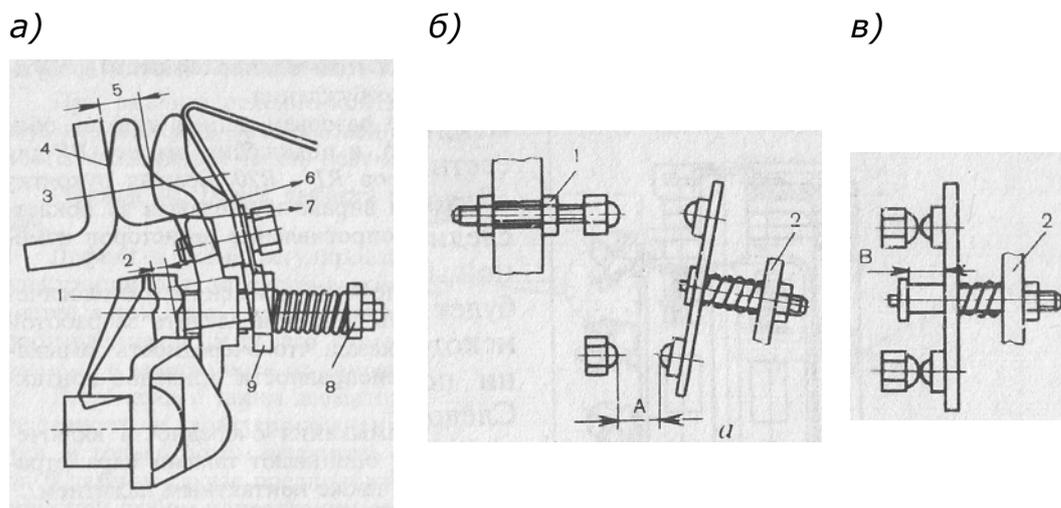


Рис. 103 Регулировка (а) и измерение зазора (б) и провала (в) контактов

На рис. 103,а цифрами обозначены: 1, 4 - места прокладки бумажных полосок при измерении начального и конечного контактного нажатия; 2 - зазор, контролирующий провал; 3 - линия нажатия контактов; 5 - зазор контакта; 6, 7 - направление приложения усилий при измерении контактного нажатия; 8, 9 - регулировочные элементы для изменения контактного нажатия, провала и одновременности замыкания контактов

На рис. 103, б и в цифрами обозначены: 1 - пара «винт-гайка», 2 - траверсы

Регулировочный элемент, позволяющий изменить провал в контактах данной конструкции, - гайка 9. Зазор контактов регулируют поворотом упора якоря вокруг оси в одно из предусмотренных положений, что позволяет ступенчато регулировать этот параметр.

В контакторах клапанной системы (рис. 103, б, в) регулировочными элементами, позволяющими изменить зазор контакторов, является пара «винт-гайка», обозначенная на рисунке цифрой 1. Если изменять положение гаек на винте, то изменяется и расстояние А, то есть зазор контакта. Провал контакта В регулируют ходом якоря, а следовательно, и траверсы 2, на которой закреплен подвижной контакт.

В некоторых коммутационных аппаратах (см. задачу 35) вспомогательные контакты конструктивно объединены в единый узел (рис. 104), в котором предусмотрена возможность регулировки зазоров и провалов.

Значения зазоров и провалов контактов зависят от установочного положения узла на контакторе. Для правильной установки узла между скобой 1 и его корпусом 4 имеется прокладка 3 с насечкой. Такая же насечка имеется и на корпусе узла, что позволяет смещать корпус относительно скобы при отпущенных крепящих винтах и надежно его фиксировать при затяжке винтов 2.

Траверса узла должна иметь дополнительный ход вверх до 1 мм при замкнутом положении магнитной системы (включенном положении) контактора. Этот ход обеспечивается за счет перемещения корпуса относительно скобы. При этом нужно отпустить винты, крепящие корпус к скобе.

После требуемой регулировки контактов крепящие винты необходимо затянуть, следя за тем, чтобы насечка на корпусе совпадала с насечкой на прокладке, находящейся между корпусом и скобой.

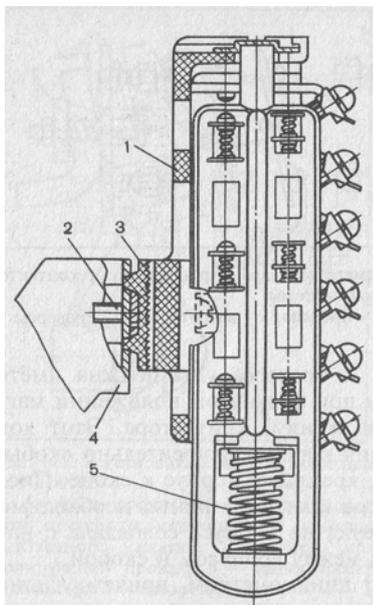


Рис. 104 Блок вспомогательных контактов

Контактное нажатие измеряют динамометром, причем усилие F к нему должно прикладываться в направлении, указанном в документации на конкретный коммутационный аппарат (рис. 105, а).

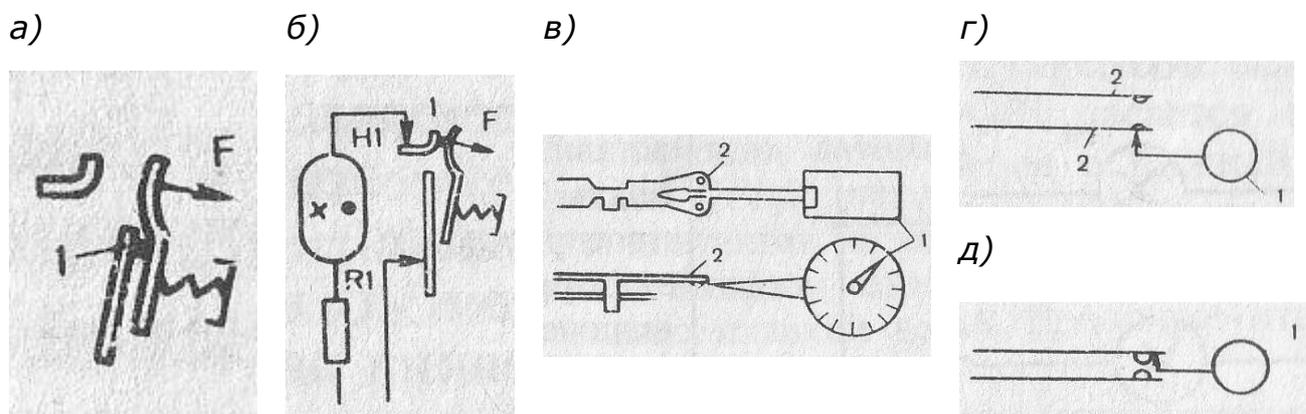


Рис. 105. Измерение контактного нажатия:

а, б - начального и конечного посредством динамометра; в - установка граммометра; г, д - схемы установки граммометра для замыкающего и размыкающего контактов

Конечное нажатие измеряют в тот момент, когда гаснет неоновая лампа $H1$, включенная последовательно в цепь контакта. Вместо лампы можно использовать полоски бумаги толщиной не более 0,1 мм, закладываемые между поверхностями в точки, обозначенные на рисунке 105, а, б цифрой 1. Момент, в который необходимо зафиксировать показания динамометра, определяют в этом случае по освобождению бумажной полоски, к которой прикладывают усилие в направлении, перпендикулярном направлению силы F .

В реле с контактными пружинами 2, собранными в пакеты, нажатие измеряют графмометрами (рис. 105, в, г, д).

В схемах, где используют коммутационные аппараты, имеющие несколько одновременно замыкающихся контактов, могут возникать дефекты из-за **неодновременности** их замыкания.

Неодновременность замыкания контактов контролируют косвенно, после замыкания хотя бы одного из контактов по значению зазоров между другими контактами, измеряемыми щупами.

Факт замыкания контакта контролируют по загоранию газосветной лампы Н1-Н3 (рис. 106) при плавном (от руки) перемещении контактной системы.

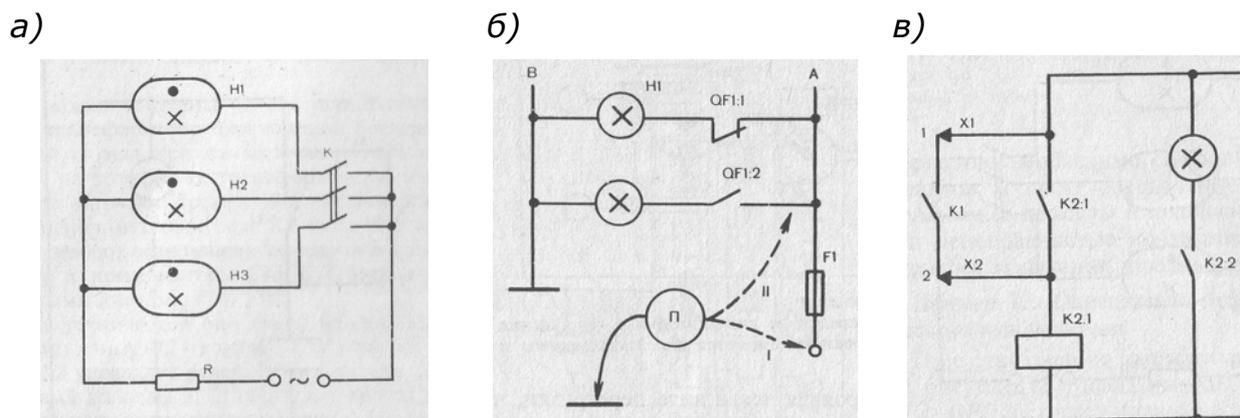


Рис. 106 Фрагменты схем:

- а – для определения неодновременности замыкания контактов,
- б – управления автоматическим выключателем,
- в – фиксации кратковременного замыкания цепей

Заменять безынерционные газосветные лампы лампами накаливания нельзя, так как последние обладают значительной инерцией и их свечение будет заметно только спустя некоторый промежуток времени после замыкания контакта.

Следовательно, измеренный зазор будет меньше фактического. Следует учитывать, что чем точнее отрегулированы провалы контактов, тем меньше неодновременность их замыкания.

Осматривая электрические аппараты, установленные в распределительных устройствах, следует особое внимание уделить соблюдению правил электробезопасности, учитывать реальные условия выполнения работ, а также не допускать включения и выключения их при снятых крышках, а также без дугогасительных камер.

Хотя для исправной работы коммутационных аппаратов совершенно необходимо соблюдение заданных зазоров и провалов контактов, а также обеспечение одновременности их замыкания, тем не менее дефекты в подвижных частях далеко не всегда связаны с неисправностью контактов аппарата, хотя и проявляются в момент их замыкания и размыкания.

Пример 75. Определение дефекта в подвижных частях автоматического выключателя.

При отключении автоматического выключателя $QF1$ типа АМ (на рис. 10б. б показаны только его вспомогательные контакты $QF1:1$ и $QF1:2$) сгорает плавкая вставка предохранителя $F1$, через который подается питание как на схему сигнализации, так и на схему управления (на рисунке последняя не показана)

В данном примере дефект проявляется в виде перегрузки, что позволяет выдвинуть первую гипотезу о причине дефекта - короткое замыкание в цепи питания. Применим в данном случае способ проверки электрических цепей на отсутствие короткого замыкания, предварительно отключив напряжение питания.

Оставив выключатель $QF1$ в отключенном положении, подсоединим пробник Π (поз. 1) последовательно в цепь питания, вставив исправную плавкую вставку в предохранитель $F1$. Пробник показывает отсутствие цепи. Поэтому можно сказать, что в отключенном положении выключателя короткое замыкание отсутствует.

Так как выключатель может находиться еще в одном состоянии - включенном, то не включая напряжение, переключим выключатель.

Подсоединив опять пробник Π , убеждаемся, что его показания соответствуют отсутствию цепи между землей и фазой. Следовательно, короткое замыкание в схеме и в этом положении выключателя отсутствует.

Отключим пробник и, подав напряжение, отключаем выключатель с помощью дистанционного привода.

При таком переключении вставка предохранителя $F1$ опять перегорела. Так как проверка правильности электрических цепей во включенном и выключенном состоянии автоматического выключателя не выявила никаких дефектов, то естественно предположить, что дефект проявляется в промежуточном состоянии выключателя, в котором он находился кратковременно при переходе из включенного состояния в отключенное.

Следовательно, причиной дефекта по-прежнему является короткое замыкание, но оно существует кратковременно, только в период переключения выключателя.

Для проверки подключим пробник Π и будем включать и отключать автомат $QF1$ вручную. Проверки показали, что при отключении выключателя стрелка пробника отклонилась вправо, а затем возвращается в исходное положение. Выдвинутая гипотеза подтверждена.

Для уточнения места существования дефекта осмотрим механическую часть выключателя, то есть, применим технологический переход «визуальный контроль». Осмотр механизма, произведшего переключение вспомогательных контактов, показал, что подвижная тяга, имеющая надежный металлический контакт с корпусом выключателя, в процессе переключения автомата $QF1$ касается вывода вспомогательного контакта $QF1.2$, находящегося в нижней части пакета вспомогательных контактов. В конечном (исходном) положении соединение тяги с выводом контакта отсутствует. Дефект, приводящий к перегоранию плавкой вставки предо-

хранителя F1, найден. - - - - -

В тех случаях, когда аналогичную проверку (определение кратковременного замыкания какой-либо цепи) необходимо выполнить под напряжением, то можно применять специальную схему (рис. 106, в), с помощью которой можно определить факт замыкания цепи 1 - 2 только тогда, когда его продолжительность не меньше времени срабатывания реле K2.1.

Такую схему иногда называют «**реле-ловушка**».

При необходимости фиксации факта замыкания цепи в течение более короткого промежутка времени используют схему на основе полупроводниковых элементов.

Пример 76. Определение дефекта в коммутационном аппара-

те.

Дефект в выпрямительном аппарате типа ВАКР, до этого работавшем нормально, проявляется в том, что иногда при подаче сетевого напряжения агрегат отключается и на его панели загорается лампа «Авария».

Имеющейся в распоряжении информации достаточно для того, чтобы ограничить область определения дефекта и конкретизировать цель изучения документации на данный агрегат: определить принцип работы защиты агрегата и найти элемент, обеспечивающий включение сигнализации.

Изучив документацию, можно составить схему узла защиты (рис. 107, а), в которую входят:

- трансформатор тока нулевой последовательности $TA1F$, выдающий сигнал при замыкании первичной обмотки трансформатора $TV1$ на вторичную;
- трансформаторы тока $TA2F - TA4F$, измеряющие ток нагрузки;
- трехфазный выпрямитель $V1$;
- релейный усилитель UF ;
- исполнительное реле $K2$;
- цепь проверки защиты от замыкания на землю¹.

После составления схемы и изучения технического описания, найден элемент, включающий сигнальную лампу $H2$:

- контакт $K2:1$ реле $K2$.

В свою очередь работой реле $K2$ управляет релейный усилитель UF , имеющий два входа. На первый (выводы 1, 2) поступает сигнал от трансформатора тока, измеряющих ток нагрузки агрегата. На второй (выводы 3, 4) подключена вторичная обмотка трансформатора тока нулевой последовательности $TA IF$.

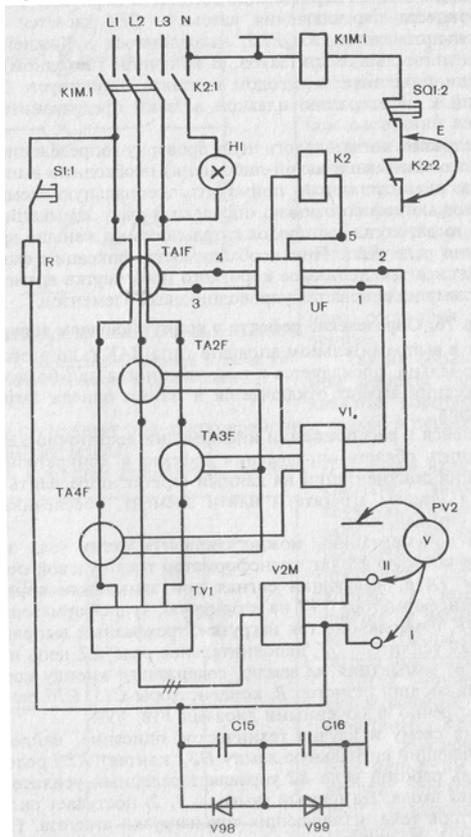
Следовательно, защита может срабатывать по таким причинам:

- короткое замыкание в главных цепях агрегата, в том числе и трансформаторе $TV1$;

¹ Содержит кнопку контроля $S1$, ограничивающий резистор R , конденсаторы $C15, C16$, зашунтированные встречно включенными диодами $V98, V99$.

- перегрузка агрегата по току;
- замыкание первичной обмотки на вторичную.

а)



б)

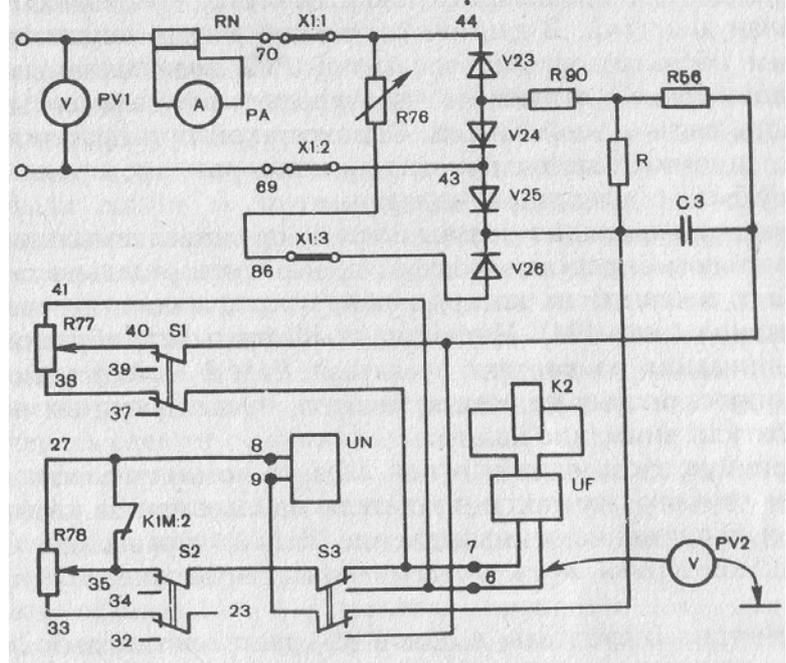


Рис. 107 Выпрямительный агрегат:

а – схема узла защиты

б – фрагмент схемы

Поскольку способы проверки изделий на отсутствие коротких замыканий были рассмотрены, первая причина здесь не рассматривается. Сделано это также и потому, что она не представляет интереса для данного примера.

Тем не менее, как уже говорилось, такую причину при поиске дефектов типа «короткое замыкание» реальных объектах следует всегда рассматривать в числе первых.

Вторая причина несостоятельна в связи с тем, что нагрузка агрегата отсутствует.

Третью гипотезу проверяют с помощью технологического перехода «проверка электрических цепей» путем подключения проводника к выводам первичной и вторичной обмоткам трансформатора.

Однако предпочтительнее проверить отсутствие короткого замыкания между обмотками мегаомметром, измерив сопротивление изоляции между ними.

В связи с тем, что все выдвинутые гипотезы оказались несостоятельными, а выполненное измерение сопротивления изоляции между первичными и вторичными обмотками показало отсутствие короткого замыкания, то для дальнейшего отыскания дефекта можно отключить трансформатор TA1F от схемы, разорвав его связь с релейным усилителем UF.

Прежде чем приступить к проверке работы агрегата с введенным дефектом, проанализируем возможные последствия.

Известный всем запрет разрыва цепи вторичной обмотки трансформатора тока встречался уже в примере 62. Он вызван двумя причинами:

- возможностью появления на выводах вторичной обмотки высокого напряжения при протекании тока в первичной обмотке;
- возможностью перегрева магнитопровода из-за значительного воз-растания индукции при разрыве цепи вторичной обмотки.

Все сказанное казалось бы подтверждает недопустимость ввода в схему агрегата такого дефекта, несмотря на то, что здесь применен не обычный трансформатор тока, а трансформатор тока нулевой последовательности, у которого ток вторичной обмотке при равномерной нагрузке фаз отсутствует, а в первичной обмотке сумма токов равна нулю при выполнении этого же условия.

Тем не менее, в стандарте ГОСТ 8.217-76, устанавливающем методы проведения испытаний трансформаторов тока, предусмотрен метод размагничивания магнитопровода трансформатора, заключающийся в пропускании тока $I_r = 0,1I_n$ через первичную обмотку трансформатора тока с разомкнутой вторичной обмоткой. Поэтому в тех случаях, когда есть гарантия, что ток в первичной обмотке не превысит 10 % номинального, вторичная обмотка трансформатора тока может быть разомкнута.

Так как в трансформаторе $TV1$ нет замыкания первичной обмотки на вторичную, а нагрузка на агрегат отсутствует, то в данном случае можно гарантировать не только отсутствие тока нулевой последовательности, но и доказать, что его значение не превышает 10 % номинального.

Тем не менее, нельзя исключить образование каких-либо непредусмотренных схемой цепей и поэтому после разрыва связи трансформатора $TA1F$ с усилителем UF замкнем вторичную обмотку трансформатора накоротко.

После этого включим агрегат. Но и теперь реле $K2$ срабатывает и отключает агрегат. Из выполненной проверки можно сделать вывод, что защита срабатывает не из-за замыкания первичной обмотки трансформатора $TV1$ на вторичную, так как элемент, реагирующий на этот эффект, отключен и не оказывает влияние на работу реле $K2$.

Проведенный эксперимент позволяет сделать вывод о допустимости дальнейшей работы на агрегате с включенным напряжением.

Из факта срабатывания защиты и после отключения трансформатора $TA1F$ можно заключить, что на входе усилителя UF поступает переменное напряжение.

Прежде чем проверить эту гипотезу, зашунтируем контакт $K2:2$ временной перемычкой E для того, чтобы исключить отключение агрегата по сигналу реле $K2$.

В связи с тем, что реле $K2$ включено в коллекторную цепь выходного транзистора усилителя UF , то с этой же целью возможен разрыв цепи катушки реле $K2$ в точке 5. Выбор между этими вариантами зависит от удобства их выполнения на реальном объекте.

Таким образом, и дальнейший поиск дефекта будет осуществляться с помощью технологического перехода «введение дефекта».

Наличие переменного напряжения относительно «земли» в цепях управления и защиты проверим, подключая поочередно вольтметр к полюсам выходного напряжения и земле (см. поз. *I* и *II* вольтметра *PV2*).

При этом следует помнить, что выполняя такого рода измерения, сначала следует выбрать предел измерения равным или большим номинального напряжения сети и только в том случае, если показания прибора меньше выбранного предела измерения прибора, перейти на другой предел.

Измерения, выполненные таким образом, показали, что переменное напряжение относительно корпуса есть на обоих полюсах агрегата. Для определения источника, от которого поступает это напряжение, необходимо, используя документацию, нарисовать отдельно цепи агрегата, соединенные с выходными полюсами.

Согласно схеме напряжение может поступать как от дефектного трансформатора *TV1*, так и от других цепей агрегата. В связи с тем, что исправность трансформатора *TV1* уже доказана, то первый вариант в дальнейшем не рассматривается.

На рис. 107, б приведен конечный результат составления фрагмента схемы, который показывает, что входы 6, 7 релейного усилителя *UF* имеют гальванические связи с теми точками схемы, где обнаружено наличие переменного напряжения относительно земли.

Кроме того, изучая фрагмент, следует обратить внимание на провода 39, 37, 34, 32, идущие к резисторам дистанционного изменения режима работы ВАКР, так как переменное напряжение может поступать и извне, через поврежденную изоляцию проводов.

Для проверки этой гипотезы можно непосредственно измерить напряжение относительно земли на проводах 37, 39, 32, 34. Но можно поступить более рационально, оставив вольтметр *PV2* подключенным к выводу 6 усилителя, переключить выключатель *S1*, *S2* в положение, когда их контакты не соединяются с проводами 40, 41, 38, 35, 33.

Выполненные действия позволяют заключить, что переменное напряжение поступает к контролируемым точкам не по проводам 39, 37, 34, 32, 23.

Прежде чем продолжить поиск дефекта, необходимо выработать план действий. В данном случае это можно осуществить следующим образом:

- оставив вольтметр *PV2* подключенным к контрольной точке, отключить поочередно все элементы схемы, имеющие связь с этой точкой.

Однако такой путь, напоминающий комбинационный метод поиска, при котором проверяют все элементы объекта, вряд ли рационален.

Поэтому нарисуем отдельно цепи, связанные с точками, на которых обнаружено наличие переменного напряжения (рис. 108,а).

Изучая данный фрагмент, обратим прежде всего внимание на контакт пускателя *K1M:2*.

Естественно, возникает вопрос: почему из всех элементов, представленных на рисунке, обратили внимание на этот контакт?

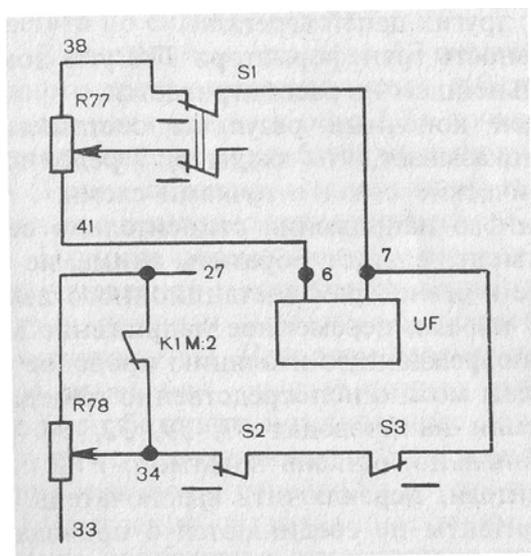
Причина здесь одна и о ней следует помнить всегда в аналогичных случаях:

- контакты пускателя одновременно коммутируют сетевое напряжение и напряжение цепей управления.

Поэтому контактную систему пускателя *K1M* следует проверить прежде всего.

Осматривая пускатель, в одной из групп мостиковых контактов видим следы нагара и находящуюся там шайбу (рис. 108, б), замыкавшую между собой цепи 35 и 3. Таким образом, оказалось, что после срабатывания контактора *K1M* фаза *L3* была подключена к цепям управления. Дефект найден.

а)



б)

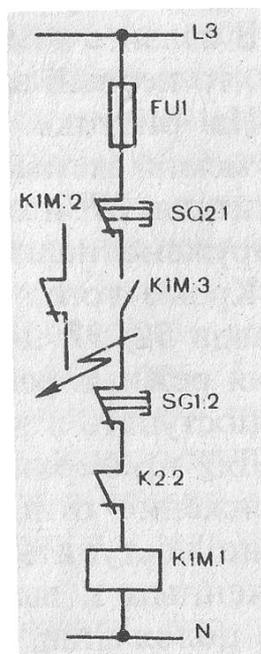


Рис. 108 Фрагмент схемы выпрямительного агрегата (а) и дефект в коммутационном аппарате (б)

После ознакомления с примером может возникнуть вопрос:

- почему не был сразу осмотрен пускатель *K1M*, если на контакторе были видны следы нагара, а в мостиковых контактах - шайба?

Очевидность дефекта стала ясной только после того, как в ходе анализа были один за другим отвергнуты все другие дефекты, проявляющиеся аналогично.

Тем не менее, из данного примера можно сделать вывод, что аппараты, которые частями (не только контактами, но и катушками) подключены к источникам питания, гальваническая связь которых недопустима - самые «опасные» (в смысле возможности возникновения непредусмотренных схемой связей) элементы.

Поэтому при определении дефекта на них в первую очередь следует обращать внимание.

Если таких аппаратов в схеме много, а их осмотр требует снятия защитных оболочек, то их визуальный контроль может потребовать значительных затрат труда. Неэффективным этот технологический переход может оказаться и в том случае, когда гальваническая связь образовалась в результате нарушения изоляции проводников, объединенных в жгут, а также в некоторых других случаях. Поэтому более предпочтительным является предварительное ограничение области определения дефекта, осуществленное в результате выше рассмотренного эксперимента.