

УДК 50

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

Т.В. Хоменко

В настоящее время среди автоматизированных систем поиска новых технических решений только автоматизированная система «Интеллект» позволяет выполнить ранжирование полученных альтернатив и провести выбор лучших технических решений по фиксированной совокупности десяти эксплуатационных характеристик. Однако с увеличением требований как к самим техническим объектам, так и к их эксплуатационным характеристикам, возникает необходимость исследовать совокупность эксплуатационных характеристик на предмет фиксированности и количества эксплуатационных характеристик в принятой совокупности.

Из существующих на сегодняшний день автоматизированных систем поиска новых технических решений автоматизированная система «Интеллект» имеет следующие отличительные признаки¹: формализация знаний о физических эффектах (ФЭ), глубокая конструктивная проработка возможных реализаций физико-технических эффектов (ФТЭ) и их графическое представление. Разработанный М.Ф. Зариповым и его школой энергоинформационный метод цепей (ЭИМЦ)² позволяет провести формализацию знаний о ФЭ. Согласно ЭИМЦ в преобразователе выделяются явления определенной физической природы и соответствующие этим явлениям конструктивные элементы. Понятие ФТЭ служит для описания взаимосвязи величины одной физической природы с величиной другой физической природы. Автоматизированная система «Интеллект» включает около 1200 ФТЭ. Любой ФТЭ может быть представлен в виде элементарного звена параметрической структурной схемы (ПСС). 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 формулам³. Набор ЭХ считается универсальным для чувствительных элементов (ЧЭ) систем управлений (СУ):

- 1) чувствительность – x_1 ;
- 2) диапазон – x_2 ;
- 3) надежность – x_3 ;
- 4) нелинейность – x_4 , %;
- 5) относительная погрешность – x_5 , %;
- 6) потери (КПД) – x_6 , ватт;
- 7) быстродействие – x_7 , сек;
- 8) экологичность – x_8 , кг/сек;
- 9) цена – x_9 , руб;
- 10) вес – x_{10} , кг.

Выбор лучших вариантов технических решений выполняется по представленному набору ЭХ.

Рассмотрим следующие типы датчиков давления как наиболее используемые в различных отраслях промышленности:

- терморезистивные датчики температуры;

• термоэлектрические датчики температуры
для выявления соответствия между существующим набором ЭХ датчиков давления переносимых классов и универсальным набором ЭХ ФПД с их конструктивной реализацией автоматизированной системы «Интеллект».

Конструктивные схемы, взятые из патентной литературы⁴ типичных приборов для измерения давления, основанных на различных методах измерения приведены на рис. 1–2.

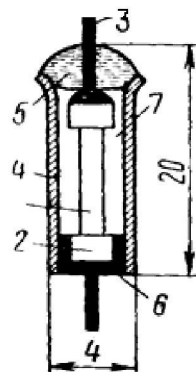


Рис. 1. Полупроводниковый терморезистор (термистор): 1 – полупроводниковый элемент; 2 – контактные колпачки; 3 – медные соединительные провода; 4 – защитный металлический чехол; 5 – стеклоизоляция; 6 – олово; 7 – пространство, заполненное краской

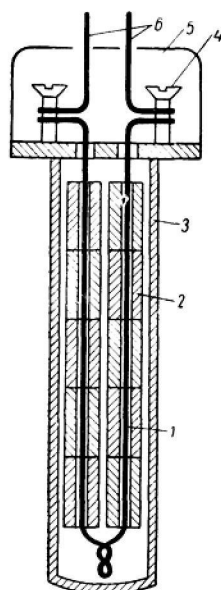


Рис. 2. Термоэлектрический датчик (термопара): 1 – термоэлектроды; 2 – электроизоляционные трубки; 3 – защитный чехол; 4 – соединительный винт; 5 – головка термометра; 6 – провода к измерительному прибору

Терморезистивные и термоэлектрические датчики температуры в автоматизированной системе «Интеллект» представлены ЭИМЦ в ПСС с типом преобразования входной величины в информативный параметр режима температуры (рис. 3–4).

Терморезистивный эффект в полупроводниках (в системе «Интеллект» ФТЭ № 75) заключается в том, что существует зависимость проводимости полупроводников от температуры (при нагревании полупроводники уменьшают свое сопротивление).

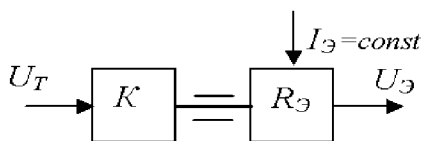


Рис. 3. ФПД в терминах ЭИМЦ для термистора: U_T – величина теплового воздействия; $R_Э$ – изменение электрического сопротивления металлического проводника; $U_Э$ – изменение напряжения

Эффект термо-Э.Д.С. (в системе «Интеллект» ФТЭ № 106) заключается в том, что при различной температуре спаев ветвей термоэлемента в цепи появляется термо-ЭДС.

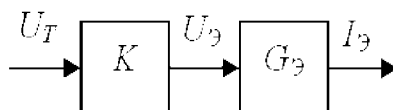


Рис. 4. ФПД в терминах ЭИМЦ для термопары: U_T – величина температурного воздействия; $U_Э$ – величина электрического заряда; $I_Э$ – электрический ток

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

Для выявления ЭХ датчиков температуры данных классов был проведен анализ технической документации. Для обработки результатов использовались методы математической статистики и процедуры кластерного анализа⁵. 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^m – m -мерном пространстве:

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

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

Было выявлено более сорока ЭХ для каждого типа датчиков.

Процедуры кластерного анализа:

- 1) расстояние d_{ij} между объектами – «обычное Евклидово расстояние»:

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

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

- 2) 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, где в первые кластеры попадают характеристики, имеющие наибольшую частоту использования, что является следствием важности данных характеристик для данного класса датчиковой аппаратуры.

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

- диапазон измерений;
- погрешность измерения;

- чувствительность;
- надежность;
- массо-габаритные размеры;
- цена.

В настоящее время разработана система, позволяющая выполнять ранжирование и выбор лучших технических решений по *универсальному набору* ЭХ 1–6, и доопределять *дополнительный* набор эксплуатационных характеристик для каждого класса чувствительных элементов систем управления. Реализация такой системы позволила, во-первых, применять базу данных ФТЭ автоматизированной системы «Интеллект»; во-вторых, повысить качественный признак ранжирования при выборе лучших вариантов технических решений ЧЭ СУ по совокупности выявленных характеристик; в-третьих, применять разработанную систему на ранних этапах проектирования технических объектов.

¹ *Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю.* Предметно-ориентированная среда для поиска новых технических решений «Интеллект» // IV Санкт-Петербургская международная конференция «РИ-95». СПб., 1995. С. 60–61.

² *Зарипов М.Ф., Зайнуллин Н.Р., Петрова И.Ю.* Энерго-информационный метод научно-технического творчества: Учебное пособие. М.: ВНИИПИ ГКНТ СССР, 1988.

³ *Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю.* Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления // Датчики и системы. 1999. № 5. С. 10–16.

⁴ *Безделкин В.В.* Физические аспекты применения резонаторов в пьезорезонансных датчиках // Датчики и системы. 1999. № 7. С. 38–41; Семенов В.Ф. Пьезорезонансные датчики температуры и абсолютного давления // Датчики и системы. 1999. № 7–8. С. 64–66; Датчики теплофизических и механических параметров: Справочник: В 3 т. Т. I, кн. 1, 2 / Под ред. Ю.М. Коптева. М.: Радиотехника, 1998. 458 с.

⁵ *Дубов А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И.* Многомерные статистические методы. М.: Финансы и статистика, 1998.