



## БЕСКОНТАКТНЫЕ КОММУТАЦИОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пьезоэффект был открыт еще в XIX веке, а со второй половины XX активно развивается теория и технология получения пьезокерамических материалов. И сегодня пьезокерамика — один из перспективных материалов века XXI. Причина в том, что замечательные свойства этого материала до сих пор не в полной мере востребованы наукой, техникой и современными технологиями. Активное применение пьезокерамики в различных областях началось лишь в 60–70-е годы прошлого века. Достаточно хорошо изучены и используются свойства пьезокерамических датчиков и пьезокерамических преобразователей. В то же время, современные требования к энергосбережению, миниатюризации, адаптивности к компьютерным системам управления и контроля все чаще заставляют производителей электронных систем и оборудования обращаться к поиску свежих технологических решений с использованием пьезокерамических устройств. В результате появляются новые типы пьезокерамики, создаются новые и совершенствуются известные пьезокерамические элементы и компоненты.

Сегодня пьезокерамика широко используется для изготовления компонентов, узлов и устройств. Пьезокерамические датчики все активнее применяются в медицине для УЗИ-диагностики, в авиационном и железнодорожном транспорте, энергетике, нефтегазовом комплексе; силовые пьезокерамические устройства — в УЗИ-сварке, для чистки поверхностей, нанесения покрытий, сверления и т. п. Пьезоэлектрические элементы идеальны и для выполнения электромеханических преобразователей. Применение пьезокерамических элементов в изделиях коммутации электрических сигналов привело к качественно новому уровню производства кнопок, клавиатур, выключателей, переключателей и интегрированных изделий на их основе, позволивших достаточно простыми средствами достичь высокой надежности, малых габаритов, современного дизайна. Эти изделия могут работать в химически агрессивных средах, в воде, песке, металлической стружке, обеспечивать искробезопасную бесконтактную коммутацию с числом коммутационных циклов, не имеющих аналогов у других коммутационных устройств, широкий диапазон рабочих температур, токов и напряжений, воз-

С.Хондраш  
semion@baran-at.com

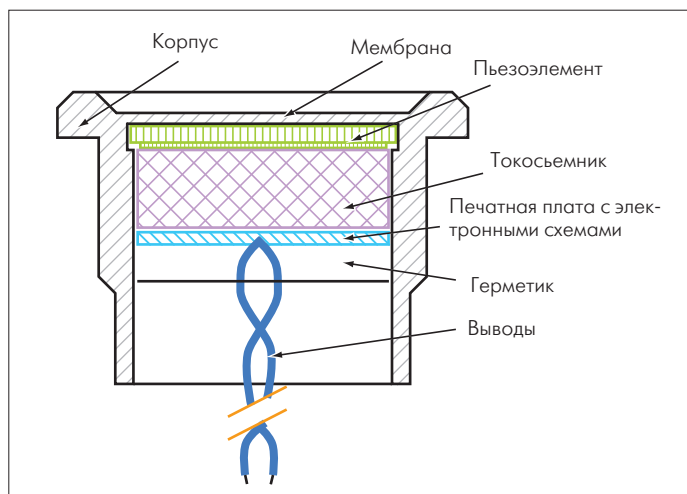
можность антивандального исполнения аппаратуры. И к тому же стоимость их невелика. В отличие от существующих емкостных, индуктивных и других сенсоров, пьезокнопки не требуют применения дополнительного источника питания. На одном металлическом листе можно размещать неограниченное число кнопок, что позволяет объединять их в клавиатуры с различными схемами соединений.

Массовое производство пьезокерамических коммутационных изделий зарубежными фирмами началось в 1990 году. В СССР же первые опытные изделия на основе пьезокерамики появились еще в 1984–1985 годы. Однако из-за низкого качества отечественных пьезоэлектрических элементов и невозможности покупки их за рубежом эта технология не получила должного развития. Сегодня ведущий мировой производитель пьезокоммутационных изделий — компания EVERSWITCH Baran Advanced Technologies, Израиль, на долю которой приходится 36% их объема выпуска. Далее следуют фирмы ALGRA, Швеция (26%), SHURTER, Германия (25%), Т.Н. tschudin & heid ad, Швеция (9%) и PSD, США (4%).

Современные пьезокнопки имеют следующие технические характеристики:

Напряжение .....	до 1000 В и более
Ток, постоянный/переменный .....	до 10 А и более
Сопrotивление электрического контакта	
в состоянии "включено" .....	0,01 Ом
в состоянии "выключено" .....	> 5 МОм
Емкость .....	25 пФ
Число коммутационных циклов .....	> 50 · 10 <sup>6</sup>
Диапазон рабочих температур .....	-40...125°C
Усилие нажатия .....	3–5 Н
Материал корпуса .....	нержавеющая сталь, алюминий, латунь, пластмассы

**Принцип работы** пьезокнопки основан на эффекте ее деформации при нажатии на нее. При этом на обкладках (электродах) кнопки возникает напряжение, достаточное для надежного управления транзисторными ключами, смонтированными в безвыводные корпуса. Пьезоэлемент располагается на внутренней стороне металлического или пластмассового корпуса (рис.1). Напряжение, снимаемое токосъемником с его электродов, подается на размещенную в корпусе печатную плату с электронной схемой, состоящей из двух резисторов, диода и двух транзисторных ключей, которые коммутируют внешнее напряжение (ток) в нагрузку. Вся конструкция залита герметиком. Выводы могут быть присоединены к разъему, проводам или кабелю.



**Рис. 1. Конструкция пьезокнопки**

Функционально пьезокнопки подразделяются на два вида:

- **импульсные** с нормально открытыми (Н.О.) или нормально закрытыми (Н.З.) контактами, время замыкания или размыкания которых составляет 120–500 мс;
- **продолжительного действия** с Н.О. или Н.З. контактами, время замыкания или размыкания которых достигает 10 с (рис.2а,б). Кнопки обоих видов выпускаются в корпусах с индикацией на базе светодиода или светодиодного кольца.



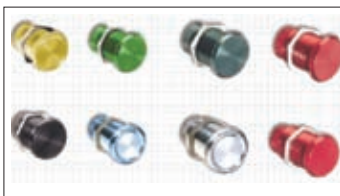
**Рис.2. Пьезокнопки: а) импульсные и б) продолжительного действия**



**Рис.3. Современные пьезокнопки**

Корпуса изготавливаются из нержавеющей стали, анодированного алюминия красного, зеленого, голубого, черного, желтого или натурального цветов, а также из пластмасс и других материалов (рис.3). Надписи выполняются фотохимическим способом, лазерной или механической гравировкой. Установочные размеры корпуса: диаметр 16–40 мм с резьбой М16 длиной 8–20 мм в исполнении для наружной и внутренней установки на панель. Выводы могут присоединяться к стандартному кабелю, проводам или разъему. Кнопки могут выполняться с тактильным эффектом.

Сегодня на рынке широко представлены и **интегрированные пьезокнопки** (рис.4), требующие дополнительного питания, но со значительно расширенными функциональными возможностями. С помощью дополнительной электроники можно получить многоканальную



**Рис.4. Интегрированные пьезокнопки**

пьезокнопку с встроенными таймерами на включение или отключение и для выполнения сложных циклически повторяемых программ. А применение достаточно дешевых программируемых микроконтроллеров позволило создать программируемые и перепрограммируемые пьезокнопки. Стала возможной реализация кнопок повышенной секретности, с защитой от случайных срабатываний, а также специальных слайд-кнопок, которые срабатывают при нажа-

тии и движении пальца в определенном направлении и с определенной скоростью.

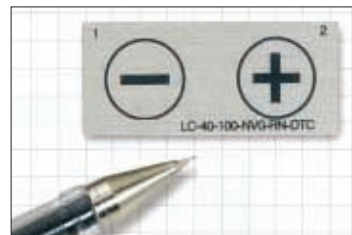
Функционально интегрированные пьезокнопки можно подразделить на следующие типы:

- **продолжительного действия** с Н.О. или Н.З. контактами, время замыкания или размыкания которых достигает 30 с и более;
- **типа включено/выключено** с Н.О.или Н.З. контактами, включающиеся при нажатии и отключающиеся при повторном нажатии;
- **с таймером времени**, включающиеся или отключающиеся с выдержкой во времени;
- **с таймером времени/остановом**, включающиеся или отключающиеся с выдержкой во времени, но с возможностью прервать временную выдержку;
- **однократно программируемые**, позволяющие реализовать любую сложную программу однократного или циклического включения или отключения нагрузки с требуемой выдержкой. Например, задать включение одной нагрузки на 5 мин после нажатия кнопки, запретить возможность прерывания программы в течение 6 мин, после отработки с 5-мин вы-



**Рис.5. Кнопка с перепрограммируемым таймером**

- держкой и через 24 ч включить вторую нагрузку на 3 мин и далее повторять программу через каждые 48 ч. Программа записывается с помощью программатора;
- **многokrратно программируемые** – те же функции, что и у предыдущего типа, но с возможностью записи новой версии или другой программы;
- **мультипрограммные**, в память микроконтроллера которых программатором одновременно записываются пять или более сложных программ. Пользователь с помощью несложных манипуляций может выбрать и активизировать нужную программу. Например, для активизации, скажем, одной из программ снять напряжение питания кнопки и подать вновь. При этом в течение 3 с на обратной стороне кнопки загорается дополнительный светодиод, показывающий, что пользователь может активизировать любую программу путем нажатия этой кнопки.



**Рис.6. Кнопка с регулируемым выходным сопротивлением (потенциометр)**

- Так, чтобы активизировать программу под номером 3, нужно нажать кнопку три раза и подождать 2 с, в течение которых кнопка активизируется, после чего светодиод гаснет. Теперь кнопка хранит третью программу, т.е. при каждом ее нажатии будет запущена именно эта программа. Для активизации другой программы нужно выполнить все операции еще раз. При случайном отключении напряжения питания сохраняется последняя настройка;
- **перепрограммируемые** (рис.5, 6) позволяющие пользователю записывать и перезаписывать программу в память микроконтроллера кнопки без программатора с помощью несложных перечисленных выше манипуляций, что очень важно для эксплуатации в полевых условиях;

- **специальные** (рис.7, 8), в память микроконтроллера которых записываются специальные программы, позволяющие преобразовать длительность нажатия кнопки в соответствующий последовательный стандартный сигнал. Нагрузка включается после выполнения определенной комбинации нажатий и пауз. К специальным относятся и так называемые слайд-кнопки – группа кнопок с общей мембраной, которые



**Рис.7. Слайд-кнопка**

включают нагрузку только при нажатии и перемещении пальца в строго определенном направлении и, если нужно, с определенной скоростью (экстренное открытие дверей в самолете, электропоезде и других объектах, где нужно исключить ошибочное срабатывание) (рис.7, 8). Напряжение питания специализированных кнопок универсальное – 9–24 В переменного или постоянного тока. Потребляемый ток – 1–2 мА в режиме ожидания и до 10 мА в активном режиме. Выпускаются и кнопки, не потребляющие энергию в режиме ожидания, что очень важно при батарейном питании.

Интегрированные кнопки защищены от воздействия статического электричества, в них предусмотрена гальваническая развязка выходов с источником питания. При необходимости такие кнопки выполняются с защитой от перегрузки и короткого замыкания. Гарантируемый срок хранения программы при отсутствии напряжения – 10 лет. Коммутационные параметры те же, что

и у традиционных коммутационных кнопок. Установочные размеры специальных кнопок: диаметр 16–40 мм с резьбой М16 длиной 30–35 мм в исполнении для наружной и внутренней установки на панель.

### ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Современный дизайн и малые габариты делают современные коммутационные пьезокнопки весьма перспективными для самого широкого применения – от офисного и банковского оборудования до установок прокатного стана для управления технологическими процессами в неблагоприятных и особо неблагоприятных условиях эксплуатации (при высокой влажности, в водной, запыленной, песчаной среде, в металлической стружке, в химически агрессивной среде, при больших перепадах температуры, в пожаро- и взрывоопасной среде). Используются пьезокнопки в нефтяной, газовой и химической отраслях промышленности, в приборостроении; системах морского и железнодорожного транспорта; авиационном и космическом оборудовании; в электронных устройствах автомобилей и автозаправочных станций; лифтовом, шахтном оборудовании; в аппаратуре энергетики и связи, на предприятиях пищевой, зерноперерабатывающей и мукомольной промышленности.



**Рис.8. Кнопка с тактильным эффектом нажатия**