

Т. В. Хоменко

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВОКУПНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ «ИНТЕЛЛЕКТ»

Введение

Отличительными признаками автоматизированной системы поиска новых технических решений «Интеллект» [1, 2] являются: формализация знаний о физических эффектах (ФЭ), глубокая конструктивная проработка возможных реализаций физико-технических эффектов (ФТЭ) и их графическое представление. Формализация знаний о ФЭ проведена на основе разработанной М. Ф. Зариповым и его школой энергоинформационного метода цепей (ЭИМЦ), согласно которому в преобразователе выделяются явления определенной физической природы и соответствующие этим явлениям конструктивные элементы. Для описания взаимосвязи величины одной физической природы с величиной другой физической природы служит понятие ФТЭ [1, 2]. База данных системы включает в себя около 1 200 ФТЭ. Любой ФТЭ может быть представлен в виде элементарного звена параметрической структурной схемы (ПСС) [2]. Описания ФТЭ предназначены для автоматической генерации вариантов физического принципа действия (ФПД) технического устройства в режиме синтеза технических решений, по заданным входной/выходной физическим величинам ФТЭ, и информации об элементарных ПСС ФТЭ. Каждому ФТЭ приписаны эксплуатационные характеристики (ЭХ). Расчет ЭХ полученных ФПД проводится в автоматическом режиме согласно формулам [2]. Набор ЭХ считается универсальным для чувствительных элементов (ЧЭ) систем управлений (СУ):

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Чувствительность – x_1 . | 6. Потери (КПД) – x_6 , Вт. |
| 2. Диапазон – x_2 . | 7. Быстродействие – x_7 , с. |
| 3. Надежность – x_3 . | 8. Экологичность – x_8 , кг/с. |
| 4. Нелинейность – x_4 , %. | 9. Цена – x_9 , руб. |
| 5. Относительная погрешность – x_5 , %. | 10. Вес – x_{10} , кг. |

Выбор лучших вариантов технических решений выполняется по представленному набору ЭХ.

Постановка задачи

Для выявления соответствия между существующим набором ЭХ датчиков давления и универсальным набором ЭХ ФПД с их конструктивной реализацией автоматизированной системы «Интеллект» рассмотрим следующие типы датчиков давления, наиболее часто используемые в различных отраслях промышленности:

- тензорезистивные датчики давления;
- пьезорезистивные датчики давления;
- индуктивные датчики давления.

Методы и результаты исследования

Конструктивные схемы типичных приборов для измерения давления, основанных на различных методах измерения, приведены на рис. 1–4 [3–5].

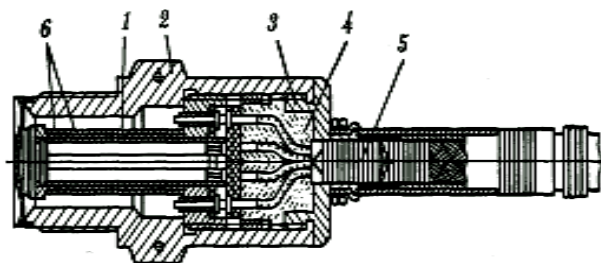


Рис. 1. Тензорезистивный датчик давления: 1 – упругий элемент; 2 – корпус; 3 – хвостик корпуса; 4 – заливка датчика; 5 – кабельная перемычка; 6 – тензорезисторы

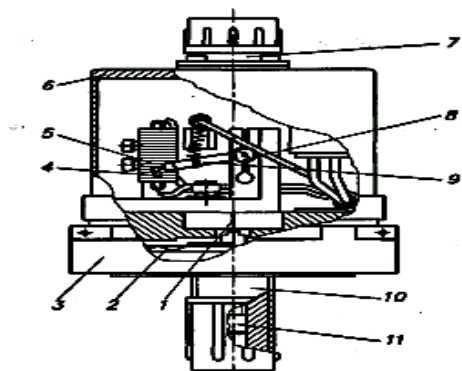


Рис. 2. Потенциметрический датчик давления: 1 – лента; 2 – мембрана; 3 – корпус; 4 – контакты; 5 – реостат; 6, 7 – корпус; 8 – ось; 9 – переключатель; 10 – заливка датчика; 11 – гайка

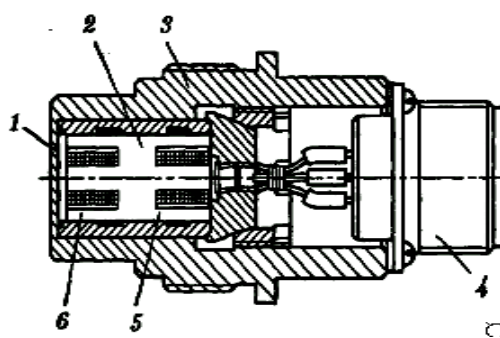


Рис. 3. Индуктивный датчик давления: 1 – мембрана; 2 – магнитопровод; 3 – корпус; 4 – электрический разъем; 5 – компенсационная катушка индуктивности; 6 – рабочая катушка индуктивности

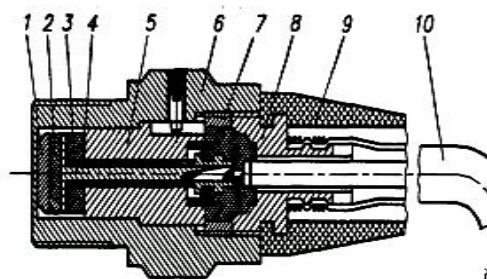


Рис. 4. Пьезоэлектрический датчик давления: 1 – титановая прокладка; 2, 4 – пьезоэлемент; 3 – токосъемник; 5, 6, 10 – корпус; 7 – гайка; 8, 9 – детали заделки кабельной перемычки

Тензорезистивные, пьезорезистивные и индуктивные датчики давления в автоматизированной системе «Интеллект» представлены ЭИМЦ в ПСС с типом преобразования входной величины в информативный параметр режима давления (рис. 5–8).

Тензорезистивный эффект (в системе «Интеллект») – ФТЭ № 80 – заключается в зависимости электрического сопротивления металлов и полупроводников от механической силы (рис. 5).

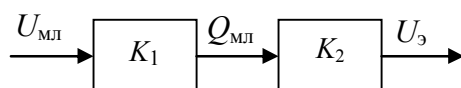


Рис. 5. Физический принцип действия в терминах ЭИМЦ для тензорезистивного датчика давления: $U_{мл}$ – механическая сила; $Q_{мл}$ – механический заряд; $U_э$ – электрическое напряжение

Параметр электрического сопротивления (в системе «Интеллект») – ФТЭ № 115 – заключается в увеличении электрического тока при постоянных площади поперечного сечения, длине проводника и удельном сопротивлении, которое приводит к увеличению электродвижущей силы (рис. 6).

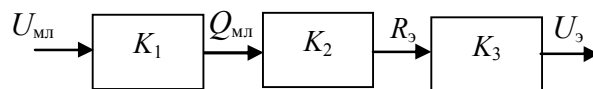


Рис. 6. Физический принцип действия в терминах ЭИМЦ для потенциометрического датчика давления: $U_{\text{мл}}$ – механическая сила; $Q_{\text{мл}}$ – механический заряд; $R_{\text{э}}$ – сопротивление; $U_{\text{э}}$ – электрическое напряжение

Эффект изменения электрической индуктивности (в системе «Интеллект») – ФТЭ № 41 – заключается в изменении магнитной емкости на пути магнитного потока в подвижном магнитопроводе и обмотке, созданного током, протекающим через обмотку, где магнитная емкость пропорциональна электрической индуктивности (рис. 7).

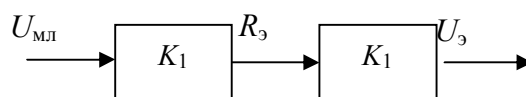


Рис. 7. Физический принцип действия в терминах ЭИМЦ для индуктивного датчика давления: $U_{\text{мл}}$ – механическая сила; $R_{\text{э}}$ – электрическое сопротивление; $U_{\text{э}}$ – электрическое напряжение

Пьезоэффект (в системе «Интеллект») – ФТЭ № 29 – заключается в возникновении зарядов на противоположных гранях пьезокристалла при его механической деформации (рис. 8).

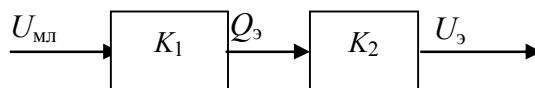


Рис. 8. Физический принцип действия в терминах ЭИМЦ для пьезоэлектрического датчика давления: $U_{\text{мл}}$ – механическая сила; $Q_{\text{э}}$ – электрический заряд; $U_{\text{э}}$ – электрическое напряжение

В автоматизированной системе «Интеллект» для каждого ФТЭ используется 1–10 ЭХ, набор которых фиксирован.

Для выявления ЭХ датчиков давления данных классов был проведен анализ технической документации. Для обработки результатов использовались методы математической статистики и процедуры кластерного анализа [3]. Задача анализа технической документации датчиков давления сводится к обоснованному суждению об объективных свойствах генеральной совокупности X по результатам выборки объема n – ограниченного ряда наблюдений x_1, x_2, \dots, x_n , являющейся случайной величиной, определенной в R^{nm} – nm -мерном пространстве:

$$F([X]) = \prod_{i=1}^n F(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im}) = \prod_{i=1}^n F(X^{(i)}),$$

где каждая наблюдаемая m -мерная точка $x^{(i)} = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ также является случайной величиной, распределенной как и генеральная совокупность.

Для определения координатной плоскости выбраны переменные n – ЭХ и m – частота использования ЭХ готовых изделий, взятые из базы данных патентной литературы.

Было выявлено более сорока ЭХ для каждого типа датчиков [3, 4, 6, 7]. Процедуры кластерного анализа:

- расстояние d_{ij} между объектами – «обычное евклидово расстояние»:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2},$$

где $(k = 1, 2, \dots, m; i, j = 1, 2, \dots, n)$;

– расстояние $\rho(S_l, S_m)$ между группами объектов – «стратегия «ближайшего соседа»:

$$\rho_{\min}(S_l, S_m) = \min_{x_i \in S_l, x_j \in S_m} \rho(x_i, x_j)$$

позволили определить естественное расслоение исходных наблюдений на четко выраженные кластеры (рис. 9), где в первые кластеры попадают характеристики, имеющие наибольшую частоту использования, что является следствием важности данных характеристик для данного класса датчиковой аппаратуры.

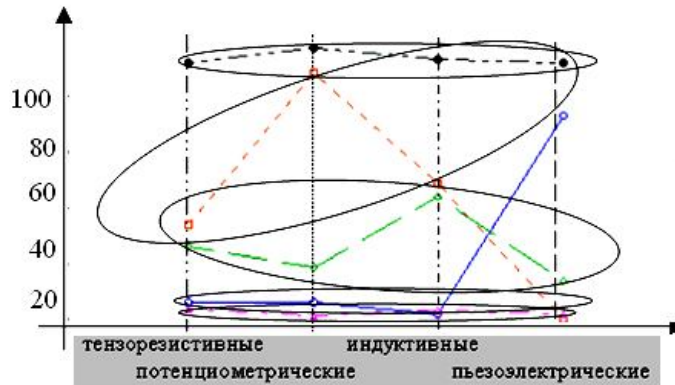


Рис. 9. Кластограмма частоты использования ЭХ, в которую вошли: диапазон; погрешность измерения; надежность; нелинейность; массогабаритные размеры; цена; мощность потребления; ток потребления; сопротивление изоляции; коэффициент преобразования; выходной сигнал

Очевидно, что в первые кластеры из более чем 40 ЭХ вошли 10 вышеперечисленных.

Заключение

Рассмотренные типы датчиков давления возможно смоделировать с помощью ЭИМЦ в ПСС с типом преобразования входной величины в информативный параметр режима давления. Сравнивая полученные наборы ЭХ, можно сделать вывод, что существуют общие ЭХ, присущие как датчикам давления, так и автоматизированной системе поиска технических решений «Интеллект». К ним относятся:

- 1) диапазон измерений;
- 2) погрешность измерения;
- 3) нелинейность;
- 4) надежность;
- 5) массогабаритные размеры;
- 6) цена.

В настоящее время разрабатывается система, позволяющая выполнять ранжирование и выбор лучших технических решений по универсальному набору ЭХ 1–6 и доопределять дополнительный набор ЭХ для каждого класса ЧЭ СУ. Реализация такой системы позволит:

- применять базу данных ФТЭ автоматизированной системы «Интеллект»;
- повысить качественный признак ранжирования при выборе лучших вариантов технических решений ЧЭ СУ по совокупности выявленных характеристик;
- применять разработанную систему на ранних этапах проектирования технических объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарипов М. Ф., Зайнуллин Н. Р., Петрова И. Ю. Энергоинформационный метод научно-технического творчества: Учеб. пособие. – М.: ВНИИПИ ГКНТ СССР, 1988. – 124 с.
2. Зарипов М. Ф., Петрова И. Ю. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. – 1999. – № 5. – С. 10–16.
3. Безделкин В. В. Физические аспекты применения резонаторов в пьезорезонансных датчиках // Датчики и системы. – 1999. – № 7. – С. 38–41.

4. Соколов Л. В., Школьников В. М. О техническом уровне современных интегральных датчиков давления для авиационных информационно-измерительных систем (ИИС) // Датчики и системы. – 2001. – № 4. – С. 26–29.
5. Осипович Л. А., Гуткин В. И. Датчики функционально-физиологических параметров человека и животных // Датчики и системы. – 2000. – № 4. – С. 31–32.
6. Грязин Д. Г., Сабо Ю. И. Применение индуктивных датчиков давления в приборах для измерения волнения // Датчики и системы. – 2001. – № 8. – С. 23–26.
7. Дубов А. М., Мхитарян В. С., Трошин Л. И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы статистика, 1998. – 465 с.

Статья поступила в редакцию 10.11.2006

**COMPARATIVE ANALYSIS
OF PERFORMANCE CHARACTERISTICS TOTALITY
OF BOTH PRESSURE SENSORS
AND "INTELLECT" SEARCH DESIGN AUTOMATED SYSTEM**

T. V. Khomenko

The conformity between the constructional realization of tensoresistive, piezoresistive, inductive sensors of pressure and the possibility of modeling action principles with the help of energy-information method into parametrical structural scheme with input value transforming to pressure mode informative parameter is revealed. There are suggested to range and select the best technical solution according to the universal set of operating characteristics 1–6 (OC) as to the set including the common OC, peculiar both to considered types of pressure sensors and to the "Intellect" automated system for search of technical solutions; to complete determination of additional set of OC for each class of control systems sensors. It will enable, first, to use database of "Intellect" system physico-technical effects; secondly, to raise ranging quality characteristic while selecting the best technical solutions variants for control systems sensors according to the totality of found characteristics; and then to apply this scheme at early stages of technical objects designing.

Key words: sensors of pressure, energy-information method, universal set of operating characteristics, additional set of operating characteristics, automated system.