

## УДК 621.317.7:621.316.5

### Предварительная диагностика контактных соединений

Савченко П.И., ХГТУСХ, Уваров А.В., ВТМСХ

**КОНТАКТ** (от лат. *contactus* — прикосновение) **электрический** — поверхность соприкосновения (соединения) составных частей электрической цепи, обладающая электропроводностью, или приспособление, обеспечивающее такое соединение [1].

В зависимости от назначения механические контакты делятся на неподвижные, предназначенные для длительного соединения, и подвижные—для включения на определённое время. Неподвижные контакты бывают неразъёмные, в которых контактные элементы (части электрической цепи в области контакта) при монтаже соединяются пайкой, сваркой, клёпкой, обжимкой, врезанием и т. д., и разъёмные, в которых соединение контактных элементов осуществляется либо с помощью зажимов, болтов, винтов и т. п., либо за счёт упругости этих элементов (например, контактных соединителей, панелей). Важная особенность неразъёмных контактов — их высокая износоустойчивость. Подвижные контакты в свою очередь подразделяются на скользящие и разрывные. В скользящих контактах контактные элементы в процессе работы движутся друг относительно друга (контакты между щётками и коллектором, контакты коммутаторов, потенциометров и др.). Трение, возникающее при работе таких контактов приводит к механическому износу контактных элементов. Разрывные контакты предназначены для периодического замыкания и размыкания электрических цепей под токовой нагрузкой (контакты реле, переключателей, выключателей и т. д.). Для разрывных контактов также характерен интенсивный износ контактирующих поверхностей, т. к. при замыкании и размыкании силовой цепи между контактными элементами может возникнуть электрическая дуга с температурой, при которой материал контакта плавится, частично испаряется, изменяя поверхности соединения [1].

В зависимости от формы контакты делятся на точечные (остриё — плоскость, сфера — плоскость, сфера — сфера), используемые главным образом в чувствительных приборах и реле, коммутирующих незначительные нагрузки; линейные (контакты цилиндрических тел и

щёточные контакты); плоскостные (контактирующие поверхности — плоскости), применяемые, как правило, в силовоточной коммутационной аппаратуре [1].

Механические контакты изготавливают из металлов, сплавов и металлических композиций, выбор которых зависит от назначения контактов и условий их эксплуатации. Современные контакты должны устойчиво работать в условиях циклического воздействия температуры, механических нагрузок (вибрация, удары), агрессивных сред. Для неподвижных контактов используют материалы с низким удельным электрическим сопротивлением, обладающие высокой коррозионной стойкостью. Материалами для разъёмных контактов обычно служат Cu, Al, сплавы на их основе, сталь, а также токопроводящие **эластомеры**; для защиты от коррозии поверхности металлических контактов покрывают мягкими металлами (Ag, Sn, Cd, Zn, Ni). Для неразъёмных контактов в технологии электронных приборов, помимо Ni, Cu, Al и их сплавов широко применяются Au, Ag, Pd и др. металлы платиновой группы, а также **контактолы** (синтетические смолы с мелкодисперсным токопроводящим наполнителем, обычно порошком Ag, Pd, Ni). К материалам для подвижных контактов предъявляются требования высокой проводимости, устойчивости против коррозии, электроэрозионной стойкости, хороших теплофизических свойств, механической прочности [1].

На долю контактов приходится 60% повреждений коммутационных аппаратов (реле, магнитных пускателей, автоматических выключателей, переключателей и т.п.) [2] (рис. 1).

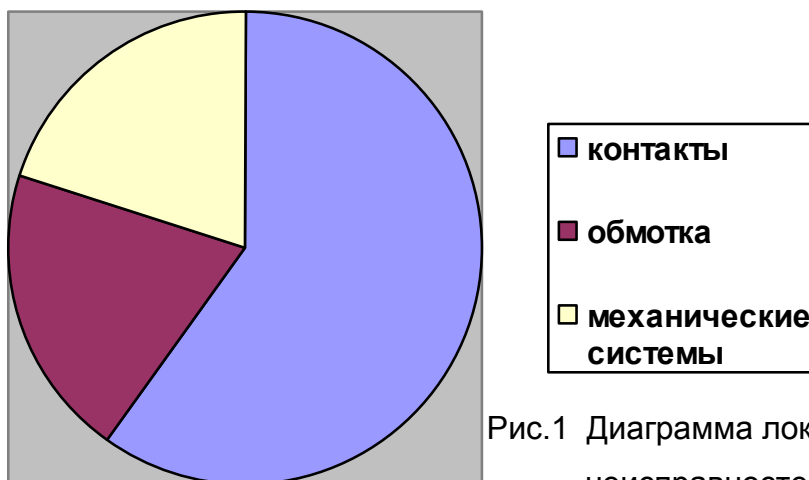


Рис.1 Диаграмма локализации неисправностей в коммутационных аппаратах

Отказы контактов электрических аппаратов объясняются тем, что последние работают в неблагоприятных условиях. На износ контактов влияют такие факторы, как величина тока и напряжения, род тока, частота включения и выключения, характер нагрузки, окружающая среда (температура, влажность, запыленность воздуха, наличие паров и газов), вибрация и др. Одной из основных причин износа контактов является дуга, которая возникает при их размыкании. Дуговой разряд вызывает оплавление и испарение материалов, входящих в состав контактов. Степень износа при этом зависит от величины тока дуги, времени ее горения, материала контактов и их формы. При больших токах и нечастом включении и выключении износ контактов можно считать пропорциональным количеству размыканий. При относительно небольших токах и частых включениях износ в значительной степени зависит от частоты коммутации, потому что с ней связана температура контактов и активность процессов окисления их поверхностей. Электрический износ контактов, как правило, превышает механический. При размыкании между контактами возникает участок расплавленного металла, который испаряется и разбрызгивается тем интенсивнее, чем больше сила тока в данный момент. Электрический износ возникает также при отскакивании подвижных контактов от неподвижных при ударе в момент их соединения. В аппаратах постоянного тока происходит электрическая эрозия контактов, т.е. часть металла переносится с одного контакта на другой, вследствие чего на одних контактах возникают углубления (кратеры), а на других – горбики из перенесенного металла (наросты). Механический износ возникает при ударах контактов, при трении их поверхностей и т.д. В цепях, где сила тока не превышает доли ампера, очень часто наблюдаются отказы от отсутствия замыкания, вызванные пленками окислов на поверхности контактов [2].

Обобщающим параметром, характеризующим состояние контактных соединений, можно считать омическое сопротивление контактной зоны (рис.2).



Рис.2 Омическое сопротивление - обобщающий признак износа контактов

Следовательно, измеряя (контролируя) активное сопротивление контактного соединения (или обратно пропорциональное ему падение напряжения), можно с известными допущениями судить о его качестве.

Для оценки состояния контактов в случае, когда речь идет об отсутствии (обрыве) контакта или о значительном его ухудшении ( $R_{\text{конт}} > 100 \text{ Ом}$ ), хороший диагностический эффект можно получить от применения индикаторных пробников. Контроль при помощи индикации, как правило, осуществляется по принципу «больше – меньше», «есть – нет». Устройства со световой индикацией традиционно выполнялись с использованием неоновых ламп и тиратронов с холодным накалом. Сегодня их целесообразно разрабатывать на основе светодиодов, которые имеют высокие яркость и контраст, высокую чувствительность к управляющим сигналам, малую потребляемую мощность, высокую долговечность и надежность. Кроме того, на отечественном рынке электротехнических

компонентов они представлены в широком ассортименте, не являясь дефицитом, и дешево стоят [3].

Узел, собранный по схеме на рис.3 сигнализирует о полной потере контакта или его значительном ухудшении при рабочем режиме потребителя (подразумевается потребитель как переменного, так и постоянного тока). Для каждой конкретной ситуации резистор R1 выбирается из условия протекания требуемого тока. Диод VD1 защищает светодиод от обратного напряжения и выпрямляет переменное напряжение. Стабилитрон VD2 предохраняет HL1 от перегрузки прямым током. Сопротивление резистора R1 можно вычислить по формуле:

- для цепи постоянного тока

$$R1 = (U_c - U_{VD1} - U_{HL1} - I_{HL1}R_H) / I_{HL1} ;$$

- для цепи переменного тока

$$R1 = (0,5U_c - U_{VD1} - U_{HL1} - I_{HL1}R_H) / I_{HL1} ;$$

где  $U_{VD1}$ ,  $U_{HL1}$  – падения напряжения на элементах  $U_{VD1}$  и  $U_{HL1}$ ;

$I_{HL1}$  – рабочий ток светодиода.

Необходимо отметить, что для практического расчета при фазном напряжении  $U_c=220V$  и мощности нагрузки в сотни ватт, сопротивление резистора R1 можно определять по упрощенным выражениям:

$$R1 = U_c / I_{HL1} \quad - \text{ для цепи постоянного тока и}$$

$$R1 = 0,5U_c / I_{HL1} \quad - \text{ для цепи переменного тока.}$$

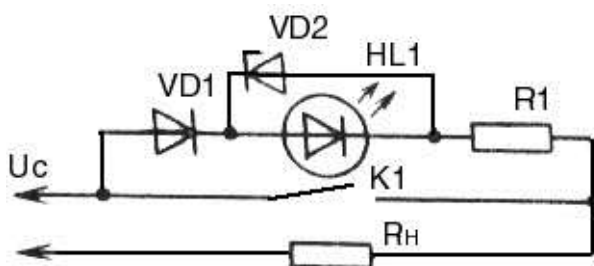


Рис.3 Индикатор качества контакта

Данное устройство может быть смонтировано стационарно на контактах реле, автоматического выключателя или магнитного пускателя.

Для контроля качества контактов можно применить пробник, который питается от заряженного конденсатора (рис.4). Заряжается конденсатор по цепи R2, HL1, VD3 от сети переменного или постоянного тока напряжением 24...220 В. Время полного заряда от сети 220 В у макетного экземпляра пробника составило 34 секунды. Время полной разрядки конденсатора при

коротком замыкании щупов при указанных номиналах схемы – 3 мин. Такой величины заряда хватает на несколько часов работы, связанной с проверкой контактов и «прозвонкой» цепей.

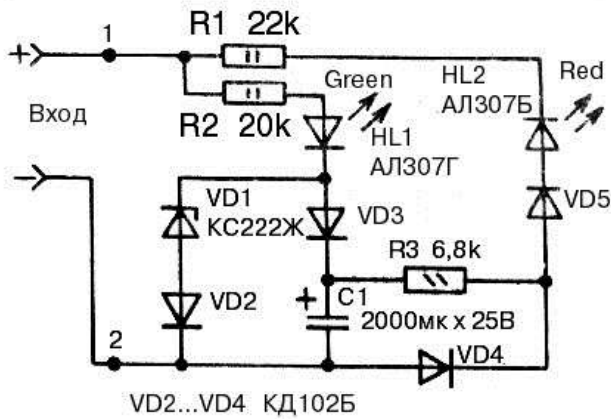


Рис.4

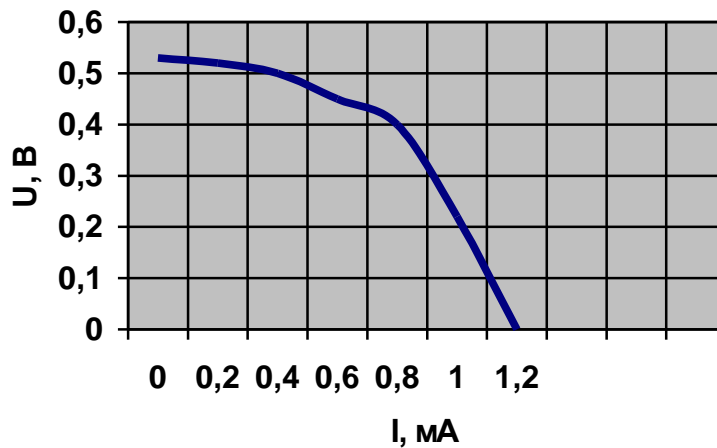
Пробник с питанием от конденсатора

При подключении пробника к источнику постоянного тока в соответствии с полярностью входа загорается светодиод HL1 и конденсатор при этом заряжается до напряжения, примерно равного напряжению стабилизации стабилитрона VD1 (22В). При изменении полярности на противоположную загорается светодиод HL2, и конденсатор разряжается. При подаче на вход переменного напряжения загораются оба светодиода, и конденсатор заряжается. В режиме проверки контактных соединений роль индикатора выполняет светодиод HL2 [3].

Возможен вариант пробника, работающего от полупроводниковых фотоэлементов. В их качестве могут служить транзисторы типов КТ803...КТ808 со спиленными крышками корпусов с целью доступа светового потока к кристаллу. Транзисторы используются в диодном включении. Кроме того, допустимо применение вышедших из строя транзисторов при условии, что у них сохранен один *p-n* – переход (чаще остается целым коллекторный *p-n* – переход). Вольт-амперная характеристика фотоэлемента с одним *p-n* – переходом практически повторяет характеристику исправного транзистора в диодном включении (рис5).

Рис.5

**ВАХ фотоэлемента на транзисторе КТ808А**



В опытных образцах фотоэлектрических пробников использовались два варианта фотоэлементов: один – составленный из четырех транзисторов КТ808А (рис.6), другой – из трех фотодиодов **1PP75** фирмы “Tesla”(рис.7). Оба пробника уверенно работали при уровне освещенности в помещении 50лк [4].

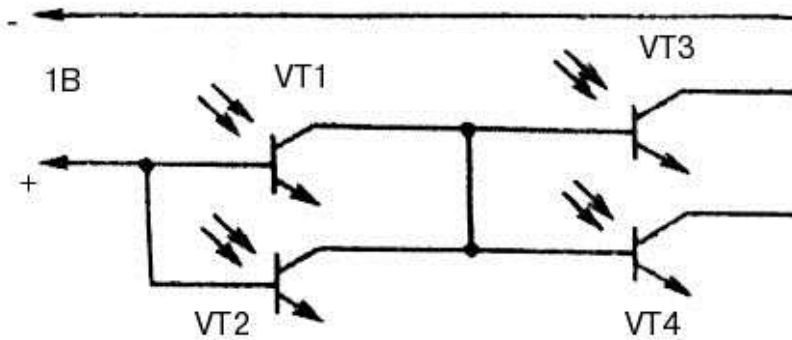


Рис.6

Составной фотоэлемент из транзисторов с исправным коллекторным *p-n* – переходом.

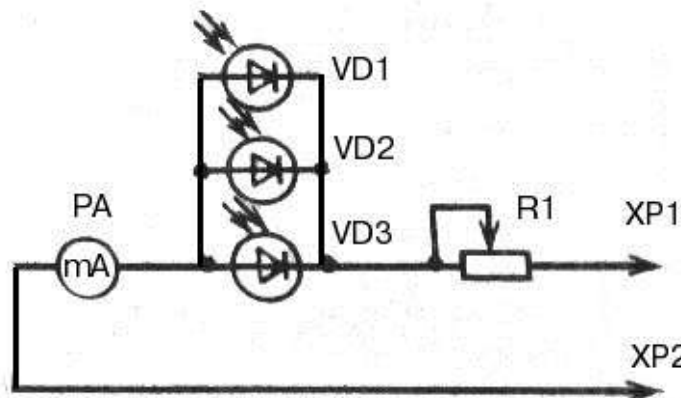


Рис.7

Фотоэлектрический пробник с фотоэлементом на фотодиодах.

В качестве индикатора в схеме (рис.7) использован малогабаритный миллиамперметр М4762, широко используемый в бытовой аудиоаппаратуре.

Несомненными достоинствами рассмотренных устройств являются:

1. Отсутствие гальванических элементов питания;
2. Простота схемотехнического решения;
3. Эксплуатационная надежность;
4. Доступная элементная база;
5. Низкая стоимость;
6. Хорошая повторяемость конструкций.

Экономичные и надежные пробники со звуковой индикацией также вполне адекватны задачам экспресс-диагностики [5]. Две схема простых низкоомных пробников такого типа приведены на рис.8. Это звуковые генераторы, частота которых существенно зависит от сопротивления в эмиттерной цепи транзистора. С уменьшением сопротивления между щупами частота звука увеличивается настолько, что по ее изменению можно судить о качестве контактного соединения (ориентиром служит максимальная частота генератора при замкнутых щупах).

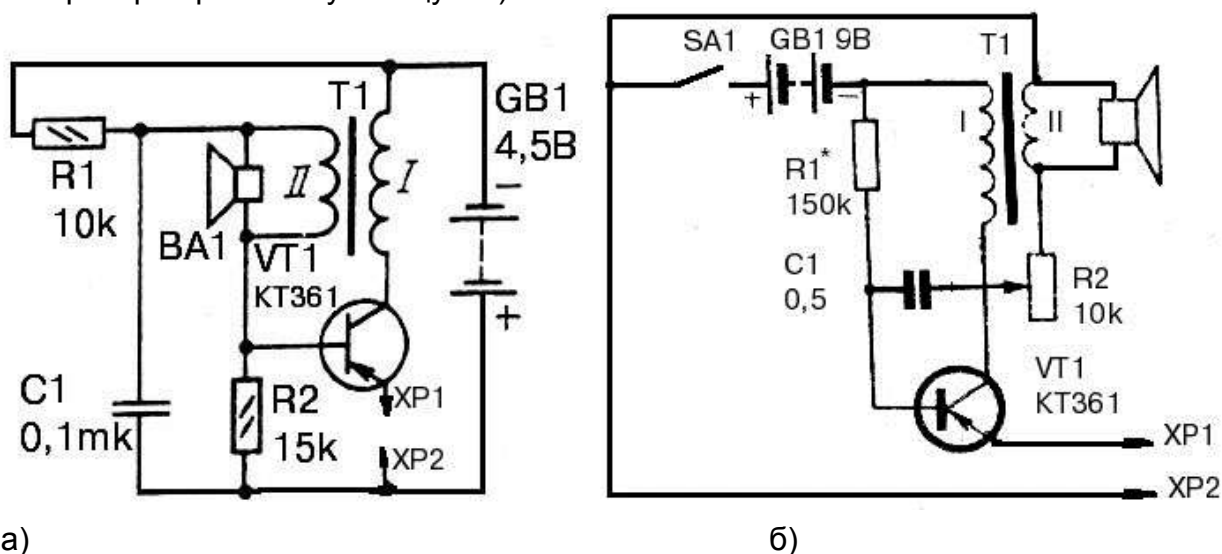


Рис.8 Принципиальные схемы низкоомных пробников со звуковой индикацией

Теоретически, - использование рассмотренных выше диагностических средств позволяет лишь в первом приближении оценить состояние контактов и сделать заключение о целесообразности более точной диагностики. Практически, - в большинстве случаев данных средств достаточно, чтобы принять решение о необходимости профилактического обслуживания, ремонта или замены контактов.



## Литература

1. Электроника. Энциклопедический словарь.  
М. "Советская энциклопедия" 1991
2. В.П.Таран Технічна діагностика при експлуатації електрообладнання  
Київ "Урожай" 1978
3. Ю.А.Быстров, А.П.Гапунов, Г.М.Персианов Сто схем с индикаторами  
М. "Радио и связь" 1990
4. А.В.Уваров Фотоэлектрический пробник  
Сельский механизатор, N 6 1990 г. с.28
5. А.В.Уваров УДК 621.317.7:631.3 Измерительные приборы для сельского хозяйства  
Техника в сельском хозяйстве, N 1 1987 г. с.55