

## НАПРАВЛЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Кондратов В.Т.

Институт кибернетики НАН Украины, г. Киев

**Abstract**

*Kondratov V.T. The systematic errors correction problem under the degree transfer function of sensor with unknown values of parameters is dedicated this work. The functional - algorithmic method of linearization of the sensor calibration characteristic and directional effect method as new systematic errors correction method under the nonlinear model transfer function of sensor are put to basis of the decision correction problem.*

Для эффективного решения задач автоматической коррекции систематических погрешностей при нелинейной модельной функции преобразования (НМФП) первичного измерительного преобразователя (ПИП) в последнее десятилетие широкое развитие получили методы направленных воздействий (МНВ - методы). Эти методы позволяют на основе решения систем когерентных нелинейных уравнений высокого порядка получать алгоритмы автоматической коррекции систематических погрешностей. Некоторые из МНВ - методов описаны в работах [1-3].

МНВ- методы - обобщенные методы автоматической коррекции систематических погрешностей при НМФП, основанные на получении в заданной последовательности информативной избыточности за счет нормированного изменения (вариации или декомпозиции): элементов структуры ПИП, измерительного преобразователя (ИП) и/или обратного преобразователя (ОП), различных типов связей между этими элементами, между контролируемой и корректирующей физическими величинами (ФВ) и чувствительным элементом (ЧЭ) нелинейного ПИП, а также между информативными и влияющими параметрами преобразовательной характеристики ПИП, ИП и/или ОП путем использования различного типа адекватных непараллельных воздействий на ЧЭ этого ПИП, на структуру связей между ними и их элементами однородными и/или сопряженными с контролируемой ФВ корректирующими величинами и сигналами, с

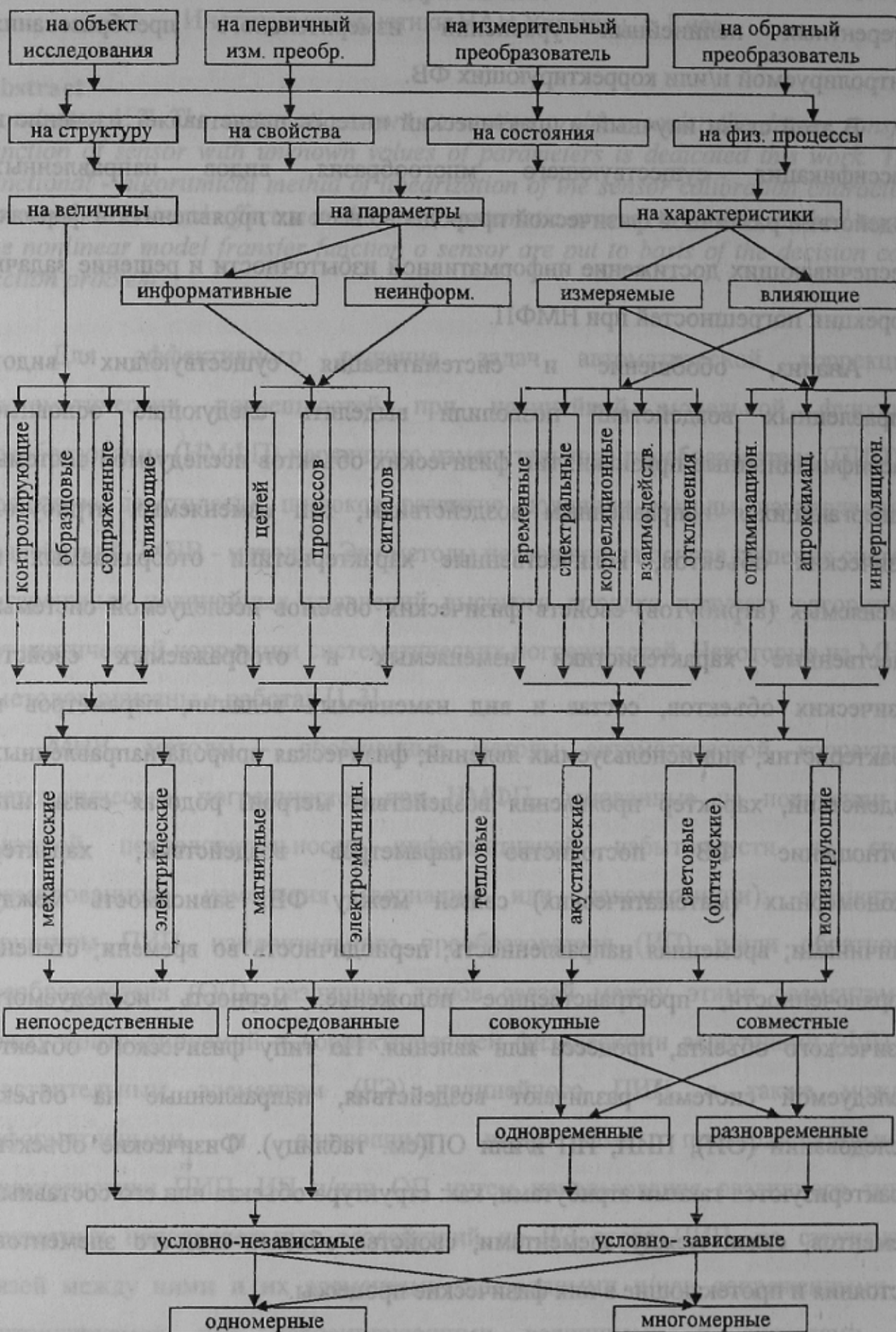
последующей обработкой результатов промежуточных измерительных преобразований по алгоритму, определенному априори из системы когерентных нелинейных уравнений измерительного преобразования контролируемой и/или корректирующих ФВ.

В этой связи научный и практический интерес представляет изучение и классификация существующего многообразия видов направленных воздействий различной физической природы во всех их проявлениях и формах, обеспечивающих достижение информативной избыточности и решение задачи коррекции погрешностей при НМФП.

Анализ, обобщение и систематизация существующих видов направленных воздействий позволили выделить следующие основные классификационные признаки: тип физических объектов исследуемой системы подвергающихся направленным воздействиям; тип изменяемых атрибутов физических объектов; количественные характеристики отображаемых и изменяемых (атрибутов) свойств физических объемов исследуемой системы, качественные характеристики изменяемых и отображаемых свойств физических объектов, состав и вид изменяемых величин, параметров и характеристик; вид используемых явлений; физическая природа направленных воздействий, характер проявления воздействия мегрои: родовая связь или соотношение ФВ: постоянство параметров воздействий; характер закономерных (математических) связей между ФВ; зависимость между величинами; временная направленность; периодичность во времени; степень упорядоченности, пространственное положение; мерность исследуемого физического объекта, процесса или явления. По типу физического объекта исследуемой системы различают воздействия, направленные на объект исследований (ОИ), ПИП, ИП и/или ОП(см. таблицу). Физические объекты характеризуются такими атрибутами, как: структура объекта или его составных элементов, связи между элементами, свойства объекта или его элементов, состояния и протекающие в них физические процессы.



Таблица 1 — Классификация направленных воздействий



В этой связи по типу изменяемых атрибутов физических объектов направленные воздействия подразделяются на воздействия, обуславливающие изменения структуры, связей, свойств, состояния и параметров протекающих физических процессов в физических объектах.

По количественным характеристикам отображаемых и изменяемых (атрибутов) свойств физических объектов исследуемой системы могут быть выделены направленные воздействия на величины, на параметры и на характеристики. Учитывая тонкую структуру модели исследуемой физической системы, следует различать направленные воздействия на: 1) параметры и выходную величину ИО, 2) входные и выходные величины нелинейного ПИП, 3) входные и выходные величины ИП, 4) входные и выходные величины средства измерения (СИ) в целом, 5) параметры или характеристики входного и выходного элементов нелинейного ПИП, 6) параметры или характеристики ИП, 7) параметры или характеристики СИ в целом.

По качественным характеристикам изменяемых и отображаемых свойств физических объектов выделяются воздействия на информативные и неинформативные параметры и воздействия на измеряемые и влияющие характеристики физических объектов, входящих в состав исследуемой системы. По составу и виду изменяемых величин, параметров и характеристик направленные воздействия осуществляются: на образцовые, контролируемые, сопряженные и влияющие величины, на параметры целей, процессов и сигналов; на временные, спектральные и корреляционные характеристики, на характеристики взаимодействия, отклонения и другие; на характеристики оптимизационных, аппроксимационных и интерполяционных моделей объектов (см. таблицу 1). По виду явлений, используемых при создании направленных воздействий, последние подразделяются на вещественные (или материальные), энергетические и информационные воздействия. По физической природе направленные воздействия подразделяются, естественно, на механические, электрические, магнитные, электромагнитные, тепловые, акустические, световые (оптические) и ионизирующие. Направленные воздействия по



характеру проявления во времени делятся на неслучайные и случайные. К ним применимы все определения и характеристики неслучайных (детерминированных и квазидетерминированных) и случайных сигналов. По взаимной связи или соотношению параметров случайные и квазидетерминированные направленные воздействия подразделяются на коррелируемые (или коррелятивные) и на некоррелируемые (или не коррелятивные). Для воздействий первого вида существует корреляционная связь его параметров с параметрами других или квазидетерминированных воздействий или параметрами контролируемого объекта, а для вторых такая связь отсутствует или она весьма слаба. По родовой связи между ФВ или по родовому соотношению направленные воздействия подразделяются на однородные и сопряженные воздействия. Воздействия, формируемые с использованием контролируемой и корректирующих ФВ, однородных с контролируемой, называются однородными. Воздействия, формируемые с использованием неоднородных и сопряженных корректирующих ФВ, называются сопряженными. Важнейшим признаком направленных воздействий является состояние характеристик воздействий во времени. По этому признаку различают воздействия с нормированными и с переменными (изменяемыми) характеристиками. В измерительной технике направленные воздействия с нормированными характеристиками формируются обычно с использованием однородных с контролируемой нормированных по значению ФВ, дискретных и неуправляемых ОМ, а воздействия с переменными характеристиками - в основном с использованием ФВ, а также управляемых ОМ. В последнем случае результат воздействия определяется по шкале высокоточного СИ, которая отображает установленное значение параметра корректирующего воздействия. По характеру закономерных (математических) связей между ФВ направленные воздействия делятся на независимые, пропорциональные или соразмерные, непропорциональные, функциональные и комбинированные (см. таблицу 1). Некогерентные и независимые от контролируемой ФВ воздействия, основанные на использовании однородных с контролируемой или

неоднородных ФВ, называются независимыми. Воздействия, которые созданы путем увеличения в  $k > 1$  раз или уменьшения в  $k < 1 (k \neq 1)$  раз значения контролируемой ФВ и/или чувствительности ФЛ ПИП, ИП или ОП, называются пропорциональными или соразмерными. Воздействия, которые созданы путем увеличения или уменьшения контролируемой ФВ на  $\Delta x_i \ll x_i$ , называются непропорциональными или несоразмерными. Если воздействие создано путем изменения значения контролируемой ФВ по определенному функциональному закону, то оно называется функциональным. Комбинированные воздействия включают в себя различные сочетания предыдущих видов воздействий. В качестве примера можно привести комбинированные воздействия вида  $y_{k1} = k(x_i \pm \Delta x_i)$ ,  $y_{k2} = kx_i \pm \Delta x_i$ ,  $y_{k3} = k_1x_i \pm k_2\Delta x_i$ . Ввиду наличия операций умножения и сложения (вычитания), первое комбинированное воздействие мы назвали непропорциональным аддитивно-мультипликативным воздействием. Комбинированное воздействие вида  $y_{k2} = kx_i \pm \Delta x_i$  называется непропорциональным мультипликативно - аддитивным или квазипропорциональным. Третье комбинированное воздействие можно представить в виде  $y_{k3} = (k_1x_i/k_2) \pm \Delta x_i$ , аналогичном второму комбинированному воздействию. Поэтому оно также называется непропорциональным мультипликативно - аддитивным воздействием. Направленные воздействия могут быть разделены также по степени условной независимости от контролируемой ФВ на условно-независимые и условно-зависимые (в таблице не показано). При формировании направленных воздействий, приводящих, например, к смещению вдоль оси абсцисс ФП ПИП, контролируемая величина не участвует. Это воздействие вроде не зависит от контролируемой ФВ. С другой стороны, получаемая избыточность эквивалентна созданию воздействия с использованием контролируемой ФВ, измененной на некоторое постоянно значение, т.е. направленное воздействие в этом случае зависит от контролируемой ФВ. Поэтому такие воздействия называются условно - зависимыми или условно - независимыми. Условно -



независимые воздействия - это воздействия, формируемые с использованием корректирующих ФВ не связанных с контролируемой. Условно - зависимые воздействия - это воздействия, формируемые с использованием корректирующих ФВ, однородных или сопряженных с контролируемой и связанных с ней определенными уравнениями связи. По используемой ФВ направленные воздействия делятся на воздействия с использованием контролируемой, образцовой, сопряженной и влияющей ФВ. В качестве примера можно привести пропорциональные воздействия, формируемые с участием только контролируемой ФВ, или непропорциональные воздействия, формируемые с участием образцовой и контролируемой ФВ.

По характеру закономерных (математических) связей между управляющими, контролируемыми, сопряженными и влияющими величинами направленные воздействия подразделяются на: непосредственные (прямые) воздействия, например, на структуры, свойства, состояния и/или параметры физических процессов, опосредованные воздействия, например на величины, параметры и/или характеристики исследуемых объектов; совокупные воздействия на структуру, свойства, состояние и/или параметры физических процессов или на величины, параметры и/или характеристики одного из элементов исследуемой системы; совместные воздействия на несколько или все элементы исследуемой системы (см. таблицу).

По временной направленности непосредственные, опосредованные, совокупные и совместные воздействия подразделяются, в свою очередь, на одновременные и разновременные воздействия. Тот или иной вид воздействия определяется алгоритмом измерения и коррекции погрешностей. Например, при коррекции погрешностей в СИ с пространственным разделением каналов чаще всего применяются одновременные направленные воздействия или комбинация одновременных и разновременных воздействий. В СИ с временным разделением каналов для коррекции погрешностей используются, в основном, разновременные воздействия, хотя не исключено применение нескольких одновременных воздействий на функциональные блоки СИ.

Разновременные воздействия, в свою очередь, делятся на периодические воздействия и воздействия по заданной программе. Периодические воздействия - это воздействия, которые осуществляются через разные промежутки времени. Воздействия по заданной программе являются, естественно, непериодическими в рамках одного цикла измерений.

По степени упорядоченности направленные воздействия делятся на организованные и неорганизованные (см. таблицу). Для ФС с низким уровнем организации или развития направленные воздействия обычно создаются искусственно и реализуются по заданной программ. Но в высокоорганизованных ФС воздействия могут быть самоорганизующиеся. Они присущи сложным неравновесным системам различной физической природы, в которых происходят сложные процессы образования устойчивости и разрушения упорядоченных и пространственных структур (объектов, систем и т. д.). Неорганизованные воздействия - это непредвиденные воздействия в виде импульсных помех и наводок, приводящие к тому же эффекту, что и организованные воздействия.

По пространственному положению направленные воздействия подразделяются на распределенные и сосредоточенные. В первом случае имеем дело с воздействиями, сформированными для ФС с распределенной структурой, а во втором - для ФС с объемной (жестко фиксированной) структурой. По мерности изменяемой структуры или характеристики направленные воздействия классифицируются на одномерные и многомерные воздействия. Они связаны мерностью исследуемых ФС, объектов, процессов или явлений.

Таким образом, разработана и описана нетрадиционная классификация типов направленных воздействий, в основу которой положена специфическая совокупность основных классификационных признаков и нетрадиционная структура изложения. Предложенная классификация свидетельствует о существующем многообразии типов направленных воздействий различной физической природы во всех их проявлениях и формах. Она предназначена для



квалифицированного подхода к обобщению существующих и разработке новых методов и путей создания избыточности. Проведенный анализ обобщение и систематизация существующего многообразия направленных воздействий позволили создать упорядоченную систему классификации типов направленных воздействий, выявить и сформулировать те существенные признаки, которые определяют и характеризуют индивидуальность и общность воздействий различной природы, их различия и свойства.

### Литература

1. Кондратов В.Т., Скрипник Ю.А., Коррекция погрешностей полупроводниковых датчиков физических величин.- "Научно приборостроение", №4, 1991. - с.37-46.
2. Кондратов В.Т., Скрипник Ю.А. Контроль температуры полупроводниковыми датчиками. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности №5, 1991. - с. 135-139.
3. Кондратов В.Т. Алгоритмы коррекции погрешностей нелинейных измерительных преобразователей. В сб. Первые международные чтения "Новые технологии, материалы, оборудование (исследование, разработки, внедрения)/ Посвящаются памяти М.П. Носова/ Киев, 21-23 ноября 1995. Донецк. УТА, ДРО УТА. 1996. - с.42-50.