

УДК 621.389

**ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТЫ
PIEZOELECTRIC ELEMENTS**

А.В. Борисенко

Научный руководитель – Т.Е. Жуковская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Borisenko

Supervisor – T. Zhukovskaya Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: *Пьезоэлементы – диэлектрики, которые под действием деформации могут индуцировать электрический заряд или под влиянием внешнего электрического поля могут деформироваться. Пьезоэффект это и есть возможность индуцировать электрический заряд. Он бывает прямой и обратный. Наиболее распространенные пьезоэлектрические материалы – кварц, цирконат-титанат свинца (PZT), нитрид алюминия и пьезокерамика, которая в свою очередь является наиболее перспективным пьезоэлектрическим материалом.*

Abstract: *Piezoelectric elements are dielectrics that can induce an electric charge under the influence of deformation or can deform under the influence of an external electric field. The piezoelectric effect is the ability to induce an electric charge. It can be direct and reverse. The most common piezoelectric materials are quartz, lead zirconate titanate (PZT), aluminum nitride and piezoceramics, which in turn is the most promising piezoelectric material.*

Ключевые слова: *пьезоэлементы, пьезоэффект, пьезотрансформатор, пьезоэлектрический преобразователь, актуатор.*

Keywords: *piezoelectric elements, piezoelectric effect, piezo transformer, piezoelectric transducer, actuator.*

Введение

Пьезоэлементы (они же пьезоэлектрики) – это диэлектрики, в которых происходит пьезоэффект, то есть те диэлектрики, которые могут под действием деформации индуцировать электрический заряд на своей поверхности (прямой пьезоэффект) или под влиянием внешнего электрического поля деформироваться (обратный пьезоэффект).

Основная часть

Пьезоэлектричество – обратимая электромеханическая связь электрической поляризации, т.е. индукции, и механической деформаций (напряжений) в анизотропных диэлектрических средах, которые обладают конкретной кристаллической структурой и симметрией.

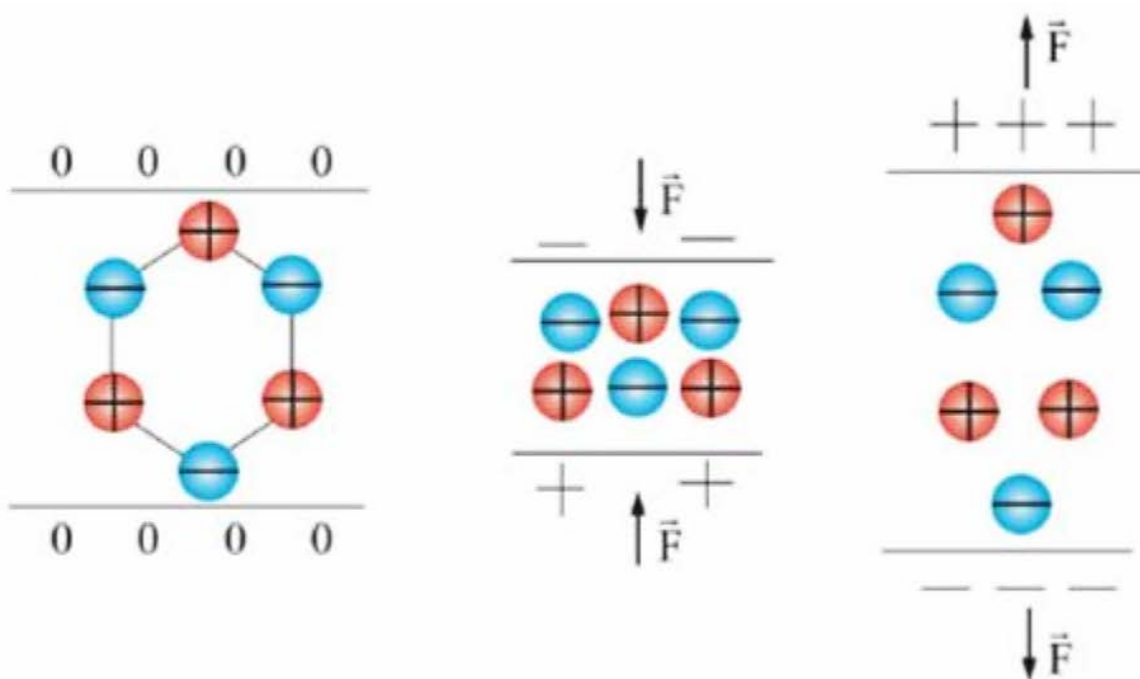


Рисунок 1 – Схема образования пьезоэффекта

Механизм пьезоэлектрического эффекта.

Если любой пьезоэлектрический кристалл сжать или растянуть в определенном направлении, на отдельных гранях появятся электрические заряды с положительным и отрицательным значением. Разность потенциалов таких зарядов будет незначительной. Для того чтобы понять природу пьезоэффекта, необходимо соединить электроды между собой и поместить их на гранях кристалла. При кратковременном сжатии или растяжении в цепи, образованной электродами, можно заметить образование короткого электрического импульса. Именно он является электрическим и физическим проявлением пьезоэффекта. Если же кристалл испытывает постоянное давление, в этом случае импульс не появится. Данное свойство кристаллических материалов широко используется при изготовлении точных чувствительных приборов.

Если прикладывается новое усилие или изменяется приложенное ранее, мгновенно образуется еще один токовый импульс. Данное свойство, известное как прямой и обратный пьезоэффект, успешно используется в устройствах, регистрирующих совсем слабые механические колебания. В самом начале открытия пьезоэффекта решение такой задачи было невозможно из-за слишком незначительной силы тока в колеблющейся кристаллической цепи. В современных условиях ток может быть усилен многократно, а некоторые виды кристаллов имеют довольно высокий пьезоэффект. Ток, полученный от них, не требует дополнительного усиления и свободно передается по проводам на значительные расстояния.

Прямой пьезоэффект.

Прямой пьезоэффект был открыт братьями Жаком и Пьером Кюри в 1880-1881 годах. При нем деформация пьезоэлектрического образца приводит к возникновению связанных зарядов на поверхностях деформируемого твердого

тела и к появлению электрического напряжения между этими поверхностями. То есть, можно сказать, что под действием механических напряжений (или деформаций) в пьезоэлементе возникает электрическая поляризация, величина и направление которой зависит от приложенного напряжения.

Обратный пьезоэффект.

Обратный эффект был предугадан в 1881 году Липпманом, исходя из термодинамических соображений и в том же году экспериментально открыт братьями Кюри. Обратный пьезоэффект состоит в том, что под действием приложенного электрического поля в пьезоэлектрике возникает механическая деформация (или напряжение), величина и тип которой зависит от приложенного поля.

Пьезоэлектрические материалы.

В природе существует огромное количество пьезоэлектрических материалов - уникальных веществ, которые могут генерировать электрическое напряжение под воздействием механического давления и наоборот. В их число входят кварц, цирконат-титанат свинца (PZT), и нитрид алюминия. Каждый из этих материалов обладает своими уникальными свойствами, которые определяют их применение в различных областях.

Кварц является одним из самых известных природных пьезоэлектриков. Для него характерны высокая стабильность, низкий коэффициент температурного расширения, что делает его идеальным для применения в часовой промышленности, в качестве стабилизатора частоты в радиоэлектронных устройствах, в кварцевых резонаторах.

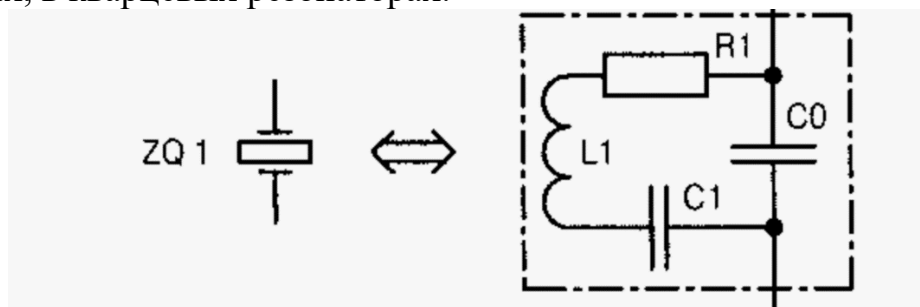


Рисунок 2 – Кварцевый резонатор

Цирконат-титанат свинца (PZT) – это синтетический пьезоэлектрик, который обладает значительно более высоким пьезоэлектрическим коэффициентом по сравнению с кварцем. Благодаря этому, PZT находит широкое применение в преобразователях для ультразвуковой техники, датчиках давления и актуаторах.

Нитрид алюминия выделяется среди пьезоэлектрических материалов благодаря своей совместимости с полупроводниковыми процессами. Это делает его идеальным для интеграции в микроэлектромеханические системы (MEMS). Нитрид алюминия также обладает высокой термической стабильностью и сопротивлением к химическому воздействию, что расширяет область его потенциального применения.

Также одним из наиболее перспективных материалов является пьезокерамика, которая была открыта в 19 веке, однако из-за уникальности свойств, даже в 21 веке являющаяся одной из наиболее используемых.

В последнее время активно исследуются новые способы использования пьезокерамики, в том числе в качестве генераторов, актуаторов и в комбинированных системах. Это связано с современными требованиями к энергосбережению, миниатюризации и адаптации к компьютерным системам управления. Результатом таких исследований является разработка новых типов пьезокерамики и совершенствование уже существующих элементов, особое внимание уделяется пьезокерамическим трансформаторам, актуаторам и преобразователям.

Пьезотрансформаторы

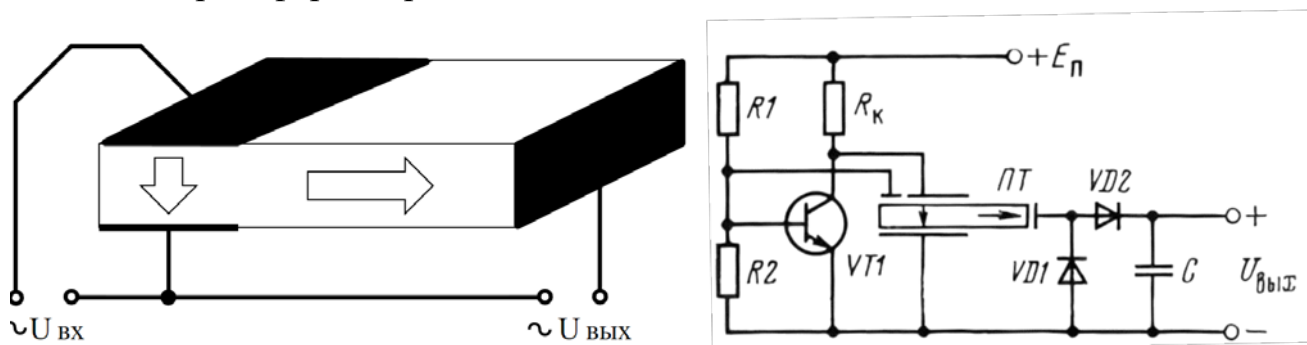


Рисунок 3 – Конструкция пьезотрансформатора, применяемого для генерации высокого напряжения и его схема

Пьезотрансформатор – это прибор, в котором прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты используются для преобразования электрической энергии или сигнала. Цель данного преобразования – изменение амплитуды напряжения или гальваническая развязка.

На пластинку (кольцо или брусок), которая изготовлена из пьезокристалла (например, кварца) определенным способом нанесены 3 или более электродов. Этот кристалл поляризуют в одном или нескольких направлениях, что зависит от его конструкции. При подаче переменного напряжения на электроды первичной цепи, благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту возникают механические напряжения, которые приводят к деформации пьезокристалла, которая, благодаря прямому пьезоэлектрическому эффекту, вызывает изменение напряжения во вторичной цепи.

Широко применяется в генераторах высокого напряжения (преобразователях) для газоразрядных ламп, а также в качестве резонансных DC-AC конвертеров в бытовой и производственной осветительной технике. Исследования подтверждают, что многослойные пьезокерамические трансформаторы могут стать важной частью нового поколения осветительных устройств, способных экономить до 80% электроэнергии.

Пьезоэлектрические преобразователи.

Принцип работы данных устройств основан на превращении генерируемых прибором электрических импульсов в ультразвуковые и наоборот.

Основные элементы – мембранный упругий элемент (4), кристалл (2), соединительный рычажный механизм и усилитель напряжения (5). При приложении давления на мембрану сила, которая идет от рычажного механизма,

вызывает давление на кристалл, которое в свою очередь вызывает на нем небольшое напряжение.

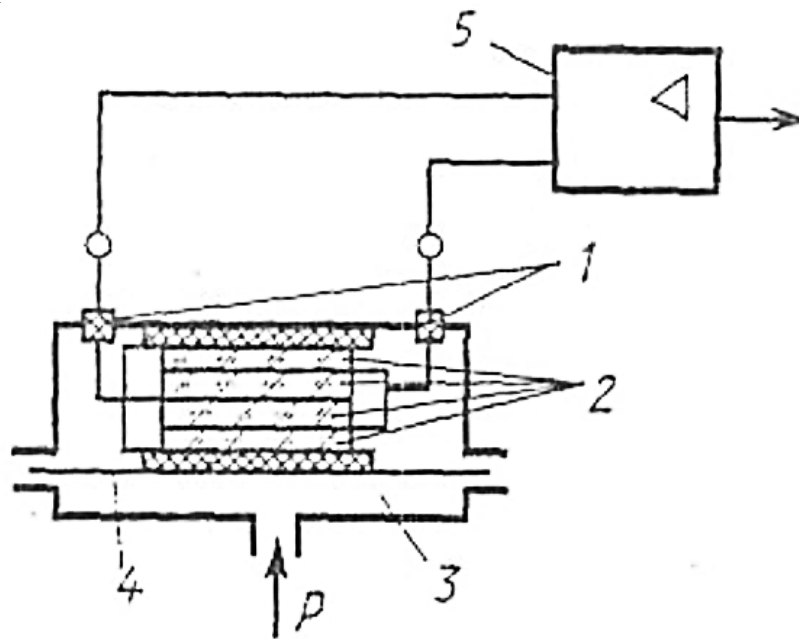


Рисунок 4 – Схема пьезоэлектрического измерительного преобразователя.

Актуаторы.

Принцип работы актуатора заключается в преобразовании электрической энергии за счет пьезоэффекта в механическую или наоборот.

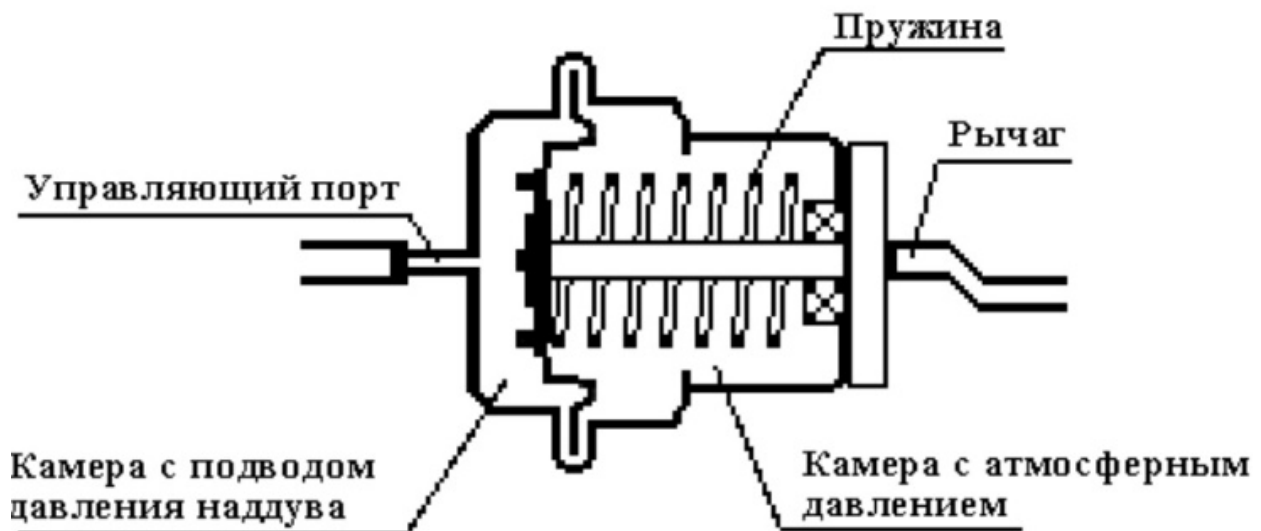


Рисунок 5 – Гибкие актуаторы, применяемые в турбинных установках.

Актуаторы также представляют большой интерес, особенно мощные пакетные актуаторы и маломощные гибкие актуаторы, такие как биморфы и ленточные актуаторы. Пакетные актуаторы уже используются в космической, лазерной технике и оптических инструментах, а ещё находят применение в точной настройке станков и подавлении вибраций. Гибкие актуаторы широко

используются в пьезоэлектрических датчиках и в качестве электронных переключателей, а также в турбинных установках в энергетике.

Заключение

На данный момент пьезокерамика является наиболее перспективным материалом. Из-за особенных свойств, найти замену которым у ученых еще не получилось, пьезокерамические устройства и устройства, изготовленные из кварца, являются самыми перспективными сейчас и в ближайшем будущем.

Литература

1. Плонский, А.Ф. Пьезоэлектричество: государственное издательство технико-теоретической литературы / А.Ф. Плонский, – Москва, 1953.
2. Плонский, А.Ф. пьезокварц в технике связи: госэнергоиздат / А.Ф. Плонский, – Москва, 1951.
3. Дьяков, А. Кварцевые генераторы: статья / А. Дьяков – 1981.
4. Альтшуллер, Г.Б. Кварцевая стабилизация частоты: изд. «Связь» / Г.Б. Альтшуллер – Москва, 1974.