

Щеклеина В.П.

Научный руководитель – Заярный В.П., заведующий лабораторией

Пьезоэлектрические датчики вибрации на протяжении последних десятилетий остаются одним из наиболее востребованных инструментов для мониторинга механических колебаний в промышленности, энергетике, авиации и других отраслях. Их принцип действия основан на прямом пьезоэффекте – способности пьезоэлектрических материалов генерировать электрический заряд под действием механической деформации, что обеспечивает высокую точность и надежность измерений [1]. С 1990 года технологии пьезоэлектрических датчиков претерпели значительные изменения: от простых аналоговых конструкций до интеллектуальных систем с цифровой обработкой сигналов и встроенными алгоритмами диагностики. В данной статье рассматривается эволюция конструкций пьезоэлектрических датчиков вибрации, анализируются ключевые изменения в их эксплуатационных характеристиках.

Ранее доминирующее положение на рынке занимали аналоговые пьезоэлектрические датчики, такие как МВ-26В. Эти устройства демонстрировали надежность и достаточную для своего времени точность измерений. Конструктивно датчик МВ-26В представлял собой сложную механическую систему (рис.1). Он состоит из инерционной массы (постоянного магнита), помещенной внутри корпуса, в котором расположена катушка. Постоянный магнит связан с корпусом датчика специальным устройством из подшипников качения. Среднее положение магнита в направлении оси датчика обеспечивается двумя цилиндрическими пружинами. Под воздействием виброускорения датчик вырабатывает заряд, пропорциональный величине воздействия. Через герметичный разъем заряд поступает на преобразование в согласующий усилитель.

Принцип работы основывался на преобразовании механических колебаний в электрический заряд при деформации пьезоэлемента. Технические характеристики МВ-26В включали:

- диапазон частот: 0,5-5000 Гц;
- максимальное ускорение: 200 м/с²;
- аналоговый выходной сигнал постоянного тока.

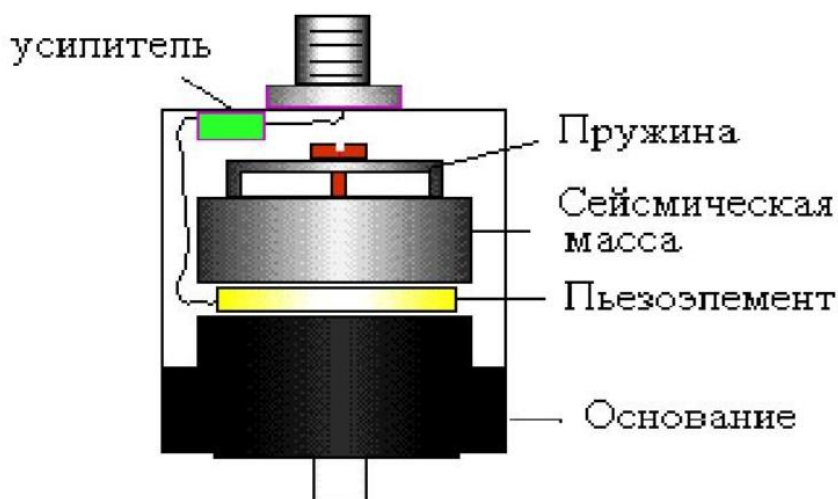


Рис.1. Конструкция датчика вибраций MB26-B.

Однако такие датчики имели существенные ограничения: большие габариты, чувствительность к электромагнитным помехам, необходимость использования внешних усилителей и отсутствие встроенных диагностических функций.

На смену простым аналоговым датчиком пришли интеллектуальные датчики. Применение встроенной электроники позволило резко улучшить технические характеристики, за счет встроенных программно-аппаратных средств часть обработки данных производить непосредственно в самом датчике, разгружая аппаратные средства АСУ ТП и загрузку линий связи. Кроме того интеллектуальные датчики обладают цифровым интерфейсом, например протокол RS-485 [2]. Такие датчики нового поколения, например ИТ12.35.000 (рис. 2), демонстрировали значительные улучшения:

- расширенный частотный диапазон (2-7000 Гц);
- увеличенный предел измеряемого ускорения (до 2000 м/с²);
- улучшенная конструктивная надежность.

Также важной характеристикой для датчиков вибрации, которая получила весомое развитие за последние десятилетия, является неравномерность частотной характеристики. Она позволяет оценить точность полученных измерений в диапазоне рабочих частот. Для получения этого параметра необходимо рассчитать коэффициент преобразования:

$$K = \frac{U}{a},$$

где K – коэффициент преобразования, U – напряжение датчика, a – виброускорение.

Тогда неравномерность частотной характеристики будет вычисляться:

$$\gamma = \frac{K_{di} - K_d}{K_d} \cdot 100\%,$$

где γ – неравномерность АЧХ, K_{di} – коэффициент преобразования на i -той частоте, K_d – коэффициент преобразования на базовой частоте.

Для датчика ИТ12.35.000 неравномерность частотной характеристики будет составлять $\pm 10\%$.



Рис.2. Датчик вибраций ИТ12.35.000.

Конструктивно датчик состоит из герметичного стального корпуса, в который помещен чувствительный элемент, состоящий из блока пьезоэлектрических пластин. Особенности ИТ12.35.000 включали: герметичный корпус из нержавеющей стали; пьезоэлектрические пластины как чувствительный элемент; лазерную сварку корпусных элементов; степень защиты IP67; жаропрочный кабель с минеральной изоляцией.

Развитие пьезоэлектрических датчиков вибрации за последние десятилетия демонстрирует впечатляющий технологический прогресс. От простых аналоговых устройств индустрия пришла к сложным интеллектуальным системам, способным не только измерять параметры вибрации, но и участвовать в комплексном мониторинге состояния оборудования. Дальнейшее развитие этой технологии будет определяться потребностями цифрового производства и необходимостью создания все более точных, надежных и автономных систем диагностики.

Литература

1. Эркабаева Е. О. Пьезоэлектрический эффект. – 2018.

2. Синютин С. А. Цифровая обработка сигналов в интеллектуальных датчиках вибрации //Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2003. – Т. 32. – №. 3. – С. 18-26.

УДК 004.8

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАСПОЗНАВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СХЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ляшевич М.С.

Научный руководитель – Дербан А.Н., ст. преподаватель

Процесс построения информационных моделей энергетических систем связан с необходимостью переноса информации об устройстве энергетических объектах с твердых (бумажных) носителей в структурированный цифровой формат. Такой подход предусматривает выявление и извлечение информации об элементах энергетических объектов, их характеристик и взаимосвязях.

Для реализации рассматриваемого процесса формирования цифровых схем, используются методы распознавания графической информации, обеспечивающие выделение и классификацию элементов энергетических схем.

Среди современных подходов наибольшее распространение получили методы компьютерного зрения, аналитические алгоритмы и технологии машинного обучения. Наиболее эффективными зарекомендовали себя: шаблонное сопоставление, графоаналитические методы, распознавание с использованием локальных дескрипторов и машин опорных векторов.

Особое место в области распознавания и классификации на данный момент занимают модели нейронных сетей, характеризующиеся высокой точностью классификации среди большого перечня распознаваемых классов, что особенно важно при анализе схем энергетических объектов.

Несмотря на высокую точность распознавания, все перечисленные методы не представляют информацию о топологических связях объекта с другими элементами схем.

В данной работе рассматривается разработка модуля распознавания, основанного на модели свёрточной нейронной сети. Предложенный модуль ориентирован на комплексную обработку схем с распознаванием графических элементов, текстовых обозначений и топологической связи между элементами.

Результатом работы модуля является формирование оцифрованной машиночитаемой модели схемы, содержащей полную информацию о типах элементов, их параметрах и логической структуре соединений.