

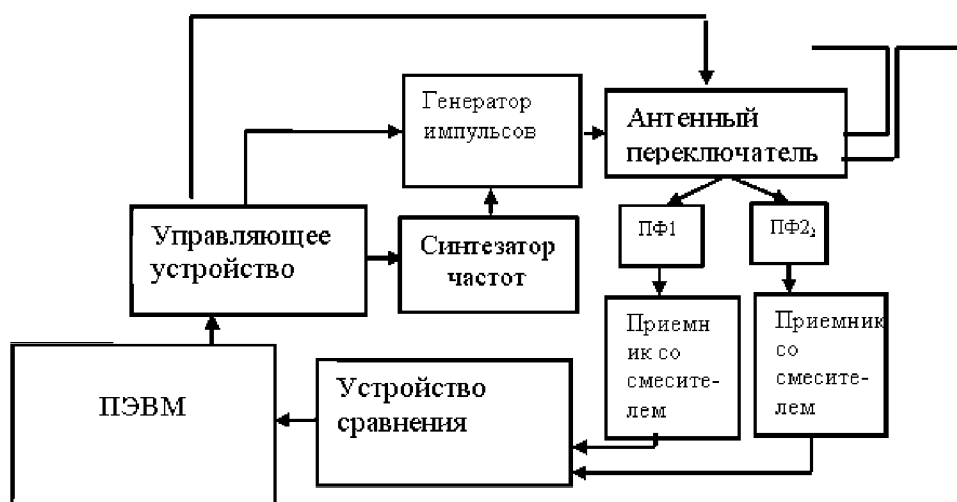


Рис. 5. Функциональная схема опросного устройства

Таким образом, разработана система дистанционного контроля деформации с использованием датчиков деформации на основе линий задержки на ПАВ и опросного устройства, а также предложена система дистанционного контроля давления повышенной точностью на основе составной линии задержки на ПАВ.

Библиографический список

1. *Карапетьян, Г. Я.* Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн / Г. Я. Карапетьян, С. А. Багдасарян. – Пат. 2195069, 08.04.2002 г. // БИ. – 2002. – № 35.
2. *Карапетьян, Г. Я.* Пассивный датчик на ПАВ для дистанционного контроля параметров / Г. Я. Карапетьян, В. Ф. Катаев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – № 5.

УДК 681.586'326.001.057

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

О.М. Шикунская

В статье введено понятие функционального фрактала, представлена концептуальная модель физического принципа действия чувствительного элемента, которая позволила разработать эффективную структуру базы данных, алгоритмы для машинного синтеза новых технических решений и расчета их выходных параметров.

Ключевые слова: концептуальная модель, физический принцип действия, чувствительный элемент, функциональный фрактал, процесс, самоподобие.

Keywords: conceptual model, physical operating principle, sensitive element, functional fractal, process, self-similarity.

Рынок датчиковой аппаратуры в наиболее развитых странах на протяжении последних десятилетий имеет один из самых высоких показателей темпов роста в приборостроении. По оценкам экспертов, за последнее десятилетие он увеличился более чем в 1,5 раза. Одновременно растут и требования к современным преобразователям и к снижению сроков их проектирования.

Качество проектных решений во многом определяется результатами начальных этапов проектирования, на которых принимаются основополагающие решения о структуре и принципе действия разрабатываемого преобразователя. Решение этих задач во многом определяется тем, как будет обеспечен разработчик новыми информационными технологиями. Созданию таких технологий посвящены работы многих исследователей.

Наиболее успешно задачи разработки единых принципов и концепции автоматизированной системы поискового проектирования решены на основе теории энерго-информационных моделей цепей (ЭИМЦ) в работах профессоров М.Ф. Зарипова и И.Ю. Петровой.

Однако в настоящее время в связи с появлением новых уникальных возможностей, предоставляемых использованием современных технологий и материалов, выявлены задачи, которые нельзя решить на основе теории ЭИМЦ. Причиной этих проблем является ряд вводимых ограничений вследствие недостаточно эффективной структуры синтезируемых систем на основе элементов одного уровня декомпозиции. Снять перечисленные ограничения можно посредством использования такой топологии структуры синтезируемых технических систем, которая позволила бы применять простые эффективные алгоритмы синтеза. Значительного упрощения систем можно достигнуть посредством использования иерархических самоподобных структур на основе фрактального подхода.

С этой целью разработана концепция моделирования физического принципа действия чувствительного элемента системы управления (ЧЭ СУ) на основе фрактального подхода к описанию явлений и процессов и механизмы ее реализации.

Центральным понятием концепции является функциональный фрактал (ФФ). Понятие введено впервые. Функциональный фрактал – это аналитическая модель с графической интерпретацией физического принципа действия преобразователя, инвариантная к физической природе и степени детализации описываемых явлений и процессов. В функциональном фрактале ФПД преобразователя разложен на ряд иерархических уровней по степени подробности отражения преобразований на основе использования одних и тех же принципов декомпозиции, точно или приближенно обеспечивающих масштабную инвариантность системы.

Для формализованного описания явлений и процессов в цепях различной физической природы с варьируемой степенью детализации с целью дальнейшего использования этой информации для синтеза новых технических решений и расчета их параметров разработана концептуальная модель ФПД ЧЭ СУ в виде ФФ (рис. 1).

ФФ как система иерархической структуры включает четыре уровня: мета-, макро-, мезо- и микроуровень. При переходе с более высокого иерархического уровня на более низкий производится декомпозиция процесса преобразования. При этом степень подробности его описания возрастает. Метауровень позволяет рассматривать ТС в двух системах отношений: природы и общества. В природной системе ТС количественно характеризуется совокупностью контролируемых параметров и параметров окружающей среды, определяющих ограничения и условия эксплуатации системы. В общественной системе отношений, реализуемой лицом, принимающим решения (ЛПР), ТС характеризуется набором показателей, определяющим ее потребительскую ценность – критериев качества, используемых для оптимизации синтезированных решений. На макроуровне – модель ФПД в виде «черного ящика», на микроуровне устанавливается связь между реальными параметрами и величинами и их универсальными аналогами и на основе введенных в теории ЭИМЦ основных и производных критериев. Мезоуровень занимает промежуточное положение между макро- и микроуровнями и сам является многоуровневым. Степень детализации описания ФПД зависит от требуемой достоверности и точности модели и определяет ее адекватность.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

В качестве показателей, определяющих потребительскую ценность синтезируемого технического устройства (ТУст) и используемых для оптимизации полученных решений, на метаяуровне концептуальной модели предложено (по аналогии с теорией ЭИМЦ) использовать критерии, отождествляемые с эксплуатационными характеристиками, такими как точность, чувствительность, диапазон измерения, нелинейность, надежность, цена, вес.

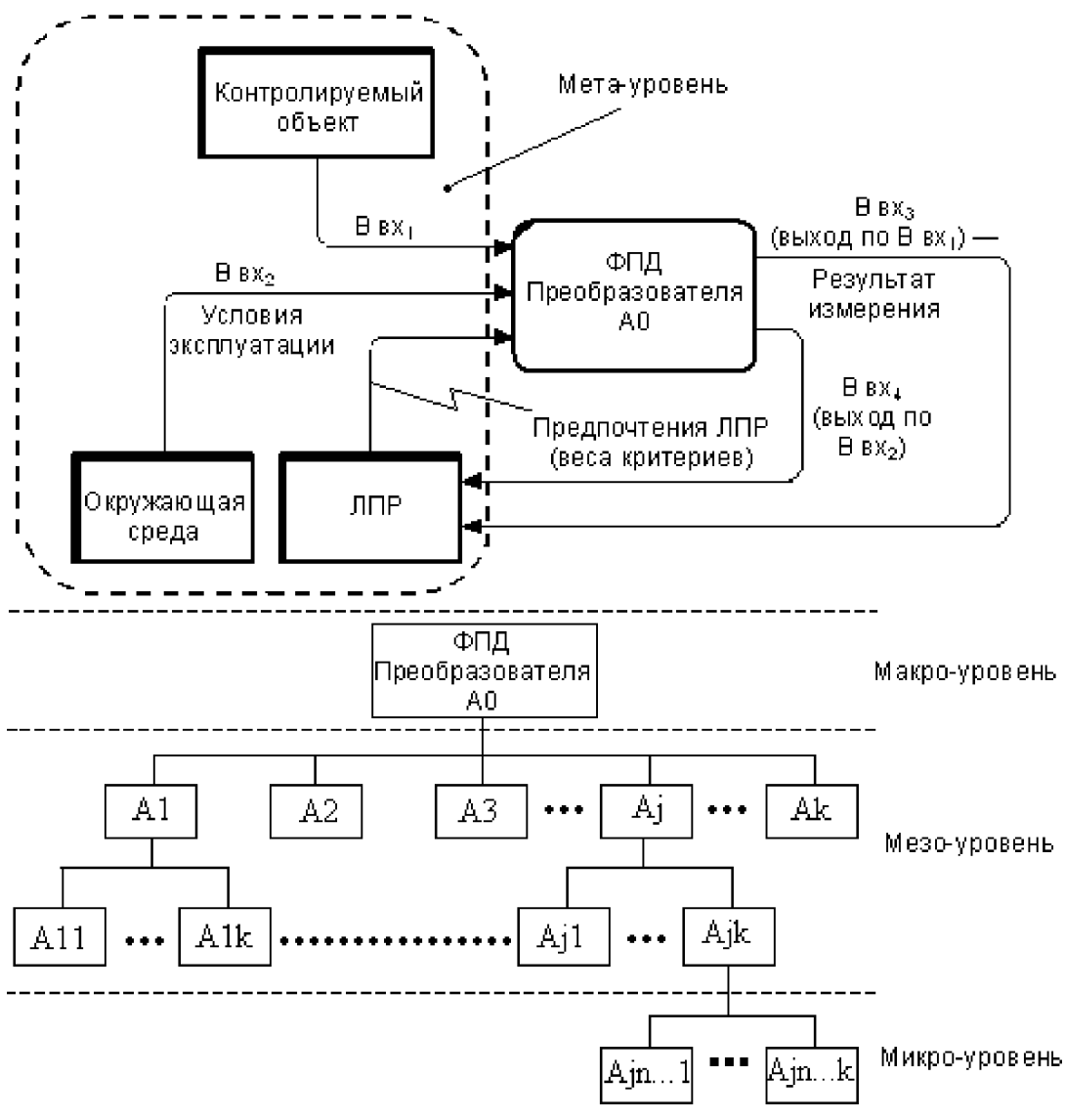


Рис. 1. Концептуальная модель ФПД ЧЭ СУ в виде функционального фрактала

Для ФФ введены два типа самоподобия: жесткое самоподобие (ЖС) – самоподобие, связанное инвариантностью относительно масштабных преобразований, и нежесткое (ковариантное) самоподобие (НС), предполагающее неединообразное преобразование фрагмента во все множество. ЖС означает идентичность структуры соединения звеньев системы на всех уровнях иерархии. ФФ с НС обладают масштабной инвариантностью приближенно. НС заключается в том, что разбиение элементов системы на каждом уровне иерархии подчиняется одним и тем же принципам декомпозиции: на каждом уровне иерархии элементы могут соединяться между собой, образуя структуру только одного из типовых соединений из множества S . Такой подход обеспечивает рациональную структуру базы данных и простоту и

универсальность алгоритмов расчета выходных параметров модели. ФФ на основании принципа НС включает в себя ФФ с ЖС. Функциональный фрактал с ЖС имеет некоторую специфику. Модель ФПД ЧЭ в виде функционального фрактала на основе принципа ЖС (рис. 2) отражает вложенность подобных структурных элементов.

ФФ с ЖС состоит из основы (фрагмента ЭИМЦ) и образующего элемента (фрагмента ЭИМЦ, повторяющегося при каждом уменьшении масштаба).

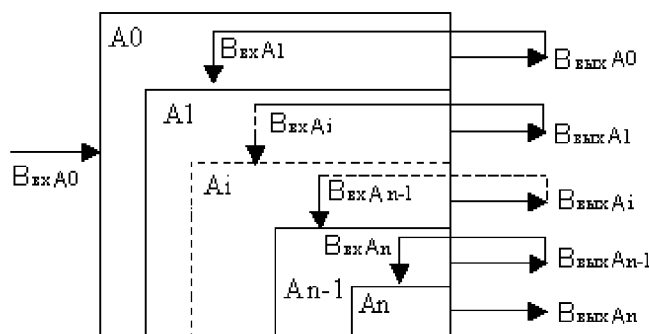


Рис. 2. Модель ФПД ЧЭ в виде функционального фрактала на основе принципа ЖС

Основа и образующий элемент ФФ с ЖС могут быть образованы сочетанием различных типовых соединений звеньев, т.е. могут быть представлены в виде функционального фрактала с НС. В общем случае ФФ ФПД преобразователя включает в себя элементы с жестким и нежестким самоподобием. Генерация функционального фрактала с жестким самоподобием основана на итерации отображений подобия. Для получения каждого последующего поколения функционального фрактала его элементы заменяются образующим элементом в соответствии с порождающими правилами. Количество итераций определяется диапазоном изменения масштаба.

Диапазон изменения масштаба ФФ с НС определяет количество уровней иерархии. Диапазон изменения масштаба для ФФ в отличие от геометрического фрактала не бесконечен. На нижней границе масштаба преобразования (нулевой уровень) – модель ФПД ЧЭ в виде «черного ящика», на верхней – ЭИМЦ. ЭИМЦ является частным случаем фрактала с масштабом преобразования, равным единице. Граница ФФ функционально зависима. Изменение нижней границы ФФ позволяет «отщеплять» любые его фрагменты и использовать их для синтеза ФПД ТУст, изменение верхней границы позволяет «дробить» элементарные звенья.

Концептуальная модель ФПД ЧЭ СУ представляется кортежем:

$$MF = \langle P, B_{вх}, B_{вых}, F_1, F_2 \rangle \quad (1)$$

где P – объект моделирования (ФПД преобразователя); $B_{вх}$ – совокупность входных параметров модели (физическая природа, входные величины, средние значения эксплуатационных характеристик звеньев, параметры образующего элемента, диапазон изменения масштаба – $0 \div n$, физические законы); $B_{вых}$ – совокупность выходных параметров модели (значения выходной величины и эксплуатационных характеристик модели для каждого уровня); F_1 – функция преобразования входных универсальных параметров ФФ в выходные, определяемая его структурой; F_2 – функциональная зависимость между реальными физическими величинами и их универсальными аналогами на микроуровне модели.

ФФ на основе принципа ЖС может быть описан системой отображений подобия $\{x_i\}_{i=0}^n = \{f^n(x_0)\}_{i=0}^n$, а на основе принципа НС – $\{x_i\}_{i=0}^n = \{f_j^n(x_0, x_1, \dots, x_m)\}_{i=0}^n$, где n – диапазон изменения масштаба, m – количество элементов на уровне иерархии, x_i может быть критерием качества, отождествляемым с эксплуатационной характеристикой, величиной, параметром. Система отображений подобия аналогична системе итерированных функций в тео-

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

рии фракталов. Отличие состоит в том, что отображаемое пространство не является метрическим, а диапазон изменения масштаба конечен.

Принцип фрактальности позволяет использовать рекурсию для получения функции F1 преобразования входных универсальных параметров ФФ в выходные (2):

$$A(k, n, i) = \begin{cases} A0(k, n, i) & \text{при } s = 0 \\ f\{k, j, A(k, n-1, 1), A(k, n-1, 2), \dots, A[k, n-1, m(n-1)]\} & \text{при } s > 0 \end{cases} \quad (2)$$

где s – код структуры блока (0 – простой, 1 – составной); j – номер вида соединения из множества S элементов каждого узла; n – количество уровней иерархии; $m(n)$ – количество блоков на каждом уровне иерархии, начиная с нижнего; i – порядковый номер блока на рассматриваемом уровне иерархии; k – номер эксплуатационной характеристики; $A = f(k, i, n, j)$ – значение k -й эксплуатационной характеристики i -го блока уровня иерархии n j -го вида соединения элементов декомпозиции блока.

Для ФФ на основе ЖС $j = \text{const}$.

Созданная концептуальная модель преобразователей информации для формализованного описания явлений и процессов различной физической природы позволила разработать эффективную структуру базы данных, алгоритмы для машинного синтеза новых технических решений и расчета их выходных параметров, а также модели конкретных преобразователей.

Библиографический список

1. *Шиккульская, О. М.* Фрактальное моделирование упругих элементов микроэлектронных преобразователей с учетом распределенных параметров : монография / О. М. Шиккульская ; Астраханский государственный технический университет. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2006. – 128 с.
2. *Шиккульская, О. М.* Функциональное моделирование датчиков на основе фрактальной концепции / Шиккульская О. М. // Надежность и качество : труды Международного симпозиума : в 2 т. / под ред. Н. К. Юркова – Пенза : Информационно-издательский центр ПГУ, 2007. – Т. 1 – С. 381–382.

УДК 681.586'326.001.057

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕНЗОЭФФЕКТА

О.М. Шиккульская, О.С. Константинова

Использование теории энерго-информационных моделей цепей позволяет автоматизировать синтез новых технических решений. Для расширения области автоматически синтезируемых технических устройств и упрощения алгоритма синтеза предложено использовать при синтезе, кроме элементарных звеньев, универсальные составные структурные единицы синтеза. Для измерения различных механических величин часто используется тензоэффект. Разработаны модели полупроводниковых чувствительных элементов на основе тензоэффекта, которые позволяют использовать их при автоматизированном синтезе физического принципа действия на этапе концептуального проектирования.

Ключевые слова: теория энерго-информационных моделей цепей, тензоэффект, тензорезистор, физико-технический эффект, параметр, величина.