

*Н.А. ЛЕЛЮК*, зав. лаб. каф. "Электрические аппараты",  
НТУ "ХПИ", Харьков

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ДИАГНОСТИКИ ОТСКОКОВ КОНТАКТОВ КОММУТАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Наведено результати аналізу відомих способів діагностики відскоків контактів комутаційних електричних апаратів. Запропоновано новий спосіб та структурна схема пристрою для його реалізації.

Приведены результаты анализа известных способов диагностики отскоков контактов коммутационных электрических аппаратов. Предложен новый способ и структурная схема устройства для его реализации.

**Введение.** При работе современных коммутационных электрических аппаратов (ЭА) в нормальном режиме возникает дребезг (отскок) контактов в момент включения. Этот дребезг крайне нежелателен, так как приводит к увеличению износа контактов и, как следствие, выходу их из строя [1, 2]. Для снижения дребезга применяют методы, использующие механическое воздействие на подвижный контакт ЭА с использованием "зашелок" по типу "молнии" [3] или специальные фиксаторы на подвижном контакте [4]. Недостаток этих методов заключается в отсутствии связи параметров отскока с теплофизическими параметрами контактов.

**Цель работы** – разработка устройства для контроля отброса контактов коммутационного ЭА и расширение функциональных возможностей способа диагностики отскоков контактов коммутационного ЭА за счет учета условия включения его в сеть с аварийным режимом, например, в сеть с током короткого замыкания (КЗ).

**Анализ известных способов.** Известен способ для контроля дребезга контактов, реализованный в контактной системе для коммутационных аппаратов и используется для уменьшения отскоков (рис. 1) [5]. Контактная система содержит подвижную 1 и неподвижную 2 плоские контактные пружины, на которых находятся контакты 3. С помощью клеевых соединений 4 закреплены демпфирующие элементы в виде пьезокерамических пластин 5 и 6 с внешним 7 и внутренним 8 электродами в зоне крепления контакт-деталей ЭА. Внешний электрод 7 прямоугольной пьезокерамической пластины 5 через анод диода 9

подключен к первому входу усилителя 10, второй вход которого, через мультивибратор 11, электрически связан с управляющей цепью контактной системы 12. Оба внутренних электрода 8 прямоугольных пьезокерамических пластин 5 и 6 соединены между собой и с одним из выводов резистора 13, в котором происходит падение напряжения и выделение преобразованной электрической энергии.

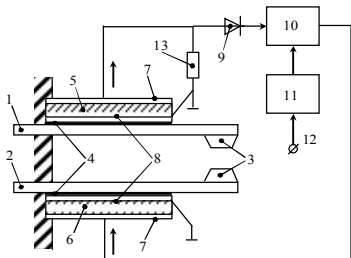


Рис. 1. Схема системы для уменьшения дребезга контактов.

формирование на электродах одной пьезокерамической пластины сигнала электрического напряжения и усиление этого сигнала с заданной выдержкой во времени с начала отскока. Недостатком известного способа является ограниченная область применения при условии, что токи ЭА являются номинальными. Тем самым ограничиваются возможности автоматизации контроля отскоков.

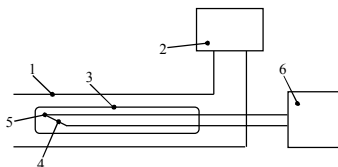


Рис. 2. Структурная схема способа контроля качества герконов.

Известен также способ, который используется для контроля качества герметичных контактов (герконов) (рис. 2) [6]. Способ включает подачу управляющего сигнала с источника тока 2 на внутреннюю полость электромагнитной катушки 1 в которой находится геркон 3, при этом магнитное поле размыкает замкнутые контакт-детали 4 и 5 запаянные в герконе. Для замыкания контакт-деталей 4 и 5 необходимо выключить источник питания 2, при этом происходит измерение параметров дребезга в момент замыкания контакт-деталей после окончания действия управляющего сигнала измерительным блоком 6, причем в качестве измеренного параметра используют длительность дребезга, и определение качества герконов путем сравнения измеренных параметров с эталоном. Это сравнение проводится в течение фиксированного интервала времени путем определения присутствия или отсутствия отскока контакт-деталей. Как управляющий сигнал может быть использовано магнитное поле или механический удар. В этом способе используют установленные экспериментально взаимосвязи между параметрами отскоков (диапазон значений парамет-

Способ включает контроль отскока при ударе контакт-детали,

который используется для контроля качества герметичных контактов (герконов) (рис. 2) [6].

Способ включает подачу управляющего сигнала с источника тока 2 на внутреннюю полость электромагнитной катушки 1 в которой находится геркон 3, при этом магнитное поле размыкает замкнутые контакт-детали 4 и 5 запаянные в герконе.

ров отскоков, ограниченный верхним и нижним предельно допустимыми значениями, длительность отскоков, длительность первого отскока) и силой контактного нажатия. Недостатком известного способа является ограниченная область применения, поскольку параметры, которые использовались в основных операциях, определены при режиме работы аппарата (геркона) с номинальными данными (экспериментально определены верхние и нижние предельно допустимые значения параметров отскока, длительность действия управляющего сигнала, длительность измерения параметров отскока контакт-деталей).

**Разработка способа диагностики отскоков контактов.** Для достижения поставленной цели в способе диагностики отскоков контактов, который включает подачу управляющего сигнала для замыкания контакт-деталей, измерения параметров отскока в момент замыкания контакт-деталей, сравнение измеренных параметров с эталоном, дополнительно перед подачей управляющего сигнала формируют сигнал аварийного прерывания диагностики, а после подачи управляющего сигнала измеряют ток в момент замыкания контакт-деталей, сравнивают его с сигналом аварийного прерывания диагностики и в случае его превышения останавливают диагностику.

На рис. 3 приведены временные диаграммы, которые поясняют физические процессы предложенного способа, на рис. 4 – функциональная схема устройства, с помощью которого реализуется предлагаемый способ.

При подаче управляющего сигнала для замыкания контакт деталей в коммутационном ЭА начинается процесс отскока контактов. Характер отскока зависит от режима работы сети, к которой подключают ЭА. Кривые отскока  $b(t)$  контактов при включении ЭА к сети с номинальным и аварийным режимом работы приведены на рис. 3, а; кривая 1 ограничивает зону сигналов "шума" до начала процесса отскоков и характеризуется амплитудой  $b_0$  (минимальный параметр отскока); кривая 2 показывает поведение подвижного контакта во времени при серии из  $N$  отскоков, которые характеризуются амплитудами,  $-b_1 \dots b_N$  (последовательность максимальных параметров отскоков); кривая 3 – зависимость расстояния подвижного контакта при включении аппарата к сети с аварийным током, который характеризуется амплитудой  $b_a$ . Кривые токов  $I_n$  и  $I_a$ , что протекают по главным контактам при включении контактов коммутационного ЭА к сети соответственно с номинальным и аварийным режимом работы, приведены на рис. 3, б. В качестве сигнала аварийного прерывания диагностики в данном способе использована величина тока  $I_a$ . Она устанавливается экспериментально

до начала подачи управляющего сигнала для замыкания контакт деталей в зависимости от типа и назначения ЭА.

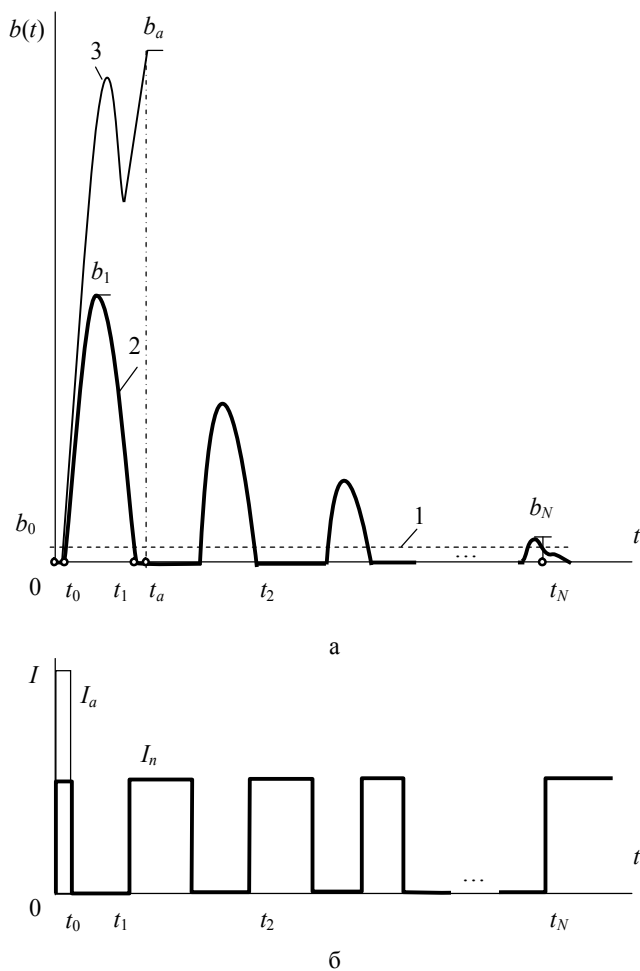


Рис. 3. Функции отскока и тока при замыкании контактов ЭА.

На диаграммах за начало процесса принят момент первого касания контактов (точка  $t = 0$ ); интервалы времени характеризуют следующие составляющие процесса отскоков для кривой 2:  $(0, t_0)$  – де-

формация контактов,  $(t_0, t_1)$  – первый отскок подвижного контакта,  $(t_1, t_2)$  – цикл замкнутого и разомкнутого состояния контактов при втором отскоке;  $t_N$  – момент окончания процесса отскоков контактов;  $t_a$  – момент перехода подвижного контакта от процесса отскока к процессу отключения ЭА.

Количество отскоков  $N$  может меняться при длительном времени эксплуатации ЭА. Анализ отскоков контактов ЭА свидетельствует о том, что в начале эксплуатации при установленном давлении контактной пружины число  $N$  может быть малым и даже равным единице, а при значительном сроке эксплуатации может колебаться в диапазоне 10-100 единиц.

В соответствии с предложенным способом, после подачи управляющего сигнала контакт-детали замыкаются и находятся в этом состоянии в интервале времени  $(0, t_0)$ , после чего начинается процесс первого отскока контактов. В зависимости от состояния сети, к которой подключен ЭА, по контактам протекает ток  $I_n$  или  $I_a$ . Операцию измерения тока в этом интервале определяет, по сути, режим работы сети, аварийный или номинальный. После первого отскока контакта протекание тока в контакт-деталях прерывается. Длительность такого перерыва также зависит от режима работы сети: при номинальном режиме это интервал времени  $(t_0, t_1)$ , при аварийном режиме –  $(t_0, t_a)$ . В момент времени  $t_a$  при аварийном режиме отскок контакта заканчивается и начинается процесс отключения ЭА и контакты полностью расходятся на величину рабочего зазора. В случае, когда при диагностике состояния контактов присутствует только один отскок, предложенный способ позволяет однозначно определить аварийный режим по результатам измерения тока  $I_a$ , и остановить диагностику, поскольку при этом отсутствует процесс отскока контактов. В случае, когда ЭА подключается к сети с номинальным режимом работы, качество диагностики состояния контактов не снижается и поставленная цель достигается.

**Структура устройства диагностики.** Функциональная схема устройства (рис. 4), которое реализует предложенный способ, содержит вибродатчик-акселерометр 1, установленный в зоне крепления неподвижного контакта ЭА, усилитель 2, к выходу которого подключены формирователи низкого 3 и высокого 4 уровня эталонных сигналов, выходы которых подключены к первому и второму входам логического элемента ИЛИ 5, выход последнего подключен к первому входу логического элемента И 6, ко второму инверсному входу которого подключен выход последовательно соединенных токовой катушки 7, ограничителя аварийного сигнала 8 и формирователя сигнала аварий-

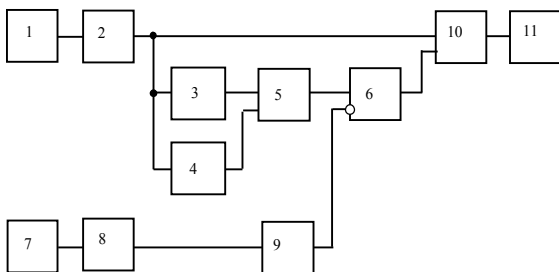


Рис. 4. Структурная схема устройства диагностики.

ду усилителя 2, а выход – к измерительному блоку 11.

В начальном состоянии контакты ЭА разомкнуты, на выходе вибродатчика-акселерометра 1 присутствует сигнал "шума", который усиливается в блоке 2 и поступает на входы формирователей 3, 4 и на сигнальный вход ключа 10. Кроме того, в токовой катушке 7 отсутствует ток, поскольку он не протекает в силовой цепи ЭА. Формирователи 3 и 4 могут быть выполнены в виде аналого-цифровых преобразователей или одновибраторов, которые настроены таким образом, что при амплитуде составляющих сигнала "шума" ниже установленного заданного порога на их выходах отсутствуют сигналы, то есть они соответствуют сигналам "логический 0". При подаче сигналов "логический 0" на логический элемент ИЛИ 5 на его выходе формируется также сигнал "логический 0". В результате отсутствия тока аппарата на выходе формирователя сигнала аварийного прерывания диагностики 9 присутствует сигнал "логический 0", который вместе с сигналом "логический 0" с выхода 5 подается на вход логического элемента И 6. С выхода элемента 6 сигнал "логический 0" подается на управляющий вход ключа 10, сигнальный вход которого подключен к выходу усилителя 2, а выход – к измерительному блоку 11. В результате отсутствия сигнала на управляющем входе ключ 10 остается в замкнутом состоянии и на измерительный блок 11 не поступает никакого сигнала.

При подключении ЭА к сети, параметры которой отвечают номинальному режиму, начинается процесс замыкания контактов. Подвижный контакт ЭА набирает скорость, с силой касается неподвижного контакта и начинается процесс отскоков контактов. Начиная с момента первого касания контактов вибродатчиком-акселерометром 1 формируется аналоговый сигнал, пиковая амплитуда которого превышает

ного прерывания диагностики 9, причем токовая катушка включена непосредственно на входе коммутационного ЭА, выход логического элемента 6 подключен к управляющему входу ключа 10, сигнальный вход которого подключен к выходу

сигнал "шума", а в токовой катушке 7 протекает ток. В блоках 3-6, 9 осуществляются логические операции, на основе которых обеспечиваются условия измерения параметров процесса отскоков контактов и сравнения их с эталонными сигналами. Сформированный в блоке 1 аналоговый сигнал усиливается в блоке 2 и поступает на входы формирователей 3, 4 и на сигнальный вход ключа 10. В блоках 3 и 4 формируются логические сигналы, которые отвечают эталонным сигналам соответственно высокого и низкого уровня. В случае, когда амплитуда отскока подвижного контакта превышает заданную минимальную величину, на выходах формирователей 3 и 4 присутствуют сигналы типа "логическая 1". Логический элемент ИЛИ 5 при этом выдает на выходе сигнал "логическая 1". Поскольку режим работы силовой цепи ЭА является номинальным, амплитуда тока катушки 7 ограничена заданной величиной. Аналоговый сигнал тока с катушки 7 сравнивается с заданным сигналом ограничителя аварийного сигнала в блоке 8 и подается в формирователь сигнала аварийного прерывания диагностики 9, где переводится в цифровую форму и в виде сигнала "логическая 1" присутствует на его выходе. Логические сигналы из выходов блоков 5 и 9 подаются соответственно на прямой и инверсный входы логического элемента И 6. Для данной комбинации входных сигналов на выходе блока 6 формируется сигнал "логическая 1" для управления ключом 10: последний открывается для передачи аналогового сигнала отскока к измерительному блоку 11 и регистрации. Если величина отскока при дальнейших отскоках контактов уменьшается по амплитуде по отношению к заданной величине, формирователем низкого уровня сигнала 4 выдается сигнал "логический 0", блок 5 формирует на выходе сигнал "логический 0", в результате чего блок 6 также формирует на выходе сигнал "логический 0", ключ 10 закрывается и регистрация сигнала отскоков прекращается.

При включении ЭА в сеть, параметры которой отвечают аварийному режиму, сигнал токовой катушки 7 превышает заданную величину, ограничитель 8 срабатывает, формирователь 9 выдает сигнал "логический 0", блок 6 также выдает на выходе сигнал "логический 0", ключ 10 закрывается и на измерительный блок 11 сигнал не поступает. Диагностика прерывается.

Предложенный способ диагностики отскоков контактов коммутационного ЭА расширяет функциональные возможности по сравнению с известными способами. Это расширение обеспечивается за счет учета дополнительного – аварийного режима работы ЭА, например, при включении ЭА в сеть с токами КЗ.

## **Выводы.**

1. Проведен анализ известных способов контроля отскоков (дребезга) контактов ЭА. В качестве общего недостатка выделено отсутствие учета аварийного режима работы сети, в которую включен ЭА, что ограничивает его функциональные возможности в случае автоматизации процессов диагностики отскоков контактов коммутационных ЭА.

2. Предложены новый способ и устройство для автоматизации процесса отскока контактов коммутационных ЭА. Отличительной особенностью их является учет состояния сети, в которую включен ЭА и автоматическое прерывание диагностики отскоков в случае протекания аварийного тока в сети. Предложенное техническое решение расширяет функциональные возможности по сравнению с известными.

**Список литературы:** 1. *Шевченко С.М.* Движение и удары в электрических аппаратах автоматического управления. – М.: Энергия, 1979. – 144 с. 2. *Сахаров П.В.* Проектирование электрических аппаратов (Общие вопросы проектирования). – М.: Энергия, 1971. – 560 с. 3. Демпфирующий элемент для снижения дребезга контактных групп электромагнитного реле. А.с. 410475 СССР, МКИ Н 01 Н 1/50 / М.А. Шварц, П.А. Лебедев, Б.Е. Гольдман, А.С. Шварц (СССР). – № 1720733/24-07; Заявлено 03.12.71; Оpubл. 28.05.74, Бюл. №1. – 2 с. 4. Контактное устройство. А.с. 1654888 СССР, МКИ Н 01 Н 1/20 / В.И. Мишкович, В.В. Кононенко, В.В. Муханов, Л.В. Шагинян, В.Е. Столярчук (СССР). – № 4636662/07; Заявлено 13.01.89; Оpubл. 07.06.91, Бюл. №21. – 4 с. 5. Контактная система коммутационных аппаратов: А.с. 1188797 СССР, МКИ Н 01 Н 1/50 / В.В. Волков, А.В. Гудялис, К.М. Рагульскис, Г.Э. Римша, С.-Э. Б. Славичкас. – №3718503/24-07; Заявлено 27.03.85. Оpubл. 30.10.85, Бюл. №40. 6. Способ контроля качества герконов: А.с. 2059317 СССР, МКИ Н 01 Н 1/66 / В.П. Соломатин, И.В. Вьюков, Р.М. Майзельс, Ю.А. Шрайнер, В.М. Ермаков, В.Л. Севский, Н.Д. Попов. – №93054308/28; Заявлено 06.12.93. Оpubл. 27.04.96, Бюл. №12.



**Лелюк Николай Анатольевич**, зав. лабораторией кафедры "Электрические аппараты". Защитил диплом магистра в НТУ "ХПИ" по специальности электрические машины и аппараты в 2006 г. Научные интересы связаны с проблемой повышения надежности и снижения вибрации контактов электрических аппаратов.

*Поступила в редколлегию 11.10.2011  
Рецензент д.т.н., проф. Болюх В.Ф.*